



**IV JORNADAS SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y MEDIO AMBIENTE**  
2 Y 3 DE OCTUBRE DE 2003 · MADRID · ESPAÑA

**4<sup>TH</sup> TECHNICAL SESSION ON POWER LINES AND THE ENVIRONMENT**  
OCTOBER 2<sup>ND</sup> AND 3<sup>RD</sup> 2003 · MADRID · SPAIN



**RED ELÉCTRICA**  
DE ESPAÑA

**IV JORNADAS SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y MEDIO AMBIENTE**  
2 Y 3 DE OCTUBRE DE 2003 · MADRID · ESPAÑA



# ÍNDICE

---

## INAUGURACIÓN

Pedro Mielgo Álvarez. <i>Presidente de Red Eléctrica de España</i> .....	7
Juan María del Alamo. <i>Ministerio de Medio Ambiente</i> .....	9

## POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL EUROPEA

Cristina García-Orcoyen Tormo. <i>Parlamento Europeo</i> .....	13
----------------------------------------------------------------	----

## 1ª SESIÓN. IMPACTO AMBIENTAL DE LAS INSTALACIONES DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN

Amós Lorenzana Pérez. <i>Ministerio de Medio Ambiente</i> .....	21
María Jesús Palacios González y María García-Baquero Merino. <i>Junta de Extremadura</i> .....	27
Luis Ignacio Eguiluz Morán. <i>Universidad de Cantabria</i> .....	37
Esperanza Ursúa Sesma. <i>Estación Biológica de Doñana - CSIC</i> .....	45
Francisco Javier Murillo Morón. <i>BASOINSA</i> .....	53
<i>Coloquio</i> .....	61

## 2ª SESIÓN. INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Roberto Arranz Cuesta. <i>Red Eléctrica de España</i> .....	67
Enrique Las Santafé. <i>Gamesa</i> .....	75
Francisco Salamanca Segoviano. <i>Red Eléctrica de España</i> .....	89
Carlos Collante Pérez-Arda. <i>Red Eléctrica de España</i> .....	95
Ángel Gallego del Monte. <i>Red Eléctrica de España</i> .....	101
<i>Coloquio</i> .....	107

## 3ª SESIÓN. CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Jesús María González Fernández. <i>Instituto de Magnetismo Aplicado</i> .....	111
Juan Represa de la Guerra. <i>Universidad de Valladolid</i> .....	119
Ricardo de Ángel Yágüez. <i>Universidad de Deusto</i> .....	125
Michael McMahon. <i>ESB (Irlanda)</i> .....	141
<i>Coloquio</i> .....	153

## 4ª SESIÓN. SOSTENIBILIDAD

José Luis Blasco Vázquez. <i>(KPMG, Global Sustainability Services)</i> .....	157
José María Arraiza Cañedo-Argüelles. <i>Fundación Energía Sin Fronteras</i> .....	163
Milagros Hidalgo Bermejo. <i>Red Eléctrica de España</i> .....	169
Joaquín Pérez-Hervada Vázquez. <i>Hispania Service</i> .....	175
<i>Coloquio</i> .....	183

## 5ª SESIÓN. EXPERIENCIAS COORPORATIVAS EN SOSTENIBILIDAD Y RSC

Pedro Pérez del Campo. <i>RENFE</i> .....	187
François Deschamps. <i>RTE (Francia)</i> .....	195
Fernando Frías Montejo. <i>Red Eléctrica de España</i> .....	203
<i>Coloquio</i> .....	211

## CLAUSURA

Pedro Mielgo Álvarez. <i>Presidente de Red Eléctrica de España</i> .....	215
Carmen Becerril. <i>Directora General de Política Energética y Minas</i> .....	217

## CONTRIBUCIONES ESCRITAS

Alberto Contreras de Lucas. <i>Red Eléctrica de España</i> .....	223
Emilio Aledo. <i>Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia</i> .....	237
Javier Arévalo Camacho. <i>Red Eléctrica de España</i> .....	245
José Miguel Cortés López. <i>Consejería de Industria de la Generalitat Valenciana</i> .....	253
Mercedes Gil del Pozo y Jorge Roig Solés. <i>Red Eléctrica de España</i> Carlos Pérez Pérez. <i>Agentes de Medio Ambientales</i>	
José M <sup>a</sup> Azcarate Luyan. <i>Servicio Territorial del Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León</i> .....	267
Mercedes Gil del Pozo y Jorge Roig Solés. <i>Red Eléctrica de España</i> .....	273
Pedro Cruz Romero y Manuel Burgos Payán. <i>Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla</i> .....	281
Roberto Arranz Cuesta y Fernando Crespo Carretero. <i>Red Eléctrica de España</i> .....	295
Rodrigo San Millán. <i>Red Eléctrica de España</i> .....	301

Índice de las Primeras Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente (1994) .....	309
Índice de las Segundas Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente (1996) .....	313
Índice de las Terceras Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente (1999) .....	317

LISTADO DE ASISTENTES .....	319
-----------------------------	-----

# INAUGURACIÓN



JUAN SANTA-MARÍA RUIZ  
CRISTINA GARCÍA-ORCOYEN TORMO  
PEDRO MIELGO ÁLVAREZ  
JUAN MARÍA DEL ÁLAMO  
VICTORIANO CASAJÚS DÍAZ  
MARTÍN PORTILLO BELINCHÓN



Buenos días a todos. Excelentísimo Sr. D. Juan M<sup>a</sup> del Álamo, Secretario General del Medio Ambiente del Ministerio de Medio Ambiente, Excelentísima Sra. D<sup>a</sup> Cristina García-Orcoyen, Directora-Gerente de la Fundación Entorno y parlamentaria en el Parlamento Europeo. Buenos días a todos, señoras y señores.

Deseo empezar esta presentación sobre estas Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente agradeciendo la presencia de las dos autoridades que nos acompañan, que tienen además un significado especial en relación con el tema de las Jornadas de hoy.

Cuando hace ya 9 años Red Eléctrica empezó a organizar estas Jornadas no existía la sensibilidad tan general sobre estos temas que para nosotros son de máxima importancia. Se trató de una visión anticipada, sin duda, sobre un tema no solo de actualidad sino de importancia. Un tema aparentemente árido, pero cada vez más atractivo y con más interés en ámbitos muy amplios.

Durante las primeras etapas de la evolución de los procesos de liberalización de la industria eléctrica en todo el mundo se prestó una atención muy limitada al tema de las redes y líneas eléctricas. Esto se debió a que en un primer momento las preocupaciones estaban en los otros segmentos de actividad, que representan el grueso de los problemas y el grueso del volumen económico del negocio eléctrico.

Sin embargo, poco a poco, las redes han ido adquiriendo cada vez más importancia llegando a convertirse en uno de los elementos clave para el funcionamiento de los mercados, de los sistemas eléctricos y para la seguridad del suministro. Y esto ha llevado a que esa atención creciente se centre también allí donde hay cuestiones sobre las que reflexionar o sobre las que encontrar soluciones a problemas de

tipo legislativo, de tipo social y, en particular, de tipo medioambiental.

Los recientes apagones sufridos por países industrializados han puesto aún más de manifiesto la importancia de conseguir el tan ansiado equilibrio entre el respeto y cuidado por el medio ambiente y el desarrollo económico, en el cual se encuentra implícito el desarrollo de complejas redes. Siendo éste el objetivo de estas IV Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente que Red Eléctrica de España vuelve a tener el honor y satisfacción de patrocinar.

MUCHAS GRACIAS.



Muchas gracias a Pedro Mielgo, Presidente de Red Eléctrica de España, a D<sup>a</sup> Cristina García-Orcoyen, encantado de compartir contigo esta mesa, y agradecer a todos los componentes de la mesa y a todos los asistentes su presencia.

Quisiera agradecer la invitación que nos hacen al Ministerio de Medio Ambiente a participar en esta inauguración, y también quisiera agradecer a Red Eléctrica de España la oportunidad de la celebración de estas Jornadas para hablar de un tema tan de actualidad y tan importante en la actualidad, como decía el Presidente, como son la generación y el transporte de energía eléctrica para alcanzar el objetivo de un desarrollo sostenible.

La crisis ambiental plantea a la sociedad un reto realmente difícil y complicado, interesante y bonito a la vez: evolucionar desde unos modelos actuales de producción y consumo que se adivinan como insostenibles, poniendo en marcha alternativas que hagan compatibles la calidad de vida de los ciudadanos con la conservación ambiental y que además permitan incrementar de forma sustancial la eficiencia con la que empleamos nuestros siempre ilimitados recursos ambientales.

En este siglo XXI, el proceso hacia un desarrollo sostenible, al que lógicamente debemos aspirar todos, debe exigir y exige transformaciones estructurales para garantizar que todo crecimiento conlleve un incremento del bienestar para las personas, sin que ello suponga un efecto irreversible para el medio ambiente, para los ecosistemas naturales.

En este contexto, la política de medio ambiente no debe definirse aisladamente, aunque también es cierto que ha sido un enfoque que se ha utilizado de forma tradicional hasta hace relativamente pocos años, sino que debe englobar un contexto mucho más amplio

que incluya los objetivos ambientales, los objetivos sociales y los objetivos económicos, en definitiva, lo que todos conocemos como el desarrollo sostenible.

Estos objetivos, que pueden y deben ser compatibles, serán generadores tanto de competitividad como de empleo y crecimiento económico. Para cualquier desarrollo sostenible habría que partir siempre desde la base de desarrollo puesto que en caso contrario el resto, el calificativo de "sostenible", no tendría sentido.

Hoy en día nadie pone en duda que las cuestiones ambientales no sólo no representan amenazas o restricciones para el sector empresarial, sino que somos conscientes de que ofrece grandes oportunidades y nuevos campos de actuación para los empresarios con visión de futuro, empresarios dinámicos, que creen en la integración del medio ambiente dentro de las políticas de gestión empresarial.

En un entorno con una amplia oferta de energía y un crecimiento sostenido de la demanda, las políticas energéticas de los países desarrollados deben buscar siempre el necesario equilibrio entre los objetivos de aumento de la competitividad, la integración de los objetivos medioambientales y la seguridad en el abastecimiento. Por ello, es incuestionable que toda política energética debe incluir necesariamente los condicionantes ambientales.

Dentro de la Unión Europea, con la promulgación del 5º Programa Comunitario de Política y Actuación en Materia de Medio Ambiente, comenzó una manera de entender la relación entre los sectores considerados estratégicos, entre ellos lógicamente el de la energía, y el medio ambiente que podríamos calificar de radical. De hecho, en 1995, con la publicación en el Libro Blanco de una política energética para la Unión Europea, el medio ambiente fue uno de los factores claves para la definición de dicha política, ya que uno

de los tres objetivos establecidos fue precisamente actuar de forma respetuosa con el medio ambiente, entendiendo también que las personas somos parte de este medio ambiente. Los otros dos objetivos fueron asegurar el abastecimiento e incrementar la productividad.

Sabemos que, independientemente del tipo de energía de que se trate, desde su generación hasta el momento de su utilización, pasando por todos los procesos intermedios, pueden producirse impactos ambientales de mayor o menor grado. No obstante, son los impactos ambientales provocados por las fuentes de energía tradicionales- la quema de combustibles fósiles- los que más han atraído la atención de los responsables de la elaboración de políticas energéticas en los últimos años, puesto que son los principales culpables del fenómeno de lluvia ácida y efecto invernadero. Por ello, el Ministerio de Medio Ambiente ha dedicado una atención especial al proceso de desarrollo de la normativa ambiental, promoviendo la aparición del Real Decreto Ley 9/2000 de Evaluación de Impacto Ambiental, con el que se ha incorporado a nuestro Derecho interno dos Directivas europeas relativas a la repercusiones de determinados proyectos, públicos y privados, sobre medio ambiente.

En este sentido quisiera destacar que el marco ambiental de prevención ha requerido la puesta en práctica de las evaluaciones de impacto ambiental previas a la ejecución de actuaciones con incidencias ambientales que podemos considerar relevantes, lo que en la práctica ha representado la generación de un instrumento favorable a la consecución de la sostenibilidad en el sector energético. Naturalmente, se considera que dentro del procedimiento de evaluación de impacto ambiental se encuentra el criterio básico de medio ambiente, la prevención, esencial a la hora de determinar la alternativa que menos afecciones ambientales pueda generar sobre el medio ambiente.

Así mismo, cabe señalar que los impactos concretos generados por la industria energética varían sustancialmente en función del tipo de fuente de energía, así como de la eficiencia de las tecnologías utilizadas.

En este sentido España parece estar en una buena situación de partida, y eso es debido fundamentalmente tanto a la experiencia que tienen las personas que trabajan en el sector como a las condiciones naturales que tiene nuestro país.

Por otra parte, y como es lógico, cada vez nos preo-

cupan más los impactos ambientales a nivel mundial, dado que el medio ambiente no es algo que esté ceñido a fronteras. Por esta razón, en el Ministerio de Medio Ambiente estamos haciendo el esfuerzo de elaborar una estrategia para el cambio climático, estrategia que tratamos que consensuada, lo cual siempre es difícil en estos temas. Éste es uno de nuestros principales retos en el ámbito del medio ambiente en el siglo XXI, por lo que significa su globalidad y por la necesidad también de que ante estos efectos tengamos una respuesta común.

Mantener el calentamiento global en unos límites tolerables supone reducir antes del 2050 un 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, tomando como año de referencia 1990. Esto supondrá, de acuerdo con los últimos datos de la OCDE, que los países industrializados deberán reducir sus emisiones en torno al 80%, mientras que los países con economías en vías de transición deberán reducirlas en un 30%.

Por lo que se refiere a España, las emisiones han experimentado un aumento considerable en los últimos años, a pesar de las medidas que se están tomando e independientemente de la existencia o no de esa estrategia de cambio climático. Como bien es conocido y altamente transmitido por los medios de comunicación, el último dato oficial disponible en los inventarios nacionales del 2001, sitúan las emisiones en un 32% por encima de la cifra del año base, año 90, habiendo superado la burbuja del 15% a pesar de las medidas tomadas.

Por todo ello es imprescindible realizar esfuerzos adicionales a fin de lograr los objetivos que España ha asumido en el marco del Protocolo de Kyoto, es decir, realizar una transformación importante del sistema de energía porque sin ello sería difícil limitar nuestras emisiones.

Finalmente, es importante destacar que entre todos tenemos la responsabilidad de impulsar una sociedad desarrollada ambientalmente y sostenible desde el marco de acción de la energía, lo que exigirá un esfuerzo encaminado no solamente al fomento de las energías renovables, sino también a la mejora de la eficiencia y al control activo, de lo que debe ser un consumo responsable de energía.

En definitiva, avanzar hacia una interacción efectiva del medio ambiente en el sector energético supone definir objetivos sociales, económicos y ambientales mutuamente compatibles, estableciendo objetivos cla-

ros e impulsando la información y comunicación con todos los grupos de la sociedad tal y como recoge la citada carta europea a la energía. Es más, la producción diversificada es siempre un garante de seguridad para el suministro energético, lo que viene a confirmar la importancia de incorporar los aspectos ambientales a las etapas más tempranas de los procesos de planificación, lo que contribuirá y mejorará los esfuerzos a favor de los compromisos ambientales y de ahorro de política energética.

Muchas gracias.

# POLÍTICA MEDIOAMBIENTAL EUROPEA

## CRISTINA GARCÍA-ORCOYEN TORMO

**Parlamento Europeo**

Licenciada en Ciencias Políticas y Económicas por la Universidad Complutense de Madrid. Diplomada en Dirección de Empresas por el Instituto de Estudios Superiores de Empresa (IESE) en Madrid.

De 1983 hasta 1995 - Secretaria General del Fondo Mundial para la Naturaleza en España; ADENA/WWF España.

De 1992 hasta 1995 - Vicepresidenta del Foro Consultivo de Medio Ambiente de la Unión Europea.

Desde 1995 - Directora-Gerente de la Fundación Entorno, Empresa y Medio Ambiente.

Desde junio 1999 - Diputada al Parlamento Europeo. Miembro de la Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Política del Consumidor y Exteriores y de la Comisión de Industria, Comercio Exterior, Investigación y Energía.



Muchas gracias Presidente, espero estar a la altura de las expectativas y transmitir el escenario y el panorama en el que se desarrolla en este momento la política energética y medioambiental de la Unión Europea.

Es para mí un placer, un placer que comparto por segundo año con Red Eléctrica de España y con su Presidente, el estar en estas IV Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente.

Red Eléctrica, como ha dicho su Presidente, ha sido pionera en incorporar los aspectos medioambientales a su gestión, por lo que creo hay que felicitarles por ello. Para la Fundación Entorno ha sido un gran honor el poder trabajar con Red Eléctrica durante todos estos años y esperamos continuar haciéndolo en los próximos.

Realmente, la energía, igual que otros muchos recursos, sólo preocupan al ciudadano cuando no puede disponer de ellos en la manera y en el momento en que lo desea. La vida cotidiana sería muy distinta sin que pudiéramos pulsar un interruptor de nuestras casas y encendiésemos la luz, o sin que al llegar los primeros fríos pudiéramos encender la calefacción.

La verdad es que raras veces pensamos en las centrales de producción de energía, en las redes eléctricas, en los oleoductos y gaseoductos que conectan Europa con el resto del mundo, o los petroleros que atraviesan el Canal de la Mancha, estos últimos, lamentablemente, de actualidad, pero la verdad es que los servicios que proporciona la energía son vitales para el desarrollo, y la forma en que son producidos, distribuidos y utilizados indudablemente afecta a las dimensiones social, económica y ambiental que constituyen los tres pilares del desarrollo sostenible.

La energía es crítica para satisfacer nuestras necesidades y podemos decir que está en el corazón de la sociedad industrial. Los recientes incidentes que se han producido en Europa y Estados Unidos, incluso en Australia, ponen de manifiesto la enorme complejidad de los sistemas eléctricos de los países más desarrollados.

La política energética, la política medioambiental y también la política económica han de ir de la mano, puesto que lo contrario significaría alejarse de la realidad y convertir lo que llamamos desarrollo sostenible en algo absolutamente insostenible y quimérico.

Si echamos un vistazo a la salud energética de que disfruta Europa, podemos, tal vez, pensar que tenemos una relativa abundancia, pero la realidad es otra y los recursos energéticos internos que hoy satisfacen la mitad de nuestras necesidades están disminuyendo al tiempo que el consumo de energía no deja de aumentar.

La Unión Europea es perfectamente consciente de su fragilidad en materia de aprovisionamiento energético, que lejos de haber disminuido en estos últimos años no ha hecho más que aumentar. Esto ha provocado que se abra un debate sobre seguridad energética mucho más global, que incluya a toda la cadena de producción y que encaje perfectamente con consideraciones medioambientales.

En consecuencia, y aunque la política energética sigue siendo fundamentalmente competencia de los Estados Miembros, se están produciendo cambios importantes en cuanto a las competencias atribuidas a la Unión Europea.

El Libro Blanco sobre la Seguridad del Abastecimiento Energético abrió un debate inédito en treinta años sobre política energética en la Unión Europea poniendo de manifiesto las debilidades de abastecimiento de la Unión Europea. Con este libro se marca un punto de inflexión en la estrategia comunitaria y anticipándose a los problemas de suministro a los que la Unión Europea se va a enfrentar en los próximos años.

El Parlamento y el Consejo Europeo, entre otros, han comenzado a debatir recientes propuestas sobre principios generales de seguridad de las instalaciones nucleares y gestión de residuos radiactivos, lo cual es muy importante puesto que se abre un debate que ha sido tabú durante los últimos años en la Unión Europea. Ha sido nuestra Comisaria de Transporte y Energía quien ha tenido la valentía de abrirlo, poniendo sobre la mesa los dos principales problemas: la seguridad en las centrales nucleares y la disposición de los residuos, aspectos ambos que en este momento se están debatiendo amplia e intensamente en la Unión.

Por otro lado, han sido también el Parlamento y el Consejo quienes se han puesto de acuerdo en lo referente a las directivas para la liberalización de los mercados de electricidad, y gas natural, y para el estableci-

miento de un mecanismo de comercio de derechos de emisión. Cabe resaltar que esta última directiva está dentro del paquete de medidas destinadas a facilitar el cumplimiento de los compromisos de Kyoto, abriendo la posibilidad de una creación de mecanismos de mercado.

También el Consejo y el Parlamento han llegado a un acuerdo sobre la armonización de la imposición de productos energéticos, el cual se va a cerrar en breve tras siete años de negociación entre los Estados Miembros para alcanzar unanimidad.

Todas estas medidas son clave para el funcionamiento de nuestro mercado interior de la energía y el cumplimiento de los objetivos de Kyoto, que responden a los tres pilares de la política energética comunitaria -seguridad del suministro, competitividad de precios y protección del medio ambiente-; intentando lograr que entre ellos se alcance el equilibrio y así podamos hablar y poner en práctica el desarrollo sostenible.

El Libro Verde, marca unas líneas de acción con respecto al tema del abastecimiento energético a nivel comunitario.

En primer lugar señala que hay que incrementar efectivamente la oferta energética, tanto interna como externa, de la Unión Europea. Se trata, por tanto, de optimizar los recursos autóctonos y de asegurar las vías de suministro externo.

En segundo lugar, y sabiendo que el incremento de la oferta es complicado y que no es tan flexible ni tan rápido como se quisiera, se ha puesto gran interés en reforzar las políticas de orientación de la demanda mediante instrumentos fiscales, instrumentos reglamentarios y también instrumentos voluntarios, que son muy importantes. Por ello, la Unión Europea debería ser capaz de reducir su consumo energético, porque si no lo logra difícilmente va a poder cumplir estos objetivos.

La Comisión también subraya la importancia que tienen las interconexiones entre los sistemas eléctricos nacionales para evitar riesgos en el abastecimiento derivados de las interrupciones en la corriente eléctrica, y los gestores de las redes deberían poder mantener estrechos lazos de cooperación con los operadores vecinos.

La verdad es que un primer problema surge cuando vemos que efectivamente las empresas están dispuestas a invertir en nuevos tramos de redes, pero se encuentran con problemas que no son de índole téc-

nica. La construcción de nuevas redes de transporte y distribución de energía eléctrica en lugares estratégicos tropieza a menudo con problemas que hacen necesario un compromiso entre el interés general y las reticencias a escala local a las nuevas infraestructuras eléctricas. Muchos de estos obstáculos pueden deberse a alegaciones legítimas respecto al medio ambiente, los espacios naturales y la salud, pero otros muchos se deben a una mala o escasa información, e incluso a una información intencionadamente tergiversada y que no responde a la realidad del impacto ambiental que puedan tener esas infraestructuras, y que están en muchos casos dificultando enormemente esa conexión o esa distribución de la electricidad que tanto necesitamos.

No se puede negar, que la producción y el consumo de energía tienen una serie de impactos ambientales a nivel local y regional que debemos de tener en cuenta, como son la contaminación del aire por la liberación de partículas y gases tóxicos que se forman sobre todo durante la combustión de combustibles fósiles, la acidificación de los ecosistemas por deposiciones ácidas o drenajes de minas, la contaminación de aguas marinas y continentales por vertidos de petróleo, la destrucción de hábitat, la aplicación y vertido de herbicidas para mantener la transmisión y las líneas libres de riesgos de incendios, la contaminación acústica de las plantas de generación y de los motores de combustión internos y la deforestación por tala de madera como combustible en algunos sitios.

No solo el amplio número de directivas y reglamentos existentes tanto a nivel comunitario como nacional intentan ser cada vez más objetivos frente a los mencionados impactos sino que además intentan neutralizarlos junto con la ayuda de las empresas, que cada vez son más exquisitamente cuidadosas en el cumplimiento de las normas medioambientales.

Durante los últimos diez años el avance que las empresas españolas han experimentado en las actuaciones medioambientales ha sido espectacular, por lo que en lugar de sentirnos culpables, o en situación o sensación de inferioridad con respecto a las empresas europeas debemos estar muy satisfechos. Por ejemplo, somos el segundo país de Europa, después de Alemania, con mayor implantación de sistemas de gestión ambiental en sus empresas y con una celeridad también mayor en haber alcanzando este objetivo a pesar de ser una medida voluntaria, lo que dice muchísimo a favor de las empresas españolas; no solo a favor

de las grandes, sino también de las pequeñas y medianas. Además, en los últimos años España se ha convertido en un país defensor de fuentes de energías alternativas, como son las energías renovables o las energías eólicas, siendo, por ejemplo, el primer productor europeo de bioetanol para transporte.

Probablemente la cuestión que en la actualidad más preocupa al sector industrial sea el cumplimiento de los acuerdos de Kyoto. A este respecto cabe señalar que a pesar de que grandes países como Estados Unidos se han descolgado del grupo de cabecera del tema de Kyoto, la Unión Europea se ha convertido en la gran promotora de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, decidiendo servir de ejemplo y seguir adelante con una legislación medioambiental que podemos calificar como la más avanzada del mundo.

Como bien es sabido, el objetivo de Kyoto es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, en términos globales en un 5,2%, siendo para Europa un 8%, y para Estados Unidos, que no lo ha cumplido y ha dicho que no lo va a cumplir, en un 7%.

Antes he mencionado que España había rebasado en 15 puntos los objetivos que tenía al día de hoy. Muy lejos de querer justificar la situación española, sí siento la obligación de explicarla y ponerla en su sitio. Mientras que en 1990 países como Alemania habían casi completado su desarrollo industrial y estaban entrando en la era post-industrial, es decir la era de los servicios, España tenía por delante un importante desarrollo industrial que, afortunadamente, y para beneficio de todos, ha llevado a cabo. Es ese año de referencia, 1990, el que fue establecido y sobre todo muy apoyado por los países más industrializados lo que nos produce como resultado esa importante diferencia en el acercamiento al cumplimiento de los objetivos de Kyoto.

Lejos de sentirnos avergonzados por la situación en la que estamos, debemos seguir esforzándonos en la búsqueda de energías alternativa, energías renovables, etc., y sobre todo hay que hacer un gran esfuerzo en la gestión de la demanda y en el aspecto de eficacia energética, tanto en los procesos productivos como en el consumo doméstico.

Por otro lado, las emisiones de CO<sub>2</sub> en la Unión Europea no solamente provienen de la generación de energía sino que un gran porcentaje de las mismas proviene del sector del transporte, asignatura pendiente en toda Europa.

Por ello cuando hablamos del comercio de derechos de emisión y establecemos los objetivos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> para los países miembros deberíamos de empezar a tener en cuenta, no solo una serie de sectores industriales, sino también el sector transporte, puesto que actualmente se encuentra en una situación bastante favorecida y poco solidaria, no solo por ser una de las principales fuentes de emisión de contaminantes sino porque lejos de disminuir su producción en los próximos años tiene una perspectiva de crecimiento muy grande.

Hasta ahora solo he comentado algunas directivas que se están desarrollando en el ámbito de la Unión Europea con objeto de lograr una mejora en la eficacia de las tecnologías convencionales existentes a fin de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Existen otras directivas, en desarrollo o aprobadas, referidas a las fuentes de energías renovables: el programa de Energía Inteligente para Europa, la directiva de cogeneración, la de rendimiento energético en edificios, la directiva sobre biocarburantes y la calidad de gasolinas y gasóleos; e invito a cualquiera que este interesado en obtener una información más detallada que contacte con Fundación Entorno o con el Parlamento Europeo para disponer de una información más detallada de lo que se está desarrollando en la Unión Europea.

Otros aspectos importantes de la política ambiental de la Unión Europea, y en general de la política ambiental, son los no regulados, es decir, los que llamaríamos voluntarios y que están adquiriendo un importante volumen y fuerza en la Unión Europea, pues están marcando de alguna manera la frontera entre las empresas que cumplen estrictamente con la legalidad y las empresas que además de eso buscan la excelencia, y la excelencia también en el campo medioambiental.

A continuación me voy a referir a un concepto que está en la calle, que se trata en estas Jornadas y en infinidad de conferencias, y es el concepto de responsabilidad social de las empresas.

Este concepto llega a nosotros como si fuera nuevo, pero la verdad es que no lo es, es una versión que efectivamente integra los principios del desarrollo sostenible acentuando los aspectos de interacción con la sociedad, y que ya estaba implícito en la Conferencia de Río hace once años, en 1992, y en el propio concepto de desarrollo sostenible. En cualquier caso le doy la bienvenida, ya que no renuncia a ninguno de los

pilares del desarrollo sostenible, sino que los integra, los amplía y empuja hacia la convergencia lo cual es muy importante tanto para la agencia de los negocios como para la agencia de la política pública.

El Parlamento Europeo acaba de aprobar una importante comunicación sobre este tema, en la que define la responsabilidad social de las empresas como la integración por parte de las empresas de las preocupaciones sociales y medioambientales en sus operaciones comerciales y sus relaciones con sus interlocutores. Reconoce que puede ayudar a ese objetivo estratégico de la cumbre de Lisboa, de convertir a Europa en la economía del conocimiento más competitiva y dinámica del mundo en el año 2010, capaz de crecer económicamente de manera sostenible con más y mejores empleos y con mayor cohesión social.

En Europa existía una larga tradición de iniciativas empresariales socialmente responsables, pero probablemente lo que distingue este nuevo enfoque es que anteriormente se le daba un matiz filantrópico: las empresas hacían acciones sociales de una manera filantrópica. Actualmente se quiere gestionar la responsabilidad social como un elemento estratégico de la gestión de la empresa y como un elemento que también contribuye al objetivo de las empresas, al dignísimo objetivo de las empresas que es ganar dinero.

Por lo tanto, las empresas, los responsables políticos y otras partes interesadas, reconocen ya la responsabilidad social como un elemento de la gestión que además puede ayudar decisivamente a afrontar algunos de los cambios más importantes que se están produciendo en nuestro entorno del mundo de los negocios. Uno de ellos es la globalización, esa responsabilidad social puede ayudarnos a crear nuevas oportunidades para las empresas, sobre todo en aquellas que operan en el extranjero y que les hace asumir nuevas responsabilidades en esos países, principalmente en países en vías de desarrollo. Hay aspectos como la imagen y el prestigio que desempeñan un papel cada vez más importante para lograr la competitividad con éxito de las empresas, porque los consumidores exigen cada vez más información sobre las condiciones de producción de bienes y servicios, sobre el impacto que tiene esta producción de bienes y servicios en la sostenibilidad y se tiende cada vez más, a premiar a las empresas con un comportamiento social y ambientalmente responsables.

En este sentido tenemos que pensar que vamos a

ser reconocidos y premiados en mayor medida por los inversores, por esos accionistas que ya no se conforman solamente con los informes financieros, sino que quieren tener también “informes de sostenibilidad” para orientar, de alguna manera, sus decisiones de dónde poner su dinero. Aunque al día de hoy esto no es lo más habitual si que es el futuro inmediato puesto que si se echa un vistazo a las empresas más cotizadas en el índice “Dow Jones Sustainability” verán que son también las empresas que más dinero ganan.

Desde mi punto de vista existen cuatro problemas para que el tema de responsabilidad social tenga unas aceptación generalizada más intensa.

En primer lugar las memorias de sostenibilidad deben tener un balance consolidado de aspectos económicos, sociales y medioambientales para que deje de existir esa falta de información sobre la relación que hay entre responsabilidad social y los resultados económicos de las empresas. Por otro lado, todavía existe una ausencia de consenso entre las diferentes partes interesadas en torno a una adecuada definición de responsabilidad social en la que se tenga en cuenta por un lado la dimensión social y por otro la diversidad de los marcos políticos nacionales.

Un tercer problema radica en la escasa educación y formación que en las escuelas de negocio y de gestión empresarial se está dando sobre el papel de la responsabilidad social de las empresas. En este sentido, son las pequeñas y medianas empresas las que menor sensibilización tienen, lo cual puede ser debido a que sus recursos son muy limitados. Así mismo, existe una falta de transparencia derivada de la inexistencia de instrumentos ampliamente reconocidos para diseñar, administrar y divulgar las políticas en materia de responsabilidad social. Por último, no se puede negar que existe todavía un escaso reconocimiento y apoyo por parte de los consumidores e inversores respecto a los comportamientos socialmente responsables de las empresas.

En principio, parecen ser las empresas las responsables de adoptar esta actitud de responsabilidad social y fomentar el diálogo con sus interlocutores, partes interesadas o “state holders”, pero es la Administración de los Estados Miembros quien también tiene que crear las condiciones necesarias para que ese diálogo entre empresa y partes interesadas se lleve a cabo de una manera correcta y positiva.

La Unión Europea debe apoyar este ámbito de res-

ponsabilidad social de las empresas por dos razones. En primer lugar porque la responsabilidad de las empresas puede ser un instrumento útil para reforzar otras políticas comunitarias. Y, en segundo lugar, porque la propia Unión Europea puede ser un instrumento muy útil para cohesionar y unificar instrumentos dentro de ese ámbito, como pueden ser las normas de gestión, los sistemas de etiquetado, la certificación, notificación, etc., creando un tipo de modelo que facilite tanto la comparación como la difusión de información fácilmente reconocible y comparable entre empresas, consumidores, inversores y otras partes interesadas, muy parecida en todos los Estados Miembros.

En resumen, se puede afirmar que el mayor reto que afronta en estos días la empresa en relación con su contribución al desarrollo sostenible, probablemente no es la gestión interna de nuestras compañías, sino el enfoque de las expectativas creadas en torno a nuestro papel como constructores de sociedades que funcionen mejor y más equitativamente.

Las empresas, evidentemente, no pueden ni deben replazar a los gobiernos, pero tampoco pueden producir bienes y servicios en entornos que no funcionan adecuadamente o que no les proporcionan los escenarios adecuados, por ello reto al Ministerio de Medio Ambiente para que siga trabajando si cabe con mayor intensidad en crear un escenario adecuado para que la empresa española no solo cumpla con la legislación y la normativa vigente sino que pueda ir más allá acercándose a la excelencia empresarial tanto en el terreno medioambiental como en los económicos y sociales.

Por último, quiero cerrar mi intervención con un ofrecimiento desde la Fundación Entorno y desde mi posición en el Parlamento Europeo de colaboración, de ayuda y, sobre todo, de comunicación con todos ustedes.

MUCHAS GRACIAS.

# IMPACTO AMBIENTAL DE LAS INSTALACIONES DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN



M<sup>a</sup> JESÚS PALACIOS GONZÁLEZ

M<sup>a</sup> JESÚS GARCÍA-BAQUERO MERINO

AMÓS LORENZANA PÉREZ

FRANCISCO SALAMANCA SEGOVIANO (MODERADOR)

LUIS IGNACIO EGUILUZ MORÁN

ESPERANZA URSÚA SESMA

FRANCISCO JAVIER MURILLO MORÓN



# PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

## *ENVIRONMENTAL ASSESSMENT PROCEDURE*

### **AMÓS LORENZANA PÉREZ**

**Ministerio de Medio Ambiente**

Experiencia profesional en la Administración General del Estado:

- Director de programa en la Subdirección General de Impacto Ambiental y Prevención de Riesgos.
- Gestión y coordinación del Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental en el Ministerio de Medio Ambiente.
- Contestación a los procedimientos de infracción abiertos contra España por la Comisión Europea en materia de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Realización de informes jurídicos sobre normativa ambiental y apoyo jurídico al procedimiento.
- Contestación a preguntas parlamentarias sobre temas de evaluación.



## RESUMEN

En esta ponencia se estudia y describe el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, que se ha de considerar como un procedimiento administrativo ordinario con una regulación específica (Real Decreto 1131/88) y en el que se produce un intercambio de trámites que se dan especialmente durante la fase de instrucción. Estas fases son:

- 1.- Inicio:
  - Presentación de la Memoria Resumen por el Promotor.
  - Posibilidad de consultas a personas, Instituciones y Administraciones.
  - Conclusiones del órgano ambiental y traslado de contestaciones a consultas al titular del proyecto.
- 2.- Información pública por el Órgano Sustantivo.
- 3.- Remisión del expediente por el Órgano Sustantivo.
- 4.-Formulación de la Declaración de Impacto Ambiental.
- 5.- Remisión de la Declaración de Impacto Ambiental al titular del proyecto.
- 6.- Resolución de discrepancias.
- 7.-Publicación de la Declaración de Impacto Ambiental.

## ABSTRACT

*This paper examines and describes the environmental impact assessment procedure. It is considered as regular government procedure under specific legislation (Royal Decree 1131/88). There is a series of exchanges, especially during the study phase. The phases are as follows:*

1. *Start:*
  - *Presentation of the summary report by the developer.*
  - *Possibility of consulting persons concerned, institutions and government departments.*
  - *Conclusions of the environmental authority and the designer are notified of replies to queries.*
2. *Public disclosure by the corresponding authority.*
3. *Consideration of the project by the corresponding authority.*
4. *Preparation of the environmental impact statement.*
5. *The environmental impact statement is sent to the designer.*
6. *Settlement of discrepancies.*
7. *Publication of the environmental impact statement.*

## I. INTRODUCCIÓN

Según el profesor Garrido Falla, la declaración en que consiste el acto administrativo se forma a través de un procedimiento, este efecto produce una doble causa:

- De una parte, el hecho de que siendo la Administración una persona moral, su voluntad se forma mediante la actuación de una serie de voluntades correspondientes a los titulares físicos de sus órganos.
- De otra, el hecho de que por consecuencia de las exigencias propias del Estado de Derecho, se ha tendido, cada vez más, a una jurisdicción del actuar administrativo.

Es regla en nuestro Derecho Administrativo que todo requisito de forma exige un texto legal (Ley o Reglamento) que lo imponga. Se convierte así el procedimiento administrativo en una garantía jurídica y en un instrumento de eficacia.

El Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental ha sido calificado por algunos de procedimiento especial. Esto era, en cierto modo, sostenible al amparo de la Ley de Procedimiento Administrativo; sin embargo después de la promulgación de la actual Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y el Procedimiento Administrativo Común (Ley 30/1992, de 26 de noviembre) se puede afirmar que es un procedimiento administrativo ordinario, ya que su estructura se acomoda al modelo de procedimiento administrativo común, y no se da en él ninguna singularidad que lo haga de naturaleza especial. En este sentido, cabe citar la Exposición de Motivos de la citada Ley. Siguiendo la tesis de Juan Rosa Moreno, el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, es un procedimiento ordinario con una regulación específica (Real Decreto 1131/88).

Es un procedimiento que carece de autonomía propia, ya que depende del procedimiento sustantivo desde su inicio, durante su tramitación y hasta la conclusión de éste.

Consecuencia de esta dependencia del procedimiento sustantivo es la comunicación que a lo largo del P.E.I.A., se produce con aquél. En este sentido hay un intercambio de trámites que se dan especialmente durante la fase de instrucción:

- Traslado de contestaciones a consultas.
- Remisión del expediente por el órgano sustantivo.
- Ampliación del Estudio de Impacto Ambiental.

- Información Pública.
- Remisión de la D.I.A. al órgano sustantivo.

## 2. FASES DEL PROCEDIMIENTO

La Sección Tercera del Capítulo II del Real Decreto 1131/1988 se titula: Procedimiento. Comprende los artículos 13 al 22 de dicha norma y regula cómo se ha de producir el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, que, como se ha dicho, tiene una regulación específica.

### 2.1. Inicio

Esta fase se descompone en tres etapas:

- a) Presentación de la Memoria-Resumen por el promotor.
- b) La posibilidad de consultas a personas, Instituciones y Administraciones.
- c) Conclusiones del órgano ambiental y traslado de contestaciones a consultas al titular del proyecto.

#### a) Presentación de la Memoria-Resumen.

El artículo 13 del Reglamento establece que la persona que pretenda realizar un proyecto de los que se encuentran sujetos a evaluación de impacto deberá comunicar al órgano ambiental competente dicha intención, acompañando una Memoria-Resumen que recoja las características más significativas de la actividad propuesta. No se dan mayores explicaciones referentes al contenido y grado de detalle, ni siquiera se han elaborado guías o formularios orientativos al respecto.

La Memoria-Resumen debe ser remitida también al órgano competente de acuerdo con el procedimiento sustantivo de autorización o aprobación.

De acuerdo con lo regulado en este artículo, parece desprenderse que el P.E.I.A. se inicia a instancia de parte solamente; sin embargo, esto no es aplicable a todos los proyectos, ya que precisamente la mayoría son proyectos públicos, en los que mediante el mandato legal es la propia Administración la que actúa de oficio (piénsese en todos los proyectos de carreteras ferrocarriles y la mayoría de obras hidráulicas).

#### b) La posibilidad de consultas a personas, Instituciones y Administraciones.

Recibida la Memoria-Resumen, el Órgano Ambiental

competente en el plazo de diez días, podrá efectuar consultas a las personas, Instituciones y Administraciones que puedan verse afectados por la realización de la actividad sujeta a evaluación de impacto.

Hay que tener en cuenta que toda la filosofía del P.E.I.A. gira en torno a la idea de una gran participación social, cuanto más amplia mejor. Se trata, tal como describe el reglamento, de que los afectados por la ejecución del proyecto opinen, hagan cualquier indicación que estimen beneficiosa para una mayor protección del medio ambiente, así como cualquier propuesta que estimen conveniente respecto a los contenidos específicos a incluir en el estudio de impacto ambiental.

El plazo para contestar es de 30 días hábiles. En la práctica se están consultando entre 40 ó 50 afectados. Esto no quiere decir que sea un catálogo cerrado, dándose posibilidad de contestar a cualquiera que lo solicite. Tenemos actualmente en la Base de Datos, unos 740 registros para consultar, con independencia de los Ayuntamientos afectados en cada caso concreto.

Hay que destacar que la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza debe ser consultada preceptivamente en todos los casos (párrafo cuarto del artículo 13).

De acuerdo con el artículo 5.3 de la Ley 6/2001, de 8 de mayo, que recoge la doctrina establecida por el Tribunal Constitucional en la S.T.C. 13/1998, de 22 de enero, "Cuando corresponda a la Administración General del Estado formular la Declaración de Impacto Ambiental, será consultado preceptivamente el órgano ambiental de la Comunidad Autónoma en donde se ubique territorialmente el proyecto".

Debe entenderse que, así mismo, se deberá consultar a las correspondientes Direcciones Generales de las Consejerías de las CC.AA. que tengan la competencia de gestión del medio ambiente del Patrimonio Histórico-artístico.

Deben, en conclusión, quedar claras dos notas en las que se basa el P.E.I.A.:

- a. Publicidad.
- b. Participación, para la cual es imprescindible la primera.

### c) Conclusiones del Órgano Ambiental y traslado de contestaciones a consultas al titular del proyecto.

Recibidas las contestaciones a las consultas realizadas, el órgano ambiental facilitará al titular del proyec-

to, en el plazo de veinte días hábiles, el contenido de aquéllas, así como la consideración de los aspectos más significativos que deben tenerse en cuenta en la realización del estudio de impacto ambiental.

Al efecto, se realizará un informe en el que se indica qué opiniones son más importantes y se trasladarán copias de todas las contestaciones recibidas.

Con esta fase, el órgano ambiental queda a la espera de las actuaciones que debe realizar el titular del proyecto.

## 2.2. Información pública por el Órgano Sustantivo.

Recibidas las contestaciones a las consultas, el promotor del proyecto debe elaborar el estudio de impacto ambiental y aportarlo como una pieza más para la obtención de la correspondiente autorización o aprobación del proyecto, y remitirlo al órgano competente del procedimiento principal, iniciándose en ese momento el mismo. Coincide, pues, este inicio con la entrega del estudio de impacto que se integra en el expediente.

No existe plazo para la elaboración del estudio de impacto y su presentación, y ello es lógico teniendo en cuenta el alcance que un estudio puede tener.

Queda por tanto a criterio del promotor la realización y presentación del estudio de impacto. Este trámite dentro del P.E.I.A. puede suponer, y supone de hecho, años para llevarlo a cabo.

Producida esta presentación, el estudio de impacto ambiental, junto con el proyecto y dentro del procedimiento aplicable para la autorización o realización del mismo, será sometido al trámite de información pública.

La información pública se realiza siempre, de acuerdo con la normativa aplicable, por el Órgano Sustantivo (artículo 15 del Reglamento).

Contempla el artículo 17 el supuesto de que no estuviese previsto este trámite en el procedimiento sustantivo, en cuyo caso sería el Órgano Ambiental el obligado a realizarlo durante el plazo de treinta días hábiles.

## 2.3. Remisión del expediente.

Regula el artículo 16 la remisión del expediente por el Órgano Sustantivo al Órgano de medio ambiente competente, que deberá contener al menos:

- a. Documento técnico del proyecto.
- b. El Estudio de Impacto Ambiental.
- c. El resultado de la información pública.

Hay que tener en cuenta que en los proyectos públicos (que son la mayoría) el expediente se remitirá al Órgano de medio ambiente con anterioridad a la aprobación técnica de aquéllos.

Examinado el expediente por el Órgano Ambiental, puede ser devuelto para completar el estudio de impacto ambiental, fijándose un plazo de veinte días para su cumplimiento.

#### **2.4. Formulación de la Declaración de Impacto Ambiental.**

Esta debe determinar, a los sólo efectos ambientales, la conveniencia o no de realizar el proyecto, y en caso afirmativo, fijará las condiciones en que debe realizarse.

Las condiciones, además de contener especificaciones concretas sobre protección del medio ambiente, formarán un todo coherente con las exigidas para la autorización del proyecto; se integrarán, en su caso, con las previsiones contenidas en los planes ambientales existentes y se referirán a la necesidad de salvaguardar los ecosistemas y a su capacidad de recuperación.

Asimismo incluirá las precisiones pertinentes sobre la forma de realizar el seguimiento de las actuaciones, de conformidad con el programa de vigilancia ambiental.

La D.I.A. se integra y forma parte de las condiciones en las cuales ha sido aprobado el proyecto por el Órgano Sustantivo, pasando a formar parte de la resolución principal.

#### **2.5. Remisión de la Declaración de Impacto Ambiental al titular del proyecto.**

En el plazo de los treinta días siguientes a la recepción del expediente a que se refiere el artículo 16, la D.I.A. se remitirá al Órgano de la Administración que ha de dictar la resolución administrativa de autorización del proyecto.

#### **2.6. Resolución de discrepancias.**

Regula el artículo 20 y en la nueva redacción que establece el artículo 4.2 de la Ley 6/2001, de mayo, que en caso de discrepancia entre el Órgano con competencia sustantiva y el Órgano administrativo de medio ambiente respecto de la conveniencia de ejecutar el proyecto o sobre el contenido del condicionado de la D.I.A., según la Administración que haya tramita-

do el expediente, resolverá el Consejo de Ministros o el Órgano de gobierno de la Comunidad Autónoma correspondiente o, en su caso, el que dicha Comunidad haya determinado.

#### **2.7. Publicación de la D.I.A.**

La D.I.A. se publica en el Boletín Oficial del Estado, en el caso de los proyectos que autoriza la Administración General del Estado como final del procedimiento y dentro de la idea de darle la máxima publicidad posible al P.E.I.A. Viene a constituir el último filtro de la participación pública, en el sentido de que con la publicación se puede ejercer un control sobre el cumplimiento de la misma y sobre lo que el Órgano Ambiental ha tenido en cuenta en su elaboración.



# TENDIDOS ELÉCTRICOS EN EXTREMADURA: ACTUACIONES DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA

## POWER LINES IN EXTREMADURA

## CONSERVATION AND PROTECTION OF BIRDLIFE



**MARÍA JESÚS PALACIOS GONZÁLEZ**

Junta de Extremadura

Licenciada con grado en Ciencias Biológicas en el año 1987 en la Universidad de Extremadura y doctorada en 1989.

De 1990 a 1997 fue Bióloga de la Agencia de Medio Ambiente y de la Dirección General de Medio Ambiente de la Junta de Extremadura, encargada de la elaboración de Planes de desarrollo rural sostenible y Evaluaciones de Impacto Ambiental.

Desde 1997 a 2000 es Jefa de Sección de Vida Silvestre y Espacios Protegidos de la Dirección General de Medio Ambiente de la Junta de Extremadura, a cargo de las actividades de Protección y Conservación de las especies de fauna y flora y de los Espacios Naturales y Evaluaciones de Impacto Ambiental de diversas instalaciones como tendidos eléctricos.

Ha dirigido varios Proyectos de Conservación de Especies Protegidas, así como la Reserva Natural "Garganta de los Infiernos desde septiembre de 1995 hasta diciembre de 2000 y el Espacio Natural "Zona de Especial Conservación Sierra Grande de Hornachos" desde 2000 hasta la actualidad).



**MARÍA JESÚS GARCÍA-BAQUERO MERINO**

Junta de Extremadura

1. Licenciada en Ciencias Biológicas, Especialidad en Biología Ambiental y de Sistemas, por la Universidad de Extremadura (2001).

2. En la actualidad elaborando la Tesis de Licenciatura sobre la inversión parental en el rabilargo (*Cyanopica cyanus*).

3. Bióloga de la Dirección General de Medio Ambiente de la Junta de Extremadura desde septiembre de 2001 hasta la actualidad. Entre las actividades llevadas a cabo para la DGMA se incluyen las siguientes:

- Desarrollo de la gestión y coordinación del Proyecto LIFE "Gestión de la ZEPa-LIC La Serena y Sierras Periféricas".

- Realización del "Programa de Valoración Ambiental de actuaciones, en Espacios Protegidos de la Red NATURA 2000 y en hábitats de especies protegidas". Valoración de impacto ambiental de líneas eléctricas y seguimiento de medidas correctoras.

- Seguimiento de campo para el desarrollo del "Estudio de la Peligrosidad para la Avifauna de las Líneas Eléctricas en la Comunidad Autónoma de Extremadura".

4. Publicaciones científicas en revistas de alto índice de impacto y congresos de ámbito nacional e internacional sobre diversos aspectos del ciclo biológico de las aves, así como sobre medidas de conservación desarrolladas principalmente en avifauna.

5. Otros trabajos desarrollados

- Colaboraciones en proyectos de investigación sobre conservación así como en estudios etológicos sobre aves desde 1997.

- Realización del Estudio Previo del Programa de Vigilancia Ambiental de la Autovía de la Plata (tramo Plasencia-Cañaveral), para FERROVIAL S.A.

## RESUMEN

Extremadura es una de las regiones europeas más importante para las aves debido a la nidificación e invernada de gran número de especies. Este territorio adquiere gran relevancia al contener numerosas especies de aves protegidas.

En 1986 se inicia un trabajo pionero para evaluar el impacto de los tendidos eléctricos sobre las aves; se encontraron numerosos restos de aves cuya muerte fue determinada en un 80% por causas de electrocución y en un 20 % por colisión. En el año 2001 se realizó un estudio sobre “La peligrosidad para la avifauna de las líneas eléctricas en Extremadura” que revela una incidencia del 70 % de muertes por electrocución y del 30% por colisión.

En Extremadura, la electrocución es especialmente frecuente entre aves de mediana y gran envergadura que utilizan los apoyos como posaderos y como lugar de nidificación, especialmente Águila imperial (*Aquila adalberti*) y Águila perdicera (*Hieraaetus fasciatus*), y entre los hábitats existentes se puede reseñar como especialmente propensos a la electrocución de las aves las masas forestales medianamente abiertas, dehesas y matorral mediterráneo y zonas de cultivo extensivo próximos a dehesas. Por su parte, la colisión es un tipo de accidente más frecuente en aves con comportamiento de vuelo gregario o en bandadas, destacándose, como hábitats más frecuente para este tipo de accidentes, las zonas de invernada y paso donde se concentran grandes poblaciones de grullas (*Grus grus*) o las importantes zonas pseudoesteparias con avataradas (*Otis tarda*) y sisonos (*Tetrax tetrax*).

Según los resultados obtenidos se inician las siguientes actuaciones:

1) Aprobación de normativa de impacto ambiental (1991) y específica sobre condiciones técnicas de las instalaciones eléctricas en Extremadura (1996).

2) Establecimiento de protocolos de colaboración y convenios con compañías eléctricas.

3) Campañas informativas y de sensibilización.

4) Modificación de líneas eléctricas peligrosas para las aves.

5) Campaña de retirada de nidos y salvamento de pollos de cigüeñas que nidifican en torretas eléctricas.

6) Aplicación de nuevas normas técnicas para la instalación de líneas eléctricas (2003).

## ABSTRACT

Extremadura is one of the most important regions in Europe for birds as it is used by a large number of species for nesting and wintering. This region has acquired great relevance as it contains numerous species of protected birds.

In 1986 work was started on a pioneer project to evaluate the effect of power lines on birds. Numerous bird remains were found and their death was determined in 80% of cases to be due to electrocution and in 20% to collision. In 2001 a study was carried out on the danger to birds posed by power lines in Extremadura. This revealed 70% of deaths were due to electrocution and 30% to collision.

In Extremadura electrocution is especially frequent in medium and large birds that use the pylons as perches and for nesting. This applies particularly to imperial eagles (*Aquila adalberti*) and the “partridge” eagle (*Hieraaetus fasciatus*). In terms of habitat, fairly open forest areas, pastures, Mediterranean thicket and big cultivated areas next to pastures, are areas where birds are particularly prone to electrocution. Collision, on the other hand, is more frequent in birds that fly in flocks. The most likely habitats for this type of accident are the wintering and transit areas where large populations of cranes (*Grus grus*) concentrate, or the important pseudo-steppe areas with bustards (*Otis tarda*) and little bustards (*Tetrax tetrax*).

Based on the results of the work the following action was taken:

1) Approval of the environmental impact code (1991) and specifications for electrical installations in Extremadura (1996).

2) Protocols for co-operation and agreements with electricity companies.

3) Information and awareness campaigns.

4) Modification of power lines that were dangerous for birds.

5) A campaign to remove nests and to save stork fledglings in nests on pylons.

6) The application of new technical standards for power lines (2003).

En la Conferencia Mundial sobre Aves de Presa, en 1975, se pone de manifiesto que "... la electrocución es una de las causas principales de mortalidad y un factor determinante de reducción de las poblaciones de falconiformes y Estrigiformes ibéricas...". En 1992 un amplio conjunto de investigadores y expertos de vertebrados ibéricos que colaboraron en la redacción del "Libro Rojo de los Vertebrados de España" citaban en el mismo a los tendidos eléctricos como una de las principales causas de disminución de, al menos, 9 especies de aves amenazadas, entre ellas el águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*), la cigüeña negra (*Ciconia nigra*), el buitre negro (*Aegypius monachus*) y el águila perdicera (*Hieraetus fasciatus*).



Foto: Águila perdicera y Águila perdicera electrocutada bajo poste. (fotos Domingo Rivera).

Extremadura es una de las regiones europeas más importante para las aves debido a la nidificación e invernada de gran número de especies, especialmente de las anteriormente citadas, ya que cuenta con las mayores poblaciones europeas de cigüeña negra y Buitre negro y la segunda población más importante de la Península Ibérica de águila imperial y águila perdicera.

En 1986 se inicia un trabajo pionero para evaluar el impacto de los tendidos eléctricos sobre las aves; se encontraron numerosos restos de aves cuya muerte fue determinada en un 80% por causas de electrocución y en un 20 % por colisión. En el año 2001 se realizó un estudio sobre "La peligrosidad para la avifauna de las líneas eléctricas en Extremadura" que revela una incidencia del 70 % de muertes por electrocución y del 30% por colisión.

En Extremadura, la electrocución es especialmente frecuente entre aves de mediana y gran envergadura que utilizan los apoyos como posaderos y como lugar de nidificación, y entre los hábitats existentes se puede reseñar como especialmente propensos a la electrocu-

ción de las aves las masas forestales medianamente abiertas, dehesas, matorral mediterráneo y zonas de cultivo extensivo próximos a dehesas.

Por su parte, la colisión es un tipo de accidente más frecuente en aves con comportamiento de vuelo gregario o en bandadas, destacándose, como hábitats más frecuente para este tipo de accidentes, las zonas de invernada y paso donde se concentran grandes poblaciones de grullas (*Grus grus*) o las importantes zonas pseudoesteparias con avutardas (*Otis tarda*) y sisones (*Tetrax tetrax*).

## II. ACTUACIONES REALIZADAS

El gran valor ornitológico de la región extremeña, y la creciente incidencia de las líneas eléctricas en la avifauna ha hecho que la Junta de Extremadura se haya planteado la necesidad de establecer una serie de actuaciones durante los últimos años cuyo objetivo es evitar la muerte por electrocución y/o colisión de especies de fauna protegida presentes en nuestro territorio. Entre estas actuaciones se destacan las siguientes:

### II.1. ESTUDIOS

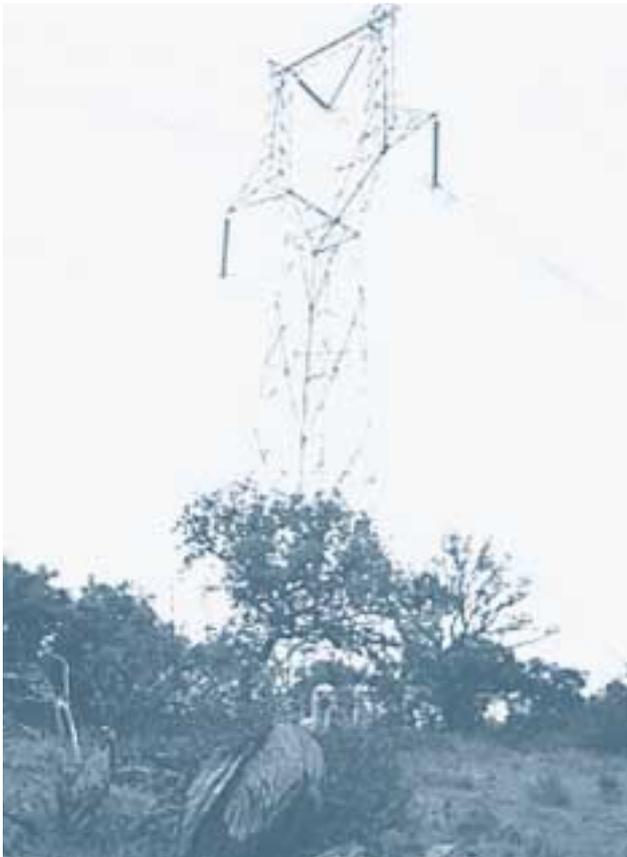
Ya en el año 1986 se inicia un trabajo para evaluar su impacto sobre las aves; se recorrieron de forma sistemática 623 apoyos en diferentes territorios, encontrando 123 aves muertas de las que más del 80% se atribuyó a electrocución, entre ellas varios ejemplares de águila imperial, águila perdicera y buitre negro. A partir de este trabajo, en 1987, comienzan a realizarse otros más puntuales que han permitido evaluar la verdadera repercusión que la electrocución y la colisión tienen sobre las aves en Extremadura, mediante el seguimiento de los tendidos eléctricos para determinar los diseños peligrosos y detectar los posibles restos de fauna.

A cargo del Proyecto LIFE del Águila imperial ibérica, desde 1992 hasta 1997, se hicieron modificaciones en los diseños de apoyos de demostrada peligrosidad por haber encontrado restos de aves muertas o bien por encontrarse en zonas de campeo de grandes rapaces como el Águila imperial (*Aquila adalberti*).

En una nueva fase en los años 2000 y 2001 se llevo

a cabo un nuevo estudio, financiado a través de fondos FEOGA con una inversión total de 36.000 €, en el que se realizó una prospección de campo en toda la Comunidad Autónoma para localizar las líneas de diseño peligroso y determinar su incidencia. Para ello, y durante dos meses se hizo una búsqueda de campo por parte de cuatro prospectores. Durante estas salidas los prospectores acompañados por los Agentes de Medio Ambiente, buscaron las líneas de diseños peligrosos y cumplimentaron una ficha de campo.

Durante este estudio se localizaron un total de 366 tendidos eléctricos peligrosos para las aves, de los que 146 (40%) están en la provincia de Badajoz y 220 (60%) en la provincia de Cáceres. El término municipal con mayor número de tendidos eléctricos prospectados fue Mérida (Badajoz) con 73 líneas en las que se encontraron 7 restos de aves muertas, mientras que en la provincia de Cáceres el primer término municipal en número de líneas eléctricas peligrosas es Trujillo con 15 líneas prospectadas encontrándose 4 restos de aves muertas. Cabe destacar el caso de Herrera del Duque (Badajoz) con 33 líneas en las que se encontraron hasta un total de 17 restos de aves muertas.



En cuanto a la causa de la mortalidad un 68% se debió a electrocución, mientras que un 32% a colisión. Cabe destacar que Extremadura constituye una de las

Comunidades Autónomas con mayor incidencia por colisión, ya que aquellas Comunidades Autónomas en las que se han hecho estudios similares el porcentaje de muerte por colisión ronda el 10-15%. Estos datos son especialmente alarmantes si tenemos en cuenta que los restos de aves muertas por colisión son mucho más difíciles de detectar ya que con mucha frecuencia se encuentran a más de 1 kilómetro del punto del choque, lo que hace que probablemente los datos obtenidos estén infravalorados, especialmente en zonas de vegetación densa y orografía abrupta. Esto ha hecho que en la actualidad en Extremadura se estén aplicando medidas específicas para disminuir la colisión.

Como veremos más adelante, al ver el listado de especies, entre las principales víctimas de la electrocución se encuentran las rapaces y zancudas, mientras que por colisión encontramos aves con un comportamiento gregario, especies migradoras, invernantes, o especies propias de lugares abiertos como las esteparias.

En cuanto a las muestras encontradas, en la siguiente tabla podemos observar el número de restos por grupo de especies para cada estudio:

GRUPO DE ESPECIES	1987-1995	2000-2001
Rapaces	1.836	126
Zancudas	310	120
Otras Aves	1.079	48
Mamíferos	3	8
Total	3.228	302
<b>NÚMERO DE ESPECIES</b>	<b>&gt;98</b>	<b>&gt;28</b>

Hay que tener en cuenta que ambos estudios no son comparables puesto que la metodología seguida y el periodo abarcado son diferentes, pero si puede servir para testar como la aplicación de ciertos criterios técnicos ha hecho que el número de especies amenazadas por las líneas eléctricas haya disminuido.

De esta tabla se deduce que en ambos estudios el grupo de especies en el que mayor incidencia tienen las líneas eléctricas es el de las rapaces, entre las que se incluyen las rapaces nocturnas. Esto probablemente se deba a que estas aves presentan una etología que las lleva a usar los postes como oteaderos o atalayas (lugar de cazadero de sus especies presa). En zonas en las que el estrato arbóreo es casi inexistente los apoyos de los tendidos eléctricos se convierten en el mejor lugar para usar como avistadero de presas, lo

que lleva a que muchas de estas aves se electrocuten, en muchos casos se trata de individuos de gran envergadura (de hasta más de 2 metros) que fácilmente pueden hacer contacto entre un conductor y la cruceta. Por otro lado muchos de ellas se electrocutan al tocar dos conductores, bien al remontar el vuelo tras la captura, bien en el momento de lanzarse desde la cruceta a por la presa que se encuentra bajo el tendido. En otros casos las aves se electrocutan al hacer contacto con la especie presa, con sus propios excrementos o bien con otras aves, que están en contacto con alguno de los elementos en tensión.

En segundo lugar aparecen las zancudas, entre las que se incluyen especies como la Cigüeña blanca y la Cigüeña negra (*Ciconia ciconia* y *C. Nigra*), las grullas (*Grus grus*) y las garzas (*Ardea sp.*). Se trata de aves de gran tamaño que, excepto en el caso de las grullas, que mueren principalmente al colisionar con los conductores o cable de tierra, mueren tanto por electrocución como por colisión. La mayoría de las Cigüeñas blancas detectadas durante el estudio fueron encontradas en centros de transformación y centros de transformación de vertederos.

En el grupo de otras aves aparecen especies de menor ocurrencia, aunque cuantitativamente se trata de muchos individuos, y en él aparecen representados pequeños paseriformes como mirlo (*Turdus merula*), gorrión (*Passer sp.*), estornino (*Sturnus sp.*), etc. También se incluyen los cuervos (*Corvus corax*) de los que se recogieron hasta un total de 35 individuos.

Por último aparecen los mamíferos con un total de 8 individuos en el segundo estudio, de los cuales uno era una garduña (*Martes foina*) y otros tres jineta (*Genetta*

*genetta*). Se trata de individuos que en todos los casos aparecieron muertos por electrocución en centros de transformación, probablemente al subir a cazar gorriónes u otras pequeñas aves que hacen sus nidos en estos CT.

En total, en los nueve años que duró el primer estudio se recogieron un total de 3.228 restos de al menos 98 especies, mientras que en los dos meses del estudio de 2000-2001 se recogieron un total de 302 restos de 28 especies diferentes. No es comparable la diferencia numérica de ambos estudios debido a que en el primer caso se hizo el seguimiento durante nueve años aunque no de forma sistemática, y en el segundo sólo durante dos meses, lo que hace que sólo se detectasen los restos de las aves muertas durante ese periodo ya que la permanencia de los restos bajo los tendidos suele ser corta debido a cimarrones, zorros y otros animales que dan buena cuenta de ellos. La cifra de 302 restos debe aproximarse al número real de individuos que murieron en esos dos meses, aunque probablemente esté infravalorada ya que no se recorrieron todas las líneas, y debido a que los restos de aves muertas por colisión son difícilmente localizables. También hay que tener en cuenta que el trabajo de campo se realizó en los meses de invierno por lo que no se detectaron los accidentes ocurridos en primavera que suelen ser muy frecuentes sobre todo en los pollos.

En cualquier caso la disminución del número de especies encontradas de un estudio a otro puede ser el resultado de dos frentes de actuación llevados a cabo en Extremadura. Por un lado la aplicación de una serie de medidas técnicas en las líneas de nueva instalación mediante la elaboración de un Decreto en 1996, que minimizaron los riesgos de electrocución y colisión. Por

AVE ENCONTRADA	ESPECIE (NOMBRE CIENTÍFICO)	NÚMERO
Cigüeña Blanca	<i>Ciconia ciconia</i>	105
Cuervo	<i>Corvus corax</i>	35
Milano Real	<i>Milvus milvus</i>	29
Ratonero Común	<i>Buteo buteo</i>	25
Buitre Leonado	<i>Gyps fulvus</i>	23
Búho Real	<i>Bubo bubo</i>	14
Águila Culebrera	<i>Circaetus gallicus</i>	11
Milano Negro	<i>Milvus migrans</i>	8
Garcilla Bueyera	<i>Bubulcus ibis</i>	5
Cigüeña Negra	<i>Ciconia nigra</i>	5
Gaviota Reidora	<i>Larus ridibundus</i>	5
Buitre Negro	<i>Aegypius monachus</i>	4
Águila Real	<i>Aquila chrysaetos</i>	4
Grullas	<i>Grus grus</i>	4
Cernícalo	<i>Falco sp.</i>	4
Azor	<i>Accipiter gentilis</i>	2

otro lado a raíz del primer estudio se modificaron líneas que afectaban a grandes rapaces protegidas como el Águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*) o el Águila real (*Aquila chrysaetos*).

En el estudio llevado a cabo en 2000-2001 se determinó en la medida que fue posible la especie a la que pertenecían los restos encontrados (hay que tener en cuenta que muchas veces estaban en avanzado estado de descomposición bien por causas meteorológicas, o simplemente por el tiempo transcurrido desde el accidente). En tabla anterior pueden observarse por orden decreciente de frecuencia de aparición las especies encontradas:

En base a estos estudios la Junta de Extremadura toma una serie de medidas entre las que se incluye el desarrollo de una normativa así como normas técnicas de aplicación para líneas de nueva instalación. Por otro lado se llevaron a cabo modificaciones de líneas eléctricas, a través de convenios con compañías eléctricas y empresas de obras por oferta pública.

## II.2. NORMATIVA

**Decreto 73/1996, de 21 de mayo, “sobre las condiciones técnicas que deben cumplir las instalaciones eléctricas de la Comunidad Autónoma de Extremadura, para proteger el medio natural”.**

En este Decreto se establece el procedimiento administrativo para tramitar el establecimiento de nuevas instalaciones eléctricas o modificación de las antiguas, así como se hace una zonificación en cuanto al emplazamiento de las líneas eléctricas, y se determinan las condiciones técnicas que deben cumplir las líneas de alta, media y baja tensión para minimizar los riesgos de electrocución, colisión, nidificación y el impacto paisajístico.

Uno de los avances más destacados de este Decreto es la obligatoriedad de que los informes del Órgano Ambiental sean preceptivos y vinculantes.

## II.3. NORMAS TÉCNICAS PARA LAS NUEVAS INSTALACIONES:

En el estudio de 2000/2001 se comprobó que había apoyos en los que, a pesar de cumplir las medidas recogidas en el Decreto 73/1996, se seguían encontrando aves muertas por electrocución, lo que hacía pensar que las distancias establecidas en esta normati-

va no eran efectivas. En análisis posteriores se comprobó que se trataba de apoyos en los que se utilizaban elementos intermedios, como alargaderas, con los que se alcanzaban las distancias requeridas aisladas de tensión, pero no aisladas de masa, por lo que las aves se seguían electrocutando. Esto motivó la decisión de adoptar determinadas normas técnicas que se detallan a continuación:

### a) Antielectrocución

- En alineación los apoyos serán, siempre que el terreno lo permita, de hormigón ya que su conductividad es menor que la del metal
- Los elementos en tensión se dispondrán por debajo de la cabecera del apoyo, para evitar que haya puentes en tensión por encima de la cruceta con los que puedan hacer contacto las aves
- Las crucetas deben ser en bóveda curva, para evitar que se posen grandes rapaces y varias aves a la vez.
- Aislamiento de los puentes y la salida de los conductores en un metro, al menos en los apoyos de derivación, seccionamiento y en centros de transformación.
- Enterramiento de tramos concretos de línea cuando sean zonas con presencia de grandes rapaces protegidas, con alto riesgo de muerte por electrocución, y cuando técnicamente sea viable.
- Instalación de disuasores de posada, ya que la mejor solución para evitar la electrocución es evitar que las aves se posen.
- Distancias aisladas: Ésta ha demostrado ser una de las medidas más importantes para evitar la muerte por electrocución, ya que al aumentar la distancia aislada disminuye enormemente el riesgo de tocar al mismo tiempo fase y tierra, o fase y fase. Por lo tanto con estas medidas lo que se trata es de alejar los elementos en tensión lo más posible.
  - Distancia entre fases 150 centímetros
  - Distancia aislada entre elementos en tensión y cruceta:
    - 35 centímetros en apoyos de alineación
    - 70 centímetros en apoyos de amarre, ángulo, derivación y centros de transformación.

### b) Anticolisión

- Instalación de cable trenzado aislado para aumentar la visibilidad; además se minimiza el impacto paisajístico y visual, cada vez más extendido debido a la electrificación de la que se está dotando a las zonas rurales.

- Enterramiento de la línea en baja tensión en zonas de alto riesgo y cuando técnicamente sea viable.
- Disposición de los conductores en un solo plano mediante crucetas bóveda para aumentar la visibilidad.
- Señalización de las líneas mediante sistemas efectivos para aumentar su visibilidad, como espirales salvapájaros o balizas.

### c) Antinidificación

Para evitar la nidificación en las líneas eléctricas aéreas, se adoptan diversas soluciones tales como:

- Postes con plataforma portando por encima de la cruceta para evitar que las aves, especialmente las Cigüeñas blancas, hagan los nidos en la cruceta con el consiguiente riesgo de electrocución.
- Plataforma portanido, en un mástil al lado de la línea eléctrica o estructura eléctrica para evitar que usen ésta para nidificar. Al mismo tiempo deben instalarse disuasores de nidificación en la línea.

Los disuasores de nidificación, funcionan como disuasores de posada pero en muchos casos las aves finalmente consiguen hacer el nido.

## II 4.- CONVENIOS DE COLABORACIÓN DE LA JUNTA DE EXTREMADURA CON EMPRESAS ELÉCTRICAS:

El objetivo de estos convenios es evitar la muerte de especies protegidas de fauna a través de la modificación de aquellos tendidos eléctricos peligrosos por tener elementos que induzcan a la mortalidad de animales por causas de electrocución, y de la señalización de aquellos tramos de línea eléctrica aérea que discurre por territorios de nidificación, alimentación e invernada de especies de aves protegidas o por pasos migratorios de aves y que han ocasionado muertes por colisión con los conductores o con el cable de tierra.

Entre los años 1999 y hasta el año 2005 se han firmado convenios con Red Eléctrica de España, con Iberdrola y con Eléctricas del Oeste y RENFE.

El requisito para la elaboración y firma de estos convenios de colaboración es que las actuaciones de modificación se realicen en líneas de propiedad de la empresa eléctrica, que a su vez es la encargada de la realización de los proyectos y la ejecución de las obras.

### a) Iberdrola:

- Año 1999-2000: "Eliminación de una línea eléctrica de la central nuclear de Almaraz a Torrejón el Rubio, situada en el Parque Natural de Monfragüe". Esta línea ocasionaba graves problemas a especies de especial relevancia como el buitre negro. El proyecto consistió en eliminar esta línea de 10 kilómetros y sustituirla por un generador de corriente. Este convenio se financió a través de fondos LIFE-Naturaleza con el proyecto "Gestión de ZEPAS en Extremadura, águila perdicera y buitre negro". La inversión fue de 300.506 (50 millones de pesetas) con una financiación al 50%.
- Año 2002-2004: El objetivo es la modificación de los trazados de diversas líneas de diseño peligroso y la señalización de trazados problemáticos. La financiación es con Fondos FEDER con una inversión de 360.000 €, con una financiación del 50%.

### b) Red Eléctrica de España (REE):

El convenio que tenemos establecido con Red Eléctrica consiste en la señalización del cable de tierra, de vanos situados en pasos migratorios de aves o próximos a núcleos de nidificación. También se contempla la sustitución de balizas deterioradas en tramos ya señalizados anteriormente. El convenio se financia a través de fondos FEDER y su duración es de tres años (2003-2005). La inversión es de 360.000 €, a una financiación al 50%.

### c) Eléctrica del Oeste y RENFE, (1999-2000):

Eléctrica del Oeste es una empresa Extremeña que tiene cedida la gestión por parte de RENFE de las líneas de su propiedad. El proyecto consistió en la modificación de una línea que estaba situada en la Zona de Especial Conservación de Sierra de San Pedro. Se realizó en los años 1999 y 2000, con una inversión de 42.000 €, con una financiación por parte de la Junta de Extremadura de 18.000 €, por parte de Renfe de 6.000 € y por parte de Eléctricas del Oeste de otros 18.000 €. La financiación fue con Fondos LIFE-Naturaleza, con el proyecto "Gestión de ZEPA, águila perdicera y buitre negro".

## II.5.- MODIFICACIÓN DE LÍNEAS ELÉCTRICAS PELIGROSAS PARA LAS AVES A TRAVÉS DE ADJUDICACIÓN DE OBRAS POR OFERTA PÚBLICA A LAS EMPRESAS DEL SECTOR

En este apartado es preciso analizar los distintos mecanismos financieros empleados por la Junta de Extremadura para llevar a cabo las modificaciones de líneas eléctricas. Entre ellos destacan los fondos LIFE-Naturaleza dedicados a las especies y espacios protegidos, los fondos FEDER, que son fondos para infraestructuras lineales; y los fondos INTERREG a través del programa operativo INTERREG III de inversión exclusivamente en regiones fronterizas.

En la siguiente tabla se detallan las cuantías económicas de los distintos proyectos y la procedencia de los fondos.

	EST/PROY	OBRAS	SENSIBILIZACIÓN	TOTAL
Fondos LIFE "Conservación del Águila Imperial Ibérica"	124.305	1.767.000	10.818	1.902.123
"Gestión de ZEPAs Águila Perdicera y Buitre Negro":	9.015,2	171.038		180.304
"Gestión de la ZEPA-LIC La Serena y Sierras Periféricas"	11.000	55.000		66.000
Fondos FEDER:	18.000	1.322.226		1.340.226
Fondos FEOGA	30.000		6.000	36.000
INTERREG III:		601.012		601.012
<b>TOTAL</b>	<b>192.320</b>	<b>3.916.276</b>	<b>16.818</b>	<b>4.125.414</b>

El porcentaje más importante de este total lo constituye la inversión en obras con 3,9 millones de euros.



Foto: Modificación de tendido eléctrico peligroso (foto Domingo Rivera).

## II.6.- CAMPAÑA DE SENSIBILIZACIÓN

En concreto se ha editado un folleto "Tendidos eléctricos y aves en Extremadura" para dar a conocer la problemática de los tendidos eléctricos y las aves en Extremadura en el que además se recoge el texto integro del Decreto 73/1996. Además se proyecta editar próximamente otro folleto con los resultados del estudio de los años 2000-2001.

Por otro lado se mantienen reuniones con instaladores, ingenieros, compañías eléctricas y demás grupos implicados.

Dentro de esta campaña de sensibilización se ha hecho publicidad en los medios de comunicación con artículos en revistas de divulgación de la naturaleza y en prensa.

## II.7.- CAMPANA DE SALVAMENTO DE POLLOS

Existe un grupo específico en la Junta de Extremadura que se encarga de tramitar las reclamaciones por nidos de especies protegidas (principalmente Cigüeña blanca) en estructuras eléctricas y de, en caso de ser necesario, retirar los huevos o pollos del nido y llevarlos a un centro de recuperación de fauna.

## II.8.- INSTALACIÓN DE CAJAS NIDO

No podemos olvidar el enorme beneficio que en zonas de nula o escasa cobertura arbórea tienen los postes de las líneas eléctricas al proporcionar un lugar

de nidificación a las aves. En este sentido la Junta de Extremadura desde los años 80 viene aprovechando las estructuras eléctricas, de diseño no peligroso para las aves, para instalar cajas nido en zonas con poca disponibilidad de lugares de nidificación para aves como el Cernícalo primilla (*Falco naumanni*), la Carraca (*Coracias garrulus*) o la Lechuza (*Tyto alba*).



Foto: Caja nido para Cernícalo primilla instalada en tendido eléctrico (foto Proyecto LIFE La Serena)

### III.- CONCLUSIONES

Los estudios llevados a cabo en Extremadura han demostrado que la principal causa de mortalidad no natural en determinados grupos de aves como las rapaces y zancudas es la electrocución y colisión con tendidos eléctricos. Este problema está ocasionando en algunas especies como el águila imperial o el águila perdicera la disminución progresiva de la población.

Para evitar o reducir este problema y preservar el Patrimonio Natural se debería llevar a cabo la eliminación o modificación de las líneas aéreas peligrosas, mediante inversiones económicas de todas las entidades relacionadas con este sector, tanto por las Administraciones Públicas como por las Empresas Eléctricas, siguiendo el ejemplo de la Comunidad Autónoma de Extremadura.



# LAS INFRASTRUCTURAS ELÉCTRICAS: NECESIDAD Y CONTESTACIÓN SOCIAL

## *ELECTRICAL FACILITIES SOCIAL NEEDS AND ANSWERS*

### **LUIS IGNACIO EGUILUZ MORÁN**

**Universidad de Cantabria**

Su formación es de Ingeniero Industrial en Bilbao y Doctor Ingeniero Industrial en la Universidad Politécnica de Madrid.

Actualmente es catedrático de Ingeniería Eléctrica en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Telecomunicación de la Universidad de Cantabria. Sus líneas de investigación son la simulación y medida en sistemas de potencia no-lineales, las auditorías de energía, la calidad de la energía eléctrica y el diseño de instrumentación para determinación de parámetros no electrotécnicos; sus publicaciones (artículos, libros, ponencias...) superan la centena.



Los principales cargos que ha desempeñado son:

- Vicerrector de Ordenación Académica de la Universidad de Cantabria.
- Director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación.
- Director del Departamento de Ingeniería Eléctrica en la actualidad

Es miembro de:

- Junta de Gobierno del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Cantabria.
- Patronato del Instituto de Ingeniería de Cantabria.
- Grupo de Trabajo de AENOR 208/215
- Consejo Rector del Centro de Investigación del Medio Ambiente de Cantabria.

## RESUMEN

La energía eléctrica ha de tener un precio competitivo, su suministro ha de garantizarse con una calidad adecuada siendo, además, deseable que el proceso transmisión/consumo se realice con alta eficiencia energética. En esta ponencia, van a considerarse algunos aspectos concernientes a la calidad de la energía eléctrica, las infraestructuras precisas para su logro y el rechazo social que provocan.

Tanto el carbón, como el gas o el petróleo son combustibles que pueden acopiarse, sin embargo, la energía eléctrica solamente puede almacenarse en una mínima cantidad; así un aumento del consumo de energía eléctrica supone que, alguna central del sistema interconectado, tendrá que suministrar ese incremento de demanda, estableciéndose un equilibrio dinámico: en cada instante, la potencia generada ha de ser igual a la consumida, más las pérdidas del sistema.

Se comenzó, hace años, por apreciar la belleza de puentes y viaductos; hoy, normalmente, estas obras suelen salir a concursos de ideas, premiándose la creatividad y la adecuación al entorno. Sin embargo, la mayoría de las instalaciones eléctricas se consideran, de forma genérica, agresoras del medio ambiente; especialmente, las centrales térmicas y nucleares, las líneas aéreas, las subestaciones y los parques eólicos.

Los que se oponen a la construcción de nuevas infraestructuras eléctricas, seguramente, lo hacen sin querer arriesgar el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos que constituyen sus hábitos de consumo, sin embargo, una región deficitaria en generación y débil en transporte, está condenada a un servicio eléctrico de baja calidad, con frecuentes cortes de suministro, y una onda de tensión degradada; en esta comarca, no sería posible la implantación de nuevas empresas industriales, incluso algunas de las establecidas se verían obligadas a trasladarse, en definitiva, sería una región en progresivo empobrecimiento. Por tanto, no resulta descartable que llegue a plantearse, en determinados territorios, la antítesis entre el aumento del nivel de vida con el consiguiente incremento del consumo de energía, y la paralización de la construcción de infraestructuras eléctricas con la consecuente decadencia económica.

El diseño de una línea o de un parque eólico es un trabajo que se realiza, frecuentemente, con soluciones

estándar. En el futuro, debería considerarse no sólo una buena solución técnica, sino también que el entorno resultase revalorizado; este objetivo que parece inalcanzable en infraestructuras eléctricas, porque raramente se considera, resulta habitual en Ingeniería Civil. Siguiendo esta línea argumental, sería necesario que las Escuelas de Ingeniería considerasen como objetivo prioritario, en el desarrollo de sus futuros Planes de Estudios, la formación de ingenieros creativos, que tuviesen la convicción de que las infraestructuras, además de ser útiles, deben resultar armoniosas en el entorno en que vayan a emplazarse; los futuros ingenieros han de ser conscientes que tendrán que encontrar una solución diferente para la mayoría de las obras que diseñen. En nuestra opinión, la mejor estrategia para evitar la contestación social que producen las infraestructuras eléctricas, consistiría en armonizarlas con el entorno, acometiendo diseños singulares que no supongan incremento de coste.

Todo ello podría dar lugar a un cambio progresivo del estado de opinión de la sociedad: lo que ahora se considera una agresión ambiental, pasaría a transformar el paisaje natural en otro distinto fusionado con los avances tecnológicos.

## ABSTRACT

*Electrical energy must be competitively priced. Its supply must also be ensured at an appropriate level of quality. It is also desirable that transmission and consumption are conducted with a high level of energy efficiency. This paper will consider some aspects of the quality of electrical energy, the necessary infrastructure for this purpose and the social rejection that this engenders.*

*Coal, gas or oil are types of fuel that can be stored but electrical energy can only be stored in tiny amounts. Thus an increase in the consumption of electricity means that one or more power stations in the grid have to supply this increase in demand. A dynamic balance is established as follows: at any instant the power generated must be equal to that consumed plus system losses.*

*The beauty of bridges and viaducts started to be appreciated years ago. Such constructions are usually the result of design competitions that encourage creativity and harmony with the surroundings. However, the majority of electrical installations are generically considered harmful for the environment. This applies especially to thermal and nuclear power stations, power lines, substations and wind farms.*

*Those opposed to the construction of new electrical infrastructure are probably not ready to forego use of the appliances that support their consumer habits. On the other hand a region that is deficient in generation and has poor transmission is condemned to suffer a low-quality electricity supply with frequent outages and impaired voltage characteristics. In such a region it would not be possible to set up new industries and some of the existing ones would be forced to move. In summary, it would be a region that becomes progressively impoverished. Therefore the possibility that this could lead to the very opposite of an increase in the standard of living with the consequential increase in energy consumption, cannot be dismissed. Such a situation would bring the construction of electrical infrastructure to a halt with consequent economic decline.*

*Power lines and wind farms are often designed using standard solutions. In the future consideration should be given not only to sound technical solutions but also to ensuring that the surrounding areas are enhanced. This goal seems unachievable in the case of electrical facilities because such concepts are rarely considered but it is commonplace in civil engineering. Following this line of argu-*

*ment, it is necessary for engineering faculties, when drawing up future curricula, to give priority to producing creative engineers. They should be convinced that, apart from being useful, their installations should also be in harmony with the surrounding area. Future engineers must bear in mind that they will have to find new solutions for the majority of projects they design. In our opinion the best strategy for avoiding social opposition to electrical installations would be to ensure they are in harmony with the surrounding area. This can be done through singular designs that do not entail increases in cost.*

*This could lead to a gradual shift in society's perception. Facilities that are presently seen as an assault on the environment would in future transform the landscape, merging with technological developments.*

En primer lugar, quiero agradecer a Red Eléctrica de España la invitación a participar en estas IV Jornadas sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente. En esta intervención reflexionaré sobre distintos aspectos relacionados con las infraestructuras eléctricas y la contestación social que producen, especialmente, en algunas Comunidades Autónomas.

Cuanto mayor es el nivel de vida de una nación, más elevado es su consumo de energía -a no ser que se compense con un incremento de la eficiencia, que no es el caso de España-, lo que tiene como consecuencia un aumento de la contaminación ambiental. Por otro lado, si se tiene en cuenta el aumento de la proporción de cargas no-lineales, para mantener el nivel de distorsión armónica en un valor adecuado, es necesario aumentar la potencia de cortocircuito en los puntos de conexión común (PCC) de los usuarios, es decir, se precisa disponer de una red más mallada. Sin embargo, la oposición social bloquea, frecuentemente, la construcción de nuevas infraestructuras, poniendo en peligro la continuidad del suministro y aumentando el riesgo de colapso.

Los consumidores al funcionar correctamente todos sus aparatos eléctricos están convencidos, seguramente, que no es necesario realizar ninguna ampliación de la red existente. Además, el desinterés generalizado por las aplicaciones de la Electrotecnia ha originado, no solamente en España sino también en la mayoría de los países industrializados, que disminuya el número de estudiantes de ingeniería eléctrica, por la errónea apreciación que esta especialidad resulta obsoleta, careciendo de futuro profesional.

La opinión sobre las infraestructuras eléctricas, en un país en vías de desarrollo o industrializado es, radicalmente, diferente; mientras que las sociedades desarrolladas muestran un rechazo generalizado porque las consideran molestas y peligrosas, para las sociedades en vías de desarrollo son recibidas con aceptación, incluso con entusiasmo, porque su objetivo es disponer de electricidad, con una continuidad, al menos, moderada y sin demandar una óptima calidad de la onda de tensión. En España, en donde se ha alcanzado un alto nivel de desarrollo, se exigen valores altos de continuidad y calidad; sin embargo, lo que sucedía en España hace 60 años, en nuestra posguerra, cuando se

sufrían fuertes restricciones de suministro es lo que ahora ocurre en los países en vías de desarrollo.

El símil entre el suministro hidráulico y el eléctrico es muy elemental, pero puede ayudar a comprender sus analogías y diferencias. Se comprende la correlación existente entre el diámetro de una tubería para transportar agua y el máximo caudal que pueda suministrar. Igualmente, hay una correlación entre la tensión de una línea y la energía eléctrica que puede transportar. Sin embargo, hay una diferencia fundamental entre el suministro hidráulico y el eléctrico. Si se produce un aumento generalizado del consumo hidráulico, se reduce el caudal que llega a los usuarios; pero en el caso eléctrico, cuando se produce un aumento de la demanda y no se genera energía suficiente, hay una interrupción del suministro, porque en todo momento, ha de establecerse un equilibrio dinámico entre la generación, el consumo y las pérdidas.

Siguiendo con el símil entre ambos sistemas, también, existe una analogía entre la contaminación de las aguas y la de la energía eléctrica; la causa de la primera es el vertido de residuos, en la segunda es la inyección de armónicos procedentes de los receptores no lineales. Los tipos de contaminación considerados han ido aumentando a lo largo del tiempo. Los primeros considerados fueron tres: las aguas, el aire y los residuos sólidos; después apareció un cuarto que, conceptualmente, era completamente distinto: la contaminación acústica. El quinto elemento contaminado es la energía eléctrica, que nace con pureza en las centrales generadoras, como los ríos en sus manantiales, y se va contaminando por los armónicos que inyectan las cargas no-lineales en las redes eléctricas.

En el año 2001 se celebraron, en Badajoz, unas Jornadas de Investigación en Ingeniería Eléctrica, cuyo logo era un puente construido recientemente. La pregunta es evidente ¿Por qué un puente, cuando el Congreso era de Electrotecnia? Sencillamente, porque los organizadores no encontraron, en Extremadura, ninguna infraestructura eléctrica singular; teniendo que elegir un puente, puesto que en ingeniería civil hay suficientes obras representativas con amplio impacto social, figura 1.

Actualmente, la mayoría de las infraestructuras eléctricas son de tipo estándar porque, en general, no se



Figura 1. El Golden Gate es uno de los atractivos turísticos de San Francisco.

buscan nuevos diseños que constituyan un conjunto armonioso que mejore el entorno natural. No obstante, existen algunas infraestructuras eléctricas de tipología original, como la torre de Matagorda en la bahía de Cádiz o la de una línea de transporte a su paso por Galapagar, figuras 2 y 3. En un concurso de ideas, convocado por ENEL, obtuvo el premio una torre muy armoniosa, constituida por módulos de fácil montaje, figura 4. El Parque Eólico del Perdón, en Navarra, es otra infraestructura eléctrica que revaloriza el entorno, por la presencia de un conjunto escultórico que ha potenciado el turismo natural y cultural de la zona, figura 5. En el futuro, se deberían realizar diseños de infraestructuras que no sólo pudieran satisfacer las exigencias de la demanda, sino que también tuvieran en cuenta las consideraciones medioambientales, a fin de conseguir la integración en el entorno. Para ello se han de combinar materiales, colores y formas que las doten del atractivo del que ahora carece la mayoría. Consecuentemente, cada proyecto debería proponer una solución diferente, como distinto es el entorno en el que ha de ubicarse.



Figura 2. Torre de Matagorda en la bahía de Cádiz.



Figura 3. Torre de una línea de REE a su paso por Galapagar.

La fachada fotovoltaica del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Tarrasa es otro ejemplo de que las infraestructuras eléctricas no están reñidas con el diseño; está compuesta por tres tipos de módulos fotovoltaicos de diferentes colores, figura 6. La eficacia de conversión de cada tipo de módulos es distinta, siendo de color azul la de mayor eficiencia, por tanto, si sus criterios de diseño se hubiesen basado en la optimización de la conversión energética, toda la fachada habría sido construida con módulos de color azul, obteniéndose así el máximo rendimiento energético; sin embargo, en este caso, han prevalecido los criterios estéticos.

Los promotores para la construcción de nuevas infraestructuras, consideran que las que tienen un carácter singular les corresponde un coste superior; sin embargo, no es cierto si son diseñadas por ingenieros competentes; si se emplearan módulos fabricados en serie se abaratarían los costes, pudiendo conseguirse diseños singulares a precios inferiores a los de tipo estándar.

En cuanto al patrimonio, los conservacionistas afirman que la construcción de infraestructuras eléctricas,

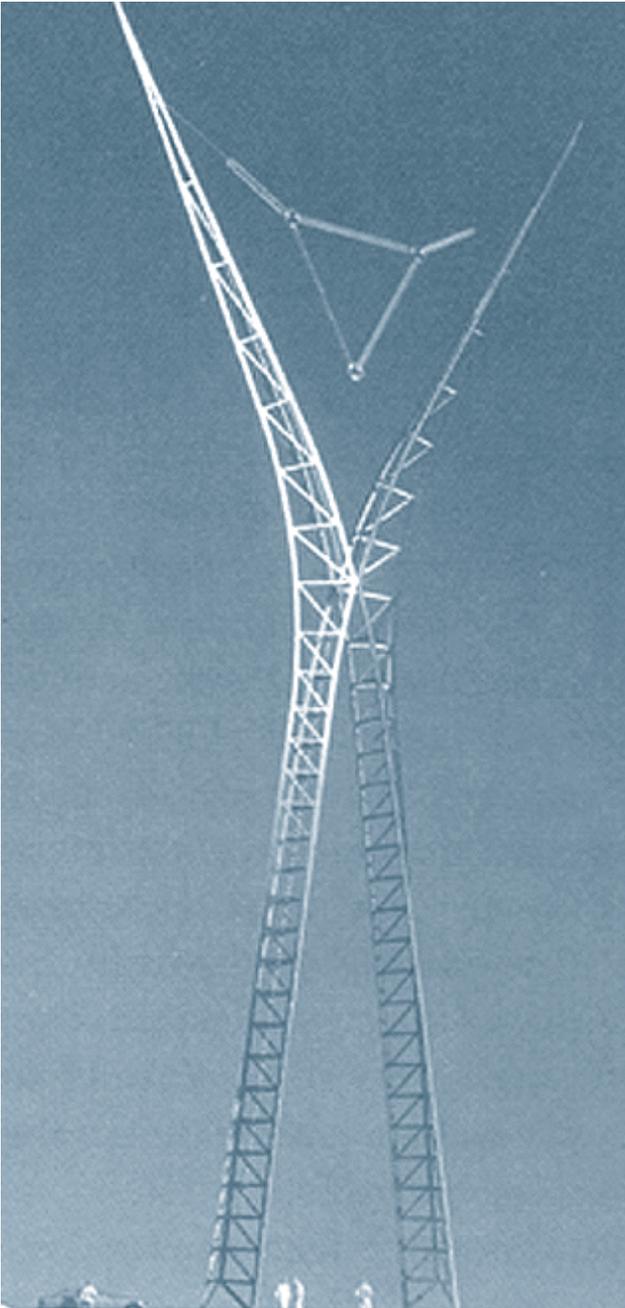


Figura 4. Torre ganadora de un Concurso de Ideas organizado por ENEL.



Figura 6. Fachada fotovoltaica del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Tarrasa.

siempre, destroza el patrimonio, sin embargo, no se puede estar de acuerdo en esta proposición porque, en ocasiones, ha servido para aumentarlo. Así, durante la construcción del Parque Eólico de Sotavento, en Galicia, se descubrieron yacimientos celtas, igualmente, en el soterramiento de la línea eléctrica San Sebastián de los Reyes-Morata se descubrieron restos romanos del siglo V, figura 7.

Como ha dicho en estas Jornadas el Secretario de Estado de Medio Ambiente, éste “no está ceñido a fronteras”, y se puede añadir que lo que sucede cerca de la frontera, repercute a ambos lados. Así, en el caso de que se averiase alguna de las centrales nucleares francesas, que se encuentran próximas a los Pirineos y se produjera alguna fuga radioactiva, se verían afectadas ciudades españolas que compartirían algún tipo de riesgo con poblaciones francesas, sin embargo, su explotación económica no origina ningún beneficio a España. Ya dentro de nuestras fronteras, se puede considerar el efecto de los parques eólicos emplazados en Castilla y León, en la línea fronteriza con Cantabria; en este caso, las dos Comunidades comparten el impacto paisajístico, pero Castilla y León obtiene el beneficio, resultando la situación aún más paradójica si se tiene



Figura 5. Grupo escultórico emplazado en el parque eólico del Perdón de EHN.



Figura 7. Restos descubiertos en el soterramiento de una línea de REE. (a) Sepultura de inhumación. (b) Jarra romana. (Fuente REE)

en cuenta que mientras Cantabria es importadora de energía eléctrica, Castilla y León la exporta.

Para minimizar los impactos que genera la presencia de infraestructuras, no se necesita al ingeniero calculista rutinario de hace 50 años que, al no disponer de ordenadores, realizaba sus proyectos empleando regla de cálculo, ábacos y tablas. Lo que nuestra sociedad está demandando son ingenieros capaces de realizar proyectos originales, de construir infraestructuras que no sólo tengan el carácter funcional para el que se diseñan, sino que puedan convertirse en obras valoradas, en visitas de interés cultural. Para conseguir este objetivo es necesario que colaboren diversas instituciones, comenzando por las escuelas de ingenieros, con sus profesores y planes de estudios, que han de fomentar y desarrollar la capacidad de innovación e invención de los futuros ingenieros; también, los colegios profesionales, las administraciones, las asociaciones empresariales, o las grandes empresas, como Red Eléctrica, deben impulsar las infraestructuras de carácter artístico y premiar aquellos proyectos más singulares, que puedan aumentar su aprecio social.

cialmente, en Castilla la Mancha: se ha pasado, en cuatro siglos, del rechazo al aprecio social ¿Habrá que esperar cuatrocientos años para que las infraestructuras eléctricas lleguen a gozar, al menos, de cierta estimación?

Muchas gracias por su atención.



*Figura 8. Grabados de Gustave Doré, correspondientes al episodio de los molinos de viento.*

Para finalizar, una reflexión sobre la evolución de la contestación social. Cuando se admiran los grabados del capítulo octavo del Quijote, obra de Gustave Doré destacan, por su desgarradora belleza, los correspondientes a los molinos de viento, figura 8; éstos se muestran con aspecto fantasmagórico, son los gigantes que dejan maltrecho a D. Quijote. Tanto de la obra de Cervantes, como de los distintos grabados que la ilustran, se deduce la profunda aversión de la sociedad española a los molinos de viento, al menos, hasta el siglo XIX; en contraposición, hoy se han ido restaurando, constituyendo un reclamo cultural y turístico, espe-



# USO DE SUBESTACIONES DE TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD DE RED ELÉCTRICA POR EL CERNÍCALO PRIMILLA (*FALCO NAUMANNI*)

EN NAVARRA Y ARAGÓN: SU IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE A NIVEL ESTATAL

## *USE OF RED ELECTRICA'S SUBSTATIONS BY THE COMMON KESTREL (FALCO NAUMANNI)*

*IN NAVARRE AND ARAGON - THEIR IMPORTANCE FOR PRESERVATION OF THE SPECIES AT NATIONAL LEVEL*

### **ESPERANZA URSÚA SESMA**

Estación Biológica de Doñana - CSIC

Licenciada en Biología, actualmente realizando la tesis doctoral sobre métodos de seguimiento y conservación de cernícalo primilla, en el grupo de biología de la conservación de la Estación Biológica de Doñana. El grupo de trabajo cuenta con una amplia experiencia en el seguimiento de poblaciones de diversas especies e interviene activamente en las actuaciones de conservación de éstas. El seguimiento del cernícalo primilla en el valle medio del Ebro lleva en marcha diez años, habiéndose estudiado distintos aspectos de su biología.



## RESUMEN

Se han localizado tres dormitorios de cernícalo primilla (*Falco naumanni*) ubicados en subestaciones de transporte de electricidad, pertenecientes a Red Eléctrica de España, en el valle medio del Ebro (Navarra y Aragón). Estos dormitorios albergan un número sorprendentemente alto de aves, siendo uno de ellos el segundo mayor registrado en España hasta el momento.

El periodo de uso de las instalaciones, que se corresponde con el periodo de dispersión premigratoria, abarca desde la independencia de los pollos, durante el mes de julio, hasta la migración, a final de septiembre, observándose la máxima ocupación durante la última semana de agosto y la primera de septiembre. Es en este momento cuando se han llevado a cabo censos simultáneos de los dormitorios conocidos en Aragón y Navarra, tanto en instalaciones eléctricas como en sustratos naturales. El número de individuos contabilizados en las subestaciones de Red Eléctrica durante este censo en 2002 fue de un millar y medio aproximadamente, lo que supuso casi la mitad del total censado entre ocho dormitorios.

Las estructuras empleadas por los cernícalos les proporcionan protección frente a factores climatológicos y depredación, y por otro lado no les supone un elevado riesgo de mortalidad por colisión o electrocución. Esto se ha confirmado mediante observaciones de comportamiento de las aves en las instalaciones y búsqueda de ejemplares accidentados. Sin embargo, estas grandes concentraciones pueden ser muy vulnerables a incidencias eventuales, que afectarían a un elevado número de aves.

Por otro lado, datos previos indican que la procedencia de un importante porcentaje de las aves no es el valle del Ebro, lo que unido a la información sobre los grandes desplazamientos de esta especie en dirección norte, previos a la migración, sugiere que estos dormitorios pueden estar recogiendo individuos de diversas poblaciones ibéricas, hipótesis que se está estudiando mediante el análisis de isótopos estables en pluma. Las características de estos dormitorios, hacen que sean de gran importancia para la conservación de esta especie globalmente amenazada.

## ABSTRACT

*Three roosting places for the common kestrel (*Falco naumanni*) have been identified at electricity substations owned by Red Eléctrica de España in the middle of the Ebro valley (Navarre and Aragon). These resting places shelter a surprisingly high number of birds. One of them has been recognised as the second-biggest roosting area in Spain.*

*The facilities are used during the pre-migration dispersion. This covers independence of the fledglings in July up to the migration at the end of September. Maximum occupation occurs during the last week of August and the first week of September. At that time simultaneous census are carried out on known resting places in Navarre and Aragon, whether electrical installations or natural habitats. The number of birds counted at Red Eléctrica's substations in the 2002 census was approximately 1500 – nearly half of the total counted at eight roosts.*

*The structures used by the kestrels provide protection against weather and predators. In addition, they do not pose an excessive threat through collision or electrocution. This has been confirmed by observation of the birds' behaviour at the installations and searches for birds that might have suffered an accident. On the other hand, these concentrations could be quite vulnerable to some sort of event that would affect a high number of birds.*

*Furthermore, background data indicates that an important percentage of these birds does not come from the Ebro valley. Together with information on the large-scale northerly movements of this species prior to migration, this suggests that these roosting places may be sheltering birds from various Iberian populations. This hypothesis is being studied using stable isotopes on their feathers. The properties of these resting places mean they are of great importance for the preservation of a species whose existence is threatened everywhere.*

El cernícalo primilla (*Falco naumanni*, Fleischer 1818) es una pequeña rapaz catalogada como globalmente amenazada que habita en estepas y llanuras cerealistas. Se alimenta de macroinvertebrados y pequeños vertebrados. Esta especie nidifica principalmente en edificios, tanto en casas de labor abandonadas como dentro de pueblos y ciudades, existiendo algunas colonias en cortados.

Su área de distribución se divide en dos grandes zonas según el momento del año: durante el periodo de reproducción ocupa la Europa mediterránea y Asia, mientras que los cuarteles de invernada se localizan en el África subsahariana, permaneciendo una pequeña proporción de invernantes en la Península Ibérica, principalmente en Andalucía (e.g. Negro 1997). Las rutas migratorias son poco conocidas hasta la fecha. Sin embargo, en el caso de las poblaciones ibéricas se sabe que los cernícalos primillas realizan previamente a la migración desplazamientos en dirección norte (Bustamante y Negro 1994; Olea 2001a). Esta dispersión postreproductiva atañe especialmente a los pollos en el momento de emancipación de sus nidos de nacimiento, mientras que parte de los ejemplares adultos permanecen en el área donde han nidificado. Es en este periodo postreproductor en el que se centra el presente trabajo.

Nuestro área de estudio comprende las comunidades de Navarra y Aragón, donde el cernícalo primilla ocupa casas de labor en las llanuras cerealistas. Esta población está siendo monitorizada desde 1988, incluyendo el marcaje de las aves mediante anillas de identificación individual, habiéndose alcanzado en torno al 60-80% de la población marcada. En el momento en que comenzó el presente trabajo, la población aragonesa de la especie contaba con unas 1000 parejas reproductoras, mientras que la navarra se situaba en torno a 30, estando catalogada en esta última comunidad como especie en peligro de extinción.

Durante el seguimiento a largo plazo de la población, en el verano del año 2000 se detecta la existencia de dos grandes concentraciones premigratorias de la especie en Navarra, ambas situadas en subestaciones de transporte de electricidad (Ursúa y Tella 2001). El número de ejemplares concentrados, más de mil aves, resultaba sorprendente en relación con el tama-

ño de la población reproductora local. Por otra parte, la proporción de individuos marcados era muy inferior a la correspondiente a la población del valle del Ebro. Por lo tanto, y de acuerdo con los conocimientos previos sobre dispersión postreproductiva, se planteó la hipótesis de la procedencia diversa de los individuos, que podrían provenir de distintas poblaciones ibéricas o de la francesa. Al mismo tiempo, se conocieron los primeros resultados de los estudios que se están llevando a cabo sobre este tipo de dormideros en León (Olea 2001b), donde se forman dormideros de varios cientos de ejemplares en una zona con escasa presencia de la especie como reproductora.

En este marco, surge el proyecto que aquí se presenta y que se está llevando a cabo a través de un convenio de colaboración entre la Estación Biológica de Doñana (C.S.I.C.) y Red Eléctrica.

### OBJETIVOS

Los objetivos de este proyecto pueden dividirse en tres bloques:

#### 1. Definir la interacción entre cernícalos y subestaciones.

- 1.1. Descripción de instalaciones y estructuras empleadas.
- 1.2. Descripción del uso de las subestaciones: número de aves, calendario y horarios de ocupación.
- 1.3. Descripción de la interacción: riesgos para las aves y problemas causados en las instalaciones.

#### 2. Determinar la procedencia de las aves para así poder determinar la importancia de estos dormideros para el conjunto de la población.

#### 3. En caso necesario, proponer medidas correctoras.

### METODOLOGÍA

#### 1. Definir la interacción entre cernícalos y subestaciones.

- 1.1. Descripción de instalaciones y estructuras empleadas.

Durante los meses de julio y agosto de 2002 se prospectó al atardecer el área de estudio en busca de concentraciones de cernícalos primillas y se visitaron las subestaciones de Red Eléctrica con el fin de deter-

minar cuáles estaban ocupadas por la especie. En el caso de las instalaciones ocupadas, se observaron las estructuras empleadas como posaderos.

1.2. Descripción del uso de las subestaciones: número de aves, calendario y horarios.

Se llevaron a cabo visitas periódicas a los dormitorios localizados, tanto al amanecer como al atardecer, desde mediados del mes de junio hasta principios de octubre, abarcando de este modo el periodo premigratorio completo, contabilizando los ejemplares concentrados. Complementariamente, se censaron simultáneamente todos los dormitorios en 2002, y los localizados en subestaciones en 2001 y 2003, con el fin de tener una estima global del número de cernícalos primillas congregados en las instalaciones.

1.3. Descripción de la interacción: riesgos para las aves y problemas causados en las instalaciones.

Para definir las posibles interacciones negativas entre los cernícalos y las subestaciones se recurrió a tres procedimientos:

- Descripción del comportamiento de vuelo de los cernícalos tanto a la entrada como a la salida de las instalaciones, definiendo el riesgo en función de la distancia de vuelo a las estructuras con las que podrían colisionar (cables y celosías básicamente), y atendiendo al efecto que sobre este riesgo podrían tener condiciones ambientales adversas y aspectos del comportamiento de la especie, como el vuelo en grupos compactos. Los parámetros analizados se sintetizan a continuación:

- Distancia de vuelo a cables: <1m; 1-3m; >3m.
- Distancia de vuelo a otras estructuras: <1m; 1-3m; >3m.
- Zona de vuelo: entrada desde arriba o atravesando la instalación.
- Agrupamiento: solitario, grupo laxo, grupo compacto.
- Nubosidad: 4 categorías.
- Viento: 3 categorías.
- Luminosidad: 3 categorías.

- búsqueda de aves accidentadas, tanto dentro del recinto de las subestaciones como en las líneas adyacentes.

- Inspección de las subestaciones con técnicos de Red Eléctrica, analizando los posibles perjuicios para las instalaciones como consecuencia de la presencia de los cernícalos.

## 2. Definir la importancia de los dormitorios para la conservación de la especie: procedencia de las aves.

Las poblaciones de origen de las aves se determinan mediante dos técnicas complementarias:

- Observación de ejemplares marcados: con ayuda de material óptico se realizaron observaciones de las aves a distancia suficiente para no alterar su comportamiento. De este modo se identificaron los individuos portadores de anillas, pudiendo saber el lugar de procedencia gracias a la información del código de color y alfanumérico de las anillas. Asimismo se identificaron mediante el plumaje los sexos y las edades de los cernícalos, información importante de cara a la conservación por el distinto papel que juegan en la evolución de las poblaciones.

- Análisis de isótopos estables en pluma (deuterio, carbono y nitrógeno): esta técnica de laboratorio se ha incorporado recientemente a los estudios de ecología, inicialmente en ecología trófica (e.g. Forero et al. 2002) y actualmente con un importante auge como medio para estudiar movimientos de animales, principalmente migraciones (e.g. Lott et al. 2003). Los tres elementos analizados se encuentran en el ambiente y se incorporan a la cadena trófica a través de las plantas, llegando, en nuestro caso, a las aves. Las plumas son tejidos inertes y por lo tanto van a reflejar la composición isotópica del lugar donde han crecido. En los tres casos, existe un gradiente geográfico, que en el caso del deuterio ha sido definido a través del agua de lluvia (e.g. Hobson and Wassenaar 1997). En el caso de la península Ibérica, el gradiente isotópico de deuterio está poco definido. Por ello, para abordar los objetivos de este estudio se ha procedido al muestreo de plumas de pollos de cernícalo primilla de las distintas poblaciones ibéricas y de la francesa. Posteriormente, se han tomado muestras de los individuos concentrados en los dormitorios premigratorios, para asignarlos a poblaciones reproductoras en función de sus características isotópicas. Aunque en estos momentos tenemos resultados preliminares relacionados con este objetivo, muchas de las muestras están aun en proceso de análisis.

## RESULTADOS

### 1. Interacción entre cernícalos y subestaciones.

Se han localizado cuatro dormitorios de cernícalo primilla ubicados en subestaciones de transporte de electricidad. Otros sustratos donde se encontraron fueron árboles y apoyos de líneas eléctricas. Las líneas cercanas a las subestaciones fueron también emplea-

das por los cernícalos como posaderos antes de entrar a dormir, como predormideros. Dentro de las subestaciones, las estructuras empleadas para pernoctar fueron los dinteles.

La ocupación de las subestaciones comenzó a mediados de junio, probablemente por individuos no reproductores o que habían fracasado tempranamente, aumentó rápidamente durante la segunda mitad de julio, cuando los pollos se emancipan de los nidos, siendo el momento de máxima ocupación entre la última semana de agosto y la primera de septiembre, para descender rápidamente hasta primeros de octubre, cuando la práctica totalidad han migrado hacia África (figura 1).

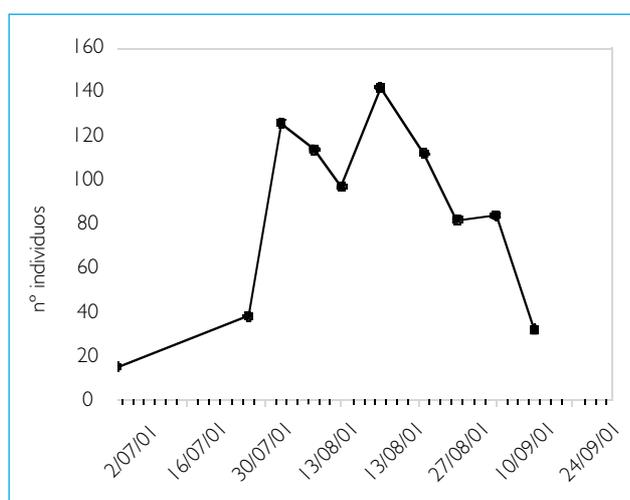


Figura 1. Calendario de ocupación de un dormitorio ubicado en subestación de transporte de electricidad.

Los horarios de uso de las subestaciones están muy limitados a la noche. En torno a la mitad de los individuos entran en las subestaciones en grupos más o menos laxos hasta media hora antes del ocaso, concentrándose la mitad restante entre esa última media hora y hasta después de la puesta del sol (figura 2). La salida se produce desde cerca de media hora antes del amanecer hasta unos minutos después (figura 3) y en bandos compactos. Todos los vuelos, por lo tanto, tienen lugar en condiciones de baja luminosidad.

La tabla I recoge los resultados de los censos simultáneos llevados a cabo en los dormitorios de subestaciones. Estos datos no corresponden necesariamente al día de conteo máximo de aves, pero ofrecen un censo global que permite valorar la ocupación de estas instalaciones. En el año 2002 se censaron además los dormitorios encontrados en otros substratos. En total, se contabilizaron 3082 cernícalos, lo que supone que

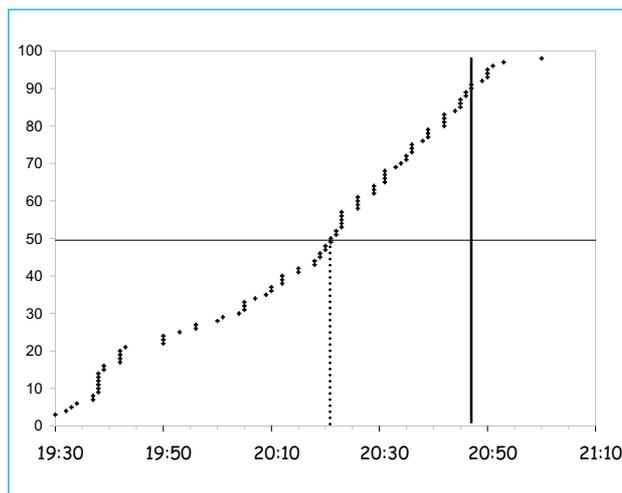


Figura 2. Horario de entrada a dormitorio. La línea gruesa vertical indica el ocaso. La línea horizontal indica el 50% de los individuos.

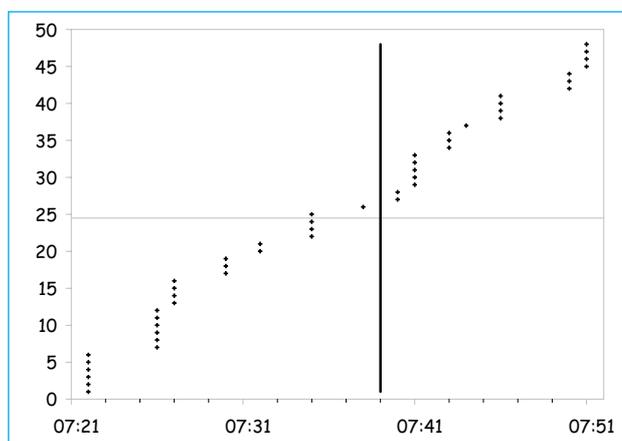


Figura 3. Horario de salida de dormitorio. La línea vertical indica el amanecer.

el 93.8% de ellos estaban concentrados en las cuatro subestaciones.

DORMIDERO	2001	2002	2003
A	843	1452	1349
B	-	951	489
C	160	271	317
D	84	217	292
<b>TOTAL</b>	<b>1087</b>	<b>2891</b>	<b>2447</b>

Tabla I. Resultados de los censos simultáneos de los dormitorios ubicados en subestaciones de transporte de electricidad.

En cuanto al comportamiento de vuelo, se observó que la mayor parte de las aves pasaban a una distancia superior a los tres metros tanto de los cables como de otras estructuras de las instalaciones (figura 4), y este comportamiento no se modificaba significativamente

en condiciones ambientales adversas, como lluvia o viento fuerte. Por lo tanto, las situaciones de riesgo eran escasas.

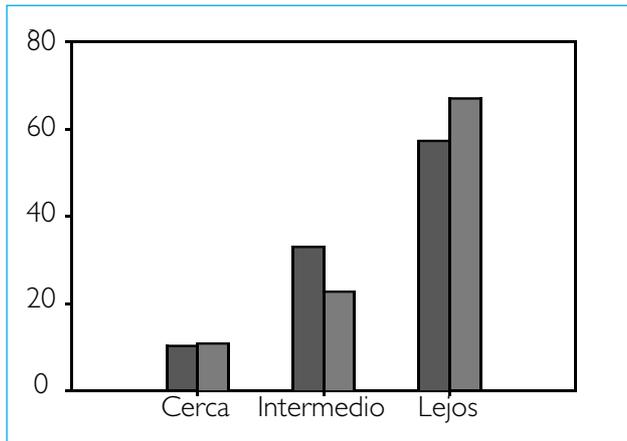


Figura 4. Frecuencias de la distancia de vuelo a los cables (barras izquierdas) y a otras estructuras (barra derecha).

El número de aves encontradas entre los cuatro dormitorios en 2002 fue de 4, si bien este dato puede estar subestimado, principalmente en las líneas adyacentes, ya que no disponemos de datos sobre permanencia de cadáveres, y éstos podrían ser retirados por otras especies antes de ser detectados.

En cuanto a los posibles daños ocasionados por los cernícalos en las subestaciones, son inexistentes, ya que no aportan materiales, no ocupan estructuras con tensión, ni se produce una acumulación de excrementos en estructuras que puedan ser dañadas.

## 2. Importancia de los dormitorios para la conservación de la especie: procedencia de las aves.

Las aves marcadas observadas supusieron el 5.8% de las observadas, siendo las anillas de las poblaciones del valle del Ebro (Aragón, Navarra, La Rioja y Cataluña).

La identificación de las poblaciones de origen mediante el análisis de isótopos estables en pluma está actualmente en desarrollo. Disponemos de muestras de las poblaciones reproductoras ibéricas y francesa tanto de 2002 como de 2003. Los resultados preliminares, procedentes del análisis de una pequeña muestra de cuatro de las poblaciones ibéricas de la especie, indican que es necesario complementar la información proporcionada por cada uno de los tres isótopos analizados para distinguir entre las regiones (figuras 5 y 6). Una vez analizadas todas las muestras de todas las poblaciones, se obtendrán los rangos para cada elemento y cada región. Los valores que se obtengan para cada individuo procedente de dormitorio se

compararán con esos patrones, en base a lo cual se determinará la población de nacimiento del ejemplar.

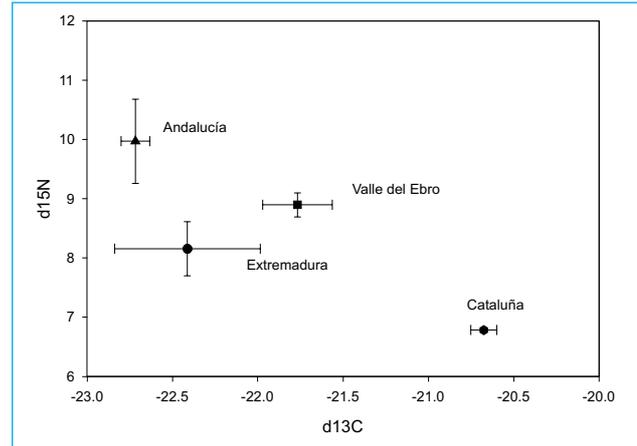


Figura 5. Proporción de isótopos estables de Carbono y Nitrógeno en plumas de pollos de cernícalo primilla. Se indican las poblaciones de procedencia.

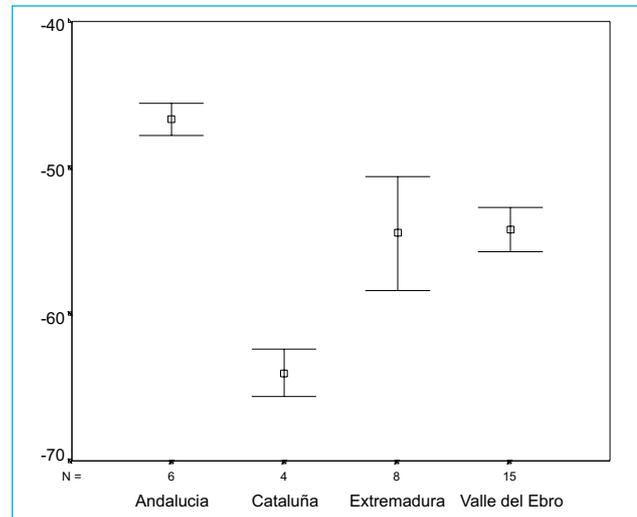


Figura 6. Proporción de Deuterio en plumas de pollos de cernícalo primilla. Se indican las poblaciones de procedencia.

## 3. Recomendaciones.

Al no producirse mortalidad importante de aves ni daños en las instalaciones, no es necesario aplicar medidas correctoras ni provocar el abandono de las subestaciones. Sin embargo, se proponen algunas recomendaciones:

- Evitar molestias durante la ocupación, lo que se traduce en evitar presencia humana en la zona de los pórticos desde una hora antes del anochecer hasta después del amanecer, durante los meses de julio a septiembre, ambos incluidos en su totalidad.
- Realizar un seguimiento continuado de los dormitorios, ya que variaciones en el tamaño de éstos podrían llegar a plantear problemas que actualmente no se producen, así como prestar atención a la ocupación de

otras instalaciones, que podrían presentar una problemática diferente.

## CONCLUSIONES

-El valle medio del Ebro es una importante zona de concentración premigratoria de cernícalo primilla.

-El sustrato seleccionado preferentemente para formar dormideros son subestaciones de transporte de electricidad.

-Esta ocupación no supone un riesgo para la especie ni las aves ocasionan desperfectos en las instalaciones.

-Las aves deben provenir de diferentes poblaciones ibéricas y/o la francesa.

-El elevado número de aves concentradas y su procedencia implica una elevadísima importancia para la conservación de la especie.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer su ayuda a todas las personas que han colaborado en las distintas fases de este proyecto, en especial a:

En el diseño del proyecto: G.Janss, P.Azcona, C.Fernández.

En Aragón y Navarra: J.M.Lekuona, O.Ursúa, A.Gajón, J.M.Grande, A.Cortés, O.Ceballos, I.Luque, T.González, G.López, P.Azcona, C.Fernández, J.A.Pinzas, M.Ibáñez, J.M.Canudo, J.C.Albero, J.D.Anadón, L.M.Bautista, P.V.Ruiz, J.Ardaiz,...

En las demás poblaciones: C.Rodríguez, M.Pomarol, A. de Frutos, P.Olea, R.Bonal, G.González, I.Sánchez, M.Cuadrado, J.M. González, J.Pérez, J.D.Morenilla, P.Nuno, R.Alcazar, P.Pilard, L.Brun, C.Gutiérrez, Arantxa, E.Banda, J.M.Aparicio, G.López,...

Desde REE: A.Pallarés, P.Amantegi, E.Jurado, F.López, J.Alustiza,...

Y al personal de Iberdrola y ERZ-Endesa, en especial a L.M.Bernal, J.L.García.

## BIBLIOGRAFÍA

Bustamante, J. y Negro, J.J. 1994. The postfledging dependence period of the Lesser Kestrel (*Falco naumanni*) in southwestern Spain. *Journal of Raptor Research* 28: 158-163.

Forero, M.G., Tella, J.L., Hobson, K.A., Bertellotti, M. y Blanco, G. 2002. Conspecific food competition explains variability in colony size: a test in Magellanic penguins. *Ecology* 83(12): 3466-3475.

Hobson, K.A. and Wassenaar, L.I. 1997. Linking breeding and wintering grounds of neotropical migrant songbirds using stable hydrogen isotopic analysis of feathers. *Oecologia* 109:142-148.

Lott, C.A., Timolthy, D.M. y Health, J.A. 2003. Estimating the latitudinal origins of migratory birds using hydrogen and sulfur stable isotopes in feathers: influence of marine prey base. *Oecologia* 134: 505-510.

Negro, J.J. 1997. Lesser kestrel *Falco naumanni*. BWP Update 1: 49-56.

Olea, P.P. 2001a. Postfledging dispersal in the endangered Lesser Kestrel *Falco naumanni*. *Bird Study* 48: 110-115.

Olea P.P. 2001b. Contribución al conocimiento de la ecología de tres especies de aves coloniales: buitre leonado *Gyps fulvus*, cernícalo primilla *Falco naumanni* y graja *Corvus frugilegus*. Tesis Doctoral. Universidad de León.

Ursúa, E. y Tella, J.L. 2001. Unusual large communal roosts of Lesser Kestrels in two electric substations of Northern Spain: implications for the conservation of Spanish populations. 4th Eurasian Conference of the Raptor Research Foundation.



# EFECTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS AEREAS DE TRANSPORTE Y SUBESTACIONES

UNA VISIÓN DESDE LA CONSULTORÍA PRIVADA

## *ENVIRONMENTAL IMPACT AND PREVENTIVE AND CORRECTIVE MEASURES FOR POWER LINES AND SUBSTATIONS*

*THE PRIVATE CONSULTANT'S VIEW*

### **FRANCISCO JAVIER MURILLO MORÓN**

**Basoinsa**

Es Ingeniero Técnico Forestal Especialidad de Explotaciones Forestales, por la E.U.I.T. Forestales, Universidad Politécnica de Madrid.

Desde el inicio de su carrera profesional hasta la actualidad, ésta se ha venido desarrollando dentro de la empresa privada en la elaboración de estudios, planes y proyectos Medioambientales en la empresa BASOINSA S.L. Ingeniería Medioambiental y Agroforestal con sede central en Lejona (Vizcaya).

En el año 1995 participa en la redacción del primer Estudio de Impacto Ambiental realizado en la empresa Basoinsa para RED ELECTRICA DE ESPAÑA. Desde entonces ha estado presente en la redacción de numeroso Estudios de Impacto Ambiental de Líneas Eléctricas y Subestaciones realizados para RED ELECTRICA y otros clientes del sector eléctrico. En la actualidad coordina el equipo multidisciplinar encargado de la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental y Vigilancia Ambiental de Infraestructuras Eléctricas.



## RESUMEN

Esta ponencia aporta una visión desde los 20 años de experiencia desarrollados por la Consultora Basoinsa S. L. en el campo medioambiental y agroforestal.

La experiencia en campos tan diversos como: la ordenación del territorio, la realización de estudios de impacto, la restauración de áreas degradadas, el paisajismo, el estudio de suelos contaminados, la vigilancia ambiental, la ordenación de los recursos naturales, los sistemas de información geográfica, etc. ha dado lugar a una amplia colaboración con el Departamento de Medio Ambiente de RED ELECTRICA, especialmente en la realización de Estudios de Impacto de Líneas y Subestaciones.

Dentro de este marco la siguiente ponencia pretende ser una visión sucinta de la metodología aplicada en los estudios de líneas eléctricas y subestaciones de las instalaciones de RED ELECTRICA, incidiendo particularmente en el capítulo de medidas preventivas y correctoras para los distintos proyectos (líneas y subestaciones) analizando a través de las mismas las afecciones medioambientales potenciales que poseen este tipo de instalaciones.

Se ha decidido abordar la ponencia desde el capítulo de medidas preventivas y correctoras al ser éstas las que han sufrido una mayor evolución en los últimos años, estándose en disposición de afirmar que se han diseñado medidas para la práctica totalidad de afecciones ambientales potenciales existentes.

Finalmente cabe decir que esta exposición es, como queda patente en el título, una visión externa vinculada directamente a la valoración particular que de este tema posee el equipo técnico de la empresa Basoinsa S.L., por lo que las ideas plasmadas y las conclusiones que se obtengan de la misma deben ser valoradas como tal.

## ABSTRACT

*This paper conveys the viewpoint of Consultora Basoinsa S.L. based on its 20 years of experience in environmental and forestry matters.*

*Its experience covers a wide range of fields such as town and country planning, impact studies, recovery of degraded areas, landscape concerns, contaminated soil studies, environmental monitoring, regulation of natural resources, geographic information systems, etc. This has led to wide co-operation with Red Eléctrica's environment department – especially in impact studies for power lines and substations.*

*The following paper attempts to provide a succinct view of the methodology used for Red Eléctrica's power lines and substations. Special attention is drawn to the preventive and corrective measures for the different projects (lines and substations). These are discussed in connection with the potential environmental effects they might produce.*

*A decision was made to approach this subject through the question of preventive and corrective measures because these are the items that have changed most in recent years. In fact, we can confirm that measures have been designed for practically all existing potential environmental impacts.*

*Finally, it should be stressed that – as the title suggests – this is an external point of view providing the opinion of Basoinsa's staff on this subject. Therefore the ideas and conclusions expressed should be considered in that light.*

Muchas gracias a todos por vuestra asistencia y en especial a Red Eléctrica de España por darnos la oportunidad de plasmar en esta ponencia el “know-how” acumulado de nuestra empresa en su experiencia de los últimos ocho años en la elaboración de estudios de líneas y subestaciones eléctricas.

Hablar de los efectos ambientales de las subestaciones y las líneas de transporte aéreo sería demasiado extenso, más si se tiene en cuenta que los impactos potenciales siguen siendo los mismos desde que se empezó a realizar este tipo de estudios, por lo que me ceñiré a las medidas preventivas y correctoras, que son las que han experimentado una mayor evolución en los últimos años.

Antes de centrarme en el tema que da título a esta ponencia quisiera hacer un breve repaso de la metodología seguida para la elaboración de los Estudios de Impacto Ambiental (EslA) que realizamos para Red Eléctrica; metodología consolidada y profundamente estudiada que lleva años aplicándose con éxito y que ha ido adaptándose a las necesidades que en cada momento han surgido, en especial de carácter legislativo.

Los EslA se componen de tres fases:

- Primera fase o Informe Preliminar cuyo capítulo más importante y de mayor envergadura es el exhaustivo inventario ambiental que se realiza del ámbito de estudio, el cual previamente ha sido determinado por el Departamento de Medio Ambiente de Red Eléctrica de forma que pueda albergar todas las alternativas técnica y ambientalmente viables. Desde nuestro punto de vista una información muy importante es la que obtenemos tras hablar con las Administraciones. Habitualmente lo primero que pregunta la administración es “por dónde va la línea o dónde está la subestación”. Realmente con esta metodología lo que se intenta es determinar los condicionantes ambientales y sociales, que son los que a posteriori van a dar lugar a una serie de alternativas de pasillos o emplazamientos viables.

La escala de trabajo o el detalle con el que se realiza este inventario ambiental dependerá del tamaño del ámbito de estudio, puesto que, y a modo de ejemplo, no es lo mismo realizar un inventario para un ámbito de 30 km<sup>2</sup> que para otro de 5.200 km<sup>2</sup>, como hemos tenido. Posteriormente toda la información recopilada es plasmada, en una serie de planos temáticos donde

quedan recogidos todos los elementos del medio sensibles de poder sufrir algún tipo de afección potencial como consecuencia de la construcción de las mencionadas infraestructuras

En ocasiones este Informe Preliminar resulta ser muy extenso con campos que *a priori* parecen no tener ninguna importancia, pero es ese tipo de información la que a nuestro juicio da un verdadero valor al estudio dotándole de una notable solidez.

- En la Segunda Fase, y teniendo en cuenta toda la información facilitada por la primera, se realiza la determinación de alternativas a partir de la cual se define el pasillo de menor impacto o el mejor emplazamiento y comienza el proceso de consenso con las Administraciones implicadas -Ministerio de Medio Ambiente, Comunidades Autónomas afectadas, entidades locales, Organizaciones No Gubernamentales, etc. – para determinar la mejor alternativa; siendo esta la labor más ardua y larga, puede durar años, de todo el Estudio.

Esta fase es desarrollada básicamente por el Departamento de Medio Ambiente de Red Eléctrica, con la colaboración puntual de la empresa consultora, resolviendo y ayudando a interpretar problemas técnicos que puedan plantearse desde un punto de vista ambiental.

- En la Tercera fase del EslA se define un nuevo ámbito de estudio con un pasillo de anchura constante (4 km) centrado en el trazado, en el caso de líneas, o centrado en el emplazamiento y su entrono, para el caso de subestaciones, sobre el cual se realiza una revisión del inventario ambiental a una escala más reducida que en la primera. Este segundo inventario ambiental en ocasiones no solo debe ser más detallado sino actualizado como consecuencia de los años transcurridos desde que se empezó la primera fase, por ello continuamente se tiene que estar añadiendo nueva información que sea determinante para la elección de alternativas. Asimismo, se realiza una determinación de los efectos potenciales, medidas preventivas, correctoras y en su caso compensatorias que serán las que posteriormente se analicen en mayor profundidad a fin de realizar una evaluación de impactos residuales y determinar un Programa de Vigilancia Ambiental acorde a las necesidades del proyecto.

Una vez hecho un breve repaso por la metodología básica propia de los estudios de Red Eléctrica, no puedo resistirme a hacer una breve exposición de los factores clave, así como las fortalezas y debilidades que a nuestro juicio poseen estos estudios.

Como factor clave pensamos que aunque nos parece adecuada la metodología seguida en Red Eléctrica para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, a nuestro juicio se obtendría un mejor resultado si las consultoras externas tuviéramos un mayor conocimiento del proyecto, es decir, un mayor conocimiento técnico de la infraestructura en sí, ya sea línea o subestación.

Desde nuestro punto de vista uno de los puntos fuertes que tienen los EslA que realizamos para Red Eléctrica es el exhaustivo inventario ambiental que se realiza del ámbito de estudio. La información en el plasmada no solo es la obtenida de los libros, registros, publicaciones especializadas, etc., sino también son imprescindibles las consultas que se realizan a los técnicos encargados de la gestión diaria de la zona, y sobre todo las visitas a campo que se realizan, por toda la zona de estudio, con la Guardería, lo que proporciona al estudio una riqueza y un valor que lo diferenciará de otros. En este punto remarcar que pese se disponga de las nuevas tecnologías de la información o de los mejores sistemas de información geográfica a través de los cuales se pueda obtener gran cantidad de información, nunca se puede ni se debe renunciar a las labores de campo.

Otro punto importante a la hora de la realización de un EslA es que el equipo humano sea un equipo multidisciplinar; por ejemplo, en nuestro caso somos veinte técnicos de perfil puramente medioambiental; biólogos, geólogos, licenciados en ciencias ambientales, ingenieros de montes, ingenieros agrónomos, etc., lo que confiere una mejor y más rica visión del medio, facilitando así el complejo proceso de homogenizar la información procedente de distintas Comunidades Autónomas o para determinar los condicionantes claves para el análisis de alternativas.

Es vital así mismo una buena cartografía así como una buena presentación de la misma para obtener unos buenos EslA y una correcta interpretación del territorio, puesto que no es lo mismo construir una infraestructura eléctrica, bien sea una línea o una subestación, en el norte de España que hacerla en Extremadura, ya que en cada uno de dichos puntos

existirán una serie de factores claves que van a estar siempre presentes para cada una de las zonas de estudio.

Podemos afirmar que las fortalezas de estos estudios no solamente residen en la elección de un ámbito de estudio que englobe la totalidad de las alternativas técnica y ambientalmente viables, sino también en la solidez del inventario, que al ser tan profundo y extenso es menos ajeno a modas que otros estudios con contenidos más breves. Además, el punto de vista de la componente ambiental y social es mucho más completo, quedando incluidos prácticamente todos los condicionantes relevantes.

No sería correcto hablar de fortalezas sin mencionar las debilidades, y respecto a éstas hay que señalar que el punto más débil de este tipo de estudios son los plazos de los que se suele disponer para conseguir la información necesaria, que además de ser mucha, como anteriormente se ha mencionado, en ocasiones resulta difícil o laboriosa de obtener.

Una vez hecha esta introducción genérica pasare a hablar de las medidas preventivas y correctoras en líneas eléctricas de transporte y en subestaciones.

Existen tres grupos de medidas: medidas preventivas en el proyecto, medidas preventivas en la construcción y medidas correctoras en la construcción. De entre estos tres grupos en el que más se ha incidido en los últimos 3 - 4 años ha sido el referente a medidas preventivas; habiendo quedado estancado el de medidas correctoras el cual solo se usa para solventar de forma puntual problemas técnicamente complicados. En este caso se puede afirmar que desde el punto de vista de los estudios de Red Eléctrica, se ha dado un mayor impulso a la prevención del problema asumiendo que no se puede considerar viable el abordar la restauración de afecciones si previamente podían haberse prevenido.

### Medidas preventivas y correctoras en líneas eléctricas de alta tensión

Las medidas preventivas en la fase de diseño son aquellas cuya toma en consideración ayudan a la determinación del pasillo de menor impacto. Como medidas más significativas se pueden señalar:

- Alejar el trazado de los núcleos de población, urbanizaciones, zonas con gran densidad de habitantes, así como enclaves puntuales de interés.

- Evitar en la medida de lo posible la afección a Espacios Naturales Protegidos de rango internacional (Parques Nacionales, LIC's, ZEPA's, Reservas de la Biosfera...) así como de rango nacional, autonómico, provincial o local.
- Evitar en la medida de lo posible la afección a zonas de interés natural y/o paisajístico. (Desde el punto de vista paisajístico existe una evidente diferencia entre medidas preventivas de proyecto y medidas correctoras, puesto que desde el punto de vista de prevención la afección sobre el paisaje se puede resolver fácilmente, una vez construida la línea eléctrica es muy difícil adoptar algún tipo de medida correctora con la que se consiga un resultado positivo).
- Evitar el paso por las inmediaciones de monumentos y enclaves de valor cultural, histórico-artístico o arqueológico.
- Evitar atravesar concesiones mineras por la Declaración de Utilidad Pública que llevan asociada.
- Evitar el paso por zonas de nidificación de especies protegidas de aves. En particular las áreas utilizadas por las aves migratorias, así como las zonas de paso utilizadas por aves de interés como ruta habitual.
- Evitar las formaciones boscosas compuestas por especies de bosques autóctonos o de interés, en especial si existen especies protegidas o la zona posee algún valor adicional.
- Discurrir por zonas agrícolas menos productivas o por áreas abiertas, rasas o abandonadas
- Favorecer la implantación de este tipo de infraestructuras en terrenos de propiedad pública – bien es cierto que al tratarse de terrenos públicos puede producirse un conflicto de prevalencia de UP -.
- Por último las respuestas a las consultas previas que pueden ser también un valioso instrumento para determinar las medidas preventivas en la fase de diseño.

En el caso de las medidas preventivas en la fase de proyecto de la línea se deben resaltar entre las más relevantes las siguientes:

- Elección del tipo de apoyo
  - Estudio de la distribución de apoyos teniendo en cuenta: vegetación, yacimientos, fauna, PIG, suelos contaminados, cursos de agua, proximidad a viales, etc.
  - Recrecido de apoyos
  - Uso de patas desiguales
  - Diseño de la red de accesos y de la calle de seguridad de ancho variable.
  - Prospección arqueológica y planificación de los trabajos: paradas biológicas.
- Dentro del capítulo de las medidas preventivas éstas últimas se completan con el conjunto de medidas adoptadas en la construcción entre las que destacan:
- Medidas a adoptar en la obtención de la autorización de la línea y los permisos de los propietarios: particulares y organismos públicos que permitirán la aceptación social de proyecto.
  - Control de los efectos sobre el medio ambiente a través del contratista. Pliego de especificaciones medioambientales que incluye entre otras: obligación de señalización de accesos, prohibición de uso de explosivos, prohibición de verter aceites y grasas, etc.
  - Apertura de accesos con los siguientes criterios: minimizar daños, evitar daños a terceros, reparación de viales existentes, evitar apertura en época de fuertes lluvias, extremar las precauciones en zonas sensibles para la fauna y la flora, solapar sinergias con los gestores de los montes, minimizar daños sobre los cursos de agua, control del apeo de arbolado, correcta gestión de estériles, etc.
  - Replanteo de apoyos. Se aplicarán en este caso criterios similares que los enumerados en el punto anterior para el caso de los accesos.
  - Preservación de la capa herbácea y arbustiva en la apertura de las campos de los apoyos y en la apertura de las calles de seguridad.
  - Medidas específicas para reducir los efectos sobre la fauna: prohibición del uso de explosivos, mantener cerrados los accesos próximos a zonas sensibles.
  - Medidas a aplicar sobre el tráfico o movimiento de camiones y maquinaria.
  - Montaje e izado de apoyos con grúa o con pluma.
  - Apertura de las calles minimizando la afección sobre el medio: calle topográfica, calle de tendido y calle de seguridad, ésta última de ancho variable aplicando cortas selectivas según las especies, su crecimiento y porte.
  - Acopio de materiales en zonas baldías.
  - Tendido de conductores: Correcta ubicación de la máquina de tiro y freno.
  - Correcta eliminación de los materiales sobrantes de la obra: residuos, hormigón, etc.

- Rehabilitación de daños, por la construcción de accesos, a fincas colindantes y descompactación del terreno.

En último lugar se utilizan las medidas correctoras dirigidas a hacer desaparecer o minimizar los impactos derivados de la construcción y funcionamiento de las líneas, entre dichas medidas las más importantes son:

- Sobre el suelo: Hidrosiembras y plantaciones a fin de proteger la superficie edáfica y proporcionar sujeción a los taludes.
- Sobre los curso de agua: Restaurar aterramientos, retirar plataformas móviles, restauración de riberas y protección de márgenes que pudieran haber sido afectados por las obras.
- Sobre la fauna: señalización del cable de tierra con salvapájaros a fin de evitar colisiones; control de nidificación sobre apoyos mediante la colocación de disuadores de nidificación o colocación de plataformas para la nidificación según corresponda, etc.
- Sobre el paisaje: restauración del paisaje vegetal.
- Colocación de balizas en vanos que cruzan carreteras o en vanos próximos a aeropuertos o aeródromos para facilitar su visibilidad.
- Supervisión de las obras.

### Medidas preventivas y correctoras en subestaciones

La gran mayoría de las afecciones e impactos que se producen por la implantación de una subestación pueden minimizarse e incluso anularse con una adecuada elección de emplazamiento y por ello en este tipo de instalaciones son fundamentales las medidas preventivas en fase de proyecto.

A continuación se plasman de forma esquemática los requerimientos de tipo ambiental que se deben considerar a la hora de elegir un determinado emplazamiento:

- Disponer de una superficie llana suficiente, para minimizar los movimientos de tierra.
- Evitar los elementos o rasgos de interés geológico o geomorfológico.
- Evitar las márgenes fluviales y las zonas de policía de los cursos permanentes y semipermanentes de la red de drenaje natural, así como las ramblas y barrancos.
- Evitar zonas de recarga de acuíferos, así como las turberas, las zonas inundables y muy permeables.
- Evitar los Espacios Naturales Protegidos, las zonas con mayor valor ecológico y en especial los Hábitat de Interés Comunitario.

- Evitar la afección a masas de arbolado autóctono, especialmente si hay especies de interés, así como áreas con presencia de poblaciones de flora singular amenazada, especies protegidas, vulnerables o en peligro de extinción, enclaves que alberguen ejemplares arbóreos que sean considerados como singulares.

- Evitar en lo posible los ecosistemas y biotopos de interés, en especial los relacionados con la avifauna.
  - Evitar las zonas en las que existan hábitat integrados en el anexo I de la Directiva de Hábitat, así como las ZEPA's y en lo posible las Áreas Importantes para las Aves (IBA's).
  - Evitar los enclaves con nidos o madrigueras de especies de especies de interés así como las rutas migratorias y las zonas de paso habitual para las aves.
  - Distanciar la subestación al menos 1000 metros respecto a los núcleos urbanos así como procurar el alejamiento de viviendas aisladas.
  - Evitar las áreas con interés turístico y/o recreativo.
  - Evitar en la medida de lo posible la ocupación de áreas consideradas como LIC's así como otras figuras de protección nacional o autonómica.
  - Evitar la ocupación de terrenos forestales con presencia de bosques extensos, desarrollados o en recuperación.
  - Evitar la cercanía o coincidencia con infraestructuras no viarias presentes o futuras, vías pecuarias, etc.
  - Favorecer los emplazamientos que tengan un fácil acceso.
  - Evitar los suelos calificados como urbanos y urbanizables.
  - Evitar tanto yacimientos arqueológicos como paleontológicos o elementos de interés histórico-cultural.
  - Evitar los puntos o zonas consideradas de especial valor paisajístico.
  - Favorecer los emplazamientos en zonas con baja calidad paisajística.
- Dentro del capítulo de las medidas preventivas éstas últimas se completan con el conjunto de medidas adoptadas durante la construcción entre las que destacan:
- Compra holgada de terrenos a fin de que en la parcela adquirida pueda ejecutarse el correspondiente proyecto de adecuación paisajística así como pueda albergar los apoyos principio-fin de línea.
  - Desarrollo de la totalidad de las actividades dentro

de la parcela adquirida, con el fin de evitar o en su caso minimizar los daños a la propiedades colindantes.

- Planificación de los trabajos teniendo en cuenta las épocas de cría y los periodos de sensibilidad de la fauna del área.
- Definición de cotas de explanación, previo al inicio de las obras a fin de minimizar los movimientos de tierra.
- Adecuado acopio de la tierra vegetal de las zonas afectadas por los movimientos de tierra.
- Evitar en lo posible el paso de camiones pesados y maquinaria por el centro urbano de los municipios más próximos.
- Evitar daños sobre la vegetación adyacente mediante la delimitación de las zonas de uso y trasiego así como el balizado de zonas sensibles.
- Controlar que todas las actividades se realicen en el interior de la parcela adquirida.
- Definir dentro de la parcela adquirida el edificio de control, el parque de intemperie, la correcta disposición de los equipos dentro del mismo.
- Evitar en la medida de lo posible el incremento de partículas sólidas en suspensión. En caso de sequía deberán regarse las zonas donde este realizándose movimientos de tierra.
- Establecimiento de áreas de almacenamiento temporal de combustible u otras sustancias potencialmente contaminantes, dotadas de sistemas de retención de posibles derrames.
- Establecimiento de áreas de almacenamiento de residuos para su segregación y adecuada gestión.
- Disposición de una zona adecuada para el lavado de hormigoneras.
- Construcción de fosos de recogida de aceites debajo de cada transformador y de un depósito colector dotado de separación agua-aceite.
- Realización de una prospección arqueológica del área afectada por las obras, control arqueológico durante los movimientos de tierra.
- Diseño de las edificación incluidas dentro de la instalación con una arquitectura similar a la existente en el territorio.
- Adecuada elección de color del basalto para evitar fuertes contrastes cromáticos.

Durante la construcción de la subestación se aplicaran una serie de medidas correctoras encaminadas a minimizar los impactos residuales de la obra, en espe-

cial de la obra civil. Entre estas medidas podemos destacar las siguientes:

- Recuperación de las superficies abiertas para la construcción que tras la finalización de las obras queden sin uso.
- Control de procesos erosivos y corrección de los mismos mediante hidrosiembras de taludes.
- Restauración de las carreteras y caminos afectados por las obras.
- Limpieza de barro y tierra de las carreteras afectadas a fin de evitar accidentes.
- Descompactación de los suelos que por necesidades constructivas hayan sido ocupados por camiones y/o maquinaria auxiliar de construcción.
- Señalización de la línea de alimentación de la subestación en caso de necesario a fin de evitar electrocuciones.
- Ejecución del proyecto de adecuación paisajística.

MUCHAS GRACIAS.



# COLOQUIO

## IMPACTO AMBIENTAL DE LAS INSTALACIONES DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN

### De Jesús Olite al Sr. Lorenzana

**PREGUNTA:** ¿No cree que se desvirtúa la Evaluación del Impacto Ambiental cuando el Órgano Ambiental es el mismo que promueve la obra, coincide con el órgano sustantivo, por ejemplo cuando la hace el Ministerio de Medio Ambiente o el Departamento de Medio Ambiente de las Comunidades Autónomas, que al final termina dándose más peso a la ejecución de obra que a las consideraciones ambientales? Yo entiendo que el órgano ambiental siempre debería ser independiente y no promover él mismo las obras, porque si no, claro, se nos plantea este problema.

**Sr. LORENZANA:** Yo también estoy de acuerdo con lo que dice, lo que pasa es que entonces, el Órgano Ambiental tendría que ser algo externo a las Administraciones. Tal y como está configurado en España forma parte de la Administración General del Estado... fíjese lo que dice la Ley: el Ministerio de Medio Ambiente Órgano Ambiental. En las Comunidades Autónomas pasa lo mismo, es decir, dentro de cada Comunidad Autónoma el órgano ambiental forma parte de esa Administración, entonces digamos que lo suyo sería que el órgano ambiental fuese un tipo de agencia de protección de datos, es decir, otro órgano de la Administración que no estuviera dentro de la Administración.

No obstante, aunque dentro del Ministerio de Medio Ambiente existen dos promotores, el de Obras Hidráulicas y el de Costas, ellos están en la Secretaría de Estado y nosotros en la Secretaría General, Direcciones Generales independientes.

A la hora de la verdad, cuando se llega a la resolución de discrepancias en caso del sustantivo y el

ambiental, dentro del mismo Ministerio no puede darse nunca porque no va a ir la Ministra defendiendo la posición de la Dirección General de Calidad y de Evaluación Ambiental por un lado y la Dirección General de Obras Hidráulicas por otra, no habría resolución de discrepancias.

Era lo mismo que pasaba antes cuando todos estábamos dentro del antiguo Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Todos los promotores públicos estaban en ese Ministerio y nosotros éramos una Dirección General del Ministerio. En esa etapa nunca hubo resolución de discrepancias en el Consejo de Ministros, solamente se han producido a partir del año 1996 cuando se crea el Ministerio de Medio Ambiente, entre la Dirección General de Carreteras y la Dirección General de Ferrocarriles, porque estábamos en Ministerios distintos, pero ésa es la estructura que tenemos nosotros.

En España se optó porque hubiese un órgano ambiental y un órgano sustantivo distintos, mientras que la Directiva no lo exigía, pudiendo haber estado todo de un único órgano de la Administración. No solo esto, sino que al transponer la Directiva se puso incluso lo de la resolución de discrepancias, que tampoco es muy de recibo, pero bueno, digamos que ahí hay una serie de fallos. Yo desde luego estoy de acuerdo con tu posición de que debiéramos ser algo externo, pero eso tiene un coste político.

### De Javier Goitia (Iberdrola) al Sr. Lorenzana

**PREGUNTA:** Hemos visto que la metodología de Red Eléctrica para el desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental es bastante elaborada, sin embargo en las legislación eléctrica se prevé que el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental se realiza con el

anteproyecto porque se ha hecho así históricamente ¿esto no es un poco contradictorio comparando el escaso grado de detalle del conocimiento del terreno que normalmente se tiene en la fase de anteproyecto?

**Sr. LORENZANA:** Habitualmente el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental en infraestructuras lineales se realiza sobre el anteproyecto para, a *posteriori*, hacer el proyecto, pasa tanto en obras públicas como privadas. La ventaja de realizar el proceso de Evaluación con el anteproyecto es que en el Proyecto se puede incluir la variable ambiental con la evaluación. Ten en cuenta además que el reglamento de los proyectos públicos pide que antes de que se realice la aprobación definitiva se haga la evaluación ambiental, aunque la jurisprudencia del Tribunal Constitucional en la Sentencia 13/98 dice muy claramente que “el órgano ambiental no puede entrar en cuestiones técnicas”. Sin embargo, las cuestiones técnicas se van a ver condicionadas por problemas ambientales y si estás en la fase de anteproyecto puedes introducir más fácilmente la variable ambiental; de otra manera te arriesgas que el órgano sustantivo no te de la autorización en la fase final de proyecto por no disponer de la declaración ambiental.

### **De Javier Goitia (Iberdrola) a Sra. Palacios**

**PREGUNTA:** Nos ha mencionado las normas técnicas de Extremadura. Nos podría decir algo más de ellas. ¿Cómo las han elaborado? ¿Quiénes han participado? ¿Cómo las van a poner en práctica?

**Sra. PALACIOS:** Como hemos comentado tenemos la base del Decreto 73/96 y la base de los estudios que se han hecho, principalmente el que se realizó en el año 2000/2001, y como bien sabéis estamos en ronda de contactos -aunque por el momento está un poco parado- con las empresas eléctricas y los colegios. En principio toda la información que está saliendo de ahí son datos de un estudio que hemos presentado durante la ponencia de forma muy breve. Esta información se ha basado al mismo tiempo en los diseños que se han estudiado, en el tema de las alargaderas y en otros que hemos podido ver, así como el seguimiento de campo y las relaciones con los instaladores y demás implicados.

Tenemos previsto, junto con la Consejería de

Industria, elaborar una Normativa sobre la que ya estamos trabajando con la cual se modificaría el Decreto de Líneas Eléctricas en Extremadura y saldría uno nuevo. Actualmente este tema está paralizado por el cambio de Consejo de Gobierno, pero se prevé en breve vuelva a retomarse.

### **De Juan de Dios Santa-María (REE) al Sr. Lorenzana**

**PREGUNTA:** Visto el esquema de la tramitación medioambiental, realmente creo que a ninguno de los que estamos aquí no nos sorprende que tengamos una cantidad ingente de proyectos parados precisamente en ese camino tortuoso del procedimiento de evaluación ambiental. Efectivamente la mezcla de legislación europea, normativa estatal y normativa autonómica nos lleva siempre al procedimiento largo, pero creo que el Ministerio, órgano que lo aplica u órgano que esta velando por él, lo esta haciendo más largo -y me paro en el primer paso que es la Memoria Resumen-.

Es potestativo del promotor el tramitar o no la Memoria Resumen y el Ministerio nos está obligando a tramitarla, con lo cual estamos metiendo un “de Ley” que es bastante más que el “de Ley” que prevé el procedimiento. Realmente ya es una interpretación del procedimiento, creo que un poco partidario, difícilmente explicable.

Resulta que la Memoria Resumen es una consulta, tal y como dice el Reglamento, a instituciones, pero realmente no sólo se va a instituciones sino que se envían 30, 40, 50..., incluso tengo conciencia de que en algún proyecto de Red Eléctrica ha habido 167 consultas, para que opine todo el mundo. Desde mi punto de vista esta muy bien aplicar el principio de cautela, el principio de garantía, aplicar el principio de participación... pero también habría que aplicar el principio de efectividad, es decir, creo que es una fase en que deben de opinar los que deben de opinar, puesto que para que opinen los particulares ya se realiza en su momento la fase de información pública. Creo que no debe darse cancha a entidades o personas que no deben tenerla en este momento.

Existe una tercera cosa que me esta distorsionando ese procedimiento, y son los plazos. Los plazos no se cumplen, quizá también por aplicar el principio de

garantía, el principio de participación y no aplicar el principio de efectividad.

Además surge un problema, debemos contestar a todas las recomendaciones, hasta las que no son pertinentes. En alguna ocasión, cuando he lanzado la Memoria Resumen de una línea que ya está programada por el ente regulador, el cual dice que se va a unir una subestación A con otra subestación B, alguna de las recomendaciones que nos llegan es “no una la subestación A con la B, sino que vaya usted de A a C, de C a D, de D a E y párese usted”, a la cual me gustaría contestar “oiga usted ¿es acaso el planificador?, estoy sometiendo a consultas previas una unión, no la planificación del Ministerio”, pero sin embargo tengo que darle una respuesta adecuada.

**Sr. LORENZANA:** Esta claro que el Reglamento, en referencia a las consultas previas, dice que “son las personas, instituciones y Administraciones previsiblemente aceptadas”.

En referencia a que te estén dando un trazado alternativo, lo que realmente te están diciendo es que si tienes un espacio natural protegido no puedes hacerla de A a B, sino que tendrás que buscar alternativas para evitar la afección a dicho espacio protegido. Eso es lo que te están contestando.

Y por último, está claro que no se están cumpliendo los plazos, pero este incumplimiento es debido a las rotaciones que el órgano ambiental estatal tiene ahora mismo. Actualmente tan solo hay 16 personas en lo que es órgano ambiental de la Administración General del Estado para evaluar más de 400 proyectos que están entrando por año desde que se traspuso la Directiva 97/12. Me gusta que me digáis esto, puesto que llevo tres años justificando y pidiendo personal, pero a parte de decírmelo a mi deberíais decirlo un poco más arriba porque yo sufro tanto como vosotros, porque tengo que hacer cinco cosas cuando tan solo tendría que hacer una.

### **De Michael McMahon (ESB, Irlanda) al Sr. Eguiluz**

**PREGUNTA:** Usted ha comentado que cada vez menos estudiantes eligen la carrera de ingeniero industrial eléctrico. Eso es así tanto en España como en Irlanda y en el resto de Europa, y también ocurre en Estados Unidos. ¿Qué es lo que se puede hacer para cambiar

esta tendencia a la baja de ingenieros eléctricos?

**Sr. EGUILUZ:** En mi universidad lo que estamos haciendo es facilitando información a los alumnos de Ingeniería Industrial que hacen la intensificación eléctrica. El año pasado organizamos, como Departamento de Ingeniería Eléctrica, un viaje de estudios para dichos alumnos en el que estuvimos visitando empresas de Asturias, Castilla y León, y Galicia. Este año repetiremos la experiencia y muy posiblemente estén invitados a dicho viaje los alumnos de tercer curso de Ingeniería Técnica Industrial especialidad de Electricidad, que también son estudios de declive.

Por otra parte, intentamos hacer captación cuando acaban el Bachiller, de las excelencias de la Ingeniería Eléctrica o de la Ingeniería Industrial. Hemos hecho un concurso “Un mundo sin electricidad” para alumnos de último curso de Bachillerato en el que de cualquier forma, bien por métodos plásticos o literarios, diesen su opinión sobre lo que sería un mundo sin electricidad, es decir, los efectos de los apagones de Nueva York. Pero ciertamente ha sido un fracaso, porque solamente se presentó un alumno con un trabajo que parecía de un niño de diez años, entonces no sé si lo había hecho su hermano pequeño o su padre, pero ciertamente era un trabajo infantil.

**Sr. SALAMANCA:** Muy brevemente, voy a contestar como Presidente de CIGRE España. Para los que no la conozcan CIGRE es la Conferencia Internacional de Grandes Redes Eléctricas. Dentro de las actividades de CIGRE y como CIGRE España estamos llevando a cabo una serie de labores de introducción y participación de los universitarios, creación de grupos de trabajo en las universidades, apoyo a páginas web y premios de participación en los diferentes congresos que CIGRE tiene, soporta o apoya; lo que permite que diversas universidades puedan mandar gente joven que empieza a introducirse en el mercado eléctrico y a conocerlo.

La actividad de las universidades está siendo enormemente positiva y tenemos el orgullo de poder decir que en el último año, en algunas escuelas de Madrid, han sido más los alumnos que han elegido la carrera de Ingeniero Eléctrico que la de Ingeniero de Telecomunicaciones, que, con todos mis respetos, está sobrevalorada.

## De Pedro Cruz (Escuela de Ingenieros de Sevilla) al Sr. Murillo

**PREGUNTA:** El Sr. Murillo ha comentado que existe un método corrector que se llama "uso de patas desiguales". Quisiera saber en qué consiste dicho método.

**Sr. MURILLO:** Cuando es necesario ubicar un apoyo en una zona con bastante pendiente, abrupta o montuosa, la utilización de patas desiguales va a servir para minimizar los movimientos de tierra, es decir, en lugar que tener que abrir la típica explanada cuadrada que habría que hacer para poner las cuatro zapatas del apoyo en la misma cota, lo que se hace es adaptar el apoyo a la pendiente del terreno evitando de esta forma además de la retirada de la cubierta vegetal, la minimización de movimientos de tierra, la generación de procesos erosivos por falta de vegetación y lo más importante de todo disminuir el impacto paisajístico.

# INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO



ENRIQUE LAS SANTAFÉ

ROBERTO ARRANZ CUESTA

JOSÉ LUIS MATA VIGIL-ESCALERA (MODERADOR)

FRANCISCO SALAMANCA SEGOVIANO

CARLOS COLLANTES PÉREZ-ARDA

ÁNGEL GALLEGU DEL MONTE



# ASPECTOS AMBIENTALES DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS: SOTERRAMIENTO DE LA LÍNEA ELÉCTRICA A 400 kV DOBLE CIRCUITO SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES-MORATA / LOECHES EN LA ZONA AFECTADA POR EL PLAN BARAJAS

## *ENVIRONMENTAL ASPECTS OF UNDERGROUND POWER LINES: UNDERGROUNDING OF THE 400 kV SAN SEBASTIÁN DE LOS REYES-MORATA / LOECHES LINE ON THE SECTION AFFECTED BY THE BARAJAS PLAN*

**ROBERTO ARRANZ CUESTA**

Red Eléctrica de España

Es licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad del País Vasco, Diplomado en Ingeniería Ambiental y Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental por la Escuela de Organización Industrial.

Ha ejercido como técnico de medio ambiente en diversas ingenierías hasta su incorporación al Departamento de Medio Ambiente de Red Eléctrica de España en 1996, donde en la actualidad es responsable del desarrollo del Sistema de Información Geográfica del Departamento y donde se ocupa de la dirección de Estudios de Impacto Ambiental y del seguimiento de los Programas de Vigilancia Ambiental en la construcción de nuevos proyectos de líneas y subestaciones eléctricas.

Entre los Proyectos en que ha intervenido cabe citar la alimentación eléctrica a la Línea de Alta Velocidad Madrid-Lleida-Barcelona y el soterramiento de la línea a 400 kV San Sebastián de los Reyes-Morata/Loeches en la zona afectada por el Plan Barajas.



## RESUMEN

A instancias de AENA y debido a las servidumbres radioeléctricas de las futuras pistas 15L/33R y 18L/36R contempladas en la ampliación del aeropuerto de Madrid-Barajas, ha resultado imprescindible que Red Eléctrica realice la transformación de aéreo a subterráneo de un tramo de la línea eléctrica a 400 kV doble circuito San Sebastián de los Reyes-Morata/Loeches, procediendo una vez finalizadas las obras al desmantelamiento del tramo aéreo, que es incompatible con el proyecto de ampliación del aeropuerto. La línea eléctrica a 400 kV doble circuito S.S. de los Reyes-Morata/Loeches constituye unos de los ramales del anillo de 400 kV de Madrid, por tanto de gran importancia en la alimentación de las subestaciones de distribución de la capital.

El alcance del proyecto consiste en la sustitución de la línea aérea por circuitos de cables aislados subterráneos a lo largo de un nuevo trazado de 12.704 metros de longitud. El tramo de línea aérea que está previsto eliminar se encuentra situado sobre el río Jarama, propuesto como Lugar de Importancia Comunitaria (Cuencas de los ríos Jarama y Henares), cuyo cauce se cruza en once ocasiones, y donde se mantiene abierta la calle de seguridad de la línea aérea sobre la vegetación de ribera existente.

En esta comunicación se revisan los principales aspectos ambientales asociados a la ejecución del proyecto, así como las principales medidas preventivas y correctoras que se han previsto para la realización de los trabajos.

## ABSTRACT

*At the request of the Spanish airport authority (AENA) and due to the wireless and electrical services for the future runways, 15L/33R and 18L/36R, included in the extension of the Madrid-BARAJAS airport, it became essential for Red Eléctrica to convert part of the 400 kV San Sebastián de los Reyes-Morata / Loeches power line from overhead to underground. Once the work is finished, it will dismantle the overhead construction which is incompatible with the extension of the airport. This line is part of the 400 kV ring around Madrid and is therefore of great importance in supplying the distribution substations for the capital.*

*The project entails replacement of the overhead line by insulated underground cables on a new alignment of 12,704 metres. The overhead section to be eliminated runs along the Jarama River, which has been proposed as a Place of Regional Importance (catchments of the Jarama and Henares rivers). It crosses the Jarama 11 times passing over the existing riverbank vegetation. A right-of-way is maintained for safety.*

*This paper reviews the main environmental aspects associated with the project and the main preventive and corrective measures planned during the work.*

A instancias de AENA y debido a las servidumbres radioeléctricas de las futuras pistas 15L/33R y 18L/36R contempladas en la ampliación del aeropuerto de Madrid-Barajas, ha resultado necesario que Red Eléctrica de España realice la transformación de aéreo a subterráneo de un tramo de la línea eléctrica a 400 kV doble circuito San Sebastián de los Reyes-Morata/Loeches, procediendo una vez finalizadas las obras al desmantelamiento del tramo aéreo, que es incompatible con el proyecto de ampliación del aeropuerto. El tramo aéreo que ha resultado necesario eliminar tiene una longitud de 12.200 metros, siendo la longitud del nuevo tramo subterráneo, que presenta un trazado diferente al aéreo, de 12.700 metros.

La línea de 400 kV S.S. de los Reyes-Morata/Loeches constituye uno de los ramales del anillo de 400 kV de Madrid, de gran importancia en la alimentación de las subestaciones de distribución de la ciudad. La eliminación del tramo de línea aérea hubiera supuesto la apertura de dicho anillo, operación que hubiera debilitado no solo la alimentación de Madrid sino el transporte noroeste-sur y noroeste-este en la península.

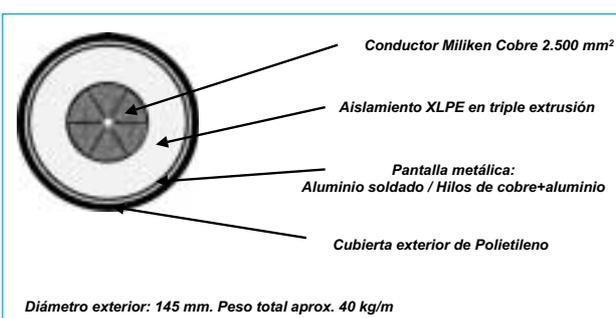
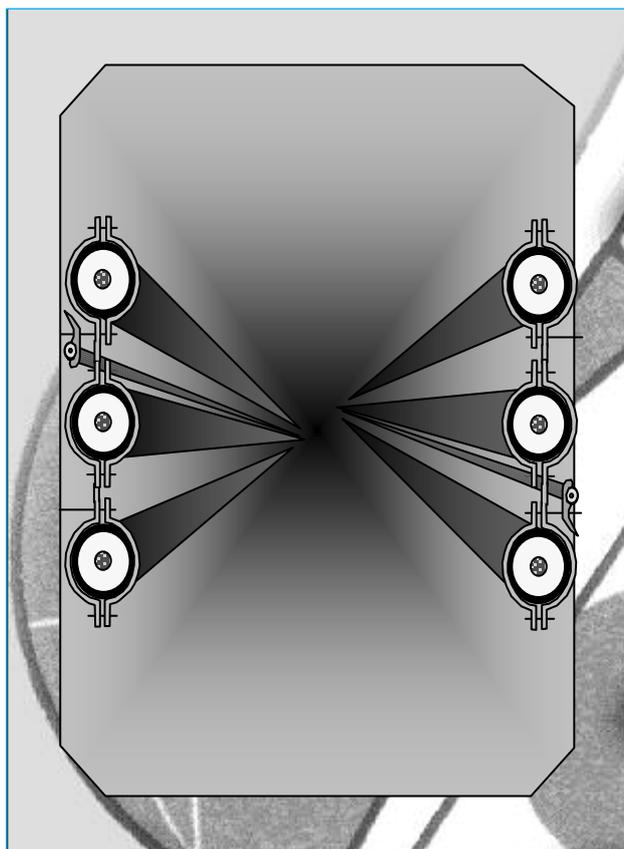
Para la ejecución del proyecto se ha desarrollado el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental de la instalación.

Las actuaciones proyectadas se han situado en la vega del río Jarama, sobre terrenos pertenecientes a los términos municipales de San Sebastián de los Reyes, Alcobendas, Madrid, Paracuellos del Jarama y San Fernando de Henares.

La solución técnica óptima ha consistido en la sustitución de la línea aérea por circuitos de cables aislados. El nuevo tramo de línea subterránea debía cumplir los mismos requisitos que tenía la línea aérea, es decir, una capacidad de transporte de 3.440 MVA en verano y 2.780 MVA en invierno, lo cual exigía no solo la presencia de los cables del doble circuito sino unos sistemas de refrigeración que eran imposibles de asegurar mediante solución técnica en zanja o entubada. Por lo tanto, la única solución viable era la construcción de una galería ventilada que además dispusiera de sistemas auxiliares como alumbrado normal y de emergencia, sistemas de fuerza, sistemas de drenaje, detección de incendios, red de media tensión y medidor de tem-

peratura, para lo que se ha requerido la construcción de una galería prefabricada de hormigón armado de dimensiones interiores 2,00 x 2,25 m en cuyos laterales van dispuestos los tres cables de cada uno de los dos circuitos que componen la línea. Cada cable esta compuesto por un núcleo de cobre que funciona como conductor, cubierto mediante un aislamiento que a su vez se encuentra protegido por una pantalla metálica compuesta por aluminio e hilos de cobre. Todo ello se encuentra envuelto por una cubierta exterior de polietileno, conformando un cable conductor de diámetro exterior de 145 mm y un peso aproximado de 40 kg/m.

En los dos extremos del tramo subterráneo se han instalado las estaciones de paso aéreo-subterráneo.





Detalle de la galería



Detalle de la estación de paso aéreo/subterráneo

Un aspecto importante que hay que considerar en la solución proyectada, es que la operación de las líneas subterráneas presenta una posibilidad teórica de indisponibilidad mayor que las aéreas —eliminación del reenganche automático—, debido a la necesidad de realizar una inspección del trazado subterráneo.

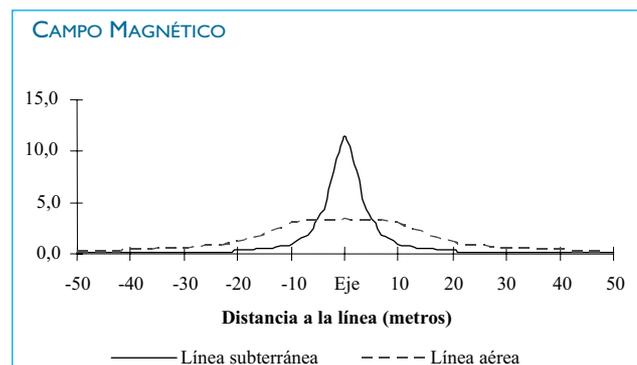
Las líneas eléctricas subterráneas, a diferencia de las aéreas, provocan una afección continua sobre el territorio cuya magnitud depende principalmente del nivel de tensión de la línea. A diferencia de las líneas eléctricas de distribución, cuyo soterramiento apenas produce impactos, el soterramiento de líneas eléctricas de transporte origina impactos de mayor magnitud, que se ven incrementados cuanto mayor sea la tensión de la instalación (220 y 400 kV).

Otras características de un proyecto de soterra-

miento que van a influir en la magnitud de los efectos que se generen son: el modelo de canalización que se utilice (zanja, banco de tubos, galerías, etc.), el tipo de entorno por el que discurrirá el trazado (natural, periurbano o urbano), la orografía del terreno y sus características geológicas (fundamental a la hora de diseñar y poder prever la viabilidad del enterramiento de la línea), la vegetación existente (el enterramiento de líneas eléctricas de alta tensión es incompatible con la vegetación del trazado), la red hidrográfica atravesada (el cruzamiento de ríos o cauces de cierta entidad resulta muy complicado con líneas subterráneas), etc.

Los principales efectos ambientales que la implantación de este tipo de instalaciones genera en el medio se pueden englobar en dos grupos:

- Efectos temporales, que se producen durante el periodo de ejecución de los trabajos:
  - La afección al suelo, la más evidente y la de mayor magnitud.
  - Los daños sobre la red hidrográfica derivados del cruzamiento de los cursos de agua, afección inexistente en el caso de líneas aéreas.
  - Contaminación atmosférica por emisiones de polvo, al requerir de una zanja a lo largo de todo el trazado esta afección es muy superior a la que se generara con la construcción de líneas aéreas.
  - Daños sobre la fauna durante el tiempo de duración de la obra.
  - La afección al Patrimonio Arqueológico, que puede ser imposible de evitar.
- Efectos permanentes, que perduran a lo largo de la toda la vida útil de la instalación:
  - Aumento del valor de campo magnético. Como se puede comprobar en la gráfica adjunta la línea aérea tiene un campo magnético inferior con respecto al eje que la línea subterránea, aunque se mantiene por debajo del nivel de 100 microteslas que pone como referencia la Unión Europea.



- Pérdida del arbolado en toda la franja de ocupación.
- La afección sobre las propiedades es superior, puesto que mientras en líneas aéreas se tiene una servidumbre de vuelo, con líneas subterráneas lo que se tiene es una servidumbre de los usos del suelo.
- La afección sobre los Espacios Naturales Protegidos y la Red Natura, en caso de producirse, es de mayor envergadura.

El soterramiento de líneas puede suponer una disminución de ciertos efectos ambientales en comparación con los producidos por una línea aérea, como son la nula afección sobre la avifauna en la fase de funcionamiento de la instalación, no hay emisión de ruidos al exterior y el campo eléctrico se anula por completo, y por último, en zonas llanas y sin arbolado, el impacto visual se ve muy reducido.

La mejor forma de poder dimensionar las diferencias entre una línea eléctrica aérea y una subterránea es mediante una comparativa del volumen de obra. Una línea aérea hubiera supuesto unas 500 tn de acero, 2.000 m<sup>3</sup> de material de excavación y otros 2.000 m<sup>3</sup> de hormigón, 300 tn de conductor cardinal, 5.000 aisladores, herrajes, etc. La línea subterránea construida nos ha exigido 6.500 piezas de galería prefabricada que equivalen a 75.000 tn de hormigón, 650.000 m<sup>3</sup> de movimientos de tierras, 300 m de microtúnel, 4.100 soportes verticales y otros tantos separadores, 12.300 ménsulas con cunas y abrazaderas, 80 km de cable XLPE unidos a través de 96 empalmes seccionados que equivalen a 3.200 tn de conductor, 12 terminales y pararrayos, 26 km de bandejas metálicas para instalaciones auxiliares y 75 km de cable XLPE 12/20 kV, 7 centros de transformación, 5 estaciones de ventilación, alumbrado, fuerza, bombeo, etc., y por último dos estaciones de paso aéreo-subterráneo.

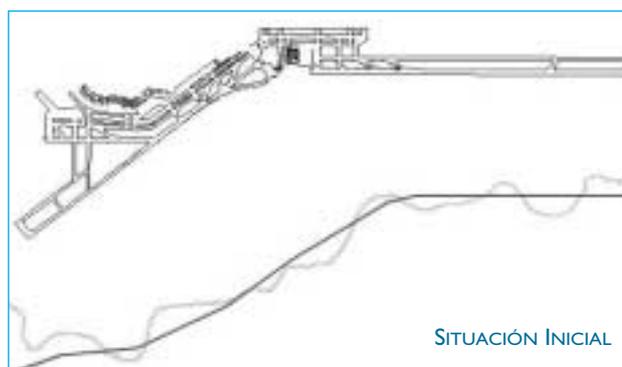
Los aspectos ambientales de partida más significativos que se han tenido en cuenta en la realización del proyecto de la instalación han sido:

- El tramo aéreo que se ha desmantelado se encontraba situado en su mayor parte sobre el río Jarama, propuesto como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC de los ríos Jarama y Henares), cuyo cauce se cruzaba en once ocasiones a lo largo de 9.500 metros de trazado, y donde se mantenía abierta la calle de seguridad de la línea sobre la vegetación de ribera existente.
- El tramo subterráneo, al tener un trazado diferente

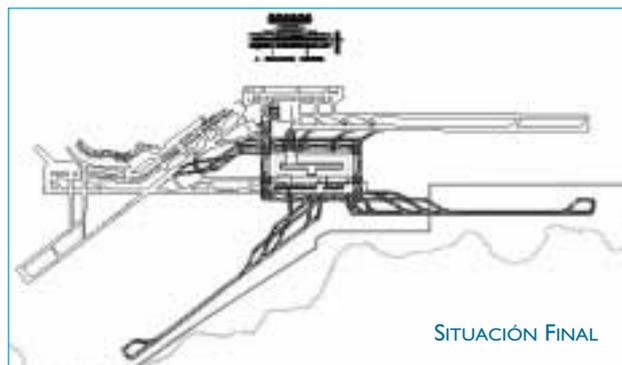
del tramo aéreo, ha realizado un único cruzamiento sobre el río Jarama.

- Más de 80% del nuevo trazado discurre por terrenos afectados por las obras del Plan Barajas, el resto de los terrenos afectados están en su gran mayoría dedicados al cultivo de cereal.
- El trazado discurre en su totalidad por zonas con una orografía llana donde el terreno presenta unas buenas condiciones de ripabilidad.
- La única vegetación de interés es la asociada al curso del río Jarama, la cual no se verá afectada por la nueva instalación por la aplicación de las medidas preventivas previstas.
- La vega del río Jarama ha sido un punto de referencia histórico para el asentamiento humano, lo que implica la presencia de gran cantidad de yacimientos arqueológicos que han supuesto un condicionante muy importante para la definición del trazado de la nueva instalación.

En los croquis adjuntos se observa como va a quedar la zona con la ampliación de Barajas, la línea eléctrica aérea existente, las nuevas terminales, las dos nuevas pistas y el nuevo trazado de la galería por el que discurrirá el cable subterráneo. Como se puede apreciar el tramo soterrado tiene un trazado totalmente diferente a la línea aérea existente y



aparecen dos nuevas infraestructuras, las estaciones de paso aéreo/subterráneo, que con la línea aérea eran innecesarias.



En la realización del proyecto se han adoptado una serie de medidas, tanto preventivas como correctoras, con el fin de evitar o minimizar los efectos potenciales que la construcción de la nueva infraestructura podría haber generado.

La principal medida correctora, derivada del propio alcance del proyecto, ha sido el desmantelamiento del tramo de la línea eléctrica aérea, que como se ha comentado anteriormente se encuentra situado sobre el río Jarama, cauce propuesto como Lugar de Importancia Comunitaria y que supone el punto más sensible desde el punto de vista ambiental del proyecto.

Con el fin de minimizar al máximo el posible impacto de las obras sobre este espacio se decidió, como medida preventiva de proyecto, que el cruzamiento del trazado soterrado se realizara mediante la ejecución de un microtúnel, única forma de anular las posibles afecciones sobre el cauce.



*Avance de la galería hacia el pozo de acometida del microtúnel*



*Detalle del pozo de acometida del microtúnel*

Otra medida preventiva fundamental previa al inicio de las obras ha sido la prospección arqueológica del tramo subterráneo proyectado, ya que afectaba a un área de alto potencial arqueológico. Una vez revisado el trazado, los trabajos de prospección han consistido en la excavación de seis yacimientos arqueológicos

que ha resultado imposible evitar en el diseño de la nueva instalación.

Es bien conocido que la vega del río Jarama ha sido lugar de asentamiento desde tiempos muy antiguos, habiéndose constatado presencia humana permanente desde la Edad del Bronce; y es a partir de la dominación romana cuando en esta zona se establecen numerosas explotaciones agrícolas y ganaderas. Las prospecciones realizadas han sacado a la luz yacimientos que abarcan desde el siglo I d.C. hasta el siglo IX, ya en época musulmana.

El yacimiento más importante es romano, con ocupación continuada desde el siglo I d.C. hasta mediados del siglo V d.C., y al que pertenecen una serie de zócalos de edificios dispuestos en torno a lo que parece ser un gran patio central. En el interior de una de estas edificaciones, abandonada posiblemente durante el primer cuarto del siglo II d.C., se han hallado fragmentos de cerámicas típicas de esa época y una lucerna de bronce. Oculto en un hoyo en el interior de una de las habitaciones se ha hallado un ajuar doméstico, compuesto por cuatro botellas de dos asas, un jarrito, cuatro platos, dos ollas de cocina, recipientes de vidrio, media llanta de rueda de carro de hierro, una reja de arado, un cazo con mango, un cuchillo grande y otro pequeño, un atizador; una balanza romana con sus dos ganchos, hierros para marcar reses, etc. Estos materiales estaban en buen estado en el momento de ser escondidos durante el primer cuarto del siglo V d.C., lo que lleva a pensar que la intención del dueño era recuperarlos. Hay que tener en cuenta que estas fechas fueron especialmente convulsas en la península Ibérica, pues coincide con las invasiones de suevos, vándalos y alanos, y el colapso del Imperio Romano.

De la misma manera, se han recuperado varias monedas romanas que van desde mediados del siglo II d.C., un sextercio con la efigie de Faustina II (esposa del emperador Marco Aurelio y madre del emperador Cómodo), hasta finales del siglo III d.C., con un "antoniniano" acuñado durante el reinado de Claudio II el Gótico.

También se han excavado otros yacimientos más recientes, ya de época visigoda (siglos VI-VIII d.C.), donde se han recuperado abundantes materiales cerámicos, óseos y metálicos, así como fragmentos de copas y platos de vidrio y parte de un pendiente de oro.

En el yacimiento más reciente se han descubierto

varias sepulturas islámicas de gran trascendencia, ya que aunque no han proporcionado ajuares, son las primeras tumbas de rito islámico documentadas en Madrid. Parecen ser del siglo IX, y todavía conservan algunos rasgos constructivos tradicionales de los visigodos.



*Lucerna de volutas de bronce. Recuperada en una habitación de una villa romana, posiblemente abandonada a mediados del siglo II d.C.*



*Sepultura de inhumación de origen musulmán. Posiblemente del siglo IX.*



*Moneda de bronce (sextercio) con la efigie de Faustina II. Medios del siglo II d.C.*



*Parte de un pendiente de oro procedente de un silo de origen visigodo (siglos VI-VIII d.C.)*

Todos los objetos y restos han sido enviados a diferentes centros para su estudio y catalogación, y algunos de ellos pasarán a formar parte de los fondos del Museo Arqueológico Regional de Madrid.

Otra medida preventiva ha consistido en la retirada y acopio de la tierra vegetal de los terrenos que iban a ser afectados por las obras, para una vez restituida la morfología original, volver a ser repuesta sobre las superficies afectadas. Posteriormente se ha realizado su descompactado y acondicionado para evitar encharcamientos y restablecer las condiciones de esponjosidad que devuelvan al suelo la permeabilidad y aireación necesarias para facilitar la revegetación natural.



*Retirada y acopio de la tierra vegetal.*



*Detalle de un cruceamiento sobre masas de arbolado.*



*Desmantelamiento de un apoyo*



*Demolición de las cimentaciones*

Como conclusión de esta ponencia se puede decir que el Proyecto de soterramiento de la línea eléctrica a 400 kV San Sebastián de los Reyes-Morata/Loeches en la zona afectada por el Plan Barajas, además de permitir la viabilidad de dicho Plan (la presencia de la línea eléctrica aérea hace inviable la operatividad de las nuevas pistas), ha supuesto una actuación positiva desde el punto de vista ambiental. Las malas condiciones de partida en las que se encontraba el tramo aéreo desmantelado han permitido que el soterramiento de la instalación haya tenido un impacto positivo sobre diversos elementos del medio como la Red Natura, la hidrología, la vegetación, la avifauna y el paisaje.

No obstante, esta situación tan especialmente favorable, para el soterramiento de la instalación, no puede ser extrapolada a otros proyectos, ya que con unos condicionantes ambientales diferentes es previsible que se provoque un gran impacto sobre el medio.

El soterramiento de una línea eléctrica de transporte puede suponer un deterioro de las características del medio atravesado, cuya magnitud dependerá de su valor ambiental y sensibilidad.

# IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PARQUES EÓLICOS

## ENVIRONMENTAL IMPACT OF WIND FARMS

### ENRIQUE LAS SANTAFÉ

Gamesa

Es Físico Nuclear por la Universidad Complutense de Madrid; M.Sc. por McGill University (Montreal, Canadá); Ingeniero Nuclear por Queen Mary College (Univ. Londres); M.Sc.Ing. Nuclear por Imperial College (Univ. Londres).

Ha trabajado en el campo de la energía eléctrica en actividades de: Puesta en Marcha de Centrales Nucleares (USA y España); Explotación de Centrales Hidráulicas, Subestaciones y Líneas de Alta Tensión con Iberduero y Red Eléctrica de España.

En la actualidad es responsable del Área de Construcción de Parques Eólicos de Gamesa.



## RESUMEN

Los parques eólicos producen una serie de efectos ambientales que se describen en detalle, así como las mejores prácticas para conseguir reducirlos. Entre los impactos más sobresalientes se encuentran los relacionados con el impacto visual de los aerogeneradores, explicando por qué se instalan dónde se instalan, así como los impactos que pueden tener sobre el suelo (tanto por los apoyos como por los caminos de acceso), en los acuíferos, vegetación, avifauna, residuos, ruido, etc.). También se describen los aerogeneradores, sus partes y los impactos que se producen durante la fase de construcción.

Por último se repasan las ventajas que presenta la energía eólica.

## ABSTRACT

*Wind farms produce a series of environmental impacts and these are described in detail together with the best practices for their curtailment. The most notable effect is the visual impact of wind turbines. Reasons are given for the choice of location and the impact on the ground (foundations and access roads), on aquifers, vegetation, bird life, waste, noise, etc is examined. The wind turbines and their components are also described together with the impact caused by construction.*

*Lastly, the advantages of wind power are reviewed.*

Primero quisiera explicar el por qué de una ponencia sobre parques eólicos dentro de unas jornadas de líneas eléctricas.

Una característica de la energía eólica es ser una energía distribuida, diferenciándose de otras fuentes de energía en que no podemos elegir su emplazamiento. Esto nos obliga a necesitar de líneas eléctricas para llevar la energía desde donde está el recurso eólico hasta los centros de consumo.

De hecho, muchas veces nos encontramos en que tenemos recurso eólico en una zona determinada, pero que termina siendo descartada para la construcción de un parque eólico por la falta de infraestructuras eléctricas apropiadas. En este sentido cabe indicar que los parques eólicos se suelen valorar por el número de horas equivalentes año; un parque de menos de 2.200 horas normalmente no suele ser rentable, existiendo parques en algunas Comunidades de la península que incluso llegan a las 3.000 horas al año.

Dichas infraestructuras son importantes porque si pretendemos conseguir una reducción del 12% en las emisiones de anhídrido carbónico y otros elementos contaminantes para cumplir con los compromisos de Kyoto, y dado que la energía eólica es la que más está contribuyendo con su espectacular crecimiento a cumplir dicho objetivo, es necesario que los proyectos eólicos salgan adelante y para ello es imprescindible la existencia de infraestructuras eléctricas que permitan la evacuación de la energía. Esta es la primera razón por la cual estamos participando dentro de estas Jornadas.

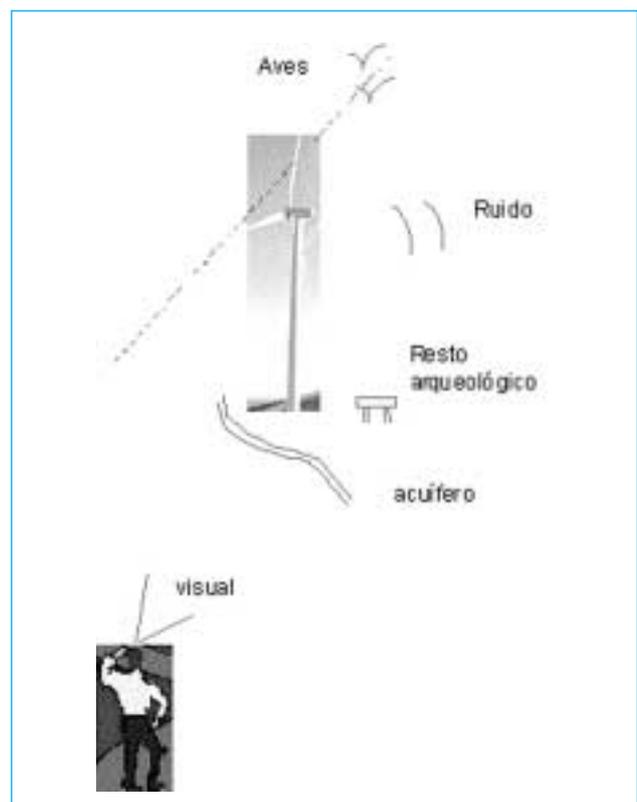
La segunda es debida a que en cierta medida un molino tiene ciertas similitudes con una torre, puesto que ambos son estructuras metálicas con alturas considerables y por tanto producen algunas afecciones muy parecidas, como por ejemplo el impacto visual, la ocupación de terreno, la necesidad de existencia de accesos, etc.

Mucha gente desconoce que España está entre los líderes mundiales en el desarrollo de esta tecnología. Si miramos el ranking de los países con generación de energía eólica vemos que después de Alemania, situada en primer lugar con 12.000 MW instalados, se encuentra España, cuyo total instalado al final del año 2003 será de 5.000 MW; después va Estados Unidos,

cuya potencia instalada no llega a los 4.500 MW; y en cuarta posición está Dinamarca, que a pesar de ser un país pequeño, cuenta con 3.000 MW, lo que equivale a que el 40% de la energía de este país es de origen eólico. No debemos olvidar que buena parte del actual desarrollo de la energía eólica se lo debemos a Dinamarca.

Una vez realizada esta introducción pasaremos a hablar del tema de la ponencia que son los efectos ambientales de los parques eólicos.

Evidentemente, si en una zona en el campo colocamos una cierta estructura, en nuestro caso un molino, solamente por la ocupación física aparecen una serie de efectos que podríamos resumir en el siguiente esquema:



- , Impacto visual
- , Alteración suelo
- , Aves
- , Ruido
- , Alteración acuíferos
- , Residuos
- , Vegetación
- , Restos arqueológicos /Vías pecuarias

De entre los cuales el de mayor importancia o repercusión es el del impacto visual seguido por el de la alteración del suelo, aunque con la utilización de aerogeneradores de cada vez más potencia, somos capaces de producir la misma cantidad de energía en una superficie mucho más reducida. También indicar que la cantidad de ocupación de suelo por kW eólico instalado es más pequeña que la que requerirían otras fuentes renovables como la biomasa o la solar.

El tercero sería la afección sobre las aves y el cuarto la generación de ruido, al cual le siguen en orden de importancia otros cuatro efectos de quizás menor significado, como son la alteración de acuíferos, la generación de residuos, la afección a la vegetación y por último el impacto sobre restos arqueológicos y vías pecuarias.

## IMPACTO VISUAL

La expresión más habitual de algunas personas al ver un parque eólico en lo alto de un monte es: "ya se han cargado toda la perspectiva que teníamos". Ante esta frase queremos puntualizar que los parques no se construyen en el alto de los montes porque sí, sino que existe una razón técnica para ello y esta razón es el "efecto Venturi" vertical, que consiste en el aumento de velocidad que una masa de agua o de viento sufre como consecuencia de la presencia de un obstáculo en su camino. Cuando el viento está soplando en una llanura y se encuentra por ejemplo un páramo, por efecto Venturi la velocidad del viento es mayor en la zona alta del páramo

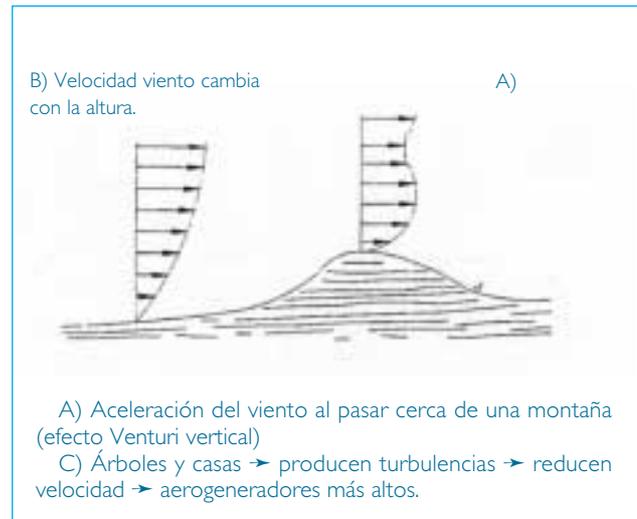
Otra típica pregunta que la gente se realiza al ver un parque eólico es ¿por qué los aerogeneradores tienen que ser tan altos? Esto es debido a que la velocidad del viento no solo aumenta con la presencia de obstáculos sino que también aumenta con la altura, aunque este incremento de velocidad no es ilimitado, sino que si representamos en una gráfica la velocidad del viento en relación con la altura veríamos que el crecimiento tiene un límite asintótico.

Y por último, una tercera pregunta también muy corriente es: ¿por qué los parques eólicos están en zonas sin vegetación?, pues porque la existencia de árboles o casas producen turbulencias que reducen la velocidad del viento y por consiguiente, en zonas con arbolado o en las ciudades, serían necesarios aeroge-

neradores aún más altos. Además, un hábitat con un viento fuerte no es apropiado para el desarrollo de muchas de las especies vegetales.

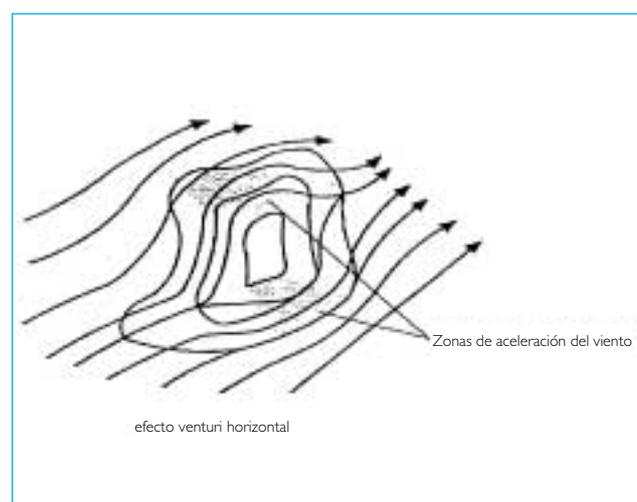
A modo de resumen podríamos sintetizar lo comentado en el siguiente dibujo:

- A) ¿por qué los parques eólicos están localizados en zonas altas?
- B) ¿por qué son los aerogeneradores tan altos?
- C) ¿por qué los parques eólicos están en zonas sin vegetación?



Por otro lado, los parques eólicos no se construyen en cualquier punto de una zona alta, sino que habitualmente están ubicados por ejemplo junto al cortado del páramo mencionado. Esto es también debido al "efecto Venturi", pero en este caso al horizontal.

¿Por qué están los parques eólicos situados cerca de cortados?



A veces para colocar los molinos cerca del cortado, nos encontramos con la oposición de Medio Ambiente. La razón de dicha oposición es el deterioro del paisaje, con lo cual hemos de llegar a compromisos que a veces supone eliminar algunos de los molinos más energéticos previstos, lo que trae como consecuencia una reducción de la capacidad de extracción de energía del viento del parque en cuestión. Vaya lo indicado como anécdota y sin ánimo de crítica a la gente de Medio Ambiente.

Por todo lo dicho, un páramo aislado sobresaliendo en una llanura puede ser un buen candidato para colocar un parque eólico.

Para minimizar el impacto visual o paisajístico, se tienen en cuenta una serie de medidas que se podrían resumir en:

- Alejarse de la gente (por ejemplo: en el mar)
- Menos torres y más altas (molinos de mayor potencia)
- Color blanco gris mate
- Torres tubulares troncocónicas
- Líneas media tensión (20-30 kV) entre molinos soterradas
- Zahorras en caminos de color acorde con el entorno
- Utilizar morteros en terrenos rocosos del mismo cromo que la roca original
- Estudio cuenca visual (localizar puntos de impacto elevado)
- Evitar formas planas y aristas rectas en desmontes
- Evitar introducir elementos topográficos que denoten artificialidad (líneas rectas, ángulos marcados, simetrías, etc..)
- Revegetaciones varias

La primera de ellas consiste en alejarse de la gente, lo cual da un resultado evidente puesto que si no hay observadores no hay impacto, por ello hay un creciente interés por construir parques en el mar.

Como ejemplo tenemos el parque eólico de Horns Rev (Dinamarca) situado en el Mar del Norte, que es el más grande del mundo con una potencia instalada de 100 MW pero que esta previsto llegue a los 200 MW. Aunque estos parques marinos o "off-shore" requieren una mayor inversión, también es mayor y más constante su recurso eólico por estar en o próximos al mar (valga como ejemplo Canarias, donde hay

parques con cerca de 4.000 horas equivalentes). Desgraciadamente, en España la continuación de la plataforma continental debajo del agua es muy reducida, salvo en el Golfo de Cádiz o en el Delta del Ebro, por lo que no tenemos zonas muy apropiadas para poder utilizar esta alternativa.



*Parque Eólico Horns Rev (100-200 MW)  
Offshore (Mar del Norte) - Dinamarca*

Otra medida cada vez más generalizada es colocar un menor número de molinos, pero los que se coloquen que sean de mayor potencia unitaria lo que nos da unos molinos con mayor altura.

Otra medida que en muchas declaraciones medioambientales nos la exigen, es que el color de la torre sea blanco gris mate para que su visibilidad sea menor. Sin embargo, en ciertas Comunidades nos piden que la parte superior de la torre tenga pintadas unas franjas de color rojo para facilitar a los aviones la visibilidad del parque.

Para reducir el impacto visual se nos exige que construyamos torres tubulares troncocónicas y hacer que las líneas de media tensión (20–30 kV) entre molinos vayan soterradas, aunque las líneas soterradas tienen el problema del mantenimiento y la localización de averías.

A veces también se nos especifica que la zahorra, o sea, la tierra con la que realizamos el firme de los caminos, tenga un color cromático acorde con la zona en la que está el parque eólico; o la utilización de morteros con una tonalidad apropiada en lugares donde haya que hacer voladuras en roca.

El estudio de la cuenca visual es también importante pues en función de la dirección en la cual se prevé un mayor impacto visual, definida a partir del lugar donde es más frecuente la presencia de gente, se toman determinadas acciones correctoras. Por ejemplo, en una ocasión tuvimos que quitar del proyecto cinco

molinos de un parque eólico en Burgos porque había una iglesia románica cercana y los molinos estaban en línea con la visual predominante desde la cual los turistas sacaban sus fotos.

En la ejecución de los caminos del parque se intenta trazarlos de tal manera que desde una perspectiva alejada no se observen formas planas y aristas cortantes, evitando introducir elementos topográficos que denoten artificialidad y que dañen la estética del conjunto, como por ejemplo líneas rectas que al verse desde lejos dan la sensación visual de artificialidad y por último la medida más socorrida consistente en la revegetación de la zona, medida que por otra parte es más correctiva que preventiva.

Los aerogeneradores han ido evolucionando desde épocas pasadas, por ejemplo los primeros que se montaron en Tarifa cuyas torres eran de celosía, hasta los más modernos con torres troncocónicas.



Torre Tubular (P.E. Carrasquillo, Burgos).

De la foto siguiente podemos concluir que el ojo humano no distingue las diferencias de altura con mucha resolución. A la izquierda tenemos una máquina de 850 kW, mientras que el aerogenerador que vemos a la derecha es de 2 MW, máquina esta última que



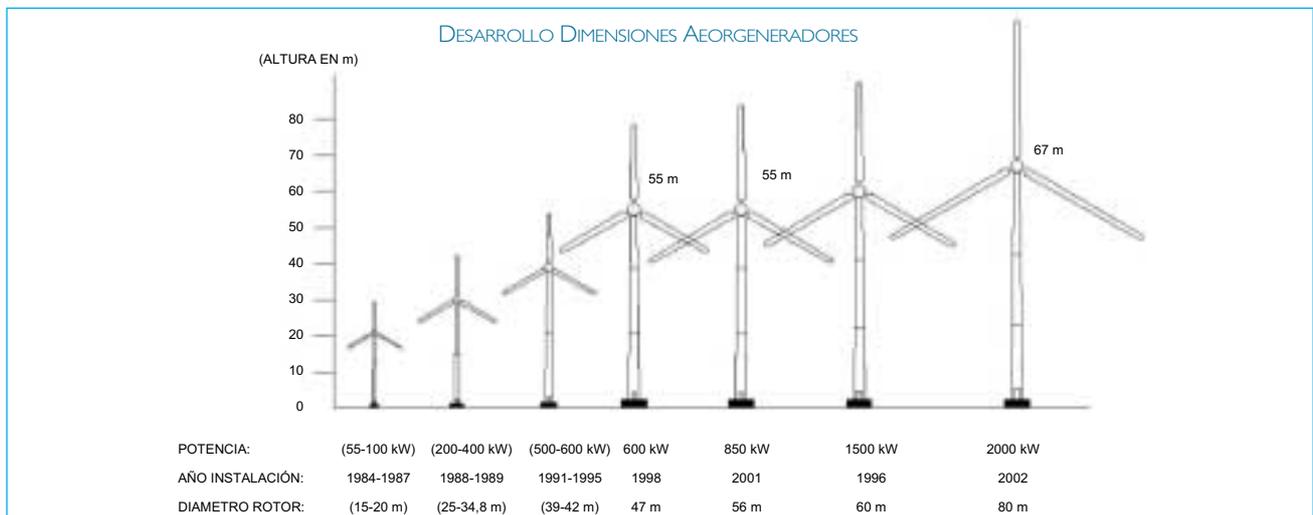
Torre Celosía (Tarifa-Cádiz)



G52-850 kW  
Torre: 55 m  
Palas: 26 m

P.E. LA PLANA  
(Zaragoza)

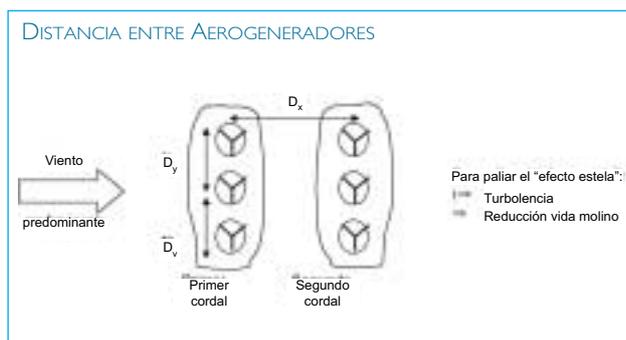
G80-2000 kW  
Torre: 67 m  
Palas: 40 m



GAMESA ya está comercializando. Aunque se nota que es más alto el de la derecha, no da sin embargo la sensación que la diferencia de altura entre una y otra torre sea de 23 m.

En los últimos años la industria eólica ha realizado un gran esfuerzo para reducir el número de aerogeneradores por parque, dando como resultado un aumento del tamaño de los aerogeneradores y de su potencia unitaria. Mientras que en el año 1984 la empresa danesa VESTAS (el mayor fabricante del mundo de aerogeneradores; GAMESA es el cuarto) tenía aerogeneradores con un diámetro de rotor de 15 a 20 m (55–100 kW), ahora las máquinas que se están comercializando tienen un diámetro de 80 m (2.000 kW). Medio Ambiente ve con agrado esta evolución tecnológica dado que gracias a estos aumentos de potencia unitaria por molino estamos colocando menos molinos con lo cual disminuimos el impacto visual.

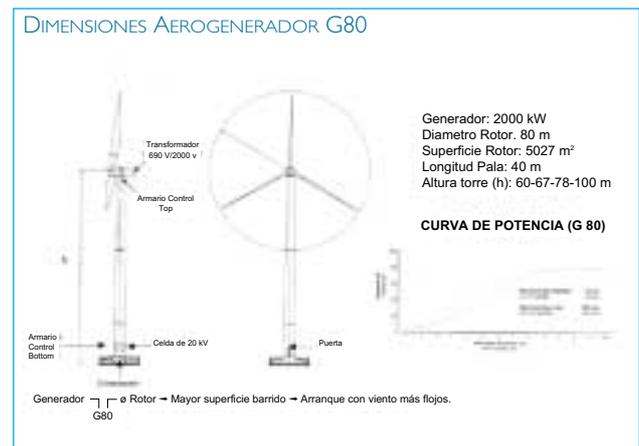
Por otro lado, el tamaño de los aerogeneradores va a determinar la distancia que ha de existir entre ellos, puesto que la propia eficiencia tecnológica nos obliga a que los aerogeneradores no puedan estar excesivamente juntos debido al “efecto estela”, que consiste en que cuando el viento pasa por las palas de un aerogenerador cambia su régimen de laminar a turbulento. Este viento turbulento podría producir vibraciones en los aerogeneradores más próximos con la consiguiente reducción de su vida útil.



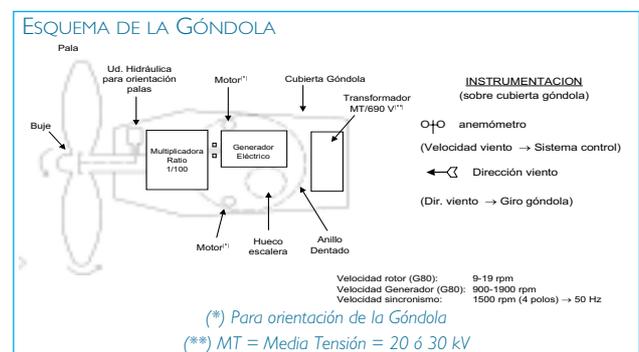
Molino	Diam. Rotor		$D_y$ (*)		$D_x$	
	D (m)	Veces D	en m	Veces D	en m	
G47-660 kW	47	3 D	141	7 D	329	
G52-850 kW	52	3 D	156	5 D	260	
G58-850 kW	58	3 D	174	5 D	290	
G80-2 MW	80	3 D	240	5 D	400	

(\*) Recomendado por IEC-61400 (distancias más cortas supone tener que limitar la potencia para no salirse el molino de su subclase).

Como ya he comentado, los aerogeneradores que actualmente estamos comercializando son los G80 con un diámetro de rotor de 80 m (40 m de longitud de pala) y una superficie de barrido del rotor de 5.000 m<sup>2</sup>. Esta máquina arranca con muy poco viento, 3,5 m/s y si el viento alcanza los 25 m/s, es decir unos 90 km/h, se para para evitar daños mecánicos. Como dato comparativo, las líneas eléctricas de alta tensión están diseñadas para soportar vientos de hasta 120 km/h.



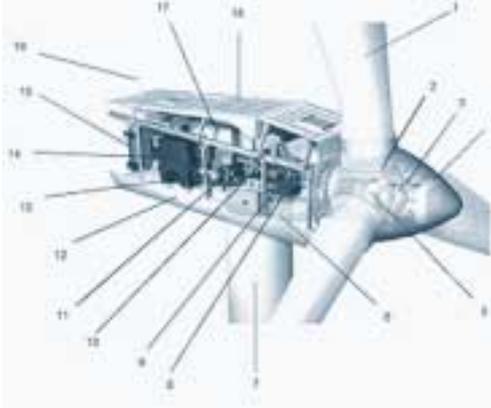
En el siguiente dibujo vemos el esquema de una góndola o “cabeza del aerogenerador”. Dispone de dos motores que según se accione el de la derecha o el de la izquierda la góndola girará hacia un lado o hacia otro para orientarse al viento y así captar el máximo de energía. Por otro lado las palas también son giratorias, por lo menos en nuestros aerogeneradores, de manera que si es necesario se orientan para controlar la potencia de la máquina y en caso de emergencia actuarían como freno aerodinámico poniéndose en “bandera”.



Debido al gran incremento de potencia que ha supuesto el pasar de máquinas de 850 kW a máquinas de 2.000 kW, ha sido necesario poner el transformador de potencia dentro de la góndola a fin de evitar pérdidas eléctricas. En modelos anteriores de menor potencia...

cia dicho transformador se encontraba en la base de la torre. Por otro lado, GAMESA fue el primer fabricante en introducir dicho transformador dentro del molino. En otros países como Estados Unidos este transformador va fuera a pié de torre, dando una mayor afección medioambiental al ocupar más suelo.

GAMESA EÓLICA: G80-2000 kW



- |                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| 1. Pala                | 10. Multiplicadora        |
| 2. Cojinete Pala       | 11. Freno disco principal |
| 3. Accionamiento Pitch | 12. Soporte góndola       |
| 4. Cubierta Buje       | 13. Eje Cardan            |
| 5. Buje                | 14. Generador             |
| 6. Control orientación | 15. Transformador         |
| 7. Torre               | 16. Anemómetro y veleta   |
| 8. Cojinete principal  | 17. Armario control top   |
| 9. Amortiguador        | 18. Cubierta góndola      |

## ALTERACIÓN DEL SUELO

En la construcción de un parque tenemos que tener en cuenta los criterios de diseño necesarios para poder transportar y montar los molinos, dichos criterios determinan una parte importante del impacto medioambiental del parque.

Primero se adopta el criterio de diseño de minimizar la ocupación o uso de terrenos. Medidas relacionadas con este criterio son:

- Usar pistas y caminos existentes (incluso mover aerogeneradores del sitio indicado por el micrositting).
- Zona de acopio de materiales en eriales.
- Anchura de caminos de 4-5 m (cunetas rehacer con vegetación).
- Zanjas misma traza caminos(\*)
- (\*) Ventaja añadida: facilita montaje cables (bobinas

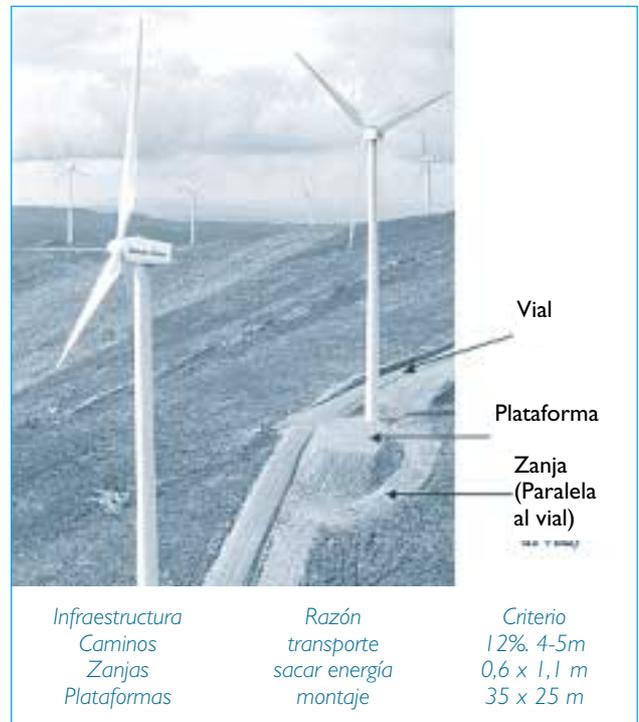
moviéndose sobre camión).

- Reutilizar estériles para relleno (criterio de proyecto para movimiento de tierras:  $m^3$  desmonte =  $m^3$  terraplenado).

Desventaja: puede incrementar las pérdidas eléctricas.

La primera medida está relacionada con hacer uso de pistas y caminos ya existentes. Para buscar desde el punto de vista energético el lugar idóneo donde colocar los molinos, utilizamos un programa informático conocido como "Micrositting", el cual en función de la orografía del terreno nos indica cual sería la ubicación más apropiada de los molinos, pero en ocasiones dicha colocación es modificada al objeto de poder utilizar más las pistas y caminos existentes.

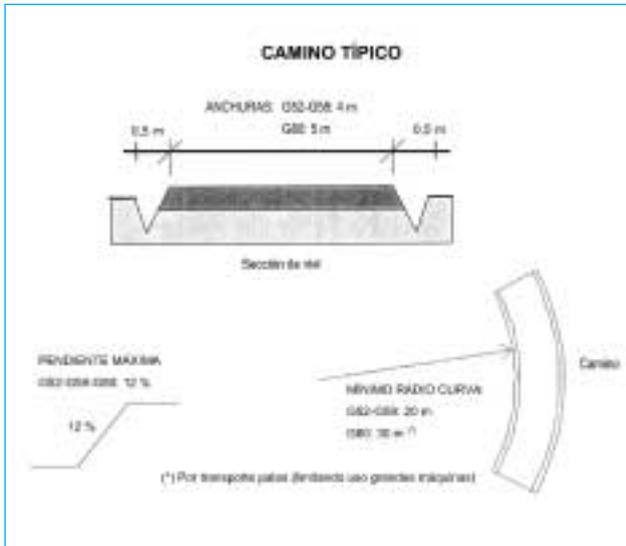
Un parque eólico para su montaje necesita de tres elementos:



- Un camino con una pendiente máxima de un 12% y una anchura que varía de 4 a 5 m en función del tamaño del molino, para poder transportar los equipos y hacer el mantenimiento.
- Zanjas, que posteriormente se revegetan, de 0,6 x 1,1 m para soterrar la red de media tensión y el cable de fibra óptica a través del cual puede telecontrolarse el parque. Durante la construcción hay que tener un gran cuidado para que el contratista de obra civil separe adecuadamente la capa superficial vegetal de la del resto de materiales de la excavación, puesto que solamente si dicha capa vegetal ha sido primero separada y luego acopiada y conserva-

da servirá para la revegetación.

- Una plataforma de unos 35 x 25 m para ubicar la grúa y poder montar el molino (en función del valor ambiental de la zona estas plataformas de montaje son después revegetadas o no lo son).



Otro criterio de diseño es el de minimizar los movimientos de tierra para ello se intentará que se cumpla la ecuación: m<sup>3</sup> de desmonte igual o lo más próximo posible a m<sup>3</sup> de terraplenado.

En referencia a las medidas correctivas que se tienen en cuenta para minimizar la alteración del suelo, podemos decir que son muy parecidas a las que se emplean en la construcción de líneas eléctricas, siendo las más habituales:

## CAMINOS

- Zahorras de color acorde
- Uso de geotextil (sin efectuar desbroce, por no autorización remoción de tierras)
- Adecuar pendientes taludes para garantizar revegetación (difícil si son > 50%)

**ALTERACIÓN SUELO (CRITERIOS DESMONTE)**

Criterio diseño: minimizar movimiento tierras  
m<sup>3</sup> desmonte + m<sup>3</sup> préstamo = m<sup>3</sup> terraplén

Base: ZA-40: Zahorra Artificial (< 40 mm)  
Subbase: ZN-40: Zahorra Natural (< 40 mm)

Pendientes terraplenes m/n  
- Normal: 1/2 (50%)  
- Máximo: 2/3  
- En roca: 2/1

Problema (buscar compromiso)

Pendientes taludes mayores → no éxito en la revegetación (\*)

Pendientes taludes menores → más superficie afectada

(\*) Difícil revegetación por encima de 50% pendiente

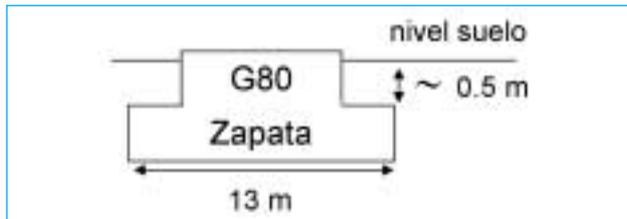
- Taludes con pendientes pronunciadas: uso de malla anti-escorrentía

- Hasta estabilizar terrenos, corregir surcos de erosión en taludes (anual, en explotación)

PLATAFORMAS: Revegetar una vez usadas para el montaje.

PRÉSTAMOS: Restaurar si aplica

CIMENTACIONES: 30 cm bajo el suelo natural



## AVES / QUIROPTEROS

Las medidas que se adoptan para minimizar la afectación a la avifauna y quiropteros son:

- Estudio de avifauna (en parques conflictivos: un año antes y después)

- Territorio de campeo de rapaces
- Pasos migratorios/rutas de vuelo
- Definición cuantitativa y cualitativa de los umbrales de riesgo por colisión (de alerta e inadmisible) y aparición efecto vacío

- Registro de colisiones  
- Control durante el paso de aves mediante visitas de campo

- Parada del parque eólico por paso de aves  
- Control de accesos (mejores caminos - másfurtivos)  
- Evitar zonas con restos de carroña  
- Procurar buscar superficies lo más planas posibles en el diseño del aerogenerador

- Iluminación nocturna y flashing (aviones)  
- En algunos casos, en zonas migratorias, hay Comunidades Autónomas que en su declaración de impacto ambiental nos exigen la realización de unos estudios de aves y fauna que suelen durar varios meses.

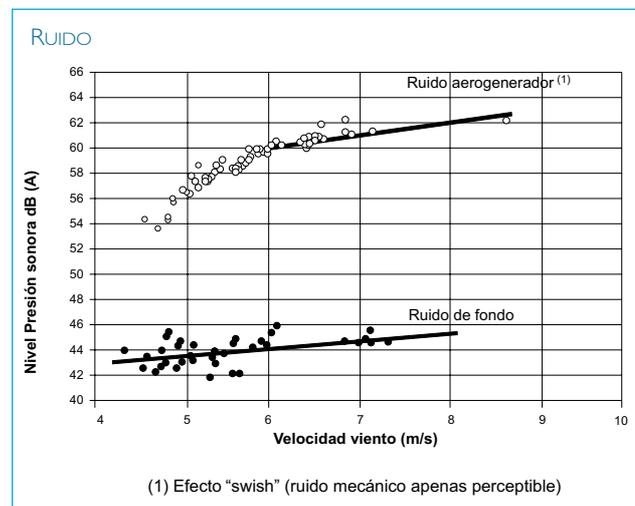
- Al igual que con las líneas eléctricas, también hay que realizar un registro de colisiones. Tenemos el caso extremo de un parque eólico, y lo cuento como anécdota para que se vea que hay voluntad en la búsqueda del equilibrio desarrollo industrial-medio ambiente, que en época de migraciones ponemos a una persona con prismáticos para que avise si observa que las aves se aproximan a los molinos, al objeto de proceder a parar el parque.

- Una cosa que hemos observado es que con la apertura en el parque eólico de nuevos caminos, aumenta la cantidad de cazadores furtivos al facilitarles de alguna manera el acceso. La solución que hemos encontrado, junto con Medio Ambiente, para evitar este efecto ha sido la colocación de controles o barreras que impidan el paso de vehículos.

- Se procura diseñar las superficies de la góndola del aerogenerador para que sean lo más planas posibles, de manera que no tengan aristas y así evitar que las aves se posen y se les pueda producir daños en el momento que arranque el molino.

## RUIDO

En lo que al ruido se refiere, nuestras máquinas a máxima potencia generan un ruido de 62 dB(A). Es evidentemente que cuanto más viento haya, el ruido será mayor. Si comparamos este dato con lo indicado en la normativa española sobre el nivel de exposición máxima de los trabajadores en ambientes industriales, que debe ser inferior a 80 dB(A), vemos que estamos muy por debajo de la norma, por lo que el ruido puede considerarse un impacto no significativo.



- Ruido aerogenerador Valor Típico (regresión lineal entre 6-8 m/s): 62 dB(A)  
- R.D. 1316/1989 (protección trabajadores contra el ruido)

En puesto de trabajo:

Nivel diario equivalente < 80 dB(A)

Nivel pico < 140 dB(A)

- OMS (Organización Mundial de la Salud) (LAeq)

Exterior habitable < 55 dB

Zonas Industriales < 70 dB

## AGUAS

Las medidas que se adoptan para minimizar la afectación sobre las aguas se pueden resumir en:

- Revegetación de las zonas que han quedado desnudas para evitar el arrastre de sólidos en suspensión.
- Construcción de cunetas en caminos para no contaminar acuíferos.
- Construcción de arquetas de desbaste en cunetas.
- Dispositivos de drenaje, típicos de carreteras, y de disipación de energía a la salida de los drenajes (evitar erosión).

## OTROS IMPACTOS

Para finalizar la descripción de efectos ambientales, indicaremos los relacionados con:

RESIDUOS PELIGROSOS (a gestor autorizado):

- Aceite de multiplicadoras (cambio cada 6 meses, aprox. 125 l/molino, parque grande 50 MW: 15000 l/año)

El único residuo peligroso que se genera en el parque es el aceite de la multiplicadora que va dentro de la góndola, que ha de cambiarse cada 6 meses y por supuesto es retirado por gestor autorizado. Además, GAMESA tiene la certificación ISO 14.001, y procuramos, y esto es importante por ser personal más mentalizado, que los contratistas que trabajen en nuestros parques también la tengan.

VEGETACIÓN (típica de monte bajo):

- Balizar las especies protegidas (se supone son zonas pequeñas del Parque)
- A veces conseguimos una autorización de paso pero con la condición de evitar remoción tierras de (uso geotextil)

RESTOS ARQUEOLÓGICOS (castros, tumbas, atalayas, ..):

- Estudio arqueológico previo
- Señalarlos y ubicar infraestructuras a más de 25 m
- Si aparecen: Paralizar excavaciones y avisar a Cultura de la Comunidad Autónoma.

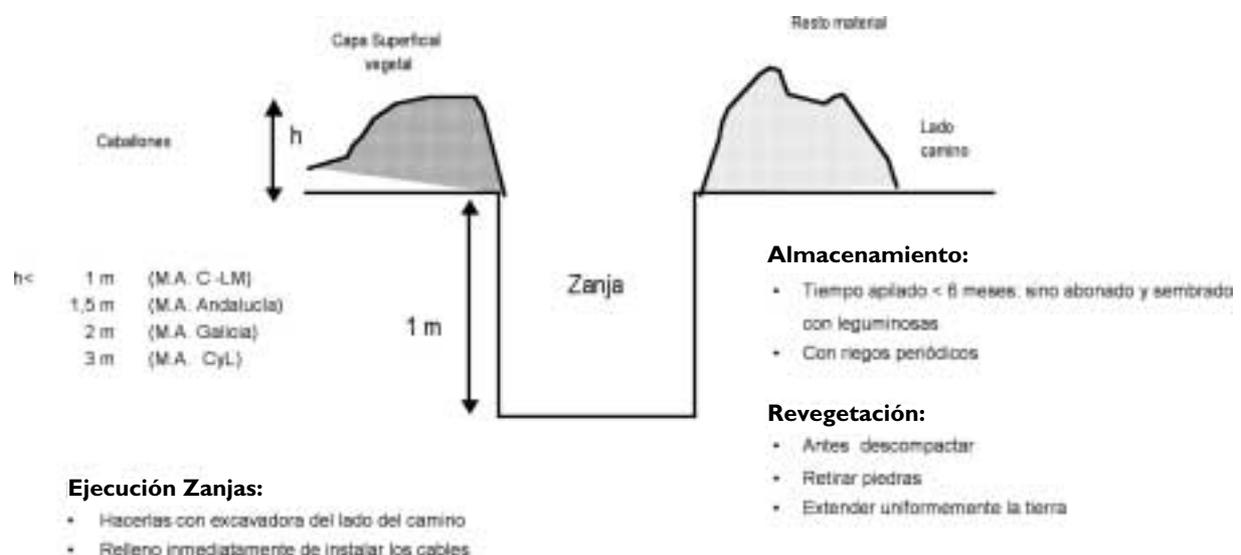
(El control de la existencia de restos se inicia ya con las catas y perforaciones para el estudio geotécnico, que es previo a la construcción del parque).

## DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Las medidas a tener en cuenta serán:

- Balizar zonas de trabajo (uso suelo)
- Restringir la circulación de vehículos a los viales del parque (uso suelo)
- Minimizar la superficie acopio materiales/casetas de obras (uso suelo) (localizarla fuera de las zonas cubiertas por vegetación natural)
- Hacer zanjas con la excavadora posicionada en el vial (uso suelo)
- Colocar barreras de control de accesos (aves)
- No construir (y menos voladuras) en época de cría (aves)

### PRECAUCIONES CON LA CAPA VEGETAL PARA POSTERIOR REVEGETACIÓN CON ÉXITO



- Riego periódico de caminos para evitar polvo (aire)
- Cubrir las cajas de los camiones que transporten materiales polvorientos (aire)
- Reducir la velocidad de los vehículos en verano a 20-30 km/h para evitar la generación de polvo (aire)
- Realizar obras sobre arroyos en época de estiaje (agua)
- No acopiar estériles en cursos fluviales (agua)
- No fabricar hormigón dentro del Parque (agua)
- Llevar los sobrantes de construcción a vertedero autorizado (residuos)
- Segregar los residuos en diferentes contenedores, gestor autorizado los peligrosos (residuos)
- En voladuras colocar redes a fin de impedir fragmentos al contorno (residuos)
- Préstamos de zonas autorizadas.
- Trabajar con empresas con la ISO 14001
- Libro de quejas para vecinos
- Informe de control de obras: medida ruido, muestras agua, funcionamiento drenajes, avifauna, como va plan restauración (mensual)

## VENTAJAS PRINCIPALES DE LA ENERGÍA EÓLICA

Desde mi punto de vista, las tres principales ventajas de la energía eólica son:

- A nivel global reducimos el empleo de fuentes contaminantes, por ejemplo la generación de un GWh eólico ahorra la emisión de 600 Tn de CO<sub>2</sub> (efecto invernadero), 5 Tn de SO<sub>2</sub> y 5 Tn de NO<sub>x</sub> (lluvia ácida) y unas 60 Tn de cenizas; además conseguimos sustituir 90 Tn equivalentes de petróleo.

- Genera inversión económica y empleo en la zona, por ser una energía descentralizada y también porque la mayoría de los parques se instalan en zonas rurales, creándose prosperidad en zonas que por lo general no tienen muchos recursos para su desarrollo. Además, los Ayuntamientos y los particulares reciben anualmente una compensación económica por el uso del suelo.

- Los parques eólicos se desmantelan fácilmente de forma que la zona puede volver en pocos años a una situación muy próxima a la original y no dejan residuos peligrosos. En la mayoría de las Comunidades nos exigen un depósito del 4% del coste del parque como aval para el posible desmantelamiento del mismo, siendo la vida media de un parque de unos 20 años.

## FUTURO

Por último indicar a grandes rasgos por donde creemos que se moverá la "búsqueda de la excelencia" en la reducción del impacto medio ambiental:

- Para reducir el impacto visual, se incrementarán el número de parques eólicos que se instalarán en el mar o por ejemplo en islas o zonas abandonadas.

Como curiosidad comentar el proyecto inglés de instalar un "macro" parque eólico de 1000 MW en una isla deshabitada del norte de Escocia. El problema es que de momento los números sobre la rentabilidad del parque no salen, debido a la necesidad de instalar un cable submarino de 400 kV para unir el parque con el resto de la red. Con lo que volvemos a la razón de esta potencia comentada al inicio, la relación que hay entre las energías renovables y las infraestructuras eléctricas, dado que sin las segundas las primeras no podrían desarrollarse.

- También para reducir el impacto visual se instalarán parques eólicos con menor número de aerogeneradores, pero de mayor potencia unitaria. Esto supone un desafío sobre todo en el diseño de las palas, que obligará a la creación de palas articuladas, para no aumentar la afección por caminos.

- Una última medida que se pretende adoptar para reducir el impacto visual de los caminos y la alteración del suelo es la utilización de helicópteros para el montaje de los parques, de momento su uso es muy restringido debido a sus precios.

## LÍMITES DE CRECIMIENTO DE LA ENERGÍA EÓLICA

El desarrollo de la energía eólica no es ilimitado. Según Red Eléctrica, encargada de la planificación de la red nacional, se prevé que en España, por motivos de estabilidad de la Red, no van a poderse instalar más de 13.000 MW eólicos, actualmente tenemos 5.000 MW, y si suponemos que se continua a la velocidad actual de instalación de parques eólicos, en 8 años no se montaría ninguno más.

Otro problema que afecta al desarrollo de la energía eólica es que es una energía poco gestionable, es decir, no sabemos con certeza si mañana vamos a disponer de viento en un determinado parque eólico para producir energía. Esta característica no es del agrado de los gestores de las redes eléctricas, pues les obliga a

disponer de fuentes de energía en reserva para cubrir dicha eventualidad. No obstante, el desarrollo de los métodos de predicción de viento ayudará a hacer más gestionable esta energía (será interesante a este respecto seguir la experiencia del estado de California, en que el “dispatching” de energía eólica tiene un bonus en función de su grado de predicibilidad).

Existen también otros problemas (regulación primaria, control de reactiva y huecos de tensión) asociados al tipo de tecnología empleada en la producción eólica de electricidad que condicionan también el desarrollo de este tipo de energía, lo que está obligando a los fabricantes de aerogeneradores a desarrollar máquinas que hagan que una “central eólica” se aproxime en su funcionamiento al de una central convencional.

Por eso el futuro a largo plazo pasa por emplear la energía del viento, no en la producción de electricidad, sino en la producción de hidrógeno, con lo que entraríamos en la era del hidrógeno como combustible y no necesitaríamos líneas eléctricas.



# SOLUCIONES COMPACTAS EN INSTALACIONES DE TRANSPORTE. NUEVA SUBESTACIÓN REE

## COMPACT SOLUTIONS FOR TRANSMISSION FACILITIES - THE NEW REE SUBSTATION

### FRANCISCO SALAMANCA SEGOVIANO

Red Eléctrica de España

Fecha de nacimiento: 14 de febrero de 1950

Empresa: Red Eléctrica de España S.A

#### Experiencia profesional

- Desde 2002

Director de ingeniería y construcción en REE, empresa propietaria de la red de transporte nacional con instalaciones de 400 y 220 kV.

- Desde 1998 a 2002

Responsable del Departamento de ingeniería de subestaciones en REE.

- Desde 1985 a 1998

Responsable de mantenimiento de subestaciones en REE.

- Desde 1974 a 1985

Desempeña diferentes funciones en el sector eléctrico como responsable de proyectos de subestaciones y en el sector industrial como responsable de proyecto y mantenimiento de instalaciones industriales.

#### Publicaciones y otras actividades

- Desde 2001

Presidente del comité español de CIGRÉ (Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas), asimismo



es representante del comité de estudios de subestaciones B3.

Como miembro de CIGRÉ y participante en diversos grupos de trabajo y relacionados con los comités de subestaciones y aparata, son diversos los trabajos presentados y publicados en los últimos doce años.

## RESUMEN

En las Subestaciones de la Red de Transporte, al igual que en el resto de las instalaciones industriales, se viene produciendo en los últimos años una evolución tecnológica impulsada no sólo por parámetros de mayor eficiencia, sino también como consecuencia de mayores restricciones y cultura medioambiental.

Producto de estos nuevos condicionantes es el desarrollo de subestaciones progresivamente más compactas, fiables e integradas en el entorno.

Como respuesta al conjunto de requerimientos anteriormente expuesto, Red Eléctrica ha desarrollado un nuevo concepto de subestación de transporte donde integra, con su experiencia, desarrollos y tendencias en tecnología de subestaciones con medio ambiente, lo que le permite la obtención de Soluciones más compactas, integradas y flexibles.

En el presente artículo, se exponen junto a los resultados prácticos de la integración de equipamiento blindado en instalaciones de alta tensión convencionales aisladas en aire (AIS), la potencialidad de ventajas obtenibles con estas últimas en cuanto a aspectos de menores interrupciones del servicio y mantenibilidad en general de las instalaciones.

Como conclusión se expondrán las principales características de las subestaciones en las que este tipo de soluciones pueden colaborar a la resolución de los diferentes problemas que plantean subestaciones convencionales y blindadas.

## ABSTRACT

*Like other industrial facilities, substations in the transmission grid have been the object of technical development in recent years. This was driven not only by a quest for greater efficiency but also by greater environmental constraints and the new environmental culture.*

*The product of these constraints has been the development of substations that are increasingly more compact, reliable and better integrated with the surrounding area.*

*Therefore REE has developed a new type of substation that combines its experience with the new developments and technological trends in substations and environmental concerns. This has resulted in compact, integrated and flexible solutions.*

*Together with the practical results of integrating fully-enclosed equipment with conventional, high-voltage, air-insulated substations (AIS), this article examines the potential advantages of such equipment in terms of lower outages and reduced maintenance of facilities in general.*

*In conclusion, there is a discussion of the main characteristics of substations with which this type of solution can co-operate to resolve the various problems posed by conventional and fully-enclosed substations.*

La Nueva Subestación de Red (NSR), se presenta como una solución a las necesidades de las subestaciones de alta tensión. Se trata de una visión integrada del diseño en subestaciones, ya que por primera vez, se integran las mejores características de material, esquemas e implantación, consiguiendo una nueva subestación fiable, modular y altamente mantenible.

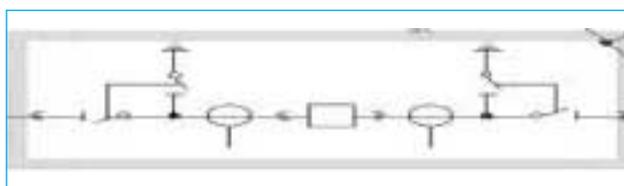
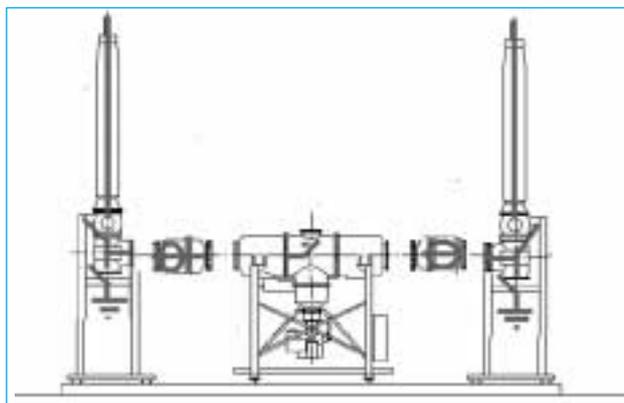
Se trata de una subestación blindada compacta, donde no se emplean elementos innecesarios como barras, y su disposición preferente es en fases segregadas lo que plantea una nueva concepción de las subestaciones blindadas. Hasta ahora las subestaciones en 400 kV, sobre todo las blindadas, se venían haciendo con juegos de barras y en configuraciones de fases agrupadas; lo que puede significar, respecto a las soluciones NSR equivalentes, sobrecostes del orden del 30%.

La Nueva Subestación de Red (NSR) esta basada en equipos blindados modulares, y en diagrama de anillo múltiple, pudiendo tener diferentes configuraciones físicas: anillo, mixta y batería. La diferencia conceptual entre la NSR y las subestaciones existentes es que hasta ahora los ingenieros habíamos utilizado el material blindado para repetir lo que se venía haciendo con el material convencional. Esta subestación lo que hace es estudiar las características del material blindado para posteriormente hacer un esquema de subestación que se adapte a dicho material, el origen y el punto de partida son, en consecuencia, distintos. Cualquiera de estas configuraciones físicas es preferentemente realizada en fases segregadas dependiendo la solución finalmente aplicada de aspectos tales como disponibilidad de espacio, condicionantes medioambientales, emplazamiento y tipo de cargas a conectar, entre otros.

La solución NSR aporta asimismo características de mantenibilidad y uniformidad. En efecto, siendo las principales virtudes de las subestaciones blindadas ser compactas e integrables, su gran debilidad era la necesidad de acudir a los expertos (normalmente extranjeros) para resolver cualesquiera problemas o averías, lo que se traducía en altos costes y tiempos de indisponibilidades, en tanto que la solución NSR posibilita intervenciones con mínimos tiempos de indisponibilidad y bajo nivel de experiencia preciso para las intervenciones (basadas en la filosofía de sustitución inmediata de partes averiadas, y reparación en taller).

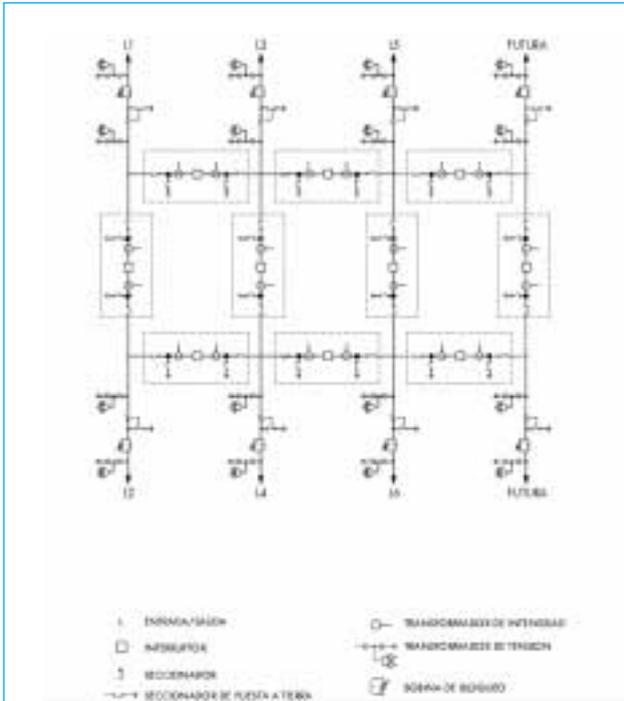
La característica principal de los equipos primarios utilizados en la NSR, es que se trata de módulos blindados monofásicos, con dimensiones externas estandarizadas entre fabricantes, cuyos submódulos se conectan mediante tulipas de contacto, por lo que su montaje y sustitución se simplifica, minimizándose los riesgos de errores. Asimismo, los circuitos de baja tensión se conectan por conectores, admitiéndose un tiempo máximo de intercambio de los submódulos de 6 horas, sin la necesidad de utilizar herramientas especiales, por lo que, en la práctica, estos cambios se vuelven tan sencillos como cambiar la rueda de un coche.

Otra característica de interés, es la posibilidad de cambio del interruptor sin desenergizar los dos extremos adyacentes o del cambio de seccionador o transformador de corriente sin desenergizar el extremo opuesto.

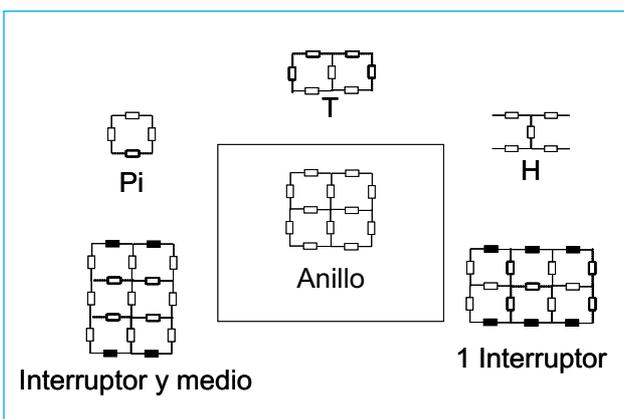


En la figura donde vemos representado el módulo se refleja asimismo su esquema simétrico: interruptor, dos transformadores de intensidad (lo que permite detectar fácilmente defectos en el interruptor) y seccionadores con puesta a tierra. Mediante el establecimiento de 5 cámaras se puede llevar a cabo un cambio de interruptor con tensión en los dos extremos, en tanto que en equipos sin estas características, (esto es, que no tengan 5 cámaras) no se podría hacer el cambio con tensión en los extremos.

En la siguiente figura se representa un esquema unifilar de anillo múltiple, (*meshed ring*). El esquema de anillo múltiple tiene aplicaciones, utilidades y compatibilidades similares a las del interruptor y medio.



Por otra parte, hacemos notar que el esquema eléctrico de anillo es la base de todos y cada uno de los esquemas unifilares usados hasta ahora: esquema de interruptor simple, esquema de doble barra, esquema de interruptor en PI, en D.



En efecto, en la figura anterior, vemos como a partir del anillo se derivan los esquemas: en T, en PI, en H, doble barra o interruptor y medio y donde se representan los interruptores unos de negro y otros con puntos; significando que un cable no es más que un interruptor que no tiene mando y que está siempre cerrado, (pintado de negro); y un aislamiento no es

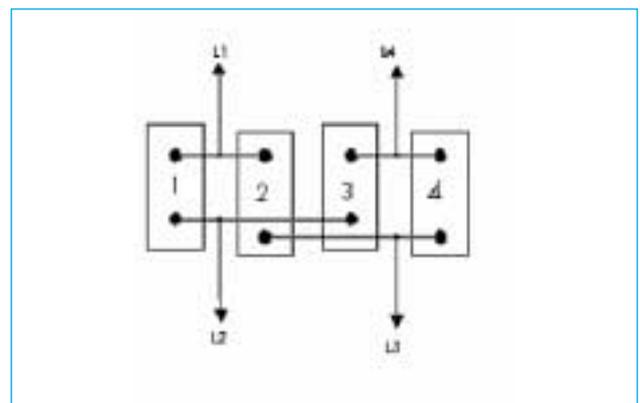
más que un interruptor sin mando que está siempre abierto (a puntos).

El esquema anillo, implantado adecuadamente, permite la conexión directa entre módulos haciendo innecesario los juegos de barras, hasta ahora imprescindibles por los materiales y disposiciones utilizados.

Como es fácil observar, el esquema de interruptor y medio deriva de un esquema en anillo que teniendo las mismas prestaciones, por ser más compacto, tiene también menos posibilidades de faltas o indisponibilidades. De hecho cuando comparamos casos de sucesos que pueden ocurrir (para 8 Entradas, 8 Salidas), encontramos que en el anillo pueden suceder hasta 528 sucesos mientras que en interruptor y medio estos mismos sucesos pueden ascender en número hasta 780.

Otra de las configuraciones posibles, sería la de tres interruptores por línea, para todas las cargas, incluidas las que acceden por los extremos. Ya en octubre de 1969 Michel Pouard de EDF hablaba de este esquema, pero decía que no podía llevarse a la práctica porque carecía del material que necesitaba. Pues bien, hoy en día con el material blindado y la disposición de NSR no solo se puede hacer este esquema, sino que es realizable de forma que en cualquier momento pueda evolucionar:

La implantación física de este tipo de instalaciones, además de modular, en exterior o interior, es siempre ejecutable con un mismo esquema variando tan solo la disposición física, según necesidades, realizable en anillo, en batería o en configuración mixta preferentemente en fases segregadas y en uno o varios niveles.



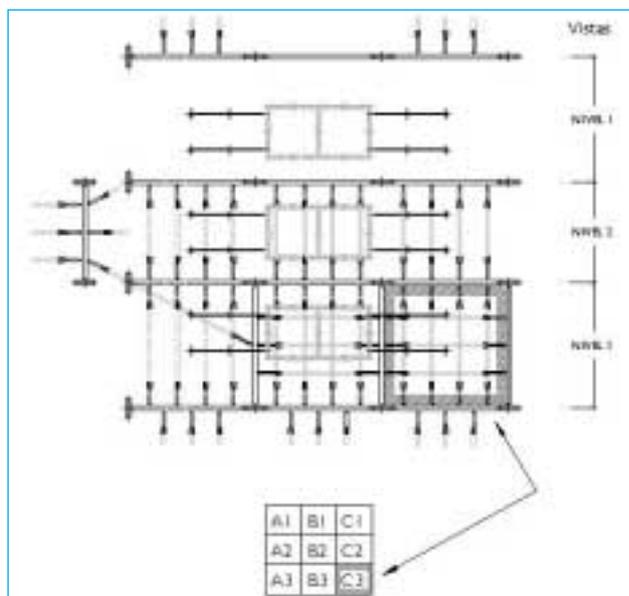
¿Qué es una configuración en batería? ¿Para que sirve?

La configuración en batería es la realización del esquema anillo, ubicando los módulos (en la figura

Suceso		Anillo	Interruptor y medio
2	Indisponibilidad de línea	16	16
3a	Indisponibilidad de módulo transversal	8	24
3b	Indisponibilidad de módulo longitudinal	14	2
4a	Despeje de falta en línea sin fallo interruptor	16	16
5a	Despeje de falta en módulo transversal sin fallo interruptor	8	24
5b	Despeje de falta en módulo longitudinal sin fallo interruptor	14	2
4b	Despeje de falta en línea con fallo interruptor	132	120
5c	Despeje de falta en módulo transversal con fallo interruptor	112	576
5d	Despeje de falta en módulo longitudinal con fallo interruptor	208	0
<b>TOTAL</b>		<b>528</b>	<b>780</b>

anterior numerados de 1 a 4) uno al lado de otro se permite que eléctricamente se alternen cargas, es decir, generación-consumo, consumo-generación de forma natural, ya que habitualmente cargas similares se ubican en el mismo lado del parque y por razones de seguridad de explotación se desea la alternancia de su conexión en el esquema eléctrico

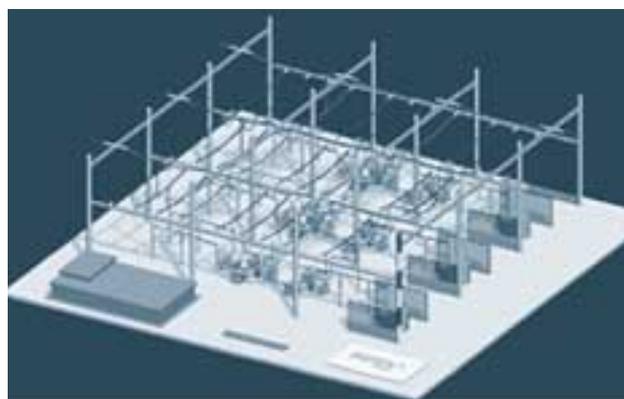
En figura anexa, se presenta como puede realizarse la NSR de intemperie (de la misma manera para conexión de las posiciones blindadas con módulos interconectados mediante tubo desnudo o mediante SF<sub>6</sub>)



En ella, las líneas aéreas llegan formando entramados sobre módulos en el caso de la solución de intemperie.

En la subestación de intemperie vista en planta con, 3 x 3, 9 celdillas, (identificadas como A1, A2, A3, B1, B2, B3 y C1, C2, C3) la totalidad de la aparamenta que

conforma el anillo, de la subestación está en el centro (módulos B). La imagen muestra la subestación cortada en tres niveles para que se vea lo que hay en cada nivel. Esta subestación con funcionalidad equivalente a la de interruptor y medio sería sólo de dos niveles dado que el tercer nivel es opcional, para el caso en que se desee acceder lateralmente. Resaltamos el que los cables que en una subestación tradicional forman el embarrado, en esta solución, tan sólo son parte de la línea.

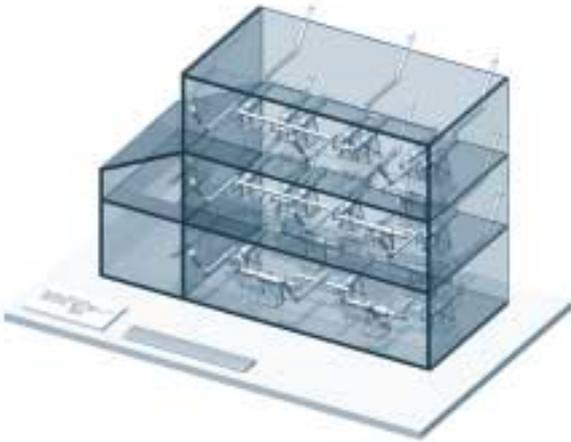


Finalmente, en los módulos A o C, como se encuentra prácticamente vacíos se pueden aprovechar para instalar (de precisarse) los transformadores.

La disposición NSR permite que el movimiento de tierras pueda llegar a ser el 36% del preciso en subestaciones equivalente de interruptor y medio.

Desde el punto de vista medioambiental estas subestaciones pueden considerarse como un avance notable, dado que presentan mayor seguridad para el personal, son más ventajosas en cuanto a sismicidad, presentan una menor agresividad medioambiental por acometida de líneas al disminuir la densidad de torres fin de línea y disminuyen los riesgos de contaminación

por aceite y pérdidas de energía. Se consigue una mayor integración en el ambiente de la envolvente metálica y existe la posibilidad de transformar una subestación NSR de exterior en interior si las necesidades del entorno así lo exigen.



La NSR de interior utiliza mismos módulos, esquema y disposición que la de intemperie, con los módulos interconectados por conexiones SF<sub>6</sub> y llegadas en SF<sub>6</sub> o blindadas. Esto permite su adaptación a edificios de una o varias plantas y disposición de los módulos batería o mixta.

La NSR permite asimismo la solución clásica de disposición trifásica si bien este caso resulta más caro que la disposición de fases segregadas y no permite el poder hacer una subestación en tres niveles.



El transporte de los módulos completos, hasta ahora impensable, en equipos para subestaciones blindadas de 400 kV permite que posiciones completas se monten de forma más sencilla y segura en la instalación, cuya ejecución con módulos blindados de intemperie, con acabado en pintura de color adecuado, resulta de mas fácil integración en el entorno.

En resumen, la NSR es un concepto de subestación de alta tensión, que integrando los conceptos de Tecnología (GIS), Diagrama (Anillo) y Disposición (Anillo, Batería o mixta) permite de forma mas uniforme, modular y compacta y dar respuesta a las necesidades actuales de funcionalidad y medio ambiente.

# NUEVA GENERACIÓN. DESAFÍOS PARA EL DESARROLLO DE LA RED. RECS

## *NEW GENERATION-CHALLENGES IN DEVELOPMENT OF THE GRID. RECS*

### **CARLOS COLLANTES PÉREZ-ARDA**

Red Eléctrica de España

Es ingeniero industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Navarra, especialidad de Organización.

#### EXPERIENCIA PROFESIONAL FUERA DE REE:

1. NUMISMATICA TARKIS - Gerente (8 meses)
2. FENOSA - Formación en rotación por distintos departamentos (1979)
3. FENOSA - Jefe servicio en el Dpto. de Estudios de Explotación (1980-1982)
4. UNION FENOSA - Jefe Dpto. de Estudios de Explotación Zona Norte (1983-1984)
5. UNION FENOSA - Jefe Dpto. de Despacho de Maniobras Zona Norte (1985-1986)

#### TRAYECTORIA PROFESIONAL EN REE:

1. Subdirector Regional Noroeste (1987)
2. Subdirector de Sistemas de Operación (2000)
3. Director de Coordinación Territorial (2002)



## RESUMEN

El marco regulatorio actual contempla una planificación de la generación de carácter indicativo, mientras que la planificación de las instalaciones de transporte es de carácter vinculante. Ante la incertidumbre de los escenarios futuros, especialmente en lo que se refiere a la dimensión y localización de las futuras centrales, se requiere la máxima flexibilidad en el plan de desarrollo de la red de transporte. El Plan de Desarrollo publicado por MINECO supone un ambicioso programa de inversiones con un montante total de 2700 M€, estando previsto hacer revisiones periódicas a dicho plan.

Aunque la capacidad de acceso en un nudo de la Red de Transporte es un activo del sistema a disposición de los agentes y sin reserva de uso, ante la gran cantidad de solicitudes de acceso recibidas y gestionadas por REE en los últimos años, tanto de generación de régimen ordinario como de régimen especial, se hace necesario realizar estudios a nivel regional y nacional para garantizar la estabilidad del sistema y la seguridad de suministro.

Los certificados verdes suponen un sistema para la promoción y negociación de la energía verde en Europa, que se organiza en base a dos asociaciones, la AIB de Organismos Emisores de certificados verdes de cada país y RECS en la que se integran todas las empresas que quieren negociar dichos certificados. El Organismo Emisor en España es Red Eléctrica, que se encarga de velar por el cumplimiento de las reglas de RECS, siguiendo el ciclo de vida de cada certificado.

## ABSTRACT

*The present regulatory framework sees the planning of generation facilities as indicative while planning of transmission facilities is binding. In view of the uncertainty of future scenarios – especially with regard to the size and location of new power stations – the development plan for the transmission grid must be as flexible as possible. The development plan published by the Ministry of the Economy is based on an ambitious investment programme of €2.7 billion. Periodic reviews of this plan are scheduled.*

*Although the access capacity of a node in the transmission grid is seen as an asset at the disposal of market agents and without usage reservations, the large number of access requests received and processed by Red Eléctrica in recent years (under both ordinary and special regimes) makes it necessary to carry out regional and national studies to ensure the stability of the system and safety of supply.*

*The green certificates are a system for promoting and negotiating green energy in Europe. They are organised by two associations: the AIB for the organisations that issue green certificates in each country and RECS, which caters for all the companies that wish to trade such certificates. The issuing body in Spain is Red Eléctrica. It monitors compliance with the RECS rules by tracking the life cycle of each certificate.*

Esta ponencia se divide en dos partes. En primer lugar hablaré de la planificación energética y las necesidades de desarrollo de red, en concreto con la incorporación de la nueva generación, imprescindible para asegurar el suministro tras los incrementos de demanda que estamos experimentando estos últimos años. En segundo lugar realizaré un breve resumen de lo que es el sistema de certificados verdes para la promoción de las energías renovables.

### PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA

Es importante conocer el contexto en el que se realiza la planificación de la red de transporte. La actividad de generación es una actividad liberalizada, y por tanto la planificación que se realiza es indicativa y no vinculante para los agentes. Por contra, la actividad de transporte es una actividad regulada y la planificación que se efectúa es vinculante, haciéndose bajo la responsabilidad de la Administración Central con la participación de las Comunidades Autónomas y desarrollada por Red Eléctrica de España.

Otro aspecto importante de la regulación actual es poder asegurar el acceso de terceros a la red, por ello la capacidad de la red de transporte se considera un activo del sistema a disposición de los agentes, en el que no hay reserva de usos, aspecto muy importante, y en el que la normativa prevé que la solución a las eventuales restricciones se hará con mecanismos de mercado. Siguiendo con el contexto regulatorio podemos ver que la planificación de la red requiere la resolución de la incertidumbre en las previsiones, que actualmente se concentra en la generación dado que no son vinculantes.

Primero hay que dimensionar el contingente de nueva generación que se va a incorporar al sistema eléctrico para posteriormente segregarlo según tecnologías, tipos de combustibles, etc. Luego hay que hacer una localización de los nuevos generadores en los emplazamientos potenciales y por último prever unos perfiles de producción en función de las directrices de despacho que pueda haber y de los precios de los combustibles, etc.

Todo esto se ve complicado por los reducidos

periodos de construcción de las nuevas plantas, dado que mientras que los periodos de construcción de estas nuevas plantas están en menos de tres años, el desarrollo de la red y en especial la construcción de nuevas líneas eléctricas requiere mucho más tiempo -hay líneas que han sobrepasado los 8 años-, por tanto, el Plan de Desarrollo de la Red de Transporte requiere máxima flexibilidad.

Siguiendo con la incertidumbre de la generación, quiero poner de manifiesto la magnitud de las solicitudes de acceso que se han recibido en los últimos años. En el caso de generación de régimen ordinario, especialmente de ciclos combinados, se han efectuado solicitudes por un total de casi 51.000 MW, casi la misma capacidad instalada actualmente -aunque vigentes quedan 42.000 MW, porque a lo largo de estos dos o tres últimos años algunos se han dado de baja-; y con respecto a la generación eólica de régimen especial estamos superando ya los 56.000 MW.

¿Qué se ha hecho al respecto? En octubre del 2002 el Ministerio de Economía publicó el "Plan de Desarrollo de la red de transporte de gas y electricidad. Horizonte 2011", pero como plan flexible que es, se prevé que haya revisiones periódicas del mismo puesto que el plan tiene actuaciones condicionadas al cumplimiento de los supuestos de que haya agentes que vengán a instalar generación.

La envergadura económica que supone el desarrollo de la red de transporte es muy elevada, con un importe de más de 2.700 millones de euros de inversión. Haciendo unos números a grosso modo podemos decir que dicha inversión se dedicaría en un 52% al desarrollo estructural de la red y a mejorar la garantía de suministro general, un 15% sería para la conexión de centrales de ciclo combinado, un 18% para la conexión de la generación de régimen especial principalmente de los parques eólicos, un 6% para alimentación a consumidores singulares, como por ejemplo el tren de alta velocidad, y el 9% para el desarrollo de interconexiones internacionales. No obstante estas cifras son orientativas porque todo desarrollo de red mejora el funcionamiento del sistema eléctrico en su conjunto.

¿Cómo se hace la previsión para hacer la planificación? Pues se dimensiona en función de criterios técnicos para cubrir la demanda, y económicos en función

de los precios que se prevean de los combustibles, de manera que resulta que para el Horizonte 2011 está prevista una horquilla de entre 11.000 y 15.000 MW instalados de ciclos combinados. También se efectúa una ponderación de la veracidad de que vayan a estar esas centrales en funcionamiento, en función del avance de los proyectos, y se prevé su influencia en la operación del sistema en el futuro. Por ello, para resolver congestiones que puedan darse en algunas zonas, es decir, que haya mucha generación y por tanto, ante posibles incidencias en la red, problemas de evacuación, se exige que estén dotados de mecanismos de desconexión, lo que se llama teledisparos. Además, por estabilidad del sistema, se limita la concentración elevada de generación en un nudo, estando las cifras máximas entre 2.000 y 2.500 MW.

Otro punto de vista es el de los planes autonómicos. Todas las previsiones de las Comunidades Autónomas suman un total de 30.000 MW en cuanto a los parques eólicos, cifra que figura en la planificación del Ministerio de Economía.

Esta disparidad de previsiones de instalación entre lo que solicitan los agentes (por encima de 50.000 MW) y lo que prevén las autonomías (por encima de 30.000 MW) todavía se acentúa más si estudiamos las posibilidades de la red para evacuar esa generación. La seguridad del sistema requiere unas perspectivas de análisis más amplias en relación a lo que influye en el sistema eléctrico esta nueva generación, por eso hemos efectuado estudios regionales cuyos resultados indican, en distintos horizontes temporales, que podrían instalarse entre 17.000 y 23.000 MW eólicos. Si estudiamos la seguridad del sistema a nivel nacional la instalación de potencia eólica quedaría limitada a unos 13.000 MW.

La influencia en la futura operación del sistema de esa generación nos lleva a asegurar que es necesario que esta energía sea previsible, por lo que hay que avanzar en las herramientas de previsión de generación eólica. Por otro lado, desde Red Eléctrica estamos promoviendo que, al igual que el resto de los generadores, este tipo de generación eólica cumpla determinados requerimientos técnicos y se comporte como el resto de la generación. Esto redundará en el propio beneficio de la generación eólica, porque en caso contrario supondría una limitación a la producción para mantener la estabilidad del sistema.

Otro aspecto, que también hay que resolver, es la complejidad de la participación de este tipo de energía

en la operación del sistema y en los mercados de operación, como por ejemplo en la solución de las restricciones del sistema o en el control de tensiones, siendo complicada la coordinación de un número tan grande de agentes como se están incorporando con estos parques. Se hace necesaria la creación de Despachos Delegados que reduzcan el número de interlocutores y encaucen las consignas del Operador del Sistema.

La actuación que Red Eléctrica ha tenido hasta ahora ha sido evaluar la capacidad de acceso de las solicitudes recibidas, pero teniendo en cuenta los resultados de los estudios regionales. Dada la dificultad de dichos estudios, con escenarios cambiantes de generación prevista, se ha dado prioridad a la seguridad del sistema frente al cumplimiento de los plazos establecidos por la ley.

Estos estudios regionales han tratado de coordinar el desarrollo de la red con los planes autonómicos de instalación de energía eólica. En este sentido quiero alabar la labor de las autonomías en el filtro que establecen a esos 56.000 MW que han solicitado acceso a la red de transporte, ya que aunque tras este primer filtro quedan en 30.000 MW, cifra todavía excesiva, no deja de ser una racionalización a nivel regional. Sin embargo, como desafíos pendientes queda uno evidente, que es la coordinación nacional de esos 30.000 MW que suman los planes regionales. Hay que tener en mente que el límite nacional establecido son 13.000 MW.

Hay otros desafíos, como la realización de las instalaciones eléctricas, en concreto de las líneas, para que el desarrollo de la red además de permitir la incorporación de esta generación permita el suministro de una demanda con unos incrementos fuertes y sostenidos durante los próximos años. Esto exige una optimización en las tramitaciones. Hay que agilizarlas, e incluso, dado que se trata de una red mallada, habría que unificar la tramitación a través del Ministerio de Economía, que es el órgano competente.

## CERTIFICADOS VERDES

Los certificados verdes es un sistema para la promoción y negociación de la energía verde en Europa. Se organiza en base a dos asociaciones: la AIB, que es la asociación de emisores de certificados, y el RECS internacional, en la que están todas las empresas que quieren negociar certificados.

La asociación de la AIB redacta el documento de requerimientos mínimos a cumplir por todos los países para que el sistema sea fiable y sus miembros son los organismos emisores de cada país. En España las empresas que formaban parte de RECS han elegido a Red Eléctrica como organismo emisor de certificados. En otros países es la propia administración la que nombra al organismo emisor, como por ejemplo ha sucedido en Portugal, en donde el Ministerio nombró a REN como organismo emisor. Se están revisando las normas de obligado cumplimiento por parte del equipo nacional.

¿Cómo funcionan los certificados? Es ineludible que la energía según se genera se vierte a la red en donde se mezcla con el resto de megavatios, vengan de donde vengan: nuclear, gas, carbón, etc., y esa energía se negocia en el mercado eléctrico. Los certificados verdes consisten en que a cada megavatio de energía renovable que se genera se le pone una etiqueta. Para ello se mide la energía que ha generado una determinada central que tiene una fuente renovable de energía y se le dan tantos certificados como megavatios haya generado. Esos certificados son negociables en el mercado de certificados, separadamente de la negociación de la energía que ha sido a través del mercado eléctrico. El mercado al que va destinado el certificado verde, puede ser de tipo voluntario, como por ejemplo la reciente campaña que distintas empresas eléctricas han iniciado con la tarifa verde, o de tipo obligatorio como se ha establecido en otros países. Los compradores de estos certificados están dándole un valor añadido a la energía de origen renovable y por tanto promoviendo la instalación de este tipo de energías.

Los sistemas más importantes para la promoción de la energía renovable son los basados en la generación. Básicamente hay dos sistemas: uno el de primas, que es un mecanismo de precios en el que se prima la energía generada, y el otro es el de cuotas y certificados verdes. En el ámbito europeo vemos que Bélgica, Italia, Suecia y Reino Unido funcionan con cuotas y certificados verdes.

¿Qué ventajas tiene el sistema de certificados verdes? Al tratarse de una política unificada basada en el libre mercado cada país no marca las primas sino que se establecen mediante mecanismos de mercado de forma unificada en toda Europa, permitiendo no sólo un comercio sin barreras físicas de los beneficios medioambientales de la energía renovable, sino tam-

bién la competencia y por tanto, a futuro y en teoría, la disminución de los precios. Los participantes en el mercado pueden cumplir sus requerimientos medioambientales ya sean obligatorios o comerciales, de manera práctica y con costes efectivos.

¿Qué ventajas tienen las primas? Desde mi punto de vista creo que las primas es la mejor garantía de estabilidad para la promoción de energías renovables, especialmente si la Administración competente establece un marco estable, y de ser así los costes en la financiación de las nuevas instalaciones disminuirían al ser un negocio más estable.

La experiencia en la Unión Europea ha demostrado hasta ahora que el sistema de primas es muy eficiente. No obstante, recordando las ventajas que hemos visto antes, nuestra propuesta de solución sería que convivieran las primas y los certificados verdes, pudiéndose en un futuro, y a modo de prueba, llegar a una pequeña reducción inicial de primas que se compensara con los beneficios de los certificados verdes. También podría fomentarse el comercio de certificados verdes obligando al consumo de energías renovables a emisores de CO<sub>2</sub> y mediante promoción de consumo voluntario, lo que ya se ha iniciado. Por último, se podría ir disminuyendo gradualmente el peso de las primas.

En cualquier caso, para no alarmar a posibles promotores eólicos, nuestra propuesta es que se debe de mantener la confianza en el inversor, de hecho la Directiva 2001/77 para la promoción de la energía renovable habla de un período de transición mínimo de 7 años y establece que es necesario mantener dicha confianza.

Muchas gracias.



# OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE LÍNEAS Y REDUCCIÓN DE IMPACTOS

## *OPTIMUM DESIGN OF POWER LINES AND IMPACT REDUCTION*

### **ÁNGEL GALLEGO DEL MONTE**

Red Eléctrica de España

Es Ingeniero Industrial por la ETSII de Madrid. Pertenece a Red Eléctrica desde el año 1986. Actualmente es responsable del Dpto. de Ingeniería y Construcción de Líneas.

Es profesor de líneas eléctricas en la Escuela de Ingenieros Industriales de ICAI de la Universidad Pontificia de Comillas.



## RESUMEN

Hace unos años los técnicos encargados de realizar los proyectos de líneas se preocupaban exclusivamente de los aspectos técnicos de sus proyectos, dejando todo lo relativo al impacto ambiental de las líneas a los técnicos de medio ambiente.

Hoy, sin embargo, los técnicos de proyecto colaboran desde el primer momento con los técnicos de medio ambiente en el establecimiento de los pasillos de menor impacto, y a la hora de realizar el estudio de las diferentes alternativas posibles y optimizar la solución elegida, no solo consideran los condicionantes técnicos y económicos sino también los ambientales.

Para ello existen actualmente herramientas informáticas que permiten estudiar las diferentes alternativas del trazado de una línea, optimizarlas técnica y económicamente y visualizarlas en tres dimensiones en tan solo unos minutos, con objeto de evaluar su impacto visual.

## ABSTRACT

*Until a few years ago, engineers working on the design of power lines concerned themselves exclusively with the technical aspects of design and left the environmental impact questions to the environmental specialists.*

*Now design engineers co-operate with the environmental specialists from the outset to determine the alignment with least impact. When they come to examine the different alternatives and optimisation of the chosen solution, they now take environmental considerations into account apart from the technical aspects.*

*There are computer tools for this purpose. They help the designers to study the different alignments, to optimise them from the technical and cost aspects and to visualise them in three dimensions within a few minutes in order to determine their visual impact.*

## I. OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE LÍNEAS

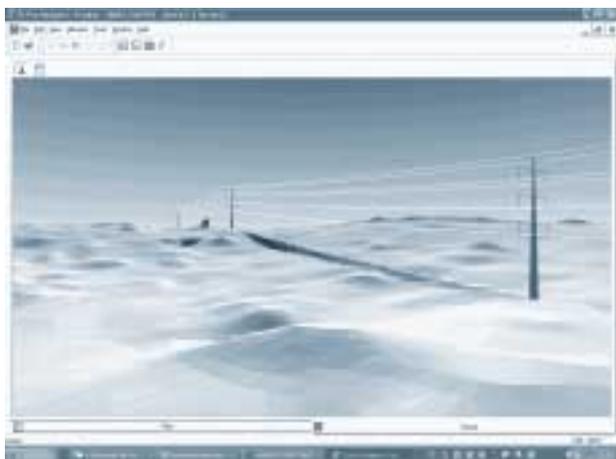
Las herramientas informáticas utilizadas en los diseños de líneas eléctricas aéreas actuales permiten, además de la optimización técnica y económica, la posibilidad de optimizar la implantación de la misma y en consecuencia disminuir su impacto visual.

Desde finales de los años 80, en los diseños de líneas aéreas realizadas por Red Eléctrica de España se han utilizado programas informáticos que han permitido la optimización de la instalación, asegurando al mismo tiempo la fiabilidad de la misma, no solo en el aspecto de la resistencia mecánica de los elementos, sino también en el de la distancia de los conductores a los diferentes obstáculos y al terreno bajo todas las condiciones climáticas previstas para la vida útil de la línea. Estos programas funcionan en dos dimensiones y no permiten por lo tanto el análisis y optimización visual de los apoyos y conductores, que se realizaban posteriormente.

El paso lógico era, por lo tanto, integrar en una misma herramienta estas utilidades, desarrollando una aplicación en tres dimensiones que lo permitiera.

Esta herramienta, que actualmente se encuentra en fase de implantación, permite, en unos pocos minutos, establecer un trazado, realizar la optimización técnica-económica de la distribución de los apoyos, calculando su coste y visualizarla en 3D, ofreciendo planos de observación con una rotación de hasta 360° y permitiendo “volar” a lo largo de la línea.

Se pueden comparar diferentes diseños y evaluar el impacto visual de cada alternativa para diferentes trazados.



La aplicación permite trabajar con cualquiera de las bases cartográficas que están disponibles, desde ficheros digitales del terreno (DEM) hasta ortofotos o ficheros raster.

Cuanto más precisa y más información contenga la base digital mejor será la evaluación ambiental de cada una de las soluciones estudiadas.

## 2. REDUCCIÓN DE IMPACTOS

La construcción y operación de las líneas eléctricas origina diferentes impactos sobre el entorno. La magnitud e importancia de estos impactos depende principalmente de dicho entorno y de la topología y características de la línea eléctrica.

Por esta razón, al diseñar una nueva línea, es necesario reducir estos impactos a valores aceptables.

De los diferentes tipos de impactos existentes comentaremos en este artículo los siguientes:

- Impactos de origen eléctrico
- Impacto visual

### 2.1. Impactos de origen eléctrico

Los impactos de origen eléctrico son básicamente cuatro:

- Campo eléctrico
- Campo magnético
- Ruido audible
- Radio interferencia

Los parámetros de las líneas que influyen en la magnitud de los impactos anteriores son:

- Disposición de los circuitos
- Número de subconductores por fase
- Distancia entre fases
- Diámetro del conductor
- Altura del conductor al suelo

En la mayoría de los casos, cuando se modifica uno de estos parámetros con la intención de reducir un determinado impacto eléctrico, otro impacto puede verse aumentado, por lo que se hace necesario llegar a un equilibrio entre los cuatro.

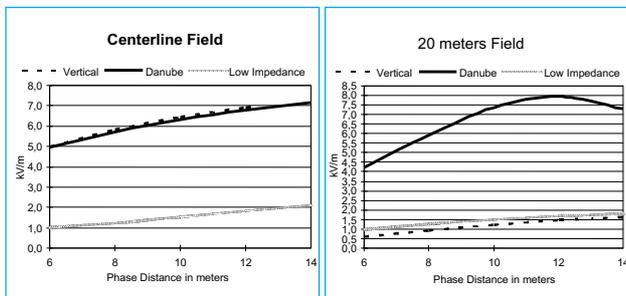
- Campo eléctrico

El parámetro que más influye en el campo eléctrico es la distancia entre fases.

Al disminuir esta distancia, el campo eléctrico disminuye también. Por lo tanto, la mejor forma de reducir el campo eléctrico consiste en reducir la distancia entre fases, es decir compactar la línea.

El principal inconveniente es que al disminuir la distancia entre conductores los vanos deben reducirse por lo que será necesario instalar más apoyos.

Los gráficos que se dan a continuación indican la variación de los valores del campo eléctrico en una línea de 400 kV doble circuito, para diferentes disposiciones de los circuitos, en el eje de la línea y a 20 m del eje, en función de la distancia entre fases.



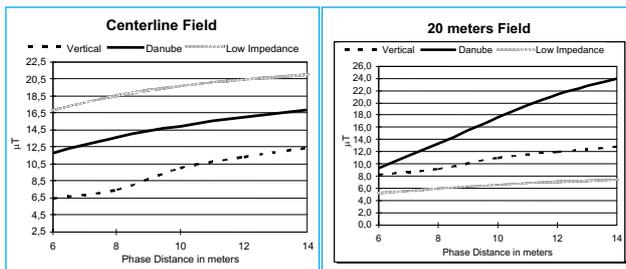
Puede verse que la configuración de baja impedancia es la más ventajosa. Esta configuración es la habitualmente utilizada en las líneas de Red Eléctrica.

- Campo magnético

Lo dicho anteriormente para el campo eléctrico es aplicable también para el campo magnético, en especial lo relativo a la distancia entre fases y a la configuración de doble impedancia.

Cuando sea necesario reducir localmente el campo magnético la forma más ventajosa consiste en aumentar la altura del conductor al terreno.

Los gráficos indican la variación del campo magnético en una línea de 400 kV doble circuito, para diferentes disposiciones de los circuitos, en el eje de la línea y



a 20 metros del eje, en función de la distancia entre fases.

- Ruido audible

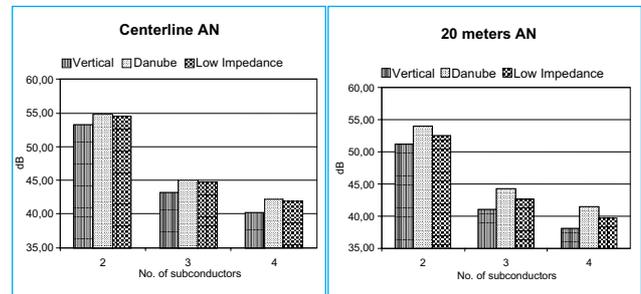
La mejor forma de reducir el ruido audible consiste en aumentar el número de subconductores que componen las fases.

El mayor inconveniente de esta solución es su alto coste para reducir tan solo unos pocos decibelios.

No obstante, en la nueva Normalización Red Eléctrica para líneas de 400 kV la configuración de fases estándar será la de 3 subconductores, permitiendo por lo tanto reducir el ruido audible y el nivel de radiointerferencia que veremos en el siguiente apartado.

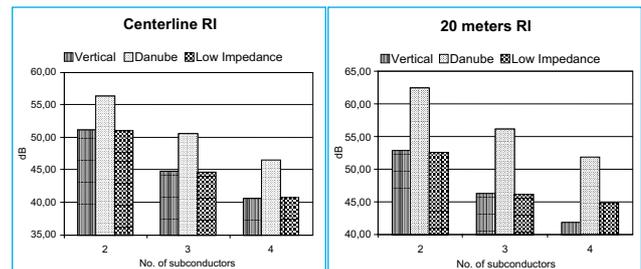
Como se dijo anteriormente, al mejorar el campo eléctrico y el campo magnético disminuyendo la distancia entre fases, se incrementan los niveles de ruido audible, por lo que se hace necesario encontrar un equilibrio entre los diferentes impactos.

A continuación se dan dos gráficos que indican la variación del ruido audible en función del número de subconductores, en el eje de la línea y a 20 metros del mismo para diferentes configuraciones de líneas de 400 kV doble circuito.



- Radio interferencia

Lo dicho anteriormente para el ruido audible es válido para la radiointerferencia, es decir el aumento del número de subconductores por fase disminuye los niveles de radio interferencia.



Los dos gráficos anteriores indican la variación de los niveles de radio interferencia, para diferentes configuraciones de líneas de 400 kV doble circuito, en el eje de la línea y a 20 metros del mismo, en función del número de subconductores.

En el siguiente cuadro se resume como afectan los diferentes parámetros de una línea eléctrica en los cuatro impactos de origen eléctrico.

**RED ELÉCTRICA**

**RESUMEN**

PARAMETRO	CE	CM	RI	RA
Distancia entre fases	↑	↑	↑	↘
Altura del conductor	↑	↓	↓	↘
Número de subconductores (Para la misma sección)	↑	↑	=	↓
Distancia entre subconductores	↑	↗	=	↗
Diámetro del conductor	↑	↗	=	↘

IV Jornada sobre Líneas Eléctricas y Medio Ambiente 11

Como puede verse en el mismo y ya se ha comentado, es necesario encontrar un equilibrio entre los diferentes valores de estos impactos.

En cualquier caso los valores obtenidos en las líneas actuales, como se puede observar en los gráficos anteriores se encuentran siempre dentro de los valores aceptables.

## 2.2. Impacto visual

Comentaremos brevemente el tema del impacto visual de las líneas eléctricas ya que en otro artículo de esta publicación se trata con más detalle.

Obviamente la reducción del impacto visual de las líneas, básicamente el de los apoyos, es uno de los mayores retos a que los diseñadores tienen que enfrentarse, por la dificultad que conlleva.

Es necesario para ello actuar en dos frentes:

- Desarrollo de nuevos diseños para mejorar la aceptación social de los proyectos.
- Integración de las líneas en el paisaje.

El desarrollo de nuevos diseños se encuentra limitado por una serie de desventajas importantes como son el coste excesivo con relación a los resultados obtenidos; la subjetividad en la apreciación del diseño y, por último, la indiferencia de los habitantes cercanos a las líneas.

La integración de las líneas en el paisaje, bien con los diseños clásicos de apoyos metálicos de celosía o bien con diseños apropiados, es la opción fundamental, aunque compleja y también con sus inconvenientes, para reducir el impacto visual de la línea eléctrica.



# COLOQUIO INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

## De Pedro Cruz (Universidad de Sevilla) al Sr. Gallego.

**PREGUNTA:** Es acerca de la configuración de baja impedancia o baja reactancia. Quisiera saber si tiene experiencia Red Eléctrica en el cambio de configuraciones, quizá en las más convencionales de doble circuito, de impedancia mayor a la de baja reactancia, y si ello tiene algún efecto en las protecciones de la línea.

**Sr. GALLEGO:** Todas, las nuevas líneas que hacemos en doble circuito llevan la configuración de baja impedancia. En lo referente al tema de protecciones no soy un especialista, en líneas aéreas somos especialistas del hierro y del hormigón a pesar de que sean líneas eléctricas. Hasta donde yo sé el objetivo de la baja impedancia es reducir los valores de campo electromagnético y las pérdidas, por eso se llama de baja impedancia o baja reactancia, para ser más preciso. Mucha gente no quiere llamarlo de baja impedancia porque la resistencia óhmica es la misma y lo único que baja es la reactancia, por tanto en rigor, se deberían llamar configuraciones de baja reactancia.

## De Trampus (Sovenia) al Sr. Arranz.

**PREGUNTA:** ¿Cuál es el precio por km del cable subterráneo de 400 kV?

**Sr. ARRANZ:** En la ponencia únicamente he cubierto lo que son aspectos ambientales, pero hay dos variables que deliberadamente no se han tenido en cuenta en la misma, los aspectos técnicos de la instalación y el aspecto económico. Entrando en el aspecto

económico, una línea aérea viene a costar unos 250.000 €/km, mientras que en el caso de esta línea subterránea estamos hablando de unos 6.000.000 €/km, lo que genera un ratio aproximado de 25 a 1. El precio de una línea subterránea a 400 kV depende del tipo de modelo que se emplee en su construcción, éste es un modelo muy caro por las necesidades de potencia que tiene la instalación que entre otros aspectos ha exigido la realización de una galería prefabricada de hormigón.

Otro aspecto fundamental a tener en cuenta en la realización de una línea eléctrica es la fiabilidad, evidentemente esta es muy superior en una línea aérea. Hay ejemplos de instalaciones subterráneas que han estado ardiendo durante dos días sin que haya habido posibilidad de acceder a ellas.

## De Javier Méndez (Principado de Asturias) al Sr. Arranz.

**PREGUNTA:** A la vista de lo que ha explicado sobre la integración de distintas instalaciones en una misma actuación u obra, ¿cree usted que se podría haber llegado incluso a integrar en esta gran obra civil las propias pistas del aeropuerto, a pesar de las posibles incompatibilidades motivadas por interferencias electromagnéticas? Y en el caso de la obra de los túneles del Guadarrama del AVE, ¿se podrían integrar este tipo de instalaciones en los grandes túneles ferroviarios que se van a hacer?

**Sr. ARRANZ:** La línea eléctrica actual, la que se ha procedido a soterrar, estaba asociada a las pistas actuales, y ha sido al diseñar las nuevas pistas cuando ha sur-

gido una incompatibilidad para el aeropuerto. El hecho de no integrar la obra con las nuevas pistas se debe fundamentalmente a la intención de no generar ningún tipo de interferencia entre las dos obras. En cuanto al hecho de integrar infraestructuras eléctricas en la obra de los túneles del Guadarrama, hay que considerar previamente dos condicionantes: la fiabilidad y el coste económico. Además, en este caso hay una limitación técnica en cuanto a que la longitud de las líneas subterráneas no es ilimitada, mediante una línea aérea podríamos cruzar toda la península mientras que las limitaciones que tienen las instalaciones subterráneas en función de su longitud son muy superiores.

Para realizar las consideraciones anteriores partimos de la base de una asociación de infraestructuras eléctricas a una obra ya decidida, porque realizar una galería o zanja exclusivamente para soterrar una línea genera un impacto ambiental considerable.

**Sr. SALAMANCA:** Si me permitís, me gustaría hacer una puntualización. Cuando se ha dicho que se pueden utilizar las mismas obras que, por ejemplo las de túneles ferroviarios, estamos hablando de utilizar las obras, pero no de utilizar el túnel. No es posible utilizar el túnel de un tren para meter junto a las vías una línea de 400 kV. Lo que sí se puede aprovechar son las máquinas que debido a la construcción del tren ya se tienen allí, y por otro trazado totalmente independiente, totalmente protegido contra incendios, con salidas independientes, con accesos para mantenimiento, etc., se realiza un nuevo túnel. Ha de quedar bien claro que no se pueden situar cables de 400 kV en la pared del túnel junto al tren.

**Sr. MATA:** Al respecto me gustaría comentar que tengo conocimiento de un proyecto en Italia que pretendía utilizar las galerías de servicios de los túneles ferroviarios que conectan Italia y Austria para introducir cables aislados, aunque abundando en lo dicho anteriormente, esto no es posible.

### **De Javier Goitia (Iberdrola) al Sr. Las (Gamesa).**

**PREGUNTA:** En los años 80 se solía decir que una central nuclear que duraba 25 años necesitaba un año de su funcionamiento íntegramente para compensar la

energía que se había gastado durante la fabricación de equipos y su construcción, ¿en que orden de magnitud se encuentran vuestros aerogeneradores en GAMESA? ¿En cuánto tiempo se amortiza la energía gastada en la realización e instalación de una de vuestras máquinas?

**Sr. LAS:** El parque eólico está garantizado para una vida útil de alrededor de 20 años, mientras que el tema de financiación varía mucho, porque hay parques eólicos de menos de 2.200 horas al año y otros que llegan a las 3.000. Así que los primeros se amortizan en 12, 13 años, mientras que los segundos en alrededor de 8. Otro aspecto a tener en cuenta en el futuro, es el "repowering", ya que cuando estos parques estén amortizados se instalarán máquinas con mayores prestaciones y con una tecnología más avanzada.

Quiero llamarles la atención sobre la disponibilidad de los parques eólicos, de las 8.600 horas que tiene el año al menos 2.200 horas funcionan los aerogeneradores, lo cual es superior a las 1.700 ó 1.800 horas que lo hacen las hidráulicas.

Además el CIEMAT en su día realizó un estudio en el que concluyó que el impacto que tenía un parque de este tipo era unas 20 veces menor que otras producciones energéticas, en el cual se consideraba no sólo el impacto que del propio parque sino también el de los elementos para fabricarlo. De hecho, todos sabemos que mientras que las células fotovoltaicas generan una energía renovable, la producción de las obleas de silicio que las constituye lleva asociados unos costes medioambientales. Desgraciadamente no hay nada que no contamine en absoluto.

Hay también otro estudio realizado por el Parlamento Europeo en el cual analiza la posibilidad de pagar a mayor precio unas energías frente a otras como consecuencia de los costes asociados a los impactos que cada tipo de generación conlleva. Se ponía el ejemplo de incrementar aproximadamente de 2 a 7 céntimos de euro el coste que tiene el kilovatio de origen de carbón frente al que tendría el eólico.

Si tu pregunta iba más encaminada a conocer la energía que hemos utilizado para producir el acero de las torres o las palas, he de decirte que desde ese punto de vista no nos lo hemos planteado.

# CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



JUAN REPRESA DE LA GUERRA  
JESÚS MARÍA GONZÁLEZ FERNÁNDEZ  
JUAN BERNAR SOLANO (MODERADOR)  
RICARDO DE ÁNGEL YÁGÜEZ  
MICHAEL McMAHON



# ORIGEN Y MEDIDA DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

## ORIGIN AND MEASUREMENT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS

### JESÚS MARÍA GONZÁLEZ FERNÁNDEZ

**Instituto de Magnetismo Aplicado**

Obtuvo el título de Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense en 1979 y en 1986 el de Doctor en Ciencias Físicas. En 1987 comenzó a trabajar en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y en la actualidad es Profesor de Investigación en la Unidad Asociada integrada por el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid y el Instituto de Magnetismo Aplicado de la Universidad Complutense.

Su actividad en ciencia básica ha estado ligada al estudio de las relaciones entre estructura y morfología, por un lado, y, por el otro, proceso de imanación. Este estudio ha llegado a abarcar toda la gama de materiales magnéticos de interés tecnológico, desde los materiales para imanes permanentes hasta los blandos de uso en sensores. En la actualidad su interés se centra en los materiales nanoestructurados y los utilizables en dispositivos electromecánicos.

Su trabajo en tecnología ha incluido el diseño e implementación de varios sensores magnetoelásticos (algunos de ellos concebidos para usos biomédicos), la medida, en varios entornos que incluyen al ferroviario, de la emisión electromagnética y el desarrollo de las especificaciones de prueba del sistema de señalización ferroviaria ERTMS.



## RESUMEN

Se repasarán en la primera parte de esta presentación los conceptos más básicos relativos a la naturaleza, generación y detección de ondas electromagnéticas para, a continuación, discutir, haciendo referencia al ejemplo práctico del sistema ferroviario, la instrumentación, métodos y normas de medida de la emisión electromagnética.

Las ondas electromagnéticas son un caso particular, entre los muchos observables en la naturaleza, de propagación de energía. Se originan en el movimiento de las cargas eléctricas que da lugar, por una parte, a una variación temporal del campo eléctrico local y, por otra, a un campo magnético también dependiente del tiempo y ligado a las corrientes mediante las que se puede describir el movimiento de las cargas. En primera aproximación, y si el movimiento de las cargas fuentes del campo es periódico, la longitud de la onda asociada está relacionada con la amplitud del movimiento de las cargas que, a su vez, es inversamente proporcional a la energía que transporta la onda. Los movimientos de cargas a nivel atómico tienen por tanto asociadas las ondas de menor longitud y mayor energía, mientras que los correspondientes a distancias macroscópicas (como, por ejemplo, los relacionados con el transporte de energía en líneas de alta tensión) involucran longitudes de onda del orden del km y energías pequeñas. La energía radiada por las cargas en movimiento puede ser utilizada remotamente si se dispone de algún dispositivo en el que las cargas puedan moverse con facilidad en respuesta a los campos que constituyen la onda. Estos dispositivos son las antenas que en razón del amplio intervalo de longitudes de onda de la radiación electromagnética pueden presentar dimensiones y diseños muy diferentes.

Para ilustrar un caso práctico de medida de la radiación electromagnética se presentarán datos relativos a la emisión a frecuencia industrial de un sistema de ferrocarril subterráneo y se discutirán, en base a las normas de salud, las medidas obtenidas tanto en instalaciones abiertas al público en general (incluyendo material móvil) como en las reservadas a los trabajadores.

## ABSTRACT

*The first part of this paper will deal with the more basic concepts of nature and the generation and detection of electromagnetic waves. Following this it will discuss the instruments, methods and standards of measurement for electromagnetic emissions, using the railway system as a practical case.*

*Electromagnetic waves are just one of the many examples of energy propagation that can be observed in nature. These waves are created by the movement of electrical charges that generate a temporary variation in the local magnetic field and a magnetic field that also depends on time and is linked to the currents. The latter can be used to describe the movement of the charges. In the first approximation and if the movement of the charges that are the source of the field is periodic, the longitude of the associated wave is related to the amplitude of the charges' movement. This in turn is inversely proportional to the energy carried by the wave. At atomic level the movement of charges is therefore associated with waves that have a short longitude and higher energy. Movements related to macroscopic distances (such as those associated with the transmission of electric energy through high voltage power lines) involve wave longitudes of the order of a kilometre and small amounts of energy. The energy radiated by charges in movement can be used remotely by a device in which charges can move readily in response to the fields that make up the wave. These devices are antennas. As a result of the wide range of longitudes of electromagnetic radiation, antennas come in very different shapes and sizes.*

*A practical case of the measurement of electromagnetic radiation will be presented in the form of the emission of an underground railway system at industrial frequency. The measurements obtained will be discussed in the light of the health standards for installations open to the public in general (including moving equipment) and for installations reserved for employees.*

El electromagnetismo es, probablemente, la parte de la Física que está más consolidada y que, en los inicios del siglo XXI, ha llegado más lejos en el desarrollo de aplicaciones. En particular, es posible conocer de forma detallada la magnitud de los campos electromagnéticos, identificar sus fuentes y, en aquellos casos en los que la emisión electromagnética sea problemática para algún tipo de dispositivo, desarrollar soluciones para conseguir la inmunidad funcional de ese dispositivo frente a emisiones externas.

En lo que sigue, se presentarán brevemente las ideas básicas relativas al origen de las ondas electromagnéticas, se describirá la enorme variedad de manifestaciones de las radiaciones electromagnéticas y, como ejemplo práctico de interés, se discutirán los resultados de un estudio de emisión en campos de frecuencia industrial realizado en Metro de Madrid S.A.

Las ondas electromagnéticas son, valga la obviedad, ondas; es decir, son oscilaciones temporales y espaciales de magnitudes físicas. Las ondas electromagnéticas están caracterizadas por la propagación de energía y son solamente un caso particular de una gama más amplia de fenómenos de transporte. Estamos muy familiarizados con el transporte de masa de corto alcance que ocurre cerca de las costas, las olas, pero la propagación de paquetes de ondas configura nuestro universo como se pone de manifiesto en sucesos cósmicos del estilo de las novas y las supernovas (Figura 1).



Figura 1. Ondas en aguas poco profundas cercanas a la costa y onda de materia ligada a la explosión de una supernova (las dimensiones transversales del anillo de materia brillante permitirían acomodar en su interior nuestra galaxia)

Las ondas electromagnéticas están ligadas al movimiento de cargas eléctricas. Una carga eléctrica que se encuentre en reposo crea en su entorno una entidad que llamamos campo eléctrico, que se manifiesta

como una fuerza sobre otra carga colocada en las proximidades (carga de prueba). En concreto, y tal como se ilustra en la Figura 2, si el campo está originado por un par de cargas iguales y de signo opuesto (dipolo eléctrico) la carga de prueba seguiría trayectorias como las correspondientes a las líneas que aparecen en esa Figura.

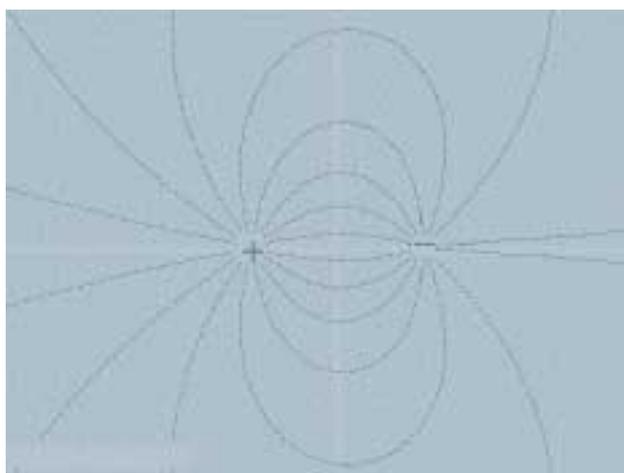


Figura 2. Ilustración de las trayectorias seguidas por una carga de prueba en las proximidades de un dipolo eléctrico.

Si se trata de un sistema de cargas espacialmente oscilante, las líneas varían de orientación en un punto dado de forma también oscilante en respuesta al movimiento de las cargas que originan el campo. La variación de orientación de estas líneas correspondería al de una cuerda que fuese muy liviana y que se agitasen por uno de sus extremos mientras su otro extremo permaneciese libre (ver Figura 3). Es este el ejemplo más simple de onda electromagnética.

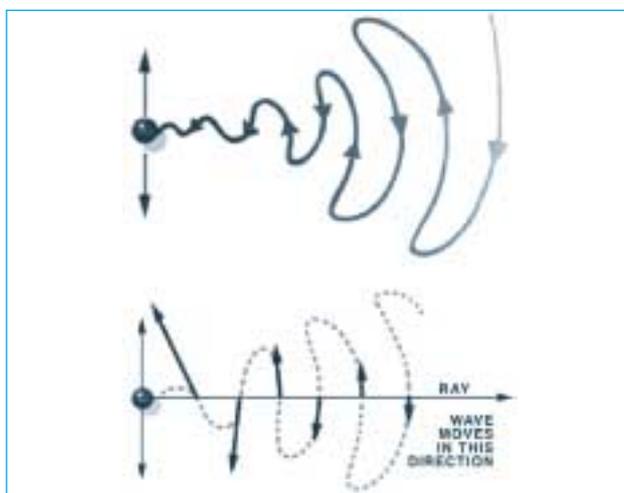


Figura 3. Trayectoria seguida por una carga de prueba que se mueve en las proximidades de una carga oscilante.

Normalmente no tenemos en la naturaleza cargas de un signo aislado, los objetos naturales macroscópicos son neutros, así que es muy interesante estudiar el campo que produce un dipolo eléctrico oscilante. La Figura 4 muestra las líneas de campo asociadas. Este dipolo no es ni más ni menos que un ejemplo particular de un dispositivo factible emisor de radiaciones electromagnéticas, de una antena emisora.

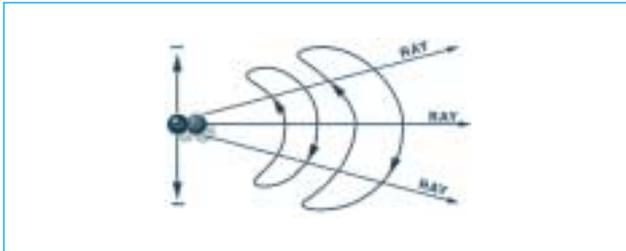


Figura 4. Trayectorias de una carga de prueba en las proximidades de un dipolo oscilante. Con el incremento del tiempo, las trayectorias ilustradas se mueven alejándose del dipolo según las líneas etiquetadas "Ray"

Las antenas tienen la posibilidad de transmitir energía electromagnética hacia el aire y también tienen la posibilidad inversa, de recoger ondas electromagnéticas que se estén propagando en el aire y convertirlas en corrientes en medios materiales.

El primer sistema experimental para generar radiación electromagnética se debe a los trabajos de James Clerk Maxwell, un físico cuyo trabajo es probablemente el mejor ejemplo de cómo la abstracción que supone la física teórica tiene una enorme gama de implicaciones tecnológicas de uso corriente e intenso en

nuestra vida cotidiana. Maxwell fue capaz de predecir, antes de que se detectaran, la existencia y características de las ondas electromagnéticas y sus ideas le proporcionaron a Hertz la posibilidad de diseñar la primera antena emisora. Se trataba (véase la Figura 5) de un dipolo generado mediante dos esferas iguales que almacenaban cargas de signo contrario, un sistema pues equivalente al dipolo oscilante discutido anteriormente.

A partir de este primer dispositivo, se empezaron a realizar experimentos que hoy nos son tan familiares, pero que fueron tan revolucionarios en su tiempo como los de radiodifusión o envío de información a través de las ondas electromagnéticas.

Las manifestaciones de la radiación electromagnética son enormemente amplias, y pueden resumirse en el llamado espectro electromagnético que incluye desde las ondas ligadas a los sistemas de transporte de energía, las radiaciones con una longitud de onda más larga, hasta, en el otro extremo, los rayos cósmicos, radiaciones ionizantes capaces de alterar la materia de forma profunda. En medio de estos dos extremos tenemos un instrumento tan valioso en nuestra vida cotidiana como la luz visible, las radiaciones usadas en el intercambio de información y otras radiaciones como las utilizadas en los dispositivos de microondas para calentamiento y en una amplia variedad de instrumentos científicos, como el sincrotrón o los instrumentos basados en los rayos X, que son capaces precisamente de ayudarnos a comprender un poco mejor la estructura de la materia, para, en último término, tratar de modificarla y emplearla en nuestro beneficio.

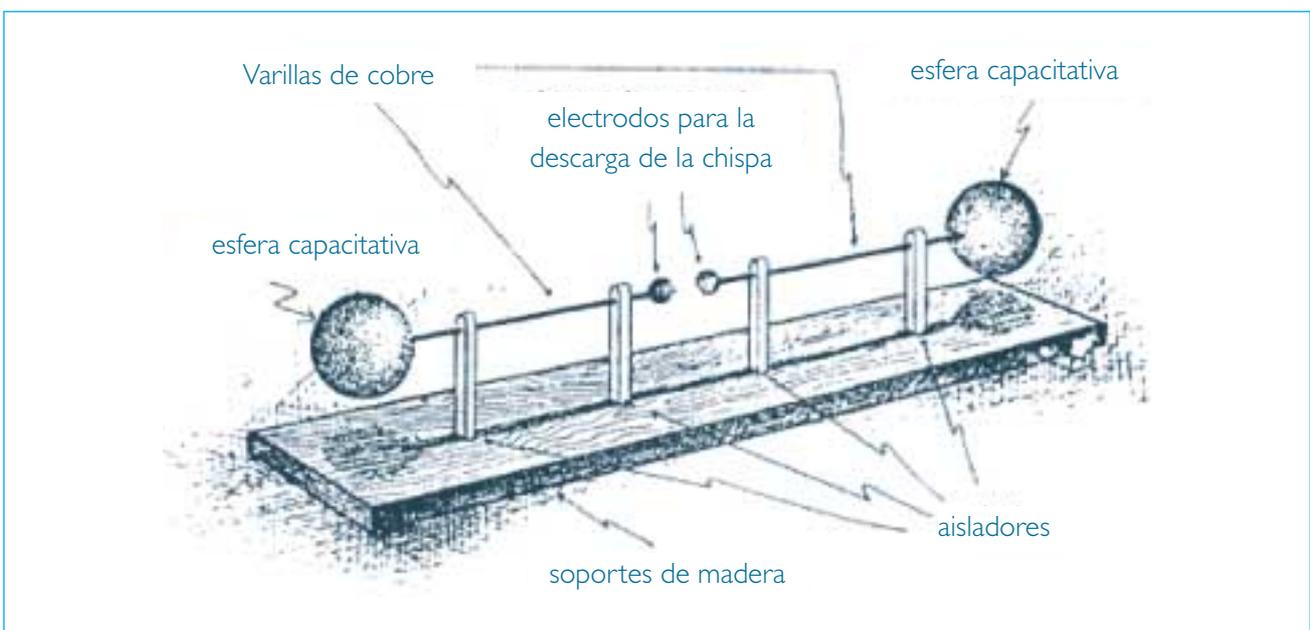


Figura 5. Primer dispositivo emisor de ondas electromagnéticas construido por Hertz.

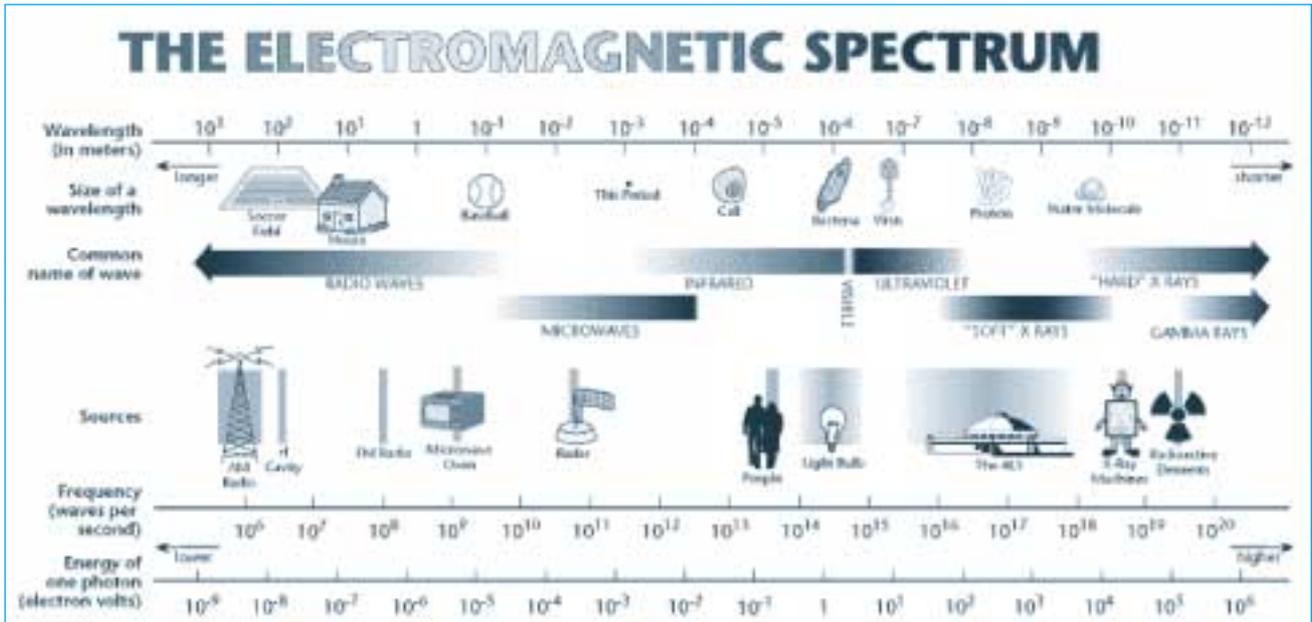


Figura 6. Espectro electromagnético con ilustraciones de las principales aplicaciones de las distintas radiaciones.

Para terminar de dar una idea de lo ubicuas que son las ondas electromagnéticas, en la Figura 7 se presentan imágenes que corresponden al universo que nos es accesible desde la Tierra tomadas con radiaciones electromagnéticas de distintas características (longitud de onda). El aspecto del universo es, en algunos casos, bastante diferente. Un ejemplo de estas diferencias lo da la imagen tomada en el infrarrojo con la que se obtiene en el caso de la luz visible. Sin embargo, el mensaje más importante de esta imagen es que la radiación electromagnética es el constituyente más

ubicuo y también el más básico de nuestro universo, mucho más que la materia.

En cuanto al resumen de los resultados obtenidos en el estudio de la emisión electromagnética en Metro de Madrid S.A., se presenta aquí parte de un trabajo más ambicioso que ha cubierto desde la emisión en campos continuos hasta la correspondiente a frecuencias tan grandes como los 30 GHz. El énfasis, sin embargo, se centrará en la emisión de las líneas de transporte de energía.

Cuando se intenta medir la emisión de un sistema

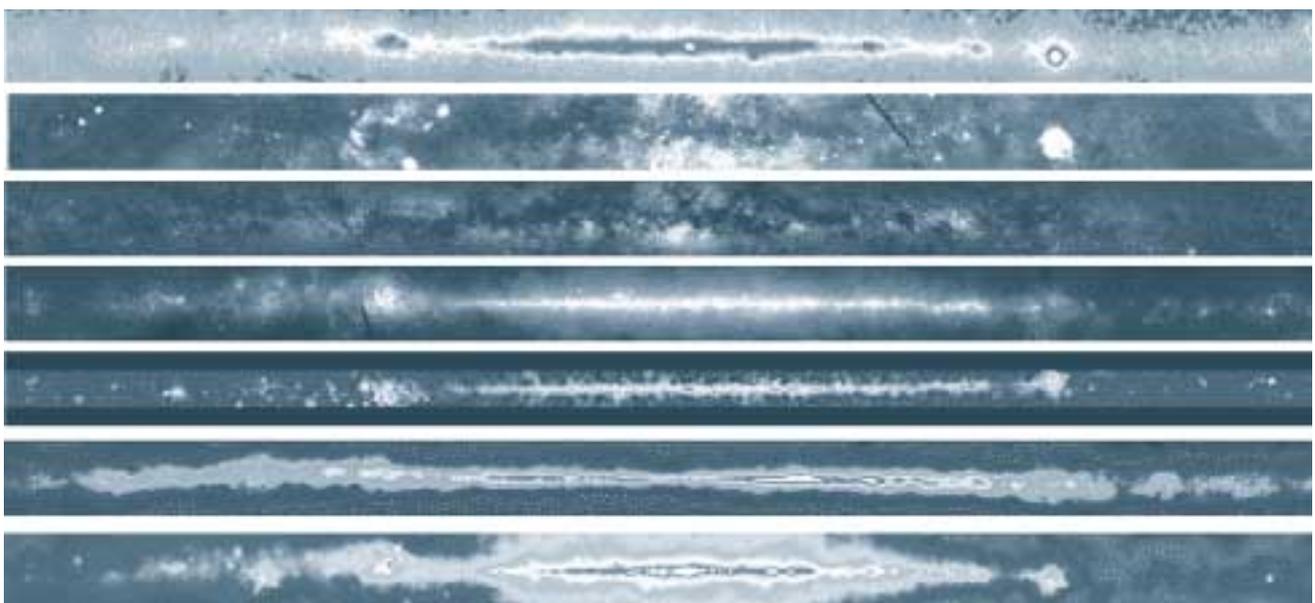


Figura 7. Imágenes del universo visible tomadas, de arriba abajo, con radiaciones gamma, X, visible, infrarroja, de radio UHF, de ondas milimétricas y de radio de onda larga.

ferroviario se pueden considerar dos aproximaciones diferentes. Una de ellas está ya recogida en la normativa, concretamente en la familia de normas EN 50121-X. Son 5 normas diferentes que ven al sistema ferroviario como una caja negra y examinan lo que emite hacia el exterior. Un segundo punto de vista, que era el apropiado para el estudio de Metro de Madrid S.A., se concreta en el estudio de la emisión de los distintos constituyentes del sistema. Esta segunda aproximación se justifica por el hecho de que un sistema ferroviario es un sistema usado por millones de viajeros y por tanto, además de problemas técnicos, como podrían ser los relativos a la inmunidad o a la interferencia electromagnética, existe la necesidad de aclarar la emisión desde el punto de vista de la salud en distintos entornos, como son los de acceso al público y los laborales.

Para dar una idea de cuáles son los valores de campo magnético máximos permitidos por la normativa de salud, hay que decir que para el público en general la exposición a campos superiores a las 100  $\mu\text{T}$  no debe superar los 6 minutos. Para lugares de trabajo el valor de campo magnético máximo para exposición superior a los 6 minutos es de 500  $\mu\text{T}$ .

En la Figura 8 se presenta un ejemplo de emisión del material móvil. En concreto, corresponde a medidas tomadas en el interior de los trenes en un punto localizado encima de los onduladores. El patrón de emisión es en este caso bastante simple. Se observan aumentos del campo magnético cuando el tren está acelerando (saliendo de una estación). Cuando alcanza una velocidad mantenida, el campo magnético disminuye. Posteriormente, cuando frena (entra en una estación) se vuelve a observar un segundo aumento del campo magnético debido al sistema de frenado regenerativo. Muy esencialmente y como era de esperar, observamos campo magnético cuando circula una corriente apreciable por los onduladores y, por supuesto, si el tren está detenido dejamos de medir campo de 50 Hz.

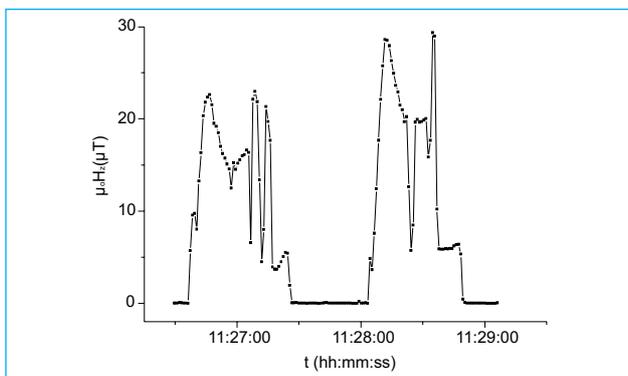


Figura 8. Patrón de emisión de campo de frecuencia industrial correspondiente a la circulación de trenes (medido en el ondulador)

Otro equipo analizado cuyo comportamiento desde el punto de vista de la emisión es muy diferente al de los onduladores es el inversor: El inversor produce un campo menor en magnitud al de los onduladores y que además, no se correlaciona con el movimiento del tren, pues es un equipo que funciona continuamente (Figura 9).

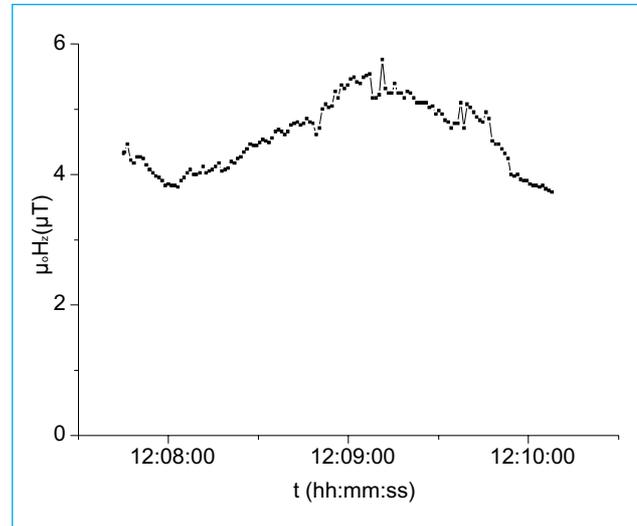


Figura 9. Patrón de emisión de campo de frecuencia industrial correspondiente a la circulación de trenes (medido en el inversor)

La Figura 10 muestra un histograma con los valores mínimo, máximo y medio de campo magnético medidos en condiciones equivalentes a la exposición del público en diferentes modelos de trenes de Metro de Madrid S.A. Hay que aclarar que los valores medios se han calculado sobre varios miles de medidas, con lo que son estadísticamente estables. El valor más alto medido es del orden de las 35  $\mu\text{T}$ , aproximadamente un tercio del valor máximo admisible. Tampoco, y éste ya no sería el parámetro a estudiar desde el punto de vista de la normativa de salud, el valor máximo del campo medido durante un intervalo de tiempo del

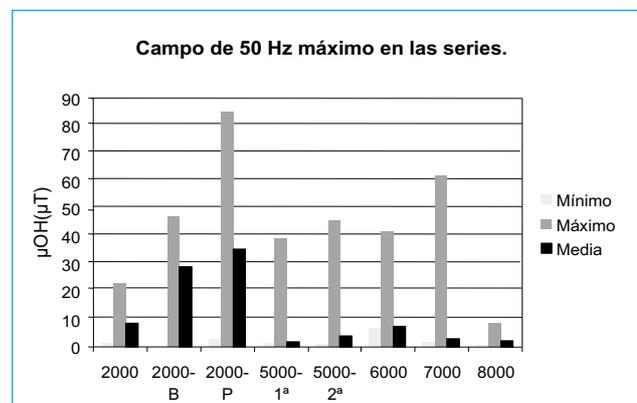


Figura 10. Valores medio, mínimo y máximo de campo magnético medidos en distintas series de material móvil de Metro de Madrid S.A.

orden de una décima de segundo supera el límite de la normativa. En conclusión, el material móvil del Metro de Madrid es un recinto perfectamente accesible al público desde el punto de vista de la emisión a frecuencia industrial.

Refiriéndonos a un entorno diferente, ahora de uso laboral, las subestaciones en Metro de Madrid tienen una gama de diseño bastante amplia, pero en general hemos sido capaces de correlacionar los valores más altos de campo magnético medido en este entorno con la proximidad a los transformadores. También es posible correlacionar la magnitud del campo magnético con la carga de las subestaciones. En la gráfica de la Figura 11 se presenta en función del tiempo el campo magnético medido y la intensidad entregada por la subestación. Como se puede observar, es clara la correlación entre los picos de ambas magnitudes.

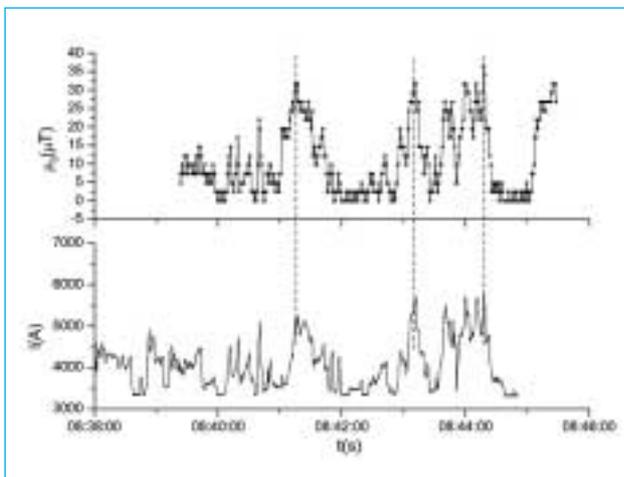


Figura 11. Campo magnético de 50 Hz y carga de una subestación típica representadas en función del tiempo.

En la Figura 12 se presentan los resultados correspondientes a todos los estudios que se han hecho en las instalaciones fijas de Metro de Madrid, destacando

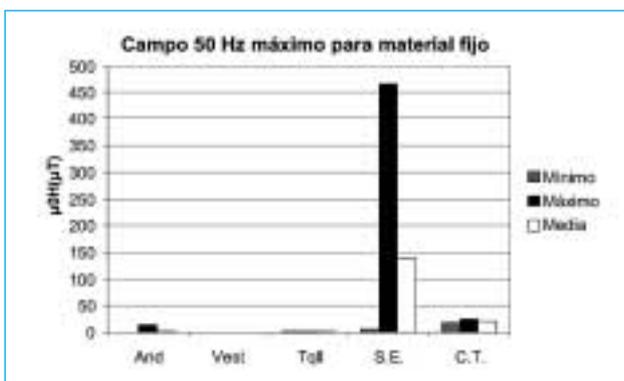


Figura 12. Valores medio, mínimo y máximo de campo magnético medidos en distintas instalaciones fijas de Metro de Madrid S.A.

por sus valores de campo magnético las subestaciones, aunque también hay datos correspondientes a andenes, vestíbulos, taquillas y centros de transformación.

Para resumir, en el caso de instalaciones fijas con acceso al público se está siempre por debajo de las 100  $\mu\text{T}$ . En las subestaciones, que son un lugar con acceso exclusivo para los trabajadores, el valor medio sobre promedios temporales de 6 minutos está en el orden de las 150  $\mu\text{T}$ , aproximadamente un 30% del valor máximo normativo, y los valores máximos instantáneos tampoco llegan a superar el límite normativo.

La conclusión por tanto es que desde el punto de vista de nuestro estudio el sistema ferroviario Metro de Madrid es conforme con la normativa de salud.

El autor quiere agradecer a Jesús Vadillo, de Metro de Madrid S.A., la posibilidad de utilizar en este trabajo parte del material obtenido en mediciones realizadas por el Instituto de Magnetismo Aplicado para esta compañía.



# CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y SALUD HUMANA

## *ELECTROMAGNETIC FIELDS AND HUMAN HEALTH*

### **JUAN REPRESA DE LA GUERRA**

**Universidad de Valladolid**

El Prof. Dr. D. Juan Represa de la Guerra es licenciado en Medicina y Cirugía (1978), con sobresaliente y Premio extraordinario, doctor en Medicina y Cirugía (1980) con sobresaliente Cum Laude. Actualmente es Catedrático de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valladolid e Investigador en el Instituto de Biología y Genética Molecular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, además de Profesor Honorario del Albert Einstein College of Medicine de Nueva York desde 1999.

Realizó su formación posdoctoral durante 1985 en el Instituto de Investigaciones del Cáncer de Londres y de 1988 a 1991 en la Universidad de Nueva York (Health Science Center at Brooklyn), así como cursos de especialización en las Universidades de Washington y Oxford (Imperial Cancer Research Foundation), en años posteriores. Desde 1980 ha dirigido numerosas tesis y proyectos de investigación financiados por instituciones públicas y privadas, es autor de 178 publicaciones científicas, capítulos en libros y ponencias, nacionales como internacionales; así mismo ha impartido más de 30 conferencias nacionales e internacionales por invitación, destacando las de las Universidades de Nueva York, Harvard y Oxford.

Ha recibido el premio de investigación del Consejo Social de la Universidad de Valladolid, el de la Real Academia de Medicina y el "Research Award" del



Albert Einstein College de Nueva York. Actualmente pertenece a numerosas instituciones científicas como la Asociación Española de Investigación sobre el Cáncer, la "New York Academy of Sciences" y la "US Society for Neurosciences" y la "US Radiation Research Society". Ha sido nombrado representante en la European Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Public Health Analysis, Policy; y forma parte de distintas comisiones de expertos en el área de CEM y salud, asesorando a distintas instituciones como: los Ministerios de Sanidad y Consumo, Ciencia y Tecnología, la Comisión de Ciencia y Tecnología del Congreso, la Comisión de Industria del Parlamento Europeo y el Cabildo Insular de Canarias.

## RESUMEN

Tras unos conceptos básicos sobre los campos electromagnéticos se revisa una serie de consideraciones biofísicas sobre cómo se ha de evaluar desde el punto de vista científico el riesgo para la salud pública de un agente y determinar así los niveles de seguridad para el público y los trabajadores.

Las evidencias científicas se basan en los estudios epidemiológico y de laboratorio, de los que se repasan sus características, metodología, objetivos y resultados. En este sentido las conclusiones son que no existe asociación entre campos electromagnéticos de frecuencia industrial y cualquier tipo de enfermedad, no existiendo siquiera un mecanismo que permita establecer esta asociación. Numerosos organismos científicos y comisiones de expertos de todo el mundo así lo han concluido.

A continuación se repasan los valores típicos de campo electromagnético en diversas localizaciones y situaciones y se repasa cómo se forma la opinión pública respecto a noticias relativas a la salud, las posibles causas del origen de la preocupación social y cómo resolver la supuesta controversia científica.

## ABSTRACT

After setting out the basic concepts of electromagnetic fields, this paper reviews a series of biophysical considerations. These deal with the manner of evaluating –from the scientific point of view– the risk to public health posed by a particular agent and of determining safety levels for the public and for employees.

Scientific evidence is based on epidemiological and laboratory studies. The properties, methodology, goals and results of these studies are also discussed. The conclusion is that there is no association between industrial frequency electromagnetic fields and any type of illness. No mechanism exists that can even be used to establish this association. This has been confirmed by numerous scientific bodies and commissions all over the world.

Following this, the paper will review the typical values of electromagnetic fields in various locations and situations. Attention will turn next to the manner of informing public opinion regarding announcements related to health, the possible causes of social concern and the method of resolving any supposedly scientific controversy.

Muchas gracias por invitarme otra vez y por la excelente organización que nos permite a todos hacer más eficaz la estancia aquí. No es fácil centrar una presentación que tenga que ver con la biología en unas Jornadas cuyo contexto no es precisamente la medicina o la biología.

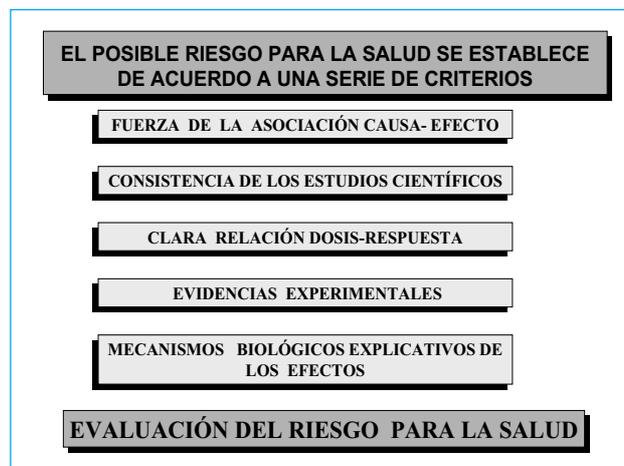
Lo esencial es dejar bien claro para qué podemos servir los científicos de investigación en área de medicina o biología, qué se le puede pedir a la ciencia y qué no se le puede pedir. El planteamiento científico sobre la protección a la salud y el respeto al medio ambiente se ciñe a tres aspectos: si hay o no riesgo, si ese riesgo es admisible en el contexto de los existentes en nuestra vida cotidiana y si los datos científicos son suficientes y nos permiten predecirlo para evitarlo.

Para ello es necesario conocer de manera profunda los efectos que puede causar un agente físico, como lo son en este caso los campos electromagnéticos, elaborar las curvas “dosis respuesta”, los valores umbrales de los efectos y también es esencial identificar el mecanismo por el cual lo que decimos que pasa ocurre realmente. Si logramos responder a todas esas preguntas estaremos dando un planteamiento científico a nuestra preocupación por la salud.

Veamos cómo puede hacerse esto. Este planteamiento no sólo se aplica cuando nos planteamos si un campo electromagnético puede o no puede afectar a nuestra salud, ya que la toxicología es una ciencia que viene ocupándose de si aquello con lo que convivimos puede ser o no nocivo, desde contaminantes hasta sustancias aparentemente inocuas, los elementos de nuestra dieta, y así un largo etc.

Los protocolos de la toxicología implican que haya una cierta evidencia de una fuerza de asociación entre lo que decimos que puede suceder y el agente que lo causa, en este caso el campo electromagnético. Los estudios científicos han de ser consistentes, lo que supone que decenas, centenares de publicaciones con unas conclusiones similares o análogas se repitan, las cuales no pueden ser rebatidas por un estudio que aparentemente se aparte de esa consistencia establecida a lo largo de los años. Éste es un aspecto fundamental, que debería evitar el hecho de que un estudio concreto de conclusiones opuestas que aparezca en un medio de comunicación pueda dar la vuelta al esta-

do de la ciencia hasta ese momento; la ciencia no se hace así.



Ha de haber también una clara relación entre la dosis-respuesta. En toxicología es un elemento crítico en la valoración de un análisis toxicológico que haya una asociación entre la cantidad del elemento que se analiza, como un campo electromagnético, y el posible daño. Si no hay esa relación no se empiezan a cumplir estos criterios. Posteriormente es necesario que haya evidencias experimentales, ya que todo lo anterior no basta si en los laboratorios de investigación no se ha logrado reproducir aquello que decimos que ocurre. Y finalmente hay que explicar con mecanismos biológicos concretos los efectos sobre la salud, al igual que hoy explicamos el SIDA gracias al virus, o la enfermedad de las vacas locas gracias a los priones.

Todos estos son criterios que deben de ser tenidos en cuenta para una evaluación del riesgo para la salud de cualquier agente, científicamente hablando, y en caso contrario no estamos hablando de ciencia, estamos hablando de la opinión de una persona que hace ciencia. La evaluación del riesgo es algo distinto a lo que realmente nos están mostrando los medios de comunicación, lo cual es algo a tener muy en cuenta.

Finalmente, hay otro elemento fundamental en toxicología, una ley no escrita, que son las características de lo que analizamos. Atendiendo a los campos magnéticos, deben de ser capaces de justificar lo que decimos que hacen, en otras palabras, no se puede atribuir a un elemento como un campo magnético de un tipo determinado efectos que no puede generar. Eso lo entendemos muy bien desde el punto de vista tecno-

lógico, es decir, nadie en su sano juicio dice que por mucho que encendamos una bombilla nos hacemos una radiografía, estamos hablando de campos distintos y de utilidades tecnológicas distintas. Tampoco se pretende transmitir una información a distancia en vez de con una onda de radio con una onda de 50 hercios (Hz).

Eso se entiende perfectamente, pero sin embargo, no se entiende que la misma limitación que hay para las tecnologías que emplean los campos, la hay para sus efectos sobre la salud, es decir, a un campo electromagnético de 50 Hz no puede atribuírsele nunca el efecto ni de una onda de radio ni de una microonda, ni mucho menos de una radiación como los rayos X, porque hay postulados físicos que hacen obvio el absurdo de esta afirmación. Sin embargo esto no se tiene en cuenta, vemos afirmaciones dando propiedades a los campos de 50 Hz que no pueden tener por fundamentos de la física, y eso es muy serio.

Para satisfacer los criterios expuestos anteriormente de evaluación del efecto de los campos electromagnéticos sobre la salud, se hacen dos tipos de estudios, los epidemiológicos y los de laboratorio. Ambos son necesarios para evaluar el riesgo, no basta con un solo tipo de ellos.

**EVIDENCIAS CIENTÍFICAS PARA ESTABLECER EL NIVEL DE RIESGO PARA LA SALUD**



**ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS**

ANÁLISIS DE POBLACIÓN PARA ESTABLECER RELACIONES ENTRE LA EXPOSICIÓN A C.E.M. Y LA INCIDENCIA Y/O FRECUENCIA DE PATOLOGÍAS.



**ESTUDIOS DE LABORATORIO**

INDUCCIÓN Y ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LOS EFECTOS SOBRE LA SALUD ESTABLECIENDO DOSIMETRÍAS Y MECANISMOS BIOMÉDICOS EXPLICATIVOS. PUEDEN SER "IN VIVO" E "IN VITRO"

Los estudios epidemiológicos son análisis estadístico-matemáticos de historiales clínicos, lo cual es fundamental tenerlo en cuenta y no confundirlos con encuestas a la población sobre sí se encuentran mejor o peor o si les duele o no la cabeza desde que se han percatado de la existencia de un transformador, una torre de alta tensión o una antena de telefonía. Son análisis de historiales médicos donde hay pruebas objetivas, no síntomas, los cuales se comparan con la exposición al agente, no siendo suficiente comparar 7, 20 ó 40 historiales, ya que la propia Organización Mundial de la Salud aconseja que se incluya un número

de casos alto para que un estudio epidemiológico esté bien hecho, es decir, un gran número de historias clínicas tanto de sujetos aparentemente expuestos al campo como de otros que no tienen contacto, o por lo menos no tan directo.

Estos estudios epidemiológicos son los que más controversia están generando, no sólo dentro del sector eléctrico, sino en lo referente a toda la tecnología, máxime cuando alguien con ingenio y necesidad de currículum, recopila diversos estudios y hace un meta-análisis en el cual compara estudios que no han sido hechos en conjunto, por lo que se generan conclusiones aparentemente sorprendentes, pero que realmente no tienen consistencia científica porque contradicen los resultados de decenas o de centenares de trabajos bien desarrollados aparecidos en publicaciones científicas reconocidas y que concluyen exactamente lo contrario.

La buena ciencia, por suerte o por desgracia, es silenciosa mientras que los trabajos discrepantes realizados muchas veces sin tanto rigor tienen gran aceptación en los medios, siendo este aspecto algo a tener muy en cuenta.

Por otra parte no es extraño que en ciencia haya opiniones contradictorias, las discrepancias científicas son inherentes a todo campo de la ciencia porque el avance de ésta se debe al acierto-error. Las nuevas teorías se van consolidando en base a lo que dicen la mayoría de los trabajos científicos (consistencia), por lo que no hay que alarmarse cuando algún estudio concreto discrepante salte a los medios, aunque si hay que preocuparse del motivo por el qué se les da tanta cobertura informativa.

Los estudios de laboratorio deben corroborar lo planteado por los epidemiológicos. Los estudios de laboratorio deben ser capaces de reproducir en los laboratorios de investigación aquello que los estudios epidemiológicos dicen que puede pasar, para así realizar un análisis detallado de los efectos sobre la salud.

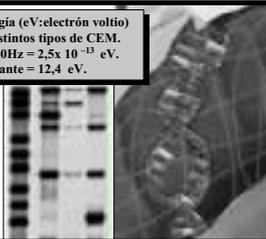
**MECANISMOS BIOFÍSICOS de los CEM: Efectos sobre el material genético (DNA)**

En los CEM No Ionizantes la energía del fotón es más pequeña que la mínima capaz de romper enlaces de DNA

Energía (eV: electrón voltio) de distintos tipos de CEM.

LF 50Hz =  $2.5 \times 10^{-13}$  eV.

Ionizante = 12.4 eV.



**No existe la posibilidad de que CEM No Ionizantes causen Cáncer u otras enfermedades por de dañar el material genético DNA**

Hay un gran número de estudios en relación con los campos electromagnéticos, por razones de tiempo me voy a centrar en los estudios hechos sobre la exposición a campos electromagnéticos de 50 Hz y cáncer. Los estudios epidemiológicos sobre este campo en su gran mayoría, y con gran consistencia, son muy claros. Únicamente hay algunos estudios epidemiológicos aislados, producto muchas veces de estos meta-análisis, que sorpresivamente encuentran una asociación estadísticamente significativa, lo cual ya indica que es muy pequeña, es decir, que hay que hacer estadística para comprobar si lo que vemos puede ser significativo o no. Además, se refieren a exposición a campos de 50 Hz y 0,4 microteslas ( $\mu\text{T}$ ), lo que vulnera el principio de la dosis-respuesta porque esos mismos estudios a 100  $\mu\text{T}$  no encuentran ningún efecto, al igual que tampoco lo hacen a 50  $\mu\text{T}$  ni 75  $\mu\text{T}$ .

Analizando diversos estudios de laboratorio, 250 referencias de los 10 últimos años, se puede observar que cuando se intenta producir cáncer en células de animales mediante campos de 50 Hz, lo que ocurre es que no hay un solo estudio positivo que asocie que los campos de 50 Hz puedan ser origen y causa del cáncer.

Afinando más la búsqueda analizamos si pese a no poder producir cáncer, el campo puede promocionarlo, facilitar, etc. Ninguno de estos estudios que respete el límite de las 100  $\mu\text{T}$  es positivo, mientras que aquellos más controvertidos en sus resultados, el 3,8% del total de los analizados, usan campos 10 veces por encima de las 100  $\mu\text{T}$  y son estudios no replicados. Éste es otro elemento clave a la hora de acreditar un estudio, cuando en un laboratorio de investigación se obtiene algo, es necesario para que sea digno de crédito que otros laboratorios sean capaces de hacer lo mismo y llegar a las mismas conclusiones, de otra manera hay que ponerlo en entredicho.

Igual que les he explicado la sistemática de los estudios del cáncer es importante conocer qué otros aspectos se han estudiado en biología y cuáles son los motivos que nos permiten decir que 100  $\mu\text{T}$  es un límite seguro y no otro. Fundamentalmente se han estudiado efectos sobre el material genético, sobre los posibles mecanismos de producción de enfermedades, sobre efectos en el desarrollo embrionario fetal, el ya mencionado estudio o estudios sobre la posible asociación con el cáncer; los posibles efectos sobre el sistema nervioso o endocrino, los efectos neurológicos, dolores de cabeza, etc.

Analizando la consistencia científica de la mayor parte de estos trabajos se puede concluir que se trata de estudios negativos, respetando los umbrales de 100  $\mu\text{T}$ , por lo que no puede afirmarse que haya efecto alguno de los campos electromagnéticos de 50 Hz y menos de 100  $\mu\text{T}$  en ninguno de los efectos sobre la salud analizados.

**Estudios Experimentales : Resumen**



**Los ESTUDIOS DE LABORATORIO han revelado sobre los Efectos de los CEM :**

- 1.- **EFFECTOS BIOLÓGICOS** no necesariamente nocivos
- 2.- No han encontrado **NINGÚN MECANISMO** que permita establecer una asociación causa efecto entre CEM y enfermedades.



**Los ESTUDIOS DE LABORATORIO prueban que dentro de los niveles normativos internacionales.**

- 1.- No se ha demostrado relación entre CEM y Cáncer
- 2.- No hay relación entre CEM y Abortos o Malformaciones
- 3.- Se han demostrado efectos biológicos pero no asociaciones etiopatogénicas nocivas

Cabe destacar que la conclusión anterior no es mi opinión personal, ya que yo no vendría aquí a darles mi opinión, sino que es el fruto de recoger 870 referencias científicas de una base de datos tan seria como la de la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos, donde se recoge prácticamente todo lo que se publica en biología en el mundo. Además, está recogido por revisiones hechas por grupos de gran solvencia así como por organismos con grandes competencias sanitarias, como es la Organización Mundial de la Salud, que se basan en estas referencias científicas para realizar sus recomendaciones e informes.

A partir de los informes elaborados por parte de la Organización Mundial de la Salud, como de otros grupos de expertos como son el ICNIRP, el NRPB, etc., podemos extraer la conclusión de que no existen evidencias experimentales, esto es, que no existen evidencias afirmativas, pero hay muchas negativas, lo que ocurre es que el lenguaje científico llama evidencias únicamente a las afirmativas, y dar el salto del lenguaje científico al coloquial o a la opinión pública, puede ser confuso.

Por tanto se puede concluir que no hay evidencias experimentales que demuestren efectos nocivos para la salud debido a la exposición de campos electromagnéticos, siempre que se respeten los niveles de referencia y las restricciones básicas impuestas en estos comités de expertos.

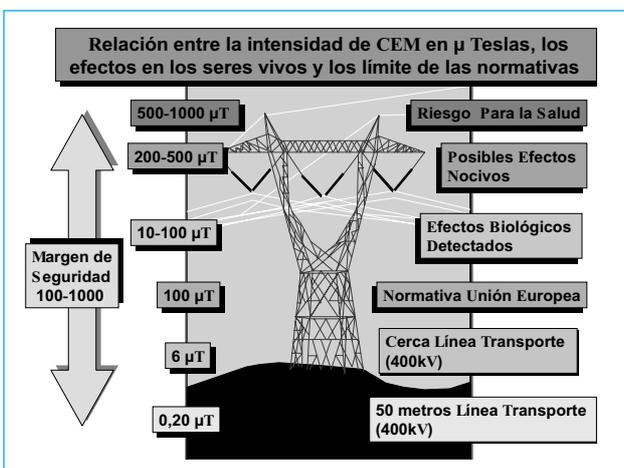
Finalmente hay que analizar cómo se puede conjugar lo que les he comentado de cómo se hace la ciencia, de cómo se establecen los límites que a ustedes les afectan en los sectores industriales y tecnológicos con la realidad.

En los trabajos científicos coherentes se establecen posibles riesgos para la salud entre 500 y 1.000  $\mu\text{T}$ , es decir, a partir de estos órdenes de magnitud no se puede garantizar que nuestra salud no sufra ningún tipo de riesgo. No significa que haya riesgo sino que no se puede garantizar que no lo haya. Entre 200 y 500  $\mu\text{T}$  hay posibles efectos nocivos, ya que dependiendo del estado de la persona se pueden generar o no. Entre las 10 y las 100  $\mu\text{T}$  se generan efectos biológicos en nuestro organismo, es decir, que reaccionamos a estos campos electromagnéticos del mismo modo que reaccionamos a la luz del sol, otro campo electromagnético, por lo que no implica peligro.

La normativa de la Unión Europea fija por este motivo el límite en 100  $\mu\text{T}$  y las mediciones de los valores de campo magnético, que ustedes saben mejor que yo, cerca de una línea de transporte están muy por debajo de este valor, no tan sólo de la normativa europea, sino muy por debajo de donde la ciencia empieza a decir que no se puede garantizar que no haya riesgos en base a los trabajos de investigación.

unos límites de exposición, no hay riesgos para la salud. Y eso tiene que darnos un criterio para posicionarnos frente a posibles noticias, frente a trabajos aislados o frente a aspectos que saltan a los medios de comunicación y que es comprensible que alarmen a la población, pero no es comprensible que al legislador le hagan cambiar sus criterios o que las normativas se vean afectadas, porque éstas deben basarse únicamente en evidencias científicas.

Gracias.



Vivimos con los campos electromagnéticos desde hace mucho tiempo. Desde hace décadas la ciencia viene investigando los posibles efectos de las ondas sobre la salud, para ello emplean los dos tipos de estrategias analizadas anteriormente y que deben de ser respetadas. A partir de estas estrategias hay numerosas evidencias científicas que han permitido a comités de expertos de organismos nacionales e internacionales afirmar que respetando unas reglas del juego,

# PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN Y CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

## *THE PRECAUTIONARY PRINCIPLE AND ELECTROMAGNETIC FIELDS*

**RICARDO DE ÁNGEL YÁGÜEZ**

**Universidad de Deusto**

Licenciado en Derecho y Graduado en la Especialidad Jurídico-Económica por la Universidad de Deusto. Doctor en Derecho por la Universidad de Granada. Catedrático de Derecho civil en la Facultad de Derecho de la Universidad de Deusto desde 1972. Decano de dicha Facultad desde 1975 hasta 1984. Condecorado con la Cruz de Honor de San Raimundo de Peñafort.

Representó a España en el Comité de Expertos del Consejo de Europa, Comisión de "Derecho de los acreedores". Abogado en ejercicio. Autor de trece monografías jurídicas ("Los créditos derivados del contrato de obra", "Una teoría del Derecho", "Apariencia jurídica, posesión y publicidad inmobiliaria registral", "Manual de clases prácticas de Derecho civil", "Tratado de responsabilidad civil", "La doctrina del levantamiento del velo de la persona jurídica en la jurisprudencia", "Algunas previsiones sobre el futuro de la responsabilidad civil", "Responsabilidad civil por actos médicos. Problemas de prueba", etc.). Ha colaborado en treinta y cinco obras colectivas sobre materias jurídicas. Autor de más de noventa artículos en publicaciones de Derecho. Participante en numerosos congresos nacionales e internacionales. Ha impartido docenas de conferencias sobre cuestiones jurídicas y sobre otras materias.



## RESUMEN

La ponencia parte de la siguiente premisa:

El estado de la ciencia del momento actual permite al jurista contar con criterios técnicos suficientes para considerar cuándo la inmisión constituida por un campo electromagnético rebasa los límites de lo tolerable y de lo injusto (según se adopte, respectivamente, la perspectiva de las acciones preventivas o de las de responsabilidad).

Lo que, dicho de otro modo, podría formularse así: el estado actual de la ciencia hace posible, ante determinados “niveles” de emisión electromagnética, pronunciarse sobre su inocuidad o sobre su nocividad para la salud humana.

Pero la reciente “recepción” del denominado principio de precaución plantea una pregunta: la de si ese “principio” constituye un elemento de juicio con el que un Tribunal, juzgando la posible responsabilidad de un empresario, pueda resolver de forma distinta de lo que se desprenda del “estado de la ciencia”, tanto a efectos de ilicitud de una conducta (la del empresario) como en lo que respecta a la relación de causalidad (la atribución del carácter de causa de un daño a la actividad empresarial que se enjuicia).

En esta ponencia propongo la tesis de que el “principio de precaución” no constituye una regla dirigida a los órganos judiciales para el enjuiciamiento de las demandas de responsabilidad civil.

Por decirlo de otro modo, la tesis que sugiero es la de que el “principio” que nos ocupa es una pauta o estrategia de actuación de la que son únicos destinatarios los órganos de la Administración competentes para tomar decisiones (en otras palabras, establecer regulaciones o reglamentaciones), en relación con actividades de todo orden -típicamente, las productivas o industriales, y a veces las de servicios o las comerciales- que se revelen o se consideren como potencialmente peligrosas.

En definitiva, sostengo que el “principio de precaución” no introduce ninguna novedad significativa en los esquemas clásicos o tradicionales del Derecho de daños.

## ABSTRACT

*This paper is based on the following premise:*

*The current state of science provides the jurist with sufficient technical criteria to determine whether the effect of an electromagnetic field exceeds a tolerable limit and when it exceeds an unjust limit (from the point of view of preventive action and responsibility, respectively).*

*Put another way: the current state of science makes it possible to state whether a certain level of electromagnetic activity is innocuous or harmful to human health.*

*However the recent arrival of the so-called precautionary principle asks if this principle constitutes a concept that will allow a court, when determining the possible responsibility of a businessman, to arrive at a decision other than one based on the “state of science” in regard to the illicit nature of a particular conduct (that of the businessman) and in regard to the causal relationship (to attribute the cause of damage to the business activity in question).*

*This paper puts forward the idea that the precautionary principle does not constitute a rule for courts hearing third-party liability claims.*

*Expressed in another fashion, I suggest that this principle is a guideline or strategy of action meant exclusively for government bodies. It guides them in their decisions (ie, in drawing up codes or legislation). It can apply to any type of activity –typically a manufacturing or industrial activity and sometimes a service or commercial activity– that is shown, or considered to be, potentially dangerous.*

*In summary, I hold that the precautionary principle does not contribute anything new to the classic or traditional scheme of Spanish legislation dealing with liability.*

## I. ESTRUCTURA Y OBJETIVO DE ESTA PONENCIA

1. El llamado “principio de precaución” es un concepto que se ha instalado hace muy poco tiempo en el Derecho civil; en concreto, en el ámbito de la responsabilidad civil o Derecho de daños.

Procedente del mundo tecnológico -quizá debiera decirse mejor “tecnocrático”-, parecería como si ese principio (o supuesto principio) ha introducido alguna novedad en las categorías o en el lenguaje propios de la responsabilidad extracontractual; esto es, en el terreno del principio -y éste sí que lo es de verdad- de que quien causa un daño a otro, sea cual fuere el criterio de imputación utilizado, está obligado a repararlo.

En este trabajo propongo la tesis de que el “principio de precaución” no constituye, salvo quizá (y sólo) en el caso al que luego aludiré, una regla dirigida a los órganos judiciales para el enjuiciamiento de las demandas de responsabilidad civil.

Por decirlo de otro modo, la tesis que sugiero es la de que el “principio” que nos ocupa es una pauta o estrategia de actuación de la que son únicos destinatarios los órganos de la Administración competentes para tomar decisiones (en otras palabras, establecer regulaciones o reglamentaciones), en relación con actividades de todo orden -típicamente, las productivas o industriales, y a veces las de servicios o las comerciales- que se revelen o se consideren como potencialmente peligrosas.

En definitiva, sostengo que el “principio de precaución” no introduce ninguna novedad significativa en los esquemas clásicos o tradicionales del Derecho de daños.

2. Pero antes de llegar a ese objetivo, me parece oportuno explicar por qué me propongo esa cuestión, esto es, la razón de ser de la pregunta.

El punto de partida es el de que el régimen de responsabilidad de los suministradores de energía eléctrica y explotadores de otras instalaciones causantes de campos electromagnéticos (se entiende, en grado significativo) puede plantearse en dos planos jurídicos. Uno de ellos es el de responsabilidad por daños producidos a terceros; dicho de otro modo, lo que se conoce por responsabilidad civil. El otro plano es el de posibles daños por el hecho mismo de mantener una

de esas instalaciones, dando lugar con ello a inmisiones en la esfera jurídica de otro (fundamentalmente, en el hogar de otro).

En un trabajo al que enseguida me referiré, me ocupé de esta cuestión previa, para concluir que el criterio determinante del umbral de responsabilidad no puede hallarse sino en el concepto conocido como “estado de la ciencia”.

Pero, con todo, siendo como es esa noción de “estado de la ciencia” un concepto no exento de interrogantes, parece inexcusable preguntarse en qué medida puede verse afectado por el “principio de precaución”.

Dedico el siguiente apartado II a formular las “bases” de estos dos extremos que acabo de mencionar.

## II. LO MANIFESTADO POR MÍ CON ANTERIORIDAD EN TORNO AL OBJETO DE ESTA APORTACIÓN

Mi personal “aproximación” a las dos cuestiones que acabo de mencionar en el apartado I se produjo no hace mucho tiempo. Fue con ocasión del interés que me suscitó una cuestión que -desde hace poco- ha tenido y sigue teniendo notable relieve en nuestro país.

Hablo de la pregunta (“inquietud social”, se ha dicho) sobre si los campos electromagnéticos -señaladamente, los procedentes de antenas de telefonía móvil o de conducciones eléctricas de alta tensión- producen efectos nocivos en la salud humana.

Por eso, como preámbulo o planteamiento de la tesis que me propongo sostener en este artículo, reproduzco ahora los pasajes que al “estado de la ciencia” y al “principio de precaución” dediqué en mi trabajo De nuevo sobre la responsabilidad por inmisiones electromagnéticas: el “estado de la ciencia” como solución jurídica, integrante (páginas 349-410) del libro colectivo La nueva regulación eléctrica. VII Jornadas Jurídicas del Sector Eléctrico, Civitas, Madrid, 2002.

Dedico al “estado de la ciencia” el subapartado A). Y el B) al “principio de precaución”, reproduciendo -según decía- lo que entonces escribí.

A) Sobre el significado del “estado de la ciencia” en relación con los campos electromagnéticos y la responsabilidad derivada en su producción, manifesté entonces:

1. Dicho lo anterior, procede ya formular la aseveración que, a modo de propuesta dialéctica, constituye el objetivo del presente trabajo.

Esa proposición (“tesis”) podría formularse de la siguiente manera:

El estado de la ciencia del momento actual permite al jurista contar con criterios técnicos suficientes para considerar cuándo la inmisión constituida por un campo electromagnético rebasa los límites de lo tolerable y de lo injusto (según se adopte, respectivamente, la perspectiva de las acciones preventivas o de las de responsabilidad).

Lo que, dicho de otro modo, podría formularse así: el estado actual de la ciencia hace posible, ante determinados “niveles” de emisión electromagnética, pronunciarse sobre su inocuidad o sobre su nocividad para la salud humana.

De ser esto así, quedaría excluida la duda o la incertidumbre, que es lo que desde el punto de vista jurídico puede conducir a soluciones “conservadoras” (en concreto, la construida sobre el razonamiento de que, no siendo clara la cuestión, procede adoptar la premisa de que el campo electromagnético enjuiciado puede ser perjudicial para la salud humana).

2. Para desarrollar la proposición que antecede, se hace necesario situar los problemas en sus correspondientes sedes jurídicas.

Como he dicho antes, el criterio objetivo rector del sistema de las inmisiones es el de “lo no tolerable”. En lo que respecta a la responsabilidad civil, el fundamento del reproche es la injusticia o ilicitud del daño (según decimos en Derecho, la antijuridicidad).

Pero me parece que, en lo que al segundo concepto se refiere, esto es, el de la responsabilidad civil, no cabe encontrar la ilicitud más que en un dato: la superación del límite constituido por lo que el perjudicado (o supuesto perjudicado) tiene la necesidad de soportar.

Estas últimas palabras me mueven a formular una breve observación sobre lo que con frecuencia se suele decir al hablarse de las circunstancias que excluyen la antijuridicidad de un daño.

No es infrecuente afirmar que un daño no entraña responsabilidad para quien lo produce, cuando quien lo padece se encuentra en una situación en la que se justifica que tenga que soportarlo.

En nuestra vida hay infinitas situaciones en las que algo nos produce un daño, entendida esta palabra en su acepción más amplia de malestar, contrariedad o

molestia. Vivir en un primer piso, bajo el cual hay una cafetería, significa sufrir unas molestias que probablemente no experimenta el que habita en la segunda o en la tercera plantas. Pero decimos que el ocupante del piso primero no sufre un daño injusto cuando el ruido que procede de la cafetería no excede de los niveles razonables de tolerancia.

Lo que ocurre es que, a veces, al delimitar el concepto de antijuridicidad o ilicitud de un daño, solemos excluir la hipótesis en la que el “perjudicado” tiene el deber jurídico de soportarlo.

Es ejemplo muy revelador de esto último el constituido por lo que declaran los artículos 139 y 141 de la Ley de régimen jurídico de las Administraciones Públicas y del procedimiento administrativo común, en su redacción resultante de la Ley de 13 de enero de 1999.

Del primero de los preceptos citados resulta la responsabilidad de la Administración por los daños que los particulares sufran en cualquiera de sus bienes o derechos, salvo en los casos de fuerza mayor, siempre que la lesión sea consecuencia del funcionamiento normal o anormal de los servicios públicos.

El artículo 141, apartado 1, en su redacción originaria de 1992, declaraba que sólo serán indemnizables las lesiones producidas al particular provenientes de daños que éste no tenga el deber jurídico de soportar de acuerdo con la Ley. Ese texto se mantiene en la redacción de 1999, pero añadiéndose las siguientes palabras: “No serán indemnizables los daños que se deriven de hechos o circunstancias que no se hubiesen podido prever o evitar según el estado de los conocimientos de la ciencia o de la técnica existentes en el momento de producción de aquéllos...”

El inciso primero del apartado 1 del artículo 141 expresa, con todo rigor a mi juicio, un “límite” a la antijuridicidad del daño: el constituido por el hecho de que quien lo sufre tenga que soportarlo.

Lo que no me parece tan correcto, sin embargo, es que se use la expresión de “deber jurídico de soportar”, porque creo que no se trata en realidad de un problema de deberes jurídicos. A mi entender, volviendo al ejemplo antes propuesto (el de quien vive en el primer piso, justo encima de una cafetería), no se trata precisamente de que esa persona tenga el deber jurídico de soportar el ruido que de ella procede, sino que -simplemente- se encuentra en situación que no le permite alegar que el ruido es insoportable. Dicho de otro modo, me parece que no es una cuestión de

deberes sino de necesidades: la convivencia nos somete a la de tener que admitir (“aguantar”, en términos coloquiales) un fenómeno, el ruido, que como tal puede ser una molestia o inconveniente.

Pero he aquí que, tanto se hable de “deber jurídico” de soportar un daño, como de “necesidad” de hacerlo, en el fondo estamos volviendo al mismo criterio que el propio de las inmisiones: el de lo que es tolerable.

Cuando, regresando al artículo 141 de la Ley de régimen jurídico de las Administraciones Públicas, se habla de “deber jurídico de soportar un daño de acuerdo con la Ley”, no se trata tanto de remisión a leyes que contemplen específicamente, y uno por uno, todos los daños que alguien tiene que soportar, sino que lo que verdaderamente se hace en esa norma es remitir -más que a “la Ley”- a los criterios legales de los que resulta el límite entre lo que se debe y lo que no se debe soportar.

En definitiva, el texto entraña un envío al significado legal de lo tolerable; con lo que viene a resultar, como decía, que estamos ante un concepto similar al que rige en la doctrina de las inmisiones. Al igual que ocurría allí (recuérdese lo antes dicho sobre el artículo 590 del Código civil), acabamos encontrándonos abocados a lo que a juicio de peritos o expertos deba considerarse como tolerable o intolerable.

3. Ese juicio de peritos, según creo, no puede ser otro que el constituido por el denominado “estado de la ciencia”; esto es, lo que los conocimientos de la ciencia o de la técnica, en un momento dado, consideren que es posible (o no es posible, según se mire) prever o evitar. Esta última formulación es, precisamente, la que se extrae del segundo inciso del apartado 1 del artículo 141 de la Ley de régimen jurídico de las Administraciones Públicas, procedente de la reforma de 13 de enero de 1999.

La misma idea es la que subyace en la causa de exoneración de responsabilidad (del fabricante o del importador) contemplada en el artículo 6.1.e) de la Ley sobre responsabilidad civil por los daños causados por productos defectuosos, de 6 de julio de 1994. El fabricante o el importador no serán responsables si prueban “que el estado de los conocimientos científicos y técnicos existentes en el momento de la puesta en circulación (del producto) no permitía apreciar la existencia del defecto”.

Tanto en un caso como en otro, a mi entender, el “estado de la ciencia” es un elemento de exclusión de

la antijuridicidad: el comportamiento del agente no es ilícito porque el estado de los conocimientos científicos y técnicos existente al producirse el daño (o, en su caso, al crearse el riesgo de que se produzca) no le permitían preverlo ni evitarlo”.

En aquel trabajo de 2002 me ocupaba, a continuación, de la aplicación del “estado de la ciencia” al concreto problema de los campos electromagnéticos.

Decía entonces:

“1. Procede ahora, por tanto, examinar qué nos dice el real “estado de la ciencia”.

a) Por su autoridad, por su ámbito y porque es un documento “de referencia” en otros posteriores, atribuyo el primer lugar a la Recomendación del Consejo de la Unión Europea de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos.

En el preámbulo se dice que “es absolutamente necesaria la protección de los ciudadanos de la Comunidad contra los efectos nocivos para la salud que se sabe pueden resultar de la exposición a campos electromagnéticos”. Y un poco más adelante, en el mismo preámbulo: “Es necesario establecer un marco comunitario para la exposición a los campos electromagnéticos con objeto de proteger a los ciudadanos por medio de recomendaciones dirigidas a los Estados miembros”.

La Recomendación pone de manifiesto que ya en 1994 el Parlamento Europeo invitó a la Comisión a proponer medidas legislativas para limitar la exposición de los trabajadores y del público en general a la exposición electromagnética no ionizante.

El texto comunitario, como no podía menos de ser, especifica las autoridades científicas en que se basa. El apartado 10 del preámbulo manifiesta al respecto: “El marco comunitario para hacer uso de la amplia recopilación de documentación científica ya existente debe basarse en los mejores datos y asesoramiento científicos disponibles en el momento actual en este ámbito y que debería incluir restricciones básicas y niveles de referencia en relación con la exposición a campos electromagnéticos, recordando que únicamente se han utilizado efectos comprobados como base para la limitación recomendada de las exposiciones: la Comisión internacional de protección contra las radiaciones no ionizantes (ICNIRP) ha prestado asesoramiento a este respecto, asesoramiento que ha sido respaldado por el Comité Científico Director de la Comisión”.

La Recomendación, por otro lado, se cuida de puntualizar que tiene como objetivo proteger la salud de los ciudadanos y que, por lo tanto, se aplica en especial a las zonas en las que los ciudadanos pasan un lapso de tiempo significativo en relación con los efectos cubiertos por la propia Recomendación. Observación que merece la pena resaltar, porque las “restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos” a que luego me referiré están pensadas para exposiciones “normales”, entendiendo por tales las del ciudadano medio en su vida cotidiana.

Cumple señalar que, previamente a la Recomendación que nos ocupa, el Comité Científico Director de la Comisión Europea (que se califica a sí mismo como “un organismo científico neutral e independiente”) fue requerido por la propia Comisión para que manifestase su opinión sobre los posibles efectos en la salud derivados de la exposición a campos electromagnéticos en frecuencias de 0 Hz-300 GHz).

La primera cuestión planteada al Comité fue la consistente en “una opinión en torno a los efectos sobre la salud, no térmicos (a largo plazo), de la exposición a campos electromagnéticos, en particular con referencia a las pruebas epidemiológicas y también a las pruebas biofísicas y biológicas, en relación con los efectos genéticos y relativos al cáncer; efectos sobre el sistema inmunológico y efectos sobre el sistema nervioso”.

El Comité Científico Director, en su sesión de 25-26 de junio de 1998, dijo a este respecto: “En relación con la exposición no térmica a campos electromagnéticos, la literatura disponible no proporciona pruebas suficientes para concluir que se produzcan efectos a largo plazo como consecuencia de esa exposición”.

La intervención del Comité Científico Director estaba justificada porque el Consejo de la Unión Europea venía manejando los informes del ICNIRP (Comisión internacional para la protección frente a las radiaciones no ionizantes), en los que sólo se habla de efectos a corto plazo y comprobados; para ellos establece un nivel de protección de 100 microteslas, mientras que en la opinión pública se había introducido la idea de que estudios epidemiológicos relacionan la leucemia infantil con campos de 0,2 ó 0,4 microteslas.

De ahí que el Comité manifestara que no hay estudios suficientemente sólidos como para establecer la existencia de una relación causa-efecto entre esas pequeñas magnitudes de microteslas y una mayor incidencia de efectos no térmicos. Y de ahí, también, que

su conclusión fuera la de que sólo se puede legislar sobre lo que se conoce bien, que son los efectos agudos y a corto plazo, tal y como había dicho la ICNIRP.

Dicho esto, corresponde examinar cuál es el nivel de protección de la salud, según la Recomendación comunitaria, contra la exposición a los campos electromagnéticos, tanto en lo que se refiere a los efectos agudos o a corto plazo como a los efectos a largo plazo.

La Recomendación se articula técnicamente sobre dos criterios o conceptos fundamentales. Son las “restricciones básicas” y los “niveles de referencia”. Las primeras representan las restricciones de la exposición a los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos de tiempo variable, basadas directamente en los efectos sobre la salud conocidos y en consideraciones biológicas. Los niveles de referencia se ofrecen a efectos prácticos de evaluación de la exposición, para determinar la probabilidad de que se sobrepasen las restricciones básicas; algunos niveles de referencia se derivan de las restricciones básicas pertinentes, utilizando mediciones o técnicas computerizadas, y algunos se refieren a la percepción y a los efectos adversos indirectos de la exposición a los campos electromagnéticos.

La restricción básica en densidad de corriente se expresa en miliamperios por metro cuadrado (en concreto, 2 mA/m<sup>2</sup>, cuadro 1 del Anexo II, cuarta línea de la tabla). El uso de diversos modelos matemáticos y la introducción de ciertos factores de seguridad permiten calcular (y eso es lo que hace la Recomendación) el nivel de referencia, cuyo cumplimiento asegura que se cumpla también la restricción básica; y además, con un amplio margen de confianza o seguridad.

Ese nivel de referencia resulta de aplicar la fórmula  $5/f$ , del cuadro 2 del Anexo III, donde  $f$  es la frecuencia expresada en kilohercios. Habida cuenta de que 50 hercios son 0,05 kilohercios, el resultado de la división de la fórmula es el citado de 100 microteslas.

Esta magnitud, pues, constituye -para el caso que nos ocupa- el criterio definido por la Comunidad Europea, que es tanto como decir la más alta autoridad científica a la que se podría acudir.

La Recomendación, consciente de la preocupación ciudadana sobre los posibles efectos a largo plazo, incluye una “nota” en su Anexo I (apartado de “restricciones básicas y niveles de referencia”), en la que se dice: “Estas restricciones básicas y niveles de referencia para limitar la exposición han sido desarrollados a partir de un minucioso estudio de toda la bibliografía cien-

tífica publicada. Los criterios aplicados en este estudio fueron fijados para evaluar la credibilidad de las diversas conclusiones alcanzadas; únicamente se utilizaron como base para las restricciones de exposición propuestas efectos comprobados. No se considera comprobado que el cáncer sea uno de los efectos de la exposición a largo plazo a los CEM. Sin embargo, puesto que existen cerca de 50 factores de seguridad entre los valores límite en relación con los efectos agudos y las restricciones básicas, esta Recomendación abarca implícitamente los posibles efectos a largo plazo en toda la gama de frecuencia”.

Con todo, procede poner de relieve que una exposición a un campo electromagnético de 100 microteslas no es una situación “normal”, ni mucho menos, para un ciudadano medio. O, por usar palabras del preámbulo de la propia Recomendación, no es un valor natural para lugares en los que el ciudadano “pasa un lapso de tiempo significativo”.

A estos efectos, téngase presente, por ejemplo, que el valor en microteslas, justamente debajo de una línea de alta tensión de 500 kilovoltios, es de alrededor de 8; a 20 metros de esa línea, el valor es de en torno a 3; y a 91 metros es entre 1 y 1,5. Si tomo estas referencias es, naturalmente, porque incluso para el “hombre de la calle” la línea de alta tensión representa -digámoslo en términos coloquiales- el mayor riesgo de la energía eléctrica.

b) La no peligrosidad para la salud humana de los campos electromagnéticos derivados de las conducciones eléctricas se había manifestado ya en el extenso informe de febrero de 1998, elaborado por el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), dependiente del Gobierno.

En la página 16 del informe, como “conclusiones”, se dice: “Este informe presenta la revisión de la información científica y técnica más significativa, actualmente disponible a nivel internacional, sobre efectos de los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (50-60 Hz). Dicha información no proporciona evidencias de que la exposición a campos electromagnéticos generados por las líneas eléctricas de alta tensión suponga un riesgo para la salud de las personas o el medio ambiente.

Los estudios epidemiológicos y experimentales no demuestran que estos campos produzcan cáncer, efectos sobre la reproducción y el desarrollo de alteraciones mentales y del comportamiento. Desde el punto

de vista físico y biológico, no se han podido identificar mecanismos que expliquen cómo estos campos podrían producir efectos adversos en el organismo”.

c) A conclusión similar se llega en la obra Cinco años de investigación sobre los efectos biológicos de los campos electromagnéticos de frecuencia industrial en los seres vivos, trabajo que recoge los resultados de la colaboración científica entre la Universidad de Valladolid, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, UNESA y Red Eléctrica de España.

En su página 21 se dice: “Por lo tanto, con la información disponible actualmente y los datos aportados por esta investigación podemos afirmar que la relación entre campos electromagnéticos de frecuencia industrial y enfermedades como cáncer o malformaciones congénitas resulta altamente improbable a los niveles que se encuentran en la cercanía de las instalaciones eléctricas de alta tensión”.

d) El Gobierno español ha hecho un explícito reconocimiento de que la Recomendación comunitaria recoge el estado de la ciencia en la actualidad. Así se desprende del informe del Ministerio de Sanidad y Consumo titulado Campos electromagnéticos y salud pública (Resumen informativo elaborado por el Ministerio de Sanidad y Consumo a partir del informe técnico realizado por el Comité de Expertos Independientes), Madrid, 11 de mayo de 2001.

En este documento se dice: “Tras la investigación llevada a cabo, el Comité de Expertos constituido a instancias del Ministerio de Sanidad y Consumo para analizar la incidencia de los campos electromagnéticos (CEM) en la salud concluye que, a la luz de los conocimientos científicos actuales, se puede afirmar que: La exposición a campos electromagnéticos no ocasiona efectos adversos para la salud, dentro de los límites establecidos en la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea (1999/519/CE), relativa a la exposición del público a campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz. El cumplimiento de la citada Recomendación es suficiente para garantizar la protección sanitaria de los ciudadanos”.

De otro lado, en las mismas “conclusiones finales” se lee: “En experimentos de laboratorio, se han detectado respuestas biológicas que, sin embargo, no son indicativas de efectos nocivos para la salud; no se ha identificado, hasta el momento, ningún mecanismo biológico que muestre una posible relación causal entre la expo-

sición a CEM y el riesgo de padecer alguna enfermedad; a los valores de potencia de emisión actuales, a las distancias calculadas en función de los criterios de la Recomendación, y sobre las bases de la evidencia científica disponible, las antenas de telefonía y los terminales móviles no representan un peligro para la salud pública”.

e) Pero donde los criterios técnicos contenidos en la Recomendación de la Unión Europea han encontrado explícito soporte normativo es en el Real Decreto de 28 de setiembre de 2001 (BOE del 29), por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a ellas.

En su preámbulo se encuentra: 1. La mención del hecho de que los ciudadanos se ven sometidos inevitablemente a la exposición de campos electromagnéticos. 2. La circunstancia de que la diversidad en la oferta de servicios de telecomunicaciones requiere la existencia de un elevado número de instalaciones radioeléctricas. 3. La observación de que la Ley General de Telecomunicaciones prevé un desarrollo reglamentario en el que se incluya la “determinación de los niveles de emisión radioeléctrica tolerables y que no supongan un peligro para la salud pública”. 4. La cita de la Recomendación del Consejo de la Unión Europea de 12 de julio de 1999, cuyos objetivos se resumen.

Mas lo verdaderamente significativo, ya en el propio Reglamento, es que su artículo 6, al definir los límites de exposición para la protección sanitaria y evaluación de riesgos por emisiones radioeléctricas, establece como tales los que figuran en el anexo II de la propia disposición. Y allí se reproducen textualmente los correspondientes criterios, reglas y cuadros de la Recomendación europea.

Esta circunstancia me mueve a proponer la afirmación de que aunque el ámbito de aplicación del Reglamento (artículo 2) sea sólo el de emisiones de energía en forma de ondas electromagnéticas, que se propagan por el espacio sin guía artificial, y que sean producidas por estaciones radioeléctricas de radiocomunicaciones o recibidas por estaciones del servicio de radioastronomía, la normativa examinada es también jurídicamente eficaz (en el sentido de “aplicable”) para el caso de campos electromagnéticos derivados de las conducciones eléctricas; esto es, para lo que constituye el objeto del presente trabajo.

Los niveles de emisión radioeléctrica tolerables y que no suponen un peligro para la salud pública, esto es, los referidos en el Reglamento que ahora me ocupa, se han establecido por el Gobierno como consecuencia de la previsión del artículo 62 de la Ley General de Telecomunicaciones de 24 de abril de 1998. Es decir, el Reglamento desarrolla el mandato legal de establecimiento de niveles de garantía; en este caso, en el ámbito de las telecomunicaciones.

Esto es lo que se manifiesta en el preámbulo del Real Decreto en que nos encontramos. En el mismo lugar se advierte cómo el Reglamento por él aprobado asume los criterios de protección sanitaria frente a campos electromagnéticos establecidos en la Recomendación del Consejo de Ministros de la Unión Europea de 12 de julio de 1999, que tantas veces vengo citando.

Pues bien, la misma autoridad científica es la que permite afirmar que la mentada Recomendación constituye el soporte técnico de las exigencias de seguridad y calidad que proclaman los artículos 2 y 51 de la Ley del Sector Eléctrico de 27 de noviembre de 1997. Preceptos que imponen, para esa actividad, la protección de las personas y del medio ambiente.

Dicho de otro modo: las mismas razones que justifican la aplicación de los criterios o límites de la Recomendación europea al ámbito de las telecomunicaciones son las que permiten extender esos criterios y límites al terreno de las emisiones electromagnéticas en materia de suministro de energía eléctrica.

Y esto, porque la Recomendación de la Unión Europea no distingue entre “fuentes” o “procedencias” de los campos electromagnéticos, sino que establece “límites de exposición” a dichos campos, cualquiera que sea su origen.

f) Por fin, cuando se escriben estas líneas nos es posible contar con otro documento científico de especial relevancia.

Me refiero al informe emitido por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de octubre de 2001, sobre “posibles efectos de los campos electromagnéticos residenciales sobre la salud humana”.

De este informe cabe destacar:

En primer lugar, su objeto. Al respecto se dice: “El presente informe se refiere a fuentes de campos electromagnéticos de baja frecuencia asociados a la distribución de electricidad; fuentes que incluyen, específicamente, líneas de transporte, subestaciones y líneas de

distribución. Aunque los diferentes electrodomésticos son fuente de campos magnéticos, no se contemplan en él.

En segundo término, su formidable soporte bibliográfico, en el que -como no podía menos de ser- se recogen las más autorizadas y recientes publicaciones científicas.

Por fin, sus conclusiones. En lo que ahora interesa, destaco la contundencia del párrafo final del apartado así titulado. Se dice allí: "Por todo ello, la observancia de las restricciones básicas que recoge la Recomendación referida (es la del Consejo de la Unión Europea de 12 de julio de 1999) garantiza, hasta donde hoy se conoce, la protección de la salud".

2. Al concluir el análisis de los documentos científicos precedentes, no parece ni gratuito ni temerario defender que se ha probado la proposición que constituye el centro de gravedad del presente trabajo.

Esto es, que en el momento actual contamos con argumentos para sostener que emisiones electromagnéticas de valores inferiores a 100 microteslas -en lo que es la vida normal de cualquier ciudadano, o dicho de otro modo, en los lugares en que éste pasa un lapso de tiempo significativo- no constituyen riesgo para su salud".

B) En mi citado trabajo de 2002, también hice una primera aproximación a la pregunta de si el "principio de precaución" puede entrañar -siempre a efectos de la responsabilidad de un empresario- alguna suerte de "deformación" o "puesta en cuestión" del concepto básico de estado de la ciencia.

A tal efecto, decía entonces:

"No puede considerarse agotada la cuestión sin aludir al significado del llamado "principio de precaución".

a) Al igual que ha ocurrido en relación con otros fenómenos supuestamente creadores de riesgos para la salud humana, los campos electromagnéticos han puesto sobre el tapete este principio, no habitual en el discurso jurídico (al menos, en el jurídico-privado).

Por "principio de precaución" se conoce la regla de cautela recogida en el artículo 174 de la versión consolidada del Tratado de la Unión Europea, y que ha sido objeto de alguna jurisprudencia comunitaria. Según este principio, la inexistencia de certeza científica plena sobre los posibles efectos nocivos que puede producir un determinado fenómeno no exime de la adopción de las precauciones que la prudencia recomienda .

A efectos de ilustrar sobre este principio, conviene tomar en consideración el documento denominado Comunicación de la Comisión sobre el recurso al principio de precaución, fechado en Bruselas el 2 de febrero de 2000 e identificado como "COM (2000) 1".

En este documento comunitario se dice: "El principio de precaución no está definido en el Tratado, que sólo lo menciona una vez, para la protección del medio ambiente, pero, en la práctica, su ámbito de aplicación es mucho más vasto, y especialmente cuando la evaluación científica preliminar objetiva indica que hay motivos razonables para temer que los efectos potencialmente peligrosos para el medio ambiente y la salud humana, animal o vegetal puedan ser incompatibles con el alto nivel de protección elegido para la Comunidad".

En la Recomendación de la Unión Europea sobre los campos electromagnéticos (apartado 19 del preámbulo) se hace una velada alusión al principio que nos ocupa, cuando se dice: "Los Estados miembros deben estar al tanto del progreso de la tecnología y de los conocimientos científicos con respecto a la protección contra la radiación no ionizante, teniendo en cuenta el aspecto de precaución, y deben disponer exámenes y revisiones periódicos, con la realización periódica de evaluaciones a la luz de la orientación que ofrezcan las organizaciones internacionales pertinentes, como la Comisión internacional de protección contra las radiaciones no ionizantes".

Tampoco falta una alusión a este principio en el documento científico de los Profesores Bernhardt, Vecchia y Leitgeb a que me he referido antes. Como se recordará, se trata del titulado Scientific Comment on Individual Statements of Concern About Health Hazards of Weak EMF y dirigido al Parlamento Europeo en noviembre de 2001. En su carta de remisión, concretamente, los autores consideran que quienes tienen que tomar decisiones "podrían considerar apropiado poner en práctica una política de precaución, como ha sido formulada en el documento de la Comisión llamado COM (2000) 1".

El principio se recoge también expresamente en las conclusiones del Resumen informativo del Ministerio de Sanidad y Consumo a que antes me he referido. Se dice allí que, "en cumplimiento del principio de precaución, y a pesar de la ausencia de indicios de efectos nocivos para la salud, conviene fomentar el control sanitario y la vigilancia epidemiológica, con el fin de

hacer un seguimiento a medio y largo plazo de las exposiciones a campos electromagnéticos”.

b) Teniendo en cuenta lo anterior, y a la luz del tan citado documento COM (2000) 1, parece oportuno formular algunas consideraciones.

b.1) En primer lugar, el “principio de precaución” constituye una guía o criterio de actuación dirigido a los responsables políticos, como se manifiesta reiteradamente en el mentado documento de la Comisión. Esos responsables políticos -dice la Comunicación- se enfrentan constantemente al dilema de encontrar un equilibrio entre la libertad y los derechos de los individuos, de la industria y de las empresas, y la necesidad de reducir el riesgo de efectos adversos para el medio ambiente y la salud humana, animal o vegetal.

El propósito de la Comunicación queda bien claro en su apartado 2 (“objetivos de la presente Comunicación”), al manifestarse que tal propósito es “informar a todas las partes interesadas, en particular al Parlamento Europeo, al Consejo y a los Estados miembros, sobre el modo en que la Comisión aplica o pretende aplicar el principio de precaución cuando se ve obligada a tomar decisiones relativas al control del riesgo”.

Por otro lado, son constantes los pasajes del documento comunitario en que se identifica a los “responsables políticos” como destinatarios del mismo. Y las “medidas” que se derivan del recurso al principio de precaución son de carácter legal o administrativo (esto es, medidas legales en sentido amplio).

En resumen, la expresión principio de precaución es propia del lenguaje político, no del jurídico.

Tampoco se concilia este principio con los métodos de la investigación científica. Esta opera sobre datos, no sobre suposiciones. Por eso, se puede afirmar que, a pesar del nombre de “principio” que se le atribuye, el concepto que nos ocupa no es, en absoluto, un principio científico.

Estas dos afirmaciones que acabo de hacer parecen encontrar explícito reflejo en el pasaje de la Comunicación del Consejo en que se dice: “No debe confundirse el principio de precaución, utilizado esencialmente por los responsables políticos para la gestión del riesgo, con el elemento de precaución que los científicos aplican en su evaluación de los datos científicos” (“resumen”, número 4).

b.2) En segundo lugar, y cuando se trata de productos o actividades regladas (esto es, para los que ya

existen límites legalmente establecidos), el principio de precaución no es sino inevitable concesión a una idea a la que antes me he referido, esto es, la de la “relatividad” de los conocimientos científicos, sujetos como están a una constante revisión.

De ahí que sean tan abundantes las normas comunitarias en que se insta a los Estados a un permanente esfuerzo de investigación en el terreno de que en cada caso se trata .

Pero esto no impide dejar bien sentado que la Comunicación no modifica ni afecta a las disposiciones del Tratado de la Unión Europea ni al Derecho derivado comunitario. Lo que significa, en la cuestión que nos ocupa, que queda intacto el contenido de la Recomendación europea sobre campos electromagnéticos, de 12 de julio de 1999.

El “principio de precaución” constituye, pues (procede repetirlo), una de las medidas “políticas” que pueden adoptarse en la valoración de los riesgos.

Desde luego, esa “política cautelar” no es la única que se ha propuesto.

En Estados Unidos ha tenido cierto éxito la política conocida como prudent avoidance (“evitación prudente”). En lo que se refiere a nuestra materia, la prudent avoidance significa la adopción de medidas que sean “sencillas”, “fácilmente realizables” y “de bajo costo” para reducir la exposición a campos electromagnéticos, aun en ausencia de un riesgo demostrable.

Por ejemplo, esta evitación prudente sería aplicable a las nuevas conducciones eléctricas, en las que pequeñas modificaciones de diseño podrían reducir los niveles de exposición a campos electromagnéticos; pero no justificaría la modificación de las conducciones ya existentes, medida que resultaría muy cara.

Otro criterio de “política cautelar” es el que se conoce como ALARA (acrónimo de las palabras inglesas As Low As Reasonably Achievable ). Con esta expresión se identifica una estrategia útil para situaciones en las que no se sabe si existe un riesgo “cero”, incluso con valores de exposición muy bajos; por ejemplo, las radiaciones ionizantes. En estos casos, los valores recomendados se fijan en función del “riesgo aceptable” definido previamente, aunque se procura mantener una exposición “tan baja como sea posible” para minimizar ese riesgo, teniendo en cuenta el coste, la tecnología disponible, los beneficios para la salud y la seguridad del público y otros aspectos sociales y económicos.

b.3) En tercer lugar, hay que hacer notar los siguientes postulados del documento COM (2000) I:

El principio de precaución se justifica “cuando la evaluación científica preliminar objetiva indica que hay motivos razonables para temer efectos potencialmente peligrosos” que puedan ser incompatibles con el nivel de protección elegido por la propia Comunidad europea. Esto se dice en el número 3 del “resumen” con que se abre el documento.

Además, en el número 4 del mismo “resumen” se lee: “El recurso al principio de precaución presupone que se han identificado los efectos potencialmente peligrosos derivados de un fenómeno, un producto o un proceso, y que la evaluación científica no permite determinar el riesgo con la certeza suficiente”.

La hipótesis de “incertidumbre científica”, como presupuesto de la puesta en práctica del principio de precaución, se cita también en el número 5 del “resumen” del documento comunitario que nos ocupa.

Más adelante, ya en el texto propiamente dicho (apartado 5.1, “los factores que desencadenan el recurso al principio de precaución”), la Comunicación dice que ese recurso presupone:

“- La identificación de efectos potencialmente peligrosos que se derivan de un fenómeno, de un producto o de un proceso;

- Una evaluación científica de los riesgos que, debido a la insuficiencia de los datos, a su carácter no concluyente o a su imprecisión, no permite determinar con una certeza suficiente el riesgo en cuestión”.

Trasladando todo ello al caso de los campos electromagnéticos derivados de lo que es objeto de mi estudio, es decir, las conducciones eléctricas, considero que ninguno de los presupuestos planteados por la Comunicación comunitaria justifican la aplicación del principio de precaución.

Y esto, por varias razones:

En la materia objeto del presente trabajo, el estado actual de la ciencia descarta efectos peligrosos por debajo de unos determinados valores de campos electromagnéticos.

Por otro lado, tampoco concurre aquí la circunstancia de que la evaluación científica no haya podido determinar el riesgo con la certeza suficiente.

Esto es, no se da la “incertidumbre científica” que está en la base del principio de precaución.

Por lo demás, los valores adoptados por la Recomendación europea sobre los campos electro-

magnéticos ya están dotados de la correspondiente cautela, puesto que reduce en 50 (es decir, divide por 50) los valores límite en relación con los efectos agudos. Precisamente por esto, la Recomendación abarca no sólo los efectos a corto y medio plazos, sino también los a largo plazo (en toda la gama de frecuencia).

Así se advierte en la nota del apartado B (“restricciones básicas y niveles de referencia”), del Anexo I de la propia Recomendación. No obstante, he de advertir que el texto en español no es, a mi juicio, muy afortunado. La “división por 50” a que me refiero queda más clara en la versión inglesa de la Recomendación. En el pasaje correspondiente, la redacción en inglés dice: “However, since there are safety factors of about 50 between the threshold values for acute effects and the basic restrictions, this recommendation implicitly covers possible long-term effects in the whole frequency range”.

Así se explica que en el cuadro I del Anexo de la Recomendación (lo mismo ocurre en el correspondiente cuadro del Real Decreto de 28 de setiembre de 2001) se adopte como límite de “densidad de corriente inducida” -para la frecuencia de 50 Hz- el de 2 miliamperios por metro cuadrado, siendo así que el umbral de riesgo detectado por ICNIRP, para esa frecuencia, se situaba en 100 miliamperios por metro cuadrado. Es patente, así, la “división por 50” a que me vengo refiriendo; esto es, la adopción de una severa reducción de las cifras, precisamente para garantizar una mayor seguridad. Esto es, por cautela.

c) No está de más dedicar unas palabras a lo que sobre la carga de la prueba se dice en el documento COM (2000) I, que me viene ocupando.

c.1) A la carga de la prueba se refieren los últimos párrafos del apartado 6 del “resumen” con que comienza la Comunicación. Y luego se desarrolla este extremo en el apartado 6.4.

El documento advierte que cuando se trata de “productos” en los que la normativa comunitaria o nacional aplican el principio de autorización previa (es decir, autorización para la comercialización del “producto”), esta fórmula supone ya una manera de aplicar el principio de precaución, en el sentido de que el legislador invierte la carga de la prueba al partir de la base de que esos “productos” son considerados peligrosos mientras no se demuestre lo contrario. Hasta que el nivel de riesgo no pueda ser evaluado con la certeza suficiente -a cuyo efecto son las empresas las que han de realizar las investigaciones necesarias-, el legislador

no cuenta con un fundamento jurídico bastante para autorizar la utilización del “producto”.

Cuando no existe un procedimiento de autorización previa, tendrían que ser los usuarios, las asociaciones de consumidores o la autoridad pública quienes tuviesen que demostrar la naturaleza de un peligro y el nivel de riesgo del “producto”. No obstante, el documento añade que el principio de precaución puede implicar en algunos casos que revierta sobre el fabricante la carga de la prueba.

Me parece, aunque el documento no lo dice de forma expresa, que se está aludiendo al principio jurídico-procesal de la “facilidad probatoria”, a que más arriba me he referido. La idea, en mi interpretación, es la de que al empresario se le supone dotado de mejores medios (técnicos y económicos) para probar la inocuidad del “producto” que los que el consumidor posee para demostrar su nocividad.

Con todo, el documento de la Comisión advierte que esa eventual inversión de la carga de la prueba “no puede preverse sistemáticamente como principio general”.

c.2) Pero aunque de esa forma excepcional se acordara al instrumento procesal de inversión de la carga de la prueba -fórmula además difícil de imaginar en una actividad tan minuciosamente reglada como es la de distribución y transporte de electricidad--, sería necesario tener presente un extremo que más arriba me ha ocupado.

Me refiero al hecho de que la certeza científica no existe mientras quepa la posibilidad de que una nueva observación o un nuevo experimento encuentren un efecto inicialmente no hallado.

Como he señalado antes, el método científico no permite establecer la ausencia de un efecto. Por tanto, sería un despropósito la pretensión de que, a pesar de todo, se probara.

Por acudir a un ejemplo imaginario, la ciencia podría probar que el café tiene efectos cancerígenos. Pero nunca podrá probar que no los tiene.

b.4) También procede poner el énfasis en un extremo que juzgo de capital importancia en esta materia: es la afirmación de que el “principio de precaución” no constituye un criterio que tenga por destinatarios a los órganos judiciales.

El documento comunitario COM (2000) I sólo formula tal principio -según hemos visto- a modo de orientación para la toma de decisiones “normativas”. En la amplia bibliografía norteamericana sobre este

“principio” es constante el uso de la palabra “approach”, porque, efectivamente, se trata de un enfoque dirigido a quienes tienen que tomar “decisiones”, entendida esta palabra como “disposiciones” o “regulaciones”.

Podría ocurrir incluso que, por disposición legal, el “principio de precaución” constituyese no ya sólo un criterio de orientación para quien debe regular, es decir, una especie de objetivo, sino un auténtico imperativo que la Administración está obligada a observar. De hecho, y a modo de ejemplo, los Gobiernos de algunos Estados de Estados Unidos han dado un significado normativo al “principio de precaución”, entre otras cosas a efectos de la planificación y establecimiento de instalaciones creadoras de exposición a campos electromagnéticos.

Pero, como señalaba más arriba, el “principio” que nos ocupa no tiene las características de una regla de Derecho en la que pueda fundarse una sentencia judicial.

Esta afirmación no debe confundirse, desde luego, con la circunstancia (que el propio documento COM (2000) I advierte) de que corresponda al Tribunal de Justicia de la Unión Europea el control de la legalidad de cualquier disposición adoptada por las instituciones comunitarias.

Lo que quiero decir es que no parece posible encontrar (y mucho menos en un sistema jurídico como el nuestro, de “Derecho escrito”) una norma jurídica por cuya virtud un juez pueda condenar, ni por “inmisión” ni por responsabilidad civil, al propietario de una instalación eléctrica que acredite la observancia por su parte de las normas legales o reglamentarias comprensivas de los “límites de exposición” al posible efecto de los campos electromagnéticos.

Por expresarlo con otras palabras, me parece evidente que ningún órgano judicial puede resolver sobre la base del “principio de precaución” cuando la demanda se basa en una “inmisión” (en el sentido estricto de instrumento procesal preventivo) y la injerencia se encuentra dentro de los límites de lo tolerable; y tampoco cuando, en el marco de la responsabilidad civil, la reclamación se funda en un “daño” que el demandante no prueba.

Más aún, en relación con esta última hipótesis (daño que el demandante no prueba), habría que decir todavía más: daño que el demandante no puede probar, en el sentido de que el alegado por él no es efecto del campo electromagnético invocado como causa.

Y si digo esto es porque no podemos enzarzarnos en un “falso problema” ni en una argumentación que, dialécticamente, no resiste la más elemental crítica.

En efecto, si partimos de la premisa de que el estado de la ciencia descarta que la exposición a unos determinados valores de campos electromagnéticos sea nociva para la salud humana, sería “contrario a la ciencia” admitir (presupuesto de cualquier condena por responsabilidad civil) que una exposición dentro de dichos valores ha sido la causa del daño alegado -probado- por un concreto demandante.

Dicho de otro modo: si, de acuerdo con el estado de la ciencia, la proposición es “x”, en materia de mínimos de seguridad, cualquier apreciación fundada en mínimos más bajos sería una opinión no científica. En definitiva, una opinión inhábil para fundar una condena.

Verdad es, no obstante (y lamento tener que volver sobre un extremo ya examinado), que el estado de la ciencia no es una “verdad absoluta”, sino al contrario un postulado sometido a posibles constantes revisiones, pero cualquier opinión discrepante no puede merecer crédito alguno (ni al científico, ni, por eso mismo, al jurista) más que cuando la disidencia, debidamente argumentada, se somete precisamente al control científico. Entretanto, la supuesta opinión discrepante no tiene más valor que el de una ocurrencia

Por lo que acabo de decir, estoy totalmente de acuerdo con lo manifestado por Union of the Electricity Industry en su alegato ante la Unión Europea en torno a la Comunicación de la Comisión sobre el principio de precaución, esto es, acerca del documento COM (2000) 1.

En la carta de remisión de tal alegato, EURELECTRIC, muy sensatamente, reconoce que los documentos emitidos por el Parlamento y el Consejo europeos constituyen una necesidad a efectos de un principio de precaución que permita a la Unión Europea y a los Estados miembros adoptar acciones de cautela en determinadas circunstancias, sin tener que esperar evidencias científicas definitivas.

No obstante, en el alegato propiamente dicho se sostiene -creo que con todo fundamento- que los llamados a adoptar decisiones, al aplicar el principio de precaución, no deberían modificar sustancialmente y/o comprometer la aplicación de las reglas generales de la legislación existente, sobre todo la relativa a seguridad y responsabilidad.

Concretamente, el documento advierte de la nece-

sidad de mantener el principio general de que nadie es responsable hasta que se haya demostrado el “motivo de su responsabilidad” en aplicación de una medida obligatoria adecuadamente adoptada por la Unión Europea y los Estados miembros.

Yendo más lejos, y a mi juicio también con toda razón, el alegato de EURELECTRIC considera que el principio de precaución no puede dar lugar a un “alivio” de la carga de la prueba, ni a una inversión de la misma, porque de otro modo se estaría contraviniendo el principio general de derecho de defensa y el del derecho a un juicio justo.

En efecto, no alcanzo a comprender con qué fundamento podría ser condenado -ni a eliminar sus instalaciones, ni a responder por el hecho de su sola existencia- el empresario titular de una conducción eléctrica cuyos establecimiento y funcionamiento se ajustasen a lo prescrito por la normativa existente al respecto (hablo, claro está, de normativa referente a límites de exposición a campos electromagnéticos)."

Aquí termina la reproducción de lo que escribí no hace mucho tiempo.

Pero creo que no estará de más que dedique alguna atención a posibles objeciones sobre lo que tengo dicho.

Esos eventuales reparos podrían consistir en la alegación de que la jurisprudencia de nuestro Tribunal Supremo en materia de responsabilidad civil tiene sentados dos principios que no es posible ignorar: de un lado, el de inversión de la carga de la prueba; y de otro, el de que la sola observancia de las normas reglamentarias establecidas en torno al desarrollo de una determinada actividad no excluye la responsabilidad; puesto que, si de hecho el daño se produjo, eso acredita que faltaba algo por prevenir; no estando completa la diligencia.

En relación con la primera de esas dos posibles objeciones, debe argumentarse, a mi entender, que la inversión de la carga de la prueba en punto a la culpa no permite olvidar que en todo caso, esto es, incluso dándose por probada aquélla (la culpa), no ha lugar a hablar de responsabilidad si el demandante no ha probado, a su vez, el daño. Un daño, no se olvide, que no es cualquiera que el actor pueda acreditar; sino -precisamente- uno que esté causalmente relacionado con (esto es, derivado de) la acción u omisión imputada al demandado.

Y en el caso en que nos encontramos, de lo que se trata es, como premisa del razonamiento, de que los

conocimientos científicos excluyen que ciertos resultados -es obligado designar con esta palabra a los hechos que el demandante llama “daño”- puedan tener su origen en la conducta del demandado.

Esto es: me parece que ni la más severa de las fórmulas de inversión de la carga de la prueba en materia de culpa puede llegar tan lejos como para, además, presumir la relación de causalidad. O, por decirlo de otro modo, presumir un daño causalmente atribuible al supuesto responsable.

Por lo que se refiere a la segunda de las dos posibles objeciones, no sólo es cuestión de interpretar la doctrina jurisprudencial en términos de racionalidad (esto es, dentro de los límites que la lógica más elemental impone), sino que se impone el incuestionable razonamiento de que si culpa es imprevisión, no se puede entender que al presunto responsable se le exija una capacidad de prever que escapa a la propia ciencia. Obsérvese que en este caso no estamos en presencia de medidas de prevención que alguien pueda adoptar en función de una posible actuación de la víctima (pongamos por caso, mayor o menor altura de la valla que cierra una piscina, o del tendido eléctrico al que pueden acceder unos niños incontrolados, o ciertos medios de protección de instalaciones o aparatos deportivos), sino que hablamos de acontecimientos en los que el modo de proceder del perjudicado es irrelevante (por tanto, situaciones en las que al eventual responsable no le cabe siquiera la posibilidad de imaginar o suponer qué cosa pueda ocurrir que no sea lo que la ciencia ya ha tenido en cuenta).

### III. ARGUMENTACIÓN

Este capítulo se destina al desarrollo de la idea que acabo de formular, esto es, la de que el “principio de precaución” no constituye un elemento de juicio con el que un Tribunal, juzgando la posible responsabilidad de un empresario, pueda resolver de forma distinta de lo que se desprenda del “estado de la ciencia”, tanto a efectos de ilicitud de una conducta (la del empresario) como en lo que respecta a la relación de causalidad (la atribución del carácter de causa de un daño a la actividad empresarial que se enjuicia).

I. Significado que se atribuye al principio de precaución en el documento COM (2000) I.

Puesto que se trata de la formulación más precisa y

pormenorizada del principio de precaución en el ámbito de la Unión Europea, parece oportuno atender en primer lugar al contenido de este documento.

a) Repárese, como punto de partida, en que el documento en cuestión no tiene contenido normativo. Es decir, no forma parte del elenco de genuinas fuentes del Derecho comunitario.

El diseño simplemente informativo de la Comunicación se halla expresado en su apartado 2, según antes he puesto de relieve.

b) Por otro lado, parece incontestable que el documento tiene como destinatarios, exclusivamente, a los responsables de la toma de decisiones en la regulación de fenómenos, productos o procesos potencialmente peligrosos. Más concretamente, esos “responsables”, los “decision-makers” a que antes me he referido, son las autoridades a quienes incumbe la reglamentación “administrativa” de dichos fenómenos, productos o procesos. Ni siquiera cabe pensar que la Comunicación esté dirigida a los legisladores en sentido estricto (es decir, los Parlamentos) de los Estados miembros.

En su conjunto, es reiteradísima la alusión del documento a “las decisiones”, palabra que, sea cual fuere el idioma que se tome como referencia, sugiere por sí sola la idea de reglamentaciones o regulaciones administrativas. Esa palabra, “decisión”, no se aviene con la idea de resolución judicial.

Pero, además, el texto está plagado de referencias explícitas a los “responsables políticos”, sea con estas palabras o con similares.

Aun a costa de que ésta sea una enumeración enojosa, basten las siguientes referencias:

- En el “resumen” previo del documento, se dice:

“Responsables políticos” (número 1).

“Responsables políticos” (número 4).

“Responsables de la decisión” (número 5). En ese lugar se habla de “una responsabilidad eminentemente política” y de que “los políticos están obligados a encontrar respuestas”.

- En el apartado I, introducción, en diversos pasajes, se dice:

“Los responsables políticos”

“El principio de precaución en la preparación de propuestas legislativas”. Obsérvese que no se habla de disposiciones legales, sino de actos de simple iniciativa legislativa, esto es, propuestas políticas.

“Los responsables políticos”.

“Proceso de toma de decisiones”.

- En el apartado 3 se lee:

“Políticamente se ha aceptado el principio de precaución ...”

“Los responsables políticos”.

- En el apartado 4 se dice que “los Estados deben aplicar ampliamente las medidas de precaución ...”. Es patente que la alusión a los Estados se refiere, como mucho, al poder legislativo de los mismos (en realidad, tendría que hablarse de la Administración). En ningún caso pueden entenderse incluidos, como destinatarios, los órganos judiciales nacionales de cada Estado.

- En el apartado 5.2, se cita en dos ocasiones a “los responsables políticos”.

- Lo mismo ocurre en el apartado 6.1, donde se habla de “responsables políticos”, en una ocasión; y en otra, simplemente, de “los responsables”.

- El apartado 6.2 habla dos veces de los “responsables políticos”, y una de los “responsables de la decisión”.

- Por fin, y sin ánimo de exhaustividad, el apartado 7, titulado “Conclusión”, dice paladinamente que el recurso al principio de precaución es una “decisión de carácter eminentemente político”. Y a la palabra “decisión” se refiere de nuevo, más adelante, el mismo apartado.

c) Hay que hacer notar que el documento sólo se refiere a las instancias jurisdiccionales en una única ocasión, que es el apartado 3.

Pero debe advertirse que, además, la referencia que allí se hace a la actuación jurisdiccional no es a efectos de la toma en consideración o aplicación del principio de precaución por parte de los Tribunales, sino sólo a efectos de que sean las “instancias jurisdiccionales” las que precisen los límites del mentado principio.

Es decir, el documento se refiere a los Tribunales a los solos fines de dejar en sus manos (como no podía menos de ser) la determinación de qué debe entenderse por principio de precaución. Pero esto es, como resulta obvio, una declaración judicial puramente “formal”, por así decirlo, que constituye presupuesto de la puesta en práctica del principio de precaución por parte de las autoridades administrativas (o “responsables de la decisión”).

En suma, debe quedar claro que el documento no se refiere ni una sola vez a la posibilidad de que los Tribunales de los Estados miembros puedan fundar sus resoluciones -distíngase de “decisiones”- con base o en función del tan mentado principio. Circunstancia

que, por otra parte, nada puede extrañar, teniendo en cuenta el carácter de simple comunicación que este texto tiene.

2. El “principio”, en el Tratado de la Unión Europea.

Pero, en definitiva, el alcance que al principio de precaución se asigna en la Comunicación a que vengo aludiendo no es sino directa y lógica consecuencia del significado que se le atribuye en el artículo 174.2 del Tratado.

Su sola lectura acredita que el principio de precaución se configura sólo -este “sólo” no entraña subestimación ni minusvaloración, sino únicamente puesta en su lugar- como una guía, una estrategia (recuérdese lo que antes he dicho sobre el significado de la palabra inglesa policy), llamada a ser “pauta” de las decisiones -tanto de las “normativas” como de las que no tienen este carácter- de la Unión Europea como tal.

Y no me parece defendible, siquiera, la interpretación de que el principio que nos ocupa revista el significado de un criterio inspirador de las decisiones de los órganos jurisdiccionales de la propia Unión Europea, salvo a los efectos que antes he señalado sobre la base del texto de la Comunicación COM (2000) I; es decir, el “limitado” sentido de atribuir a dichos órganos -solamente- la determinación de los límites del principio.

3. El “principio de precaución”, en el ámbito judicial, no es más que una simple expresión del concepto de “diligencia”.

Pero, por lo demás, y aquí es donde quería llegar, me parece que en el fondo es una cuestión bizantina (un “falso problema” de los que a veces nublan la visión de los juristas) la pregunta de si el “principio” de que vengo hablando constituye algo nuevo en la dogmática de la responsabilidad civil.

Me da la sensación de que cuando se habla de este “principio” es como si se estuviera descubriendo un nuevo Mediterráneo; esto es, como si se creyera haber encontrado en él algo que la teoría del Derecho de daños no ha conocido nunca.

Y nada más lejos de la realidad, a mi entender.

La idea de “precaución” es, a mi juicio, tan vieja como la doctrina misma de la responsabilidad civil.

“Precaución”, según el Diccionario de la Real Academia, es “cautela para evitar o prevenir los inconvenientes, embarazos o daños que pueden temerse”. “Prevenir” por su parte, según la misma autoridad, es entre otras cosas “prever” o “conocer de antemano o con anticipación un daño o perjuicio”.

Para nadie es nuevo que cualquier análisis que en el Derecho de la responsabilidad civil se haga en torno al concepto que es medular en ella (al menos en origen), esto es, el de la culpa, conduce inexorablemente a la falta de previsión o de prevención. Así lo tiene dicho, y lo repite, la jurisprudencia de la Sala Primera del Tribunal Supremo al interpretar el elemento culpabilidad, esto es, el reproche subjetivo que entrañan las palabras culpa o negligencia del artículo 1.902 del Código civil.

Culpa es la conducta de quien no prevé o no previene (verbos sinónimos a estos efectos) las consecuencias de sus actos.

Con justeza lo dice el artículo 1.903 del propio Código, cuando en su párrafo final se refiere a la "diligencia de un buen padre de familia para prevenir el daño". El "prevenir el daño" es cabal representación de lo que etimológica e ideológicamente significa la precaución.

También el "prever" se encuentra en nuestro cuerpo legal civil. Así lo acredita la no culpa consistente en los sucesos "que no hubieran podido preverse", a que se refiere el artículo 1.105 .

De otro lado, la misma palabra, precaución, no está ausente de la disciplina de la responsabilidad civil en nuestro Código. Repárese en el apartado 4º del artículo 1.908, cuando imputa al "propietario" los daños causados por las emanaciones de cloacas o depósitos de materias infectantes, en tanto en cuanto estuviesen "construidos sin las precauciones adecuadas al lugar en que estuviesen".

Pero no queda ahí todo, porque el artículo 580 del Código civil alude expresamente a las "precauciones" como criterio determinante de la legitimidad o ilegitimidad (en rigor, lo tolerable y lo intolerable) de las inmisiones en propiedades ajenas .

Hace, pues, 113 años que la "precaución" se halla instalada en nuestro ordenamiento jurídico.

Por todo ello, cuando un órgano judicial (pienso, como es obvio, en uno español) resuelve un caso de responsabilidad civil -y también uno de inmisiones, entendido esto último como procedimiento encaminado a la remoción de un elemento dañoso-, el juez llevará a cabo su valoración teniendo en cuenta, entre otros criterios, el de la previsión o prevención del daño (en definitiva, la precaución); sin que, por tanto, el "principio" de que hablamos introduzca nada nuevo en el proceso intelectual que lleva al juez a resolver.

Y en no pocos casos será el "estado de la ciencia" el

que brinde al órgano judicial los elementos de juicio necesarios para saber cuándo las precauciones han sido suficientemente colmadas. Si el "estado de la ciencia" llega a conocimiento del juez a través de un informe pericial, será éste el que describa también el carácter y significado de las precauciones en cuestión .

Ni que decir tiene que, cuando me refiero al "estado de la ciencia", no procede (aquí) establecer ninguna diferencia entre ese concepto y el de "riesgos del desarrollo". La doctrina jurídica norteamericana, en la que ambas nociones tienen su origen, se ha cuidado de establecer la distinción entre una y otra, si bien en la idea de que los riesgos del desarrollo (development risks) no son sino una expresión del estado de la ciencia (state of the art) .

Cuando se trate de objetos o actividades "reglados", esto es, sometidos a algún tipo de ordenación reglamentaria de la producción de bienes o del desarrollo de servicios, esa misma reglamentación, en cuanto expresiva del "estado de la ciencia" (al menos como tendencia), llevará consigo un juicio científico sobre los márgenes de precaución propios de cada caso.

Esto último es lo que sucede, de manera notoria, en el ejemplo del que ha arrancado mi exposición, esto es, el de las instalaciones o actividades productoras de campos electromagnéticos eventualmente susceptibles de causar daño a la salud de las personas. La ya citada Recomendación del Consejo de la Unión Europea de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos, señala de forma expresa los márgenes de precaución adoptados a la hora de fijar -como lo hace la propia Recomendación- los niveles de exposición que se juzgan inocuos o no nocivos.

En presencia de supuestos como el que acabo de mencionar, el juzgador sólo podría acudir a criterios más rigurosos de precaución cuando tuviese fundada duda de que la reglamentación del caso no expresa con fidelidad el genuino estado de los conocimientos científicos o técnicos.

# CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE FRECUENCIA INDUSTRIAL

## POWER FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS

### MICHAEL McMAHON

**ESB** (Irlanda)

Michael McMahon es ingeniero industrial y diplomado en gestión y evaluación de impacto ambiental. Comenzó su actividad laboral en la industria química y eléctrica, antes de entrar en ESB (Electricity Supply Board), la compañía eléctrica nacional de Irlanda hace más de 30 años.

Su actividad en ESB ha estado relacionada principalmente con proyectos de instalaciones de transporte y distribución tanto en Irlanda como en el extranjero. Durante los últimos años ha trabajado en temas de salud y seguridad laboral y actualmente es Senior Adviser del Grupo de Salud, Seguridad y Medio Ambiente de ESB.

Ha sido presidente del Grupo de Trabajo de CIGRE “Comparación entre líneas aéreas y cables subterráneos de transporte”, y actualmente preside el Grupo de Trabajo de Eurelectric “Medio Ambiente y Sociedad”.



*Michael McMahon graduated as an electrical engineer and has diplomas in management and environmental impact assessment. He worked initially in the chemical and electrical manufacturing industries before joining ESB, Ireland's national electricity utility over thirty years ago.*

*His career in ESB has been mainly on Transmission and Distribution Projects both in Ireland and overseas. In more recent years he has taken on the Health and Safety role and is currently Senior Adviser, Group Health, Safety and Environment.*

*Michael is a past chairman of the CIGRE Joint Working Group 'Comparison of High Voltage Overhead Lines and Underground Cables' and is currently chairman of Eurelectric's 'Environment and Society Working Group.'*

## RESUMEN

Los campos electromagnéticos (CEM) de frecuencia industrial inducidos por la red asociados especialmente a líneas o instalaciones eléctricas próximas, han preocupado mucho al público desde hace tres décadas. Los aspectos que preocupan actualmente al público abarcan principalmente los efectos sobre la salud, especialmente la leucemia infantil y cáncer, que se creen asociados a la exposición durante períodos prolongados a los campos magnéticos en vez de la exposición a niveles altos de CEM durante períodos cortos. Las investigaciones no proporcionan pruebas adecuadas para afirmar que los CEM de frecuencia industrial inducidos por la red producen cáncer y si existe el riesgo, es muy reducido y limitado a niños expuestos durante períodos largos a campos magnéticos.

Distintos organismos, tanto nacionales como internacionales, han preparado instrucciones básicas sobre la exposición a campos CEM, ya sea en el puesto de trabajo o del público en general. Las instrucciones preparadas por ICNIRP, que muchos países aplican, se fundan en los efectos inmediatos y a corto plazo, pero excluyen, específicamente, los efectos a largo plazo, que no se consideró estaban debidamente probados. En Julio de 1999, la Unión Europea (UE) publicó las Recomendaciones que regulan la exposición del público en general. ICNIRP cumple escrupulosamente estas Recomendaciones. En Diciembre de 2002, la UE propuso una Directiva sobre las exposiciones en el puesto de trabajo. Esta Directiva, en la forma que se propuso, parecía ajustarse a ICNIRP, pero, en realidad, era mucho más rigurosa y habría originado un coste adicional importante a las industrias europeas. Se han podido introducir cambios importantes en la Directiva propuesta antes de su envío al Parlamento Europeo en los próximos meses.

La OMS realiza, actualmente, un Proyecto CEM Internacional importante. La industria eléctrica espera con gran interés los resultados, especialmente los de las exposiciones a CEM durante períodos prolongados y las medidas de precaución aplicadas a CEM.

## ABSTRACT

*Power frequency electromagnetic fields (EMF), particularly when associated with neighbouring power lines or installations have been a source of considerable public concern for the past three decades. Current public concerns relate primarily to possible health effects, especially childhood leukaemia and cancer thought to be associated with long term exposures to magnetic fields rather than short term exposures to high levels of EMF. The research indicates there is no good evidence that power frequency EMF produce cancer and if there is a risk, then it is a very small one and confined to children subjected to long term magnetic field exposures.*

*Guidelines for public and occupational exposures to EMF have been prepared by various national and international organisations. Guidelines prepared by ICNIRP and followed world-wide by many countries are based on short term, immediate effects and specifically exclude long term effects, which were deemed not to have been established. In July 1999 the EU published Recommendations for public exposures. These Recommendations followed ICNIRP closely. In December 2002 the EU proposed a directive for occupational exposure. This directive, as proposed, appeared to follow ICNIRP but was in fact considerably more demanding and would have imposed significant additional costs on European industries. Considerable progress has been made in having the proposed directive amended before it is presented to the EU Parliament in the coming months.*

*A major WHO International EMF Project is currently underway. Its findings, particularly relating to long term EMF exposures and the application of the precautionary principle to EMF, are earnestly awaited by the electricity industry.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Vivimos en un mundo sumergido en campos electromagnéticos (CEM). La tierra genera su propio campo magnético estático, que utilizamos para navegar mediante la brújula, y todos hemos notado los campos eléctricos, tan intensos, cuando se aproximan tormentas. Los equipos eléctricos y maquinaria eléctrica que la sociedad moderna considera indispensables emiten CEM, que se describen por su frecuencia en hercios (Hz) y las intensidades de los campos eléctricos y magnéticos expresadas normalmente en kilovoltios por metro (kV/m) y microteslas ( $\mu\text{T}$ ), respectivamente.

Recae sobre las empresas eléctricas la responsabilidad de suministrar la frecuencia eléctrica a 50 Hz (ciclos), denominada muy baja y los CEM asociados a la generación, transporte y distribución de la energía eléctrica. Los CEM inducidos por las líneas de transporte de alta tensión preocupan mucho al público desde hace muchos años. En cambio, las preocupaciones que suscitan los CEM de características semejantes producidos por los electrodomésticos son escasas o nulas debido a cómo el público percibe este riesgo y corresponde a las empresas eléctricas averiguar como pueden abordar adecuadamente esta cuestión.

## 2. PREOCUPACIONES

Las preocupaciones del público en general originadas por los CEM se refieren principalmente a la exposición en residencias o viviendas, durante períodos prolongados, como la que puede afectar los niños en sus casas y escuelas. A pesar de algunos informes recientes, no se han considerado debidamente demostrados los efectos que se alegan originados por dichas exposiciones.

Las preocupaciones originadas por los CEM, en situaciones laborales, se refieren a niveles mucho más altos que estimulan los nervios y músculos periféricos como sucede, por ejemplo, en el caso de los empleados de empresas eléctricas que realizan trabajos en líneas bajo tensión.

Los efectos que, según se alega, los CEM producen sobre la salud no son ninguna novedad. Fueron citados

por primera vez en 1966, cuando CIGRE publicó los resultados de las investigaciones rusas sobre obreros que trabajaban en subestaciones eléctricas y achacaban la fatiga y pérdida de libido a los campos eléctricos intensos. Estos resultados nunca fueron repetidos oficialmente, a pesar de las investigaciones posteriores realizadas en todo el mundo. En 1979, Wertheimer y Leeper describieron en los Estados Unidos la relación entre cáncer infantil y campos magnéticos originados por las instalaciones eléctricas en viviendas. Ahlbom señaló, en Suecia, que la frecuencia de la leucemia infantil aumentaba entre quienes vivían cerca de trazados de líneas de transporte eléctrico. En los años 90, los Estados Unidos destinaron 60 millones de dólares para iniciar el Programa EMF RAPID. Gran número de estudios epidemiológicos y metanálisis han investigado los efectos nocivos que abarcan desde tumores cerebrales hasta suicidios, sin confirmarlos. Organizaciones como IRPA y su sucesora ICNIRP han publicado instrucciones básicas que limitan las exposiciones de corta duración a los CEM tanto laborales como del público en general. En 1999, la UE publicó su Recomendación (de cumplimiento voluntario) para limitar la exposición del público a los CEM y propone actualmente una Directiva (de obligado cumplimiento) sobre la exposición laboral a los CEM. Los estudios sobre los CEM continúan en muchos lugares y los resultados iniciales del Proyecto Internacional a gran escala de la OMS sobre los CEM no se espera que aparezcan hasta 2004.

## 3. INFORMES E INSTRUCCIONES BÁSICAS RECIENTES

### 3.1 Instrucciones Básicas ICNIRP

En Abril de 1998, la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) publicó sus guías para limitar la exposición a los CEM, después de revisar todas las publicaciones científicas disponibles. Las guías basadas en los efectos inmediatos a corto plazo sobre la salud, por ejemplo, la estimulación del sistema nervioso y aumento de la temperatura en los tejidos, no tienen en cuenta, debi-

do a que las pruebas son insuficientes, los posibles efectos a largo plazo, por ejemplo, el mayor riesgo de cáncer. Las guías definen las restricciones fundadas en los efectos sobre la salud, que no se pueden medir directamente, y los niveles de referencia fundados en valores que podemos medir directamente.

Las restricciones básicas de los CEM a frecuencia industrial se basan en que los valores de la densidad de la corriente eléctrica sean suficientemente bajos para evitar sus efectos sobre el sistema nervioso, y se sitúan en:

- 10 mA/m<sup>2</sup>, en las exposiciones laborales, que incluyen un factor 10 de incertidumbre (seguridad), y
- 2 mA/m<sup>2</sup>, en las exposiciones del público en general, que agregan 5 como factor adicional de incertidumbre.

Los niveles de referencia de las exposiciones laborales se fijaron en:

- 10 kV/m del campo eléctrico
- 500 µT del campo magnético

Los niveles de referencia para exposiciones del público se fijaron en:

- 5kV/m del campo eléctrico
- 100 µT del campo magnético

En Octubre de 1998, ICNIRP publicó sus respuestas a las preguntas que originan las guías. Estas respuestas, constituían, en realidad, una enmienda a las instrucciones básicas e incluían:

- La posibilidad de superar los niveles de referencia del público en general, siempre que no superen la restricción básica. (Respuesta 7)
- La restricción básica de carácter laboral, que puede permitir valores más altos en la densidad de la corriente eléctrica, que afecta los tejidos corporales, siempre que no sean los del sistema nervioso central. (Respuesta 10)
- La decisión sobre si se debe considerar la exposición de los agricultores, que trabajan en zonas situadas debajo de líneas de transporte eléctrico, como exposición laboral o semejante a la del público en general, es una cuestión que deben decidir las autoridades de cada país. (Respuesta 17)

### 3.2 Informe de NRPB

En Marzo de 2001, la Junta Nacional de Protección Radiológica del Reino Unido publicó un informe completo que incluía la declaración siguiente:

“Los experimentos realizados en laboratorios no han demostrado debidamente que los campos electromagnéticos de frecuencias muy bajas pueden producir cáncer, ni los estudios epidemiológicos en seres humanos sugieren que produzcan generalmente cáncer. Algunas pruebas indican, sin embargo, que la exposición prolongada a niveles más altos de campos magnéticos a la frecuencia de la red se asocia a un pequeño riesgo de leucemia infantil. En la práctica, el público británico en general rara vez está expuesto a esos niveles.”

Esto indica en realidad que, si hay un riesgo de cáncer, aunque no se ha demostrado su existencia, dicho riesgo es, en todo caso, muy pequeño y se limita a niños expuestos durante períodos prolongados en su lugar de residencia a los niveles más altos que se puedan encontrar en la práctica.

### 3.3 Publicación de la IARC

En Junio de 2001, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) incluyó los CEM a frecuencias de red en el Grupo 2B de carcinógenos, o sea, que pudieran ser carcinogénicos para los seres humanos. La clasificación abarca los 5 grupos siguientes:

- Grupo 1 “carcinogénicos para los humanos” formado por 100 productos, aproximadamente, que incluyen el amianto, radiación solar y anticonceptivos administrados por vía oral.
- Grupo 2A “probablemente carcinogénicos para los humanos” formado por más de 50 productos e incluidos los escapes de motores diesel.
- Grupo 2B “posiblemente carcinogénicos para los humanos” formado por más de 200 productos que incluyen los CEM y el café
- Grupo 3 “sin posible clasificación” formado por 500 productos, aproximadamente, que incluyen la luz fluorescente y el té.
- Grupo 4 “no es probablemente carcinogénico para los humanos” formado por un producto solamente.

## 4. INICIATIVAS DE LA UE

### 4.1 Recomendación del Consejo

La Comisión de la UE conocía perfectamente la atención política y pública tan importante que los

CEM suscitaban, especialmente en países como Italia. Se indicó que el Comisario de Sanidad David Byrne había manifestado que los CEM eran una de las cinco preocupaciones más importantes de la sanidad pública. En Julio de 1999, el Consejo de la Unión Europea, después de consultar con distintas partes interesadas, incluida la industria eléctrica, emitió su 'Recomendación para limitar la exposición del público en general a los campos electromagnéticos'. La recomendación concuerda con las instrucciones básicas de ICNIRP sobre la exposición del público y, aunque recomienda su implantación, no es obligatoria para los países miembros. La recomendación no tiene en cuenta los efectos a largo plazo. La mayoría de las empresas eléctricas europeas en general cumplen estas recomendaciones para limitar la exposición del público en general.

En Septiembre de 2002, el Comité Científico sobre la Toxicidad, Ecotoxicidad y Medio Ambiente (CSTEE) de la Comisión Europea llegó a la conclusión que las instrucciones básicas ICNIRP constituyen una base razonable para deducir una norma pero que pueden surgir preocupaciones adicionales al gestionar los riesgos de las frecuencias industriales debido a la falta de información en publicaciones científicas.

## 4.2 Directiva propuesta

En Diciembre de 2002, al terminar la Presidencia Danesa de la UE, la Comisión presentó el anteproyecto de una propuesta para formular la "Directiva sobre las especificaciones mínimas de seguridad e higiene durante la exposición de trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (CEM)". Dicha Directiva será de aplicación a todos los trabajadores y, en consecuencia, a las empresas. A simple vista, la Directiva propuesta parece reflejar las Instrucciones Básicas de ICNIRP, dado que fija los Valores Límite y Valores de Actuación (para adoptar medidas) que se corresponden generalmente a la restricción básica y niveles de referencia, respectivamente, pero no tenía en cuenta los efectos a largo plazo.

El carácter ambiguo de la Directiva propuesta constituye su dificultad más importante, especialmente en relación con las medidas que se consideraban necesarias al Nivel de Actuación. Además, pecaba de falta de precisión, por ejemplo:

- No señalaba que, según ICNIRP, el Valor Límite se aplicaba al sistema nervioso central –porque, si se apli-

case a la totalidad del cuerpo, sería más restrictivo e impediría la mayoría de los trabajos bajo tensión-

- Las medidas de protección estaban más relacionadas con las directivas sobre el ruido y vibraciones, que abarcan fenómenos de actuación progresiva, cuyos efectos sabemos que son nocivos para la salud por debajo de los Valores Límite de la exposición, mientras que los CEM se consideran un efecto de valor umbral que a niveles por debajo del Valor Límite de la exposición no se sabe que produzcan efectos nocivos.

La Directiva, en la forma propuesta inicialmente, exigía:

- Que se adoptasen medidas protectoras una vez superados los Valores de Actuación, o sea, a niveles inferiores a los indicados en ICNIRP, y
- Campañas informativas, rótulos de aviso y controles sanitarios específicos.

Específicamente el Artículo 4 exigía que las empresas:

- Evaluar y, en caso necesario, medir y calcular los niveles de los CEM a los que estaban expuestos los trabajadores.

- Contratar a personas competentes para realizar la evaluación, medición y cálculos y conservar los datos para su consulta posterior.

- Prestar especial atención a los efectos relacionados con la salud y seguridad de los trabajadores que corren un riesgo determinado y la disponibilidad del equipo sustitutivo proyectado para reducir los niveles de la exposición a CEM.

- La disponibilidad de una evaluación actualizada de los riesgos CEM.

El Artículo 5 exigía a las empresas:

- Eliminar en origen o reducir al mínimo los riesgos originados por la exposición a los CEM.

- Una vez superados los Valores de Actuación, salvo que la empresa demuestre no se han excedido los Valores Límite, tendrá que redactar y ejecutar un plan de actuación para minimizar los riesgos mediante:

- La utilización de métodos o equipos de trabajo distintos.

- Medidas técnicas, programas de mantenimiento y distribución en planta de los lugares de trabajo.

- Medidas administrativas, información y formación, limitación de los tiempos de exposición al riesgo.

- Instalación de rótulos en lugares donde los trabajadores pudieran estar expuestos a CEM que superen los Valores de Actuación.

- Comprobar que los trabajadores no estarán expuestos por encima del Valor Límite y adoptar medidas inmediatamente para reducir cualquier exposición que supere dicho Valor Límite.

El Artículo 6 dispone que la empresa compruebe si los trabajadores expuestos a los riesgos de los CEM en el lugar de trabajo han recibido la información y formación necesarias que incluye como deben detectar e informar al observar señales de lesiones y circunstancias en que tienen derecho a supervisión sanitaria.

El Artículo 7 exige consultar con los trabajadores y su participación.

El Artículo 8 exige adoptar la vigilancia sanitaria adecuada.

### 4.3 Negociaciones sobre la Directiva propuestas

La Comisión y su Dirección General del Empleo, responsable de la Directiva propuesta, han decidido, al parecer, como debe interpretarse la Directiva. Durante los nueve meses anteriores, se han celebrado ocho reuniones patrocinadas por el Grupo de Trabajo sobre Cuestiones Sociales para debatir la Directiva. Los representantes nacionales dentro del Grupo de Trabajo, que en su mayoría no son expertos en CEM, han estado a veces en desacuerdo, porque, inicialmente, algunos proponían medidas más rigurosas que las de ICNIRP, mientras que la mayoría apoyaba al ICNIRP y, al menos, un representante defendía medidas menos rigurosas.

Asociaciones como Eurelectric (Industria Eléctrica Europea), ETSO (Asociación de Operadores de Sistemas de Transporte Eléctrico Europeos), Orgalime (Grupo de Enlaces entre las Industrias Mecánicas, Eléctricas, Electrónicas y Metalúrgicas Europeas), WEM (la Organización de Empresarios Metalúrgicos Europeos) han presentado con cierto éxito sus puntos de vista a la Comisión. El grupo de los defensores consiguió que la Directiva reflejase las instrucciones básicas de ICNIRP y lograron trasladar la obligada ejecución de distintas medidas protectoras desde los Valores de Actuación, según señalaba la propuesta inicial, hasta un Nivel Límite más alto.

Aunque la Directiva ha conservado su formato y contenido, se han realizado de mutuo acuerdo revisiones importantes, por ejemplo, el último anteproyecto fechado el 22 de septiembre de 2003, señala que:

- La densidad actual para determinar los valores límite de la exposición se aplica actualmente al “sistema nervioso central” en vez de a las extremidades o a la cabeza y tronco.

- Las distintas medidas exigidas según el Artículo 5, una vez superados los Valores de Actuación, no es preciso adoptarlas actualmente, si una evaluación demuestra que no se han superado los Valores Límite y se pueden descartar riesgos para la seguridad.

La Comisión proyecta actualmente terminar a tiempo el borrador de la Directiva para presentarlo al Consejo de Ministros que tendrá lugar el 23 de octubre sobre “Política de Empleo y Social”. Cunde el optimismo y se confía lograr que se resuelvan cuestiones pendientes con antelación a la reunión del Consejo.

El resultado más favorable sería que la Directiva se ajustase exactamente a las Instrucciones Básicas de ICNIRP. La industria eléctrica conoce perfectamente estas instrucciones básicas y el cumplimiento obligatorio de las mismas no supondría costes ni dificultades importantes. Una vez que el Consejo de Ministros llegue a un acuerdo sobre la Directiva propuesta, se remitirá al Parlamento Europeo antes de que se convierta en Ley y esté lista para su transposición a la legislación nacional de los Estados Miembros. Se incluye un período de transición que abarca cuatro años desde la fecha en que la Directiva se convierte en ley, que proporcione a CENELEC tiempo suficiente para adoptar Normas Europeas armonizadas para la evaluación, medición y cálculo de los CEM.

## 5. PROYECTO WHO EMF

El Proyecto Internacional de la OMS (WHO) sobre los CEM constituye un proyecto de investigación importante emprendido hace varios años. El informe de dicho proyecto se presentará el año próximo, y según las previsiones, proporcionará, entre otras cosas, respuestas autorizadas a la cuestión de las exposiciones prolongadas a los campos magnéticos en los lugares de residencia además de orientación para aplicar las medidas de precaución por exposición a los CEM de frecuencia industrial.

Eurelectric ha preparado comentarios preliminares sobre la idoneidad del principio de cautela por exposición a los CEM de frecuencia industrial. Aunque agradece cualquier iniciativa dirigida a mejorar la interpre-

tación del principio de cautela y definir instrucciones claras para su aplicación, duda que pueda originar ventajas sanitarias. Destaca, además, las dificultades prácticas para reducir dichos campos a niveles muy bajos, además de los impactos visuales y ambientales que dichas medidas pueden originar y los costes elevados, especialmente, si hay que adoptar medidas retroactivas.

La industria eléctrica espera con sumo interés el informe sobre el Proyecto WHO EMF que será probablemente un documento definitivo.

## 6. CONSECUENCIAS

La Directiva propuesta influirá sobre la industria eléctrica. Las empresas tendrán que realizar una evaluación del riesgo de las exposiciones a los CEM y, a menos que estas evaluaciones demuestren que no se han superado los Valores Límite de la exposición, tendrán que:

- ejecutar medidas planificadas para evitar que las exposiciones superen los Valores Límite,
- instalar rótulos en los lugares de trabajo donde el personal pudiera estar expuesto a los CEM.

En cualquier caso las empresas tendrán que:

- comprobar si personal competente realiza las evaluaciones y conservan los datos,
- desarrollar actividades de información y formación de los trabajadores sobre los CEM,
- vigilar debidamente las condiciones de higiene en el trabajo.

Aunque sea difícil calcular cuanto costarán estas medidas a la industria, el coste será probablemente moderado e insignificante al compararlo a los costes originados si tuvieran que descartar la mayoría de los trabajos “bajo tensión” como exigía la Directiva, en su redacción original.

La Directiva puede ayudar a los legisladores, autoridades reguladoras e inspectores de trabajo a formular legislación y procedimientos para proteger a los trabajadores. Contribuirá a evitar la implantación de medidas sin fundamento, que poco o nada mejorarían la salud de los trabajadores, pero podrían constituir una carga financiera innecesaria para la industria.

Hasta que esté disponible el informe del Proyecto WHO EMF resulta imposible imaginar cuales serán las consecuencias. Esperemos que proporcione un conocimiento más perfecto de lo que ahora denominamos

“efectos alegados a largo plazo que no han sido demostrados” e indique el método adecuado para aplicar el principio de cautela a las exposiciones de los CEM de frecuencia industrial.

Tanto la Directiva como el informe del Proyecto WHO EMF estimularán, indudablemente, el interés de los empleados acerca del impacto sanitario que, según se alega, producen los CEM. Esto puede dar lugar a un resultado muy positivo, especialmente si las empresas impulsan las consultas con sus empleados y su participación para llegar a comprender estas cuestiones.

Aumentará el interés del público y, si nuestros procedimientos de comunicación no funcionan perfectamente puede suceder que, al aumentar el interés, también aumenten las preocupaciones. Al aumentar la preocupación del público por los CEM será más difícil, también, construir líneas e instalaciones eléctricas de importancia vital. Para la industria eléctrica europea, resulta de importancia crítica continuar informando eficazmente sobre los CEM.

## 1. INTRODUCTION

We live in a world immersed in electromagnetic fields (EMF). The earth has its own static magnetic field, which we utilise to navigate by compass and we have all experienced the very strong electric field in the vicinity of thunderstorms. Electrical and communications equipment which we regard as essential to our modern lifestyles all emit EMF characterised in terms of their frequency in hertz and their electric and magnetic field strengths typically expressed in kilovolts per meter (kV/m) and micro-teslas (mT) respectively.

Electricity companies are responsible for the 50 hertz power frequency, referred to as extremely low frequency, EMF associated with the generation, transmission and distribution of electrical energy. For many years now there has been considerable public concern about EMF from high voltage transmission lines. However the similar EMF produced by household electrical appliances have aroused little or no concern – it's all about public perception and the task facing electricity companies is how it can be best managed.

## 2. CONCERNS

Generally public EMF concerns relate primarily to long term residential type exposures as typically experienced by children in their homes and schools. Notwithstanding some recent reports alleged effects arising from such exposures have been deemed as not having been established.

Occupational EMF concerns relate to much higher levels which stimulate the peripheral nerves and muscles as experienced for example by live line workers in the case of the electricity industry.

Concerns about the alleged health effects of EMF are not something new. They were first raised in 1966 when the findings of Russian research on workers in electricity substations attributing fatigue and loss of libido to high electric fields were published in a CIGRE paper. Notwithstanding subsequent world-wide research these findings were never formally replicated. In 1979 in the USA a relationship between childhood cancer and magnetic fields from household wiring was promulgated by Wertheimer and Leeper. In Sweden Ahlbom noted an increased frequency of childhood leukaemia amongst those living close to power line

corridors. In the 1990's the 60 million \$ EMF RAPID Program was undertaken in the USA. The many epidemiological studies and meta-analyses undertaken on possible ill effects ranging from brain tumours to suicides have investigated but not confirmed these effects. Organisations such as the IRPA and its successor ICNIRP produced guidelines limiting short term occupational and public exposure to EMF. In 1999 the EU published its Recommendation (voluntary compliance) on limiting public exposure to EMF and is now proposing a Directive (mandatory compliance) on occupational exposure to EMF. Elsewhere EMF studies are continuing and the initial findings of the major WHO International EMF Project are not due until 2004.

## 3. RECENT REPORTS AND GUIDELINES

### 3.1 ICNIRP Guidelines

In April 1998 the International Commission on Non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP) published its guidelines for limiting exposure to EMF following a through review of all published scientific literature. The guidelines are based on short-term immediate health effects such as nerve stimulation and tissue heating. They do not, on the basis of insufficient evidence, take into consideration potential long-term effects such as an increased risk of cancer. The guidelines define basic restrictions based on health effects, which cannot be measured directly and reference levels based on directly measurable parameters.

Basic restrictions for power frequency EMFs are based on current densities sufficiently low to prevent effects on the nervous system and are set at;

- 10 mA/sq m for occupational exposures incorporating an uncertainty (safety) factor of 10 and
- 2 mA/sq m for general public exposures incorporating a further uncertainty factor of 5.

Reference levels for occupational exposures were set at;

- Electric field 10kV/m
- Magnetic field 500  $\mu$ T

Reference levels for public exposures were set at;

- Electric field 5kV/m
- Magnetic field 100  $\mu$ T

In October 1998 ICNIRP published its answers to questions raised in relation to the guidelines. These

answers constituted, in effect, an amendment of the guidelines and included;

- The general public reference levels at power frequencies can be exceeded provided that the basic restriction is not surpassed. (Answer 7)
- The occupational basic restriction may permit higher current densities in body tissues other than the central nervous system. (Answer 10)
- The decision on whether the exposure of farm workers working under power lines should be considered as occupational or general public is a matter for the authorities in each country. (Answer 17)

### 3.2 NRPB Report

In March 2001 the UK's National Radiological Protection Board published a comprehensive report which include the following statement:

"Laboratory experiments have provided no good evidence that extremely low frequency electromagnetic fields are capable of producing cancer; nor do human epidemiological studies suggest that they cause cancer in general. There is, however, some evidence that prolonged exposure to higher levels of power frequency magnetic fields is associated with a small risk of leukaemia in children. In practice such levels of exposure are seldom encountered by the general public in the UK."

In effect this means that if there is a cancer health risk, and it has not been proven that there is, then it is a very small one and confined to children subjected to long term residential exposures at the highest levels encountered in practice.

### 3.3 IARC Publication

In June 2001 the International Agency for Research on Cancer (IARC) classified power frequency EMF as a Group 2B carcinogen, namely possibly carcinogenic to humans. The classification has 5 groupings as follows;

- Group 1 "carcinogenic to humans" comprises nearly 100 agents including asbestos, solar radiation and oral contraceptives
- Group 2A "probably carcinogenic to humans" comprises over 50 agents including diesel engine exhaust
- Group 2B "possibly carcinogenic to humans" comprises over 200 agents including EMF and coffee
- Group 3 "not classifiable" comprises nearly 500 agents including fluorescent light and tea

- Group 4 "probably not carcinogenic to humans" includes only one agent

## 4. EU INITIATIVES

### 4.1 Council Recommendation

The EU Commission were aware of the considerable public and political activity about EMF particularly in countries like Italy. Health Commissioner David Byrne was quoted as saying that EMF was one of his five major public health concerns. In July 1999 the Council of the European Union, following a consultation process with various parties, including the electricity industry, issued its 'Recommendation on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields'. The recommendation is in agreement with the ICNIRP Guidelines for public exposure and being a recommendation its implementation is not mandatory on member countries. The recommendation does not address long term effects. Most European electricity companies generally comply with these recommendations to limit public exposure.

In September 2002, the European Commission's Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTEE) concluded that the ICNIRP Guidelines provide a reasonable basis to derive a standard but that at power frequencies additional risk management concerns may arise because of gaps in the scientific literature.

### 4.2 Proposed Directive

In December 2002, at the close of the Danish Presidency of the EU, the Commission tabled a draft proposal for a "Directive on minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (EMF)". The proposed directive will apply to all workers and consequently all employers. At first glance the proposed directive appeared to reflect the ICNIRP Guidelines, in that it set exposure Limit Values and Action Values generally corresponding to the basic restriction and reference levels respectfully and did not address long term effects.

The major problem with the directive as proposed was its ambiguity, particularly in regard to what action

was required at the Action Level. It also lacked precision, for example:

- It did not state that the Limit Value applied to the central nervous system as per ICNIRP - if it was to be applied to the whole body it would be more restrictive and would prevent most 'live work' activities.
- Its protective requirements were more akin to the noise and vibration directives which deal with progressively acting phenomena known to be injurious to health below the exposure Limit Values while it is accepted that EMF is a threshold effect without a known injurious effect below the exposure Limit Value.

The directive, as originally proposed required;

- Protective actions to be taken once the Action Values are exceeded, that is at levels below those in ICNIRP

- Information campaigns, warning signs and specific health controls

Specifically Article 4 required the employer to;

- Assess and if necessary measure and calculate the levels of EMF to which workers are exposed.
- Retain competent persons to undertake the assessment, measurements and calculations and preserve the data for future reference.
- Give particular attention to any effects concerning the health and safety of workers at particular risk and the existence of replacement equipment designed to reduce the levels of EMF exposure
- Be in possession of an up-to-date EMF risk assessment.

Article 5 required the employer to;

- Eliminate at source or reduce to a minimum the risks arising from EMF exposure
- Once the Action Values are exceeded, unless the employer proves the Limit Values are not exceeded, the employer was required to devise and implement an action plan to minimise exposure by;
  - utilising other working methods or work equipment
  - technical measures, maintenance programmes, layout of workplaces
  - administrative measures, information and training, limiting exposure duration, providing PPE
  - Erect signs where workers could be exposed to EMF exceeding the Action Values
  - Ensure workers shall not be exposed above the Limit Value and to take immediate action to reduce any exposure above the Limit Value.

Under Article 6 the employer was required to ensure that workers who are exposed to the risks of EMF at work receive any necessary information and training including on how to detect and report signs of injury and the circumstances in which they are entitled to health surveillance.

Article 7 provided for consultation and participation of workers.

Article 8 required appropriate health surveillance to be in place.

### 4.3 Negotiations on the proposed directive

The Commission's DG Employment is responsible for the proposed directive and appeared resolute in its views as to how the proposed directive should be interpreted. Over

the last nine months there have been eight meetings under the auspices of the Social Questions Working Party to discuss the directive. National representatives on the working party, the majority of whom are not EMF experts, have been sometimes at odds with one another, some initially sought more stringent requirements than ICNIRP, most supported ICNIRP and at least one representative advocated less stringent requirements.

Trade associations such as Eurelectric (the European Electricity Industry), ETSO (the European Transmission System Operators Association), Orgalime (Liaison Group of the European Mechanical, Electrical, Electronic and Metal Working Industries), WEM (the Employers' Organisation of Metal Trades in Europe) have been lobbying the Commission with some success. The trust of the current lobbying succeeded in having the directive reflect the ICNIRP Guidelines and shifting the requirement to undertake various protective actions from the Action Levels as initially proposed to the higher Limit Level.

While the format and content of the directive has been retained significant revisions have been agreed, for example in the latest draft dated 22 September 2003;

- Current density for the determination of exposure limit values now applies to the 'central nervous system' and not to limbs or to the head and trunk
- The various actions prescribed under Article 5 once the Action Values were exceeded need not now be taken if an assessment demonstrates that Limit Values are not exceeded and that safety risks can be excluded.

The current Commission plan is to have the draft directive completed in time for the meeting of the "Employment & Social Policy" Council of Ministers on the 23 October. There is considerable optimism that outstanding issues will be resolved in advance of the Council meeting.

The most favourable outcome would be that the directive would precisely follow the ICNIRP Guidelines. The electricity industry is familiar with these guidelines and mandatory compliance with them would not involve significant costs or difficulties. Once the proposed directive is agreed by the Council of Ministers it has then to be passed by the European Parliament before it becomes law and ready for transposition into the national legislation of member states. A transition period of four years after the directive becomes law is being allowed to give CENELEC sufficient time to establish harmonised European EMF assessment, measurement and calculation standards.

## 5. WHO EMF PROJECT

The WHO International EMF Project is a major research project that has been underway now for several years. Its report is due in the next year and it is anticipated that it will provide, inter alia, authoritative answers to the question of long term exposures to residential magnetic fields and guidance on the application of the precautionary principle to power frequency EMF exposures.

Eurelectric has prepared preliminary comments on the appropriateness of the application of the precautionary principle to power frequency EMF. While it welcomes any initiative aimed at improving the interpretation of the precautionary principle and at defining clear guidelines for its application it queries the likelihood of any ensuing health benefits. It also highlights the practical difficulties in reducing such fields to very low levels, the possible visual and environmental impacts of such measures and the high costs particularly if retrospective action is required.

The WHO EMF Project report is likely to be a defining document and its publication is earnestly awaited by the electricity industry.

## 6. IMPLICATIONS

The proposed directive will impact on the electricity industry. Employers will be required to undertake risk

assessments of EMF exposures and unless these assessments demonstrate that the exposure limit values are not exceeded they will be required to;

- implement an action plan to prevent exposures exceeding limit values
- install signs in workplaces where workers could be exposed to EMF.

Employers will in any event be required to;

- ensure the assessments are undertaken by competent persons and the data preserved
- develop EMF information and training packages for workers,
- undertake appropriate health surveillance.

It is difficult to make an estimate of the cost of these requirements to the industry but they are likely to be modest and insignificant compared to the potential costs of having to forgo most 'live work' activities which the directive, as originally proposed, would have entailed.

The directive may be of assistance to legislators, regulators and work inspectors as they formulate legislation and procedures for the protection of workers. It should help avoid the imposition of unwarranted requirements, which would achieve little or nothing to improve workers health but could impose an unnecessary financial burden on the industry.

Until such time as the WHO EMF Project report is available it is impossible to envisage just what its implications will be. It is hoped that it will provide a better understanding of what are now referred to as 'alleged long term non-established effects' and give a clear indicator of the appropriate method for the application of the precautionary principle to power frequency EMF exposures.

The directive and the WHO EMF Project report will certainly raise employees awareness about the alleged health impact of EMF. This can lead to a very positive result particularly if employers promote consultation and the participation of their employees in understanding the issues.

Public awareness will be raised and unless our communication processes are operating very effectively there is always the danger that this increased awareness will result in increased concerns. Increased public concerns on the EMF issue will make it even more difficult to construct vital power lines and installations. To continue to effectively communicate on EMF will remain a key issue for the European electricity industry.



# COLOQUIO CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

**De M<sup>a</sup> Jesús Palacios (Junta de Extremadura) al Sr. Represa.**

**PREGUNTA:** En su ponencia ha comentado que los campos electromagnéticos producían unos efectos biológicos, pero no los ha definido ¿podría hacerlo ahora?. Gracias.

**Sr. REPRESA:** Sí, muchos campos electromagnéticos pueden producir un efecto biológico. Efecto biológico significa que podemos responder de alguna forma, eso no es nuevo, para entenderlo mejor nos referimos a otro campo electromagnético que es la luz visible. La luz puede hacer que contraigamos la pupila y eso es un efecto biológico. En el caso de los campos que nos ocupan, los de 50 Hz, los datos vienen de estudios de laboratorio muy específicos en condiciones experimentales muy alejadas de lo que es la vida diaria con los campos, como por ejemplo conocer si unas células reaccionan con un flujo de calcio de manera mas o menos intensa. A esta reacción se le llama efecto biológico pero no implica un daño para esas células.

Yo no le puedo hablar de efectos biológicos sobre el ser vivo y menos sobre el ser humano porque no hay datos. Los datos de los que yo les he hablado son datos de un laboratorio donde se ha visto que algún tipo de células, en algunas condiciones experimentales y en ciertos experimentos, reaccionan a la presencia de un campo, y reaccionan de una forma muy específica, es decir, haciendo algo que pueden hacer con otros campos a los que estamos más habituados como la luz visible. Por ejemplo, en las técnicas de crecimiento de células se emplea calor, que es otro campo, el de los infrarrojos.

Por tanto, los efectos biológicos a los que me he referido son sobre células in vitro y en condiciones muy específicas, y el hecho de que se produzcan significa

que la célula no está impasible sino que reacciona dentro de su fisiología celular.

**De Pedro Cruz (Universidad de Sevilla) a toda la mesa.**

**PREGUNTA:** En relación a determinados países europeos que establecen unos límites de campo eléctrico y magnético mucho más restrictivo que el de la Unión Europea, por ejemplo Suiza donde el límite de campo magnético es 1  $\mu$ T, Italia 0,5  $\mu$ T o Eslovenia 10  $\mu$ T, quería saber si eso responde a una evidencia médica o quizá a llevar el principio de precaución a un límite un tanto desmesurado. Quería saber su opinión sobre esos límites.

**Sr. McMAHON:** Lo que Vd. dice es cierto. Hace unos años Suiza estableció un límite de 1  $\mu$ T para nuevos proyectos. Hace un par de meses Italia ha establecido un valor objetivo de 3  $\mu$ T en su legislación. Uno de los problemas que esto acarrea es que está distorsionando el mercado común, es decir, la idea de que todos tengan unas reglas homogéneas. Ésta es una de las razones por la cual la Unión Europea está intentando establecer unas reglas homogéneas. En algunos países existen ciertos grupos de presión y esto se ha convertido, en mi opinión, en un tema político más que científico o médico. Espero que esto conteste su pregunta.

**Sr. REPRESA:** Yo quería llamarle la atención sobre algo que ha ido sucediendo espontáneamente en la mesa. Se ha hablado de diversas etapas de abordar el riesgo, yo les he hablado de evaluar el riesgo, es decir, de dónde está el nivel del riesgo. También se ha hablado de gestionar el riesgo, hacer leyes y normas a partir de estos datos; y después de implementar lo que se decida en la gestión del riesgo.

Es preocupante el hecho de que se confunda el hecho

de que en un país se establezcan unos límites en la gestión del riesgo a partir de unos criterios políticos, con que en la etapa de evaluación del riesgo se hayan tenido evidencias científicas que aconsejen ese determinado límite.

Son cosas distintas, es decir, la ciencia da unos límites basados en evidencias, eso es la evaluación. La gestión del riesgo puede aceptarlas, puede ignorarlas irresponsablemente o puede llevarlas a extremos que hagan difícil la viabilidad de la tecnología. Eso lo hace el gestor del riesgo.

**Sr BERNAR:** Hay dos aspectos importantes que yo quería comentar relativo a los diferentes límites que existen en cada legislación. Uno es que los límites promulgados por la Unión Europea y por Estados Unidos se refieren a efectos a corto plazo. Lo que ocurre es que hay países que empiezan a preocuparse por si hubiera efectos a largo plazo, entonces mediante una extrapolación hacen una legislación para efectos a corto plazo pero tan restrictiva que supuestamente evite los posibles efectos a largo plazo que pudiera haber. No es que legislen para los efectos a largo plazo, sino que arbitrariamente bajan esos niveles para los efectos a corto plazo.

Eso quizás nos lleve a una pregunta que Michael Mc Mahon podría contestarnos sobre si en la Comunidad Europea o a través de la Organización Mundial de la Salud se va a legislar o recomendar específicamente para efectos a largo plazo.

**Sr. McMAHON:** Desde luego eso es lo que espero, y espero que el informe de la Organización Mundial de la Salud aporte las bases para hacerlo, porque la disparidad de normativa no es buena.

# SOSTENIBILIDAD



JOSÉ LUIS BLASCO VÁZQUEZ  
JOSE MARÍA ARRAIZA CAÑEDO-ARGÜELLES  
MILAGROS HIDALGO BERMEJO  
JOSÉ MANUEL ALONSO PRIETO (MODERADOR)  
JOAQUÍN PÉREZ-HERVADA VÁZQUEZ



# NUEVOS CONCEPTOS SOBRE SOSTENIBILIDAD Y SU APLICACIÓN AL MUNDO DE LA EMPRESA

## *NEW CONCEPTS OF SUSTAINABILITY AND THEIR APPLICATION IN THE BUSINESSWORLD*

### **JOSÉ LUIS BLASCO VÁZQUEZ** **KPMG, Global Sustainability Services**

José Luis es Licenciado en Ciencias Químicas y trabaja desarrollando proyectos en el área del desarrollo sostenible desde principio de los años 90 cuando se incorporó al Grupo financiero británico National Westminster.

Desde el año 96 hasta 2002 ha sido Director Técnico de Fundación Entorno y Secretario del Comité Español del Programa de Naciones Unidas. Ha compatibilizado estas tareas con su labor docente en la Universidad Autónoma de Madrid como profesor de proyectos en la Licenciatura en Ciencias Ambientales y actuando como experto para diferentes instituciones internacionales como Global Reporting Initiative, World Business Council for Sustainable Development, la Comisión Interministerial para la elaboración del Plan de I+D+I 2004-2007, el PNUMA o el Parlamento Europeo.

Ha recibido el premio valores de empresa en 2001 y es autor de más de un centenar de artículos y ponencias.

Desde septiembre de 2003 es Director de KPMG Global Sustainability Services, desde donde realiza proyectos de puesta en valor para la empresa de las oportunidades que el desarrollo sostenible le depara.



## RESUMEN

El valor de las empresas en términos de mercado no se corresponde con los libros de contabilidad. Estos aspectos no financieros en el sector eléctrico español suponen más de un tercio del valor de mercado. La naturaleza de este valor más allá de los números que presentan los balances, se encuentra relacionada con el cumplimiento de expectativas de éxito que no solo los inversores tienen en la compañía. Estas expectativas sobre la empresa se encuentran muy ligadas a las de las sociedades en las que opera.

La ponencia analiza cómo estrategias de potenciación de un comportamiento sostenible en las empresas del sector eléctrico pueden servir para medir, gestionar y fundamentalmente aumentar el valor total de la empresa.

Se trata de una aproximación no filantrópica al desarrollo sostenible empresarial, en la cual los intereses de la empresa, se ven reforzados de forma sustancial con estrategias de desarrollo sostenible que buscan ventajas competitivas persistentes.

La ponencia desarrolla también cuales son las claves para analizar y poner en marcha estrategias de sostenibilidad y como medir en términos tangibles los beneficios que reporta y los riesgos que minimiza.

## ABSTRACT

*The value of a company in market terms does not entirely rely on its financial statements. Non-financial aspects of the Spanish electricity sector account for more than a third of market value. The nature of this value, that looks beyond the numbers on the balance sheet, is related to the achievement of expectations of shareholders and of other stakeholders. These expectations are closely linked to society in the areas where the company operates.*

*This paper analyses the manner in which strategies for improving the sustainable behaviour of a company in the electricity sector can be a means of measuring, managing and basically increasing its total value.*

*This is a non-philanthropic approach to sustainable corporate development. The company's interests can be substantially strengthened through sustainable development strategies that look for long-term competitive advantages.*

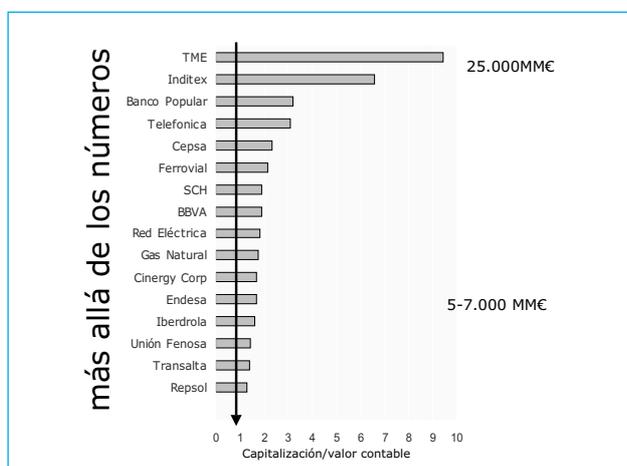
*The paper discusses the keys to analysing and implementing sustainability strategies and the methods of assessing in a tangible manner the corresponding benefits and the risks which such strategies can reduce.*

Estamos acostumbrados a que nos presenten el desarrollo sostenible desde un punto de vista de responsabilidad, de ética o filantropía. Sin embargo, se hace necesario ir más allá, y hablar de cuenta de resultados y de intangibles.

Uno de los elementos analizados en la primera cumbre mundial de desarrollo sostenible de Johannesburgo, en septiembre de 2002, fue el proceso que estamos siguiendo para integrar el elemento ambiental, no solamente *per se* sino dentro de la variable económica y social.

Nuestro planteamiento no se va a basar en el esquema clásico, sino en un hecho bastante significativo como es la capitalización bursátil con respecto al valor contable de algunas compañías. He seleccionado una serie de empresas cuyo valor real, según se puede observar, es muy superior al que reflejan sus balances auditados. Ante esto, cabe preguntarse cuán superior es, dónde reside esa diferencia de valor; qué es lo que lo genera que no se refleja en los libros de contabilidad. Esto es algo que nos hemos planteado en nuestra firma, que es una firma de auditoría, debido a que cuando hay que dar confianza a los accionistas sobre el valor de una empresa, gran parte de este valor es un intangible existente en el mercado pero que no aparece en los libros. Entonces ¿quién gestiona ese valor? ¿Dónde se localiza en los ratios que analizan las cuentas de las empresas? ¿Quién es el responsable de este valor?

Por ejemplo, en las eléctricas españolas, el índice “Valor de capitalización bursátil con respecto a su valor en bolsa”, que analiza la tabla siguiente, de las utilities se encuentra en un valor superior a 1,30.



Red Eléctrica de España está sobre 1,67 al 2 de octubre de 2003 y, por ejemplo, en el caso de Telefónica Móviles el valor de los activos y pasivos de la compañía es de 1 frente a 9 para el valor de cotización (valor de mercado). Esto significa que si vendiéramos los activos de estas compañías solamente recuperaríamos 1 de los 9 euros que están en el mercado.

¿Por qué pasa esto? Cuando analizamos el valor de compañías como Endesa, Iberdrola o Unión Fenosa, encontramos que la parte intangible dentro de su capitalización asciende a valores de entre 5.000 y 7.000 millones de euros y, en el caso de Telefónica Móviles o Inditex, estamos hablando de 25.000 millones de euros, lo cual es una cantidad interesante para las compañías.

¿Quién gestiona este activo en las compañías? Este empieza a ser un tema muy importante. El valor de una compañía se compone de dos partes primordiales: la primera es la que tenemos auditada y figura en los balances, que son los valores tangibles, y la segunda es la que llamaríamos valores intangibles, que no sabemos cuánto valen. En realidad, sí podemos saberlo mediante varios métodos. El que usa los precios de mercado estaría basado en la capitalización bursátil, es decir, para comprar una compañía sabemos cuanto tengo que pagar, a través de una OPA en bolsa que me permite controlar la parte del capital. Eso es valor real. Sin embargo, el valor en los libros de una compañía no es el mismo, al no considerarse en éstos el valor intangible.

¿De qué depende ese valor intangible? Se puede considerar que este cálculo de valor lo realizan los inversores en función de la confianza que depositan sobre una compañía, pero ¿esos inversores se fijan exclusivamente en el valor del balance? Si lo hicieran así le darían el mismo valor que el del activo tangible.

Quien está comprando y vendiendo acciones en el mercado está dando un valor a las expectativas que tiene en esa empresa. Estos saben que son diferentes colectivos los que generan este valor. En gran medida depende del atractivo que tiene la compañía para los clientes, para el talento, para un equipo motivado para llevar el proyecto adelante, para las administraciones que van a dar licencias para operar a esta compañía, para el mundo financiero para ofrecer crédito suficien-

te para acometer las inversiones que ofrezcan crecimiento y rentabilidad, etc.

También tenemos colectivos contextuales como los medios de comunicación que aportan o restan valor a la empresa en la credibilidad, reputación que posee; los proveedores, en función de que se encuentre integrados de una forma homogénea y coherente con la compañía, si pueden causar problemas, etc.

Es decir, hay otros colectivos que forman parte del valor de las compañías porque son propietarios y en ellos reside, en cierta medida, el valor de esta.

Cuanto mayor sea la diferencia entre el valor tangible y el intangible, más preocupados deben estar los inversores, los accionistas y los propietarios de fondos de pensiones para que estos activos intangibles se gestionen correctamente.

Por tanto, se podría definir como valor de los activos intangibles la capacidad que tenemos de gestionar las expectativas de esos capitales. Esto cada vez tiene más importancia en las empresas, una importancia que llega hasta el punto de que para los índices que seleccionan valores sostenibles, es decir aquellos que cumplen las expectativas de estos colectivos, tienen una actuación en bolsa bastante superior al de los convencionales.

Analizando la evolución de índices sostenibles y otros tan sólo de crecimiento, en un periodo tan nefasto para la bolsa, vemos que el índice Dow Jones ha perdido el 28,6% mientras que cuando combinamos sostenibilidad y crecimiento, la pérdida solamente es del 13,7%. Si nos centramos en valor, la pérdida de Dow Jones es del 17% mientras que el aumento en Dow Jones Sostenibilidad es del 0,7%.

Esto mismo ocurre para otros índices como Calvin o KLD. Es decir, hay muchos índices que tienen en cuenta el hecho de que las empresas cumplan estas otras expectativas, junto con las financieras o económicas, que son empleados por los inversores al analizar las empresas y que finalmente influyen en el valor de capitalización de las mismas.

Llegados a este punto, nos planteamos las siguientes preguntas: ¿Por dónde comenzar? ¿Quién está valorando estos capitales en mi empresa? ¿Quién los está gestionando? Todo ello es muy importante porque en algunos casos, como hemos visto anteriormente, este valor es hasta 8 y 9 veces superior al de los activos. Sin embargo, conocer de forma agregada lo que valen es una cosa y otra es observarlos de forma desagregada.

## DESARROLLO SOSTENIBLE COMO MOTOR DE CRECIMIENTO DE LOS INTANGIBLES

Pensar sostenible o bajo el prisma del desarrollo sostenible puede ayudarnos a gestionar estos activos de una forma más eficiente. Desde un punto de vista ortodoxo el concepto trata de hacernos ver la necesidad de atender a las generaciones actuales sin hipotecar las necesidades de las generaciones futuras. De esta forma podríamos decir que por ejemplo el papel que juega nuestra empresa en la promoción del acceso a los derechos de las personas de las sociedades en las que operamos es tan importante como obtener beneficios, ¿por qué? porque si no cuidamos esto, tarde o temprano tendremos muy pocas oportunidades de obtenerlos.

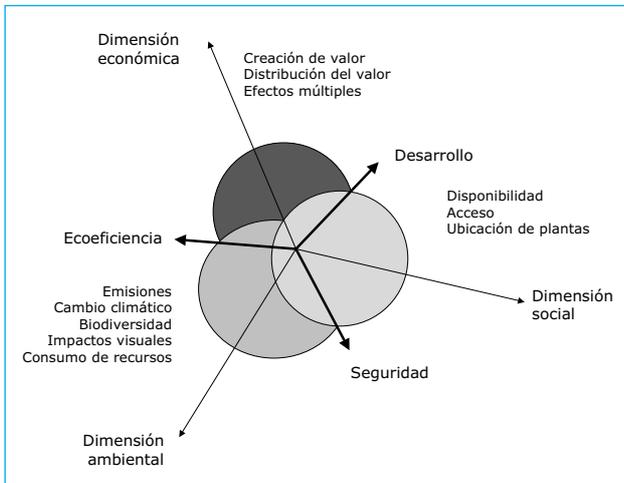
Cierto es que las empresas no son ONGs; su fin principal es ganar dinero, pero no es su único fin. Si no cuidamos estas dos vertientes, o estos dos vectores para generar un equilibrio en las decisiones, no vamos a tener posibilidades de seguir creciendo en el futuro.

El enfoque convencional consiste en que cuando generamos una actividad económica, provocamos unas externalidades negativas, como por ejemplo contaminación. Para producir y consumir bienes, originamos una contaminación que, en la mayor parte de los casos, intentamos mitigar mediante un gasto económico. Cuando tenemos un impacto social habitualmente nos gastamos dinero para compensarlo, pudiéndose dar situaciones tan ridículas como ésta: yo provoqué un cambio climático y lo intento paliar plantando árboles en algún lugar o financiando al equipo de fútbol del pueblo.

Decía la revista "Tomorrow" cuando apareció Dow Jones Sostenibilidad que este índice había puesto corbata a los directores de medio ambiente. Esto es cierto en la medida que los directores de medio ambiente han sido quizás durante años las cenicientas de las empresas. Se les ha dado la escoba y se les ha dicho: tenemos una emisión elevadísima y un volumen de residuos excesivo, así que intenta barrerlo y, a ser posible, mételo debajo de la alfombra para que nos cueste lo menos posible. Esta es la teoría de la mayor parte de las compañías, en las cuales los directores de medio ambiente no forman parte de las estrategias empresariales.

Cuando hablamos de desarrollo sostenible parece ser que hablamos de gasto, hablamos de cubrir las

externalidades negativas que generamos con nuestra actividad económica. Mientras sigamos hablando de gasto no estamos hablando de valor, sino de disminución de valor.



En el gráfico anterior los dividendos se encuentran en las intersecciones, ¿podemos hacer las cosas creando más valor para nuestra cuenta de resultados, a la vez que generamos menos recursos? La respuesta a esta pregunta no está en el departamento de medio ambiente, sino en la toma de decisiones estratégicas de la empresa, en la evaluación de los proyectos, en incorporar el factor medioambiental a las decisiones empresariales.

Cuando hablamos de seguridad estamos hablando de un dividendo, de cómo equilibramos la parte social con la parte ambiental, de cómo equiparamos un mayor gasto en recursos para dotar de seguridad y confianza a la población. Cuando hablamos del equilibrio entre la parte económica y la parte social se trata claramente de acciones de desarrollo, podemos aumentar el bienestar de las sociedades en las que operamos a la vez que incrementamos nuestra cuenta de resultados.

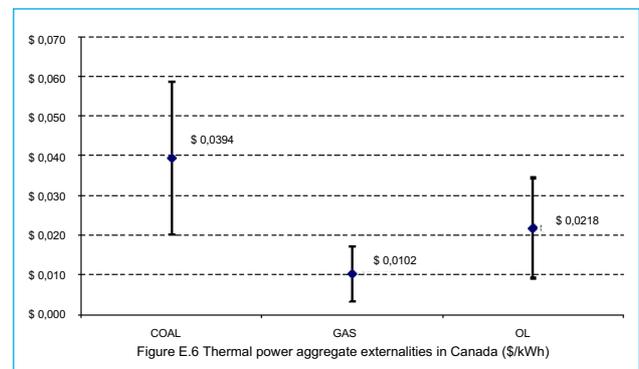
Dice Bjorn Stigson, el presidente de World Business Council for Sustainable Development que no se puede tener éxito en los negocios en sociedades que fracasan. Esto es cierto ya que cuanto mayor sea el poder adquisitivo, el bienestar, una cultura más democrática y transparente, el mercado será mucho más apetitoso para nuestras inversiones y mucho más rentable, y es que generando estos equilibrios estamos sencillamente asegurando nuestro negocio.

En el informe del año pasado sobre el desarrollo humano de Naciones Unidas, se observa que las ven-

tas de Iberdrola y de Endesa son muy superiores a los PIBs de numerosos países. Esto significa que nuestras compañías controlan economías, desarrollo e impactos, mucho mayores que los presidentes de Bosnia, Estonia, Honduras, Paraguay, Bolivia, Chipre, Angola o Kenya. Estamos hablando de que el poder de transformación que tienen nuestras empresas en la sociedad es enorme. Por ello, si no cuidamos las otras variables, será muy difícil que estos ciudadanos que son clientes, trabajadores, accionistas, etc. tengan confianza en nuestras empresas.

Cuando miramos la cuenta de resultados de una empresa, es un error fijarse únicamente en los beneficios, ¿es que no genera valor el resto de sus actividades? ¿No se crea valor cuando compra algo propiciando una actividad económica a su alrededor? Esa miopía de gestionar sólo ese valor nos lleva muchas veces a perder. Hay que mirar las cuentas de resultados de tal manera que seamos capaces de generar valor económico alrededor de nuestras empresas, pero teniendo en cuenta que ese no es el valor real que tienen las compañías.

Cada vez en mayor medida estas dimensiones no económicas del valor de las empresas van a tener consecuencias para la cuenta de resultados. Este es el caso de, por ejemplo, la aplicación de los mecanismos flexibles de cumplimiento del Protocolo de Kioto al sector eléctrico. En la siguiente figura se presentan, según el Gobierno de Canadá, las externalidades negativas provocadas por la contaminación atmosférica de las centrales térmicas en Canadá, por kilovatio. En el caso del carbón es de aproximadamente 0,06€ por kWh; en el caso del gas, estamos hablando de 0,015-0,017€; y en el caso del ciclo combinado, estamos en un nivel inter-



medio. Cuando hablamos de medio ambiente, ya no estamos hablando solamente de los efectos sobre la biosfera, debemos hablar también de las externalidades, de lo que estamos provocando afuera y no esta-

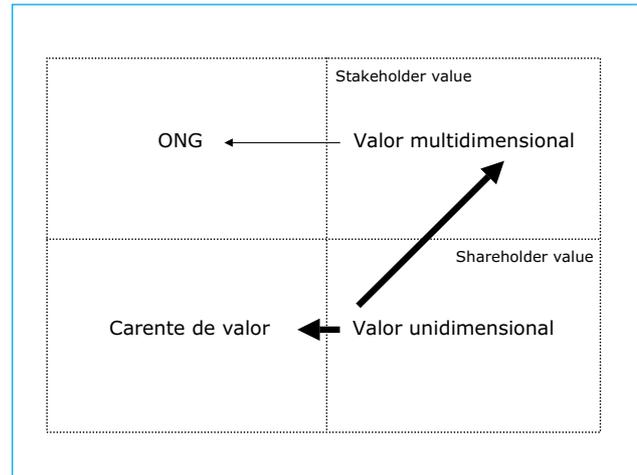
mos pagando, y que tarde o temprano vamos a tener que incorporar al precio.

Una oportunidad de negocio surgida en este campo en los últimos meses ha sido la energía verde, refrendada por el gran número de kilovatios certificados que se han producido en toda Europa. Por ejemplo mi empresa, KPMG, ha comprado aproximadamente 31.000.000 kW/hora certificados como verdes. Esto mismo ocurre con compañías de ferrocarriles, municipalidades o la Universidad de Oxford. Los usuarios de esta energía quieren incorporar este factor para disminuir su cambio climático. La energía y el constreñimiento que supone una sociedad baja en consumo de carbono son fundamentales para las economías, y esto son externalidades.

Es evidente que toda empresa tiene un tensor económico fundamental y por otro lado, se encuentran flotando otros elementos, ambientales y sociales, que se van incorporando y que más o menos están tensionando la propia marcha de la empresa. El último en discordia ha sido el del buen gobierno. Estos aspectos tienen una tensión distinta de la económica dentro de la propia empresa. A medida que vamos introduciéndolos en el proceso de toma de decisiones, es decir a medida que ponemos los valores de la compañía a trabajar a favor de la cuenta de resultados, lo que se pretende es ir afianzando que esa toma de decisiones se trufe de las otras dimensiones. De esta manera, cuando tiremos de la empresa no lo haremos solamente del tensor económico, sino que la empresa generará valor y fortaleza intentando incluir en su buena marcha otros tensores que también forman parte del valor que crea en las sociedades en las que está operando.

Si nosotros generamos solamente valor para los accionistas solamente creamos valor en una dimensión de la empresa. Tenemos que intentar hacer lo mismo de forma multidimensional y así aportar valor a un mayor número de las partes interesadas que tenemos que gestionar. Este viaje es el que todos los que nos dedicamos al desarrollo sostenible estamos intentando que hagan las empresas. El secreto está en poner a trabajar otras dimensiones a favor.

Otro ejemplo bastante ilustrativo es el de Transalta, que en este momento está obteniendo la puntuación más alta en Dow Jones Sustainability Index. Estudiemos qué hace Transalta para ver en la práctica cosas que se pueden hacer, cosas que están en la agenda, y que todos podemos poner en marcha en



nuestras compañías. Por ejemplo, una cuestión importante sería la variable del buen gobierno y estaríamos hablando de no solamente informar a los mercados de los resultados económicos trimestralmente o cuatrimestralmente, sino de hacerlo de las tres dimensiones, porque si yo estoy generando valor he de informar a todas las partes interesadas de todos los aspectos de la empresa. Transalta lleva todos los trimestres su informe de las tres dimensiones al mercado y el mercado no solamente son los accionistas.

Consideremos también que cuando hablamos de cambio climático no estamos hablando solamente de desarrollar una estrategia desde la compañía. Transalta tiene líneas abiertas de *feed-back* para *plantear* ideas sobre cómo disminuir el cambio climático y financiar su mejora. Esta empresa ha tenido muy buenos resultados en su evolución en bolsa durante el último período desde abril, pero hay que fijarse en que gestionar sosteniblemente no es ninguna labor de filantropía, es una cuestión de supervivencia de un sector que cada vez más va a estar en primera línea de fuego.

Como conclusión, podemos decir que basar la estrategia de crecimiento de la compañía exclusivamente en el valor para el accionista es una estrategia a muy corto plazo; generar valor a más colectivos significa que mañana nos vamos a poder apoyar en ese valor para crecer en mercados que están liberalizándose cada vez en mayor medida, y que este factor va a ser fundamental para que podamos operar en el futuro.

Espero que estas líneas hayan sido evocadoras, que hayan servido para descubrir cosas y argumentos para que las compañías puedan ser más activas en este campo.

# APORTACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA A LA SOSTENIBILIDAD

## *CONTRIBUTION OF THE ELECTRICAL ENERGY TO THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT*

**JOSE MARÍA ARRAIZA CAÑEDO-ARGÜELLES**

**Fundación Energía Sin Fronteras**

Doctor Ingeniero Industrial del I.C.A.I. PADE por el IESE. Desarrolla su actividad profesional en UNION FENOSA a la que se incorporó hace 39 años. Inició su actividad profesional en el Área de Desarrollo de Proyectos de Transporte y Distribución, fue responsable de Control de Gestión, posteriormente, Subdirector General de Relaciones Institucionales y actualmente ocupa el cargo de Secretario General de Regulación y es Profesor del curso de Doctorado Economía y Regulación de los Sistemas Eléctricos en la Escuela Superior de Ingenieros Electromecánicos de I.C.A.I.



## RESUMEN

Se presenta la Fundación Energías Sin Fronteras, recientemente creada y patrocinada por numerosas empresas del sector eléctrico (entre ellas Red Eléctrica de España). También se pone de manifiesto que la relación entre disponibilidad de energía eléctrica y calidad de vida es clara, así que el objetivo de esta Fundación es promover proyectos para acercar esta energía a la población necesitada.

## ABSTRACT

*The Fundación Energías Sin Fronteras (Energy without Borders Foundation) is introduced. This foundation was set up recently and is sponsored by several companies from the electricity sector (including Red Eléctrica de España). There is a clear relationship between the availability of electrical energy and the quality of life. Therefore the foundation's goal is to promote projects that help to provide this energy to those that are in need.*

Muchas gracias por la invitación a participar en este acto.

Hablar de energía y sostenibilidad es un tema de mucha amplitud, prueba de ello es que el próximo congreso mundial de la energía estará dedicado a ello, con el lema "Energía y Sostenibilidad". Y no es extraño porque todos los que llevamos muchos años trabajando en el sector eléctrico sabemos que la energía en general, y la energía eléctrica en particular, juega un papel esencial en alcanzar el bienestar de las personas y en el desarrollo de los pueblos, que es la meta que todos esperamos obtener. Precisamente sostenibilidad es cómo alcanzar estas metas del presente sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones.

Indudablemente, para abordar el tema de energía y sostenibilidad, hay que analizarlo desde las tres dimensiones: desde la dimensión económica, desde la dimensión social y desde la dimensión medioambiental. Hasta aquí yo creo que las intervenciones son muy paralelas, venimos diciendo prácticamente lo mismo en la intervención anterior y en ésta. Pero, a diferencia de la intervención anterior, yo precisamente voy a focalizar mi intervención en los factores que José Luis deliberadamente ha excluido, y así complementamos nuestra presentación. Yo me fijaré más en los temas de la responsabilidad, en los temas de la ética e incluso también en los temas filantrópicos.

Desde el punto de vista de la dimensión económica, si nosotros como economía entendemos la correcta distribución de los bienes escasos, indudablemente vemos que desde el punto de vista de la sostenibilidad, inmediatamente la energía nos plantea un dilema, una preocupación muy importante, cuando nosotros reflexionamos sobre el hecho de que 2.000 millones de personas, es decir, un tercio de la población mundial, no tienen acceso a las formas modernas de energía y consecuentemente tienen muy dificultado su acceso al bienestar y al desarrollo. Eso es reconocido por todas las organizaciones mundiales y así se ha fijado como objetivo la necesidad de romper con esta situación para alcanzar la meta que todos los países integrados en la ONU nos hemos establecido, aunque es muy posible que no lo alcancemos, de reducir la pobreza a la mitad para el año 2015.

Desde el punto de vista social, podemos decir que los graves conflictos sociales que en este momento se están viviendo a nivel mundial tienen su raíz en la desigualdad social, en los diferentes niveles de acceso al bienestar, de acceso a la riqueza que tienen los diferentes grupos sociales e indudablemente la posibilidad de acceder a servicios modernos de energía es un indicador muy relevante de estas desigualdades sociales. En una mera observación podemos afirmar que los países más pobres consumen 80 kW/h al año por habitante mientras que los países de la OCDE están en un nivel de consumo de 8.000 kW/h por habitante y año. Es evidente que desde el punto de vista global esta situación es considerada por todas las organizaciones responsables como insostenible.

Hay una correlación clara entre los índices de mortalidad infantil, analfabetismo, fertilidad y esperanza de vida al nacer con el consumo per cápita de energía. Se puede afirmar que las condiciones de vida de la sociedad moderna están íntimamente relacionadas con el consumo de la energía.

Desde el punto de vista medioambiental, desde la tercera dimensión, nosotros estamos ante importantes cambios en los sistemas energéticos porque se ha tomado una conciencia clara en Kyoto y en Johannesburgo de que los patrones actuales de producción y consumo de energía amenazan seriamente al ecosistema y a la salud a todos los niveles.

Aquí es importante hacer un doble: nosotros estamos viendo estos acuerdos desde los países ricos y estamos muy preocupados por las emisiones de CO<sub>2</sub>, la lluvia ácida y el cambio climático, pero posiblemente la energía como elemento contaminante encuentra su peor faceta en la contaminación que se produce precisamente en aquellas personas que carecen de ella, de las formas modernas de uso de energía. Esto queda refrendado por las cifras escalofriantes en mortalidad y enfermedades derivadas del consumo ineficiente de biomasa en los países que no tienen acceso a la electricidad u otras formas actuales de la energía.

Estamos por tanto ante una situación donde es indudable que los que hemos convivido durante años con la energía no podemos dejar a un lado este tipo de preocupaciones, y necesitemos enfocar soluciones. Las soluciones son diferentes según qué colectivos estemos tratando.

Si analizamos los países de la OCDE, y tomando a España como ejemplo, nuestra regulación está evolucionando en los últimos años para promover un uso más eficiente de la energía, especialmente en los usuarios finales, tanto a nivel doméstico, como en transporte, como en los procesos productivos. Así se da fin a este proceso de desarrollo que estamos observando, particularmente en estos últimos años, e incrementando la utilización de energías renovables, que tienen poco o ningún contenido de CO<sub>2</sub>, buscar tecnologías limpias, por ejemplo en el área del carbón para producir la energía eléctrica.

En los países en desarrollo las soluciones no tienen que ir por este camino, son distintas. Es necesario acelerar el proceso de desarrollo de tecnologías no concentradas que no son útiles para resolver los problemas que se tienen planteados, sobre todo en los medios rurales dispersos, y estudiar en profundidad cuáles son las soluciones más adecuadas para distribuir energía a las comunidades aisladas.

Todo esto se dice fácil pero se hace difícil, el problema no es que falte energía, el problema es que la solución a los problemas que plantea la carencia de energía en este tercio de la población al que antes me refería tiene múltiples aristas difíciles de resolver: sociales, falta de conocimiento e infraestructura social que pueda mantener los servicios de suministro de electricidad; técnicas, hay mucho camino por recorrer sobre cuál es la solución técnica más efectiva que dé soluciones a esos problemas; económicas y financieras, no es rentable basándose en la economía de los países pobres suministrar electricidad; y regulatoria. En este último sentido, hace relativamente poco tuve la oportunidad de visitar las provincias de Sata y Jujui en Argentina, donde la concesión de las distribuidoras está condicionada regulatoriamente a que se resuelva el problema de la carencia de electricidad en el altiplano y también a cuestiones medioambientales.

Al reflexionar sobre estos problemas uno se da cuenta de que no existe una solución única, no basta con poner un panel fotovoltaico en cada una de las viviendas aisladas de la gente pobre como se ha propuesto en ocasiones. No es ese tipo de solución el que va a resolver este problema, son soluciones complejas y a mí me parece que ya que el trabajar en la energía nos ha producido cierto nivel de riqueza, tenemos la responsabilidad social de ver la relación entre la energía y aquellos que carecen de toda riqueza.

Desde esta perspectiva nosotros, y gracias a la idea sugerida por Carmen Becerril, hemos puesto en marcha una organización que afronta este tipo de problemas, una organización que desde el primer momento se bautizó como “Energía Sin Fronteras”.

La idea básica de crear esta organización es ver la posibilidad de canalizar el capital intelectual que reside en las personas que de una forma u otra hemos estado relacionadas con la energía, hacia el planteamiento de soluciones a estos problemas.

Contacté con personas de diferentes empresas, Iberdrola, Endesa, Red Eléctrica..., entre las que encontré una gran acogida, muy particularmente por parte del presidente de Red Eléctrica, y nos pusimos a organizar esta organización no gubernamental.

Elegimos la forma jurídica de fundación, lo cual nos orientaba hacia la necesidad de tener un patronato. Tuvimos muy buena acogida en todas las empresas energéticas españolas, las cuales pasaron a integrar nuestro patronato, en el que actualmente hay 20. La elección del Consejo Asesor se encaminó a introducirnos en el mundo de la cooperación, porque indudablemente es como se están canalizando todos los fondos para resolver estos problemas, y en el mundo universitario. Formamos una Junta Directiva e hicimos un proceso de captación de voluntarios. Equivocadamente nuestra idea de captar voluntarios iba dirigida fundamentalmente a las personas que habiendo ya culminado su vida laboral o profesional, tenían deseo de aportar su conocimiento y su trabajo al mundo de la cooperación y al mundo de la solidaridad. La realidad es que mientras nosotros nos estábamos dirigiendo a las personas mayores, se nos han acercado muchas personas jóvenes que tenían interés y que se responsabilizan de las diferentes áreas de la organización.

Los objetivos que nos hemos establecido para empezar es el realizar dos tipos de actividades: la primera, y para mí la más importante, es una actitud de reflexión, una actitud de desarrollo de estudios. Se habla mucho de este tema en todos los foros, pero en mi opinión no se analiza mucho, no se piensa lo que es necesario para resolver un problema de tamañas magnitudes. El primer proyecto que hemos lanzado es precisamente profundizar y analizar técnicamente la relación que existe entre energía-pobreza y pobreza-energía. Así hemos creado un departamento de estudios que tiene como objetivo analizar los problemas que se plantean en ese entorno.

En segundo lugar hemos hecho una tarea de desarrollo de proyectos concretos que nos sirvan al principio para poner en marcha la organización del trabajo del voluntariado, que no es fácil y que presenta algunas dificultades diferentes de la organización del trabajo en las empresas. Por ahora hemos elegido tres proyectos, uno en República Dominicana, otro en la India y otro en Perú y así poner en marcha la propia organización.

Estos proyectos tienen características especiales, específicas, son proyectos todos ellos de cooperación al desarrollo. Tenemos bastantes llamadas para hacer proyectos y algunos de ellos quedan descartados porque no les vemos la connotación de tener un enfoque integral, basado en las soluciones a los problemas que se plantean en las sociedades locales y detectados desde la propia sociedad, no intentando imponer un modelo, nuestro modelo de sociedad a estas sociedades. Son proyectos basados en el apoyo local, en lo que nosotros llamamos las contrapartes, que es uno de los temas más difíciles a resolver en este tipo de proyecto.

Cuando contamos esta idea a veces nos encontramos con una crítica lógica, respecto a qué aporta una nueva ONG. Hemos reflexionado sobre ello, pero nos parece que está justificado por varias razones. En primer lugar porque nosotros somos personas que hemos recibido de la sociedad un conocimiento específico y que tenemos dificultades de trasladarlos si simplemente nos integramos en otras ONGs, esa sería la primera razón, digamos que en las personas que trabajamos en el sector energético existe un gran conocimiento técnico y específico en el área energética y en el desarrollo de proyectos.

En segundo lugar, tenemos una plataforma logística excepcional, las empresas eléctricas españolas en los últimos años tienen una presencia en todo el mundo muy relevante, o sea, estamos en condiciones específicas de llegar a cualquier lugar del mundo. Y en tercer lugar, existe un hueco para este trabajo, nosotros creemos que las ONGs para el desarrollo en el que están trabajando necesitan de la cooperación de nuestro conocimiento técnico y de la capacidad de desarrollo de proyectos para cumplir sus funciones.

Con esto termino mi intervención intentando daros con esta pincelada un poco de conocimiento de lo que es la fundación "Energía Sin Fronteras", poniéndome a vuestra disposición para intercambiar impresiones sobre este proyecto siempre que queráis, en cual-

quier momento y con cada uno de vosotros, e invitaros a los que compartáis estas preocupaciones a integrarlos en nuestra organización para la cual podéis acceder a su página web [www.energiasinfronteras.org](http://www.energiasinfronteras.org).

Muchas gracias por vuestra atención.



# LA RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA EN RED ELÉCTRICA

## *CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY AT RED ELECTRICA*

### **MILAGROS HIDALGO BERMEJO**

Jefe del Departamento de Comunicación e Imagen Corporativa de Red Eléctrica de España.

Profesor Mercantil por la Escuela Superior de Comercio de León y estudios de Ciencias Económicas y Empresariales en la Universidad Complutense de Madrid.

Ha desarrollado su actividad profesional en distintas Compañías Multinacionales durante 20 años y desde su incorporación en REE en el año 1999, ha sido responsable de distintos Departamentos, trabajando los últimos 6 años en la Dirección de Comunicación y Relaciones Institucionales.



## RESUMEN

La Responsabilidad Social Corporativa es un concepto en auge en el mundo de la empresa y existe un gran acuerdo en que puede tener un valor económico directo, es decir, no solo es beneficiosa para la sociedad en general, sino también para la empresa en su estrategia de éxito empresarial a medio y largo plazo.

RED ELÉCTRICA, consciente de la responsabilidad que asume en el desempeño de sus actividades eléctricas, básicas para la eficiencia económica y el bienestar social, apuesta de manera decidida por un modelo de gestión empresarial orientado al desarrollo sostenible.

De esta forma, desarrolla todas sus actividades, incorporando como principios de actuación, además de los criterios económicos y técnicos, los relativos al compromiso social y el máximo respeto por el medio ambiente.

La ponencia desarrolla la manera en que RED ELÉCTRICA entiende y aplica en su modelo empresarial la RSC y la forma de comunicar a todas las partes interesadas sus actuaciones en este campo.

## ABSTRACT

*Corporate social responsibility is an increasingly important subject in the business world. It is widely accepted that it could be of direct economic value. Not only is it beneficial for society as a whole but also for the company concerned, in its medium and long-term business strategy.*

*Red Eléctrica is conscious of its responsibility in regard to its electrical activities (of basic importance for economic efficiency and social wellbeing) and it has firmly decided to pursue a business model aimed at sustainable development.*

*It thus carries out its activities in accordance with business and technical criteria, with its social commitment and with maximum respect for the environment.*

*This paper explains the manner in which Red Eléctrica interprets and applies corporate social responsibility in its business model and the methods it uses to communicate its activities in this field to stakeholders.*

En primer lugar quiero agradecer a la organización la invitación que me han hecho para participar en estas interesantes jornadas. Vamos a exponerles cómo en Red Eléctrica de alguna manera estamos asumiendo, internalizando y enfrentándonos con este nuevo reto y con este nuevo objetivo tan importante de la Responsabilidad Social Corporativa (RSC).

Empezaré explicando qué es la RSC para Red Eléctrica, cómo la hemos internalizado y cómo la vivimos, indicando que es necesario y posible conciliar la actividad de las empresas y el desarrollo económico con un compromiso responsable con el medioambiente y la sociedad.

Pero, ¿qué es la responsabilidad social corporativa? Para este término no se encuentra una única definición, hay muchas iniciativas públicas, privadas, foros de opinión tratando de definir qué es la responsabilidad social corporativa. En esta presentación recogemos las iniciativas, tanto públicas como privadas, más interesantes en el ámbito europeo: Libro Blanco y Libro Verde de la Unión Europea; y mundial, a través de organismos asociados a la ONU como son el Global Compact, o Pacto Mundial, el Global Reporting Initiative de 2002, y la OCDE que establece las líneas directrices para empresas multinacionales.

En cuanto a las iniciativas privadas destacan el Consejo Mundial para el Desarrollo Sostenible, elemento clave en el futuro sostenible, y la CSR Corporate Social Responsibility que engloba los enfoques que de la RSC da cada uno de los miembros europeos.

A continuación describiré brevemente las definiciones más importantes propuestas por cada una de estas iniciativas. Partiendo del Libro Blanco, que ayer la Directora-Gerente de la Fundación Entorno, D<sup>a</sup> Cristina García-Orcoyen, citó como primer documento que definía la estructura para el futuro régimen comunitario de responsabilidad ambiental; el Libro Verde, que define que la responsabilidad social corporativa como un concepto con arreglo al cual las empresas deciden voluntariamente contribuir al logro de una sociedad mejor y a un medioambiente más limpio.

El Global Compact o Pacto Mundial la define como la adopción de unos principios (son 9) y valores com-

partidos que den un rostro humano al mercado mundial. El GRI (Global Reporting Initiative) establece las directrices que deben seguir las empresas para redactar los informes de sostenibilidad y las memorias de responsabilidad social, aplicando principios y normas voluntarias para una conducta empresarial responsable compatible con la legislación aplicable.

Entre las iniciativas privadas destacan el Consejo Mundial para el Desarrollo Sostenible, que considera la RSC como el compromiso de las empresas de contribuir al desarrollo económico sostenible, trabajando con los empleados, sus familias, la comunidad local y la sociedad en general para mejorar su calidad de vida. Por su parte la CSR Europa la define como la forma de operar una empresa que excede las expectativas generales que la sociedad tiene con relación a las empresas.

Como ustedes pueden apreciar, no existe el consenso sobre la definición precisa de lo que es la RSC, pero en todas ellas existen unos términos comunes y unos alcances parecidos, como son: desarrollo sostenible, sostenibilidad, gobierno corporativo, reputación o gestión ética. Diferentes aspectos que nos llevan a un compromiso prácticamente común y a unos elementos que todos compartimos. Cada empresa, o grupo de ellas, define su concepto de responsabilidad corporativa, su enfoque y su alcance dentro de cada una de sus compañías, nosotros también hemos desarrollado nuestra propia definición con la que nos sentimos muy a gusto y con la que sinceramente queremos seguir trabajando.

¿Qué entiende Red Eléctrica como Responsabilidad Social Corporativa? Para el grupo Red Eléctrica la RSC trata de incorporar a sus principios de actuación, además de los criterios económicos y técnicos, los relativos al compromiso social y medioambiental con objeto de orientar todas sus actuaciones al desarrollo sostenible. Llevamos ya un camino andado en este ámbito pero queremos seguir trabajando. Fundamentalmente los pasos que hemos dado han sido la adhesión al pacto mundial de la ONU, asumiendo los 9 principios que se agrupan en los bloques: derechos humanos, normas laborales y protección medioambiental.

En Red Eléctrica hemos aprobado una política de

RSC y hemos internalizado esa política dentro de nuestra organización, y todos los que componemos Red Eléctrica tenemos el compromiso de cumplirla, asumir todas sus directrices y seguir trabajando en esta dirección.

Como ayer mencionó D<sup>a</sup> Cristina García-Orcoyen, antes el concepto de Responsabilidad Social Corporativa tenía un valor filantrópico, un valor que no tenía nada que ver con los objetivos de la empresa, entre los que destacan el económico y la obtención de rentabilidad. Actualmente ha pasado a ser, desde el momento en que nosotros la integramos en nuestro plan estratégico, una herramienta de gestión más, una herramienta estratégica con la que estamos dispuestos a trabajar y volcar todos nuestros intereses y todas nuestras ilusiones en ello.

También hemos avanzado en temas de gobierno corporativo, que se tratarán en detalle en otra ponencia.

Y por último, un hecho importante es la implantación de nuestros valores culturales corporativos, que son marco de referencia en todas nuestras actuaciones. Entre ellos destacan el trabajo en equipo, la transparencia informativa, la integración de las personas, el orgullo de grupo, etc.

Estos compromisos hay que transmitirlos a nuestros empleados y a la sociedad en general. A partir de esta inquietud, la Dirección de Comunicación, la Dirección de Tecnología y Medio Ambiente y otras muchas direcciones de Red Eléctrica colaboramos para elaborar nuestra primera memoria social.

¿Qué supone nuestra primera memoria social en Red Eléctrica? La Memoria Social e Informe de Sostenibilidad, como lo hemos llamado, sin lugar a dudas marca un hito en la historia de nuestra compañía, contribuye a mantener una actitud transparente y activa en la relación con todos nuestros interlocutores y constituye una herramienta más de comunicación para dar a conocer nuestra participación responsable con la sociedad. Este documento incluye una información completa acerca de todos los temas que integran lo que en Red Eléctrica entendemos como Responsabilidad Social Corporativa y, por supuesto, hemos tratado de elaborarla de acuerdo con las directrices establecidas por el GRI (Global Reporting Initiative).

Se puede encontrar un ejemplar de esta memoria en nuestra página web, al igual que de el resto de las publicaciones. Les invito a leerla, porque creo que es

amena y además también nos gustaría que ustedes tengan la libertad de dirigirse a nosotros si están interesados o hay algo que consideren que debemos mejorar o incluir.

Ante la pregunta de ¿cómo estamos organizados en Red Eléctrica, o en qué agrupaciones o actividades está agrupada la Responsabilidad Social Corporativa en Red Eléctrica? La respuesta una vez más, es que actuamos en los siguientes ámbitos, en la contribución a la sociedad, la gestión de las personas, el compromiso con el medio ambiente y el valor a los agentes de negocio.

En cuanto a la contribución a la sociedad, destacan las acciones de valor social, cumplimiento de la legislación, integración en la comunidad, comunicación y formación, participación en instituciones y organismos, comunicación e información a grupos de interés, etc.

Las principales líneas de actuación en este campo de nuestra empresa son las siguientes: participamos en proyectos educativos, científicos y sociales, colaboramos con universidades, ayudamos a colectivos desfavorecidos a través de Cáritas, Fundación May World en Perú, proyectos de guarderías para familias sin recursos, tenemos presencia en organismos nacionales e internacionales como UCTE, Euroelectric, Instituto Edison, y llevamos a cabo planes de aceptación social de proyectos y organizamos eventos y participamos también en foros de interés, como pueden ser la conferencia anual de la energía.

Dentro de las acciones de comunicación no nos olvidamos de dirigirnos a la sociedad en general, ni descuidamos a nuestros accionistas e inversores, mantenemos permanente contacto con el accionista a través de nuestra oficina abierta durante todo el año, con nuestros inversores de referencia a través de diferentes reuniones, con los analistas y con los medios de comunicación. Somos pro-activos en comunicarles aquellas informaciones que son de interés y elaboramos un gran número de publicaciones anuales.

Por tanto, nos sentimos muy orgullosos por ser un referente en el sector en cuanto a la elaboración y edición de publicaciones de interés, tanto de carácter obligatorio como el informe anual, como voluntarias como la memoria medioambiental o la web corporativa.

Respecto a este último canal de comunicación hay que resaltar, por segundo año consecutivo, el reconocimiento de AECA, la Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas, con el

premio a la empresa con mejor información financiera en Internet.

En cuanto a la gestión de las personas, desarrollamos actividades que van orientadas a facilitar la conciliación de la vida laboral y familiar de nuestros trabajadores, ofreciéndoles todo tipo de ayudas en aquellas necesidades que tengan, ya sean familiares, de formación, etc., y a través de nuestra política laboral fomentamos el crecimiento del talento a través del desarrollo profesional y la garantía de igualdad de oportunidades a todas las personas que componemos la organización. En el ámbito de la protección de las condiciones laborales hemos sido la primera compañía del sector eléctrico en obtener la certificación en prevención de riesgos laborales, Certificación OHSAS 18.001.

Respecto al compromiso con el medio ambiente se ha establecido una política medioambiental que manifiesta el compromiso de protección del medio ambiente, fomentando que cada empleado desarrolle su trabajo con el máximo respeto al entorno natural y muestre un compromiso responsable con la sociedad.

Por último, respeto al hecho de dar valor a los agentes de negocio, cabe destacar que la creación de valor la generamos por diversos medios, a través de la excelencia empresarial, el desarrollo tecnológico y la innovación, y el gobierno corporativo. Nuestro objetivo es ser excelentes, trabajamos en una permanente innovación tecnológica, de gestión de los procesos a través del modelo EFQM, mantenemos unos excelentes índices de calidad de servicio y la máxima transparencia en la gestión corporativa. Gracias a todo ello hemos conseguido la certificación ISO 9.001:2000 para todas las actividades de negocio, el sello de excelencia europea a nivel plata, la marca de garantía de Madrid excelente, y hemos sido finalistas en los premios Príncipe Felipe de excelencia empresarial.

¿Qué retos futuros nos proponemos en Red Eléctrica? Todo lo que hemos hecho es empezar el camino, pero nos quedan todavía muchas cosas por hacer, entre otras, desarrollar y potenciar la implantación de la política de RSC, haciendo todo lo posible para que se internalice, mediante la sensibilización de todos los trabajadores.

Queremos integrar la Responsabilidad Social Corporativa en el cuadro de mando integral de la empresa, como ya les dije anteriormente, es una herramienta estratégica más y por supuesto formará parte del cuadro de mando integral de nuestra compañía.

También queremos diseñar nuevos indicadores, los indicadores que actualmente tenemos no miden todo lo que nosotros queremos medir. Queremos ser los primeros en identificar todos aquellos indicadores que de verdad nos ayuden a mejorar, al igual que estar presentes en foros de debate sobre Responsabilidad Social Corporativa, como lo hemos estado en el foro "Empresa y Desarrollo Sostenible" en el IESE, en PriceWaterhouse, Fundación Entorno, etc., pero como este campo irá creciendo y cada día será de mayor interés, queremos seguir estando implicados activamente.

También tenemos como objetivo facilitar y apoyar iniciativas sociales de nuestros empleados, dándoles recursos y sobre todo animándoles y tratando de que puedan cumplir sus objetivos.

Pretendemos también que nuestra memoria de responsabilidad social sea validada por un organismo certificador. Como saben, algunas de las memorias de responsabilidad social están ya certificadas.

Finalizo diciéndoles que para conseguir todos estos retos que nos hemos planteado hace falta un trabajo exigente y responsable de todas las personas que componemos Red Eléctrica. Este esfuerzo nos guía a un compromiso que en palabras de nuestro Presidente, en la carta que dirige a los lectores en nuestra memoria de responsabilidad social, supone alcanzar mayores cotas de responsabilidad social en un futuro que deseamos sea cada día mejor para todos.

Muchas gracias.



# IMPLANTACIÓN TERRITORIAL Y ACEPTACIÓN SOCIAL DE INFRAESTRUCTURAS DE INTERÉS GENERAL

## *TERRITORIAL IMPLEMENTATION AND SOCIAL ACCEPTANCE OF GENERAL INTEREST INFRASTRUCTURE*

### **JOAQUÍN PÉREZ-HERVADA VÁZQUEZ**

#### **Hispania Service**

Licenciado en Ciencias Económicas por la Universidad Complutense de Madrid. Inició su actividad profesional en el Servicio de Estudios del Ministerio de Industria. Posteriormente desempeñó diversos cargos directivos en empresas de los sectores industrial, comercial, transportes y financiero. Pertenece a HISPANIA SERVICE Consultores desde 1985 y está especializado en la implantación territorial y proyección pública de grandes proyectos industriales e infraestructuras de interés general.



## RESUMEN

Desde hace más de quince años, la realización de las infraestructuras de interés general y de grandes proyectos industriales se ve condicionada por una larga serie de trabas y resistencias que, si no son tratadas adecuada y oportunamente por el Grupo Promotor, pueden demorar gravemente e incluso impedir su realización, en perjuicio del necesario desarrollo socioeconómico.

Aunque las entidades promotoras de esas grandes obras cumplieran todos los complejos trámites burocráticos, se ajusten a las normas legales, aporten los cuantiosos medios económicos necesarios para su realización y tramiten en plazo y forma las pertinentes autorizaciones administrativas, los proyectos se retrasan e incluso se paralizan por causas “exógenas”. ¿Qué ha pasado? ¿Qué se puede hacer?

Esos estancamientos pueden obedecer a diversos motivos: desde una normativa ambiental cambiante - cada vez más exigente, todavía muy dispersa y con competencias administrativas superpuestas-, hasta la contraposición de intereses políticos, vecinales e, incluso, individuales. De forma casi ininterrumpida se suceden los más variados “factores de resistencia”, que se alimentan entre sí y que pueden llegar a hacer imposible la realización de un gran proyecto, por muy necesario que resulte.

La opinión pública suele recibir interesados mensajes “alarmistas” y se muestra proclive a creer que “la gran obra que tratan de imponerle” perjudica gravemente sus intereses. Si se consigue “fijar” esa convicción, las cuestiones de supuesta índole técnica o medioambiental se transfiguran en problemas políticos de muy difícil solución.

A lo largo de la exposición se identifican y analizan las posibles causas de oposición y de resistencia que pueden encontrarse en la realización de las grandes obras de interés general, al tiempo que se valoran algunas vías de actuación para alcanzar el mayor grado posible de aceptación social.

## ABSTRACT

*For more than 15 years the construction of general purpose infrastructure and large industrial projects has been subjected to a long series of hurdles and resistance. If these problems are not dealt with in an appropriate and timely fashion by the sponsor group they can seriously delay and even impede completion of the project, in detriment to necessary social and economic development.*

*Although the sponsors of such large projects fulfil all the complex bureaucratic requirements, meet the legal standards, furnish the large amounts of finance needed and obtain the pertinent approvals from the authorities, their projects are delayed and even stopped for “external” reasons. What has happened and what can be done?*

*These hold-ups can be due to various causes: they range from fast-changing environmental standards (increasingly onerous, still poorly defined and with overlapping authorities) to the opposition of political, local and even individual interests. Highly different forms of resistance arise in an almost endless fashion. Each group encourages the others and it may become impossible to carry out an important project – no matter how necessary it might be.*

*Public opinion is usually fed alarmist messages by interested parties and it is too ready to believe that “the big project they are trying to push through” will seriously harm local interests. If this conviction becomes entrenched then questions of a supposedly technical or environmental nature are transformed into political problems and become difficult to solve.*

*This paper identifies and analyses the possible causes of opposition and resistance to large projects of general interest. It also discusses some lines of action to achieve the greatest possible level of social acceptance.*

## SUMARIO

- PLANTEAMIENTO DE LA CUESTIÓN
- ¿PROYECTOS CONFLICTIVOS?
- RESISTENCIAS
- ESTANCAMIENTO: CONFLICTOS Y DILACIONES
- SENSIBILIZACIÓN DE LA OPINIÓN
- NECESIDAD DE UN CONSENSO POLÍTICO
- EL PLAN DE ACEPTACIÓN SOCIAL
- COHERENCIA DEL PLAN
- LAS EMPRESAS Y LA COMUNICACIÓN. ACTITUDES REACTIVAS Y PROACTIVAS

## PLANTEAMIENTO DE LA CUESTIÓN

Desde hace más de tres lustros, la realización de infraestructuras de interés general, así como la de grandes proyectos industriales, se ve condicionada por una larga serie de trabas y resistencias que deben ser tratadas de forma precisa y oportuna por el Grupo Promotor, ya que –de no hacerse así– pueden causar graves demoras e, incluso, impedir su realización en perjuicio del necesario desarrollo socioeconómico.

Aunque las entidades promotoras:

- Cumplimenten todos los complejos trámites burocráticos,
- Se ajusten a las normas legales,
- Aporten los cuantiosos medios económicos necesarios para su realización, y
- Tramiten –en plazo y forma– las pertinentes autorizaciones administrativas,

los proyectos se retrasan e incluso se paralizan por causas “exógenas”:

- ¿Qué ha pasado? Si se ha realizado la tramitación administrativa con una exigente precisión y hemos obtenido todas las autorizaciones y permisos necesarios.

- ¿Qué se puede hacer para que no fracase el proyecto?

Esos estancamientos pueden obedecer a diversos motivos: desde una normativa ambiental cambiante, -cada vez más exigente, todavía muy dispersa y con

competencias administrativas superpuestas-, hasta la contraposición de intereses políticos, vecinales e, incluso, individuales.

De forma casi ininterrumpida se suceden –en consecuencia- los más variados “factores de resistencia”, que se alimentan entre sí y que pueden hacer imposible llevar adelante un proyecto, por muy necesario que resulte a la Sociedad.

En tales situaciones, la opinión pública suele recibir interesados mensajes “alarmistas” y puede llegar a creer que “la gran obra que tratan de imponerle” perjudica gravemente a sus intereses. Si los opositores al proyecto consiguen “fijar” esa convicción, las cuestiones de índole técnica o medioambiental se transfiguran en problemas políticos de muy difícil solución.

Vamos a tratar en esta corta exposición de identificar y analizar posibles causas de oposición y resistencia que nos podemos encontrar ante la realización de un gran proyecto de interés general. Así mismo valoraremos algunas vías de actuación para alcanzar el mayor grado posible de aceptación social.

## ¿PROYECTOS CONFLICTIVOS?

Respecto a las grandes infraestructuras, especialmente las relacionadas con el sector energético, los transportes, los sectores industriales o las relacionadas también con la atención de determinadas necesidades sociales (plantas de tratamiento de residuos, cárceles, centros de rehabilitación...), cabría preguntarse si son por sí mismos proyectos conflictivos, o si la conflictividad social que suelen desencadenar obedece a resistencias identificables que –lógicamente- deben ser tomadas en consideración.

En lo que se refiere a los procesos de tramitación administrativa de grandes proyectos de infraestructura, podría pensarse que el diálogo con los agentes sociales y con los particulares, establecido a través del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, y tras la adecuada respuesta a las alegaciones que se formulen en las diversas etapas de información pública que ha de “soportar” el proyecto, debería ser trámite suficiente para llegar a una situación de consenso, dado que, en la Declaración de Impacto Ambiental, figuran ya las

condiciones específicas referidas al proyecto que está obligado a cumplir el Ente Promotor:

En consecuencia, de ahí en adelante el proyecto tendría que desarrollarse sin mayores incidencias en cuanto a su contestación social. Pero “las cosas”, en la práctica, no resultan así de cartesianas y fáciles.

Por ello, vamos a entrar en la problemática que, en los últimos años, ha venido planteándose —en todas las regiones de nuestro país— en relación a este tipo de proyectos.

## RESISTENCIAS

Las principales resistencias contra la realización de las obras proceden de un amplio abanico de factores, entre los que caben destacar los siguientes:

- La existencia de una normativa legal medioambiental dispersa y con competencias superpuestas,
- La presencia de un importante activismo ecologista y vecinal,
- El oportunismo de algunas formaciones políticas, que tratan de politizar los problemas técnicos o medioambientales,
- La contraposición de intereses políticos estatales, autonómicos, provinciales y locales,
- El planteamiento de conflictos de competencias entre las diferentes Administraciones Públicas (Central, Gobiernos y Parlamentos autonómicos, Ayuntamientos),
- La Opinión Pública, frecuentemente poco informada pero que recibe “mensajes” alarmistas y es proclive a creer que tratan de imponerle determinadas infraestructuras en contra de sus intereses. Y, finalmente, pero muy importante,
- El simple y típico “Sí, Pero Aquí No”. Es decir, se acepta, e incluso se exige, la realización de infraestructuras, “pero no cerca de mí casa”. Es el llamado efecto NIMBY, en terminología inglesa, que mi compañero Pedro Macía rebautizó con el acrónimo “SPAN” (“sí, pero aquí no”).

## ESTANCAMIENTO: CONFLICTO Y DILACIONES

Ninguna Administración quiere aceptar el “coste” de impopularidad que supone llevar adelante algunas infraestructuras, aunque sepa que la necesidad de su realización responde al interés general. Con este fin recurren, frecuentemente, a una variada panoplia de

actuaciones dilatorias, como pueden ser:

- El cuestionamiento de competencias administrativas respecto a otros órganos de la Administración, y el de la prevalencia de las respectivas normativas,
- La búsqueda de “razones” que justifiquen la paralización cautelar de la obra, ya en marcha,
- La interposición de recursos y acciones legales que provoquen dilaciones, y
- Las demoras y resistencias en la aceptación de las resoluciones de los Tribunales.

En las hemerotecas existe un amplio repertorio de acciones dilatorias político-administrativas que, en algunos casos, llegan a provocar el sonrojo ciudadano y el de los propios votantes.

## SENSIBILIZACIÓN DE LA OPINIÓN

Para aumentar la sensibilización “interesada” y la resonancia social de estos temas, los grupos opositores aprovechan en sus campañas el amplio campo de contestación que se les abre por diferentes vías, tales como pueden ser:

- La descoordinación y, a veces, la confrontación de intereses en las actuaciones de un mismo partido político en sus ámbitos nacional, regional, provincial y local,
- Los conflictos de competencias entre las diferentes administraciones públicas en el ámbito del Estado español,
- Las tendencias populistas que siguen los partidos en las etapas previas, cada vez más amplias, de los periodos electorales,
- La falta de firmeza en el seguimiento de los proyectos por parte de las administraciones responsables de su ejecución o de facilitar su realización,
- La escasa información que emana de los organismos implicados en la realización de las infraestructuras,
- La tendencia de la opinión pública a dejarse influenciar por los “miedos” que se difunden a través de los medios de comunicación, y
- El “secretismo”, o la información insuficiente, de las propias empresas encargadas de la ejecución de los proyectos, cuestión a la que haré una breve referencia al final de esta exposición.

## NECESIDAD DE UN CONSENSO POLÍTICO

En muchos casos y circunstancias, se ha podido consta-

tar que los Gobiernos Autónomos y las Administraciones Locales no desean “soportar” la “impopularidad” que representa enfrentarse a la oposición que les plantean los vecinos y los grupos ecologistas, de forma más o menos violenta, en relación a determinados proyectos de infraestructuras.

Por ello, utilizan varios “argumentos” para evitar el adoptar una posición clara y definida al respecto. En ese sentido, señalo tres líneas típicas de argumentación:

- Unas veces se cuestiona la competencia entre administraciones y la prevalencia de las respectivas normativas,
- Otras, se buscan conflictos y enfrentamientos “artificiales” que justifiquen la paralización cautelar.
- Y otras, en fin, se interponen recursos dilatorios para, mientras tanto, aprobar normas específicas que impidan la ejecución del proyecto o dificulten el cumplimiento de decisiones judiciales o sentencias, en el caso de que se hayan dictado con anterioridad.

Tales actitudes desconsideran, paladinamente, que el retraso en la realización de las obras, y el incremento de los costes que conllevan tales actitudes de obstrucción, deterioran la correcta asignación de recursos y perjudican la evolución de los índices de bienestar ciudadano.

La necesaria agilización de la realización de las infraestructuras de interés público, pasaría –en consecuencia- por la adopción de unas medidas que permitan:

- Garantizar la aceptación general de tales obras,
- Establecer una serie de principios objetivos para la elección de los emplazamientos y trazados, a fin de que su localización no responda a intereses distintos a los del bien común,
- Cumplir, por parte de todas las Administraciones, las responsabilidades dimanadas de sus respectivos niveles normativos y competenciales,
- Determinar con claridad los requisitos exigibles en la tramitación y plazos de los expedientes, así como acordar su acatamiento por todas las administraciones públicas,
- Establecer, en fin, entre todos los entes públicos, la aceptación de las decisiones y sentencias de los tribunales, sin tener que recurrir –para su cumplimiento- a la intervención de las fuerzas de seguridad del Estado.

Pero en tanto no se alcanzan esos, tal vez, utópicos pero necesarios, consensos políticos, los promotores y las entidades responsables de llevar adelante esos pro-

yectos necesitan actuar con criterios claros y adaptados a la cuestión planteada.

## EL PLAN DE ACEPTACIÓN SOCIAL

El mayor o menor grado de Aceptación Social (o rechazo) de una infraestructura depende de un gran número de factores, como hemos visto. Muchos de ellos son imprevisibles y han de ser abordados de forma individualizada. Otros, sin embargo, pueden esquematizarse como un Plan o Guía General. Plan o Guía que –en ningún caso- deberá considerarse como una “plantilla” de comportamiento reglado, sino como un índice secuencial de cuestiones, cuyo tratamiento habrá de adecuarse a las circunstancias concretas de cada caso y de cada momento.

En todo caso, el Plan deberá:

- Determinar, con la mayor concreción posible, los objetivos a alcanzar;
- Definir el esquema jerarquizado de puntos a seguir;
- Establecer un orden secuencial de actuaciones a desarrollar.
- Realizar una previsión de incidencias, que podrían dar lugar –en gran medida- a la preparación de actuaciones específicas que deberían de llevarse a cabo, bien a iniciativa de la propia Empresa Promotora, o como respuesta a las resistencias externas que pudieran presentarse.

Conviene insistir, por consiguiente, que tanto la aplicación de un Plan de Aceptación Social, como la gestión del mismo, constituyen un proceso vivo y continuado. No se puede asumir el Plan como una pauta rígida de actuación, ya que:

Del correcto análisis de los acontecimientos que se produzcan en cada momento y de la capacidad que se tenga de adecuación, precisa y oportuna a todos ellos, dependerá –en buena parte- la consecución de los objetivos establecidos.

Todo Plan de Aceptación Social tiene, por tanto, una vertiente de planificación y prevención (actuación proactiva), y otra vertiente de reacción a situaciones imprevistas o de crisis repentinas que, de no ser tratadas adecuadamente, pueden afectar negativamente al desarrollo del proyecto.

Red Eléctrica de España, hasta donde yo puedo conocer por el seguimiento profesional que nuestro equipo de análisis viene realizando de muchos de sus

proyectos, desarrolla -con plena exigencia y rigurosidad profesional, y con carácter previo al inicio de sus proyectos- los correspondientes planes de Aceptación Social, que la empresa identifica operativamente por sus siglas (PAS). Muchas de las consideraciones aquí realizadas están basadas en el seguimiento de esas experiencias.

Los Planes que Red Eléctrica pone en operación tienen, tal como debe ser, un carácter decididamente pragmático y como objetivos estratégicos los de:

- Convencer a las instituciones no ligadas al planeamiento de la infraestructura de que se trate, de la necesidad de realizar un determinado proyecto,
- Conseguir que, durante la fase de lanzamiento del proyecto, y durante su ejecución, no se produzcan enfrentamientos que perturben o lleguen a paralizar las obras, y finalmente
- Evitar retrasos perturbadores del buen desarrollo del proyecto durante la tramitación y construcción.

## COHERENCIA DEL PLAN DE ACEPTACIÓN SOCIAL

Evidentemente, hoy en día, cualquier Plan de Aceptación Social de una gran infraestructuras debe considerar, como una de sus premisas estratégicas, su impacto medioambiental.

Pero el Plan debe tomar, igualmente, en consideración los aspectos burocrático-administrativos, los técnicos y tecnológicos, así como los jurídicos ligados al proyecto, sin relegar a un segundo plano los relativos a su impacto social y – consecuentemente – a las acciones de información y comunicación.

Hacer prevalecer alguno de estos aspectos sobre los demás, puede llevar a desconsiderar, o a no valorar debidamente, todos y cada uno de los factores que –en mayor o menor medida- pueden facilitar o entorpecer la implantación y el desarrollo de un proyecto.

Se trata por tanto de acometer –correlativamente de acuerdo con las líneas básicas de un proyecto concreto- un trabajo previo y preventivo para que se vayan creando condiciones de partida que puedan ir generando un clima social favorable.

Por ello, el Plan de Aceptación Social tiene que conseguir el objetivo empresarial propuesto, pero sin desatender su incidencia externa.

Debe ser planteado, por tanto:

- Desde el mismo momento del origen o nacimiento del proyecto,

- Desarrollarse como un proceso continuado, y
- Adaptarse al quehacer diario de la Empresa.

Consecuentemente, en su desarrollo deben intervenir, de forma coordinada, todos los departamentos implicados en el buen fin del proyecto empresarial.

Por ello, con la mayor antelación posible a la “oficialización” del Proyecto, resulta esencial:

- ANALIZAR antecedentes, datos, objetivos y situaciones preexistentes y posibles,
- VALORAR adecuadamente todos los elementos que inciden en el desarrollo del plan,
- PROPONER estrategias y actuaciones que configuren una imagen positiva del proyecto y que faciliten la consecución de los objetivos, y finalmente
- IMPLICAR directamente a los responsables de los departamentos de la Empresa que hayan de desempeñar una función en relación al plan (Dirección General, Departamento Técnico, Tecnológico, Jurídico, Medio Ambiente, Relaciones Institucionales, Comunicación...).

Es necesario, en relación a todos ellos, crear una conciencia o sensibilidad, que fomente en cada departamento un clima positivo, asentado en fundamentos y argumentos suficientes que reduzcan los prejuicios existentes frente a determinados proyectos, y puedan generar opiniones racionales y fundadas. Se trata de evitar, con ello, que la opinión pública acepte de forma automática las informaciones que, unilateralmente, reciba de los grupos opositores.

Es decir, desde el punto de vista de la empresa son fundamentales:

- La coherencia de los planteamientos,
- La implicación de los distintos departamentos, y
- La coordinación de las labores que respectivamente se le asignen a cada uno de ellos.

Se trata de conseguir -en fin- como objetivo estratégico una suficiente integración social del Proyecto, para que su ejecución se realice con la mayor comprensión posible.

Una condición esencial para conseguir este fin es el apoyo institucional y la captación de interés ciudadano.

Los medios logísticos, para conseguir los objetivos estratégicos marcados, que deben estar dimensionados en coherencia con la magnitud, dificultad y duración del proyecto, han de concretarse en tres planes de acción, coherentes y complementarios:

- UN PLAN DE RELACIONES INSTITUCIONALES,
- UN PLAN DE COMUNICACIÓN,
- UN PLAN DE MEDIDAS DE ACOMPAÑAMIENTO.

No procede entrar, en esta breve intervención, a desglosar cada uno de esos tres programas de actuación, pero sí vale señalarlos aquí para resaltar su transcendental importancia como ejes básicos del Plan de Aceptación Social (PAS).

Sin embargo, sí considero interesante hacer una pequeña referencia a la actitud que muestran algunas empresas en relación a la comunicación externa:

ral. Ahora termino poniéndome a la disposición de todos ustedes para cualquier ampliación, aclaración o respuesta que –sobre los temas comentados- puedan precisar.

Muchas gracias.

## **LAS EMPRESAS Y LA COMUNICACIÓN: ¿ACTITUDES REACTIVAS O PROACTIVAS?**

Las empresas en general no son, por iniciativa propia, creadoras de opinión. No suelen desarrollar una política proactiva de comunicación. Su actitud es normalmente reactiva. Felizmente como hemos escuchado, no es el caso de Red Eléctrica, ya que Red Eléctrica sí desarrolla una política de comunicación proactiva.

Ante esta actitud comunicativa (quiero decir, poco comunicativa), debe tomarse en consideración que la mayor parte de las informaciones recogidas por los medios de comunicación proceden de fuentes externas a la Empresa promotora de un determinado proyecto (como son: los grupos de afectados, ecologistas, asociaciones de vecinos, líderes sociales y de opinión, partidos políticos, ayuntamientos, órganos ejecutivos de las CCAA, etc.).

Por ello, los medios de comunicación recogen principalmente las informaciones de las fuentes contrarias a la existencia de una determinada instalación industrial, o a la realización de un proyecto con implicaciones medioambientales.

En general, y con esas fuentes, la difusión informativa produce, en gran medida, distorsiones que inducen a la confusión de los posibles destinatarios que -en este tipo de proyectos- es normalmente también el público en general, a través del cual se configura el “estado de opinión” sobre un tema determinado.

Hay que modificar –por tanto- esa actitud defensiva de algunas empresas y adoptar actitudes proactivas en relación a la comunicación de los asuntos que les atañen.

Bien, hasta aquí he procurado condensar las conclusiones de una amplia experiencia, propia y ajena, así como sintetizar las percepciones adquiridas en la “batalla” por el tratamiento y desarrollo “racional” de grandes infraestructuras y proyectos de interés gene-



# COLOQUIO SOSTENIBILIDAD

## De Javier Goitia (Iberdrola) al Sr. Arraiza.

**PREGUNTA:** Todos los proyectos e ideas sobre las que vuestra fundación va a trabajar estaban localizados en países en desarrollo, pero aquí mismo tenemos muchísimos proyectos que acometer, sobre todo en temas de mejora energética y de cambio de mentalidad en algunos asuntos, no tanto del consumo de energía como del propio diseño de elementos, herramientas y aparatos que utilizamos. ¿Piensa Energía Sin Fronteras actuar dentro de los países ya avanzados?

**Sr. ARRAIZA:** Por supuesto, y me alegra que me hagas la pregunta porque tras la presentación puede parecer que se nos olvide que en nuestro país haya problemas, pero no es así. Ya hemos iniciado algún proyecto de racionalización y disminución del consumo de energía en alguna residencia de ancianos regida por una ONG. Nos gusta este tipo de trabajo porque hay mucho que hacer y es bueno empezar por las propias casas. Todos los que tengáis iniciativas en ese sentido seréis muy bienvenidos en la organización.

## De José Manuel Alonso (Red Eléctrica) al Sr. Blasco.

**PREGUNTA:** Hablando del sector eléctrico, has detallado las externalidades negativas de tres tipos de centrales: de las de carbón, de las de gas y de las de ciclo combinado, ¿tienes más información de otros tipos de generación o incluso del propio transporte eléctrico?

**Sr. BLASCO:** Los estudios están derivados de Kyoto y de las externalidades que generaron la lluvia ácida y los óxidos de nitrógeno y de azufre, por lo que se analizaron las centrales que contribuían a generarlo. Sin embargo, la red de transporte de Canadá tiene un sistema bastante semejante al que tenemos aquí

en España y con gusto facilitaré los documentos que existen.

## De Pedro Cruz (Universidad de Sevilla) al Sr. Arraiza.

**PREGUNTA:** ¿Tienen alguna relación con otras ONGs de enfoque similar al suyo?, me estoy refiriendo en concreto a "Ingenieros Sin Fronteras".

**Sr. ARRAIZA:** Sí tenemos relación, fue la primera visita que hicimos cuando creamos la organización ya que la primera idea que manejamos fue organizarnos como un área concreta o específica de "Ingenieros Sin Fronteras". Al final esto no fue así, al entender que estábamos tratando circunstancias diferentes, nosotros éramos personas más próximas al entorno empresarial e "Ingenieros Sin Fronteras" está más próximo a la universidad. Lo que si decidimos fue establecer fuertes lazos de cooperación a través del Consejo Asesor, donde "Ingenieros Sin Fronteras" son el primer asesor.

Me gustaría destacar el funcionamiento tan elogiado y satisfactorio que poseen, así como la experiencia que acumulan, pero creemos que podemos cubrir labores complementarias, siempre bajo el principio de colaboración, nunca de competencia, aprovechando su experiencia.

## De Juan de Dios Santa-María (Red Eléctrica) al Sr. Blasco.

**PREGUNTA:** Muerto Kyoto, porque si no está muerto está prácticamente moribundo desde que Estados Unidos rehusó cumplirlo y el Sr. Putin ha dicho que no lo firma, ¿qué alternativa o posibilidades hay? ¿Son los RECS (Certificados Verdes de Energías Renovables) una solución? Lo pregunto y casi te doy mi contestación, yo creo que los RECS son el montaje de un mer-

cado totalmente artificial, ya que realmente los RECS los van a comprar quienes contaminan, es una forma de pagar por poder contaminar, lo cual incrementará el coste de la energía y repercutirá en los usuarios de energía doméstica. Así que ¿son realmente los RECS la alternativa?

**Sr. BLASCO:** Respecto a tu última afirmación, ninguno teníamos duda de que al final íbamos a terminar pagándolo todos.

La primera semana de diciembre, tendremos la nueva conferencia de las partes del protocolo de Kyoto en Milán, donde nos podríamos encontrar con uno de los dos escenarios posibles para que no se firme Kyoto, como saben ustedes para que se firme tienen que darse dos condiciones: que haya partes suficientes y un volumen de emisiones que sea representativo. Esto podría no ocurrir si el gobierno ruso no firma.

Otra posibilidad sería encontrarnos frente a un Kyoto 2, esto es una apreciación personal, pero en la última visita que tuvo la senadora responsable de la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos a Europa le pregunté sobre esta cuestión y me dijeron que estarían dispuestos a negociar un Kyoto 2, es decir, un Kyoto con Estados Unidos incluido y una renegociación de las cuotas de emisión, de modo que los mecanismos de flexibilidad de las emisiones y las cantidades finales se modificarían sustancialmente a gusto de ellos.

Éste sería un escenario a plantear en el 2004, sin embargo ocurra o no, nosotros tenemos una directiva en vigor y una propuesta de directiva en marcha, es decir, el comercio de derechos de emisión basado en los mecanismos flexibles de Kyoto es una realidad en la Unión Europea y los mecanismos de compensación, tanto MDLs o CDMs, seguramente estén aprobados antes de que finalice la legislatura del parlamento europeo en junio del 2004.

Con lo cual, yo creo que desde el punto de vista del marco estratégico español deberíamos tener en cuenta que estas directivas van a entrar en vigor, al ser un compromiso de la Unión Europea el cumplimiento de los objetivos de Kyoto. Así que los planificadores y estrategias de las compañías eléctricas españolas deberían considerar que el escenario que vamos a tener, aun no firmando Kyoto, no va a ser muy diferente del que se podría realizar firmándolo.

Debido a que todo lo relativo a la lucha contra el

cambio climático ha tenido un mínimo impulso político en España, a las dificultades del reparto de cuotas, etc., la respuesta de la industria eléctrica está también siendo tímida, lo que nos puede llevar a encontrarnos el 30 de diciembre de 2004 asignando las cuotas, teniendo que ir al mercado de comercio de emisiones de manera forzada y al final lleguemos al 2008 sin CDMs que comerciar y por tanto en una situación difícil.

Yo les recomendaría adoptar el principio de precaución, de forma que estemos preparados para esta circunstancia, y mi opinión es que pese a que no se firme Kyoto no creo que nos vayamos a encontrar sin una cuota o límite de emisiones.

# EXPERIENCIAS COORPORATIVAS EN SOSTENIBILIDAD Y RSC



PEDRO PÉREZ DEL CAMPO

FRANÇOIS DESCHAMPS

RAFAEL GARCÍA DE DIEGO BARBER (MODERADOR)

FERNANDO FRÍAS MONTEJO



# LA ESTRATEGIA SOBRE COMUNICACIÓN DE SOSTENIBILIDAD EN RENFE

## *RENFE'S COMMUNICATION STRATEGY RELATED TO SUSTAINABILITY*

### **PEDRO PÉREZ DEL CAMPO**

#### **RENFE**

Licenciado en Ciencias Geológicas por la Universidad Complutense de Madrid en 1980 y Diplomado en Ingeniería Geológica por la misma Universidad en 1985.

Ha desarrollado toda su actividad profesional en RENFE desde 1982, siendo nombrado Gerente de Medio Ambiente en 1991, cargo que desempeña en la actualidad.

Desde 1988 es profesor asociado de la Universidad de Alcalá de Henares, siendo responsable de la docencia de Gestión de Residuos y Sistemas de Gestión Medioambiental en la Facultad de Ciencias Ambientales desde su creación en 1993.



## RESUMEN

A partir de la realización de su primera Memoria Medioambiental en 1998, Renfe comienza a plantearse una línea más avanzada de comunicación sobre los tres pilares básicos que conforman la sostenibilidad.

La referencia adoptada es la del Global Reporting Initiative (G.R.I.).

Ante la dificultad de informar sobre los tres pilares citados se desarrolla una estrategia consistente en Memorias corporativas de "eficiencia" (aspectos económicos y ambientales) y Memorias por Unidad de Negocio que incluyen la "triple cuenta". Todas ellas son certificadas por AENOR como conformes con G.R.I. en sus ediciones 1999 y 2000.

Actualmente se estudia la realización de una Memoria Corporativa de Responsabilidad Social Corporativa que no sustituirá a la medioambiental y coexistirá con las Memorias de Sostenibilidad G.R.I. por Unidad de Negocio, certificadas con arreglo a la edición 2002 o ulteriores.

## ABSTRACT

*Following the preparation of its first environmental report in 1998, Renfe started to consider a more advanced form of communication in accordance with the three basic concepts of sustainability.*

*It adopted the guidelines suggested by the Global Reporting Initiative (GRI).*

*In view of the difficulty of reporting the above three concepts, a strategy was developed. This consists of corporate reports on "eco-efficiency" (financial and environmental aspects) and a report by each business unit that includes the "triple account". These are all certified by AENOR as conforming to the 1999 and 2000 editions of the GRI.*

*It is presently considering the issue of a report on corporate social responsibility that would not replace the environmental report and would coexist with the GRI sustainability reports from each business unit, certified against the 2002 (or a later) edition.*

En primer lugar, buenos días a todos. Lo primero que quisiera hacer es agradecer muy sinceramente a Red Eléctrica de España la invitación a participar en estas jornadas, que no son las primeras sino ya las cuartas, lo cual quiere decir que, llevan una trayectoria que veo no decae, lo cual me complace.

Supongo que el hecho de que Red Eléctrica invite a RENFE, a una empresa del sector transporte, es decir, que no pertenezca al sector eléctrico aunque sí sea uno de los grandes consumidores de la energía, es debido a que aunque tenemos grandes diferencias también tenemos alguna similitud o varias similitudes, entre las que yo destacaría que ambos mantenemos, entre otras cosas, una infraestructura lineal de transporte de energía eléctrica muy extendida territorialmente y que, de alguna manera, también regulamos el tráfico sobre esa infraestructura.

Quizás en un futuro muy próximo esta similitud sea incluso mayor: Ustedes saben que ahora está en tramitación parlamentaria una ley de reorganización del sector ferroviario, un proyecto de ley que si se aprueba finalmente va a implicar la separación jurídica de las actividades de operación ferroviaria y de la gestión de la infraestructura que actualmente, como saben, corren a cargo de RENFE. De manera que a la similitud que RENFE tiene con Red Eléctrica de mantener las líneas y gestionar el tráfico, probablemente dentro de poco vamos a ser también los responsables de construir las nuevas líneas, en nuestro caso, de ferrocarril.

Estos hechos tienen importancia porque en cierta forma han condicionado en el pasado reciente, y están condicionando mucho en la actualidad, todo lo que es nuestro modelo de comunicación, nuestra modesta experiencia en estrategia de comunicación en sostenibilidad, que es de lo que realmente he venido a transmitirles hoy.

Pero antes de comenzar a hablar de sostenibilidad me gustaría empezar aclarando qué significa este concepto para RENFE.

Lo primero que hay que decir es que nosotros preferimos el concepto de 'Sostenibilidad' a otros términos análogos, como pudiera ser el de 'Responsabilidad Corporativa', porque entendemos que, de alguna manera, ya somos bastante responsables. Asimismo, preferimos el término de 'Sostenibilidad' frente al de

'Responsabilidad Social Corporativa', porque el segundo nos parece un poco más limitante por el término "social", es decir, porque a nuestro juicio estaríamos hablando sólo de un pilar, del pilar social. Otro matiz que a nuestro juicio está implícito en el concepto de sostenibilidad es el vector tiempo, vector que entendemos no está suficientemente reconocido por los otros términos análogos como son la Responsabilidad Corporativa (RC) o la Responsabilidad Social Corporativa (RSC).

En otras palabras, en nuestro caso encontramos mucho más cómodo y adecuado hablar de transporte sostenible que de transporte responsable corporativo, y nos parece un término mucho más apropiado dentro del sector en el que nos movemos. Si el sector eléctrico es un sector que produce afecciones y tiene problemas, el sector transporte tiene muchos más y tendrá aún más en un futuro próximo salvo que se tomen medidas firmes e inmediatas.

En todo caso, y a nuestro juicio, el término que se emplea depende mucho del departamento de la compañía que esté impulsando estos temas. No sé por qué extraña razón al Departamento de Medio Ambiente le gusta más hablar de sostenibilidad mientras que a los departamentos que manejan otras variables como puede ser la comunicación o la calidad les gusta más hablar de RC o de RSC. En el fondo todos intentan llegar a través de uno de estos conceptos a un equilibrio entre tres pilares: económico, social y ambiental y configurar lo que podríamos denominar una triple cuenta de resultados para la empresa.

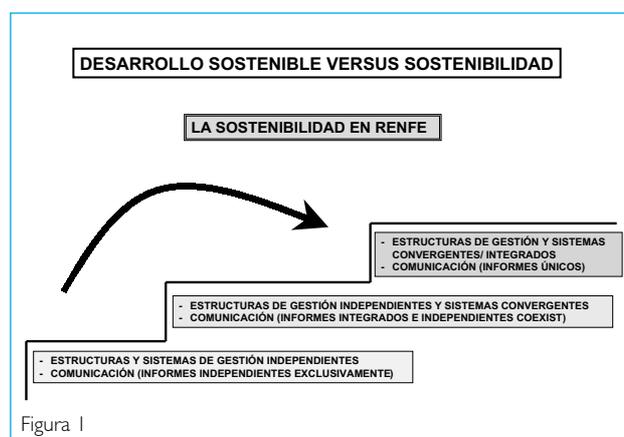


Figura 1

En la figura 1 tenemos los tres pilares. Quizás podríamos introducir muchos más vectores para intentar explicarlo, pero nos llevaría mucho más tiempo, y en

definitiva, a nuestro juicio, lo importante no son realmente los tres pilares en sí mismos, sino las interacciones que entre ellos existen. Para nosotros, la sostenibilidad es la interacción de interacciones.

En cualquier caso lo que vamos buscando es un incremento sostenido de la competitividad cuyo objetivo, hablando en términos un poco más de calidad, sería la excelencia y por tanto un éxito como empresa a largo plazo. (Figura 2).

Los sistemas en los que todos tenemos experiencia son los distintos modelos de gestión de calidad (interacción entre lo social y lo económico), gestión de la ecoeficiencia (interacción entre lo ambiental y lo económico) y gestión de la ética (interacción entre lo ambiental y lo social), donde podemos hablar de riesgos laborales, responsabilidad social, responsabilidad social corporativa y seguridad, todo ello considerado dentro del subsistema de gestión de la ética donde, evidentemente, también cabría hablar de buen gobierno.

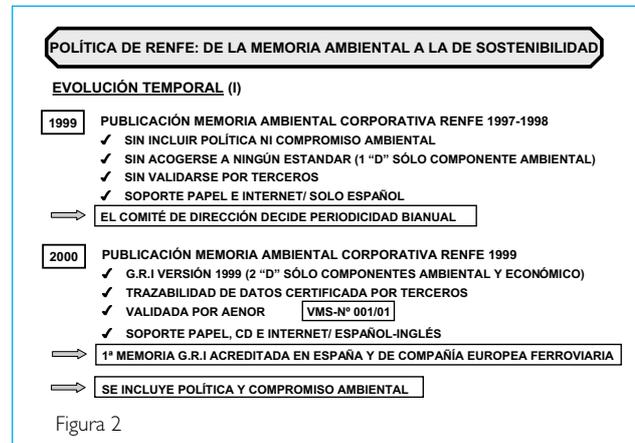
Como resultado de la interacción de estos subsistemas tenemos que ser capaces de gestionar esa triple cuenta, esa gestión de la sostenibilidad, gestión que a nuestro juicio difiere de lo que sería la explotación de ese resultado, es decir, la búsqueda del reconocimiento público para conseguir una mejora en el resultado de las cuentas.

Si se entendiera la sostenibilidad como el último escalón de una escalera de tres peldaños e hiciéramos una auto-evaluación, podríamos decir que RENFE aún se encuentra en el segundo escalón, es decir, seguimos teniendo esos sistemas de gestión independientes con sistemas que tienden a una cierta convergencia, pero que de alguna manera aún no hemos sido capaces de gestionar nuestra propia sostenibilidad. Bien es cierto que, aunque estamos informando, aún no hemos conseguido descubrir cómo alcanzar esa estructura de gestión y sistemas convergentes integrados mediante la cual sea posible emitir informes únicos de sostenibilidad, alcanzando con ello ese último escalón.

¿Cuál ha sido la evolución para llegar al punto en el que nos encontramos ahora?:

- En el año 1999 se publica en castellano, en soporte de papel y en Internet, para toda la empresa y con carácter puramente informativo, una memoria ambiental corporativa que cubría el período 1997-98 y en la cual no se incluía ni la política ni ningún tipo de com-

promiso ambiental. No se acogía a ningún estándar reconocido de comunicación y sólo recogía una dimensión de la sostenibilidad que era la componente ambiental; tampoco era validada por terceros. Posteriormente el Comité de Dirección decidió continuar con la elaboración de esta memoria de una forma periódica, bianual.



- En el año 2000, y sin respetar mucho el tema de la periodicidad bianual, se publica la segunda memoria ambiental siguiendo la base del G.R.I. versión 1999, en la que se incluye no sólo la componente ambiental sino también la componente económica, y por tanto podría hablarse de una memoria de ecoeficiencia. La trazabilidad de los datos fue certificada por terceros, y posteriormente fue validada por AENOR como memoria de sostenibilidad con sólo dos dimensiones, convirtiéndose así no sólo en la primera memoria tipo G.R.I. acreditada en España sino en la primera de una compañía ferroviaria a nivel europeo. Se añadió el soporte CD-ROM y la publicación fue bilingüe (español e inglés). Ya se incluía, y esto es importante de reseñar, una política y un compromiso medioambientales.

- En el año 2002 se publica, siguiendo el estándar G.R.I. versión 2000, la tercera memoria ambiental corporativa de RENFE 2001, en la cual se seguían recogiendo sólo dos componentes: la ambiental y la económica (ecoeficiencia). La trazabilidad de datos sigue siendo certificada por terceros y la validación como memoria G.R.I. vuelve a correr a cargo de AENOR. Lo más reseñable de esta tercera memoria es que se incluye, por parte de la presidencia de la compañía, el compromiso de informar en términos "plenos" de sostenibilidad, añadiendo la componente social aunque no a nivel corporativo. Esto fue debido a que aunque ya

se sabía positivamente que la empresa iba a dividirse en un futuro más o menos próximo, se desconocía el valor que podría tener una memoria inicial corporativa de sostenibilidad hasta no saber con seguridad cuales de las diferentes unidades de negocio quedarían dentro de una entidad jurídica u otra, en el sector de la infraestructura o en los diferentes operadores.

También en el año 2002 se publica en español e inglés la memoria de sostenibilidad de la unidad de negocio de alta velocidad, el buque insignia de RENFE. Sigue manteniendo las bases definidas por G.R.I. en su versión 2000, y su punto más destacable es que se consideran los tres componentes de la sostenibilidad (componentes ambiental, económica y social) y sus interacciones. La trazabilidad de los datos vuelve a estar certificada por terceros y al igual que las anteriores vuelve a estar validada por AENOR y publicada en soporte papel, CD-ROM e Internet. Asimismo, vuelve a introducirse el compromiso de la periodicidad bianual.

- En 2003 esperamos publicar, ya basados en la versión G.R.I. 2002 y sobre la base de los tres componentes de la sostenibilidad, la memoria de sostenibilidad de otra unidad de nuestro negocio que es Cercanías, otro gran buque insignia donde entiendo los aspectos de sostenibilidad son claros y relevantes.

Para finalizar con este punto, nuestra conclusión es que lo más importante no es informar sobre sostenibilidad cuando toda la empresa está preparada para hacerlo en todos los componentes, lo importante es comenzar a informar y adoptar un compromiso con la sostenibilidad. Es decir, no esperar a que podamos hacerlo para toda la compañía a nivel corporativo sino comenzar aunque sea negocio a negocio.

Evidentemente hay gente que piensa que es preferible estructurar primero un sistema gestión de la sostenibilidad y luego informar, pero nosotros decidimos comenzar a informar en términos de sostenibilidad, agrupando los componentes económico-ambiental por segmentos de empresa, de forma que aquellos negocios más difíciles de gestionar en términos de sostenibilidad no dificulten de alguna manera el avance de otros negocios que no necesariamente van a esa misma velocidad.

En segundo lugar cabría destacar la proactividad, la cual es totalmente necesaria para empezar a hablar de sostenibilidad, dado que es difícil que la cúpula de una empresa proponga informar en términos de sostenibi-

lidad. Lo que suele ocurrir dentro de la organización es que son algunos departamentos los que actúan como pioneros a fin de que la cúpula se haga eco de este tipo de elementos.

Actualmente apenas existen empresas que dispongan de un departamento o comité de sostenibilidad, y aunque bien es verdad que ahora comienza a constatare que distintos departamentos están cambiando de denominación para pasar a llamarse Departamentos de Sostenibilidad, lo cierto es que son los departamentos de medio ambiente, calidad o comunicación los que realmente empiezan a impulsar estas ideas y a proponer metas y sistemas.

Otro punto importante para conseguir alcanzar la tan deseada sostenibilidad es la especialización de la información. Una típica cuestión que se nos puede plantear es: ¿realmente un informe de sostenibilidad sustituye a todos los demás informes que se estén publicando?

Actualmente en RENFE se están realizando informes internos e informes públicos corporativos. Por ejemplo, un informe interno a nivel corporativo es el de prevención de riesgos laborales y de seguridad en la circulación, el cual es uno de los núcleo duros de nuestro negocio, otros informes corporativos públicos son el financiero, el ambiental o el de calidad. Sin embargo, también existen informes internos de negocio, es decir que cada informe depende de la propia unidad de negocio, como es el de coyuntura, e informes públicos de negocio como son el de calidad o el de sostenibilidad.

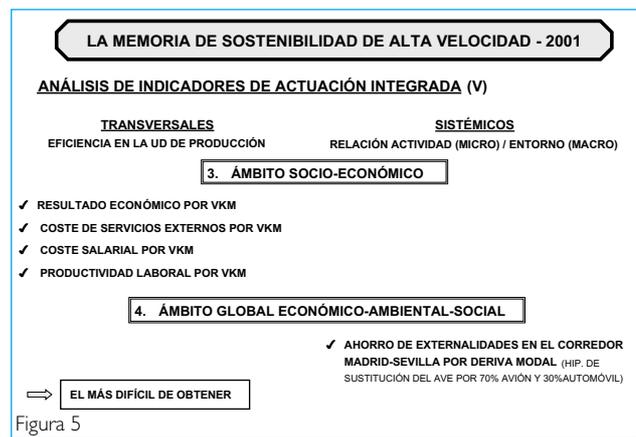
Otra enseñanza sería la de la preexistencia de datos. Es evidente que todo conjunto de indicadores que podamos adoptar para medir sostenibilidad es mejorable, pero debemos darnos cuenta que los básicos son suficientes para comenzar y parten de información que siempre está disponible, otra cosa es que esté más o menos oculta, es decir, que esté perdida por no saberse para lo que sirve o que, a veces, se desconozca incluso que se tiene. En definitiva, a veces las organizaciones disponen de más información útil para estos temas de información en términos de sostenibilidad, que la que las que las propias organizaciones creen.

Otra enseñanza es la del valor y los riesgos de la memoria de sostenibilidad. No cabe duda que la memoria de sostenibilidad es también una poderosa herramienta de marketing, no exenta de los riesgos que derivan de su condición de instrumento de comu-

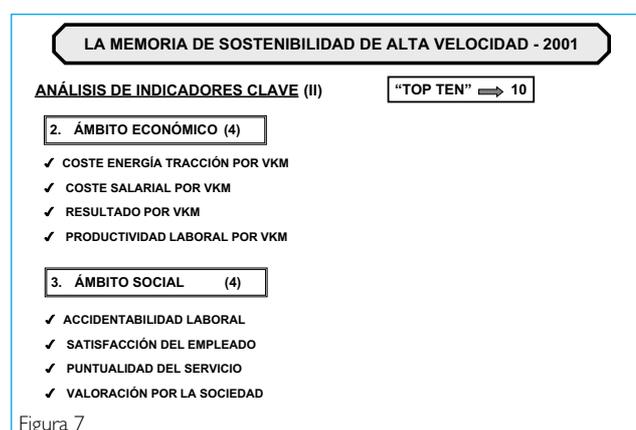
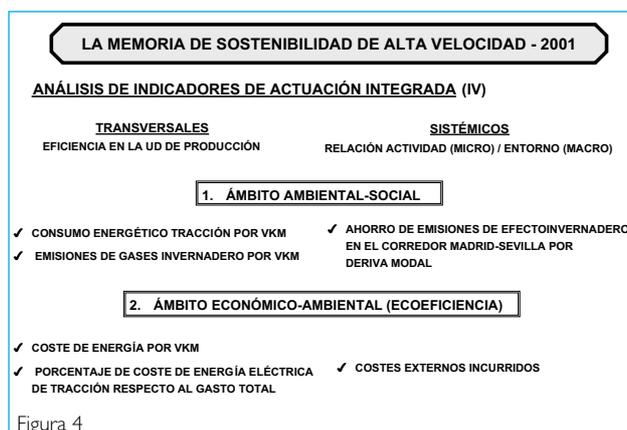
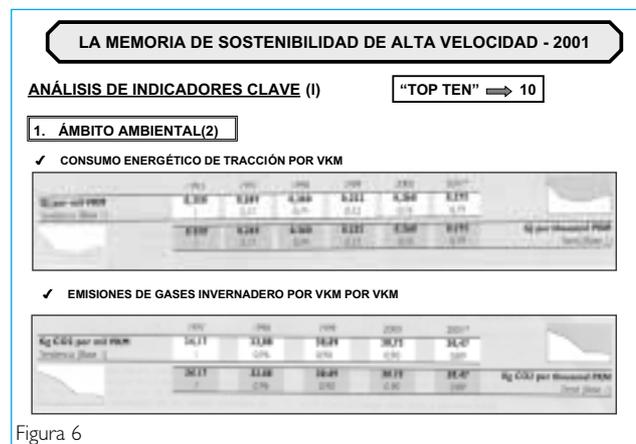
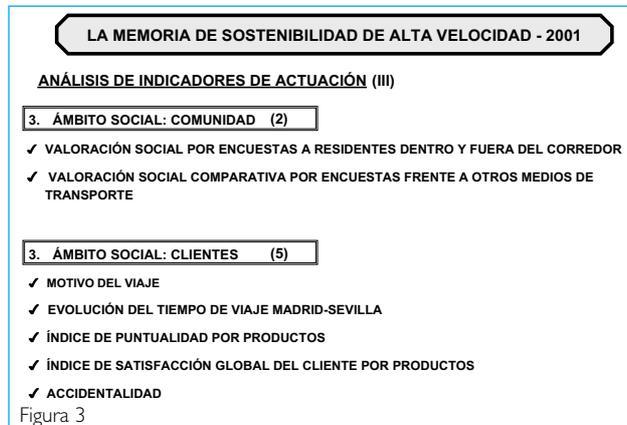
nicación, puesto que la comunicación nos hace transparentes y no hay que olvidar que uno de los problemas de la transparencia es que entre nuestros *stakeholders* también se encuentra nuestra competencia. Por ejemplo, aunque evidentemente nosotros no tenemos competencia como operadores ferroviarios, sí tenemos competencia como modo de transporte: el automóvil, el autobús, la aviación, etc., por lo que una transparencia excesiva quizás pueda ser una debilidad.

Por tanto, creemos que es preciso, más allá de lo exigido por G.R.I., guardar un equilibrio honesto de los aspectos a informar a través de los indicadores, es decir, hay que informar tanto de los aspectos positivos como de los negativos, porque sino estaríamos haciendo un ejercicio de mera comunicación artificial sin ningún fin.

A título de ejemplo, en la memoria del AVE vemos que los indicadores de ámbito ambiental son 9, entre los cuales lógicamente están las multas; los indicadores de ámbito económico son 14 y los de ámbito social son 21, de los cuales 14 están destinados a empleados, 2 a la comunidad y 5 a nuestros clientes. (Figuras 3, 4 y 5).



En dicha memoria también pueden encontrarse indicadores de actuación integrada, (Figuras 6 y 7) es decir, no son los pilares en si mismo sino las intersecciones. Estos indicadores pueden ser transversales, aquellos fácilmente obtenibles que miden la eficiencia en la unidad de producción, o sistémicos, siendo estos los que relacionan nuestra actividad, es decir, nuestro indicador micro, con lo que sería el entorno desde un punto de vista muy amplio, en la escala macro. Pues bien, dentro del ámbito ambiental-social el que quizás más llame la atención es el del ahorro de emisiones de efecto invernadero en el corredor Madrid-Sevilla.



Si nosotros reconocemos nuestros costes externos también tenemos que reconocer qué es lo que le estamos dando a la sociedad por el ahorro de esos costes. En el caso del AVE Madrid-Sevilla el consumo energético en el corredor, contando con todos los modos de transporte puede decirse que ha disminuido a la mitad y, por tanto, en relación al escenario de 1991 se ha producido no solo una disminución de costes externos sino también una disminución de las emisiones de efecto invernadero más que notable.

¿Qué estamos considerando? ¿Qué es lo que ha ocurrido por la propia introducción de este producto? Lo que ha ocurrido es que en los últimos años han aumentado nuestras emisiones de CO<sub>2</sub> como consecuencia directa de la captación de cuota que hemos realizado sobre otros modos de transporte, pero lo que también es evidente y más importante es que en términos generales se han disminuido dichas emisiones, siendo esto lo más difícil de ver, es decir, la interacción en el ámbito global económico-ambiental-social.

Para finalizar, quisiera comentar que los costes del ejercicio de la memoria, no de su gestión, han sido de aproximadamente 46.000 € (30.000 € de costes de consultoría, 1.500 € de validación por AENOR y 14.000 € de la impresión de 3.000 ejemplares), coste no muy alto si se tiene en cuenta el tirón que ha supuesto para los temas de sostenibilidad en nuestra Compañía.

Muchas gracias.



# POLÍTICAS DE RTE SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y APLICACIÓN PRÁCTICA AL DESARROLLO DE LA RED DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA

## *RTE'S ENVIRONMENTAL POLICY AND PRACTICAL IMPLEMENTATION REGARDING THE DEVELOPMENT OF THE POWER TRANSMISSION NETWORK*

**FRANÇOIS DESCHAMPS**  
**RTE, Francia**

Actividades profesionales:

1987–2000: División de I+D de EDF:

- 1987–1991: Ingeniero investigador a cargo de las técnicas de medida en alta tensión en los laboratorios de Alta Tensión de EDF “Les Renardières”.
  - 1991–1996: Ingeniero investigador en el ámbito de la compatibilidad electromagnética y los campos electromagnéticos.
  - 1997-2000: Jefe del grupo de investigación sobre compatibilidad electromagnética y campos electromagnéticos.
- Desde 2001: Ingeniero Senior a cargo de las actividades de compatibilidad electromagnética y campos electromagnéticos en RTE, el operador del sistema de transporte eléctrico en Francia.

Actividades internacionales:

- CIGRE Grupo de Trabajo 36.04 (miembro desde 1994).
- CENELEC Comité Técnico 211: Exposición humana a campos electromagnéticos (secretario del Subcomité 211A –Bajas Frecuencias– de 1996 a 1999).



- CEI Comité Técnico 106: Técnicas de medida y cálculo para evaluar la exposición humana a campos electromagnéticos (presidente del Grupo de Trabajo I –Bajas Frecuencias– y del Proyecto 62226 sobre cálculo de corrientes inducidas).

## RESUMEN

Como garante de una actividad pública de importancia crítica, RTE está perfectamente preparada para desarrollar su actividad industrial dentro de un ámbito que permite el desarrollo sostenido. En consecuencia, RTE ha definido un proyecto general de gestión que incluye algunos objetivos relacionados directamente con los tres aspectos del desarrollo sostenido: eficiencia económica (satisfacción de los clientes y rentabilidad), justicia social (escucha e impulsa especialmente la participación del público) y el medio ambiente.

El compromiso con el medio ambiente forma parte de una política que pretende, entre otros objetivos, mejorar y mitigar continuamente los impactos ambientales, conseguir una integración más adecuada de la red en el medio ambiente local y lograr que los costes sean aceptables. La homologación de la empresa, en relación con el medio ambiente y la calidad, refleja esta voluntad permanente de mejorar las condiciones.

El desarrollo sostenible va más allá de la idea que impulsa las aplicaciones prácticas dentro de RTE, como reflejan el desarrollo de la red de fibra óptica, y las aplicaciones prácticas asociadas a nivel local con distintos proyectos de desarrollo. Estas aplicaciones potencian el papel de RTE como agente importante del desarrollo regional.

## ABSTRACT

*As warrant of a vital public mission, RTE is naturally well gifted to develop its industrial activity in a sustainable development frame. As a result, RTE has defined a general management project, which some objectives are directly related to the three aspects of the sustainable development: economic efficiency (customers' satisfaction and profitability), social equity (particularly through listening and public participation) and environment.*

*The environmental commitment is stated in a dedicated policy, which general objective is a continual improvement and mitigation of environmental impacts, aiming at a better integration of the grid in the local environment, at an acceptable cost. This continual improvement willingness is illustrated by the environmental and quality certification of the company.*

*Beyond the idea, the sustainable development has practical dispositions within RTE, as illustrated by the examples of the development of the optical fibre network, and the practical dispositions associated locally with any development projects. Such dispositions contribute to the role of RTE as a major regional development actor.*

## I. RTE, OPERADORA PÚBLICA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE (TSO) EN FRANCIA

Establecida oficialmente el 1 de Julio de 2000, RTE fue creada originalmente por Ley del 10 de Febrero 2000, para modernizar y desarrollar el servicio público de suministro eléctrico. Esta Ley permitió incorporar a la

legislación francesa la Directiva Europea 96/92/CE de Diciembre 1996.

Los legisladores franceses querían que RTE formase parte de EDF, pero con la personalidad jurídica y los recursos necesarios para realizar sus misiones de forma completamente independiente.

Algunas cifras sobre RTE:

Red (2001)	400 kV	225 kV	63/90/150 kV	TOTAL
Circuitos aéreos en km	20.875	25.284	49.129	95.288
Líneas aéreas en km	13.173	21.196	43.334	77.703
Número de subestaciones	126	499	1.813	2.438
Cables (fuera de las subestaciones)	2	824	2.073	3.000

Personal (2002)	División de transporte de energía	División del sistema eléctrico	Recursos centralizados	TOTAL
Plantilla	6.061	1.614	407	8.082

## 2. PROYECTO GENERAL DE RTE

Como garante de una misión de importancia vital y carácter público, RTE está perfectamente preparada para desarrollar su actividad industrial en un ámbito de desarrollo sostenible y:

- Gestiona una actividad en régimen de monopolio que goza de reconocimiento universal y se ofrece a todos los usuarios de la red eléctrica, para proporcionarles acceso justo y equitativo al sistema de transporte de energía eléctrica.
- Presta un servicio público, cuyo marco legal estipula que las misiones del Operador del Sistema de Transporte Público abarquen "servir de forma racional al territorio nacional [...] a la vez que respeta el medio ambiente" (extracto del artículo 2).
- Goza de personalidad real como empresa industrial, condición que exige un nivel alto de prestaciones desde el punto de vista de los costes y beneficios. RTE ha definido, fundado en sus propias capacidades, un proyecto de gestión que pretende, en general, alcanzar objetivos relacionados directamente con los tres aspectos del desarrollo sostenible:

- Eficiencia económica:
  - Satisfacción del cliente desde el punto de vista de la fiabilidad y disponibilidad de la red, además de reducir los costes del transporte de la energía eléctrica,
  - Rentabilidad de la empresa, que abarca, asimismo, la rentabilidad de nuestros proyectos de desarrollo.
- Equidad social:
  - Llegar a soluciones auténticamente compartidas, escuchando y consiguiendo la participación del público. Soluciones que abarcan tanto cambios internos en la empresa como, también, lógicamente, el desarrollo de la red.
  - Seguridad e higiene de las personas.
  - Aportación al desarrollo de las redes de comunicaciones (especialmente, en zonas remotas) mediante la implantación de fibra óptica en nuestra red.
- Aspectos medioambientales, según se describe a continuación.

La Dirección Ejecutiva de RTE ha aprobado medidas políticas que describen detalladamente y destacan varios de los objetivos de carácter general citados anteriormente. Entre otros ejemplos, podemos citar la

“La política sobre recursos humanos” y la “Política de seguridad”, que están relacionados directamente con la dimensión social (interna) del desarrollo sostenible.

### 3. POLÍTICA AMBIENTAL DE RTE

La política de la empresa centrada en el compromiso con el medio ambiente, destaca la atención que RTE presta al desarrollo sostenible. El objetivo de la Política Ambiental pretende, en general, la mejora continuada y mitigar los impactos ambientales, mediante la integración más adecuada de la red en el entorno local, por un coste aceptable.

Esta política se desarrolla en cuatro direcciones principales:

- protección de los ambientes naturales,
- participación del público y oír sus opiniones,
- investigación y desarrollo para mitigar el impacto ambiental,
- compromiso de mejora continuada.

Un sistema de gestión de la calidad mide y controla el objetivo citado en último lugar: RTE consiguió la homologación ISO 14001, en 2002 (que abarca todas las actividades de la empresa), y la ISO 9001, en 2003. RTE procura implantar actualmente un sistema de gestión integral de la calidad/medio ambiente.

## 4. EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA PRÁCTICA

### 4.1 El proyecto de la fibra óptica

El Gobierno Francés se ha comprometido plenamente a reducir la “fractura digital” existente entre zonas que disfrutaban de infraestructuras de Internet a gran velocidad (ciudades importantes y sus zonas circundantes) y zonas remotas que aún no disponen de operadoras de telecomunicaciones.

La densidad y distribución en planta de la red de transporte de energía eléctrica convierten a RTE en un agente natural para convertir en realidad este desarrollo territorial. En consecuencia, la asociación entre RTE y las autoridades locales resulta lógica y mutuamente beneficiosa para un desarrollo rápido y económico que resulta interesante de esta red nueva de comunicaciones que utiliza las infraestructuras existentes.

En la práctica, RTE continuará siendo una empresa eléctrica y no intenta desarrollar una actividad comercial en el sector de las comunicaciones: las operadoras de comunicaciones correrán con la gestión de la red de fibra óptica mientras que para cubrir sus necesidades, RTE se reserva una parte reducida de la misma.

La primera asociación entre RTE y una autoridad local (zona administrativa de La Mancha, en Normandía) obtuvo los primeros resultados a mediados de 2003, al inaugurar los primeros 90 km de la nueva red.

El objetivo, en última instancia, exige instalar 15.000 km de fibra óptica nueva, además de los 300 km ya existentes. La fecha límite es el año 2005, pero depende de la demanda de las partes interesadas a nivel local.

La red de transporte eléctrico permite reducir la “fractura digital” existente entre ciudades importantes y zonas remotas, y constituye un proyecto del desarrollo sostenible que abarca un objetivo de equidad social, además de reducir el impacto ambiental, porque utiliza las infraestructuras ya existentes.

### 4.2 Redes Eléctricas y Acuerdos sobre el Medio Ambiente

RTE, además de su política adoptada voluntariamente, ha concluido un acuerdo de obligado cumplimiento con el Estado Francés. Este es el tercer acuerdo de su clase, puesto que el primero lo firmó en 1992. El acuerdo actual abarca los años 2001 al 2003. Este “Acuerdo sobre la Red Eléctrica y Medio Ambiente” está relacionado con todos los nuevos proyectos del transporte de energía.

Acuerdo que abarca los objetivos nacionales relacionados con la política ambiental de RTE:

- Ampliación y refuerzo del dialogo local y regional sobre los proyectos para desarrollar la red,
- Esfuerzos centrados en la investigación y desarrollo que reducen el impacto ambiental de nuestras actividades (ruidos; ciclo de vida útil de las instalaciones de la red; alternativas a SF<sub>6</sub>; soluciones nuevas para el transporte de energía eléctrica, y para optimizar la red actual...). Además, RTE se compromete a prestar atención especialmente a los campos electromagnéticos, a reforzar la financiación de la investigación biológica y garantizar a los investigadores independencia y libertad para publicar los resultados.

- Soluciones para optimizar las estructuras existentes, evitando al máximo posible la creación de instalaciones nuevas,

- Reducción de la longitud total de las líneas aéreas de alta tensión (63 y 90 kV), al enterrar 25%, al menos, de los circuitos nuevos de alta tensión y desmontaje de las estructuras existentes en longitud equivalente a la de las nuevas líneas aéreas.

El “Acuerdo sobre la Red Eléctrica y Medio Ambiente” abarca, también, medidas específicas, dedicadas a cada proyecto nuevo, que garantizan el diálogo local para elegir el trazado de las nuevas líneas o cables de transporte, además de respetar emplazamientos ecológicamente sensibles.

Asimismo, cada proyecto para desarrollar la red incluye un “Programa de Apoyo al Proyecto” (en la mayoría de los casos de importancia regional o nacional). Este “Programa de Apoyo al Proyecto” ofrece compensación local a las poblaciones cercanas, debido a las nuevas restricciones ambientales ligadas al proyecto.

Prácticamente, el “Programa de Apoyo al Proyecto” ofrece apoyo económico a los proyectos de desarrollo local, de acuerdo con los objetivos del desarrollo sostenible. Estos proyectos locales pueden abarcar los sectores siguientes:

- medidas estéticas para mejorar la integración de las nuevas líneas eléctricas,
- medidas de compensación relacionadas con otras instalaciones de la red (desmontaje o traslado de las líneas existentes),
- cualquier medida local dirigida al desarrollo sostenible, por ejemplo, apoyo a las iniciativas económicas locales y gestión de la demanda.

El importe total para refinar estas iniciativas locales alcanza el 10% del coste global del proyecto, en las líneas aéreas de 400 kV, y hasta el 8% en las estructuras aéreas que transportan tensiones más bajas.

Al menos, la mitad de los fondos se dedican a medidas relacionadas con las ciudades y pueblos por los que pasan las líneas. El resto se puede utilizar en otras ciudades de la misma zona, siempre que las autoridades locales contribuyan un 50% adicional (por cada euro que pague RTE, los asociados financieros locales aportan 1€).

Por lo tanto, estos “Programas de Apoyo al Proyecto” proporcionan a las autoridades locales la oportunidad para elegir, por su cuenta, las medidas de

apoyo destinadas a los proyectos. Constituye, además, una solución que aporta una dimensión nueva a los proyectos para desarrollar la red, al convertirlos, realmente, en proyectos para el desarrollo regional.

Podemos considerar finalmente el Acuerdo sobre las Redes Eléctricas y el Medio Ambiente, como un instrumento regulador que apoya objetivos ambientales de alto nivel dentro de un contexto en los que la apertura de los mercados eléctricos fortalece las restricciones económicas.

## 5. CONCLUSIÓN

RTE ha desarrollado, partiendo de una misión histórica de servicio público, una cultura robusta para el desarrollo sostenible, que destaca la gran importancia de la idea que reúne el desarrollo económico y la solidaridad, dentro y entre generaciones, con la conservación y mantenimiento del medio ambiente.

El desarrollo sostenible ha superado la idea inicial y alcanza actualmente la etapa de aplicaciones prácticas dentro de RTE, según demuestra el desarrollo de la red de fibra óptica y la ejecución en la práctica de la Política Ambiental.

Las homologaciones ISO 14001 e ISO 9001 demuestran que la buena disposición de la Dirección es compartida por todos los empleados de la empresa. La consolidación del sistema de gestión calidad/medio ambiente permitirá medir y mejorar continuamente este compromiso.

## 1. RTE, THE PUBLIC ELECTRICITY TSO IN FRANCE

Officially set up on 1st July 2000, RTE was originally conceived by the law of 10th February 2000 aiming at modernising and developing public service electricity.

This law transposes European directive 96/92/CE of December 1996 into French law.

French lawmakers wanted RTE to remain part of EDF, but with the status and resources required to pursue its missions on an entirely independent basis.

RTE in a few figures:

Network (2001)	400 kV	225 kV	63/90/150 kV	TOTAL
Overhead circuits in km	20 875	25 284	49 129	95 288
Overhead lines in km	13 173	21 196	43 334	77 703
Number of substations	126	499	1 813	2 438
Cables (outside substations)	2	824	2 073	3 000

Staff (2002)	Transmission Division	Power system Division	Central Ressources	TOTAL
Number of employees	6 061	1 614	407	8 082

## 2. RTE'S GENERAL PROJECT

As warrant of a vital public mission, RTE is naturally well gifted to develop its industrial activity in a sustainable development frame :

- It manages a monopolistic activity, universally recognised and offered to all users of the electrical network, providing to them fair and equal access to the transmission system,

- Its public service mission is framed by a law which stipulates that the public Transmission System Operator's missions include: "rationally serving the national territory [...] whilst respecting the environment" (extract from article 2),

- It has a real status of industrial company, what imposes a high level of performance in terms of costs and profits.

Based on its natural gifts, RTE has defined a general management project, which objectives are directly related to the three aspects of the sustainable development :

- Economic efficiency :

- Customers' satisfaction, in terms of network reliability and availability, and also cost reduction of electricity transmission,
- Profitability of the company, which also covers cost effectiveness of our development projects

- Social equity :

- Listening and public participation, in order to come up with genuinely shared solutions. This covers internal changes in the company, but also – obviously – network developments,
- Security and health of people,
- Contribution to the development of communication networks (specially in remote areas) by implementing optical fibres on our network.

- Environment, as developed hereafter.

A number of these general objectives are highlighted and detailed in dedicated policies, approved by the executive management of RTE. As examples, the "Human Resources Policy" and the "Security Policy" directly refer to the (internal) social dimension of the sustainable development.

## 3. RTE'S ENVIRONMENTAL POLICY

The environmental commitment is given in a dedicated policy, which highlights the attention paid by RTE to sustainable development. The general objective of the Environmental Policy is a continual improvement and mitigation of environmental impacts, aiming at a better integration of the grid in the local environment, at an acceptable cost.

This policy is developed on four main axes :

- protection of natural environments,
- public participation and listening,
- research and development towards mitigation of the environmental impact,
- commitment of continual improvement.

This last objective is measured and controlled using a quality management system : RTE was certified ISO 14001 en 2002 (covering all activities of the company) and ISO 9001 in 2003. RTE is now aiming at implementing an integrated environmental/quality management system.

## 4. SUSTAINABILITY IN PRACTICE :

### 4.1 The optical fibres project

The French government is deeply committed in reducing the “digital fracture” that exists between areas well covered by high speed Internet infrastructures (main cities and theirs surroundings) and remote areas not yet equipped with telecommunication operators.

The density and grid layout of the electrical transmission network make RTE a natural player in such a territorial development. Thus, there is a logical benefit in partnership between RTE and local authorities with the mutual benefit of a quick and economically attractive development of this new communication network on existing infrastructures.

In practice RTE will remain an electrical utility and does not intend to develop a commercial activity in communications : communication operators will manage the optical fibres network whereas RTE will keep a small part of this network for its own needs.

The very first partnership between RTE and a local authority (administrative area of La Manche, in Normandy) gained its first result in mid 2003 when inaugurating the first 90 km of this new network.

The final objective is to implement 15 000 km on new optical fibres, in addition to the 300 km that already exist. The target date is 2005, depending on the demand of local stakeholders.

Using the electrical transmission network to reduce the “digital fracture” that exist between main cities and remote areas, thus appears as a sustainable development project, covering a social equity objective, offering economical attractiveness, and also a low environmental impact by using existing infrastructures.

## 4.2 The Power Networks and Environment Agreement

In addition to its own voluntary policy, RTE has contracted a binding agreement with the French State. This agreement is the third of the kind; the first one was signed in 1992. The present one covers the years 2001 to 2003. This “Power Network and Environment Agreement” concerns all new transmission projects.

It includes national objectives, related to the environmental policy of RTE :

- Widening and strengthening of regional and local dialogue about network development projects,
- Research and development effort to reduce the environmental impact of our activities (noise, life cycle of network facilities, alternatives to SF<sub>6</sub>, new solutions for electricity transmission and optimisation of existing network...). The agreement also commits RTE to pay a special attention to the EMF issue, by refunding biological research and offering to researchers a guarantee of independence and publication,
- Optimisation of existing structures, thus avoiding as much as possible the creation of new facilities,
- Reduction of the total length of HV overhead lines (63 and 90 kV), by burying at least 25 % of new HV circuits and by disassembling existing structures in an equivalent length to new overhead lines.

The “Power Network and Environment Agreement” also includes specific actions, dedicated to every new project, which guarantees local dialogue for the choice of the routing of the new transmission line or cable, and also the respect of ecologically sensitive sites.

In addition, a “Project Support Program” must be associated to every network development project (which, in most cases, is of regional or national importance). This “Project Support Program” offers local compensation to the nearby populations with regard to the new environmental constraints linked to the project.

Practically, the “Project Support Program” offers financial support to local development projects, in line with sustainable development objectives. These local projects may cover the following fields:

- esthetical actions to improve the integration of new power lines,
- compensation actions regarding other network facilities (disassembling or moving of existing lines),
- and also, in a very open way, any local action in line

with sustainable development, such as support to local economic initiatives and demand side management

The total refunding of such local initiatives goes up to 10 % of the overall project cost for 400 kV overhead lines and up to 8 % for lower voltages overhead structures.

At least half of the fund is set aside for actions concerning the towns and villages through which the lines are set to run. The rest may be used for other towns of the same area, under condition that local authorities provide an extra contribution of 50% (for every 1 € paid by RTE, the financial local partners contribute 1 €).

Thus, these "Project Support Program" offer local authorities the opportunity to choose by themselves the support measures assigned to projects. It is also a way to give a new dimension to the network development projects, allowing them to become true regional development projects.

The Power Networks and Environment Agreement finally appears as a regulating tool, which upholds high environmental objectives in a context where the opening up of electricity markets strengthens economical constraints.

## 5. CONCLUSION

Starting from a historical public service mission, RTE has developed a strong culture of sustainable development, highlighting the great importance given to the idea that brings together economic development, solidarity within and between generations and sustainable environmental conservation.

Beyond the idea, the sustainable development has already practical dispositions within RTE, as shown by the examples of the development of the optical fibre network, and the practical implementation of the Environmental Policy.

The certification ISO 14001 and ISO 9001 demonstrates that the management willingness is shared by all the employees of the company. The settlement of the quality/environment management system will allow this commitment to be measured and continuously improved.

# RED ELÉCTRICA Y LA ADAPTACIÓN A LAS NUEVAS NORMAS DE GOBIERNO CORPORATIVO

## *RED ELECTRICA AND ADAPTATION THE NEW RULES OF CORPORATE GOVERNANCE*

### **FERNANDO FRÍAS MONTEJO**

**Red Eléctrica de España**

FERNANDO FRÍAS MONTEJO nació en Madrid, el 11 de marzo de 1965, es Licenciado en Derecho y Diplomado en Empresariales por la Universidad Pontificia de Comillas (ICADE E-I, 1990 ); ha realizado, entre otros, el CURSO SUPERIOR DE TRIBUTACIÓN PARA PROFESIONALES impartido por Arthur Andersen Asesores Legales y Tributarios (octubre 1996-julio 1997) y el PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN DERECHO DE LOS MERCADOS FINANCIEROS (octubre 2002-febrero 2003).

Es, desde 1990, miembro de la Dirección de Asesoría Jurídica de RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A., en la que presta servicios de asesoramiento jurídico, con especial relevancia en las áreas de Derecho Societario, Tributario y Derecho de los Mercados Financieros. Es, asimismo, Secretario del Consejo de Administración de INFRAESTRUCTURAS DE ALTA TENSIÓN, S.A. (desde diciembre 2002) y de RED DE ALTA TENSIÓN, S.A. (diciembre 2002 hasta la fecha actual).



## RESUMEN

La presentación está dividida en tres partes:

### 1-INTRODUCCIÓN

Trata de enmarcar los fundamentos de la responsabilidad social corporativa en relación con el gobierno corporativo de las sociedades.

### 2-MEDIDAS LEGISLATIVAS

Pretende explicar el porqué de las iniciativas legislativas y dar una referencia de las principales normas europeas y españolas que regulan el gobierno corporativo de las sociedades.

### 3-RED ELÉCTRICA Y LAS NORMAS DE GOBIERNO CORPORATIVO.

Ofrece una visión de la evolución histórica de las normas que han regulado el gobierno corporativo en Red Eléctrica, así como de la implantación en la Sociedad de las más recientes normas, tendencias y recomendaciones en la materia; por último, refleja el reconocimiento exterior de las buenas prácticas corporativas adoptadas por Red Eléctrica y el propósito y objetivo final de la Compañía al respecto.

## ABSTRACT

*This paper is divided into three parts:*

### *1 INTRODUCTION*

*This attempts to place the principles of corporate social responsibility within the general system of company governance.*

### *2 LEGISLATION*

*This part explains the reasons behind legislation and examines the main European and Spanish codes that regulate the governance of companies.*

### *3 RED ELÉCTRICA AND THE CODES OF CORPORATE GOVERNANCE*

*This explains the evolution of the corporate governance codes that have been adopted at Red Eléctrica so far. It also describes the implementation of the more recent codes, trends and recommendations related to this aspect. Lastly, it reviews the external recognition of Red Eléctrica's best corporate practice and the company's target and final goal in this area.*

En primer lugar quiero dar las gracias a la organización por haberme invitado a estas jornadas y en segundo lugar a todos ustedes por su asistencia a esta presentación que es la última, por lo cual les ruego disculpen si hay reiteraciones o repeticiones, aunque procuraré ceñirme concretamente a lo que es Gobierno Corporativo.

La presente intervención tiene tres bloques: una introducción a los fundamentos de la Responsabilidad Social Corporativa en relación con el Gobierno Corporativo, cómo llegamos desde la Responsabilidad Social corporativa al Gobierno Corporativo de las sociedades, algo de lo que se ha hablado ya esta mañana; en segundo lugar las medidas legislativas más destacables a nivel europeo y a nivel nacional; y como tercer bloque presento la experiencia propia de Red Eléctrica de España, los antecedentes del Gobierno Corporativo, la incorporación a bolsa en el año 1999, lo que ello supuso para Red Eléctrica en esta materia, las normas actuales de Gobierno Corporativo de la Compañía y los criterios que se están siguiendo en la implantación de las normas actuales.

Más tarde realizaré una breve comparativa entre lo que es el Informe Aldama, el cual analizaré brevemente, y la realidad en Red Eléctrica, si se siguen las recomendaciones del mismo, las medidas tomadas para ello... y para finalizar, destacaré el principio de transparencia y el deber de informar, que es uno de los hitos fundamentales del Informe Aldama, y para nosotros de importancia capital. Por último, expondré unas conclusiones.

Inicio así mi exposición.

En primer lugar nos remontamos a la revolución industrial en la que Adam Smith en su obra "La riqueza de las naciones" defiende el concepto de creación de riqueza. No obstante, no es baladí que él mismo escribiera otro libro, "La ética de los negocios", en el que ya se empezaba a apuntar que la creación de riqueza no iba a ser ilimitada, aunque en aquella época el capital era lo que primaba.

En una fase posterior, tras la revolución industrial, se empieza a acuñar el concepto de desarrollo económico como algo superior a la simple creación de riqueza.

Se observa que ese desarrollo económico genera desequilibrios, provoca desigualdades y esos desequilibrios sociales y económicos no son capaces de ser superados por el propio mercado, el cual no puede corregirlos, necesita la intervención del hombre para poner frenos y cortapisas al desarrollo económico; de ahí nace el concepto de desarrollo económico sostenible. La palabra sostenible pone freno y acota lo que es el desarrollo económico en sí, constituye los límites a ese desarrollo económico. Hay distintos tipos de límites económicos: éticos, sociales, medioambientales, aunque más que límites realmente son valores que tiene que tener en cuenta la sociedad para conseguir un desarrollo económico duradero para las futuras generaciones. El concepto de solidaridad intergeneracional, del que también se ha hablado en este foro, es algo que todos tenemos que tener presente y que va a acotar lo que es el desarrollo económico. Como digo, más que límites son valores.

Desde un punto de vista macroeconómico podríamos decir que la sociedad se plantea la optimización de los recursos; pero ahora ya damos el salto a lo que es la empresa. Desde el punto de vista microeconómico la propia empresa ve que también tiene que poner límites a su desarrollo económico, límites que la llevarían a hacer un desarrollo económico sostenible, a acotar sus acciones y sus propósitos, no es nada más que asumir una responsabilidad frente a la sociedad con mayúsculas, frente a la Sociedad entendida en su conjunto y no solamente considerando la realidad misma de la empresa; es decir, la empresa debe responder ante la sociedad en general y no sólo frente a sus accionistas y acreedores sociales. Nos hallamos ya ante el concepto de Responsabilidad Social Corporativa aplicable a la corporación. A partir de este punto surge el siguiente elemento, que es la transparencia, concepto que puede resumirse en la frase "no basta con actuar bien, debe saberse". No basta con actuar responsablemente, debe comunicarse, debe informarse a la sociedad en general que uno está actuando bien. De esta forma hemos llegado hasta el concepto de Responsabilidad Social Corporativa.

Los motivos por los que surgen estas medidas legislativas que desarrollan el Gobierno Corporativo son

los escándalos financieros como el caso Enron, u otros muchos casos que conocemos como el Worldcom o el Vivendi a nivel internacional, o Gescartera en España. Estos escándalos merman la credibilidad del inversor en los mercados financieros y en los mercados de capitales. Y todo ello va unido a una falta de transparencia en la gestión de ciertas Compañías. Esa falta de información u opacidad es la que provoca este tipo de fraudes, por eso resulta necesario dotar a los órganos de administración de herramientas de control necesarias para poder fiscalizar a los gestores de las Compañías. Lo que hasta ahora se consideraba suficiente, las auditorías externas, se ha demostrado insuficiente en todos estos procesos, y por eso hay que tomar una serie de medidas, que inicialmente eran recomendaciones y ahora ya son de carácter legal, como es la creación de Comités de auditoría internos compuestos por Consejeros que van a ayudar a un mayor control de los propios gestores de las Compañías. Es también totalmente necesario fortalecer la ética de los negocios, la ética de la que ya hablaba Adam Smith; tenemos que volver a un concepto ético en los negocios que parece ser que tras estos escándalos se ha perdido.

Las medidas legislativas de ámbito europeo más destacadas son el Libro Verde sobre responsabilidad social de las empresas, ya mencionado por mi compañera Milagros Hidalgo elaborado por la Comisión Europea en julio de 2001, y más recientemente el informe Winter (noviembre 2002) sobre la modernización del Derecho de Sociedades, que ha provocado a nivel europeo el proyecto de directiva, actualmente en elaboración, sobre el Derecho de Sociedades de la Unión Europea.

A nivel de Derecho comparado tenemos también que observar a nuestros vecinos, y vemos cómo han sufrido distintas modificaciones legislativas en la materia, como es el caso de Alemania, que ha llevado a cabo una modificación en el año 2002 después del informe Cromme. Casi todas las modificaciones legislativas van precedidas de informes de expertos que hacen recomendaciones y es finalmente el legislador quien se da cuenta que ha de imponer medidas de carácter coactivo, puesto que por la mera autorregulación de las sociedades no se llegan a cumplir los objetivos del buen Gobierno Corporativo, es más, llega a haber desequilibrios entre autorregulación y el derecho imperativo. En Francia, Italia y Reino Unido ha

habido también recientes modificaciones en 2003. En el Reino Unido es muy famoso el informe Cadbury, existiendo también otros más recientes como el Informe Smith o Higgs; Estados Unidos ha sufrido también, como es obvio, sus correspondientes modificaciones legislativas como consecuencia de la Ley Sarbanes Oxley y el Informe Snow, informes y legislación que van en pro de obtener esa transparencia de información hacia los mercados, de facilitar todo tipo de información, no sólo a los accionistas, sino al mercado, al inversor en general, por eso ahora llegamos a ver en España cómo la utilización de las páginas web ya se ha impuesto legalmente para las sociedades cotizadas.

El Informe Olivencia, en España, recomendaba también crear Comités internos de apoyo al Consejo de Administración, Comités de auditoría, Comités de nombramientos, Comités ejecutivos, con el fin de obtener una mejora en la transparencia en la información de las sociedades cotizadas; pero las mismas tenían el carácter de meras recomendaciones, no eran algo imperativo ni se plasmaron en modificaciones legales.

En julio de 2002 se crea la Comisión Aldama, denominada Comisión especial para el Fomento de la Transparencia y Seguridad en los Mercados, que elabora un informe desde julio hasta diciembre de 2002. En enero de 2003 se publicó el informe en el cual básicamente se analiza cómo fortalecer la información y la transparencia de las sociedades cotizadas hacia los mercados financieros, se obliga a las Compañías a autorregularse en cuanto a sus órganos de gestión, a la Junta de Accionistas y al Consejo de Administración; se les pide que se den a sí mismas reglamentos de funcionamiento interno; y también regula los deberes de los Consejeros, introduciendo algunos adicionales que no estaban previstos en la ley de sociedades anónimas, y que tras referirme brevemente a la ley 44/2002, pasaré a comentar.

La Ley 44/2002, llamada Ley Financiera, establece con carácter obligatorio la creación de un Comité de Auditoría en las sociedades cotizadas, que se erige en órgano de control, de supervisión, de relación con auditores externos, con auditores internos, de seguimiento de todas estas normas; también habla dicha Ley de establecer mecanismos para fortalecer la independencia del auditor externo, que ha sido uno de los principales problemas que han generado los últimos escándalos financieros. Para asegurar esta independen-

cia la Ley crea un régimen de incompatibilidades de los auditores de cuentas, así como un régimen sancionador específico más duro que el anterior. Distingue también entre información relevante e información privilegiada, una distinción un poco difícil de entender; que viene a decir que cualquier acto, contrato o decisión societaria que pueda afectar sensiblemente a la cotización del valor de las acciones de una sociedad cotizada debe ser comunicada inmediatamente a los mercados, a través de la Comisión Nacional del Mercado de Valores.

La denominada ley Aldama, ley 26/2003, es la más reciente en el ámbito del Gobierno Corporativo, publicada en el BOE el 18 de julio de 2003, y en ella se plasman ciertos principios del Informe Aldama ya comentados.

Entrando en el caso concreto de Red Eléctrica, en primer lugar voy a comentar nuestros antecedentes:

Nacemos a raíz de la ley 49/84 sobre Explotación Unificada del Sistema Eléctrico Nacional; el 29 de enero de 1985 se constituye Red Eléctrica con una mayoría de capital público, a través del antiguo INI directamente y de forma indirecta a través de ENHER y Endesa. Más tarde, la participación pública fue evolucionando, pasando a la titularidad de TENEIO y posteriormente, a la actual, detentada por la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI).

El área de medio ambiente se crea dentro de nuestra empresa en el año 1987, siendo un hito importante para Red Eléctrica; posteriormente, en el año 1992, se aprueba el Código de Conducta Medioambiental siendo la primera empresa eléctrica que lo crea, lo que posteriormente ha sido reflejado en la actual Ley del Sector Eléctrico, la 54/97, pasando de Código de Conducta a Política Medioambiental (1998). La citada Ley comienza a hablar de Red Eléctrica como una sociedad mercantil y privada, por lo que cualquier persona física o jurídica puede estar en su accionariado, con un límite de participación accionarial que en el presente año 2003 se ha actualizado -entonces era del 10%, y ahora se ha rebajado a un 3%-. La citada Ley, asimismo, crea un régimen especial accionarial para la SEPI -vigente hoy todavía- que actualmente tiene el 28,5 % de participación accionarial y deberá mantener como mínimo el 10% a partir del 1 de enero de 2004. Esta participación estatal siempre va a existir porque el legislador así lo ha querido.

En el año 1999 Red Eléctrica sale a bolsa, con moti-

vo de la Oferta Pública de Venta de Valores (OPV) de SEPI quien vende un 31,5% de sus acciones; publica su primera Memoria Medioambiental y obtiene la certificación del sistema de gestión medioambiental. En julio de 2000 nos incorporamos al IBEX 35.

Nuestra incorporación a los mercados bursátiles en el año 1999 supuso la asunción integrada de los principios y recomendaciones del Código de Buen Gobierno (Olivencia), así como la aprobación de los nuevos Estatutos - que en marzo y mayo de 1999 sufrieron sendas modificaciones-; y la creación y aprobación de un Reglamento del Consejo de Administración donde se establecía el funcionamiento interno del mismo, los deberes de los Consejeros, regulaba los conflictos de interés y contemplaba la posibilidad de crear Comités, estableciéndose en el propio Reglamento la posibilidad de crear una Comisión Ejecutiva y una Comisión de Auditoría y Cumplimiento - esta última hoy se denomina Comité de Auditoría según lo dispuesto en la Ley 44/2002.

También se establecía la posibilidad de crear una Comisión de Retribuciones, que al igual que la de Auditoría, fue creada en 1999, y ha venido funcionando regularmente con participación de Consejeros independientes.

Tras la salida de capital público y la incorporación al mercado bursátil, se constituyó un Consejo de Administración activo y eficiente, que redujo a 13 el número de miembros, y se incorporaron al mismo Consejeros independientes, entendiéndose por tales los Consejeros que no están ligados a accionistas significativos y son profesionales de reconocido prestigio en el sector; actuando con objetividad e imparcialidad de criterio.

Se adaptó el Reglamento Interno de Conducta a las circulares de la Comisión Nacional del Mercado de Valores. Teníamos un Reglamento de Conducta en los Mercados de Valores del año 94 y en el año 99 lo adaptamos a las nuevas normas de gobierno interno de la Compañía que entonces se implantaron.

¿Cuáles son las normas actuales de Gobierno Corporativo en Red Eléctrica? El marco regulador lo constituyen la Ley de Sociedades Anónimas, la Ley del Mercado de Valores, la Ley 44/2002, -Ley Financiera analizada anteriormente- y la 26/2003 promulgada a partir del Informe Aldama. El Informe Aldama para nosotros es importante aunque no tenga rango de ley y estamos en un proceso evolutivo de análisis y estudio del mismo.

También destacan entre las normas de Gobierno Corporativo nuestros Estatutos Sociales adaptados por la Junta de julio de este año, en la que también se ha aprobado nuestro nuevo Reglamento de la Junta General, siguiendo la recomendación del Informe Aldama que es ya una obligación legal a partir de la Ley 26/2003. Este Reglamento pretende facilitar el acceso de los accionistas a la información societaria de su interés, fomentar la participación del accionista en las Juntas Generales, desarrollar su derecho de información mediante consultas a través de la web, en definitiva, que el accionista pueda interactuar con la Sociedad, y que el funcionamiento de la Junta quede lo más regulado posible.

El Reglamento del Consejo de Administración está en proceso de adaptación, será previsiblemente aprobado en noviembre de 2003 y desarrolla lo que son las funciones del Comité de Auditoría y del Comité de Nombramientos y Retribuciones, así como sus atribuciones, conforme a las nuevas disposiciones estatutarias. El Reglamento Interno de Conducta del Mercado de Valores ya ha sido aprobado y comunicado a la Comisión Nacional del Mercado de Valores, es un reglamento que obliga a determinadas personas que tienen acceso a información relevante en Red Eléctrica a mantener una serie de actitudes con la Sociedad, de compromisos, de declaraciones e incluso de omisiones en determinados períodos en que se dispone de información relevante o estratégica de la Compañía, y afecta tanto a los valores de renta fija como a los de renta variable de Red Eléctrica. También establece obligaciones en materia de autocartera para la Compañía, de forma que la misma no pueda manipular la cotización de dichos valores. El Comité de Auditoría desempeña un papel relevante en ese control y supervisión del cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Reglamento Interno de Conducta y debe elaborar un informe anual de seguimiento.

Los criterios de implantación de las normas de Gobierno Corporativo actuales se pueden dividir en cuatro grandes apartados. El primero sería el cumplimiento actual de las recomendaciones del Informe Olivencia, el cual hemos realizado al 100 por 100. A continuación destaca el análisis, estudio y desarrollo actual de las recomendaciones del Informe Aldama, de las que también cumplimos la práctica totalidad, aunque las seguimos estudiando y desarrollando puesto que no todas se han recogido en la Ley 26/2003, son

meras recomendaciones, como es el caso del Comité de Nombramientos y Retribuciones, el cual no es un Comité preceptivo, sino que nace de una recomendación del Informe Aldama y nosotros lo hemos creado al igual que hemos hecho con otras recomendaciones. Como tercer apartado encontramos la adaptación de las Comisiones y de las Responsabilidades del Consejo a la Ley 44/2002 y a la Ley 26/2003. Esto se llevó a cabo en la Junta General de abril y en la Junta General extraordinaria de julio de este año. Por último, señalar que seguimos con la firme vocación de continuar asumiendo las mejores prácticas en materia de Gobierno Corporativo, puesto que estamos inmersos en un proceso dinámico, de continuo análisis, adaptación y evolución.

A continuación se muestra un cuadro comparativo práctico de los aspectos más relevantes del Informe Aldama y de la realidad actual en Red Eléctrica. El Informe Aldama ha destacado la obligación de transparencia e información como algo fundamental en las sociedades cotizadas. De ahí la obligación de publicar el Informe Anual de Gobierno Corporativo, que nosotros llevamos publicando desde el año 1999 –siguiendo la recomendación de Olivencia– y comunicándolo a la CNMV, y que es público y se elabora con carácter anual. También destaca en el Informe Aldama la conveniencia de elaboración de un Reglamento de la Junta General y del Consejo de Administración, lo que Red Eléctrica acometió ya en el año 1999 en relación con el segundo de estos Reglamentos; el de la Junta General surge ex novo con el Informe Aldama, por lo que hemos aprobado dicho Reglamento en la pasada Junta General Extraordinaria de Accionistas celebrada el pasado mes de julio, precisamente el mismo día que se aprobaba la denominada Ley Aldama (Ley 26/2003).



En cuanto al Consejo de Administración, su independencia se ve reforzada mediante la incorporación de Consejeros independientes, que representan aproximadamente la mitad del capital social; es decir, en el Consejo de Administración de Red Eléctrica hay una representación adecuada de los accionistas significativos y del *free float* o representación del capital variable en Bolsa. Hemos procurado que el Consejo tenga una dimensión adecuada como recomienda también Aldama, que sea un Consejo reducido y activo; un Consejo compuesto por 11 miembros, que ha visto reducido su número en lugar de optarse por otra alternativa que sería contar con un amplio Consejo ayudado de una Comisión ejecutiva más operativa. En Red Eléctrica el Consejo de Administración resuelve los asuntos sociales directamente, es pro-activo y eficiente, y esa es la pauta de actuación que ha seguido la Sociedad tras la reciente OPV del mes de junio de 2003.

La especial relevancia del principio de transparencia y el deber de informar, implica que no sólo haya que actuar bien, sino que debe saberse. Nuestra información contenida en la página web es continuamente actualizada, todos los hechos relevantes que se comunican a la CNMV son inmediatamente publicados en la web, no porque lo diga la ley, ya que llevamos haciéndolo desde antes de que fuese obligatorio, sino porque la transparencia informativa ha sido siempre un objetivo para la Compañía. Estamos en la cuarta versión de página web desde que se creó la misma en el año 1997, pues su revisión se halla en un proceso permanente y evolutivo y que nosotros siempre vigilamos puesto que sabemos que debemos informar, no sólo al accionista, como decía antes, sino al inversor en general; en definitiva ser transparentes, gracias a ello hemos obtenido varios reconocimientos de instituciones y profesionales del sector, como es el de "la Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas" (AECA) o el del diario económico "Expansión" que nos reconoce como una de las 7 únicas empresas que cumplen las obligaciones de transparencia de la Ley Aldama, compromiso que seguimos manteniendo.

Como conclusiones cabe destacar que vamos a seguir con esa preocupación constante y prioritaria por el Buen Gobierno y por el cumplimiento de las mejores recomendaciones de Gobierno Corporativo; además cumpliremos, como es obvio, la normativa legal aplicable, pero vamos a seguir yendo más allá y

estamos tratando de implementar las recomendaciones más extendidas. La transparencia de información es un principio capital para nosotros. Todo ello podríamos resumirlo en un objetivo final: Red Eléctrica pretende ejercer la Responsabilidad Social Corporativa con la máxima diligencia empresarial, llevando a cabo siempre las mejores prácticas de Gobierno Corporativo, para así alcanzar la excelencia empresarial conciliando beneficio económico y social, SOCIAL con mayúsculas.

Mientras que el beneficio económico podría ser el máximo posible, ¿dónde debemos poner los límites al mismo? En los nuevos valores: el respeto al medio ambiente, a la sociedad en general, a los aspectos sociales y culturales. Todos ellos constituyen limitaciones que van a permitir a la Compañía que su desarrollo económico sea realmente sostenible en el tiempo.

No quiero despedirme sin una última reflexión, y es que probablemente con todo este compendio de normas de Derecho Positivo, de normas contenidas en reglamentos internos, de recomendaciones y de buenas prácticas se puede llegar a pensar que es muy difícil gestionar eso que hemos llamado "Gobierno Corporativo", y es cierto; vamos a necesitar una dedicación plena al cumplimiento de todas estas normas, incluso una cierta dosis de suerte para que podamos entender y cumplir todo este compendio normativo correctamente. Pero quiero apelar al fondo que subyace detrás de todo esto y es que la responsabilidad social es una responsabilidad que no sólo debe enmarcarse en el mundo corporativo de la empresa, sino que también se trata de una responsabilidad personal; y sin un compromiso personal de todos los sujetos o agentes afectados en este proceso, (consejeros, accionistas, bancos de inversión, agencias de calificación, auditores y hasta el último empleado que pueda verse afectado), y sin un compromiso de actuar de forma ética y moral, será muy difícil alcanzar esa excelencia y ese desarrollo económico sostenible, quedando este conjunto de normas vacío de contenido, y haciendo realidad la vieja máxima de derecho romano "*plúrima lege, pésima res pública*" ("abundancia de leyes, pésima gestión pública").

Espero que sepamos gestionar adecuadamente todo este compendio de normas que constituye el Gobierno Corporativo.

Muchas gracias.



# COLOQUIO EXPERIENCIAS CORPORATIVAS EN SOSTENIBILIDAD Y RSC

## **De M<sup>a</sup> Jesús Palacios (Junta de Extremadura) al Sr. Deschamps.**

**PREGUNTA:** Ha comentado antes que estaban adoptando una serie de medidas de protección en áreas de interés ambiental y una serie de medidas de protección de la avifauna. ¿Podría contarnos en que consisten dichas medidas? Gracias.

**Sr. DESCHAMPS:** En cuanto a la protección de la avifauna, por supuesto disponemos de un Política sobre ello y trabajamos en estrecha relación con Organizaciones No Gubernamentales, especialmente con dos grandes asociaciones francesas, la Liga de Protección de la Avifauna y Medio Ambiente Natural Francés. El objetivo es llevar a cabo todas las actividades con un entendimiento mutuo y compartiendo ideas con estas asociaciones.

En cuanto a las zonas incluidas en la Red Natura 2000, es obvio que desde la aprobación de la Directiva es obligatorio cuidar estas áreas especiales. Son las autoridades regionales las responsables de estas zonas, y nosotros intentamos ser un miembro más de la comisión que las gestiona, por supuesto sólo en aquellas zonas donde tenemos alguna instalación o si tenemos algún proyecto en los alrededores.

La idea es actuar conjuntamente con las autoridades y las asociaciones locales.

En la práctica hay muchos ejemplos dentro de este esquema general. Si es una zona en la que hay pájaros pequeños, por ejemplo, estudiamos cómo realizar las obligatorias talas y podas a lo largo de la línea para preservar su medio ambiente local.

En el caso de pájaros grandes o migratorios tene-

mos especial cuidado en disponer de modificaciones técnicas en la línea, como instalar espirales para hacerla más visible y evitar las colisiones en la medida de lo posible.

Estos son algunos ejemplos muy simples, pero la idea general es que intentamos ser socios en la comisión encargada de la gestión de estas áreas.

## **De Steffani Capdevilla (SAM, empresa que junto con Dow Jones elabora la familia de índices bursátiles Dow Jones) al Sr. Frías.**

**PREGUNTA:** Me quedé muy impresionada por las dos presentaciones de Red Eléctrica de España esta mañana. Quería saber qué política habíais definido de cara a los inversores extranjeros para poner de relieve todo este trabajo que hacéis. Si respondéis a muchos cuestionarios de gestores de fondos socialmente responsables o qué tipo de decisiones habéis tomado al respecto.

**Sr. FRÍAS:** Como bien ha comentado Milagros Hidalgo lo que Red Eléctrica hace frente a inversores extranjeros es que sin perjuicio de la información que se pone a disposición de todo el mundo a través de nuestra web -canal de documentación más importante de la compañía-, es frecuente que las máximas autoridades y responsables de Red Eléctrica junto con su Dirección Corporativa Económico-Financiera realicen *road shows* en el extranjero tanto para inversores de renta fija como de renta variable, no sólo en casos de OPV, sino también para que los inversores conozcan la compañía.

Por poner un ejemplo, recientemente hemos creado una sociedad en Holanda para un programa de MTNs, programa de euro-bonos de renta fija, por el que se ha realizado un proceso de *road shows* a nivel internacional (Londres, Ámsterdam, Estados Unidos...), con el que se trata de explicar al analista, al inversor y a todo aquél que tiene contacto con los mercados financieros quién es Red Eléctrica. Consiste en acercarnos a ellos y darle información para que nos conozcan, conozcan cuál es el papel de Red Eléctrica, es decir, nuestra política en materia de información al extranjero es que no basta con que actuemos bien sino que además debemos comunicarlo. Por otro lado, a parte de la información de la web y de la continua realización de *road shows* y disponemos de un departamento de Relación con Inversores a través del cual atendemos encantados a todas las preguntas que se realizan sobre la materia.

Antes no he dicho que las normas de gobierno corporativo están publicadas en nuestra página web desde el mismo día que las aprobó la junta de accionistas y que las normas elaboradas por la junta se comunican primero, por imperativo legal, a la CNMV y posteriormente, casi de forma simultánea se publican en nuestra página web, en la cual aparecen todas las normas de gobierno corporativo de Red Eléctrica, con la excepción del último reglamento del consejo el cual se va a aprobar durante este mes.

# CLAUSURA

y Medio Ambiente



PEDRO MIELGO ÁLVAREZ

CARMEN BECERRIL



En el acto de apertura de estas jornadas tuve la ocasión de referirme a la necesidad de avanzar en el compromiso de los problemas relativos a la búsqueda del equilibrio entre desarrollo necesario y respeto activo al medioambiente, ése ha sido precisamente el objeto de estas jornadas que completan hoy su cuarta edición, cuya continuidad y cuyo eco, como lo muestra la audiencia que hemos tenido y que agradezco profundamente, es la prueba del interés que suscita.

Hace mucho tiempo que Red Eléctrica entendió que la vía del diálogo y la cooperación es la mejor, si no la única para conseguir no sólo resolver soluciones y conflictos sino para una mejor comprensión de sus causas y de sus raíces y del por qué de las soluciones que se adoptan. Convenios con comunidades autónomas, con municipios, grupos de trabajo permanentes, reuniones, comunicaciones de todo tipo, con instituciones y con organizaciones sociales, nos han permitido no sólo mantener un dialogo fluido con la sociedad, con las instituciones y con las empresas, sino sobre todo, y éste es un resultado concreto que me interesa señalar, que en comparación con otros países europeos España, en redes eléctricas, es el país que más puestas en servicio de nuevas instalaciones de transporte ha conseguido llevar a cabo en los últimos años. Eso, en gran parte, es el fruto del diálogo.

Estas jornadas son también una manifestación de ese interés en tener un foro abierto con la sociedad. Es probable que las reflexiones y las conclusiones de estos días hayan hecho corto el tiempo disponible. Desgraciadamente las cosas son así, no contamos con un tiempo ilimitado, pero seguro que ha habido propuestas e ideas útiles para nosotros, para ustedes, para todos. Nosotros tomaremos muy buena nota de todo lo que hemos visto, oído y aprendido en estos días y lo aplicaremos en la medida en que seamos capaces de hacerlo.

Las comunicaciones, como ustedes saben, se podrán a disposición de todos y yo creo que habremos conseguido dar un paso más en ese camino de análisis y comprensión de los problemas.

Gracias a todos por su asistencia y por su interés. Espero que no sólo las jornadas, sino la estancia en Madrid para quienes no residen aquí o nos visitan por primera vez, haya sido agradable a pesar del tiempo y espero contar con ustedes en la próxima convocatoria a la que ya desde ahora están cordialmente invitados.

Muchas gracias.



Muchas gracias, Presidente. En primer lugar tengo que agradecer a los organizadores, a Red Eléctrica de España, que me den la oportunidad de clausurar estas Jornadas después de día y medio de intenso trabajo. Primero agradecerles que me inviten y segundo felicitarles, sobre todo, por la continuidad de una iniciativa que ya data del año 1994, que tiene una cuarta edición y que no me cabe duda que tendrá, quinta, décima y al andar de los tiempos muchas más. En todo caso creo que esta iniciativa tiene un particular interés, ya que el tema medioambiental es un tema que cada día está más presente en las inquietudes de todos los que estamos involucrados en lo que es el desarrollo de los sistemas energéticos.

Veía el programa y comprobaba cómo el último de los aspectos que se abordaba específicamente era el aspecto de la sostenibilidad. Realmente tenemos que hacer largas reflexiones y es muy importante que se aborde con un análisis desapasionado e intelectual cómo debemos traducir el concepto de sostenibilidad cuando hablamos de energía. En definitiva, la sostenibilidad, y de eso debemos ser todos conscientes y debemos ser capaces también de transmitirlo a la sociedad, debería ser la posibilidad de acceder a los servicios energéticos a un precio competitivo y con el respeto al medio ambiente, realmente esto que se reitera en numerosas ocasiones. Luego, el día a día muchas veces lo convierte en la cuadratura del círculo, pese a lo cual creo que los esfuerzos de diálogo, como señalaba el presidente, los esfuerzos de explicación directamente a colectivos sociales, son probablemente la mejor de las herramientas que podemos llegar a tener para hacer efectiva la sostenibilidad energética.

Me gustaría señalar que el tema "Medio Ambiente" ha sido un tema presente en lo que es el acercamiento que, desde el Ministerio de Economía, se hace al

tema energético, y sobre todo el que se hizo para la elaboración de la planificación de los sectores eléctrico y de gas, en los cuáles, además específicamente, se desarrollaban todas las cuestiones relativas al transporte de energía eléctrica. Evidentemente en el tema de generación, con un impacto muy directo sobre aspectos medioambientales y sobre todo sobre aspectos de emisiones a la atmósfera, la preocupación se veía plasmada de una manera muy evidente. Estábamos hablando por un lado de una nueva fórmula de generación a través de los ciclos combinados, de impulsar las energías renovables de una forma clara y, en definitiva, de intentar tener un parque de generación que pueda también gozar de ese atributo de sostenibilidad.

Pero la planificación aborda de una manera muy específica todo lo que se refiere a redes de transporte, tanto de electricidad como de gas, y ahí también se hizo un análisis en el cual se intentaban poner de manifiesto las dificultades. Hay un capítulo referido específicamente a las dificultades de construcción de estas infraestructuras en el que se identificaban todas las cuestiones que a lo largo de estos días se han puesto sobre la mesa. Hay un problema, en muchas ocasiones, de contestación social que exige un esfuerzo y una dedicación muy especial en cuanto a explicación y a negociación. Se hablaba también de la alta densidad de espacios naturales que tenemos en nuestro país. Tenemos en este momento prácticamente un 24% del territorio con calificaciones que suponen limitación a la hora del desarrollo de infraestructuras y es evidente que es una tendencia que debemos de respetar y compaginar con el desarrollo de las redes.

Y por otro lado siempre se suele poner de manifiesto la complejidad de la tramitación administrativa a la hora de desarrollar infraestructuras de este tipo, no ya por cuestiones estrictamente medioambientales sino

por la complejidad incluso de nuestra propia fórmula de administración con: administración local, administración autonómica, administración del estado e incluso con un ámbito europeo que de una u otra manera también influye de forma determinante en el desarrollo de este tipo de instalaciones.

Al final parece que el diagnóstico de los problemas lo tenemos bastante desarrollado, la cuestión está en qué respuestas podemos dar a esos problemas. Cuando en la planificación se abordaba el tema se hablaba de la necesidad de ir haciendo agrupamiento de infraestructuras, de ver cómo se diseña el concepto de corredor de infraestructuras, creo que es un tema en el que necesariamente tendremos que seguir avanzando en el futuro, se hablaba también de la compactación y transformación de las líneas como solución o como respuesta a los problemas que se puedan plantear. El que la planificación de líneas eléctricas y de gasoductos pueda estar específicamente recogida en los instrumentos de ordenación del territorio es otra de las cuestiones principales, y por supuesto globalmente la agilización administrativa.

La publicación en el mes de mayo de la Ley de concesiones de obras públicas en la cual se introducen una serie de normas relativas que afectan directamente a los criterios de tramitación administrativa de las redes supone un paso adelante importante, con el cual se intenta profundizar en el concepto de diálogo entre administraciones públicas, pero también se intenta evitar que pueda haber tentaciones en algunas ocasiones, así se me permite decirlo caprichosas, a la hora de paralizar algunas instalaciones. Con lo cual estos acercamientos de respuesta a los problemas que tiene el desarrollo de las infraestructuras energéticas han de ser tomados en consideración muy específicamente y debe ser labor de todos intentar hacerlas realidad.

Me gustaría hacer algunos comentarios adicionales, aunque sea muy brevemente, sobre alguno de los aspectos que estaban contenidos en el programa de las jornadas que hoy se clausuran. Una cuestión era la de los campos electromagnéticos. Realmente en una jornada ambiental como ésta tiene que ser necesariamente abordada la problemática de los campos electromagnéticos, pero quizá señalar, y desde ese punto de vista felicitar de nuevo a Red Eléctrica por el hecho de tener una tribuna desde la que se puede hablar con claridad de este tema, pues con los aspectos de salud pública evidentemente la opinión pública es muy sensi-

ble y por lo tanto frivolar irresponsablemente la información sobre aspectos relativos a los campos electromagnéticos es un flaco favor a la sociedad. En ocasiones se generan alarmismos muchas veces innecesarios, por lo que todos los que trabajamos en este ámbito tenemos nuestra cuota de obligación de dar a conocer una información lo más veraz y más realista posible, que evite situaciones indeseables como las que en algunas ocasiones hemos vivido y sobre todo manipulaciones que no conducen a ningún sitio.

Y, por último, una referencia al tema de I+D+I. Hemos estado trabajando desde la Dirección General de Política Energética y Minas con el Ministerio de Ciencia y Tecnología precisamente en lo que es el diseño del programa de energía para el nuevo plan nacional de I+D, que probablemente en un par de meses esté aprobado y presentado al público. Realmente hay dos líneas fundamentales dentro de lo que es el ámbito de energía en el plan de I+D. Por un lado, búsqueda de optimizaciones de las energías convencionales para que las centrales que tenemos en este momento puedan mejorar su funcionamiento, sean más eficaces y, sobre todo, más limpias. Y por otro, es fundamental continuar con la investigación sobre energías renovables e incluso aprobar el subprograma que se ha introducido dentro del programa nacional de I+D sobre la fusión termonuclear, un tema muy ligado a la apuesta que ha realizado el gobierno español en relación con el emplazamiento del ITER en nuestra geografía.

Algunas referencias a lo que es específicamente el transporte eléctrico. En principio estamos hablando en ese plan de la necesidad de mejora del equipamiento existente mediante la automatización de la distribución, de las comunicaciones, de los equipos de protección, control y medida, y de transformadores y aparataje avanzados.

Otra de las líneas que afectan directamente al transporte es lo relativo a la mejora de la operación con el desarrollo de modelos de ayuda a la operación de sistemas eléctricos y la reposición de servicios tras un incidente y el desarrollo de superconductores como nuevos conductores de bajo costo y altas prestaciones térmicas para aumentar la capacidad de transporte y distribución de energía. En definitiva, mediante el desarrollo y la validación de dispositivos superconductores, centros de transformación compactos e integrados y nuevos materiales aislantes, al final lo que estamos haciendo es marcar unas líneas de I+D que en definiti-

va lo que persiguen, y me permito volver al inicio de mi breve exposición, es conseguir ese objetivo de sostenibilidad al que han estado dedicadas estas jornadas.

Está claro que la sociedad cambia, cambia muy rápido, vemos como vivimos en una dinámica de crecimiento permanente, crecen las exigencias sociales, crecen las exigencias ambientales y también crece la demanda de energía eléctrica, de manera tal que la sostenibilidad tendrá que ir en la línea de conseguir compatibilizar todas estas nuevas exigencias y nosotros tenemos la obligación de poder contestar con el mismo dinamismo que evoluciona la sociedad. Éste es el reto que tenemos y entiendo se ha abordado largamente en estas jornadas y se podrá seguir abordando en jornadas sucesivas.

Por mi parte nada más, muchas gracias por su atención y declaro clausurada las Jornadas.



# CONTRIBUCIONES ESCRITAS

---



# METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN VISUAL DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

## METHODOLOGY OF VISUAL SIMULATION OF ELECTRICAL INSTALLATIONS

---

**ALBERTO CONTRERAS DE LUCAS**

Red Eléctrica de España

### RESUMEN

La oposición de particulares y organismos públicos a la construcción de nuevas instalaciones de transporte de energía eléctrica es una de las dificultades que más habitualmente se nos presentan a la hora de desarrollar estos proyectos.

La protección del paisaje cada vez cobra mayor importancia en los proyectos que Red Eléctrica viene desarrollando. En concreto, nuestra empresa incluye medidas preventivas y correctoras que nos permiten integrar estas instalaciones en el entorno natural, con el objetivo de minimizar el impacto visual de estas obras.

La respuesta a estos problemas viene dada por una metodología de Simulación visual que pretende mostrar el resultado de la implantación de la instalación en el futuro. Dicha metodología se viene desarrollando en el Departamento de Medio Ambiente de Red Eléctrica de España desde el año 2001 y sigue en desarrollo hasta la fecha de hoy, habiéndose realizado simulaciones visuales de 4 Subestaciones eléctricas y estando en proceso 3 y una Línea eléctrica.

### ABSTRACT

*One of the most common difficulties faced by new power transmission projects is the opposition of individuals and public bodies.*

*Protection of the landscape has become an increasingly important factor in Red Eléctrica's projects. Our company specifically incorporates preventive and corrective measures that allow us to integrate such installations with the surrounding area and thus minimise their visual impact.*

*The answer to these problems lies in a method of visual simulation that attempts to portray the final result of the project. This method was developed by Red Eléctrica's Environment Department. It started in 2001 and has continued development up to the present time. Visual simulations have been prepared for four electrical substations, three more simulations are in progress plus one for a power line.*

A través de simulaciones infográficas, el Departamento de Medio Ambiente de Red Eléctrica de España ayuda al público a comprender el proceso de integración en el entorno de una nueva instalación eléctrica, facilitando su aceptación social.

La oposición de organismos públicos y particulares a la construcción de nuevas instalaciones de transporte de energía eléctrica es una de las dificultades que más habitualmente se nos presentan a la hora de desarrollar estos proyectos.

Por ello, resulta conveniente analizar las causas de rechazo a las instalaciones eléctricas. Nadie está dispuesto a negar en público la necesidad de las instalaciones eléctricas, lo que se reivindica es que su ubicación no esté próxima al domicilio propio. Lo que resulta indiscutible es que una propiedad rústica o urbana tiene mayor valor sin la cercanía de una instalación eléctrica.

En consecuencia, se debe empezar aceptando dos principios fundamentales: que la implantación de las subestaciones y las líneas de transporte provoca que haya personas que se sientan legítimamente afectadas y que, en muchos casos, estas instalaciones representan una evidente incidencia paisajística.

El paisaje cada vez cobra mayor importancia en nuestros proyectos. En concreto, nuestra empresa incluye en los mismos medidas preventivas y correctoras que nos permiten integrar estas instalaciones en el entorno natural, con el objetivo de minimizar el impacto visual de estas obras.

El problema es que la interpretación de estas medidas preventivas y correctoras, carentes de realismo visual, está restringida a técnicos y personal cualificado, por lo que el público sigue sin poder valorar como afectará una nueva instalación, línea o subestación, al paisaje al que están acostumbrados.

## UNA SOLUCIÓN PRÁCTICA

La respuesta a estos problemas la encontramos en la simulación visual, cuyo primer objetivo es obtener representaciones del proyecto que den una idea muy aproximada del aspecto que tendrá en el futuro, mostrando los elementos constituyentes y la integración en su entorno de ejecución. En segundo lugar, estas simulaciones aspiran a facilitar la percepción por parte del público de los efectos, en especial el visual y el paisajístico, que la nueva instalación tendrá en el territorio.

El principio de las simulaciones infográficas sobre soporte fotográfico es muy sencillo: se trata de obtener imágenes que, con un grado de realismo elevado, representen la realidad futura de las diferentes alternativas de proyecto. Para ello se recurre a la fotocomposición de los elementos constitutivos del proyecto, que se obtienen por síntesis de imágenes en tres dimensiones sobre un escenario real, fotografiado desde varios puntos de vista predeterminados.

Esta metodología además de adelantar los impactos visuales que cada alternativa tendrá en el entorno de implantación de la obra facilita la elección de la mejor solución entre las diferentes alternativas teniendo en cuenta la opinión de los afectados y mejorando la aceptación social de la nueva instalación.

Para cumplir dichos objetivos es necesario aplicar un conjunto de técnicas que se estructuran después en diferentes alternativas de simulación visual, dependiendo de los recursos empleados, el tiempo y presupuestos disponibles así como del acabado final obtenido. Dicha metodología se describe a continuación.

### 1.1 FOTOGRAFÍA

#### 1.1.1 Equipos y materiales.

Para la obtención de las fotografías que servirán de fondo para la posterior integración del modelo sintético serán necesarios una serie de equipos y materiales, los cuales se pueden diferenciar en dos grupos:

- **Equipo fotográfico.**

El equipo fotográfico básico consiste esquemáticamente en: cámara fotográfica digital de alta gama, objetivos (varias focales), trípodes con nivel, filtros, polarizadores, etc..

- **Equipo y material necesario para el posicionado de las cámaras sobre el terreno y recogida de datos.**

En los trabajos de simulación se debe determinar con exactitud la posición de las cámaras sobre el terreno en el momento de realizar las fotografías para posteriormente una vez realizado el modelo digital del terreno, posicionarlas en dicho modelo. Los equipos y materiales necesarios para esta operación son: cartografía detallada (varias escalas, por encima de 1:10.000), G.P.S., brújula, altímetro, prismáticos, estacas y jalones –necesarios para una localización posterior de distintos puntos y obtener puntos de referencia, como por ejemplo la localización de las torres futuras– reglas, lápices, papel, estadillos para la recogida de datos, etc.

### 1.1.1 Selección y localización de los puntos de vista.

La selección de los puntos de vista desde los cuáles se tomarán las fotografías se determinan en gabinete marcando sobre la cartografía, y anotando las coordenadas U.T.M., de los posibles puntos factibles de ser usados como definitivos. Una vez sobre el terreno se elegirán los puntos desde los cuáles se tomarán las fotografías, teniendo en cuenta la posible existencia de obstáculos que dificulten la visión, en cuyo caso se usarán puntos alternativos también determinados en los trabajos de gabinete.

### 1.1.2 Toma de datos.

Durante la realización de las fotografías y para cada una de ellas, se anotarán una serie de datos que posteriormente nos servirán para la realización de la integración.

- **Datos fotográficos:** Numeración de las fotografías, selección tipo de archivo (en nuestro caso utilizamos cámaras digitales), objetivo, exposición y apertura, uso de filtros y polarizadores.
- **Posición y orientación de la cámara:** Coordenadas U.T.M. de los puntos, localización en la cartografía, rumbo (tomado con brújula), ángulo vertical, altura de la cámara, referencia del punto visado.
- **Entorno:** Fecha y hora, altura del sol (longitud de la sombra), azimut del sol (orientación de la sombra), iluminación (nubosidad).

## 1.2 DIGITALIZACIÓN

En esta fase se procede a un volcado en formato digital de las fotografías para su posterior uso informático.

## 1.3 MODELADO 3D DE ELEMENTOS

A partir de la digitalización de planos de detalle de los elementos de proyecto se construyen digitalmente y en tres dimensiones todos y cada uno de dichos elementos. Este proceso se denomina “modelado”. Como resultado se obtienen bases de datos gráficas que contienen las coordenadas de todos los vértices que describen cada objeto.

En el modelado de los objetos que se quieren incluir

en la simulación, hay que tener en cuenta desde el principio, el grado de detalle que va a ser necesario. Este nivel de detalle depende, fundamentalmente, de la distancia a la que se van a situar las cámaras de los objetos sintéticos. Otro inconveniente del excesivo detalle es la posibilidad de sobrecargar el equipo de modo que el modelo final se haga inmanejable por dicho equipo.

Una vez tengamos definido el nivel de detalle necesario, podemos empezar el modelado. En esta fase realizaremos todos los elementos que van a formar parte del modelo, para luego proceder a su ensamblado y obtener el modelo concreto que se aplique al caso.

Uno de los puntos más importantes para que el modelo resulte realista, es la creación y selección de los materiales que se van a aplicar sobre las distintas partes de los modelos. Resulta más creíble un modelo sencillo con unos buenos materiales, que uno más detallado pero que falle en el aspecto de los materiales.

### 1.3.1 Líneas.

En el caso de las líneas eléctricas, los modelos son: Torres y aisladores, cables y modelo digital del terreno que luego se integrarán formando el modelo definitivo.

A continuación pasamos a describir cómo se modelan dichos elementos.

#### • Torres y aisladores

Habrán distintos tipos de apoyos –alineación, ángulo y amarre–, y dentro de cada tipo los hay de diversas alturas.

En el modelado debe procurarse dividir las torres en elementos comunes a la mayor parte de los distintos tipos (para evitar modelar varias veces las mismas cosas). Por ejemplo en el caso de la torre de 400 kV de REE, se pueden dividir en:

- **Base:** Tramo inferior de la torre que hay que modelar con la longitud mínima que vaya a tener. En esta parte se añadirán posteriormente los elementos que componen las patas de la torre. También se incluyen las peanas.

- **Cuerpo,** es el tramo superior, donde se ensamblan las crucetas que soportarán los conductores. Suele tener una longitud constante aunque la torre sea de diversas alturas.

- **Crucetas,** suelen ser iguales en las torres de alineación, pero en las de ángulo son desiguales.

El modelado de las distintas partes de la torre, se



transformadores de potencia, otros elementos verticales del parque, torres de entrada al parque, conductores y modelo digital del terreno. Dichos elementos se integrarán formando el modelo completo.

A continuación pasamos a describir cómo se modelan dichos elementos.

- **Plataforma, acceso, caminos interiores, explanación y taludes**

Para el modelado de esta parte del proyecto se toman de base los planos de planta de la subestación.

El modelo de la plataforma, puede obtenerse bien por proyección de una textura que incluya el dibujo que realizan los caminos (ya que se trata de una estructura plana con muy poco relieve), o bien modelando los caminos de forma independiente (sistema que permite incluir relieve).

Como dicha plataforma es relativamente amplia, normalmente habrá que realizar un modelo de los taludes a los que de lugar el movimiento de tierras necesario para crear la explanación. Para ello y partiendo del borde de la plataforma, empleando la pendiente que se fije en el proyecto, se modelan terraplenes y desmontes, que se prolongan hasta su corte con el terreno. Esta línea de corte se obtiene por la intersección entre los taludes y el Modelo Digital del Terreno.

- **Cerramiento y vallas.**

Las construcciones que se empleen como cerramiento de la instalación deben modelarse de modo que se asienten sobre el terreno (utilizando el MDT).

El modelado de cerramientos como los muros es sencillo, sin embargo en el caso de las vallas, el problema es diferente, ya que éstas se componen de infinidad de elementos individuales (alambres) cuyo modelado, si bien no es muy difícil, si que supone una sobrecarga ingente en el número de polígonos del modelo.

Para soslayar el problema mencionado, y aprovechando que las vallas tienen una de sus dimensiones, el grosor, con un valor despreciable frente a las otras dos; se puede utilizar el mapeado de texturas y mapas de opacidad sobre una superficie plana, de modo que al realizar el render, en las zonas que según el mapa de opacidad debe pasar la luz, queden transparentes pudiéndose así generar las típicas vallas de rejilla, con un ahorro importante de potencia de cálculo del equipo informático.

- **Edificios**

El modelado de los edificios de parque, como case-

tas de control, es deseable que sean uno de los elementos más detallados, pues aún siendo elementos sencillos, resultan de los más visibles.

- **Pórticos**

Respecto al modelado de los pórticos resulta aplicable la mayor parte de lo dicho respecto a las torres en el apartado referente a las líneas.

- **Embarrados, transformadores (de tensión, de intensidad...), transformadores de potencia, otros elementos verticales del parque**

El modelado de estos elementos es muy dependiente de la forma de cada uno de ellos pero, como regla general, es más o menos sencillo (suelen predominar las secciones de forma cilíndrica) y según el nivel de detalle fijado, se podrá prescindir de modelar partes que luego no vayan a ser visibles, como las aletas de refrigeración de los transformadores, que complican mucho los modelos.

### 1.3.3 Medio Natural

El medio natural queda reducido, desde el punto de vista de simulación, a los diferentes estratos de vegetación. Dichos estratos, herbáceo, arbustivo y arbóreo tienen diferentes aproximaciones de simulación. No obstante es el estrato arbóreo el único susceptible de ser modelado en tres dimensiones.

Los árboles, desde el punto de vista de su modelado en tres dimensiones, están compuestos de tronco, ramas, ramillas, hojas y frutos que pueden ser modelados a partir de facetas triangulares planas. Existen hoy en día programas que generan automáticamente los modelos de los árboles de forma parametrizada, esto es según especie, edad, aspecto, peso de las ramas, viento, estación del año etc.

Dichos programas integran además las texturas necesarias para los elementos citados. La gran pega de los modelos 3D de árboles es, fundamentalmente, la carga de facetas que se genera. Así un árbol medio puede llegar a estar formado por 100 o 150.000 facetas. Si se tiene en cuenta que en la simulación de la recuperación del medio natural de subestaciones y líneas es necesario contar con centenas de árboles, en seguida se comprende la inviabilidad de esta técnica. Incluso con pocos árboles si se pretende calcular el efecto de la sombra arrojada por las copas en el suelo y en los otros árboles se concluye que tal número de facetas ralentiza exageradamente los procesos de cálculo. Paralelamente existe una segunda desventaja y es

que los modelos 3D de árboles cubren muy poca masa en el fotograma final. En efecto, al igual que ocurre con los conductores, las ramas y las hojas modeladas con facetas literalmente desaparecen cuando se ve el árbol a distancia. Solamente una gran densidad de árboles evitaría tal efecto, pero la carga de facetas no permitiría el cálculo de la imagen final fotorealista.

La alternativa, utilizando técnicas de tres dimensiones, es crear falsos árboles a partir de dos facetas planas.

## 1.4 MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT)

La colocación de los elementos utilizados en la simulación visual tiene lugar en tres coordenadas, X,Y,Z. Las correspondientes a X e Y son introducidas por teclado, de manera numérica o directamente digitalizadas mediante tableros a partir de su representación analógica en mapas y planos.

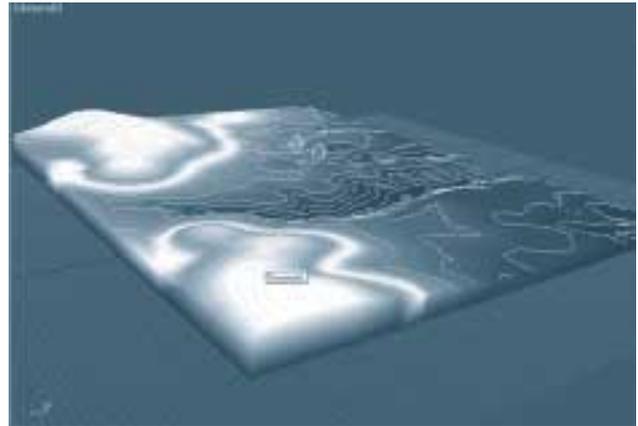
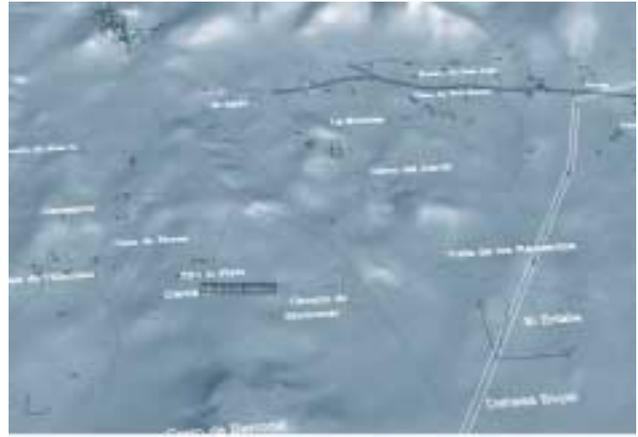
La tercera dimensión (Z) normalmente viene dada a través de un programa CAD. Es su posición en el terreno la que caracteriza su relación espacial con otros elementos. En simulación visual, mediante técnicas híbridas, es necesario conocer en que partes de un terreno se asienta el escenario de simulación y que partes bloquean la visión de los elementos tridimensionales sintéticos entrantes.

Para resolver esta cuestión utilizamos una alternativa que comporta el proceder a obtener el modelo digital del terreno, el cual será importado como un elemento tridimensional más, pero será utilizado exclusivamente para "cortar" literalmente los objetos tridimensionales entrantes. El resultado es que dichos objetos quedan ocultos exactamente donde quedarían en la realidad.

El modelo digital del terreno, entendido este como un objeto tridimensional más, debe ser construido como facetas triangulares planas a partir de las curvas de nivel, dato que en muchas ocasiones es el único disponible. Para ello se sigue un procedimiento que se relata a continuación.

### 1.4.1 Interpolación

Las curvas de nivel contienen información acerca de la altimetría del terreno, pero esta no es suficiente si se desea obtener una superficie continua que represente la topografía como un objeto tridimensional (Modelo Digital del Terreno). Para ello es necesario contar con aplicaciones que obtengan dicho MDT a partir de los



Modelo digital del terreno

vértices digitalizados de las curvas de nivel. Este proceso, comúnmente llamado interpolación, puede llevarse a cabo mediante la consideración de facetas triangulares planas cuyas aristas se apoyan en los vértices de partida creando así una red irregular de triángulos (TIN). Este algoritmo, ampliamente utilizado, sirve como punto de partida para la obtención de modelos digitales del terreno, representados mediante mallas rectangulares de paso uniforme.

Para la obtención de imágenes realistas es necesario utilizar programas específicos de síntesis de imágenes en tres dimensiones. Un caso especialmente eficaz es la utilización conjunta de Autocad, Quicksurf y 3D Studio en la que los objetos de CAD son integrados en un MDT generados por Quicksurf en Autocad y utilizados para la síntesis de imágenes, con toda la potencia y recursos de un programa específico, en 3D Studio.

## 1.5 MATERIALES

### 1.5.1 Aproximaciones a la definición de materiales

Los materiales de los objetos que configuran un

escenario en tres dimensiones determinan el comportamiento en cuanto al color que la superficie de estos tienen frente a las fuentes de iluminación. Un material, desde el punto de vista infográfico, es la descripción numérica de las características esenciales de la superficie de ese objeto: color y cantidad de difusión, tipo de reflexión, rugosidad, transparencia, grado y color de emisión de luz... La descripción paramétrica de estas variables permite la obtención de materiales que se acercan enormemente al comportamiento de los mismos en el mundo real.

### 1.5.2 Materiales planos

Para cada uno de los puntos considerados de una superficie, el programa de síntesis de imágenes computa conjuntamente las condiciones de absorción, difusión y reflexión de la luz si el cuerpo es opaco, y de transparencia y refracción si el cuerpo es transparente. El color a aplicar vendrá en función de estas condiciones, de la naturaleza de la fuente de luz y del color del objeto. Es muy importante considerar los colores planos, puesto que el proceso de cómputo de iluminación se ve enormemente simplificado. En el caso de las líneas eléctricas y subestaciones es el tipo de material a utilizar por excelencia puesto que rara vez presentan detalles tan grandes y significativos como para considerar otro tipo de material. Además, la distancia a la que son vistos aconsejan su utilización. Ciertamente es que los materiales de las torres, por ejemplo, aparecen como granulados y con brillo metálico, pero la experiencia ha demostrado que tratar de simular dicho material aumenta enormemente las demandas de máquina y tiempo de cálculo sin que, a distancias de observación típicas, se aprecien ninguna mejora.

### 1.5.3 Mapeados de color

Es posible obtener el color de cada uno de los puntos de la superficie de un objeto tridimensional a partir de una imagen que represente el detalle a ser proyectado o "mapeado", de esta manera es posible ahorrar mucho tiempo de computación si, en vez de modelar los detalles simplemente, se proyectan imágenes digitales de los mismos. Este proceso de mapeado de texturas se utilizará en el caso de parques de subestaciones en el que se proyectan las vías de acceso y el pavimento, así como en el caso de los edificios

auxiliares en los que se pueden proyectar puertas y ventanas. Un caso muy útil de mapeado de texturas lo comprenden los árboles y demás elementos vegetales. Si se trata de modelar un árbol a partir de facetas triangulares planas, considerando tronco, ramas, ramillas, hojas y frutos pueden resultar modelos complejísimo de muchísimas facetas (hasta 300.000, según modelos). Una alternativa a esta costosa técnica la constituye la consideración de dos facetas planas contenidas en planos que se cruzan a 90°, y sobre cuya superficie se mapea la imagen de un árbol.

### 1.5.4 Mapeados de rugosidad

Los detalles del terreno son difíciles de representar, de la misma manera que ciertos aspectos de los materiales de los elementos de una subestación: transformadores, seccionadores, etc., como el metal de los apoyos. Ciertamente grado de rugosidad puede ser simulado mediante la aplicación de mapeados de rugosidad o "bump-mapping".

### 1.5.5 Mapeados de transparencias

Existen dos aplicaciones inmediatas de los mapas de transparencias.

De un lado, la generación de contornos de los frondes de los árboles y otros elementos vegetales pueden ser proyectados utilizando dos mapas para el mismo objeto plano: un mapa de color que dará el aspecto realista de "árbol" a las facetas planas y otro de opacidad que hará transparentes aquellas partes de la faceta plana que no contengan color de árbol.

Otra aplicación la constituyen la representación de mallas de alambre de los cerramientos. Tratar de modelar todos y cada uno de los alambres de dichos elementos saturaría la base de datos de facetas tridimensionales. La alternativa a considerar es un mapeado de transparencia que se corresponde con una unidad, "un cuadrado" de la malla, el cual será repetido sistemáticamente a lo largo y ancho de las dimensiones del cerramiento.

## 1.6 ILUMINACIÓN

Probablemente sea la iluminación, junto con la edición de materiales, uno de los aspectos fundamentales

para la obtención de imágenes de síntesis realistas. La determinación de las condiciones de iluminación de un escenario comprende distintos aspectos diferentes de las fuentes principales de luz. El considerar o no dichos matices determina el grado de realismo de la imagen resultante. Así es necesario contar con fuentes secundarias de luz –luz ambiente– y con efectos intrínsecos al propio escenario y que pueden ser simulados mediante luces de complemento.

### 1.7 ACABADO (RENDERING)

El cálculo del color resultante de la aplicación de una fuente de luz sobre un objeto con un material definido puede ser obtenido de diferentes maneras en función del acabado deseado y del tiempo de computación, siendo el uno función directa del otro.

### 1.8 INTEGRACIÓN Y FOTOMONTAJE 2D

La fase de integración y fotomontaje se realiza desde dos aplicaciones en función de la metodología de simulación visual elegida. En ambos casos el objetivo perseguido es la superposición de los elementos del proyecto sobre el escenario de base.

En el caso de la hibridación real – sintético, para la cual los elementos de proyecto son sintetizados por ordenador y el escenario es una fotografía real digitalizada del paisaje que albergará el proyecto, se propone la utilización del propio programa de síntesis de imágenes para la integración de ambos materiales. La justificación es que, en este caso, si se coloca la imagen de base como fondo en el cómputo final de los elementos en tres dimensiones, los bordes de éstos serán fundidos automáticamente con los colores correspondientes del fondo, dando un aspecto muy realista. Este punto es especialmente relevante para elementos muy finos (cables, apoyos muy alejados del observador, embarrados, etc.) que se difunden naturalmente con el fondo y que, en algunos casos, quedan apantallados contra el mismo si los colores de los elementos y el fondo son parecidos. Esta característica puede cambiar con las condiciones de iluminación, por tanto se propone que en el cálculo de alternativas se tengan en cuenta dos o tres situaciones de iluminación a lo largo de un día desde un mismo punto de vista.

### 1.9 HIBRIDACIÓN REAL – SINTÉTICO

#### • Descripción

Sin duda es la Hibridación Real – Sintético (HRS) la técnica más utilizada hoy en día en simulación visual en ingeniería y arquitectura. Esto es debido a que, en los últimos años los ordenadores han aumentado su capacidad de cálculo de imágenes y se ha producido un avance importante en los programas de síntesis tridimensional de imágenes por ordenador, obteniéndose resultados muy realistas de los modelos tridimensionales de los elementos integrados con fotografías reales.

El principio es muy sencillo, se trata de obtener imágenes que representen la realidad futura de las diferentes alternativas de proyecto mediante la fotocomposición de los elementos constitutivos del proyecto obtenidos por síntesis de imágenes en tres dimensiones sobre un escenario real, que es fotografiado desde unos puntos de vista determinados. Como puede comprobarse el planteamiento es simple, pero el desarrollo demanda una serie de habilidades que pasamos a describir a continuación.

#### • Metodología

La hibridación real-sintético establece una integración de dos tipos de materiales gráficos: de un lado las fotografías, que son digitalizadas y que corresponden al escenario real que es visto desde unos puntos de vista determinados por el usuario. Por otro lado se cuenta con los objetos entrantes en el escenario y que definen cada una de las alternativas de proyecto. Finalmente ambos materiales se componen en una única imagen que da como resultado una representación muy realista del resultado final.

Para acometer las tareas antes descritas es necesario resolver una serie de problemas que, inevitablemente, surgen por el hecho de trabajar conjuntamente en dos ámbitos totalmente distintos: el ámbito bidimensional de las fotografías y el tridimensional de la síntesis de imágenes por ordenador. Dichas consideraciones son:

- Es necesario obtener una calidad parecida de ambos materiales, el de las fotografías digitalizadas y el de las imágenes sintéticas de los elementos entrantes. De otra manera se detectará, por parte del usuario final, una clara diferencia de uno con respecto a otro que restará capacidad visual de integración de la solución final sobre el escenario real.
- Es necesario hacer coincidir con exactitud la posición de los elementos entrantes, que se sitúan en un

escenario tridimensional virtual, en la fotografía digitalizada del escenario real. Como puede comprenderse esta tarea, para ser llevada a cabo con precisión, requiere una metodología precisa de fotografía y síntesis de imágenes.

- Es necesario hacer coincidir las condiciones de iluminación y calidad atmosférica con aquellas que existían en la realidad en el momento de hacer las fotografías del escenario real. No cabe duda que, si se busca un alto grado de integración visual, es necesario sintetizar iluminaciones y sombras de los elementos entrantes que estén "de acuerdo" con la iluminación reinante en el escenario real.

- Es necesario que los materiales (elementos entrantes) sean semejantes a aquellos de los elementos del mismo tipo que existían ya sobre el escenario y que han sido fotografiados.

Como se puede comprobar todos y cada uno de los objetivos planteados en este tipo de simulación visual van encaminados a la obtención de una imagen final con un alto grado de integración.

El primer capítulo lo protagoniza la fotografía, que no es sino la obtención del material de base sobre el que va a descansar la simulación. Previamente es necesario establecer los puntos de vista que se van a utilizar en la simulación final, punto este crucial que debe ser determinado en gabinete y, a poder ser, sobre el modelo digital del terreno para comprobar el grado de impacto de los puntos elegidos. Este paso, por el contrario, es marcado por el propio usuario final que conoce cuáles son los puntos visuales críticos.

Para los puntos determinados en el plano, se especifica también cuál va a ser el ángulo de amplitud visual del observador, que determinará las distancias focales de la cámara fotográfica. Este valor se fija por defecto en  $49.5^\circ$  por cada ojo, lo que da una amplitud final de  $99^\circ$  horizontalmente, parecida a la que tiene el ojo humano. Estas fotografías se acercarán a lo que ve un ojo humano, visión subjetiva, pero en otros casos será necesario además contar con simulaciones sobre panorámicas más amplias que obligarán a la utilización de distancias focales más cortas para aumentar considerablemente el campo de visión. A este respecto es necesario hacer notar que no deben utilizarse distancias focales inferiores a los 35mm (en cámaras de 35mm) puesto que las aberraciones geométricas que se plasman en la digitalización son después muy difíciles de simular en el programa de síntesis de imágenes,

lo que provocará que sea imposible situar con exactitud los elementos entrantes en el escenario en la integración final.

La toma de fotografías en el campo ha de realizarse con máximo control, respecto a las posiciones, iluminación y transparencia de aire, así como los parámetros de fotografía. Todos estos datos se recogerán en un estadillo con el fin de poder simular posteriormente con gran precisión las características de las tomas en el escenario sintético. Para ello es aconsejable contar con un GPS. Además de la posición es necesario medir la altura del eje óptico de la cámara y los ángulos horizontal y vertical de la misma, con el fin de determinar posteriormente la posición del punto visado. Los datos de iluminación y transparencia del aire permitirán reproducir sintéticamente las mismas condiciones en el escenario sintético.

Utilizando cámaras digitales de alta gama, obtendremos directamente los ficheros de las imágenes en formato digital.

El segundo gran capítulo de esta metodología, y que se desarrolla en paralelo al primero, es la obtención de los elementos entrantes en el escenario real. De esta manera es necesario realizar primero un modelado tridimensional de los mismos. En el caso de apoyos de tendidos eléctricos se facilita esta operación si se cuenta de antemano con librerías de los apoyos más utilizados, descompuestos en sus elementos modulares, de forma que se construyen los apoyos finales de la misma manera que en la realidad, a partir de estructuras básicas hasta lograr una altura deseada. El proceso de modelado es descrito en capítulos anteriores con detalle. Para cada uno de los elementos es necesario realizar un estudio de los materiales, proceso que requiere un cuidadoso estudio del comportamiento de los mismos con respecto a la iluminación. Este punto es crítico en el caso de tendidos eléctricos el cual condiciona el grado de impacto visual dependiendo de su orientación con respecto a las fuentes principales de luz.

De hecho en muchos casos será necesario realizar simulaciones para diferentes horas del día, puesto que el resultado visual puede ser netamente diferente. Los materiales pueden ser almacenados en librerías, puesto que son utilizados en otras ocasiones. Se aconseja pues el realizar un minucioso estudio de los materiales clásicos en la construcción de estructuras de instalaciones eléctricas (aisladores, acero galvanizado, aluminio, hormigón, etc.) para ser utilizados en todos los proyectos que incluyan dichos elementos.

Un punto especialmente delicado en esta fase de la metodología es el relativo a la localización exacta de los elementos que constituyen las instalaciones a representar. Para ello es necesario contar con planos de detalle, a escalas muy grandes 1:5.000, 1:1.000 ó 1:500, con el fin de determinar las coordenadas X,Y,Z de los puntos más característicos de las construcciones.

Especial atención merece la situación exacta de la cámara virtual, de este punto depende en gran medida el éxito de la integración final con la fotografía de base. Para lograr una perfecta integración de la imagen sintetizada por ordenador, es decir, los elementos del proyecto que entran en el escenario real, es necesario hacer casar geoméricamente ambos fotogramas de forma que coincidan fotográficamente. Para ello hay que tener en cuenta, por un lado, la posición exacta del centro del objetivo en el espacio tridimensional, y de otro lado la distancia focal de la cámara. Después es necesario conocer todas y cada una de las correcciones que hay que hacer para compensar los errores cometidos en la fase de procesamiento de la fotografía.

En la simulación visual de instalaciones eléctricas es especialmente relevante la utilización del modelo digital del terreno. El terreno actúa en muchas ocasiones como pantalla, ocultando la totalidad o parte de las instalaciones que en el paisaje tiene lugar. Conocer exactamente dónde y como el terreno oculta los elementos entrantes puede ser determinado mediante la inclusión del modelo digital del terreno considerado éste como un objeto tridimensional que se utiliza exclusivamente como generador de vistas ocultas. En la síntesis de imágenes el modelo digital del terreno recortará los objetos que existan en el escenario en aquellos lugares donde queden ocultos, el efecto final es que los objetos parecen adaptarse a la topografía representada en la fotografía. La concordancia del modelo digital del terreno con el que se observa en la fotografía puede ser utilizado como una pista para el ajuste final de los parámetros de la cámara virtual y obtener así una integración perfecta.

El tercer y último gran capítulo de esta metodología es la integración final de la imagen que combina el fondo real con los elementos entrantes obtenidos de manera sintética.

El último paso requiere una minuciosa operación de ajuste y retoque final de la imagen en la paleta gráfica. Este tipo de programas será utilizado para añadir sombras, para ajustar las zonas ocultas por la vegetación, para ajustar calidades tonales entre los elementos

entrantes y la fotografía de fondo, para añadir ruido de manera que se asemejen las calidades de la imagen sintética y la fotografía y para la eliminación de errores que no han podido ser solventados por la metodología en pasos anteriores.

#### • **Ámbito de aplicación**

La simulación visual por hibridación real-sintético tiene un amplísimo ámbito de aplicación, de hecho casi cualquier proyecto de ingeniería civil en el que aparecen elementos nuevos, que casi siempre no existen en la realidad por ser prototipos o construcciones novedosas, es aplicable esta metodología. En arquitectura y urbanismo es casi una constante ver modelos sintéticos de los proyectos superpuestos sin más sobre una fotografía aérea oblicua, representando las dimensiones y alcance de los proyectos.

#### • **Ventajas y Desventajas**

Las ventajas de este método de tan amplia utilización son:

- Permite la visualización de proyectos que incluyen elementos de nueva construcción, prototipos o novedosos. Esta facilidad se hace extensiva a las alternativas propuestas en un proyecto.

- Parte de los modelos tridimensionales que se han realizado en otros departamentos mediante programas CAD. En este punto el proceso de simulación queda plenamente integrado en la cadena de proyecto.

- El grado de realismo es elevado, si bien es una relación directa la precisión de trabajo con la cantidad de tiempo invertido en la simulación. Se establecen diferentes grados de realismo en las imágenes resultantes en función del esfuerzo puesto en la simulación.

- El proceso, una vez sistematizado, es relativamente rápido con relación a la calidad de los resultados obtenidos.

Las principales desventajas que se señalan son:

- La metodología requiere la incorporación al menos de dos especialistas, uno en síntesis de imágenes y otro en paleta gráfica por ordenador.

- Para lograr resultados precisos es necesario aplicar una metodología algo engorrosa que requiere una sistematización muy cuidada.

- Nuevos puntos de vista requieren que el proceso sea repetido completamente, lo que reduce la eficacia coste-resultados para una respuesta a modificados a corto plazo.

- Las resoluciones de trabajo demandan grandes tamaños de imágenes, con lo que conlleva en gasto de

recursos de máquina en capacidad de cálculo y sistemas de almacenamiento.

- Para la obtención de imágenes realistas es preciso aplicar técnicas de cálculo de sombras por Ray Tracing.

En el caso de instalaciones eléctricas más complejas (subestaciones) el número elevado de elementos a considerar puede ampliar considerablemente los tiempos invertidos en el cálculo final de las imágenes.



## 2.0 REQUISITOS Y COSTES

En función de la resolución necesaria para realizar la simulación se requerirán capacidades de cálculo mayores y mejores, y más efectivos sistemas de almacenamiento y gestión de imágenes. Las resoluciones típicas utilizadas para la simulación visual sobre fotografías ampliadas a 20x25 es superior a los 2.000 píxeles en la dimensión horizontal. Como es de esperar las imágenes de síntesis deberán tener la misma resolución que las imágenes del escenario real, lo que provoca un aumento en el tiempo de cálculo, sobre todo si se calculan sombras arrojadas con Ray Tracing. El tiempo medio de cálculo de una imagen de dichas dimensiones en una estación de trabajo de tipo medio-alto viene a ser de 10 minutos (teniendo en cuenta que es habitual hacer varios rúnder de prueba).

El coste en tiempo medio por fotograma terminado oscila entre 50 y 70 horas/hombre dependiendo de la complejidad del escenario simulado y teniendo en

cuenta que la síntesis de imágenes tiene una parte previa que es el modelado que supedita el resto de la simulación.

La carga de trabajo en esta metodología es mayor en el caso de modelado y síntesis de imágenes en 3D, en algunos casos determina la duración del desarrollo del proyecto debido a la necesidad de obtención de muchos elementos y del modelo digital del terreno, paso este que es esencial en todo el proceso, por lo que los esfuerzos para aumentar la productividad deben ir encaminados a mejorar los tiempos de modelado e iluminación y aumentar las capacidades de cálculo de las máquinas.

## 2.1 CONCLUSIONES

Del estudio realizado y una vez planteadas las metodologías más adecuadas para la simulación visual en ingeniería y en concreto para su aplicación a instalacio-

nes eléctricas, es posible resumir el contenido en la siguientes conclusiones:

- En la actualidad existen equipos informáticos, aplicaciones y especialistas que son económica y técnicamente rentables para su utilización en trabajos de simulación visual de proyectos de instalaciones eléctricas.
- La simulación visual en ingeniería es un trabajo multidisciplinar, por tanto debe organizarse un equipo que, al menos, cuente con un infografista, un paletista gráfico y un técnico de apoyo para labores de fotografía y digitalización.
- El método de simulación visual conocido como hibridación Real-Sintético se muestra como el más adecuado para su aplicación en los proyectos de insta-

laciones eléctricas, por la calidad de los resultados obtenidos y su relación con el precio.

- La simulación visual ofrece diversos niveles de acabado, que pueden ser utilizados en diferentes fases de la concepción de un proyecto, ajustando de esta manera los costes dedicados a simulación.
- A lo largo de la concepción de un proyecto es posible adelantar los impactos visuales que cada alternativa tendrá en el escenario de implantación de la obra. Este aspecto es muy útil para implicar al usuario final en la toma de decisiones sobre las diferentes alternativas.

A continuación se muestran una serie de simulaciones infográficas realizadas por el Departamento de Medio Ambiente de Red Eléctrica para varias de sus instalaciones.

*Estado original del emplazamiento de una Subestación eléctrica.*



*Subestación simulada*



*Simulación de vegetación en su madurez.*



## REFERENCIAS

Título “Metodología de Simulación Visual de Instalaciones Eléctricas”

Autor: Visual Simulation Lab



# CORRECCIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE LÍNEAS ELÉCTRICAS EN MURCIA PARA LA CONSERVACIÓN DEL ÁGUILA PERDICERA

## MODIFICATION AND MARKING OF POWER LINES IN MURCIA PROVINCE FOR THE CONSERVATION OF BONELLI'S EAGLE

---

### EMILIO ALEDO

Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente  
de la Región de Murcia

### RESUMEN

Uno de los impactos más generalizados de las líneas eléctricas sobre el medio ambiente es la electrocución y colisión de aves. El impacto puede llegar a ser muy importante en el caso de líneas que atraviesan zonas de paso de gran número de aves, o bien territorios de especies protegidas. En junio de 2002 se concedió un Proyecto LIFE a la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia denominado "Conservación y gestión de *Hieraaetus fasciatus* en la ZEPA Sierra de Almenara, Las Moreras y Cabo Cope". Esta Zona de Especial Protección para las Aves alberga la mejor población de Murcia de águila-azor perdicera, especie catalogada como en peligro de extinción.

Red Eléctrica de España e Iberdrola participan como socios para la ejecución del Proyecto LIFE. Actualmente ya han concluido las actuaciones en líneas de transporte y la evaluación de la peligrosidad de las líneas de distribución. Se ha evaluado y señalado la línea Litoral-Asomada, habiéndose balizado con salvapájaros un total 7.249 metros de la línea en su recorrido a través de 4 territorios reproductores de águila-azor perdicera. Se ha realizado el estudio de detección de puntos negros para la avifauna en la red de distribución en la ZEPA, estando previsto el inicio de los trabajos de corrección para este otoño.

### ABSTRACT

*One of the most widespread effects of power lines on the environment is electrocution and collision involving birds. The impact can be quite significant in the case of lines that cross the paths of a large number of birds or in the case of territories inhabited by protected species. In June 2002 a LIFE project was awarded to the autonomous community of Murcia under the heading Preservation and control of *Hieraaetus fasciatus* in the protected area of the Almenara Sierra, Las Moreras and Cape Cope. This is an area of special protection for birdlife and it shelters Murcia's best population of Bonelli's Eagle (a species that faces extinction).*

*Red Eléctrica de España and Iberdrola are partners in the LIFE project. At the present time work has finished on the power lines and on the evaluation of the distribution lines. The Litoral-Asomada line has been evaluated and marked. Birdsaver markers were fitted to 7,249 metres of the line where it crosses four breeding grounds of Bonelli's Eagle. A study was made to detect the danger points for birdlife on the distribution network in the protected area. The start of corrective work is planned for this autumn.*

## I. INTRODUCCIÓN

La electrocución y la colisión en tendidos eléctricos causa la muerte de un importante número de aves en diversas áreas naturales (Bayle 1999, Bevanger & Broseth 2001, Lehman 2001), contribuyendo en algunas situaciones a la regresión de varias especies amenazadas (Ferrer et al. 1991, Real & Mañosa 1997, Bevanger & Overskaug 1998). Los factores técnicos y biológicos determinantes de la colisión y electrocución han sido profundamente estudiados, habiéndose aportado una amplia gama de soluciones para aminorar o evitar la muerte de las aves (Negro et al. 1989, Bevanger 1998, Ferrer et al. 1991, Guzmán & Castaño 1998, Mañosa 2001).

Durante la última década se han realizado en la Península Ibérica numerosos estudios que evalúan el impacto de estas infraestructuras sobre las poblaciones silvestres (Janss 2003). Estas investigaciones han permitido acumular una dilatada experiencia a lo largo de estos años (Tintó & Real 2003, Fernández & Azkona 2002, Oria 2003, Palacios 2003, Insausti 2003). En contraste, los estudios sobre el efecto de las líneas eléctricas en las aves silvestres son escasos en la Región de Murcia, tan sólo han sido evaluados puntualmente en las zonas de reproducción y de dispersión del Águila Perdicera (Sánchez-Zapata et al. 1997) y con una mayor profundidad en el Parque Regional de Sierra Espuña (Martínez 2003).

El águila-azor perdicera (*Hieraetus fasciatus*) es una de las rapaces paleárticas más amenazadas a nivel nacional y europeo (Heath et al. 2000), siendo la electrocución la primera causa de mortalidad no natural de esta especie en España (Real et al. 2001, Tintó

2003). La colisión en líneas de transporte es biológicamente poco significativa como causa de mortalidad de aves. Sin embargo, puede llegar a ser de importancia en determinados tramos de líneas que discurren por áreas de especial concentración de aves, o en el caso de zonas habitadas por especies en peligro de extinción (Alonso & Alonso 1999 a). En el caso del águila-azor perdicera se conocen casos de colisión en territorios de cría (Mañosa & Real 2001). Estos mismos autores aseguran que se deben evitar los nuevos trazados en las zonas cercanas a los nidos y señalar los tendidos ya existentes que se encuentren a menos de 1 km de los mismos.

Con vistas a la recuperación y conservación de la especie, la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia está ejecutando el Proyecto LIFE-Naturaleza "Conservación y gestión del águila-azor perdicera en la ZEPA Sierra de Almenara, las Moreras y Cabo Cope". Además de financiación propia y europea, REE e Iberdrola Distribución S.A. participan como socios del proyecto. En éste se contempla la señalización de tendidos de alta tensión en aquellos puntos en los que el riesgo de colisión es muy elevado y la corrección de la líneas de distribución en los apoyos más peligrosos.

El objetivo es evitar los accidentes por colisión y electrocución de los individuos de águila-azor perdicera de la ZEPA, aunque también se verán beneficiados los individuos en dispersión procedentes de otras zonas así como otras especies de aves.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Área de estudio

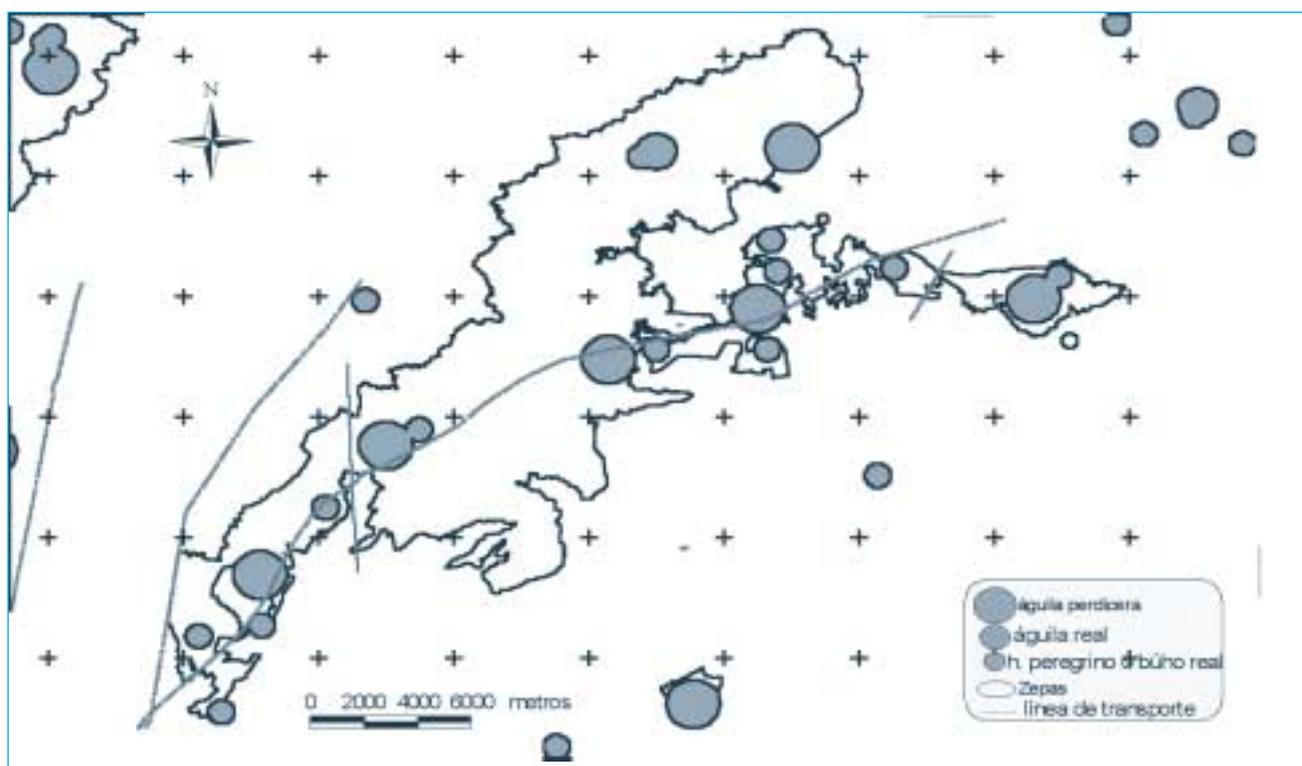


ZEPA Sierra de Almenara, las Moreras y Cabo Cope

La ZEPA “Sierras de Almenara, Moreras y Cabo Cope” se localiza en el suroeste de la Región de Murcia ocupando una superficie de 22.350 ha. La constituyen montañas de altitud moderada y pendiente elevada, clima mediterráneo semiárido y vegetación dominante de matorrales y espartales. Los usos más importantes en la zona son los cultivos tanto de secano como de regadío y la caza menor. La transformación del hábitat mediante la proliferación del regadío y

líneas eléctricas son las principales amenazas para la especie en la zona.

En algunos puntos de la ZEPA las líneas eléctricas de transporte discurren muy próximas a los nidos de águila-azor perdicera, zonas de paso como collados y áreas óptimas para el campeo: laderas, collados amplios y ramblas. La línea de transporte más peligrosa es la que atraviesa la ZEPA de este a oeste en 32,25 km (Mapa 1).



Mapa 1. Líneas de transporte de energía eléctrica que atraviesan la ZEPA Sierras de Almenara, Las Moreras y Cabo Cope. La línea “Litoral-Asomada” recorre la ZEPA de noreste a suroeste. Los territorios de águila-azor perdicera son los círculos grandes.

## 2.2. Evaluación y señalización de las líneas de transporte

Debido a la baja probabilidad de encontrar un cadáver por colisión, la abruptuosidad del terreno y la limitada longitud de línea a señalizar prevista por el proyecto LIFE, no se realizó una búsqueda de puntos negros mediante el recorrido de la línea completa. Además, este método no se considera práctico para águila-azor perdicera (Mañosa & Real 2001).

Se seleccionaron los tramos que atraviesan territorios de la especie en la ZEPA. El criterio que se tomó para delimitar los tramos fue la intersección de la línea eléctrica con el área circular de 1 km de radio que incluye los cortados de nidificación (Mañosa & Real 2001).

La señalización se realizó mediante la instalación de dispositivos tipo salvapájaros consistentes en espirales de plástico color naranja colocados al tresbolillo cada 10 m en los cables de tierra (VVAA. 1993).

## 2.3. Evaluación y corrección de las líneas de distribución

Para la identificación de puntos negros se procedió al recorrido sistemático una sola vez de todas las líneas eléctricas de media tensión existentes dentro de la ZEPA y su periferia dentro de una banda de 500 metros fuera de los límites del espacio protegido. Este criterio fue considerado debido a los siguientes condicionantes: (1) escasa longitud de trazados eléctricos dentro de los límites de la ZEPA; (2) las líneas eléctri-

cas seleccionadas presentaban mayoritariamente una distribución periférica; y (3) éstas zonas son frecuentadas por diversas rapaces en acciones de caza, factor que unido a la elevada presencia de tendidos eléctricos en ellas, convierte a estas áreas de borde en potencialmente peligrosas.

La cartografía de las líneas fue facilitada por Iberdrola. Siguiendo la metodología en Negro 1987 y Mañosa 2001, se anotó durante los recorridos el dise-

ño del apoyo, el tipo de hábitat circundante, restos de actividad de rapaces y el hallazgo de cadáveres tanto en los apoyos como en el recorrido del cableado.

La peligrosidad del apoyo fue estimada teniendo en cuenta los diseños descritos en el "Manual para la valoración de riesgos y soluciones al impacto de las líneas eléctricas sobre la avifauna de espacios protegidos", editado por varias compañías eléctricas (VV.AA. 1993), (Tabla 1).

CÓDIGO DEL APOYO	PELIGROSIDAD	SIMBOLOGÍA
P01, P02, P03 Y CTC	Baja	B
P04, P05, P06, P07 y P16	Alta	A
P08, P09, P10 y P13	Moderada	M
P11, P12, P14, P15 y CTA	Muy Alta	MA

Tabla 1. Valores de peligrosidad de los apoyos según su diseño

Los hábitats encontrados durante la inspección de las líneas fueron inventariados en función del tipo de hábitat dominante alrededor del poste, estableciendo el criterio de un radio de 25 m. En total se encontraron 14 tipos de hábitat: Matorral (MAT), Cultivo Regadío (CR), Cultivo Regadío en Invernadero (CRI), Cultivo Regadío Tomateras (CRT), Cultivo Regadío Limonar (CRL), Cultivo Regadío Naranja (CRN), Cultivo Secano, Cultivo Secano Cereal (CSC), Cultivo

Secano Almendro (CSA), Cultivo Secano Olivar (CSO), Carretera (CAR), Rambla (RAM), Abandonado (ABA) y Urbano (URB).

A los tipos de hábitat se les asoció un grado de utilización por parte del águila-azor perdicera según los resultados preliminares sobre radioseguimiento de adultos de águila-azor perdicera en diversas áreas de Portugal y Cataluña (Real & Tintó, comunicación personal), (Tabla 2).

TIPO DE HÁBITAT	TIPO DE USO	SIMBOLOGÍA
CRI, URB y CAR	Hábitat rehusado	R
CR, CRT y CRL	Poco utilizado	PU
CS, CSA y CSO	Neutro	N
MAT	Seleccionado	S

Tabla 2. Valores de selección de los hábitats por el águila-azor perdicera.

La recolección de cadáveres y egagrópias y otros restos de las rapaces en los apoyos permitió una aproximación a las características de los apoyos y del hábitat utilizados por las rapaces y su potencial peligrosidad, así como la propiedad de dichos apoyos para su posterior corrección.

Para evaluar el impacto de las líneas sobre las aves se ha definido el criterio de peligrosidad, en base a los

modelos teóricos de probabilidad de sufrir accidentes propuestos por Mañosa (2001).

Para el cálculo del nivel de peligrosidad se ha utilizado una tabla de doble entrada combinando diseño del apoyo y hábitat (Tabla 3), en las filas se identificaban los tipos de hábitat y en la columnas el nivel de peligrosidad de los apoyos según el diseño. La combinación de las dos variables da la prioridad de corrección (Tabla 4).

NIVEL DE PELIGROSIDAD	NIVEL DE PELIGROSIDAD			
	Bajo (B)	Moderado (M)	Alta (A)	Muy Alta (MA)
Hábitat Rehusado (R)	Nulo (BR) (6)	Nulo (MR) (6)	Nulo (AR) (6)	Nulo (MAR) (6)
Poco Utilizado (PU)	Nulo (BPU) (6)	Moderado (MPU) (5)	Moderado (APU) (5)	Moderado (MAPU) (5)
Neutro (N)	Nulo (BN) (6)	Moderado (MN) (5)	Moderado/Alto (AN) (4)	Alto (MAN) (3)
Seleccionado (S)	Nulo (BS) (6)	Alto/Urgente (MS) (2)	Urgente (AS) (1)	Urgente (MAS) (1)

Tabla 3. Relación entre el tipo de hábitat y el nivel de peligrosidad de los apoyos.

TIPO DE APOYO + HÁBITAT	PRIORIDAD DE CORRECCIÓN	CÓDIGO VALOR
BR, MR, AR, MAR, BPU, BN y BS	Baja	6
MPU, APU, MAPU y MN	Moderada	5
AN	Moderada/Alta	4
MAN	Alta	3
MS	Alta/Urgente	2
AS y MAS	Urgente	1

Tabla 4. Modelo de tabla de clasificación donde se cruzan los criterios de hábitats y diseño para establecer las categorías de corrección.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Líneas de transporte: evaluación y señalización

Se determinó y señaló un total de 7.249 metros de cable de tierra que intercepta el área de 1 km de radio de los cuatro territorios de cría de águila-azor perdicera afectados. Todo el trayecto pertenece a la línea Litoral-Asomada.

#### 3.2. Líneas de distribución: evaluación y corrección

Se obtuvieron mapas de prioridad de corrección para cada línea recorrida (Figura 1). Las medidas de corrección serán las establecidas para cada tipo de apoyo según VV.AA. 1993 y Fernández y Azkona 2002.



Figura 1. Algunas líneas de la ZEPA con la prioridad de corrección asociada a cada apoyo.

Las correcciones empezarán en otoño 2003 empezando por los tramos con prioridad urgente y urgente/alto según presupuesto, obteniendo el máximo de corrección posible.

### 4. VALORACIÓN DE LAS MEDIDAS Y SEGUIMIENTO

#### 4.1. Línea de transporte

Generalmente, en los estudios para evaluar tanto la mortalidad debido a colisión con líneas eléctricas como la efectividad de las medidas correctoras, se procede al recorrido sistemático bajo los cables en busca de víctimas. Sin embargo, para el águila-azor perdicera, este sistema no se considera práctico (Mañosa & Real 2001). Por tanto, se hace difícil o casi imposible demostrar la eficacia de esta medida en nuestro caso. Sin embargo, se conoce su efectividad para zonas concretas y en variedad de aves por estudios realizados en España, Suecia y Estados Unidos entre otros países. En todos ellos se obtienen resultados similares: la intensidad de vuelo y la frecuencia de colisión disminuyen en un 60% en los vanos señalizados en comparación con esos mismos vanos antes de la señalización (Alonso & Alonso 1999 b).

## 5.2. Líneas de distribución

La evaluación de la efectividad de las medidas correctoras se realizará mediante la repetición del recorrido de las líneas pasado un tiempo después de la corrección. Se buscarán cadáveres o restos de actividad tanto en los apoyos corregidos como en los no corregidos con el fin de encontrar nuevos puntos negros no detectados anteriormente, posibles cadáveres en postes corregidos y comprobar el estado de conservación de las medidas correctoras implantadas.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. A. & Alonso, J. C. 1999 a. Colisión de aves con líneas de transporte de energía eléctrica en España. *Aves y líneas eléctricas*. Quercus.
- Alonso, J. A. & Alonso, J. C. 1999 b. Reducción de la colisión de aves con tendidos eléctricos de transporte mediante la señalización de los cables de tierra. *Aves y líneas eléctricas*. Quercus.
- Bayle, P. 1999. Preventing birds of prey problems at transmission lines in western Europe. *Journal of Raptor Research* 33: 43-48.
- Bevanger, K. 1998. Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity, causes and mitigation measures. *Biological Conservation* 86: 67-76.
- Bevanger, K. & Overskaug, K. 1998. Utility structures as a mortality factor for raptors and owls in Norway. In: Chancellor, R. D., Meyburg, B. U. & Ferrero, J. J. (eds.), *Holarctic Birds of Prey*, pp. 381-392. ADENEX-WWGBP, Calamonte, Spain.
- Bevanger, K. 1999. Estimación de la mortalidad de aves provocada por colisión y electrocución en líneas eléctricas; una revisión de la metodología. *Aves y líneas eléctricas*. Quercus.
- Bevanger, K. & Broseth, H. 2001. Bird collisions with power lines – an experiment with ptarmigan (*Lagopus* spp.). *Biological Conservation* 99: 341-346.
- Fernández, C. & Azkona, P. 2002. *Tendidos eléctricos y Medio Ambiente en Navarra*. Departamento de Medio Ambiente. Gobierno de Navarra.
- Ferrer, M., De la Riva, M. & Castroviejo, J. 1991. Electrocutation of raptors on power lines in southwestern Spain. *Journal of Field Ornithology* 62: 181-190.
- Guzmán, J. & Castaño, J. P. 1998. Electrocutación de rapaces en líneas eléctricas de distribución en Sierra Morena oriental y Campo de Montiel. *Ardeola* 45: 161-169.
- Heath, M., Borggreve, C. & Peet, N. 2000. *European bird populations: Estimates and trends*. Cambridge, UK. BirdLife International (BirdLife Conservation Series nº 10).
- Insausti, J. A. 2003. Tendidos eléctricos y avifauna de Aragón. *Jornadas Nacionales de Líneas Eléctricas y Conservación de Aves en Espacios Naturales Protegidos*. Sierra Espuña, 27-28 de marzo de 2003. Murcia.
- Janss, G. 2003. Aves y tendidos eléctricos: una revisión. *Jornadas Nacionales de Líneas Eléctricas y Conservación de Aves en Espacios Naturales Protegidos*. Sierra Espuña, 27-28 de marzo de 2003. Murcia.
- Lehman, R. N. 2001. Raptor electrocution on power lines: current issues and outlook. *Wildlife Society Bulletin* 29: 804-813.
- Mañosa, S. 2001. Strategies to identify dangerous electricity pylons for birds. *Biodiversity and Conservation* 10: 1-16.
- Mañosa, S. & Real, J. 2001. Potential negative effects of collisions with transmission lines on a Bonelli's Eagle population. *Journal of Raptor Research* 35 (3): 247-252.
- Martínez, J. E. 2003. Impacto de las líneas eléctricas en las poblaciones de aves rapaces del Parque Regional de Sierra Espuña (Murcia). *Jornadas Nacionales de Líneas Eléctricas y Conservación de Aves en Espacios Naturales Protegidos*. Sierra Espuña, 27-28 de marzo de 2003. Murcia.
- Negro, J. J. 1987. Adaptación de los tendidos eléctricos al entorno. *Monografías de Alytes*, nº 1. ADENEX, Badajoz.

Negro, J.J., Ferrer, M., Santos, C. & Regidor, S. 1989. Eficacia de dos métodos para prevenir electrocución de aves en tendidos eléctricos. *Ardeola* 36: 201-206.

Oria, J. 2003. Influencia de los tendidos eléctricos en la fauna amenazada en Castilla-León: el caso del águila imperial. Jornadas Nacionales de Líneas Eléctricas y Conservación de Aves en Espacios Naturales Protegidos. Sierra Espuña, 27-28 de marzo de 2003. Murcia.

Palacios, M.J. 2003. Tendidos eléctricos en Extremadura: actuaciones de conservación y protección de la avifauna. Jornadas Nacionales de Líneas Eléctricas y Conservación de Aves en Espacios Naturales Protegidos. Sierra Espuña, 27-28 de marzo de 2003. Murcia.

Real, J., Grande, J. M., Mañosa, S., Sánchez-Zapata, J. A. 2001. Causes of death in different areas for Bonelli's Eagle *Hieraaetus fasciatus* in Spain. *Bird Study* 48, 221-228.

Real, J. & Mañosa, S. 1997. Demography and Conservation of Western European Bonelli's Eagle *Hieraaetus fasciatus* populations. *Biological Conservation* 79: 59-66.

Sánchez-Zapata, J.A., Martínez, J.E., Sánchez, M.A., Martínez, E. Eguía, S. 1997. Plan de Recuperación del Águila Perdicera en la Región de Murcia. Volúmenes 1 y 2. Consejería de Medioambiente, Agricultura y Agua, Murcia.

Tintó, A. & Real, J. 2003. Aplicación de medidas para mitigar la electrocución del Águila Perdicera en Cataluña. Jornadas Nacionales de Líneas Eléctricas y Conservación de Aves en Espacios Naturales Protegidos. Sierra Espuña, 27-28 de marzo de 2003. Murcia.

VV.AA. 1993. Análisis de impactos de líneas eléctricas sobre la avifauna de espacios naturales protegidos. Manual para la valoración de riesgos y soluciones. Sevillana de Electricidad, Iberdrola y REE. CSIC.



# VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA UTILIZACIÓN DE APOYOS TUBULARES

## BENEFITS AND DRAWBACKS WHEN TUBULAR-FRAME TOWERS ARE USED

**JAVIER ARÉVALO CAMACHO**

Red Eléctrica de España

### RESUMEN

El uso de apoyos tubulares en líneas eléctricas de transporte, en sustitución de los apoyos convencionales de estructura metálica en celosía, se viene realizando con el fin de mejorar la aceptación social de este tipo de proyectos.

De acuerdo con ello su uso se ha extendido, y proliferan las solicitudes por parte de organismos e instituciones para su utilización, en situaciones en las que los condicionantes externos de tipo social o naturalístico requieran de un tratamiento especial.

El principal beneficio aportado por este tipo de apoyos es la reducción del impacto paisajístico, dado que se puede dotar a los mismos de un componente estético reseñable, con un aspecto netamente diferente del de una línea eléctrica convencional.

Sin embargo, si bien su uso presenta una serie de beneficios también presenta algunos inconvenientes reseñables, tanto de tipo técnico como ambiental, que motivan que su utilización no pueda generalizarse. Esta circunstancia es especialmente patente en zonas montañosas y/o boscosas en las que su utilización puede llegar a ser no recomendable.

En la presente comunicación se pasa revista a las características de estos apoyos, sus diseños y tendencias, y se aporta un análisis pormenorizado de las ventajas e inconvenientes, tanto técnicos como ambientales, que su utilización puede suponer.

### ABSTRACT

*Tubular-frame towers are used currently in electricity transmission lines as a replacement for conventional-type towers of metallic latticed structure, as an effort to enhance social acceptance for Projects of this type.*

*For the mentioned reason, they are increasingly erected and requests from agencies and institutions to use them are rather common, when a special approach, due to external reasons of a social or environmental type, is a must.*

*Abatement of the landscape impact is the main benefit derived from towers of this type, since, a noticeable aesthetic element can be built in that makes for a look completely different from that of the conventional electricity transmission line.*

*Still, although a number of benefits are derived from this approach, some technical and environmental drawbacks, worth mentioning, keep it from being commonly used. This is especially evident in hilly and/or forested zones where its use might not even be recommended.*

*This paper reviews these towers specifications, their designs and trends, and encloses a detailed analysis of both the technical and environmental benefits as well as the drawbacks that may arise from their use.*

El uso de apoyos tubulares, en los que el cuerpo de la torre está constituido por un poste único de chapa plegada, hormigón, madera u otro material, en sustitución de los apoyos convencionales de estructura metálica en celosía, es una práctica que se adopta con el fin de reducir el impacto visual y mejorar con ello la aceptación social del proyecto.

Esta circunstancia motiva que por parte de los agentes sociales se solicite su uso en líneas, o tramos de éstas, que afectan a zonas sensibles desde un punto de vista naturalístico o social.

Sin embargo su uso presenta también una serie de inconvenientes ambientales que motivan que su utilización se considere una solución apropiada en ciertos entornos pero inapropiada en otros, por lo que no pueden generalizarse. Esta circunstancia es especialmente patente en zonas montañosas y/o boscosas en las que su utilización puede no ser recomendable.

## 1. DISEÑOS EXISTENTES

Desde hace años diversos fabricantes disponen de familias de apoyos tubulares de simple y doble circuito, que son utilizados ocasionalmente por las compañías eléctricas en situaciones en las que los afectados (organismos ambientales, autoridades locales, organizaciones no gubernamentales, etc.) así lo solicitan.

Sin embargo la baja aceptación social de las líneas de transporte ha hecho pensar a las compañías que son necesarios diseños diferentes de los existentes que permitan la implantación de los nuevos proyectos.

De acuerdo con ello compañías como EDF (fig 1 a 8) o NATIONAL GRID TRANSCO (NGT) (fig 9 a 13) han desarrollado concursos de ideas en los que distintos equipos de diseñadores han presentado soluciones para apoyos tubulares basadas en conceptos estéticos diferentes a los convencionales, para utilizar en función de la situación de la línea.

En esta misma línea otras compañías han desarrollado, en colaboración con expertos, diseños especiales para casos concretos, como por ejemplo los de la alimentación a 220 kV la EXPO 92 en Sevilla realizado por Sevillana de Electricidad (fig 14) en cuya concepción se tuvieron en cuenta aspectos de tipo naviero, o la también a 220 kV para Disney World en Orlando (Florida, USA) (fig. 15) diseñada por Tampa Electric Co., en la que se utilizó una imagen de la propia com-

pañía que sirviera de reclamo publicitario, la línea del cierre del anillo a 400 kV de Madrid utilizada por Red Eléctrica de España (fig 16), la línea a 132 de alimentación a Hirvensalo cerca de Turku (Finlandia) desarrollada por IVS Oy junto con el equipo de A. Nurmesniemi (fig 17) o la línea de alimentación a 132 kV a Cádiz cruzando la Bahía de Sevillana de Electricidad (Fig 18).

## 2. BENEFICIOS

Estos apoyos se utilizan en situaciones en las que los condicionantes externos de tipo social o naturalístico hace necesaria una mejora respecto al uso de apoyos convencionales, que compense el “sobrecoste” que suponen.

El beneficio aportado por los apoyos tubulares es la reducción del impacto paisajístico, dado que se puede dotar a los mismos de un componente estético reseñable, o cuando menos original, con un aspecto netamente diferente del de una línea eléctrica convencional. Además el uso de estos apoyos supone una reducción clara de la superficie ocupada por la base de la torre, y por tanto de los impactos vinculados a ella.

### 2.1.-Reducción del impacto visual

Las dimensiones de los elementos de una línea de 400 kV limitan la adopción de la mayor parte de las medidas de reducción del impacto paisajístico convencionales (utilización de barreras visuales, ocultación, etc.), por lo que la utilización de apoyos tubulares constituye una de las actuaciones que posibilitan reducir el impacto paisajístico, al dotarles de una apariencia distinta que los transforma en un objeto aceptable para los observadores.

En un entorno natural las formas geométricas, regulares, monocromáticas y repetitivas de los apoyos, contrastan con las características visuales de los elementos que constituyen el paisaje. De acuerdo con ello para su integración se debería actuar sobre estas características visuales (forma, color, etc) o dotar a las torres de elementos adicionales que modifiquen su aspecto externo. Así:

a- Modificaciones en la forma. Los apoyos tubulares, como los de hormigón o los de chapa plegada de acero, posibilitan la utilización de formas que se alejan de la fisonomía habitual de un apoyo de celosía de una

línea eléctrica, mejorando la esbeltez y simplicidad de la estructura de éstos, por lo que en general alcanzan un mayor grado de aceptación.

Para casos “normales” se puede recurrir a los apoyos tubulares de los fabricantes, de uso cada vez más extendido en zonas periurbanas, dado que su instalación supone una reducción del impacto global al mejorar la percepción de los observadores potenciales y reducir su rechazo frente a la línea, dado que implican un esfuerzo por parte de la compañía eléctrica para la integración de ésta frente al uso de la solución convencional.

Para los casos en que la utilización de estos apoyos no sea suficiente, se ha recurrido a diseñar otros apoyos con diseños netamente alternativos a las formas normales de las torres, de manera que para el observador no se vincule directamente el objeto percibido con un apoyo de una línea eléctrica.

En todo caso la utilización masiva de este tipo de solución para la integración de las líneas tiene como limitante el propio hecho de que su uso extendido tendría un efecto contrario, por lo que se han de reservar para situaciones especiales o recurrir a diseños particularizados a cada caso concreto.

b- Modificaciones en el color de los apoyos (mimetización). Esta actuación tiene como fin reducir el contraste cromático que supone la presencia del apoyo, de color metálico (acero galvanizado), sobre el entorno, especialmente en líneas recién construidas, lo que provoca un incremento del número de observadores potenciales, dado que por el brillo los apoyos se constituyen en foco de atracción visual, al destacar netamente sobre los tonos ocre y verdes dominantes en los paisajes naturales, modificando claramente las características cromáticas de estos.

La medida consistiría en el pintado de las superficies que constituyen el apoyo de los mismos colores que los fondos frente a los que se dispone, como el verde en terrenos boscosos, por lo que es de fácil aplicación en apoyos tubulares.

Sin embargo esta mimetización de los apoyos esta limitada por la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 18 de Mayo de 1988, que impide el pintado de los apoyos para facilitar su percepción para los aviadores, pilotos de helicópteros y aerolíneas.

Ante la dificultad de obtener permiso de los organismos competentes en materia de gestión de las aeronaves en vuelos a baja cota, se puede recurrir a otras

actuaciones para reducir o al menos paliar este efecto, utilizando pinturas para los apoyos que eliminen su brillo de los apoyos. En este sentido EDF ya ha adoptado un nuevo sistema de pintado de sus apoyos con colores mates frente al galvanizado convencional, que mitigan su capacidad de reflexión de la luz.

c- Colocación en los apoyos de elementos adicionales, que disimulen las formas. De alguna manera es una solución similar a la primera de las apuntadas, se diferencia en que el soporte utilizado es un apoyo normal, al que se le añade, colocando sobre el mismo algún elemento que le proporcione un aspecto diferente.

Como norma general deben permitir las tareas de mantenimiento de la línea, para lo que deberán situarse siempre de tal modo que dejen libres dos caras contiguas del apoyo. Debe tenerse en cuenta además que la colocación de estos elementos adicionales supondrá un incremento de los esfuerzos a los que está sometido el apoyo, en especial respecto a la oposición al viento, por lo que los elementos que se utilicen en su diseño es preferible que estén compuestos por mallas o elementos permeables a éste.

## 2.2.-Ocupación de las propiedades

Como ya se ha mencionado anteriormente un apoyo compacto supone, de manera general, una ocupación de superficie menor que un apoyo de celosía, debido a que necesita una única zapata, lo que supone una reducción del impacto sobre las superficies y propiedades afectadas.

Esta circunstancia sin embargo puede verse modificada en el caso de que el apoyo esté sometido a cargas elevadas, o en el caso de ángulos en los que la zapata única puede llegar a tener unas dimensiones superiores a la suma de las cuatro cimentaciones de un apoyo tubular en las mismas circunstancias.

## 3.-INCONVENIENTES

La adopción de este tipo de apoyos presenta, sin embargo, una serie de inconvenientes desde un punto de vista ambiental, determinado por sus propias características. Así cabe señalar que su implantación presenta una serie de inconvenientes que desaconsejan su uso en zonas muy naturalizadas, con topografía complicada y vegetación arbórea, debido a que su uso

puede suponer un mayor impacto sobre diversos elementos del patrimonio natural.

### 3.1.- Incremento de los impactos por el aumento del número de apoyos

La utilización de este tipo de apoyos presenta un inconveniente claro debido a que el uso de bases con una sola cimentación supone una peor respuesta a los esfuerzos transversales, ya que el reparto de cargas es mucho más desfavorable que en las torres de celosía, lo que condiciona severamente la longitud del vano máximo utilizable entre dos apoyos consecutivos.

Esta circunstancia es generalizable a la mayor parte de los diseños mostrados en las figuras adjuntas, ya que excepto los modelos de dos o más patas los demás tienen una respuesta claramente peor que una torre de celosía convencional.

Como ejemplo cabe mencionar que en la línea de RED ELECTRICA de la figura 17, esta distancia se redujo prácticamente a la mitad en muchos tramos, lo que supone utilizar el doble de apoyos para la misma longitud de línea.

Esto supone un incremento del conjunto de impactos vinculados a la ocupación del suelo (afección a las propiedades, impactos sobre el suelo y la vegetación, etc.)

### 3.2.- Necesidad de accesos de mayores dimensiones

Las labores de transporte, montaje e izado de los apoyos tubulares precisan de unas superficies muy superiores a las necesarias en torres de celosía, dadas las dimensiones de los elementos que constituyen el cuerpo de la torre.

En el caso de los apoyos tubulares al necesitar desplazar, hasta la base del apoyo, unos elementos de hasta quince metros de longitud, son precisos accesos mucho mayores que los habituales, en especial en el trazado de las curvas, dado que han de permitir el paso de vehículos pesados, con una caja rígida de grandes dimensiones, lo que implica el uso de góndolas o camiones pesados, cuya limitada maniobrabilidad obliga a ampliar sensiblemente la pista de rodadura, reducir las pendientes máximas y condiciona los radios de las curvas notablemente.

Esto implica mayores movimientos de tierras y efectos sobre la vegetación natural o los cultivos, efectos que aumentan notablemente con la topografía y la

presencia de bosques o formaciones vegetales de interés, especies protegidas, etc.

### 3.3.- Necesidad de mayor plataforma para el izado

La utilización de este tipo de apoyo posee una limitación importante derivada del hecho de que las dimensiones de sus elementos constituyentes exceden en algunos casos los catorce metros de longitud y la quincena de toneladas, lo que hace inviable realizar el montaje e izado simultáneamente, debiendo montar el apoyo sobre el terreno y acometer su izado posteriormente mediante el empleo de grúas pesadas.

De acuerdo con ello se precisa disponer de una superficie amplia y prácticamente llana en el entorno de la base de la torre, en la que realizar el montaje al menos del cuerpo de la torre en el suelo, utilizando unos gatos de gran tamaño para su ensamblaje.

Para el izado se precisa a su vez de una explanada claramente limpia de obstáculos y de dimensiones suficientes para disponer la torre montada sobre el terreno y permitir la presencia y desplazamientos de al menos dos grúas de grandes dimensiones.

En el caso de no disponerse de una superficie de estas características se deberán acometer los movimientos de tierra precisos para explanar la superficie necesaria, lo que implica inevitablemente un incremento de los impactos sobre el suelo, la vegetación, la fauna, las propiedades y el paisaje.

De acuerdo con ello la utilización de estos apoyos estará limitada en zonas de monte, en las que los impactos sobre el conjunto de elementos del medio serían muy superiores a los que implicaría la utilización de apoyos de celosía, izándolos con pluma.

## 4.-CONCLUSIONES

La utilización de apoyos tubulares permite reducir el impacto visual, en zonas con presencia de otras líneas y/o con baja aceptación social, dado que permite una mejor integración en el paisaje y además "vender" la idea de que se han adoptado mayores medidas para paliar el impacto visual y social.

La principal ventaja que presentan estos apoyos se centra básicamente en sus posibilidades de diseño, que permite concepciones de características estéticas muy diferentes a las de las líneas eléctricas convencionales,

lo que puede suponer una capacidad de integración superior a la que presentan éstas, o hasta la posibilidad de constituir un elemento singular del paisaje, al dotarle de unos valores estéticos reseñables. Como ejemplo de este caso cabe señalar las torres de la línea de alimentación a la ciudad de Cádiz, declaradas hace más de una década Bien de Interés Cultural (BIC) por el Ministerio de Cultura por sus valores estéticos.

Esta característica es la que valida el uso de este tipo de apoyo, que puede ser muy indicado en circunstancias especiales, o en medios humanizados, en particular en zonas periurbanas, dadas las posibilidades de reducir el impacto debido a la construcción, y el alto valor del suelo afectado.

Sin embargo este beneficio no implica necesariamente que su uso pueda extenderse a cualquier situación o zona, ya que en las zonas naturales los inconvenientes pueden ser superiores a las ventajas.

Así el hecho de poseer un único pie, o dos próximos, permite que la ocupación del suelo sea menor; reduciendo los impactos sobre la propiedad afectada, sin embargo, dada su menor capacidad para aguantar esfuerzos transversales será preciso un número superior de apoyos y además que para la construcción las superficies afectadas por los accesos y explanadas de trabajo sean muy superiores, todo lo cual puede suponer, en función del valor de las zonas cruzadas, que algunos impactos se vean incrementados notablemente.

Esta situación provoca que este tipo de apoyos sean muy difícilmente utilizables en zonas naturalizadas y en especial cuando hay pendientes acusadas, estando su uso restringido en principio a zonas antropizadas, o con buena accesibilidad, siendo particularmente idóneos en zonas periurbanas en las que el rechazo social es máximo.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

Arévalo J. y Roig J. "Incidencia paisajística de las líneas eléctricas de transporte". Revista Tecnoambiente nº10 año 3º. Octubre 1992 pgs 23-31.

Arévalo J. "Methodes pour une integration optimale ds grands ouvrages électriques dans le paysage". Comunicaciones del I CONGRES SUR LIGNES ELECTRIQUES ET ENVIRONEMENT. Institut Europeen D'Ecologie.

Clark M. "Innovate overhead line tower concepts for National Grid Company" JORNADA SOBRE NUEVAS TÉCNICAS Y MATERIALES UTILIZADOS EN EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS. CIGRE. Madrid 12 junio de 2003.

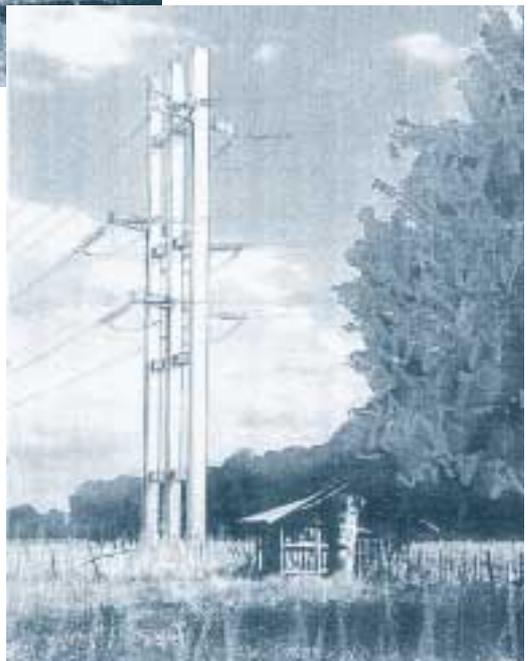
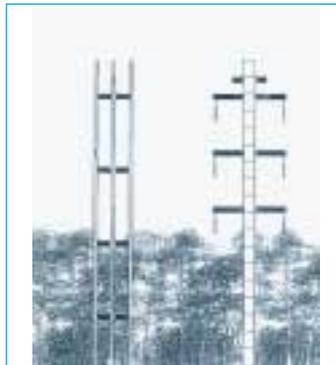
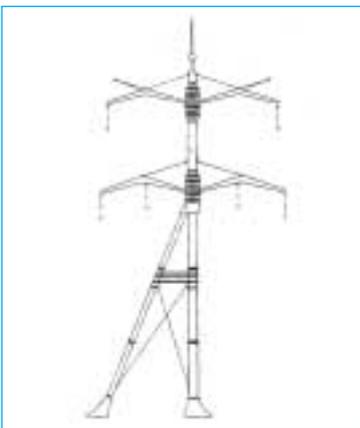
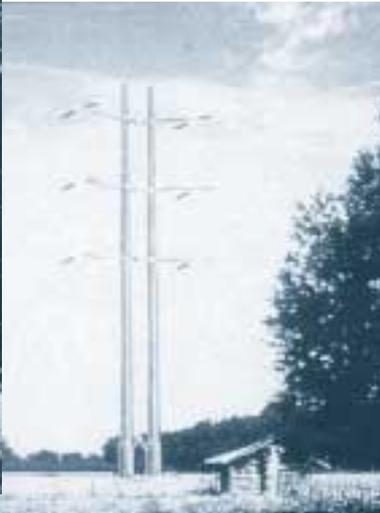
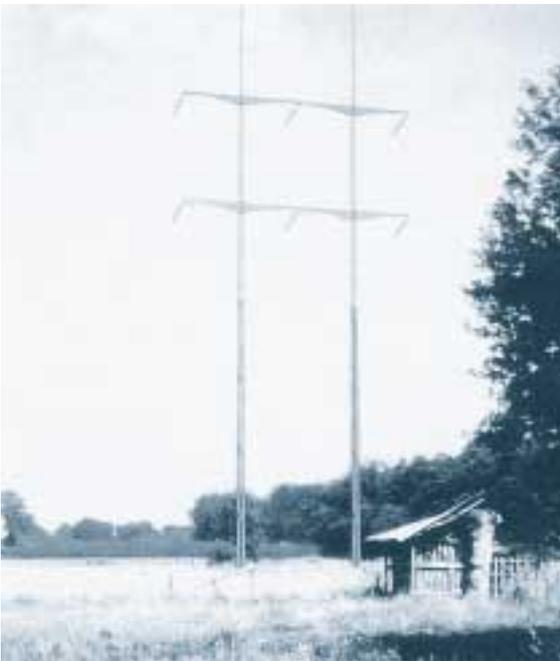
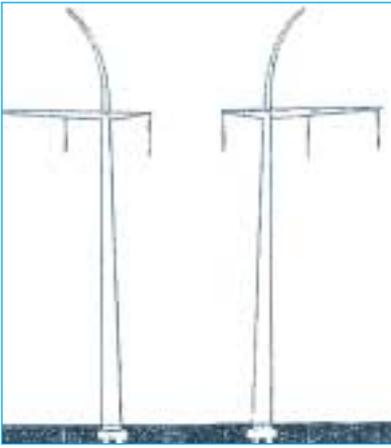
EDF "Palette des solutions techniques des lignes aeriennes haute tension"

García Ramirez R. y Martinez Gonzalez A. "Diseño de apoyos para las líneas a 220 kV de alimentación a la EXPO'92". I JORNADAS SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y MEDIO AMBIENTE. RED ELECTRICA DE ESPAÑA. Madrid 25 y 26 de Mayo 1994, pgs. 245 a 248.

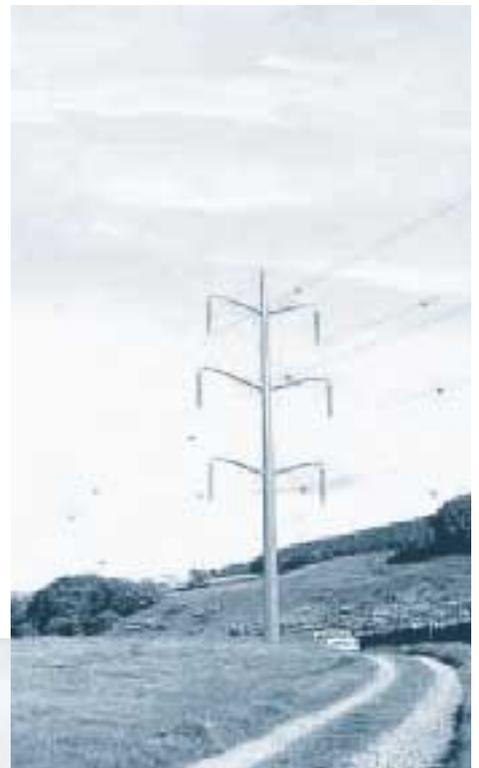
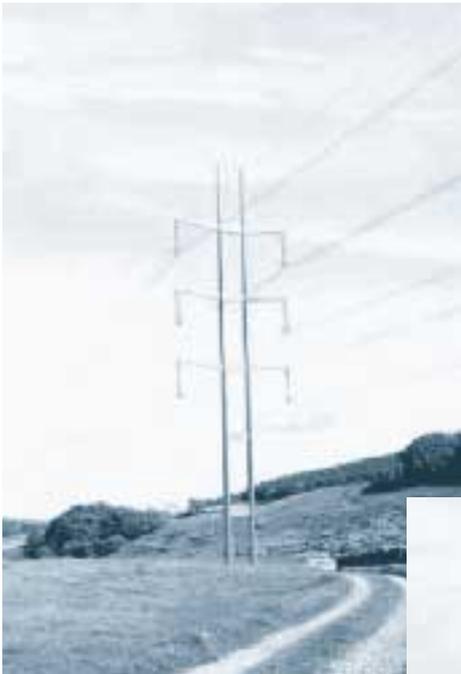
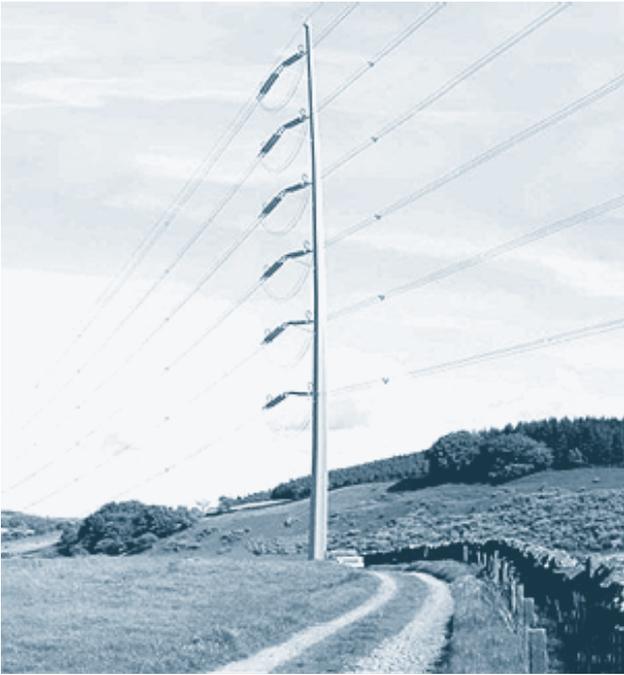
Lopez Suero A. "Líneas Compactas" ". I JORNADAS SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y MEDIO AMBIENTE. RED ELECTRICA DE ESPAÑA. Madrid 25 y 26 de Mayo 1994, pgs. 249 a 258

Nurmesniemi A. y Voimansiirto I. "Transmisión Technology and art design towers are a parto f the man-made landscape" ". II JORNADAS SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y MEDIO AMBIENTE. RED ELECTRICA DE ESPAÑA. Madrid 22 y 23 de Mayo 1996, pgs. 297 a 300.

Rambert F Mialet F. "Very High-Tension pylons. An innovate spark" Revista D'Architectures nº54. abril 1995.



Figuras 1 a 8 Diseños resultantes del Concurso de Ideas desarrollado por EDF.



*Figuras 9 a 13 Diseños resultantes del Concurso de Ideas desarrollado por NGT.*

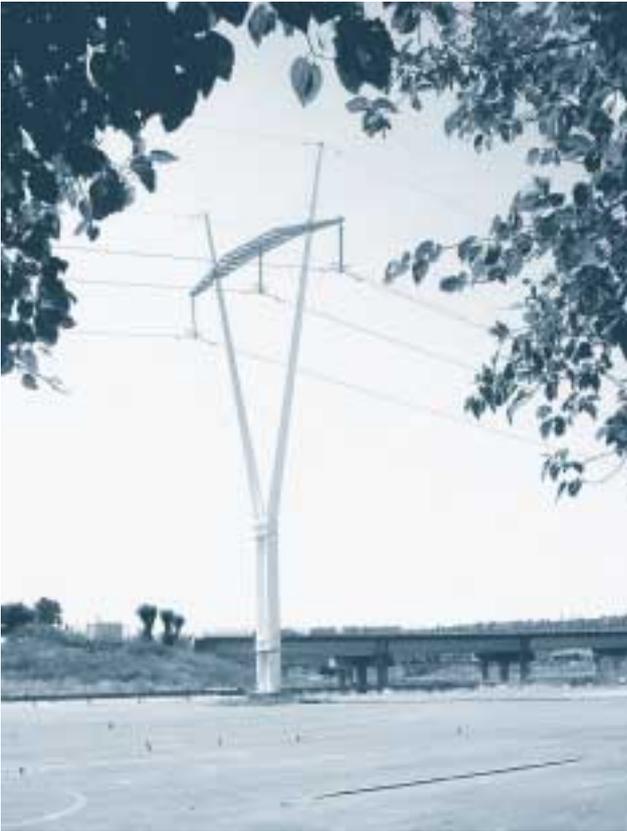


Figura 14. Alimentación a la EXPO'92 (Sevillana de Electricidad).

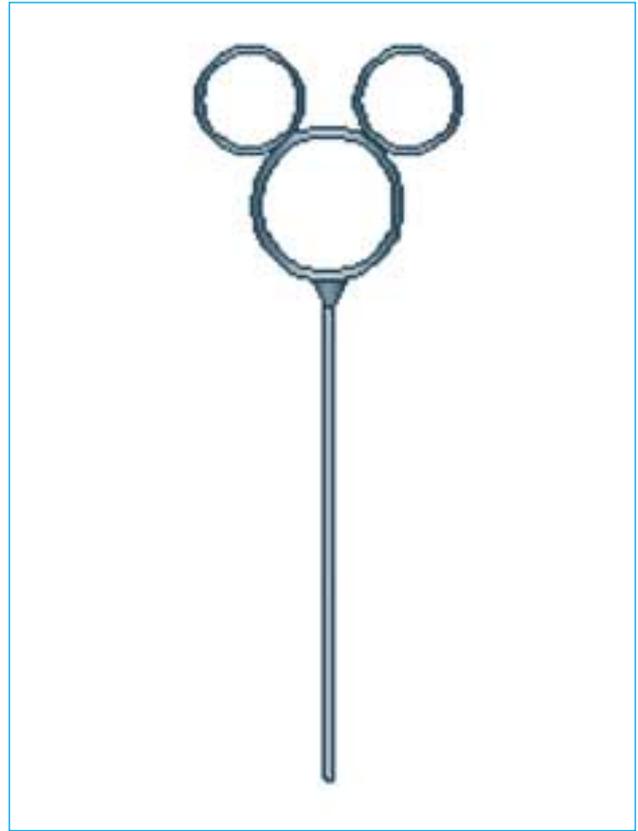


Figura 15. Alimentación a Disney World (Tampa Electric Co).



Figura 16. Cierre del anillo de Madrid a 400 kV (Red Eléctrica de España).



Figura 17. Alimentación a Cádiz a 132 kV (Sevillana de Electricidad).



Figura 18. Alimentación a Hirvensalo (Finlandia) (IVS).

# CRITERIOS DE CARÁCTER TÉCNICO, MEDIOAMBIENTAL, ECONÓMICO Y SOCIAL A CONSIDERAR EN LA PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE LA RED DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA (RDT-EE)

## *TECHNICAL, ENVIRONMENTAL, FINANCIAL AND SOCIAL CRITERIA AFFECTING THE PLANNING AND DEVELOPMENT OF THE ELECTRICITY TRANSMISSION GRID*

---

**JOSÉ MIGUEL CORTÉS LÓPEZ**

Consejería de Industria de la Generalitat Valenciana

### RESUMEN

En el penúltimo Plan Energético Nacional aprobado, el PEN 1983-1992, se señalaba que "...el crecimiento de la RdT-EE se presenta de forma discontinua localmente (nuevas centrales o industria de consumo)... el tiempo necesario para la implantación de líneas de transporte es inferior al de los medios de producción...". La experiencia acumulada desde entonces indica que hoy los tiempos se han invertido debido, por un lado, a los cambios tecnológicos y las economías de escala que han revolucionado el subsector de la generación eléctrica, y de otro, al rechazo social que en general presentan las infraestructuras lineales, y en particular las líneas eléctricas aéreas de mayor envergadura física ( $U \geq 220$  kV, RdT-EE).

La dificultad de desarrollo de este tipo de instalaciones puede suponer a corto-medio plazo el "cuello de botella" del sector, dado su carácter vertebrador del Estado, además de impedir la integración efectiva del Mercado Ibérico dentro del Mercado Interior de la Electricidad perseguido por la Directiva 96/92/CE que dio inicio al proceso liberalizador. De hecho recientemente hemos asistido a episodios de falta de suministro en ciertas zonas cuyas causas han tenido que ver con limitaciones en la capacidad de las redes de transporte y distribución solapadas con restricciones de producción por avería o mantenimiento de grupos. Motivada por este escenario, y con objeto de encontrar, dentro del llamado desarrollo sostenible, solucio-

nes conciliadoras a los factores e intereses enfrentados, en la comunicación que se propone se analizarán las ventajas e inconvenientes de diferentes criterios y técnicas que pueden considerarse en la planificación y desarrollo de la RdT-EE, tales como:

- El “Upgrading”.
- El “Uprating”.
- El diseño de nuevos corredores y aprovechamiento de los existentes a partir de parámetros como la eficacia del apoyo, la minimización de CEM, etc.
- La eficiencia energética del transporte.
- La tasa de fallos de los elementos.
- El mallado de la red y la generación distribuida.
- Etc.

Algunas de las cuales están siendo empleadas en zonas donde la implantación de esta red presenta dificultad, caso de las conexiones intracomunitarias con Francia a través de los Pirineos.

## ABSTRACT

*The last but one Spanish Energy Plan (PEN 1983-1992) stated that “growth of the grid is locally discontinuous (new power stations or industrial consumption) . . . the time needed to install power lines is less than that required for the means of generation...” Experience since then has shown that the situation has been reversed. On one hand technology and economies of scale have revolutionised the electricity generation subsector and on the other, lineal infrastructure generally faces social rejection. The latter applies especially to high-voltage overhead power lines ( $U \geq 220$  kV and the Spanish grid).*

*The difficulties in carrying out this type of project can lead to a sector bottleneck in the short to medium term due to its perception as a “backbone” of the State. The difficulties also impede effective integration of the Iberian market with the European electricity market. This was the goal of Directive 96/92/EC (which ushered in the deregulation process). In fact there have been recent outages in some areas for reasons connected with insufficient capacity of transmission and distribution networks coinciding with generation restrictions due to breakdowns or equipment overhauls.*

*For this reason efforts have been made to find compromise solutions for the conflicting factors and interests, within the scope of sustainable development. This paper examines the advantages and problems of the different criteria and techniques that might be considered in planning and development of the grid. They include:*

- *Upgrading.*
- *Uprating.*
- *The design of new corridors and use of existing corridors based on factors such as the effectiveness of supports, minimisation of CEM, etc.*
- *Transmission losses.*
- *The failure rate of components.*
- *The degree of interconnection of the grid and distributed generation.*
- *etc.*

*Some of these techniques are already being used in areas where implementation of the pan-European network is running into difficulties – as in the case of connections with France over the Pyrennes.*

## I.-LA RED DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA (RdT-EE)

Dos son los motivos que han influido en el predominante papel de la electricidad en el mundo actual, y en la presencia de las redes de transporte en nuestro entorno. Por un lado, el siglo pasado se ha caracterizado por una progresiva industrialización y tecnificación de la sociedad mundial, lo que provocado un crecimiento espectacular del consumo de energía; y de otra parte, la mayoría de la población y la industria se concentra en pocos puntos, muchas veces alejados de los lugares donde están los recursos energéticos. Estas dos circunstancias<sup>2</sup> motivaron la necesidad de disponer de algún medio para transportar energía, y la electricidad juega ese papel de energía en tránsito<sup>3</sup> por las diversas ventajas que ofrece:

- Facilidad de transporte en gran cantidad con un rendimiento altísimo y sencilla adecuación de los niveles de tensión e intensidad según se desee.
- Facilidad de divisibilidad o fraccionamiento en la cantidad que se requiera.
- Posibilidad de conversión desde o a casi todos los tipos de energía con buenos rendimientos.
- Es no contaminante en su uso final (no en la producción) desde una perspectiva clásica, en la cual se desprecian las emisiones electromagnéticas.
- Disponibilidad casi instantánea en el punto en que se requiera, ya que al tratarse de una onda electromagnética guiada por los conductores se propaga a 300.000 km/s.

Uno de los pocos inconvenientes que presenta esta forma de energía es que no se puede almacenar<sup>4</sup> en grandes cantidades, lo que hace que sea necesario mantener un equilibrio instantáneo y permanente entre generación y consumo.

La RdT-EE es una infraestructura formada por líneas y subestaciones (nodos) que enlaza los recursos energéticos primarios y los centros de consumo, reparte la energía por todo el territorio de forma segura minimizando las pérdidas y garantiza el suministro a toda la población, aún en el caso de averías de algunos de sus elementos. Para que este proceso sea eficiente es necesario realizar el transporte en alta tensión<sup>5</sup> a través de una red que, por motivos tecnológicos y económicos, es básicamente aérea<sup>6</sup> y trifásica<sup>7</sup>. Según la normativa<sup>8</sup>, en España la RdT-EE está constituida básicamente por:

- Las líneas de tensión igual o superior a 220 kV.
- Las líneas de interconexión internacionales, independientemente de su tensión.
- Los parques<sup>9</sup> de tensión igual o superior a 220 kV.
- Los transformadores 400/220 kV.
- Cualquier elemento de control de potencia activa o reactiva conectado a las redes de 220 y 400 kV y aquellos que estén conectados en terciarios de los trafos de la RdT-EE.
- Las interconexiones entre el sistema peninsular y los sistemas insulares y extrapeninsulares y las conexiones interinsulares.

En realidad, y para los fines de la presente comunicación, no importa tanto el concepto jurídico-técnico de lo que es la RdT-EE, sino que sus instalaciones son de gran envergadura física, por lo que las ideas expuestas son aplicables a las redes de distribución, especialmente en los escalones de tensión más altos.

Funcionalmente la RdT-EE está constituida por las grandes infraestructuras que permiten vertebrar el sistema eléctrico nacional<sup>10</sup>, lo que ha motivado que, a pesar del dominio de las teorías liberales en la actividad económica, el artículo 4 de la vigente norma legal reguladora de la actividad eléctrica, la Ley 54/1997

<sup>2</sup>Aunque la segunda está cambiando por diversas razones, la principal es que el tamaño óptimo de las plantas de generación ha disminuido notablemente, lo que permite que exista más competencia y más facilidad de instalar centrales cercanas a los puntos de consumo. Es lo que se denomina generación distribuida, su futuro puede determinar el de la RdT-EE.

<sup>3</sup>La electricidad no es casi nunca una fuente energética primaria ni tampoco una energía final.

<sup>4</sup>Para almacenar excedentes hay que pasar a otra forma de energía (centrales de bombeo, baterías, etc.) con la consiguiente merma de rendimiento y el alto coste de este tipo de instalaciones. Actualmente, el almacenamiento directo de la energía en forma eléctrica todavía está en fase de desarrollo experimental (bobinas superconductoras, etc.), y de llevarse a cabo algún avance que permitiese su implantación comercial el mercado eléctrico podría sufrir una importante revolución.

<sup>5</sup>Elevar la tensión sólo es posible con tensiones variables en el tiempo, como las alternas (senoidales), puesto que la variación temporal del flujo magnético es condición imprescindible para que funcionen los transformadores.

<sup>6</sup>Aprovechando el aire como el aislante más económico. Si bien las distancias necesarias guardar entre las fases y éstas y el terreno son elevadas, lo que supone un uso del suelo muy importante.

<sup>7</sup>El uso de las corrientes trifásicas es debido, entre otras razones, en las ventajas del motor de inducción (de campo magnético giratorio) como elemento motriz sencillo, robusto y de alto rendimiento para la generación de energía eléctrica.

<sup>8</sup>Véase el Real Decreto 1955/2000 (Ref. [3]).

<sup>9</sup>Curiosamente este concepto no está definido en la ITC MIE-RAT 01 del Real Decreto 3275/1982, (Ref. [4]) lo que puede constituir una cierta ambigüedad a la hora de definir la RdT-EE. En la literatura técnica el parque lo constituyen las barras de la subestación y las posiciones con su apartamiento.

(Ref. [5]), haya optado porque éstas sean las únicas instalaciones cuya construcción está sometida a la planificación del Estado, la cual se convierte en vinculante para los sujetos que actúan en este mercado. Esta decisión del legislador de impedir que el desarrollo de la RdT-EE se haga independientemente por cada empresa del sector<sup>11</sup> también se debe a que esta red presenta características de monopolio natural.

Planificar significa anticiparse al futuro desde el presente y con base en el pasado al objeto de dar respuesta a las siguientes preguntas básicas: ¿Qué hacer? ¿Cómo se debe hacer? ¿Quién lo ha de hacer? y ¿Cuándo se ha de hacer?

## 2.-CRITERIOS GENERALES DE CARÁCTER TÉCNICO, ECONÓMICO, MEDIOAMBIENTAL Y SOCIAL A CONSIDERAR EN LA PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE LA RDT-EE

De acuerdo con la Exposición de Motivos de la Ley 54/1997 (Ref. [5]), sus objetivos, con carácter general, son tres<sup>12</sup>:

- Garantía de suministro a todos los consumidores.
- Calidad de servicio, cumpliendo unos mínimos reglamentarios.
- Minimización del coste global necesario para prestar el suministro.

En el caso particular de la RdT-EE, y bajo esas tres máximas emanadas de la ley, se establecen reglamentariamente (Ref. [3]) los siguientes principios generales orientadores de la planificación y desarrollo de las instalaciones de transporte:

1. Las futuras configuraciones de la red deben cumplir y ser coherentes con los requisitos de seguridad, fiabilidad y resto de criterios técnicos establecidos en los procedimientos de operación del sistema.

2. Se han de integrar en el proceso planificador criterios medioambientales y territoriales de forma que se procure la minimización del impacto global.

3. Las nuevas inversiones deben justificarse atendiendo a criterios económicos en base a los beneficios derivados de una eficiente gestión del sistema resul-

tante de:

- La reducción de las pérdidas de transporte.
- La eliminación de restricciones técnicas que pudieran generar un coste global más elevado de la energía suministrada.
- La incorporación eficiente al sistema de nuevos generadores.
- La operación más segura del sistema de forma que se minimice la energía no servida (coste evitado).

A continuación se analizarán y valorarán las diferentes estrategias generales que se pueden considerar en la planificación y desarrollo de la RdT-EE para dar conseguir los objetivos citados en el mayor grado posible.

### 2.1.-¿Hacer nuevas instalaciones o reforzar las existentes?

Ésta es la primera cuestión que se debe plantear el planificador. Hay que tener en cuenta que la red eléctrica está ya muy desarrollada<sup>13</sup>, por tanto para optimizarla hay que considerar primero la red existente. Por refuerzo se entiende toda modificación de las instalaciones actualmente en funcionamiento para aumentar la potencia transportada. El planteamiento de reforzar es muy interesante cuando los plazos de construcción de nuevas instalaciones, especialmente en el caso de líneas eléctricas, son inviables frente al crecimiento del consumo.

En comparación con la construcción de nuevas líneas, las actuaciones de refuerzo son de menor envergadura, tanto desde el punto de vista económico como temporal, por su menor dificultad de ejecución. Ello permite su ejecución cuando surge la necesidad: alto crecimiento de la demanda o evacuación de nueva generación eléctrica.

La mayor limitación para la ejecución física de los refuerzos es la posibilidad de poder realizar el oportuno descargo, lo que no suele ser sencillo a muy corto plazo. Así el Procedimiento de Operación 3.4 “Programación del mantenimiento de la red de transporte” (Ref. [7]) establece que el Operador del Sistema (OS) elaborará antes del 15 de diciembre de cada año el plan anual de descargos de las instalacio-

<sup>10</sup>De hecho la autorización de estas instalaciones suele ser competencia de la Administración General del Estado, pues sirven a más de una Comunidad Autónoma, incluso aunque territorialmente estén ubicadas íntegramente en el territorio de una sola de ellas. Se trata con ello de dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 149.1.22º de la Constitución Española (Ref. [6]).

<sup>11</sup>Aunque con una participación activa de éstas en el proceso planificador.

<sup>12</sup>Estos tres objetivos son contrapuestos, por lo que habrá que buscar siempre soluciones de compromiso, y por tanto, debe existir un punto óptimo. También ello justifica la necesidad de planificar y regular el sector.

<sup>13</sup>Las primeras redes de alta tensión se instalaron hace más de un siglo.

nes, considerando el criterio de minimización del impacto económico que las restricciones técnicas pudieran originar sobre el mercado de producción.

Por consiguiente, el refuerzo se aplica fundamentalmente en territorios que ofrecen considerable resistencia a la implantación de nuevas líneas, con alta densidad demográfica, y por tanto concentración de la demanda, o con elevada densidad de generación eléctrica. Un ejemplo claro son las zonas costeras, industriales o turísticas.

Básicamente existen dos alternativas para el refuerzo de las instalaciones eléctricas:

– “Upgrading”: transformarlas para que funcionen a una tensión mayor:

– “Uprating”: transformarlas para que tengan mayor capacidad de transporte.

### 2.1.1-El “Upgrading”

El aumento de la tensión de servicio es una medida “clásica” que posibilita transportar más potencia a mayor distancia con un rendimiento energético aceptable, gracias a los transformadores. Es, sin embargo, menos frecuente recurrir a ella cuando la instalación ya existe, a pesar de su utilidad en algunas circunstancias.

La primera línea de transporte a gran distancia en corriente alterna trifásica, entre Francfort y Lauffen (separadas 175 km), data del año 1891 y su tensión era de 1.500 V; y actualmente en algunos países como Rusia la tensión llega a ser de 1.200 kV. En España, y en Europa occidental, los niveles más altos son 400 kV.

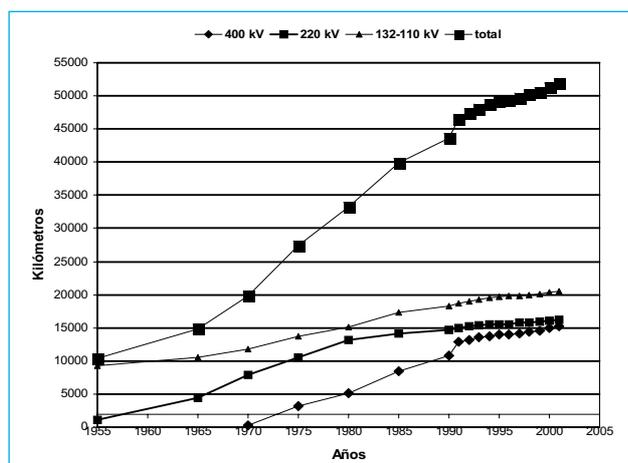


Figura 1. Evolución de la longitud de los circuitos de la red española de transporte de energía eléctrica (Ref. [9]).

<sup>14</sup>Con el fin de evitar posibles incendios por la producción de arcos eléctricos provocados por la proximidad entre los conductores de la línea y las puntas de las hojas de las copas de los árboles, caídas de rayos, cortocircuitos, caídas de una o más fases sobre el árbol u hojarasca, etc. es preciso el mantenimiento de una tala continua que asegure este pasillo de seguridad.

En la Figura 1 puede verse la evolución de la red española en muy alta tensión. En ella se observa que hasta el año 1965 no existía en España la tensión de 400 kV, año a partir del cual se observa un rápido crecimiento del número de kilómetros de circuitos.

Elevar la tensión:

- Mejora el rendimiento de la línea y con ello el factor económico y ecológico que supone aprovechar mejor el combustible de la central que la alimenta. Además la línea se calienta menos y las posibles averías por esta causa son menos probables.

- Disminuye la sección de los cables, y con ello, se ahorra en su coste, en los gastos en apoyos, en transporte de material, en facilidad de montaje, etc.

Además, elevar la tensión tiene otro efecto positivo: evita la construcción de nuevas líneas.

El paso de una línea da lugar a una ocupación directa de unos terrenos, así como a la inutilización indirecta de otros espacios por estar incluidos dentro de las distancias de seguridad descritas en el artículo 25 (“Separación de conductores: entre sí y al terreno y a los apoyos”) y en el Capítulo VII (“Distancias de los conductores de la línea a otros elementos que no forman parte de ella”, como árboles<sup>14</sup>, otras líneas, edificaciones, etc.), del vigente Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (Ref. [10]).

Estas prescripciones legales originan la necesidad de crear una trocha o servidumbre de paso que en ocasiones puede precisar la tala de árboles de importante valor ecológico, así como la degradación indirecta ocasionada por la circulación de maquinaria pesada. El movimiento de terrenos también puede originar impactos puntuales sobre las aguas y la atmósfera. A igualdad de potencia a transportar, al elevar la tensión el número de líneas necesario es inverso al cuadrado de la tensión, y por tanto, la servidumbre se reduce muy considerablemente.

En la Figura 2 puede apreciarse claramente que para transportar 2.400 MW se precisan cuatro líneas a 400 kV con 160 metros de ancho de trocha, mientras que para transportar esa misma potencia a 800 kV sólo se precisa abrir un pasillo de 46 metros.

Sin embargo, también hay que decir que elevar la tensión no es la panacea puesto que:

- Los generadores actuales no pueden ofrecer ten-

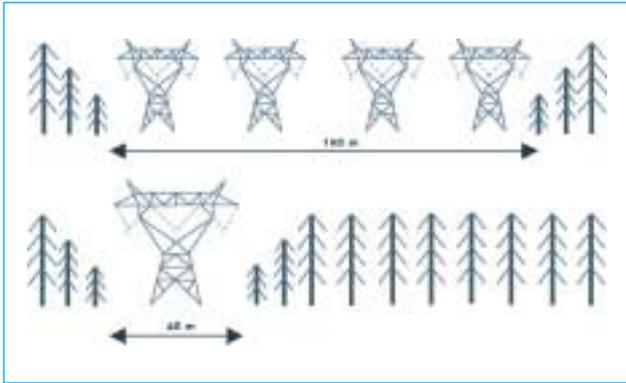


Figura 2. Trocha para transportar 2.400 MW a 400 kV (arriba) y a 800 kV (abajo) (Ref.[8]).

siones superiores a 30 kV, por ello se debe instalar un transformador elevador al principio de la línea, cuyo coste aumenta proporcionalmente con el nivel de tensión, y un trafo reductor al final para adecuar el nivel de tensión a los que requiere una instalación de baja tensión.

- El nivel de campo eléctrico generado por la línea aumenta en función de la tensión, aunque son apantallados fácilmente por Efecto Faraday (por ejemplo, dentro de una casa es prácticamente nulo); además, en objetos metálicos cercanos a la línea pueden inducirse tensiones eléctricas respecto a tierra u otros objetos que den lugar a corrientes de contacto elevadas. Sin embargo, disminuye el nivel de campo magnético, ya que disminuye la intensidad de corriente transportada.

La elevación de la tensión implica que los aisladores de la línea deben ser mayores y las distancias de seguridad fijadas por el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (Ref. [10]) también deben aumentar, lo que implica apoyos más altos y anchos, aumentando el impacto estético y la servidumbre de paso. Asimismo, como los dieléctricos no son perfectos, las pérdidas de potencia activa por efecto corona<sup>15</sup> y por transferencia a las capacidades transversales ascienden (ángulo de pérdidas), y para minimizar las primeras, se debe acudir a elementos que reduzcan el efecto corona.

A pesar de estos inconvenientes, las ventajas antes mencionadas las superan con creces, de ahí la conveniencia de elevar las tensiones.

### 2.1.2.-El "Uprating"

En un principio los conductores eran principalmente

de cobre. Posteriormente se reemplazaron por conductores de aluminio en las líneas aéreas debido a su menor coste y ligereza para un mismo valor de resistencia. Además, el conductor de aluminio equivalente en resistencia eléctrica al de cobre tiene mayor diámetro, lo que significa que hay un menor gradiente del potencial (campo eléctrico) en la superficie del conductor y con ello una menor tendencia a la ionización del aire (efecto corona) por lo que se reducen las pérdidas por este fenómeno.

El "Uprating" consiste en elevar la capacidad de transporte modificando el conductor. Para ello hay dos posibilidades, no excluyentes:

- Emplear conductores de materiales que soporten mayores temperaturas, se dilaten menos (flechas menores; como el cobre) y tengan resistividades más bajas (como el cobre) lo que da menos pérdidas. Pero los conductores de "alta temperatura" son bastante caros; además hay que considerar la variación del peso respecto al conductor al que sustituye por si es preciso realizar alguna modificación de refuerzo en los apoyos. El impacto medioambiental es el mismo, o incluso positivo, pues se transporta más potencia con menos líneas.

- Emplear fases con conductores en haz (dúplex, triplex, cuádruplex, etc.) procurando mantener el peso, pues en caso opuesto los apoyos deben estar preparados para soportar mayores cargas mecánicas. La ventaja principal que se consigue es que la capacidad térmica de la línea aumenta.

No parece necesario realizar valoraciones cuantitativas para comprender las ventajas del refuerzo (tanto el "Upgrading" como el "Uprating") frente a la nueva construcción de instalaciones eléctricas. Como se evita la construcción de nuevas instalaciones, el coste social es menor; ya que por un lado el impacto ambiental es similar y el suelo ocupado también, y esto último es muy importante para los particulares afectados pues con la entrada en vigor el 16 de enero de 2001 del Real Decreto 1955/2000 (Ref. [3]), se prohíbe<sup>16</sup>, en líneas eléctricas aéreas, la construcción de edificios e instalaciones industriales en la franja definida por la proyección sobre el terreno de los conductores extremos en las condiciones más desfavorables, incrementadas con las distancias reglamentarias a ambos lados de dicha proyección.

<sup>15</sup>El efecto corona genera los siguientes impactos ambientales: formación de ozono (O3) y óxidos de nitrógeno (NO, NO2 y N2O), la formación de iones y la emisión de ruido audible e interferencias en la banda de las radiofrecuencias.

<sup>16</sup>Véase el artículo 162.

En definitiva, y como conclusión, cabe señalar que cuando se dispone de un pasillo eléctrico ocupado por una línea saturada, y no es factible la apertura de un nuevo corredor, se impone aprovechar al máximo el pasillo existente introduciendo los cambios necesarios para aumentar la capacidad eléctrica del mismo, y por lo tanto, siempre que sea posible se deben repotenciar las instalaciones existentes.

## 2.2.-Diseño de nuevos corredores y aprovechamiento de los existentes

Otros criterios, complementarios de los anteriores y por tanto no excluyentes, que se pueden tener en cuenta tanto para optimizar los pasillos eléctricos ya abiertos como los que se puedan hacer en el futuro son los tendentes a maximizar el uso de los corredores existentes.

El uso de líneas multicircuitos (circuito doble, triple, etc.) no evita los daños que crean las líneas, pero permite no aumentarlos según sea preciso construir más líneas. Este sistema ha sido empleado desde muy antiguo, en especial en zonas densamente pobladas o con condiciones ecológicas especiales. El uso de apoyos multicircuitos permite, contrariamente a lo que a priori podría esperarse, reducir la intensidad tanto del campo eléctrico como del campo magnético, siempre que tenga en cuenta la posición relativa de las fases de los distintos circuitos. La razón estriba en compensar los campos que producen cada conductor considerando la posición espacial de los conductores y el desfase temporal de las corrientes que los recorren.

La Figura 6 muestra un apoyo real de 132 kV capaz de transportar 130 MVA por circuito. En la Figura 7 se comprueba que con la disposición en "baja reactancia" la intensidad del campo eléctrico y del magnético a un metro del suelo disminuye sustancialmente respecto a la de "súper haz". Con ello se disminuyen las posibles interferencias y se limita la exposición humana a los campos electromagnéticos generados por las líneas aéreas de alta tensión.

Además, la mejora de los materiales y el diseño de los apoyos han dado lugar a la posibilidad de reducir la servidumbre de paso mediante compactando las líneas.

Desde el punto de vista medioambiental, territorial y económico la compactación de varios circuitos en un mismo apoyo trae importantes beneficios, aunque evidentemente no exista una proporcionalidad directa, es

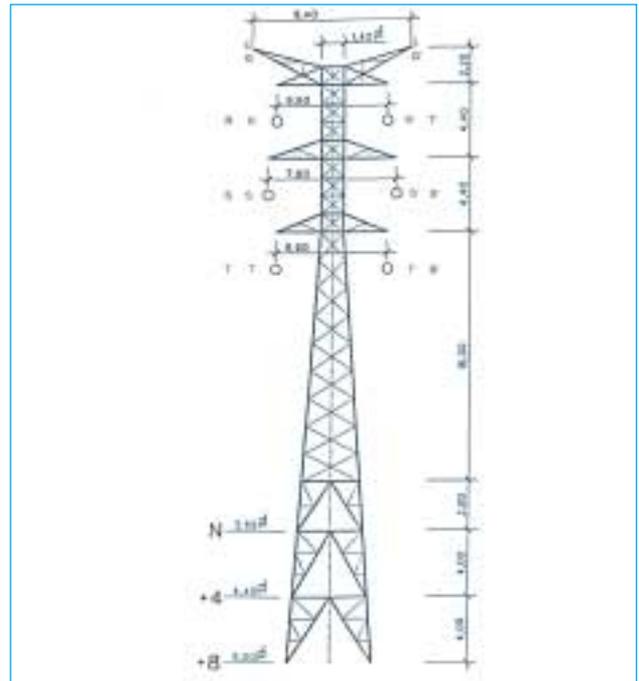


Figura 6. Apoyo de 132 kV. La disposición de las fases en azul es en "baja reactancia", la roja es "súper haz".

decir, los apoyos multicircuitos son más grandes (más altos y más anchos) que uno de simple circuito, aunque ocupan mucho menos que si se ponen cada uno de los circuitos en apoyos separados.

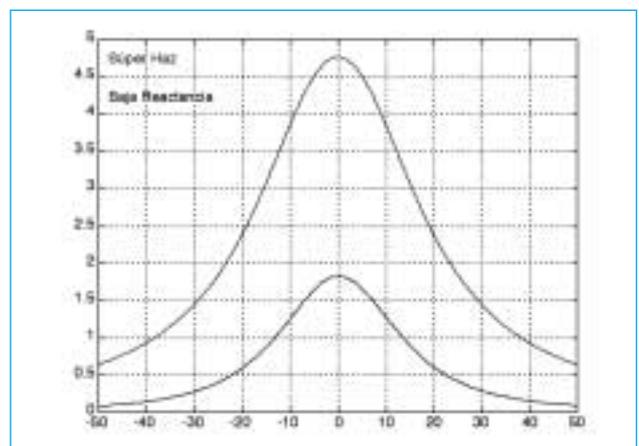
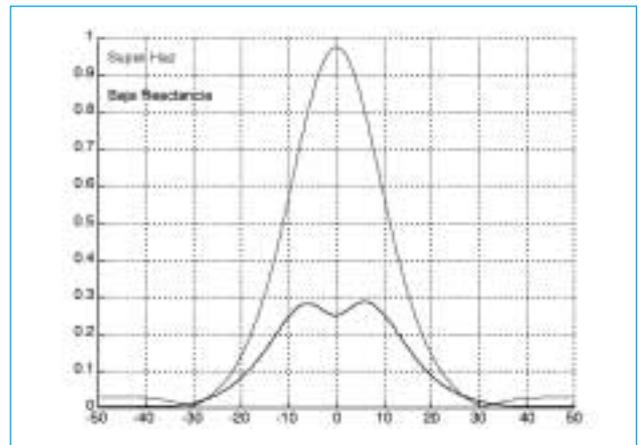


Figura 7. Campos eléctrico y magnético mejorados con las fases en "baja reactancia" en vez de en "súper haz" (Ref. [13]).

En general, además de utilizar de forma exclusiva o preferente apoyos multicircuitos, el planificador debe procurar el aprovechamiento de los corredores existentes y la racionalización de los nuevos. Como corredores existentes se deberían considerar no sólo los de instalaciones eléctricas, sino también los pasillos de otras infraestructuras lineales (carreteras, vías de ferrocarriles, gasoductos, oleoductos, cortafuegos, etc.), con el fin de concentrar las afecciones medioambientales y territoriales dado que ello es preferible a su dispersión, si bien esto implica coordinación de actuaciones de sujetos y Administraciones diferentes y la incorporación de requisitos adicionales de diseño. En cuanto a los nuevos corredores es necesario que la planificación de la RdT-EE se coordine con los planes de ordenación territorial haciendo las reservas de suelo necesarias para el desarrollo energético.

Aunque la capacidad de transporte de una línea depende de muchos factores, a título orientativo en la Tabla V se dan valores para las tres tensiones más altas<sup>17</sup> empleadas en España en función de la longitud:

TENSIÓN (kV)	POTENCIA (MVA)	LONGITUD (km)
380	600	500
220	200	200
132	60	100

Tabla V. Capacidad de transporte de líneas eléctricas aéreas (Ref. [8]).

Considerando estos valores, con un apoyo de cuatro circuitos 2,4 veces más alto<sup>18</sup> y 1,6 veces más ancho<sup>19</sup> que uno de simple circuito a 400 kV se puede transportar 4 veces más de potencia, 2.400 MVA frente a los 600 MVA. O lo que es lo mismo, la ocupación territorial es 2,4 veces menor.

Hasta aquí sólo se han expuestos los beneficios asociados a la máxima concentración de instalaciones eléctricas en corredores territoriales, existentes o nuevos. Sin embargo, una excesiva concentración aumenta la probabilidad de fallo y/o indisponibilidad simultánea, poniendo fuera de servicio más potencia; y también puede dificultar la programación y las tareas de mantenimiento, disminuyendo con ello la fiabilidad del suministro, siendo éste, como se ha visto, uno de los objetivos esenciales de la Ley 54/1997 (Ref. [5]), y que por lo tanto debe ser considerado en la planificación.

<sup>17</sup>La tensión de 132 kV no es de transporte.

<sup>18</sup>Con ello se afecta, principalmente, al impacto visual, por lo que su coste es más subjetivo.

<sup>19</sup>Con ello se afecta, principalmente, a la ocupación territorial, lo que supone un gran coste social.

### 2.3-Grado de mallado de la red

Como se ha dicho, el aumento de la seguridad del suministro es uno de los objetivos de la planificación eléctrica. Una forma de conseguirla es duplicar la red eléctrica, pero esto conlleva un coste ambiental, territorial y económico no asumibles por el sector eléctrico ni la sociedad. De hecho, si lo que se quiere es asegurar la continuidad del suministro eléctrico (por ejemplo, en hospitales o en servicios esenciales) existen otros métodos más viables económicamente, como los grupos electrógenos o incluso la propia generación en régimen especial (cogeneración, placas fotovoltaicas, etc.).

El mallado de la red eléctrica es una solución intermedia, técnica y económicamente viable, entre la duplicidad y la simplicidad del sistema eléctrico. Los criterios de mallado de la RdT-EE han de ser coherentes con los de diseño y operación de la red, concretamente en el caso español, con el Procedimiento de Funcionamiento y Seguridad para la Operación del Sistema Eléctrico P.O.-I.I (Ref. [16]).

Por tanto, la compactación de líneas en apoyos multicircuitos estudiada en el apartado anterior lleva consigo un mayor requerimiento de los parámetros de diseño de los elementos que constituyen la RdT-EE y su mallado. Si se analiza la RdT-EE de España se observa que hay nudos alimentados por solo dos líneas, en los que ante el fallo o indisponibilidad programada de una de ellas, se dejaría de cumplir el criterio N-I.

El incremento en el mallado de la RdT-EE tiene también consecuencias negativas para el sistema eléctrico que hay que limitar. Fundamentalmente son dos:

- Se facilita el progreso de los huecos de tensión aparejados a una perturbación. Además, el acceso de nueva generación provoca el aumento de las potencias de cortocircuito y el empeoramiento de en el comportamiento de estabilidad transitoria ante faltas eléctricas, de modo que un fallo perturba a ámbitos geográficos mayores.

- Se hace más compleja la operación del sistema.

Valorando globalmente este criterio se puede afirmar que, tiene un impacto ambiental negativo, al suponer un número mayor de instalaciones mientras que, económicamente, hay que valorar las ventajas que

reporta el aumento de la seguridad del suministro (y la disminución de la energía no suministrada) y la eliminación de posibles restricciones técnicas frente al mayor coste del mallado de la red.

#### 2.4.-Incorporación de nuevas instalaciones a la RdT-EE

Como se ha comentado, la incorporación de toda nueva instalación de la RdT-EE se debe realizar de modo que las operaciones de conexión y desconexión no provoquen una degradación de la topología de la misma ni de su operación. Establecer estos límites es importante, pues de lo contrario, como consecuencia de la competencia entre distribuidores en zonas abastecidas tradicionalmente por uno o varios de ellos, el que entra puede solicitar el acceso y conexión a la red de transporte para potencias mínimas, ocasionando problemas de operación y programación de desvíos e interrupciones al sistema.

Por otro lado, y como criterio de eficiencia global, se debe procurar la minimización de los ejes de transporte, por lo que las nuevas instalaciones que impliquen una entrada/salida de una línea de transporte se realizarán preferentemente en las inmediaciones de la traza de dicha línea.

En cuanto a subestaciones, se debe maximizar la utilización de las existentes, buscando un equilibrio entre la necesidad de mallado de la red y la limitación del número de posiciones para no incrementar en exceso las consecuencias de un posible fallo total de la misma. Para ello, conviene establecer un criterio que restrinja la concentración máxima de transformación por emplazamiento.

El punto de conexión para las nuevas subestaciones, y en especial para aquellas que constituyen nudos "no mallados" se debe elegir coordinando las necesidades asociadas a la evacuación de generación y apoyo a mercado. Además, elegido un emplazamiento para una nueva subestación, es muy importante no modificarlo, ya que estas instalaciones constituyen el inicio y el final de las líneas, y los cambios de ubicación repercuten sobre el trazado de las nuevas líneas y condicionan su viabilidad.

#### 2.5-Emplazamiento y tamaño óptimos de la nueva generación

Las políticas energéticas de liberalización del mercado tienen como denominador común, y como uno de

los pilares básicos, la libertad de establecimiento de las instalaciones de producción. Éste es el caso de España, como queda reflejado en el Título IV de la Ley 54/1997 (Ref. [5]). Como consecuencia de ello, los promotores de centrales eléctricas no quedan vinculados con la planificación eléctrica y pueden ubicarlas, dimensionarlas y utilizar la energía primaria que estimen oportunos, con tal de cumplir con los requisitos de seguridad industrial, ordenación territorial y medio ambiente que sean de aplicación. No obstante, es imprescindible una coordinación, es más, el sistema debería proporcionar las señales económicas e incentivos adecuados para que los generadores se ubiquen allí donde el beneficio global se maximizará, y como resultado, éstos recogerían su parte correspondiente del beneficio.

La libertad de ubicación aporta una gran incertidumbre al desarrollo de la RdT-EE, que no debería hacerse a espaldas de los escenarios posibles de producción pero que, por otro lado, es inevitable ya que nadie adquiere compromisos y toda la información es orientativa. Y aunque la transformación y la conexión con la red de transporte (o distribución) están incluidas dentro de la actividad de producción<sup>20</sup>, la nueva generación exige refuerzos de la RdT-EE para aumentar las capacidades de transporte que eviten restricciones técnicas a la generación de determinadas unidades, elevando el precio de la energía eléctrica casada en el mercado mayorista y limitando la competencia.

En este punto se expondrán aquellos criterios que pueden dirigir u orientar el emplazamiento y el tamaño de las instalaciones de producción de electricidad desde el punto de vista de la red de transporte. Básicamente hay tres aspectos que evaluar:

#### *Pérdidas energéticas en la RdT-EE*

Si se examina el balance energético eléctrico de España por Comunidad Autónomas (Ref. [17]), se ve que el sentido del flujo eléctrico se produce en la diagonal noroeste a este-sureste peninsular. Las zonas de Galicia, Asturias, el noroeste de Castilla y León y Extremadura producen más electricidad de la que consumen, el excedente se transporta hacia la zona centro, este y sur, donde ocurre justo lo contrario.

Este desequilibrio regional implica una clara ineficiencia para el sistema eléctrico en su globalidad. Por un lado, es necesario hacer muchos kilómetros de líneas

<sup>20</sup>Ver artículo 21 de la Ley 54/1997 (Ref. [5]).

eléctricas de transporte para llevar los excedentes de energía producidos a las zonas consumidoras. Por otro, y desde la perspectiva de la eficiencia energética, la energía primaria empleada en las centrales se aprovecha peor debido a las pérdidas asociadas al transporte a largas distancias, lo que genera unos costes económicos y ambientales que es deseable minimizar<sup>21</sup>. Asociadas a las pérdidas hay una caída de tensión que implica disponer de sistemas de regulación en carga en transformadores y generadores para cumplir con los requisitos de calidad de producto.

En los estudios de planificación de la RdT-EE sólo se suelen considerar las pérdidas debidas al efecto Joule, por ser cuantitativamente más importantes. Para su estimación se emplean dos técnicas, que proporcionan valores aproximados, de los denominados coeficientes de pérdidas como valoración de la contribución relativa a las pérdidas de inyecciones de generación adicional a distintos nudos del sistema. Estos métodos son:

1. Incremental: basado en el cálculo del incremento de pérdidas en la red de transporte al aumentar la generación en ciertos nudos de la red y disminuir la generación en el resto. Por lo común, y en el caso del sistema eléctrico español, se suelen utilizar incrementos de 100 MW y la asignación proporcional a la potencia instalada en el resto de nudos.

2. Marginal: partiendo del modelo matemático de red, se utiliza un procedimiento diferencial basado en el cálculo de la sensibilidad de la potencia activa neta inyectada en cada nudo de la red ante variaciones de los ángulos de los fasores de tensión de los nudos.

El orden de magnitud relativo de estos coeficientes aporta información comparativa de la influencia de la situación geográfica y topológica de la producción en las pérdidas de la red, para el estado de carga y generación en que se encuentra el sistema cuando se calculan (perfil de referencia). El Procedimiento de Operación P.O.-5 (Ref. [18]) asigna a Red Eléctrica de España la función de calcular los coeficientes de pérdidas marginales para los nudos de la red de transporte (400 y 220 kV) y la obligación de publicarlos diariamente (Ref. [19]) para conocimiento de todos los agentes.

Se puede realizar una simulación numérica de las

pérdidas de la RdT-EE de España en diferentes escenarios de carga, generación y topología de la red por los dos métodos de cálculo señalados. La conclusión es que, si bien la ubicación de la nueva generación es libre, se debería incentivar ciertos emplazamientos y penalizar otros en base al criterio de pérdidas energéticas. Aunque en realidad esta medida, de llevarse a cabo, no debería sufrirla sólo el subsector eléctrico de generación, sino cualquier actividad industrial en general que tuviera impacto ambiental y territorial.

### *Máxima potencia de generación*

La mencionada libertad de establecimiento para la generación puede conducir a situaciones técnicamente inaceptables para el sistema si en un mismo nudo eléctrico o en nudos próximos se concentra una gran cantidad de potencia, lo que se contrapone a la esperada reducción del precio de la energía en caso de un exceso de oferta. De manera general, y en base a razonamientos análogos a los mencionados en el punto anterior, una excesiva aglomeración de generación en una zona va en contra de una distribución energética zonal equilibrada. Además, rompe un desarrollo topológico de la red de transporte armónico y está limitada por la apartamentación eléctrica, debido a los valores máximos de potencia de cortocircuito.

Adicionalmente, la alta concentración geográfica de generación en un nudo eléctrico supone un riesgo para el sistema desde la perspectiva de la fiabilidad. Para ello hay que analizar el funcionamiento del sistema en régimen permanente y transitorio tras la ocurrencia de una contingencia por fallo de generación.

En el caso del sistema eléctrico español peninsular el Operador del Sistema ha determinado, mediante análisis en régimen estático, que el máximo contingente de generación aceptable de fallo simultáneo puede situarse entorno a 2.000 MW por nudo para las zonas más críticas. Este valor es genérico, pues depende de la situación del fallo, si bien la necesidad de contar con el adecuado margen de seguridad justifica su generalización. Esta cifra proviene de estudiar el comportamiento de la regulación primaria<sup>22</sup>, incluyendo la aportación procedente de las interconexiones internacionales con el sistema europeo, y comprobar que si el fallo supera-

<sup>21</sup>El artículo 21 del vigente Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (Ref. [10]) establece que: "Se realizarán los cálculos eléctricos de la línea para los distintos regímenes de funcionamiento previstos, poniéndose claramente de manifiesto las intensidades máximas, caídas de tensión y pérdidas de potencia". No obstante no exige valores mínimos de rendimiento energético en la transmisión.

<sup>22</sup>La regulación primaria es un servicio complementario de carácter obligatorio y no retribuido aportado por los generadores acoplados, y tiene por objeto corregir automáticamente los desequilibrios instantáneos entre producción y consumo. Se aporta mediante la variación de potencia de los generadores de forma inmediata y autónoma por actuación de los reguladores de velocidad de las turbinas como respuesta a las variaciones de frecuencia.

ra dicho valor se vulnerarían los criterios contenidos en el Procedimiento de Funcionamiento y Seguridad para la Operación del Sistema Eléctrico P.O.-I.1 (Ref. [16]).

El análisis del comportamiento dinámico, con el fin de valorar las situaciones de inestabilidad del sistema tras contingencia, arroja unos valores máximos permisibles entorno a 2.000-2.500 MW por nudo de pérdida de generación intempestiva (sin falta previa) o inducida por un cortocircuito previo.

Hasta aquí se ha analizado el efecto “local” de la generación para la RdT-EE, pero la generación “global”, en concreto la de origen eólico, tiene también efectos sobre la RdT-EE y van a influir la una en la otra, por lo que conviene incorporar criterios al respecto en el proceso planificador de las instalaciones de transporte.

La entrada en vigor de la Ley 54/1997 (Ref. [5]) ha supuesto una promoción importante de las energías renovables, que en 2010 deberán cubrir, como mínimo, el 12% del total de la demanda energética de España. De acuerdo con la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 5 de septiembre de 1985 (Ref. [21]) los parques eólicos deben desacoplarse en el caso de que la tensión disminuya por debajo del 85% del valor nominal. Esto motiva que, dada la creciente penetración de la potencia eólica, una falta (cortocircuito) correctamente despejada por las protecciones puede provocar que se desacople una cantidad de potencia eólica significativa, que deberá ser asumida por la generación en reserva o por las interconexiones internacionales.

El planificador debe, por lo tanto, evaluar la capacidad técnicamente aceptable de generación eléctrica de origen eólico que la RdT-EE puede admitir sin reducir la seguridad del sistema<sup>23</sup>. Una posible solución sería eliminar las protecciones de mínima tensión, en ese caso, la seguridad del sistema se vería menos afectada cuando se produjera un cortocircuito; sin embargo, se tendría una peor calidad de producto por las oscilaciones de las máquinas, además de problemas para éstas por subtensiones.

En el caso español el OS ha determinado que en situación punta (con demandas de unos 35.000 MW) se considera que el límite de generación eólica inyectado simultáneamente a la red puede llegar a 10.000 MW; en situación valle la máxima generación asumible por la RdT-EE sin vulnerar los criterios de seguridad

sería de unos 5.000 MW. Sin embargo, en los Planes Eólicos de las diferentes Comunidades Autónomas se prevé la instalación de una potencia eólica para el 2010 de algo más de 30.000 MW, y aunque esta cantidad se refiere a potencia instalada y lo que limita la seguridad del sistema es la máxima potencia inyectada a la red, es claro que existe una relación directa entre ambas.

#### *Restricciones técnicas*

Como se ha dicho anteriormente, un transporte seguro de energía eléctrica a través de la red requiere que las variables del sistema eléctrico (frecuencia, flujos de potencia y tensiones en nudos,...) se encuentren dentro de los límites establecidos en funcionamiento normal (Ref. [16]). Las restricciones técnicas en los sistemas eléctricos se pueden definir como aquellas limitaciones derivadas de la situación de la red de transporte para que el transporte pueda realizarse adecuadamente.

En mercados competitivos las restricciones técnicas cobran una gran importancia, ya que los generadores se guían por intereses económicos y las limitaciones técnicas que la red de transporte pone a la casación inicial impide que todas las transacciones de energía que los agentes desean efectuar en el mercado puedan llevarse a cabo. En España el redespacho lo realiza Red Eléctrica como Operador del Sistema, bajo el principio de “menor sobrecoste posible para el sistema”. Los grupos que aumentan generación por motivos de restricciones técnicas son remunerados al precio de la oferta realizada. Por el contrario, a los generadores a los que se baja generación por razones de restricciones técnicas, no son compensados en razón de lucro cesante.

El sobrecoste se calcula restando al precio de oferta pagado a los generadores que aumentan generación el coste a precio marginal que no se paga por la potencia retirada de los generadores que bajan producción. Este coste garantizar la seguridad de suministro se reparte entre todos los consumidores en proporción a su consumo.

Por tanto, en el sistema español no existe señal económica de localización para la demanda, pero sí para la generación. El hecho de que no se compense el descenso de generación en concepto de lucro cesante constituye una señal económica de largo plazo para la

<sup>23</sup>A partir del Procedimiento de Funcionamiento y Seguridad para la Operación del Sistema Eléctrico P.O.-I.1 (Ref. [16]).

localización de la nueva generación, pues un agente no elegirá un emplazamiento en zonas excedentarias para una nueva central, ya que corre el riesgo de que parte de su oferta sea retirada de la casación sin compensación alguna en el proceso de resolución de restricciones técnicas. Todo lo contrario les ocurre a las centrales que aumentan producción.

Además, es preciso señalar que las restricciones técnicas en el sistema eléctrico español tienen un marcado carácter local (especialmente las debidas a problemas de tensión), lo que implica que sólo pueden ser resueltas con generación situada en la zona donde ocurren. Así, los nuevos generadores reciben un incentivo para situarse en aquellas zonas donde hace falta generación por motivo de restricciones técnicas, de forma, que éstas tenderán a desaparecer.

Por estas razones, en los mercados eléctricos liberalizados es fundamental que se gestionen correctamente las restricciones técnicas mediante una adecuada planificación y desarrollo de la RdT-EE. El análisis de las restricciones técnicas en los tres primeros años de funcionamiento del mercado español de energía eléctrica pone de manifiesto la importancia del problema. La aparición de restricciones técnicas tiene un marcado carácter estacional, siendo invierno y verano las que presentan mayores problemas. Las restricciones originadas por sobrecargas (congestiones) en la red de transporte aparecen con poca frecuencia<sup>24</sup>, y suele estar asociada a una incapacidad local o regional de evacuación de excedentes de producción.

Sin embargo, las restricciones originadas por problemas de bajas tensiones son frecuentes en el sistema español debido a la descompensación entre el consumo y la generación de potencia activa y reactiva en las zonas donde se producen. Las áreas donde se producen subtensiones, principalmente en Madrid, Barcelona, Levante, frontera entre Galicia y Portugal y Sevilla-Área del Estrecho, son áreas importadoras de potencia activa y reactiva, y su resolución sólo se puede hacer con generación local allá donde aparecen los problemas.

Para hacerse una idea de la importancia económica de las restricciones técnicas en el precio final de la energía, cabe indicar que la energía total redespachada en el año 2000 ascendió a 3.657 GWh. El sobrecoste total para el sistema fue de 35.211 millones de pesetas

(un 3,8% de los 908.703 millones de pesetas que se negociaron en el mercado diario), cifra que coincide con el valor aproximado de una central de ciclo combinado a gas natural de 800 MW.

Por lo tanto, es preciso implementar en los mecanismos de funcionamiento del mercado incentivos o señales económicas para garantizar una adecuada coordinación entre la nueva generación (emplazamiento y potencia) con la RdT-EE, así como criterios técnicos para minimizar las pérdidas, las restricciones técnicas y el riesgo de la falta de seguridad por una excesiva concentración potencia en ciertos nudos.

### 3.-TRABAJOS FUTUROS

En los párrafos precedentes se ha tratado de mostrar algunas de las consideraciones y de los criterios que pueden (o deben) emplearse para la planificación y desarrollo de la RdT-EE. A partir de estas ideas se propone, como un paso más en la búsqueda de soluciones armónicas del desarrollo eléctrico de una sociedad, completar estos criterios con una serie de directrices o requerimientos mínimos de diseño de cada uno de los elementos que forman parte de la RdT-EE: líneas, transformadores, subestaciones y elementos de compensación de energía reactiva, incluyendo los equipos de maniobra, control y protección.

<sup>24</sup>Los criterios de planificación son muy importantes para ello. Por ejemplo, los criterios empleados por REE han dado como resultado en España que la carga de la mayor parte de las líneas de la RdT-EE en funcionamiento normal sea inferior al 50% de su máxima capacidad de transporte.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS

- Ref. [1]: Plan Energético Nacional 1983-1992. Ministerio de Industria y Energía.
- Ref. [2]: Directiva 96/92/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de diciembre, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad. DOCE, serie L, de 30 de enero de 1997.
- Ref. [3]: Real Decreto 1955/2000, de 1 diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. BOE de 27 de diciembre de 2000.
- Ref. [4]: Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. BOE de 1 de diciembre de 1982.
- Ref. [5]: Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico. BOE de 28 de noviembre de 1997.
- Ref. [6]: Constitución Española. BOE de 29 de diciembre de 1978.
- Ref. [7]: Resolución de 30 de julio de 1998, de la Secretaría de Estado de Energía y Recursos Minerales, por la que se aprueba un conjunto de procedimientos de carácter técnico e instrumental necesarios para realizar la adecuada gestión del sistema eléctrico. Procedimiento de Operación del Sistema P.O.-3.4 "Programación del mantenimiento de la red de transporte". BOE de 18 de agosto de 1998.
- Ref. [8]: Transporte de la energía eléctrica. Líneas aéreas a M.A.T. y C.A. José Luis Tora Galván. Publicaciones de la Universidad Pontificia Comillas. Madrid.
- Ref. [9]: Memoria Año 2002 de la Asociación Española de la Industria Eléctrica UNESA.
- Ref. [10]: Decreto 3151/1968, de 28 de noviembre, por el que se aprueba el reglamento técnico de líneas eléctrica aéreas de alta tensión. BOE de 27 de diciembre de 1968.
- Ref. [11]: Mapa de la red de transporte de energía eléctrica. Año 2002. Red Eléctrica de España, S.A.
- Ref. [12]: Real Decreto 2819/1998, de 23 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte y distribución de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado de 30 de diciembre de 1998.
- Ref. [13]: Análisis de campos electromagnéticos en líneas aéreas de alta tensión y posibles efectos en la salud. Aplicación a un caso práctico. José Miguel Cortés López.
- Ref. [14]: Perspectivas tecnológicas en la generación y transporte de energía eléctrica. Fabio Sarmiento. Economía Industrial, julio-agosto 1986, nº 250. Ministerio de Industria y Energía.
- Ref. [15]: Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. Boletín Oficial del Estado de 18 de septiembre de 2002.
- Ref. [16]: Resolución de 30 de julio de 1998, de la Secretaría de Estado de Energía y Recursos Minerales, por la que se aprueba un conjunto de procedimientos de carácter técnico e instrumental necesarios para realizar la adecuada gestión del sistema eléctrico. Procedimiento de Operación del Sistema P.O.-1.1 "Criterios de funcionamiento y seguridad para la operación del sistema eléctrico". Boletín Oficial del Estado de 18 de agosto de 1998.
- Ref. [17]: La energía eléctrica por Comunidades Autónomas en 2001. Red Eléctrica de España, S.A.
- Ref. [18]: Resolución de 24 de junio de 1999, de la Secretaría de Estado de Industria y Energía, por la que se aprueba un conjunto de procedimientos de carácter técnico e instrumental necesarios para realizar la adecuada gestión del sistema eléctrico. Procedimiento de Operación del Sistema P.O.-5 "Procedimiento para la determinación de pérdidas de transporte y cálculo de los coeficientes de pérdidas por nudo". Boletín Oficial del Estado de 3 de julio de 1999.

- Ref. [19]: Página en Internet de Red Eléctrica de España, S.A., <http://www.ree.es>.

- Ref. [20]: Planificación eléctrica 2002-2011. Ministerio de Economía.

- Ref. [21]: Orden del Ministerio de Industria y Energía, de 5 de septiembre de 1985, por la que se establecen normas administrativas y técnicas para funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de centrales hidroeléctricas de hasta 5.000 KVA y centrales de autogeneración eléctrica. Boletín Oficial del Estado de 12 de septiembre de 1985.

- Ref. [22]: Norma UNE-EN 50160 "Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución". 1996. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

- Ref. [23]: Gestión centralizada de restricciones técnicas en mercados de energía eléctrica. Aplicación al caso español. Tesis doctoral. Enrique Lobato Mígueles. Universidad Pontificia Comillas de Madrid. 2002.

# USO DE APOYOS DE LÍNEAS ELÉCTRICAS PARA LA NIDIFICACIÓN DE RAPACES

## USE OF POWER LINE PYLONS FOR NESTING BY BIRDS OF PREY

**MERCEDES GIL DEL POZO Y JORGE ROIG SOLÉS**

Red Eléctrica de España, S.A.

**CARLOS PÉREZ PÉREZ Y MARIANO PÉREZ PÉREZ**

Agentes Medioambientales

**JOSÉ M<sup>a</sup> AZCARATE LUYAN**

Servicio Territorial del Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León

### RESUMEN

Los apoyos de líneas eléctricas de transporte adquieren un papel ecológico relevante en hábitats carentes de estructuras naturales adecuadas para la nidificación de aves.

Mediante la utilización de soportes de nidos artificiales se favorece la nidificación de aves rapaces en éstos apoyos, lo que supone un aspecto de carácter positivo de los tendidos en la interacción sobre la avifauna.

El proyecto es fruto de la colaboración entre la Sección de Vida Silvestre del Servicio Territorial de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León y Red Eléctrica. Este proyecto se desarrolló con el estudio del área de distribución y hábitat de nidificación del Halcón Común (*Falco peregrinus*), el estudio de los soportes artificiales para los nidos y de su lugar de colocación, la fabricación de los mismos, su instalación en los apoyos seleccionados y el control de este proceso, y el seguimiento de los resultados de las actuaciones sobre las poblaciones de aves.

### ABSTRACT

*Power line pylons play a significant ecological role where habitats lack adequate natural supports for bird nests.*

*Artificial nest supports favour nesting on pylons by birds of prey and this is a positive factor for pylons in their interaction with birdlife.*

*This project is the result of co-operation between the wild life section of the territorial service of the environment department of the Castile and Leon autonomous community and Red Eléctrica. The project has so far carried out a study of the distribution and nesting habitats of the peregrine falcon (*Falco peregrinus*), a study of the artificial nest supports, their location, their manufacture and their installation on selected pylons, control of this process and monitoring of the results on the bird population.*

## INTRODUCCIÓN

Los apoyos de líneas eléctricas adquieren un papel ecológico relevante en hábitats carentes de estructuras naturales adecuadas para la nidificación de aves.

Mediante la utilización de nidos artificiales se favorece la nidificación de aves rapaces en éstos apoyos, lo que supone un aspecto de carácter positivo de los tendidos eléctricos en la interacción sobre la avifauna.

Fruto de la observación continuada de los hábitos del halcón común (*Falco peregrinus*) y de su preferencia a la hora de elegir los apoyos de líneas eléctricas en la provincia de Valladolid como punto de nidificación y el éxito reproductivo de la especie surge este proyecto en 1997 a propuesta de la Sección de Vida Silvestre del Servicio Territorial de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León.



*Halcón común en apoyo de línea eléctrica.*

## OBJETIVOS

Con este proyecto se pretende favorecer la interacción de carácter positivo de los tendidos eléctricos sobre la avifauna, analizando los factores que pueden incidir en el éxito de la nidificación de determinadas rapaces en apoyos de líneas de transporte de electricidad. Con tal finalidad se establecen varias fases:

- Estudio del área de distribución y hábitat de nidificación del halcón común.
- Estudio de nidos artificiales para los nidos de halcón.
- Lugar de colocación de los nidos artificiales.
- Seguimiento de la población de halcón común en la provincia de Valladolid.

A continuación se describe la metodología utilizada para el adecuado desarrollo de las fases mencionadas.

Área de distribución y hábitat de nidificación del halcón.

Analizada el área de distribución del halcón común en la península ibérica se elige para el estudio la provincia de Valladolid, ya que en ella la población de esta rapaz presenta una caracterización singular con la utilización de una gran variedad de sustratos de nidificación.

La distribución de las zonas de nidificación del halcón se encuentra condicionada a diversos factores:

- Presencia de lugares aptos para nidificar, como cortados fluviales y otros lugares alternativos.
- Requerimientos tróficos (presencia de presas).
- Tipos de torres de líneas eléctricas.
- Nidificación de córvidos.
- En la zona de centro-este de la provincia de Valladolid existe una correlación positiva entre la existencia de cortados fluviales, las líneas eléctricas y la nidificación del halcón común.
- En la zona norte de la provincia existe correlación positiva entre la existencia de líneas eléctricas y la nidificación del halcón común.

## Estudio de nidos artificiales para nidos de halcón

La experiencia en nidificación y la reiterada observación de los hábitos del halcón común recomiendan ensayar dos tipos de nidos artificiales que serán instalados en las semicrucetas de los apoyos de líneas eléctricas.

- Bote-nido: bote de plástico estándar de 200 litros.
- Caja-nido: caja de madera de 80 x 50 cm y entre 50 y 57 cm de altura.



*Bote nido.*



Caja nido.

### Lugar de colocación de los nidos artificiales

En la primavera de 1996 se realiza la primera instalación de un nido artificial, tipo “bote-nido”, a la altura de la primera cruceta de un apoyo de una línea eléctrica, con éxito de ocupación y cría.

Es a partir de 1997 cuando se inicia la colaboración entre Red Eléctrica y la Sección de Vida Silvestre de la Junta de Castilla y León. Durante este año se realiza la instalación de ocho nidos artificiales, tipo “bote-nido”, colocándolos a la altura de la primera cruceta de los apoyos.

Durante 2001 se retoma la colaboración entre las dos entidades, realizándose la instalación de seis nidos artificiales del tipo “caja-nido”, a la altura del primer cuadro del apoyo por debajo de los conductores.

En 2002 y 2003 no se realiza la instalación de nuevos nidos artificiales, realizando el seguimiento sobre los instalados en años anteriores.



Operarios colocando “Bote nido”.



“Bote nido” con pareja de halcón común.

### Seguimiento de la población de halcón común en la provincia de Valladolid

Durante el transcurso del proyecto se lleva a cabo el seguimiento del estado de la población de halcón común en la provincia de Valladolid. Este seguimiento constata que el número de nidos de halcón común instalados en líneas eléctricas de alta tensión ha ido creciendo en relación a los tradicionales en los cortados fluviales, cantiles rocosos, canteras abandonas y edificaciones humanas. Este hecho ha favorecido un crecimiento en la población de la provincia de Valladolid.

En 2001 se continúa el seguimiento iniciado en 1996 de la población de halcón presente en apoyos de líneas eléctricas que discurren por la provincia de Valladolid, realizando un seguimiento más exhaustivo de aquellos apoyos en los que están instalados nidos artificiales (un total de nueve “botes-nido y seis “cajas nido) y en aquellos en los que se ha detectado la presencia de nidos de córvidos ocupados por halcón común. Se comprueba la ocupación de ocho nidos de halcón.

- Dos nidos sobre nido artificial, tipo “bote-nido”, con éxito de cría, llegando a volar cuatro pollos.
- Seis nidos sobre nidos de córvido, con éxito de cría, llegando a volar seis pollos.

Durante 2002 se continúa el seguimiento alcanzando casi la totalidad de las líneas eléctricas que discurren por la provincia de Valladolid. Se ha comprobado la ocupación de 18 nidos de halcón.

- Seis nidos sobre nido artificial, cuatro tipo “bote-nido” y dos tipo “caja-nido”, de los cuales tres finalizaron con éxito la cría, llegando a volar seis pollos.



Puesta en nido natural.



Pollos en nido natural.

- 12 nidos sobre nidos de córvido, de los cuales seis finalizaron con éxito la cría, llegando a volar 12 pollos

En el transcurso de 2003 se continúa realizando el seguimiento iniciado en 2002. Se ha comprobado la ocupación de 18 nidos de halcón.

- Seis nidos sobre nido artificial, de los cuales cinco finalizaron con éxito la cría, llegando a volar 12 pollos

- 12 nidos sobre nido de córvido, de los cuales siete finalizaron con éxito la cría, llegando a volar 13 pollos.

La altura de preferencia en la que se encuentran los nidos en los apoyos de líneas eléctricas ocupados que iniciaron la incubación (variable +/- 66%) se corres-

ponde con la altura por la que pasa el primer conductor de la línea. También se ha observado durante el seguimiento que la ubicación de los nidos sobre el apoyo puede variar localizándose en menor medida sobre la segunda cruceta o bien por debajo de la cruceta inferior.

Es significativo destacar la intervención previa de los córvidos, reconocidos constructores de nidos, ya que sus nidos son utilizados por los halcones tanto en líneas como escarpaduras naturales aunque en estas haya repisas adecuadas.

	2001		2002		2003	
	Sobre nido de córvidos	Sobre nido artificial	Sobre nido de córvidos	Sobre nido artificial	Sobre nido de córvidos	Sobre nido artificial
% nidos con éxito de cría	55%	66%	50%	50%	58%	83%

A continuación se detallan las razones del éxito reproductivo del halcón común en los nidos sobre

tendidos eléctricos frente a los nidos ubicados en los escasos cortados naturales.

NIDOS EN CORTADOS NATURALES	NIDOS EN TENDIDOS ELÉCTRICOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución restringida</li> <li>• Vulnerables a las pérdidas de las polladas</li> <li>• No dependencia de córvidos</li> <li>• Mayor estabilidad de la plataforma del nido</li> <li>• Mejor defensa frente a las condiciones climatológicas adversas tiempo</li> <li>• Competencia y depredación por búho real</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución más uniforme en la provincia</li> <li>• Menos vulnerable a pérdidas de la pollada</li> <li>• Dependencia de nidos de córvidos</li> <li>• Inestabilidad de la plataforma del nido</li> <li>• Pérdida de productividad debido a las inclemencias del tiempo</li> <li>• Ausencia de depredación por búho real</li> </ul>

El número de nidos de halcón común instalados en líneas eléctricas ha ido creciendo en relación a los tradicionales en cortados fluviales, cantiles de parameras, canteras abandonadas y edificaciones humanas.

A continuación se muestra la evolución creciente de la población de halcón común en la provincia de Valladolid, revelando el carácter positivo de la presencia de las líneas eléctricas en esta evolución favorable.

Años seguimiento	Nidos con éxito de cría	ESCARPADURA NATURAL		TENDIDO ELÉCTRICO	
		Nido	Pollos	Nido	Pollos
2001	17	9	18-20	8	10
2002	14	4	14	9	18
2003	20	17	15	12	25

## CONCLUSIONES

La presencia de líneas eléctricas en tendidos carentes de soportes naturales para la nidificación del halcón común en la provincia de Valladolid favorece el éxito reproductivo de esta especie en declive en la provincia

- Aproximadamente el 60 % de la población de halcón común en la provincia de Valladolid está asentada en apoyos de líneas eléctricas.

- El éxito reproductivo en nidos artificiales sobre líneas eléctricas incrementa significativamente la pro-

ductividad del halcón común en la provincia de Valladolid.

- Aumento del hábitat de nidificación del halcón común en la provincia de Valladolid gracias al uso de apoyos de líneas eléctricas para ello.

- La creación de plataformas de nidificación seguras disminuye considerablemente el índice de accidentes de los pollos.

- Incrementa la inaccesibilidad frente al expolio

- Posibilidad de ocupación de nidos artificiales por otras especies de rapaces.



# INTERACCIONES ENTRE LA AVIFAUNA Y LAS INSTALACIONES DE TRANSPORTE DE RED ELÉCTRICA: EXPERIENCIA Y SOLUCIONES

## *INTERACTION BETWEEN BIRDLIFE AND RED ELECTRICA'S TRANSMISSION FACILITIES: EXPERIENCE AND SOLUTIONS*

**MERCEDES GIL DEL POZO Y JORGE ROIG SOLÉS**

Red Eléctrica de España

### RESUMEN

Red Eléctrica, como responsable de la operación del sistema eléctrico y gestor de la red de transporte actúa en todo el territorio peninsular nacional, asegura el desarrollo y la ampliación de la red en alta tensión con criterios homogéneos y coherentes, realiza el mantenimiento de la misma para proporcionar la fiabilidad y disponibilidad requerida y garantiza el acceso de terceros a la red de transporte.

Las instalaciones de transporte de energía eléctrica (líneas y subestaciones) se ubican en cualquier tipo de medio, natural o antropizado, por lo que se originan interacciones con los elementos que integran su entorno, y entre ellos, las aves. La naturaleza de estas interacciones es doble, positiva o negativa.

Se comentan los principales estudios y proyectos llevados a cabo por Red Eléctrica desde el inicio de su actividad investigadora en relación con la colisión de aves, sistemas de señalización y evaluación de su eficacia, nidos artificiales para cigüeñas y disuasores de nidificación, nidificación de rapaces en apoyos de líneas de transporte y, por último, el uso de subestaciones de transporte como dormitorios para rapaces.

### ABSTRACT

*Red Eléctrica is responsible for the operation of the electricity system and for managing the transmission grid. It operates in the entire Spanish mainland to ensure that the high voltage network functions in accordance with uniform and coherent criteria. It is also responsible for grid maintenance and must ensure the necessary reliability and availability as well as guarantee third party access to the transmission system.*

*Electrical energy transmission installations (power lines and substations) are located in all types of environment – natural or man-made. They therefore interact with the various elements of their surroundings and this includes birds. There are two types of interaction – positive and negative.*

*The principal studies and projects carried out by Red Eléctrica since the start of its research activities into bird collisions will be discussed. They include systems of marking and evaluation of their effectiveness, artificial nests for storks and devices to discourage nesting, nesting of birds of prey on power line pylons and, lastly, the use of transmission substations as resting areas for birds of prey.*

Red Eléctrica de España asegura el desarrollo y la ampliación de la red en alta tensión con criterios homogéneos y coherentes, realiza el mantenimiento de la misma para proporcionar la fiabilidad y disponibilidad requerida y garantiza el acceso de terceros a la red de transporte.

Las instalaciones de transporte de energía eléctrica (líneas y subestaciones) se ubican en cualquier tipo de medio, natural o antropizado, por lo que se originan interacciones con los elementos que integran su entorno, y entre ellos, las aves. La naturaleza de estas interacciones es doble, positiva y negativa.

El carácter positivo de las interacciones, viene determinado por el hecho de que las líneas de transporte y las subestaciones eléctricas son utilizadas por diversas especies de aves, en aquellos parajes carentes de otros soportes adecuados, para la caza – como oteaderos o lugares de despiece de presas –, como reposo – dormitorios – para la reproducción – soporte para los nidos – o como refugios.

Sin embargo esta interacción puede ser perjudicial para las actividades de mantenimiento y explotación, ya que suponen la deposición de excrementos y restos de presas, y la acumulación de materiales de construcción de los nidos en algunos puntos de los apoyos y pórticos. Estando las actuaciones encaminadas a compatibilizar la nidificación con la seguridad de la instalación y de los propios nidos, evitando que las aves construyan sus nidos en aquellos puntos de los apoyos en los que su presencia puede suponer un riesgo, mediante sistemas de disuasión inofensivos para las aves, y dejando que ocupen los enclaves no problemáticos y que no supongan un riesgo para los propios nidos y sus ocupantes.

El carácter negativo de la incidencia de las instalaciones eléctricas sobre la avifauna radica en el riesgo de electrocución en postes eléctricos o a causa de la colisión contra los cables conductores o de tierra.

En las líneas de transporte, de tensión igual o superior a 220 kV, la electrocución es imposible que se produzca, ya que las distancias que separan a los conductores de las distintas fases entre sí, o de las partes metálicas de los apoyos, son demasiado grandes para que se pueda dar un contacto simultáneo.

La colisión de las aves con líneas de transporte se suele producir con los cables de tierra (que protegen a las líneas de las descargas eléctricas durante las tormentas), que al ser de menor diámetro que los con-

ductores, son menos visibles. Por ello, las actuaciones dirigidas a disminuir el riesgo de colisión se basan en la señalización de estos cables mediante dispositivos “salvapájaros” que aumenten su visibilidad.

Por todo ello Red Eléctrica lleva adoptando desde hace años medidas de prevención, diseñadas específicamente para minimizar la incidencia de las instalaciones eléctricas de transporte de energía eléctrica sobre la avifauna y favorecer la compatibilidad de su uso mediante una permanente actividad investigadora y la aplicación de los resultados en sus instalaciones.

A continuación se comentan los principales estudios y proyectos llevados a cabo por Red Eléctrica desde el inicio de su actividad investigadora en relación con la colisión de las aves, sistemas de señalización y evaluación de su eficacia, nidos artificiales para cigüeñas y disuasores de nidificación, nidificación de rapaces en apoyos de líneas de transporte y, por último, la utilización de subestaciones de transporte como dormitorios por el cernícalo primilla.

## I. ESTUDIOS DE COLISIÓN Y SEÑALIZACIÓN

### 1989-1991 “Incidencia de las líneas de transporte de energía eléctrica en el medio natural. Revisión bibliográfica y estudio preliminar”

Es el primer estudio sobre el tema realizado en España, no publicado.

#### Objeto:

- Recopilar y analizar la bibliografía existente hasta la fecha sobre la incidencia de las líneas de transporte de energía eléctrica sobre el medio natural.
- Realizar un estudio preliminar de sistemas para reducir la mortalidad de aves en los tendidos.

#### Conclusiones:

- Se obtiene una amplia recopilación bibliográfica relativa a incidencias por colisión, electrocución y paisaje.
- Se elabora un informe en el que se revisa la información existente de los trabajos de mayor interés realizados en el mundo acerca de la incidencia de las líneas sobre la fauna y el paisaje. Se presta especial atención a los datos referentes a España.

### 1991 “Diseño y patente de dispositivos de señalización (“espirales salvapájaros de PVC”)

### Características:

Espiral naranja de polipropileno ( $\Delta$  30 cm y 100 cm longitud)



*Espiral salvapájaros.*

Soporte: cable de tierra o conductor.

Cadencia: cada 5 metros (1 sólo cable); cada 10 metros al tresbolillo (dos cables).

Eficacia: buena.

Durabilidad: mayor de tres años. Superado en ensayo de 6 semanas en cámara climática.

### 1989-1992 “Seguimiento de la señalización de la línea eléctrica a 400 kV Valdecaballeros-Guillena”

#### Objeto:

Primer estudio llevado a cabo en España sobre colisión de aves con líneas eléctricas, señalización de líneas y efectividad de la medida utilizada.

#### Área de estudio:

Extremadura (territorio recorrido por la L/ Valdecaballeros-Guillena).



*Colocación de salvapájaros con carrito.*

### Conclusiones:

- Disminución del 61% en la frecuencia de vuelo de aves a través de los vanos señalizados.
- Reducción significativa del 60% de las colisiones en los vanos señalizados.
- En especies de aves rapaces la colisión es prácticamente nula.

### 1992 “Estudio de la colisión de aves con líneas de transporte de energía eléctrica en España”

#### Objeto:

- Dar continuidad al estudio iniciado en 1989 “Incidencia de las líneas de transporte de energía eléctrica en el medio natural. Revisión bibliográfica y estudio preliminar”.
- Valorar la mortalidad de las aves por colisión con las líneas de transporte de energía eléctrica; estudiar la variación de la incidencia en diferentes estaciones del año y en los hábitats más representativos de la Península Ibérica, así como evaluar la mortalidad de las especies amenazadas o en peligro de extinción.
- Definir recomendaciones, en función de los resultados obtenidos, tendentes a reducir la mortalidad de aves por colisión.

#### Área de estudio:

Villalpando (Zamora), Duratón (Segovia), Colmenar Viejo (Madrid), Rosalejo (Cáceres), Almaráz (Cáceres), Brozas (Cáceres), Puerto Lápice (Ciudad Real), Usagre (Badajoz) y Andujar (Jaén).

#### Conclusiones:

- Las especies con mayores índices de siniestralidad, fueron las de vuelo más rápido (palomas, sisonas, etc.), las gregarias (palomas, grullas, avutardas, sisonas, etc) y las nocturnas (martinete, lechuzas y varias especies de passeriformes durante las migraciones).
- Mayor frecuencia de colisiones durante los meses invernales, probablemente debido a la mayor frecuencia de los vuelos a través del tendido en ese periodo.
- La frecuencia de colisiones fue mayor en el conjunto de las especies gregarias que en las solitarias y territoriales, así como en las especies invernantes que entre las sedentarias.
- La colisión en líneas de transporte es biológicamente poco significativa como causa de mortalidad de aves.

### 1991-1995 Proyecto de investigación y desarrollo electrotécnico (P.I.E.). Sevillana de Electricidad,

## Iberdrola, Red Eléctrica de España y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. “Análisis de impactos de líneas eléctricas sobre la avifauna de espacios naturales protegidos”

### Objeto:

• Valorar cuantitativamente y cualitativamente los riesgos producidos por los tendidos eléctricos sobre la avifauna.

- Identificar los factores implicados.
- Desarrollar medidas de protección y variaciones a aplicar en el diseño de los apoyos, que permitan disminuir el impacto de este tipo de infraestructuras sobre la avifauna. Medidas que se recogen en un manual sobre valoraciones de riesgos y soluciones.

### Área de estudio:

- Electrocutión: Entorno de Doñana (Sevilla y Huelva), Marismas del Odiel (Huelva), los Llanos de Cáceres, la Sierra de San Pedro (Badajoz y Cáceres) y Monfragüe (Cáceres).
- Colisión: Marismas del Odiel, en Valdecaballeros y el Embalse de Orellana (Badajoz), en los Llanos de Cáceres y en la Foz de Lumbier (Navarra).

### Conclusiones:

- Electrocutión (es el tipo de accidente más frecuente en líneas de distribución, en líneas de transporte es prácticamente imposible):
  - Las aves más susceptibles de sufrir electrocutión son las que utilizan los apoyos como posaderos elevados. Es el caso de rapaces diurnas (más del 50% de la mortalidad registrada), los córvidos, las cigüeñas o las rapaces nocturnas. Preferentemente aves de mayor envergadura que pueden establecer contacto simultáneo entre el conductor y el poste.
- Colisión:
  - La incidencia global sobre la avifauna es proporcionalmente baja y en áreas muy localizadas.
  - Las características de vuelo, tamaño y comportamiento gregario o la tendencia a formar concentraciones temporales en lugares de cría y/o alimentación diferencian entre especies poco o muy susceptibles de sufrir colisión:
    - Especies poco susceptibles de sufrir colisión: rapaces, córvidos, etc.
    - Especies muy susceptibles de sufrir colisión: avutardas, sisonas, grullas, flamencos, cigüeñas y ciertas acuáticas.
    - El condicionante de peligrosidad de una línea es la presencia o ausencia de cables de tierra debido a ser

poco visibles por su menor diámetro, pudiendo ser mitigada mediante señalización. La instalación de espirales salvapájaros, dispuestas en el cable de tierra resultó ser la medida más eficaz.

## 1992 y posteriormente en 1995 y 1997 “Respuesta de las aves a una silueta de rapaz, como medida de prevención de las colisiones en los tendidos eléctricos de alta tensión”

### Objeto:

Analizar la respuesta de las aves ante la presencia de siluetas de rapaces (planas o en tres dimensiones) colocadas en los apoyos de líneas de transporte de energía eléctrica, como sistema eficaz para mitigar el riesgo de colisión.

### Área de estudio:

- Área de Rosarito (al sur de la Sierra de Gredos y del embalse de Rosarito) y Área de Villafáfila (Laguna de Villafáfila). 1992.
- Comunidad Autónoma de Extremadura. 1995.
- Estrecho de Gibraltar y Parque Nacional de Doñana. 1997.

### Conclusiones:

- Ni la presencia de las aves ni su comportamiento de vuelo se ha visto alterado, dudando de su eficacia como medida anticolidión
- Las especies presas habituales de rapaces (paseriformes y otras especies de pequeño tamaño) presentan un comportamiento esquivo ante la presencia de la silueta en tres dimensiones.
- Rapaces y córvidos consideran como un competidor la silueta en tres dimensiones.

## 1995-2003 “Estudios de colisión y señalización de diversas líneas”

- Desde 1995 hasta la actualidad Red Eléctrica realiza estudios de colisión en líneas eléctricas que a priori son consideradas como problemáticas para las aves que se localizan en el área de influencia de la instalación, posteriormente se señalizan aquellas que realmente lo son, realizando un seguimiento de la eficacia de la señalización instalada.

## 2. ESTUDIOS DE NIDIFICACIÓN

### 1991 “Diseño y ensayo de nidos artificiales para cigüeñas”

#### Objeto:

- Diseñar y ensayar nidos artificiales para cigüeñas que permitan el traslado, en el mismo apoyo, de los nidos situados en enclaves problemáticos.

#### Área de estudio:

- Valle de Alcuía (Ciudad Real)



Plataforma en nidificación en apoyo.

#### Conclusiones:

- Inicialmente se consideró un éxito, ya que los doce nidos trasladados a soportes o nidos artificiales siguieron siendo ocupados por las cigüeñas, aceptando los nuevos emplazamientos. Sin embargo, la solución agravó el problema, ya que los emplazamientos que se habían desocupados trasladando los nidos, fueron nuevamente ocupados, por nuevas parejas al año siguiente. Se consideró necesario el estudio y el diseño de medidas disuasoras de nidificación.

### 1994-2001 Diversos proyectos sobre nidificación y medidas disuasoras de nidificación

#### Objeto:

- Identificación de especies nidificantes en apoyos de líneas eléctricas de alta tensión y problemática asociada.
- Elaboración de una herramienta metodológica para predecir la probabilidad de ocupación de un punto de la red por ejemplares nidificantes de cigüeñas y cuervos.
- Diseño, ensayo y seguimiento de medidas disuasoras de nidificación.

#### Área de estudio:

- Andalucía, Extremadura, Castilla-La Mancha, Castilla y León.



Apoyo experimental.

#### Conclusiones:

- La ocupación se da de forma prioritaria por parte de especies de rapaces y córvidos, destacando tanto por su número como por su envergadura la Cigüeña Blanca (*Ciconia ciconia*).
  - Dificultad en el mantenimiento de las instalaciones dado el tamaño de los nidos y los disparos de líneas generados por caídas de restos de construcción de nidos y excrementos en las cadenas de aisladores.
  - Aquellos nidos que se disponen bajo el plano definido por los conductores no tienen incidencia alguna sobre la instalación.
  - El modelo de torre juega un papel muy importante a la hora de determinar la ocupación. Los apoyos “cabeza de gato” son los más ocupados.
  - Se determinan una serie de variables que permiten realizar un análisis discriminante de la selección de apoyos por aves, tales como cigüeñas y cuervos.
  - Uso de plataformas artificiales de nidificación, se desplaza el nido desde el punto conflictivo a la misma. Para conseguir un resultado óptimo de la actuación se deben instalar, en el punto anteriormente ocupado por el nido, dispositivos disuasores de nidificación.
  - Uso de dispositivos disuasores de contrastada eficacia. En primer lugar se instalan estos dispositivos sobre estructuras de nidificación levantada (apoyo experimental) en la proximidad a colonias de cigüeñas, con los resultados obtenidos se evaluó la eficacia de los distintos prototipos instalados, resultando ser el más eficaz el constituido por vástagos y varillas.
- En la actualidad se continúa en el proyecto de seguimiento de la eficacia de las medidas disuasoras instaladas y se sigue en la línea de investigación y mejora de las medidas existentes.

## 2001 “Registro como modelo de utilidad del dispositivo disuasor de nidificación en apoyos de líneas de electricidad”

Vástago: tubo roscado de 60 cm de longitud y 1,6 cm de diámetro de acero galvanizado, con un sistema de anclaje con tornillo soldado en su extremo inferior.

Varillas: varilla roscada de 1 m de longitud y 8 mm de diámetro de acero galvanizado, su unión a los vástagos se consigue insertándolas en las piezas adaptadas para este fin.



Dispositivo disuasor de nidificación en el extremo de la semicruceta.

Las varillas se dispondrán sobre el vástago de maneras muy diversas en función del tipo de apoyo y zona del mismo a proteger.

## 1997-2003 “Uso de apoyos de líneas eléctricas para la nidificación de rapaces”

### Objeto:

Analizar los factores que pueden incidir en el éxito de la nidificación de determinadas rapaces en apoyos de líneas de transporte de electricidad haciendo uso de tres tipos de soportes artificiales: bote nido, caja nido y artesa plástica.

### Área de estudio:

Se elige la provincia de Valladolid y al halcón común (Falco peregrinus) por el nivel de fracasos de nidificación que está teniendo la población de dicha especie debido a la climatología, mal estado de los nidos y las expoliaciones.

### Conclusiones:

- Se observa el crecimiento en el número de nidos de halcón común instalados en líneas de alta tensión



Halcón junto a bote nido.

en relación a los tradicionales en cortados fluviales, cantiles rocosos, canteras abandonadas y edificaciones humanas hasta convertirse en aproximadamente el 60% de la población existente en Valladolid.

- Es significativo destacar la intervención previa de los córvidos, reconocidos constructores de nidos, ya que sus nidos luego son utilizados por los halcones tanto en líneas como en escarpaduras naturales.

## 2002-2003 “Uso de subestaciones de transporte de electricidad de Red Eléctrica por el cernícalo primilla (Falco naumanni) en Navarra y Aragón: su importancia para la conservación de la especie a nivel estatal”

A pesar de los numerosos y diversos casos conocidos de interacciones entre las instalaciones eléctricas y la conservación de aves amenazadas a lo largo del mundo, recientemente se ha constatado un hecho sin precedentes: la congregación de cientos de ejemplares de cernícalo primilla (Falco naumanni) en subestaciones de transporte de electricidad en el norte de España.

### Objeto:

- Localización de las subestaciones eléctricas ocupadas por cernícalo primilla.

- Definir la interacción existente entre las instalaciones eléctricas y las aves.

- En caso de existir interacciones negativas definir medidas correctoras.

- Definir la importancia de los dormideros para la conservación de la especie.

### Área de estudio:

- Subestaciones eléctricas de Navarra y Aragón.

### Conclusiones:

- Se confirma el empleo de subestaciones de trans-

porte como sustrato para la formación de dormideros pre-migratorios. Se han encontrado cuatro subestaciones ocupadas, tres de ellas de Red Eléctrica: Peñaflor, Magallón y La Serna.

- El 93,8% de los ejemplares censados en España eligen las subestaciones como dormideros.
- La mortalidad ocurrida es muy baja, dado el comportamiento de vuelo las situaciones de riesgo por colisión son pocas y por electrocución prácticamente imposibles.
- No existen daños ocasionados por los cernícalos a las instalaciones.
- La presencia de estos dormideros resulta de vital importancia para la conservación de la especie tanto en Navarra y Aragón como en el resto de España. En primer lugar, la agrupación de aves sociales en dormideros facilita tanto la supervivencia de ejemplares jóvenes, al dormir en lugares seguros frente a la climatología y depredación, y cercanos a fuentes rentables de alimento, como la colonización y recolonización de áreas adecuadas para la nidificación.

### 3. PUBLICACIONES

- 1999 Varios autores. Aves y líneas eléctricas: colisión, electrocución y nidificación. Editorial Quercus. Madrid.
- 1991-1995 Proyecto de Investigación y Desarrollo Electrotécnico (PIE). Sevillana de Electricidad, Iberdrola, Red Eléctrica y C.S.I.C. "Análisis de impactos de las líneas eléctricas sobre la avifauna de Espacios Naturales Protegidos".
- 1989-1992 Efecto de la señalización de la línea 400 kV Valdecaballeros-Guillena, sobre la avifauna.



# MITIGACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS EN LÍNEAS AÉREAS

## ALLEVIATION OF THE MAGNETIC FIELDS OF POWER LINES

**PEDRO CRUZ ROMERO Y MANUEL BURGOS PAYÁN**

Escuela Superior de Ingenieros de la  
Universidad de Sevilla

### RESUMEN

En los últimos años ha existido una evidente alarma social sobre los posibles efectos nocivos de los campos magnéticos generados por las instalaciones eléctricas de generación, transporte y distribución. En particular, la presencia de líneas eléctricas aéreas, entre otros motivos por su tamaño, extensión geográfica y cercanía a núcleos de población, ha sido especialmente objeto de preocupación, como puede comprobarse por los medios de comunicación social, publicaciones de todo tipo, y por las quejas recibidas en las compañías eléctricas.

Es por ello que existe en el sector una preocupación por disponer de métodos sencillos y económicos que reduzcan en parte los niveles de emisión de campo magnético. Un ejemplo de ello es la existencia en la CIGRE de un grupo de trabajo que está preparando un informe sobre diferentes métodos de mitigación en instalaciones eléctricas.

En esta comunicación se revisan los principales métodos de mitigación de campos magnéticos generados por líneas aéreas de transporte: geometría de fases, compactación, reordenación de fases, división de fases, e inserción de lazos pasivo y activo. Para cada método se revisará en primer lugar su efectividad mitigante en diversos puntos dentro y fuera de la servidumbre de paso de la línea, estableciendo una comparativa entre los mismos, suponiendo una misma carga en la línea y una misma altura del conductor en el punto medio del vano. Seguidamente se analizarán las posibilidades de implementación del método en líneas ya existentes o durante la fase de proyecto. Se analizará también el impacto ambiental que cada método introduce. Se describirán algunos posibles efectos secundarios sobre otros parámetros de la línea (campo eléctrico, efecto corona). Seguidamente se realizará una evaluación aproximada de costes por km de línea para dos tensiones extremas en la red de transporte europea: 132 kV y 400 kV, distinguiendo si las líneas existen o no se han construido todavía. Por último se describirán algunas experiencias de aplicación de los métodos propuestos de mitigación de campos magnéticos en algunos países.

### ABSTRACT

*In recent years social alarm has been noted regarding the harmful effects of magnetic fields caused by generator, transmission and distribution facilities. In particular, overhead power lines have been an object of special concern due to their size, extensive geographic presence and proximity to population centres. This can be noted in the media and in publications of all kinds, and in the complaints received at utility companies.*

*The sector would therefore like to have simple and economic means of partially reducing the emission levels of such fields. An example of this is a working group of the International Conference on Large Power Networks that is preparing a report on the different methods of improving the situation at electrical installations.*

*This paper reviews the main methods of lessening the effects of magnetic fields generated by overhead power lines. They include phase geometry, compaction, rearrangement of phases, division of phases and the insertion of passive and active links. The first step is to examine the effectiveness of each approach inside and outside the power line right-of-way. The methods are compared based on the same load and the same height of the wire at centre span. After this the possibility of implementing the method is considered for existing lines and in the design phase of new lines. The environmental impact of each method is also taken into account. A number of possible secondary effects on other power line parameters (the electrical field and the corona effect) will also be described. Next, the approximate cost per km of line will be calculated for the two extreme voltages in the European network. These are 132 kV and 400 kV. Separate treatment will be given to existing lines and those that have not yet been installed. Lastly, the experience gathered during the application of the methods proposed for alleviating magnetic fields in some countries, will be discussed.*

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha existido una evidente alarma social sobre los posibles efectos nocivos de los campos magnéticos de extremada baja frecuencia (CMEBF) generados por las instalaciones eléctricas de generación, transporte y distribución. En particular, la presencia de líneas eléctricas aéreas, entre otros motivos por su tamaño, extensión geográfica y, en ocasiones, cercanía a núcleos de población, ha sido especialmente objeto de preocupación, como puede comprobarse por los medios de comunicación social, publicaciones de todo tipo [1,2], y por las quejas recibidas en las compañías eléctricas.

Es por ello que existe en el sector un interés creciente por disponer de métodos sencillos y económicos que reduzcan en parte los niveles de emisión de CMEBF. Un ejemplo de ello es la existencia en la CIGRE (Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas) de un grupo de trabajo que está preparando un informe sobre diferentes métodos de mitigación en instalaciones eléctricas (se espera su publicación a finales de 2004).

Otra línea de actuación (no abordada en esta comunicación) es la investigación de la posible relación entre CMEBF creados por las líneas aéreas y la salud. Se han realizado numerosas investigaciones en la última década, concluyéndose que no existen evidencias que relacionen de un modo determinante los CMEBF con la aparición de enfermedades o tumores. Un buen número de organismos públicos se han pronunciado en esta dirección, como el Ministerio de Sanidad y Consumo a través de un informe realizado por un Comité de Expertos [3], donde se concluye que el cumplimiento de la Recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea (1999/519/CE) es suficiente para garantizar la protección sanitaria de los ciudadanos.

A estas mismas conclusiones llegan también las sentencias que los tribunales de justicia han dictado, como por ejemplo en EE.UU. [4] y España [5].

A pesar de la falta de evidencia del efecto nocivo que en general podrían provocar los CMEBF, esta cuestión no está cerrada, debido principalmente a estudios epidemiológicos de leucemia infantil. En 2001 la Agencia Internacional para la investigación sobre el Cáncer (IARC) incluyó los CMEBF como "posibles cancerígenos" en seres humanos en lo que concierne a leucemia

infantil, aunque no descarta que la asociación exposición a campos magnéticos-leucemia se deba al azar, sesgo o exposición a otro tipo de campos (la propia Organización Mundial de la Salud (OMS) recomendó entonces la realización de estudios específicos más concluyentes, ya iniciados y cuyos resultados no han sido aún publicados [6]). Por otro lado la mayoría de los informes oficiales de carácter nacional o internacional recomiendan una actitud de cautela tanto en la Administración, mediante el establecimiento de límites de exposición razonables, público en general, evitando la exposición prolongada, como en las empresas eléctricas, mediante la puesta en práctica de medidas de bajo a medio coste para reducir el campo magnético creado por las instalaciones eléctricas.

La reducción de los CMEBF puede ser también conveniente en casos de interferencias con monitores basados en tubos de rayos catódicos [7], microscopios electrónicos, equipo médico de diagnóstico y monitorización, pantallas de control de tráfico aéreo, etc.

En esta ponencia se revisan las principales técnicas que las compañías eléctricas disponen para reducir los CMEBF creado por las líneas eléctricas de Alta Tensión, evaluando, entre otros aspectos, la efectividad de la medida y el efecto sobre otros aspectos (campo eléctrico, efecto corona) que supone su implementación. En concreto se analizan las siguientes: incremento de altura de los apoyos, cambio en la geometría de las fases, compactación, reordenación de fases, división de fases e inserción de lazos. Existen otras propuestas para la reducción del campo, como la expansión de la red de transporte mediante la construcción de nuevas líneas de tal manera que la carga en las líneas de mayor emisión de campo disminuya [8] o la incorporación de restricciones de campo magnético en la programación óptima de la generación [9], manteniendo el actual nivel de consumo. Sin embargo, o bien las posibles implicaciones que su puesta en práctica pueden tener sobre la operación del sistema eléctrico de un país, o bien el coste y los trámites administrativos que supone un desvío o incluso una nueva línea, hace que no se empleen hasta la fecha con la exclusiva finalidad de reducir el campo magnético.

Para poder comparar la efectividad mitigante de los diferentes métodos, se tomarán como referencia las configuraciones típicas en dos niveles de tensión: 132 kV y 400 kV (figura 1). Para el cálculo de campo magnético se ha supuesto corriente trifásica equilibrada, y

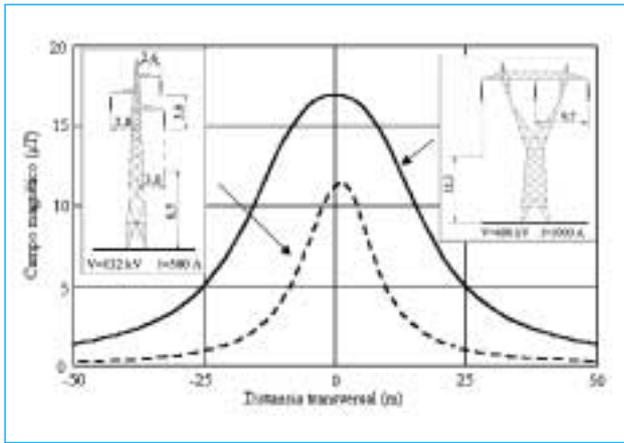


Figura 1. Campo magnético creado por dos configuraciones típicas de 132 y 400 kV (unidades de longitud en metros).

se han tomado los puntos de cálculo los comprendidos en una recta perpendicular a la línea, en mitad de un vano a nivel y a 1 m de altura sobre el suelo.

## DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS. EFECTIVIDAD MITIGANTE

### Incremento de la altura de los conductores

El valor del campo magnético debido a una configuración trifásica equilibrada varía cuadráticamente con la distancia al centro geométrico de la misma, que se puede asimilar a la hipotenusa de un triángulo rectángulo cuyos lados son la altura y separación. Si se incrementa la altura, uno de los lados del triángulo crece, pero el incremento relativo de la hipotenusa, que es lo que interesa, vendrá condicionado por la separación al punto donde se quiere reducir el campo. La efectivi-

dad no es por tanto uniforme, como se observa en la Figura 2, donde se aprecia una reducción del campo alta bajo la línea (mayor en la configuración de 150 kV por estar los conductores a menor altura), pero una rápida caída en la efectividad con la separación a la línea, hasta hacerse prácticamente nula (esta reducción es aún más dramática en la línea de 150 kV). Por tanto este método podría ser útil para reducir el máximo del campo bajo la línea o en puntos situados en la servidumbre de paso.

### Cambio en la configuración de los conductores

Manteniendo la misma separación mínima entre conductores, así como la distancia mínima al suelo, el campo magnético varía con la configuración de los conductores, tal como se aprecia claramente en la Figura 3. El campo mínimo se consigue para configuraciones triangulares equiláteras (delta, delta invertida, tresbolillo) frente a configuraciones alineadas (horizontal, vertical) o triangulares no equiláteras. En el caso de la línea de 400 kV, la configuración de la que se parte es la menos idónea (horizontal), por lo que las posibilidades de mejora son claras. En la figura se observa que aunque bajo la línea la configuración vertical presenta una reducción del mismo orden que las triangulares, fuera de la servidumbre de paso el valor del campo es similar al de la configuración horizontal. En el caso de la línea de 132 kV se parte de una configuración triangular no equilátera y la mejora consistiría en transformarla en una configuración equilátera. De entre las tres configuraciones equiláteras posibles, la óptima desde el punto de vista de campo mínimo es la delta invertida.

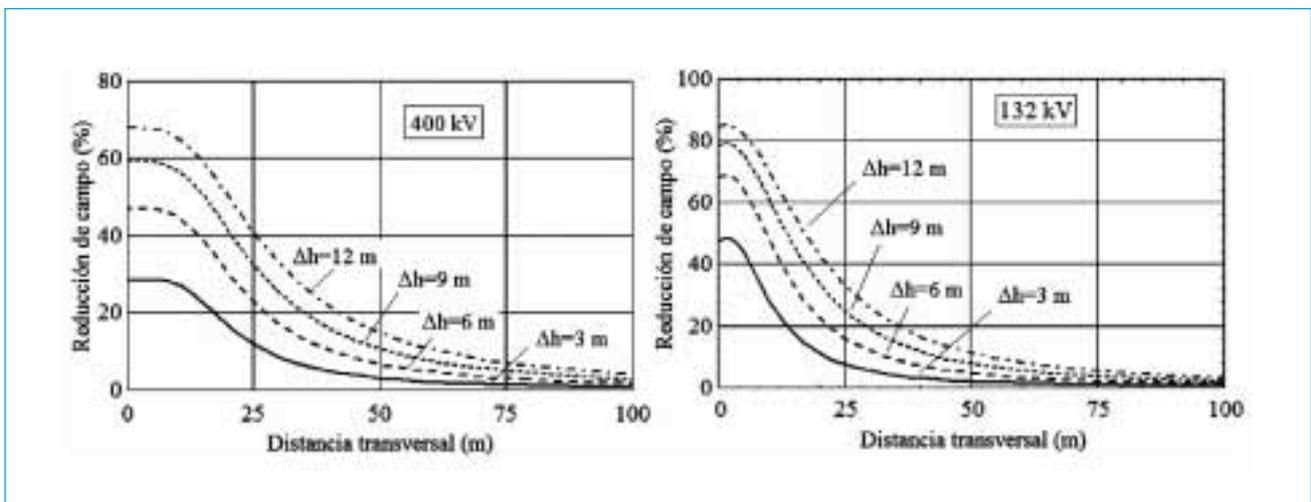


Figura 2. Reducción porcentual del campo magnético en la configuración horizontal al incrementar la altura de los conductores.

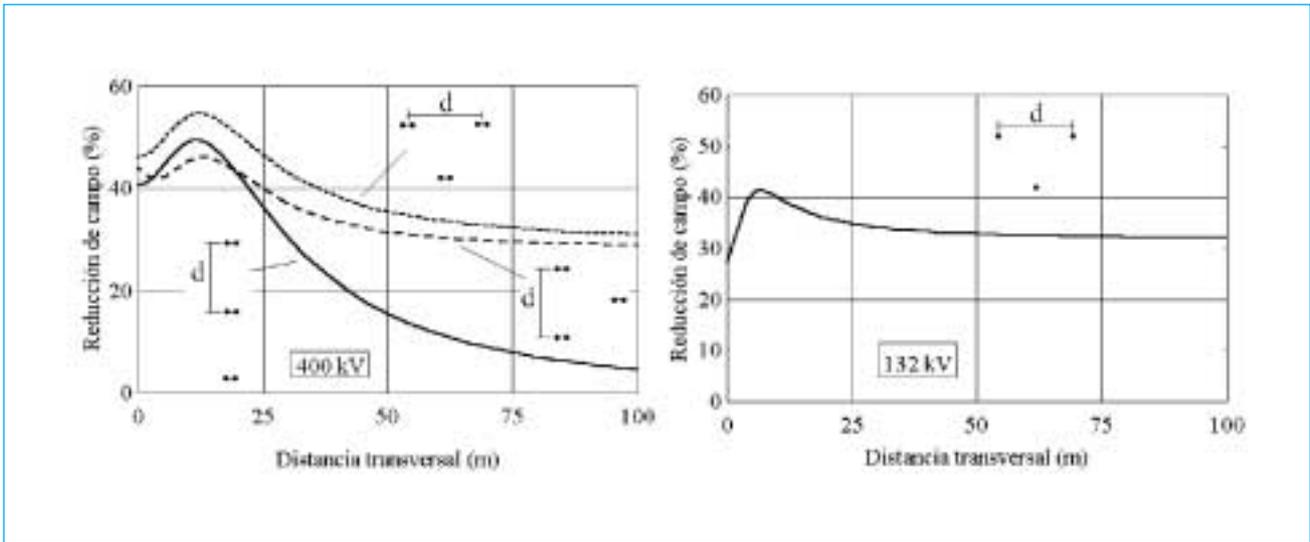


Figura 3. Reducción del campo magnético mediante la disposición geométrica de las fases, manteniendo igual la distancia mínima al suelo y entre fases (400 kV:  $d=9,7$  m; 132 kV:  $d = 3,6$  m).

### Reducción de la separación entre fases (compactación)

El campo magnético se reduce en todos los puntos conforme la separación entre fases disminuye (línea compacta). Para puntos separados de la línea la reducción es lineal. La reducción se incrementa si además se modifica la configuración de conductores. Para conseguir reducir la distancia fase-fase se emplean apoyos que eviten la interposición de elementos estructurales, el empleo de aisladores en V, crucetas aisladas, separadores fase-fase localizados fuera de los apoyos, y conductores cubiertos. Las figuras 4 y 5 muestran algunos ejemplos para 400 kV y 132 kV, obtenidos de configuraciones existentes.

En la Figura 4 se muestra la reducción obtenida con una configuración al tresbolillo con soporte tubular y aisladores en V. Se emplea en zonas urbanas de Suecia [10]. Se muestra también la reducción obtenida con

una configuración delta invertida y dos grados de compactación: el normal (distancia fase-fase = 7,3 m), empleado en las nuevas líneas en Suecia [10] y el ultracompacto [11]. Además en este último caso es necesario colocar separadores entre fases. La principal conclusión que se obtiene de la figura es que con un grado de compactación convencional se consigue reducir el campo a la mitad aproximadamente.

En la Figura 5 se muestra la moderada reducción obtenida con una configuración tresbolillo con crucetas aisladas [12], y la importante reducción conseguida con la ultracompactación y configuración delta invertida [13]. Además es técnicamente viable hoy en día emplear cables cubiertos por aislamiento para líneas de 132 kV, por lo que es posible reducir aún más las distancias entre conductores. En la figura se muestra la reducción obtenida con una configuración vertical con este tipo de cables, ensayada en Finlandia [14].

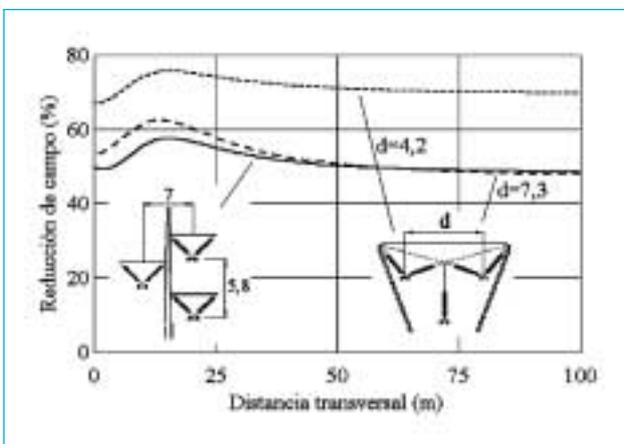


Figura 4. Reducción del campo conseguida con el empleo de configuraciones compactas para líneas de 400 kV (unidades en m).

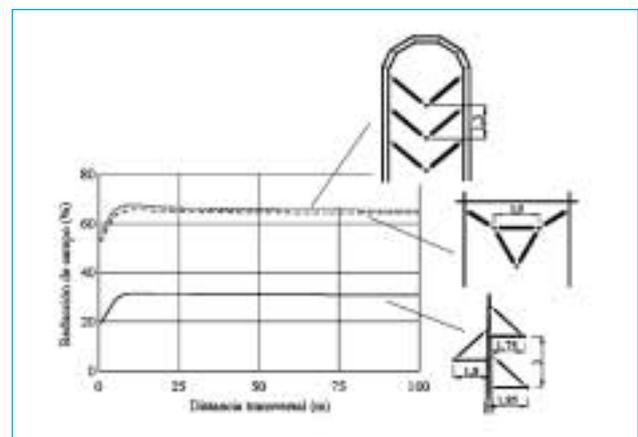


Figura 5. Reducción del campo conseguida con el empleo de configuraciones compactas para líneas de 132 kV (unidades en m).

El límite de compactación viene dado por los requerimientos de aislamiento eléctrico y posibilidad de realizar trabajos en tensión.

### Reordenación de fases y compactación (líneas doble circuito)

En el caso de líneas doble circuito con igual carga en ambos circuitos existe, además de la compactación, otra opción para reducir el campo magnético de la línea. Consiste en colocar las fases de uno de los circuitos en un orden determinado en relación a las fases del otro circuito. En la Figura 6 se muestra el campo cuando se reordenan las fases de una línea vertical de 400 kV que originalmente tiene las fases en la disposición superhaz (abc-a'b'c'), convirtiéndola en disposición baja reactancia abc-c'b'a' (las distancias y la carga de la línea no varían). En la misma figura se muestra también el campo al compactar la línea de baja reactancia [15]. Se puede demostrar que el efecto de la reordenación de fases hace que el campo disminuya más rápidamente con la distancia (al cubo) por lo que la reducción tiende a ser completa a medida que la distancia a la línea crece. El efecto de la compactación es más discreto a cierta distancia de la línea. El caso de la configuración doble circuito para la línea de 132 kV se muestra en la Figura 7, donde se obtiene un resultado similar.

### División de fases

Consiste en dividir dos o tres fases en dos o tres conductores [16,17]. Siguiendo una sencilla regla para localizar convenientemente los conductores de cada fase [18,19] es posible conseguir que el campo magnético disminuya con la distancia al cubo (división en dos conductores) o a la cuarta (división en tres conductores). Un caso particular es la línea doble circuito baja reactancia (división de las tres fases en dos conductores).

La Figura 8 muestra la reducción del campo obtenida con varias configuraciones de fase partida para una línea de 400 kV, tomando como referencia la delta invertida (la óptima en simple circuito).

Se observa que al dividir una sola fase la reducción es significativa bajo la línea, siendo menor conforme crece la distancia a la línea. El campo no varía con la distancia al cubo, sino con la distancia al cuadrado. Si en lugar de una fase se dividen dos la reducción es muy alta y crece con la distancia. La reducción es aún mayor si las fases partidas, en lugar de dividirse en dos subfases, lo hacen en tres, como se observa en la figura (conf. hexagonal). Las tres configuraciones mostradas con división de 2 y 3 fases han sido experimentadas en prototipos a escala real [20,21]. En la figura 9 se muestran dos fotografías de las configuraciones vertical y hexagonal para 115 kV [21].

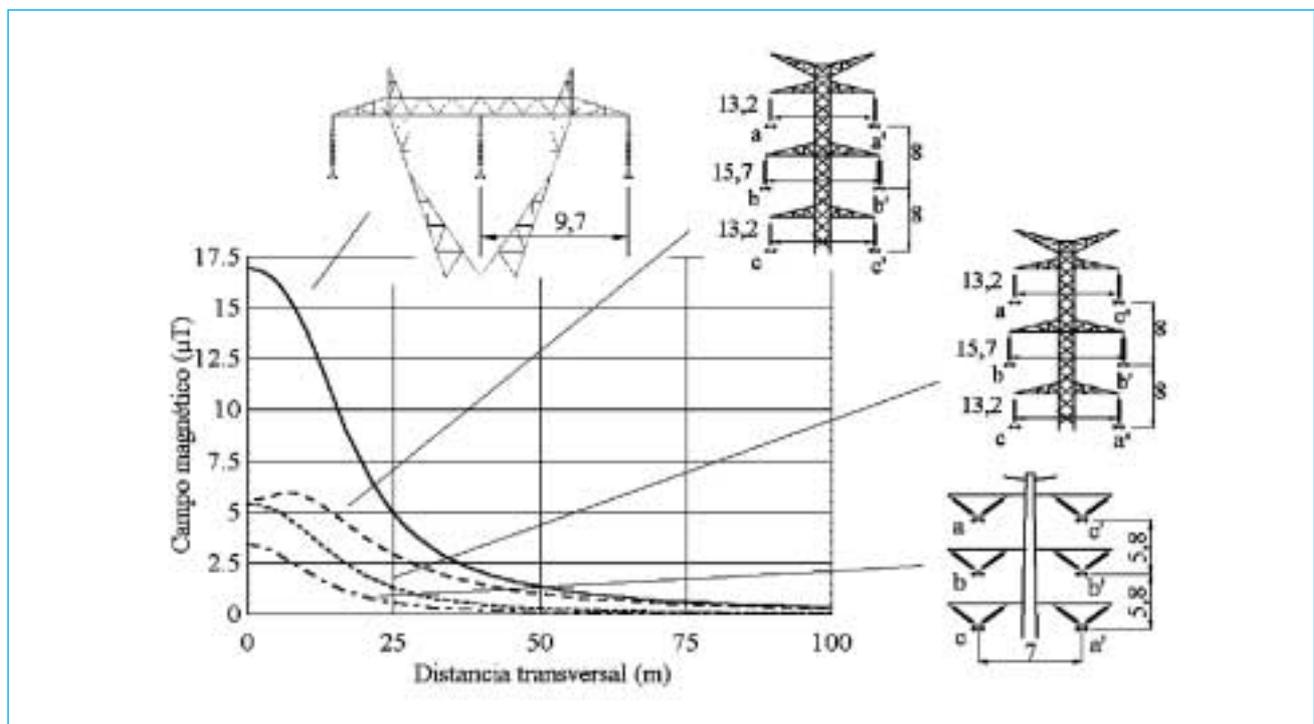


Figura 6. Campo magnético creado por líneas convencionales doble circuito y baja reactancia, así como baja reactancia compacta para igual separación al suelo (400 kV).

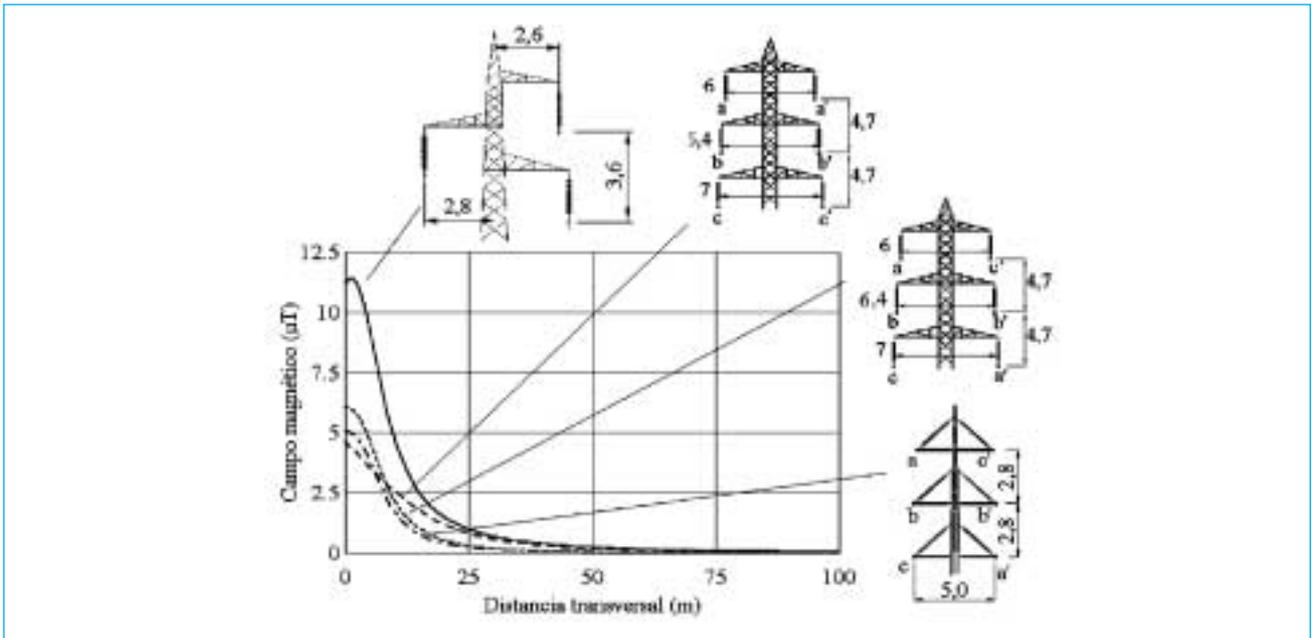


Figura 7. Campo magnético creado por líneas convencionales doble circuito y baja reactancia, así como baja reactancia compacta, para igual separación al suelo (132 kV) (medidas en metros).

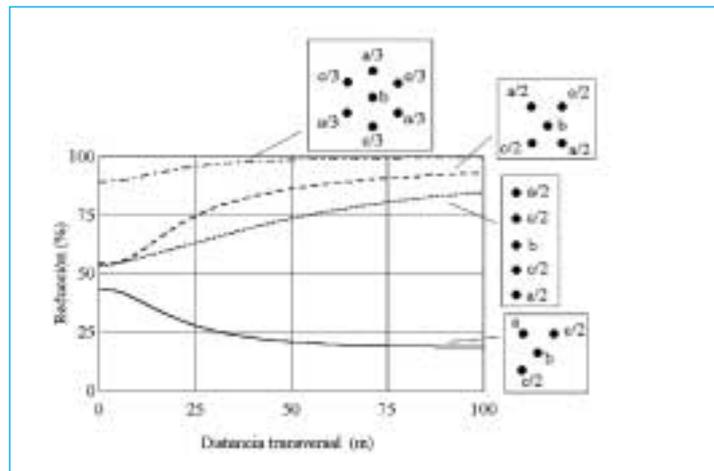


Figura 8. Reducción del campo respecto a la configuración delta invertida obtenida con distintas disposiciones de fase partida (400 kV). Distancia mínima entre fases: 5,5 m.



Figura 9. Configuraciones de fase partida vertical (izquierda) y hexagonal (derecha) para 115 kV.

## Inserción de lazo pasivo o activo

Si en las proximidades de una línea se coloca un lazo de material conductor en éste se inducirá una corriente que trata de contrarrestar el campo producido por la línea [10]. Cuanto mayor sea la corriente inducida el campo mitigante se contrarrestará en mayor medida, hasta llegar a un óptimo que minimiza el campo en un punto determinado o una zona. Con técnicas de lazo pasivo podemos aproximarnos a dicho óptimo mediante la introducción de condensadores en serie con el lazo (lazo compensado) [22] o el empleo de conductores de baja resistencia [23]. Se puede conseguir la corriente óptima requerida si se inyecta dicha corriente desde una fuente externa (lazo activo) [23]. La dificultad práctica de esta opción es el coste de la instalación, y la complejidad del control, lo que hace que sólo se haya empleado en vanos de experimentación.

Existen varios ensayos, a nivel experimental sobre vanos reales, del empleo de lazos pasivos [24,25] y activos [23]. Las principales conclusiones de estos ensayos es que este sistema es perfectamente viable para reducir el campo significativamente a un coste moderado, siendo la opción pasiva más atractiva por su simplicidad.

La Figura 10 muestra la reducción obtenida para la línea tipo de 400 kV con un lazo al que se le hace funcionar como pasivo compensado y activo. Se han dimensionado los parámetros en el caso pasivo (condensador) y activo (intensidad a inyectar) para conseguir un mínimo de campo a 30 m de la línea. Se observa que a un lado de la línea la reducción conseguida con el lazo pasivo es incluso mayor que con el activo. Para la línea tipo de 132 kV (tresbolillo) la reducción que se consigue con un lazo es mucho menor; debiéndose acudir al empleo de tres conductores cortocircuitados en ambos extremos [23], lo cual hace que esta solución no sea tan atractiva para configuraciones triangulares.

A modo de resumen de las posibilidades de mitigación del campo generado por las configuraciones aéreas analizadas, la tabla I presenta los valores de factor de atenuación (cociente entre campo original y mitigado) que se obtiene para las configuraciones analizadas, siendo el campo original el debido a las configuraciones de la Figura 1. Aunque existe una cierta variación con otros posibles diseños, los valores mostrados pueden tomarse como representativos.

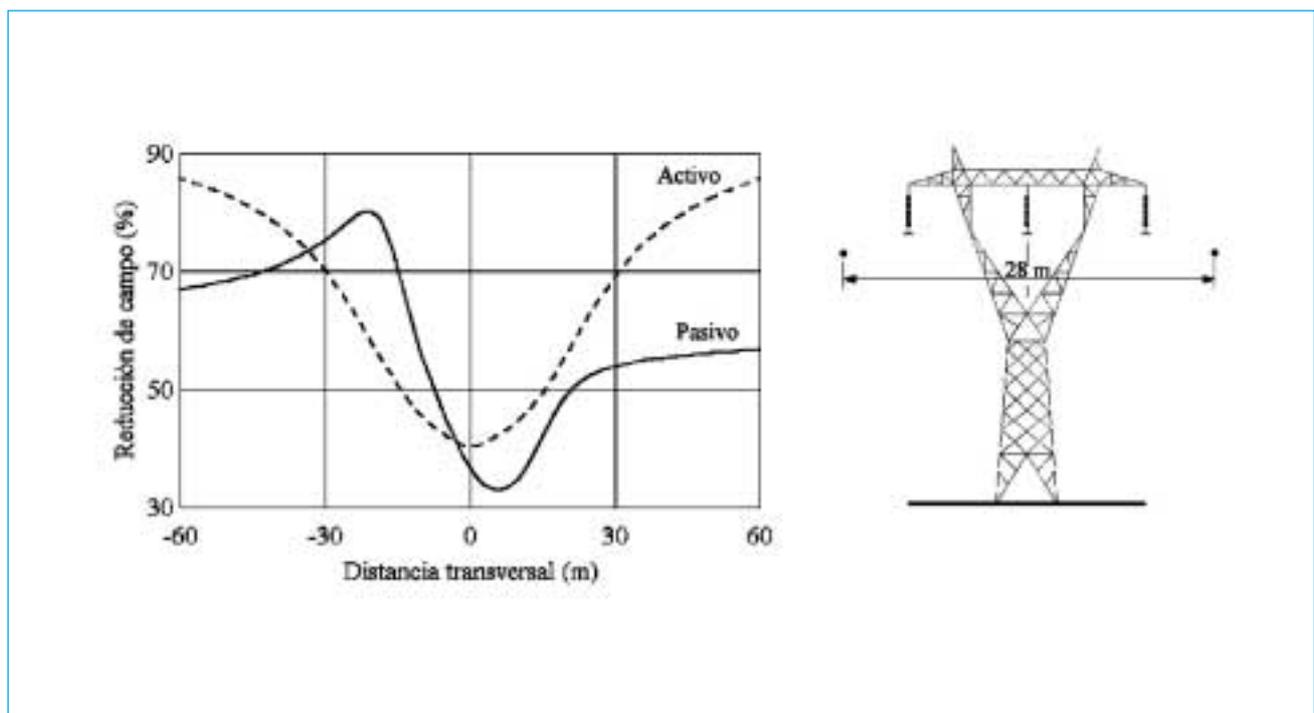


Figura 10. Reducción del campo magnético generado por la línea horizontal de 400 kV al insertar un lazo en funcionamiento pasivo compensado y activo (minimización del campo a 30m de la línea).

Tabla I. Factores de atenuación a diferentes distancias de la línea obtenidos con los métodos analizados. Se han tomado como referencia las configuraciones de la figura 1.

MÉTODO	TENSIÓN (kV)	FACTOR DE ATENUACIÓN		
		Bajo la línea	30 m	50 m
Incremento de altura (6 m)	132	1,5	1,2	1,1
	400	1,9	1,3	1,1
Cambio en la configuración	132 <sup>(1)</sup>	1,4	1,5	1,5
	400 <sup>(2)</sup>	1,9	1,9	1,5
Compactación	132 <sup>(3)</sup>	1,2	1,4	1,4
	400 <sup>(4)</sup>	2,2	2,4	2,1
Ultracompactación	132 <sup>(5)</sup>	2,1	3,1	3,1
	400 <sup>(6)</sup>	2,9	3,8	3,5
Conductores cubiertos	132 <sup>(7)</sup>	2,2	3,3	3,2
Vertical baja reactancia	132 <sup>(8)</sup>	2,6	9,2	13,4
	400 <sup>(9)</sup>	5,0	10,1	14,2
Fase partida	132 <sup>(10)</sup>	3,7	7,4	10,8
	400 <sup>(11)</sup>	5,4	8,4	10,1
Lazo pasivo	400 <sup>(12)</sup>	1,2	11,0	9,1
Lazo activo	400 <sup>(12)</sup>	1,2	24,8	10,1

<sup>(1)</sup> Configuración delta invertida con distancia fase-fase = 9,7 m (Figura 3)

<sup>(2)</sup> Configuración delta invertida con distancia fase-fase = 3,6 m (Figura 3)

<sup>(3)</sup> Configuración al tresbolillo (Figura 5)

<sup>(4)</sup> Configuración delta invertida con distancia fase-fase = 7,3 m (Figura 4)

<sup>(5)</sup> Configuración delta invertida (Figura 5)

<sup>(6)</sup> Configuración delta invertida con distancia fase-fase = 4,2 m (Figura 4)

<sup>(7)</sup> Configuración delta invertida con distancia fase-fase = 1,3 m

<sup>(8)</sup> Figura 7

<sup>(9)</sup> Figura 6

<sup>(10)</sup> Configuración vertical de la Figura 8 con distancia fase-fase = 3 m

<sup>(11)</sup> Configuración vertical de la Figura 8 con distancia fase-fase = 5,8 m

<sup>(12)</sup> Figura 10

## OTROS FACTORES QUE AFECTAN AL DISEÑO FINAL

En la mayoría de los casos analizados la modificación de las características de la línea tiene efectos significativos en otros parámetros de diseño, que básicamente pueden dividirse en factores de origen eléctrico y los asociados a la fiabilidad y mantenimiento de la línea. Otro aspecto muy importante a considerar es el coste de la solución adoptada.

## Parámetros de origen eléctrico

Los parámetros de origen eléctrico que se ven alterados, en mayor o menor medida, por el cambio de diseño son los niveles de campo eléctrico, ruido audible y radiofrecuencia (efecto corona), desequilibrio, corriente inducida en conductores de tierra, etc. De todos ellos, el de mayor importancia es el efecto corona. Desgraciadamente, la configuración óptima en emisión de campo magnético no coincide con la que mini-

miza el efecto corona, por lo que el diseño final de una configuración de fases con menos niveles de campo magnético ha de ser compatible con unos niveles de ruido audible y radiofrecuencia aceptables.

La tabla 2 muestra de un modo cualitativo la variación, respecto a la configuración de referencia para 400 kV (línea horizontal), de algunas de las posibilidades analizadas previamente para reducir el campo magnético [11,19,26,27,28,29]. Puede observarse que dos de los métodos más efectivos para reducir el campo magnético (conversión superhaz a baja reactancia y división de fases) provocan un ligero incremento del efecto corona,

tanto ruido audible como radiointerferencias. Si además se compacta la línea el efecto corona se intensifica aún más. En los casos de ultracompactación es necesario reducir este efecto a ciertos límites, por lo que se actuaría incrementando la sección de los conductores o, más efectivo, el número de subconductores por fase. Es interesante observar que en el caso del lazo pasivo/activo la reducción de campo magnético no afecta apenas al efecto corona. Para la tensión de 132 kV el efecto corona puede despreciarse, incluso en los casos de compactación extrema.

**Tabla 2. Efecto de la reducción del campo magnético en otros parámetros de la línea (400 kV)**

MÉTODO	CAMPO MAGNÉTICO	CAMPO ELÉCTRICO	RUIDO AUDIBLE	RADIO INTERFERENCIA	DESE- QUILIBRIO	PÉRDIDAS CABLE TIERRA
Incremento altura	↓	↓	↓	↓ <sup>(1)</sup>	=	=
Cambio geometría	↓	↓	=	↑	↓	↓
Compactación	↓↓	↓↓	↑↑	↑	↓	↓
Vertical superhaz→Baja reactancia	↓↓↓	↓↓	↑	↑ <sup>(2)</sup>	↓↓↓	↓↓
División de fases <sup>(3)</sup>	↓↓↓	↓↓	↑	↑	↓	↑
Lazo pasivo/activo	↓↓↓	↓	=	=	=	↑

<sup>(1)</sup> A partir de cierta distancia (unos 50 m) el efecto es el contrario  
<sup>(2)</sup> Crece ligeramente a partir de unos 30 m de separación  
<sup>(3)</sup> Se ha escogido la configuración vertical (figura 8)

Aunque es posible cuantificar los niveles de ruido audible y radiointerferencia a partir de una configuración determinada [21,30], no deja de ser una aproximación debido a la naturaleza aleatoria del efecto corona. Es por ello que para las configuraciones menos convencionales (división de fases, compactación) han de realizarse ensayos en vanos de experimentación [13,20].

### Fiabilidad y mantenimiento

En relación a la fiabilidad, un parámetro clave es la distancia mínima fase-tierra, ya que determina el nivel de aislamiento y por tanto la probabilidad de disparos en la línea como consecuencia de sobretensiones. Se ha comprobado [10] que una pequeña reducción porcentual de dicha distancia respecto a los valores actualmente establecidos tiene como consecuencia un incre-

mento porcentual mucho mayor en la frecuencia de disparos. Es por ello que en el diseño de líneas compactas es preferible evitar la interposición de partes metálicas en el recorrido entre las fases. La configuración delta invertida (figuras 4 y 5) es un ejemplo.

La modificación de la configuración de las fases, o la distancia entre las mismas, supone también un cambio en el procedimiento para llevar a cabo el mantenimiento rutinario de la línea, sobre todo los trabajos realizados en tensión (cambio de aisladores, herrajes, etc). El diseño final ha de permitir la realización de estos trabajos respetando las distancias mínimas reglamentarias. Una interesante experiencia relacionada con este aspecto se muestra en [13], donde se describe el diseño de una nueva línea compacta de 115 kV. Durante la fase de pruebas tuvieron que incrementarse las distancias debido a esta razón.

## Coste

En relación al coste, un sencillo procedimiento desarrollado en [11] permite comparar las diversas configuraciones de un modo aproximado. Aplicando dicha formulación, en la tabla 3 se muestran los costes relati-

vos de las configuraciones de la Tabla 1, tomando como base las configuraciones de la figura 1. Teniendo en cuenta los valores de la tabla 1 se han obtenido también los cocientes coste relativo/factor de atenuación a 30 m.

**Tabla 3. Coste relativo aproximado de las disposiciones de la tabla 1, tomando como referencia las configuraciones de la figura 1.**

MÉTODO	TENSIÓN	COSTE RELATIVO	COSTE RELATIVO/FACTOR DE ATENUACIÓN A 30 M
Cambio geometría	132 kV	1	0,67
	400 kV	1	0,67
Compactación	132 kV	0,96	0,69
	400 kV	0,97	0,46
Ultracompactación	132 kV	1,4	0,45
	400 kV	1,8	0,51
Conductores cubiertos	132 kV	1,25	0,39
Vertical baja reactancia	132 kV	1,4	0,10
	400 kV	1,6	0,11
Fase partida	132 kV	1,2	0,11
	400 kV	1,4	0,14
Lazo pasivo	400 kV	1,3	0,14
Lazo activo	400 kV	1,3	0,13

Se observa de la tabla 3 que las configuraciones más costosas son las ultracompactas y doble circuito baja reactancia, debido fundamentalmente a la necesidad de colocar separadores entre fases, la reducción de la longitud del vano y el incremento de subconductores por fase. El coste de la línea con lazo pasivo/activo es muy variable, dependiendo del grado de mitigación deseado, y en general resulta menor que con dichas configuraciones a igual nivel de mitigación [31]. El cálculo del coste del lazo activo se ha deducido suponiendo que existe un equipo lo suficientemente probado para ser fabricado en serie. Los métodos que presentan una más baja relación coste/factor de atenuación son la división de fases y la inserción de lazos.

La tabla anterior se ha confeccionado suponiendo que la línea es de nuevo diseño. Si lo que se desea es reconfigurar una línea existente, no es fácil dar una estimación genérica del coste, ya que depende de las características de la línea existente.

## ELECCIÓN DEL MÉTODO DE MITIGACIÓN

La estrategia de reducción del campo magnético generado por una línea se basa en buscar aquella configuración que satisface las necesidades de mitigación al mínimo costo y sin perjudicar la fiabilidad del servicio. Los datos de entrada para este problema son el nivel de mitigación requerido y el área que es preciso mitigar. Teniendo en cuenta esto y las características de la línea existente, se pueden plantear diversas alternativas que, en un análisis posterior más detenido, permiten deducir la solución final. A continuación se muestran algunos casos tipo, sin pretender ser exhaustivos.

Supóngase una línea de 400 kV dúplex, simple circuito, configuración horizontal (apoyos de celosía). Se desea reducir moderadamente el campo (un 30%) en un área acotada, cercana a la línea (menos de 20 metros) y situada en mitad de un vano. Por el nivel de reducción que se pretende, y la posición de la zona a

mitigar; una solución podría ser la inserción en mitad del vano de un apoyo que podría elevar la altura de los conductores unos 10 m. Con ello se podría reducir el campo a la mitad aproximadamente. Además, el tiempo en que la línea tendría que estar fuera de servicio podría reducirse a uno o dos días. Otra alternativa podría ser una ligera compactación, mediante aisladores en V. En este caso habría que analizar la incidencia en el efecto corona, el nivel de aislamiento a masa y la incidencia en las labores de mantenimiento en tensión en los apoyos modificados.

Para la misma línea, se desea reducir un 60% el campo en un área acotada, pero más lejos de la línea (50 m). En este caso es muy probable que las opciones anteriores no sean válidas, incluso actuando simultáneamente. Hay que aplicar una compactación mayor. Una opción es sustituir los apoyos que comprenden el área a mitigar por otros más apropiados para la compactación, como pórticos o tubulares, y cambiar la configuración horizontal a triangular. Si una compactación mayor es necesaria, el coste podría incrementarse considerablemente al ser necesario incrementar el número de subconductores por haz, o incluso insertar espaciadores entre fases. El tiempo de descargo de la línea podría ser de varios días. Una alternativa podría ser el empleo de un lazo de compensación pasivo sobre apoyos externos a la línea. El nivel de reducción requeriría además un condensador en serie con el lazo. Esta alternativa tendría como ventajas un coste menor de instalación y la posibilidad de mantener en servicio la línea en todo momento. El inconveniente es el incremento del impacto visual debido a la colocación de nuevos apoyos y conductores.

Para la misma línea, se desea reducir un 80% el campo en un área de varios kilómetros, a una distancia de 50 m. Un nivel tan alto de reducción se consigue mediante la división de dos fases. Para ello es necesario diseñar una configuración de fase partida con 5 o 6 conductores. Configuraciones de fase partida de 5 conductores se han diseñado y experimentado, pero su uso no está extendido. Por contra, la configuración vertical doble circuito baja reactancia es muy empleada en muchos países, por lo que sus prestaciones son bien conocidas. Debido a esto, el coste del diseño e implementación de la configuración vertical doble circuito es menor. Debido a que la línea original es simple circuito, es necesario disponer al principio y final del tramo mitigado, unos apoyos que transformen los 3 conductores en 6. Una alternativa a la división de fases

es el empleo del lazo pasivo compensado. Debido a que la longitud del área a mitigar es de varios kilómetros, las pérdidas óhmicas en el lazo pueden suponer del orden del 1% de la potencia a transportar. Además, el impacto visual es mayor, con lo que la esperada conformidad de los ciudadanos afectados puede tornarse en descontento por la solución adoptada.

## CONCLUSIONES

Existen diferentes métodos para reducir el campo magnético creado por las líneas eléctricas de potencia. El incremento de altura de los conductores sólo es efectivo cerca de la línea. La compactación permite una reducción moderada del campo. La división de fases es el método más eficaz, siendo aún más si se combina con la compactación. La inserción de lazo pasivo y activo es eficaz para las configuraciones planas, horizontal o vertical. Debido a su complejidad y coste, el lazo activo no se emplea, prefiriéndose el pasivo.

La implementación de estos métodos conlleva un análisis de otros aspectos de las líneas que pueden verse afectados negativamente: efecto corona, desequilibrio, pérdidas en conductores de tierra, fiabilidad, operaciones de mantenimiento en tensión, etc. El método más afectado es la combinación de división de fases y compactación, que para 400 kV requiere al menos 3 conductores por fase en haz. Los métodos menos afectados son el incremento de altura de los conductores y la inserción de lazos.

El coste es un factor decisivo a la hora de seleccionar un método determinado. La división de fases es el más costoso, seguido de la inserción de lazo y la compactación.

La elección del método para un caso determinado vendrá determinado por el nivel de mitigación deseado, la situación y extensión de la zona a mitigar, las características de la línea existente, el coste de la mitigación y los límites de diseño de la línea: ruido audible, radiointerferencia, distancia mínima de aislamiento a masa, distancia mínima entre fases, etc.

## REFERENCIAS

- [1] R. de la Rosa, "Contaminación electromagnética. Las radiaciones y sus efectos sobre la salud", segunda edición. Terapion, Valencia, 1996.
- [2] E. Aulí, "Qué es la contaminación electromagnética", primera edición. RBA Libros, Barcelona, 2002.
- [3] "Campos electromagnéticos y salud pública". Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid, mayo de 2001.
- [4] R.E. Nabours, R.M. Fish, P.F. Hill, "Electrical Injuries. Engineering, Medical, and Legal Aspects". Lawyers&Judges Publishing, Tucson, Ariz., 1999.
- [5] J.M. Molina, "Legal actions regarding electromagnetic fields (emf) - the Spanish Practical case", 17th International Conference on Electricity Distribution (CIRED), Barcelona, mayo 2003.
- [6] Organización Mundial de la Salud, "Electromagnetic fields and public health", Fact Sheet N° 263, oct. 2001  
([www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts\\_press/efact/efs263.html](http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/efact/efs263.html))
- [7] B. Banfai, G. G. Karady, C. J. Kim, y K. Brown, "Magnetic field effects on CRT computer monitors", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 15, no. 1, pp. 307-312, enero 2000.
- [8] H.W. Adams, J.D. Trivette, "Evaluation of magnetic field and system loss considerations for changes in transmission network configuration", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 11, no. 4, pp. 2036-2041, oct. 1996.
- [9] K.H. Abdul-Rahman, S.M. Shaidehpour, N.I. Deeb: "Effect of EMF on minimum cost power transmission". IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 10, No. 1, Feb. 1995.
- [10] H. Olsson, P. Pettersson, A. Eriksson: "Reduction of transmission line magnetic fields -possibility and constraints". CIGRE 1990 Session, paper 36-101.
- [11] V.S. Rashkes, R. Lordan, "Magnetic field reduction methods: efficiency and cost". IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 13, no. 2, pp. 552-559, abril 1998.
- [12] R. Conti: "Riduzione del campo magnetico". AEI, vol. 88, pp. 38-43, dic. 2001.
- [13] T.J.F. Ordon, K.E. Lindsey, "Considerations in the design of three-phase compact transmission lines". ESMO-95 Proceedings, pp. 108-114.
- [14] Y. Ojala, T. Leskinen, M. Latineen, A. Hinkkuri, "110 kV Overhead transmission line with covered conductors". CIGRE 1998 Session, paper 22/33/36-10.
- [15] A. Clerici, L. Paris, "Power upgrading of existing overhead transmission line corridors". CIGRE Leningrad Symposium, 600-05, 1991.
- [16] W.T. Kaune, L.E. Zaffanella: "Analysis of magnetic fields produced far from electric power lines". IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 7, no. 4, pp. 2082-2091, oct. 1993.
- [17] P. Pettersson: "Simple method for characterization of magnetic fields from balanced three-phase systems". CIGRE 1992 Session, paper 36-103.
- [18] L. Lindberg: "Reduction of magnetic fields from electric power and installation lines". IEE Proceedings-Science, Measurement and Technology, vol. 145, no. 5, sep. 1998.
- [19] P. Cruz, C. Izquierdo, M. Burgos, "Optimal split-phase configurations". Power Tech Proceedings, Porto, sep. 2001.
- [20] G. Hennigs, A. Eriksson, U. Jonsson: "Compacted overhead lines with low magnetic fields". CIGRE 1996 Session, paper 22-204.
- [21] "Electric and Magnetic Field Management Reference Book". Electric Power Research Institute, 3412 Hillview Avenue, Palo Alto, California, 1999.
- [22] R.A. Walling, J.J. Paserba, C.W. Burns: "Series-Capacitor compensated shield scheme for enhanced mitigation of transmission line magnetic fields", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 8, No. 1, Jan. 1993.
- [23] U. Jonsson, A. Larsson, J.O. Sjödin, "Optimized reduction of the magnetic field near Swedish 400 kV

lines by advanced control of shield wire currents. Test results and economic evaluation". IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 9, no. 2, abril 1994.

[24] A. Larsson, U. Jonsson, J. Sjödin: "Design, test and cost of a magnetic field cancellation loop near swedish 400 kV line", Power Tech Proceedings, Stockholm, sep. 1995.

[25] "Passive Shielding System for the NYPA 345 kV Cross-State Corridor", EPRI Report TR-11718, nov. 1998.

[26] "Influence of line configurations on impacts of electrical origin". Special Report, CIGRE SCB2 WG06, julio 2003.

[27] "Transmission Line Reference Book, 345 kV and Above". EPRI, segunda edición revisada, Palo Alto, 1987.

[28] A. Nourai, J.F. Keri, C.H. Shih, "Shield wire loss reduction for double circuit transmission lines". IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 3, no. 4, pp. 1854-1864, oct. 1988.

[29] P. Cruz, C. Izquierdo, M. Burgos, "Minimización de campos magnéticos generados por líneas aéreas". Actas de las VII Jornadas Hispano-Lusas de Ingeniería Eléctrica, pp. 515-520, Leganés (Madrid), julio 2001.

[30] "Addendum to CIGRE Document: Interferences Produced by Corona Effect of Electric Systems", CIGRE WG36.01, dic. 1996.

[31] "Innovators with EPRI technology" ([www.hoffmanmarcom.com/energy/Examples/nyapa\\_emf\\_innov.pdf](http://www.hoffmanmarcom.com/energy/Examples/nyapa_emf_innov.pdf)).



# ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL EN FORMATO WEB

## ENVIRONMENTAL IMPACT STUDIES IN HTML

---

**ROBERTO ARRANZ CUESTA Y FERNANDO CRESPO CARRETERO**

Red Eléctrica de España

### RESUMEN

Los Estudios de Impacto Ambiental contienen una gran cantidad de información en soporte papel, que además de suponer un coste económico por la impresión y elaboración de copias, conllevan ciertas dificultades para su difusión por el volumen físico que presentan.

Con el fin de eliminar los inconvenientes citados, RED ELÉCTRICA ha normalizado la presentación de Estudios de Impacto Ambiental en formato Web. Este documento en soporte digital aporta tres ventajas importantes:

P Puede llegar a permitir que el trámite administrativo de Evaluación de Impacto Ambiental tenga una menor duración, ya que el proceso de información pública puede realizarse vía INTERNET.

P Se abaratan los costes de impresión y copias al eliminar la documentación en formato papel.

P Se consigue un mayor grado de normalización en los documentos de los Estudios de Impacto Ambiental, que en el caso de RED ELÉCTRICA provienen de diversos proveedores.

En esta comunicación se revisan las principales características técnicas de la labor de organización de los diferentes documentos en un disco compacto en formato WEB, mediante su aplicación en un Estudio de Impacto Ambiental de una línea eléctrica aérea.

### ABSTRACT

*Environmental impact studies often contain a large amount of information on paper. Apart from the cost of printing and producing copies, they entail a certain amount of difficulty in distribution due to their size.*

*Red Eléctrica has therefore standardised an HTML format for environmental impact studies in order to eliminate these problems. A document in digital format can provide three important advantages:*

*P It can shorten the environmental impact assessment approval procedure because the public disclosure phase can be done via the Internet.*

*P Printing and copying costs will be lower as paper-based documentation is eliminated.*

*P There is a higher degree of standardisation in the presentation of environmental impact study documents. In the case of Red Eléctrica these documents are produced by various consultants.*

*This paper reviews the main features of organising the different documents on a CD in HTML format. An environmental impact study for an overhead power line is taken as an example.*

Los Estudios de Impacto Ambiental contienen una gran cantidad de información en soporte papel, que además de suponer un coste económico por la impresión y elaboración de copias, conllevan ciertas dificultades para su difusión por el volumen físico que presentan. Con el fin de eliminar los inconvenientes citados, Red Eléctrica ha normalizado la presentación de Estudios de Impacto Ambiental en formato digital.

El ejemplo llevado a cabo es el del Estudio de

Impacto Ambiental de la línea Balboa-Frontera Portuguesa, cuya presentación se ha elaborado en formato HTML/XML con el resultado que se muestra a continuación.

Al introducir en la unidad lectora el disco compacto que contiene el EIA, arranca el Explorador Web instalado por defecto en el sistema operativo, iniciando la presentación del estudio. A partir de este momento la navegación por los diferentes capítulos es interactiva.



*Ventana de inicio del Estudio de Impacto Ambiental.*

Tras marcar la ventana de inicio, se pasa a una página preliminar que nos introduce al Estudio y explica el software necesario para visualizar los documentos y

planos del estudio –se ofrece la posibilidad de instalar los programas, que son de uso gratuito–.



*Se ofrece la posibilidad de instalar un lector de ficheros pdf y CAD.*

A continuación se entra en el mapa general del documento, esquema que permite ir directamente a

un determinado capítulo o punto y leerlo en pantalla o imprimirlo.



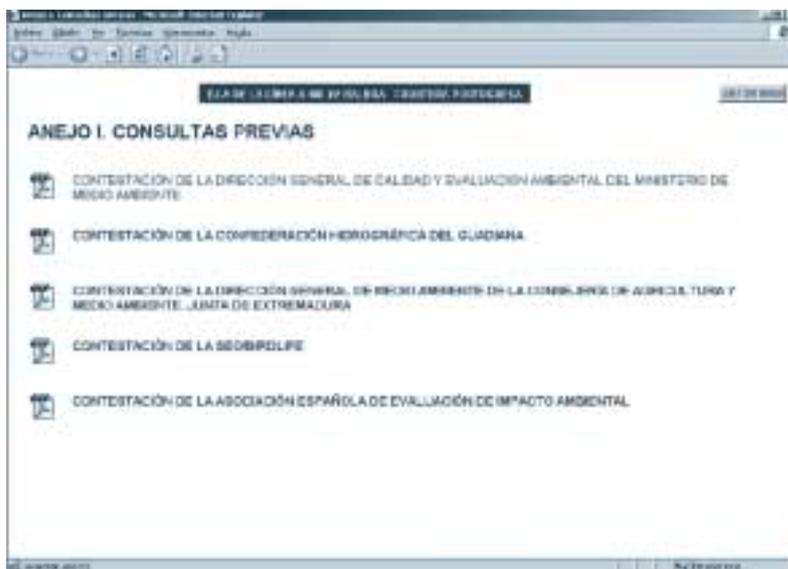
Esquema general de la documentación del EIA, se divide en cuatro puntos: Memoria, Planos, Anejos y Documento de Síntesis.

Si se marca un punto que tiene otros submenús también se puede acudir de forma directa al apartado elegido. La estructura es la misma que la de los Estudios de Impacto Ambiental que se realizan en for-

mato papel, atendiendo en la organización del CD a una estructura en árbol que permite localizar el punto que queremos rápidamente.



Submenús del Punto 1 del Estudio de Impacto Ambiental.



Consultas previas del Estudio de Impacto Ambiental.

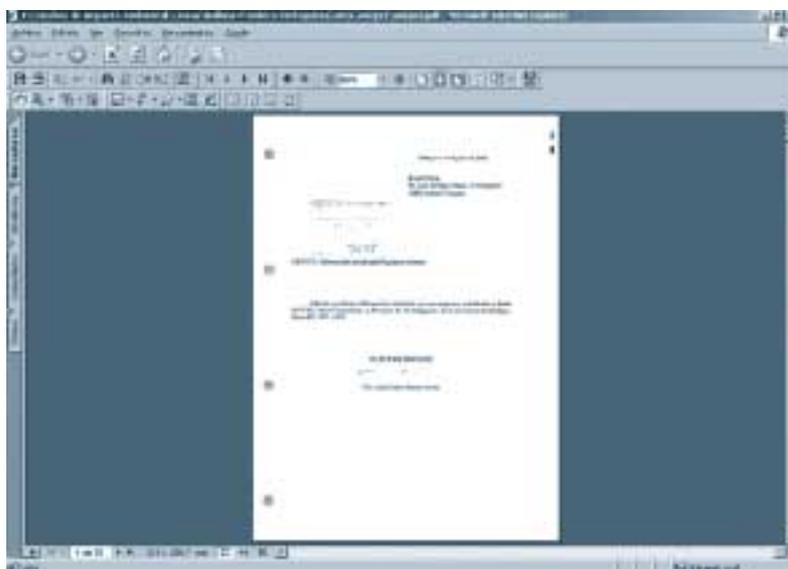
Tras la selección del punto de interés se muestra el texto en la pantalla del explorador, con la posibilidad de ir directamente al punto anterior o siguiente, así

como la permanencia de un marco que permite volver al mapa general o a los puntos principales del estudio.

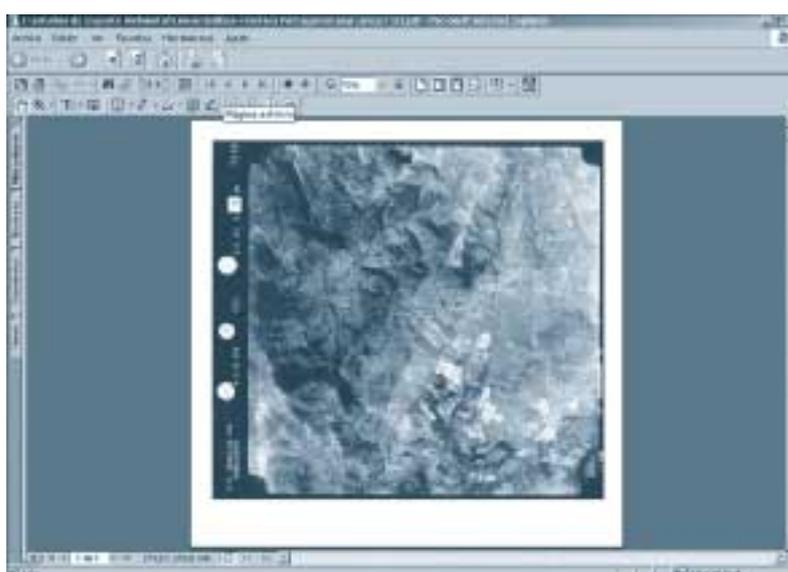


Punto 2 del Estudio de Impacto Ambiental, Necesidad y objetivos de la instalación.

Para la visualización de documentos se ha utilizado el formato pdf, por el mayor grado de normalización que se consigue en los anejos en los Estudios.

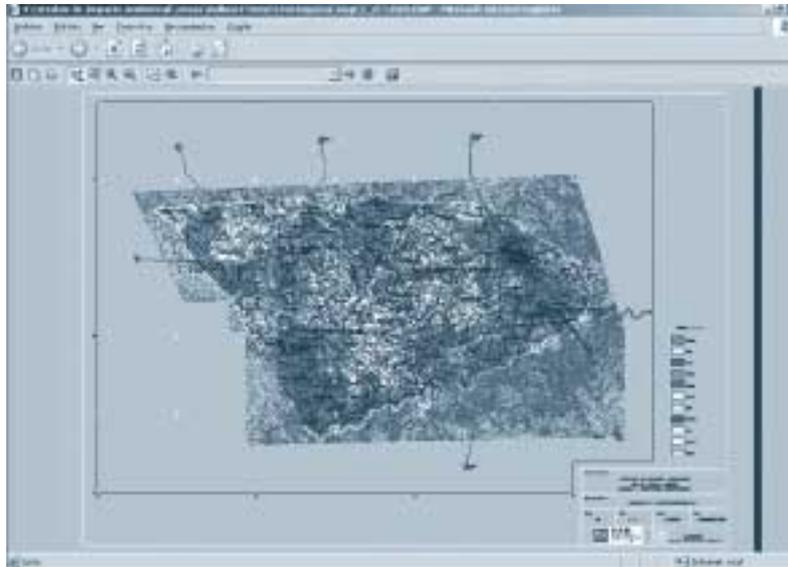


*Ejemplo de respuesta de la administración por correo ordinario.*

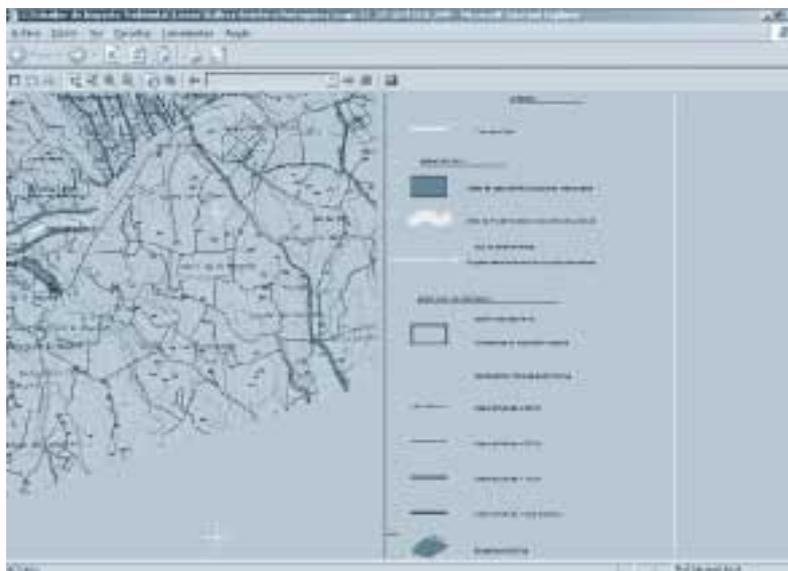


*Foto área escaneada en formato pdf*

Los planos se visualizan con un lector ligero de CAD para archivos de tipo dwf, éste permite utilizar las herramientas básicas para analizarlos con precisión.



*Plano de Síntesis.*



*Detalle del Plano de Síntesis*

Como conclusión, se puede decir que la presentación de Estudios de Impacto Ambiental en formato digital presenta las siguientes ventajas:

- Mayor accesibilidad al estudio a todas las partes interesadas directa o indirectamente, bien entregando un ejemplar del disco compacto, bien por su publicación Web.
- Menores costes de impresión y copias al eliminar la documentación en formato papel.
- Mayor grado de normalización en los documentos de los Estudios de Impacto Ambiental, que en el caso de Red Eléctrica provienen de diversos proveedores.

# PRINCIPALES FUENTES SONORAS EN EL TRANSPORTE ELÉCTRICO

## PRINCIPAL SOURCES OF NOISE IN POWER TRANSMISSION

---

**RODRIGO SAN MILLÁN**

Red Eléctrica de España

### RESUMEN

La Ley del Ruido, trasposición de la Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental y en trámite de aprobación en el Senado, establece la elaboración de mapas de ruido para conocer la situación real de este contaminante en la sociedad actual, antes de llevar a cabo cualquier otra actuación. Entre las fuentes consideradas como principales focos sonoros se encuentra el “equipamiento industrial y de uso al aire libre”.

En este entorno es conveniente conocer y analizar las principales fuentes sonoras que existen dentro del transporte eléctrico y los medios posibles para aminorarlas, al constituir un equipamiento comunitario, potencialmente sujeto a la legislación anteriormente citada. Como veremos a continuación, dentro de las subestaciones destaca el ruido generado por los transformadores y los interruptores, y en las líneas el del efecto corona y el eólico al chocar el viento contra los elementos que las constituyen.

### ABSTRACT

*The Noise Act, which is an adaptation of Directive 2002/49/CE on the evaluation and control of ambient noise, is currently going through the Spanish Senate. It calls for the preparation of noise maps to establish the real situation of this pollution in present day society, prior to any other form of action. The main sources of noise include “industrial equipment and equipment used outdoors”.*

*It is therefore appropriate to identify and analyse the principal sources of noise associated with power transmission and the available methods for reducing such noise. The type of equipment in question is potentially subject to the above legislation. Transformers and switchgear at substations generate noise and so do the corona effect of power lines and the interaction of the wind with power line components.*

## EL RUIDO: AGENTE CONTAMINANTE

El ruido, definido como un sonido indeseado por el receptor o como una sensación auditiva desagradable y molesta, es causa de preocupación por sus efectos sobre la salud, sobre el comportamiento humano individual y grupal, y debido a las consecuencias físicas, psíquicas y sociales que conlleva.

La evolución experimentada por los países desarrollados en las últimas décadas, con la proliferación de industrias, aumento espectacular del parque automovilístico y de los medios de transporte público, a la vez que ha contribuido a elevar la calidad de vida de los ciudadanos, ha ocasionado un incremento de la contaminación ambiental y, en particular, de la producida por ruidos y vibraciones. Dentro de la UE el 25% de la población (80 millones de personas) vive diariamente bajo niveles de ruido que considera molestos y en las clasificaciones realizadas por la OMS durante los últimos años siempre se ha situado entre el 2º y el 4º contaminante más importante dentro de los países desarrollados.

Las consecuencias negativas del ruido, por sus características peculiares, afloran a lo largo de dilatados periodos de tiempo. Estas características del ruido, unidas a la complejidad de los procesos para su evaluación y control, fueron determinantes para que hasta el año 1972 no fuera reconocido oficialmente, en el Congreso de Medio Ambiente organizado por Naciones Unidas en Estocolmo, como agente contaminante.

En nuestros días, el ruido es considerado como una forma importante de contaminación y una clara manifestación de una baja calidad de vida. Las consecuencias del impacto acústico ambiental, tanto de orden fisiológico como psicológico, afectan cada vez a un mayor número de personas y en particular a los habitantes de las grandes ciudades.

De acuerdo con estas consideraciones, y en el marco de la política de la UE en la que gran parte de los aspectos legislados son materias medioambientales, la Comisión Europea se refiere, en el Libro Verde sobre política futura de lucha contra el ruido, al ruido ambiental como uno de los mayores problemas medioambientales de Europa, a raíz de lo cual el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea han elaborado la Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

## DIRECTIVA 2002/49/CE SOBRE EVALUACIÓN Y GESTIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL

El objeto de esta directiva es prevenir o reducir los efectos nocivos, incluyendo las molestias, de la exposición al ruido ambiental. Con este fin se plantean tres etapas sucesivas que los diferentes estados miembros han de cubrir:

1. determinar la exposición al ruido ambiental, mediante la elaboración de mapas de ruido con métodos de evaluación comunes a los estados miembros;
2. poner a disposición de la población la información sobre el ruido ambiental y sus efectos (Directiva 90/313/CEE del Consejo, de 7 de junio de 1990, sobre libertad de acceso a la información en materia de medio ambiente);
3. tomando como base estos mapas de ruido los estados miembros establecerán los pertinentes planes de acción para prevenir y reducir el ruido ambiental cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana, y mantendrán la calidad del entorno acústico cuando ésta sea satisfactoria.

También pretende sentar unas bases que permitan elaborar medidas comunitarias para reducir los ruidos emitidos por las principales fuentes, en particular vehículos e infraestructuras de ferrocarril y carretera, aeronaves, equipamiento industrial y de uso al aire libre y máquinas móviles. No entra en el ámbito de esta ley el ruido al que se está expuesto en el ámbito laboral ni el generado por las actividades militares, ya que tienen su legislación propia, ni tampoco el ruido generado en las actividades domésticas o relaciones de vecindad, que seguirán siendo competencia municipal.

De esta manera se establece el primer paso para fijar unos límites de ruido unificados en el conjunto de la Unión Europea.

La presente directiva se aplicará al ruido ambiental al que estén expuestos los seres humanos en particular en "zonas urbanizadas, en parques públicos u otras zonas tranquilas en una aglomeración, en zonas tranquilas en campo abierto, en las proximidades de centros escolares y en los alrededores de hospitales, y en otros edificios y lugares vulnerables al ruido".

Tanto la elaboración de los mapas de ruido como de los planes de acción comenzará en las zonas de grandes aglomeraciones urbanas (más de 250.000 habitantes), los grandes ejes viarios (más de 6 millones de vehículos al año), los grandes ejes ferroviarios (más de

60.000 trenes al año) y grandes aeropuertos (más de 50.000 operaciones al año). Los Estados miembros pondrán a disposición de la Comisión y de la población la información necesaria sobre las autoridades y entidades competentes de aplicar la presente directiva, antes del 18 de julio de 2005, así como garantizarán que a más tardar el 30 de junio de 2007 se hayan elaborado los mapas estratégicos de ruido sobre la situación del año civil anterior correspondientes a las áreas definidas anteriormente. Por último la comisión publicará un informe de síntesis de los datos resultantes de los mapas estratégicos de ruido y los planes de acción cada cinco años, siendo el primero el 18 de julio de 2008.

En 2012 se completarán los mapas anteriores incluyendo los de aquellas poblaciones de más de 100.000 habitantes, los ejes viarios con más de 3 millones de vehículos al año y los ejes ferroviarios con más de 30.000 trenes al año.

Esta directiva ha sido traspuesta al derecho interno español en la Ley 37 de 2003, Ley del Ruido, aprobada el pasado 17 de noviembre de 2003, creándose así la primera norma general de ámbito estatal reguladora de este fenómeno, que hasta ahora se había legislado por medio de leyes autonómicas, ordenanzas municipales, normativas técnicas de homologaciones de productos, normas para limitar el ruido en el ambiente de trabajo...

Esta ley propone definir unas zonas de servidumbre acústica como "los sectores del territorio afectados al funcionamiento o desarrollo de las infraestructuras de transporte viario, ferroviario, aéreo, portuario o de otros equipamientos públicos que se determinen reglamentariamente, así como los sectores de territorio situados en el entorno de tales infraestructuras, existentes o proyectadas", que se definirán en los mapas de ruido.

Actualmente está en proceso la elaboración del Reglamento de la Ley. La coordinación del mismo la está realizando el Ministerio de Medio Ambiente para cuyo desarrollo ha establecido los siguientes cinco grupos de trabajo:

Autoridades competentes e información.

Índices de ruido, objetivos de calidad, niveles de emisión e inmisión.

Métodos de evaluación. Homologación de equipos y entidades.

Criterios de zonificación.

Mapas de ruido y planes de acción.

En estos grupos se han integrado órganos de la administración como el M° de Sanidad y Consumo o el Ayuntamiento de Barcelona, empresas como RENFE, asociaciones industriales como UNESA y otros organismos como el CEDEX o el Instituto de Acústica.

Atendiendo a las zonas del territorio definidas como ámbito de aplicación fundamental de la Directiva y la Ley del Ruido, y las principales fuentes sonoras que se citan como responsables del ruido ambiental, las instalaciones asociadas al transporte eléctrico, tanto si se incluyen en los equipamientos públicos con zona de servidumbre acústica como si no, suponen uno más de los numerosos elementos que intervienen en la constitución final de estos mapas de ruido, por ello conviene analizar de manera individualizada las distintas formas en que lo hacen; sus fuentes de ruido.

## FUENTES DE RUIDO EN EL TRANSPORTE ELÉCTRICO

Dentro del entramado que constituye la red de transporte se pueden distinguir de manera fundamental dos elementos, las subestaciones y las líneas. En las subestaciones las dos principales fuentes de ruido son los transformadores y los interruptores, mientras que en las líneas son el efecto corona generado en los conductores y el que produce el viento al encontrarse estas estructuras en su camino y chocar contra ellas.

### • Transformadores

El ruido que produce este equipo durante su funcionamiento es similar a un zumbido, y aunque no es elevado, su naturaleza tonal es bastante molesta, sobre todo cuando el nivel de ruido ambiental es bajo.

Dentro de un transformador son tres los elementos que contribuyen de manera más importante en la generación del ruido: el núcleo, debido a la propiedad de magnetostricción que posee el acero que lo constituye y que es el responsable del zumbido característico de este aparato eléctrico; el anillo, como consecuencia de las fuerzas electromagnéticas que genera la corriente alterna al circular a través del bobinado; y el ventilador, este elemento, que actúa como refrigeración del transformador; genera un ruido de banda ancha característico en todos los ventiladores de baja velocidad. De manera general se puede asignar a los ventiladores el sonido predominante en las bandas

inferiores y superiores del espectro y al núcleo el del rango medio de frecuencias (125 – 1.000 Hz).

La magnetostricción, responsable del ruido generado en el núcleo del transformador, consiste en un casi imperceptible cambio de dimensiones (fracciones millonésimas) de la lámina de metal cuando ésta es magnetizada como consecuencia de la distribución irregular del flujo magnético en el núcleo. Esta variación de dimensiones no es directamente proporcional a la densidad del flujo magnético, ya que cuando ésta comienza a aumentar, la lámina de hierro se contrae, comenzando a dilatarse de nuevo cuando la densidad de flujo es alta (en el entorno de 1,5 teslas), para hacerlo a partir de este punto en forma exponencial. Estos cambios dimensionales son independientes de la dirección del flujo, por lo que se producen 100 veces por segundo en frecuencias de línea de 50 Hz. En la vibración resultante del núcleo aparecen los armónicos de 100 Hz al no ser la curva de magnetización lineal.

Dentro de los factores que influyen en el ruido generado en el núcleo destaca el tipo de acero empleado en la fabricación, al afectar en gran medida en el contenido de frecuencias del espectro y en el nivel sonoro de los armónicos concretos. El acero utilizado habitualmente es el acero al silicio, mientras que el acero de grano orientado alto, acero ensamblado al láser y metal amorfo, producen unos niveles sonoros menores. El ciclo térmico y la temperatura de cocción del acero también influyen, concretamente sobre el espectro de ruido de cada tipo de acero.

Otros factores de los que depende el ruido del núcleo son: la geometría del mismo, la estructura de montaje del transformador, la densidad de flujo, la forma de onda del voltaje y las frecuencias de resonancia del núcleo.

El ruido generado por los anillos se fundamenta en las fuerzas electromagnéticas que atraen y repelen alternativamente la bobina en presencia del flujo magnético de dispersión, lo que hace que vibren los anillos que rodean al núcleo de hierro. La frecuencia de esta componente del ruido suele duplicar la frecuencia energética (100 Hz para una frecuencia de potencia de 50 Hz).

Este ruido no suele ser relevante frente al del núcleo, únicamente en casos muy concretos llega a ser importante:

- Si la bobina está irregularmente fijada
- En los transformadores de nivel sonoro muy bajo,

ya que al poseer el núcleo una carga de ruido tan baja hace que el ruido del bobinado llegue a convertirse en un componente apreciable.

En las normas de medida de ruido en transformadores se especifica que éstos han de estar sin ningún tipo de carga, por lo que no existe ninguna carga de corriente en la bobina y, como consecuencia, no se produce ruido en los anillos durante su examen. Esto hace que una de las causas de ruido en transformadores no sea evaluada, pudiendo llegar en algunos casos a ser importante como anteriormente se ha señalado.

Para eliminar las grandes cantidades de calor debidas a las pérdidas que se producen en el núcleo, los anillos y otros componentes de su estructura metálica, es necesario instalar ventiladores que impulsen el aire sobre los radiadores y refrigeradores. Los ventiladores son también una importante fuente de ruido, emitido en banda ancha, y que contribuyen de manera importante al ruido global del conjunto cuando se trata de transformadores de pequeña potencia o de pequeña inducción.

Los factores que influyen en el ruido total del ventilador son fundamentalmente la velocidad de la punta del álabe, su diseño, el número de ventiladores y la disposición de los radiadores. Esto hace que el nivel sonoro sea mayor en las proximidades del ensamblaje de refrigeración que en el resto de la zona circundante al transformador, sobre todo en aquellos de media y baja potencia.

Se puede considerar un cuarto elemento generador de ruido en los transformadores, el de la carcasa que los protege al vibrar. Ésta no es una fuente emisora propiamente dicha sino una consecuencia de la vibración que se transmite desde los componentes internos del transformador hacia el exterior. Esta carcasa suele estar formada por grandes planchas metálicas que al vibrar generan un ruido considerable, sumándose así otra fuente de ruido al conjunto del transformador.

Junto con estas fuentes de ruido continuas, destaca una de origen puntual, la generada al autorregular el propio transformador la tensión transmitida. En función de la demanda a la que se someta a la línea que parte del mismo, la tensión a la que ésta sale puede variar y por tanto un mayor o menor número de espiras verse involucradas en la transformación. Esto se regula mediante el cambiador de tomas, generalmente operado por telemando, que genera un ruido muy característico durante uno o dos segundos: “cla-cla-cla”.

De forma general se puede concluir que en los transformadores de nueva construcción la elección del acero del núcleo, su tratamiento térmico, el utilizar materiales de menor inducción magnética o las posiciones blindadas, son medidas que, pese a incrementar el coste de los mismos, podrían ser utilizadas para limitar el ruido generado por éstos. Mientras que en los transformadores existentes son las medidas de encapsamiento o la instalación de cerramientos parciales o barreras acústicas las más indicadas para rebajar el nivel sonoro.

#### • Interruptores

El ruido generado por los interruptores consiste en un ruido puntual que se produce al abrirse un circuito como consecuencia de la inyección de una corriente de aire o gas a presión, de la extinción del arco eléctrico que se genera, o incluso del golpeo de los elementos metálicos que los constituyen.

Este efecto se produce fundamentalmente en los parques de intemperie en los que es el aire el dieléctrico, generalmente construidos antes de 1990. Los que actualmente se llevan a cabo, en los que se utiliza SF<sub>6</sub>, emiten un ruido mucho menor al abrir o cerrar el circuito.

Tras la apertura del interruptor se realiza la del seccionador, en la que también es frecuente que se genere ruido como consecuencia de la extinción del arco, aunque en una magnitud muy inferior a la del interruptor.

La frecuencia con que se genera este ruido es baja ya que el empleo de los interruptores no es constante en el funcionamiento de una subestación, pudiendo estos ruidos impulsivos alcanzar valores de hasta 70 dBA.

Las subestaciones que poseen este sistema de interruptores son las situadas generalmente en las zonas rurales fuera de las áreas urbanas, por lo que estos niveles pico de ruido que se generan quedan aminoradas de manera muy importante por la distancia a poblaciones.

Por tanto el ruido generado por los interruptores es únicamente un problema en aquellas subestaciones con parque intemperie, en las que el dieléctrico es el aire y están situadas en las inmediaciones de áreas habitadas, lo cual ocurre frecuentemente en las nuevas zonas residenciales construidas en las inmediaciones de subestaciones existentes.

#### • Efecto Corona

La mayor fuente de ruido en las líneas eléctricas es el efecto corona, que se genera cuando el conductor adquiere un potencial lo suficientemente elevado para dar lugar a un campo eléctrico radial por la ionización de las zonas cercanas a los conductores, igual o superior a la rigidez dieléctrica del aire (a la presión atmosférica normal es aproximadamente 3 kV/mm), produciéndose así corrientes de fuga desde los conductores.

En los conductores aéreos el fenómeno es visible en la oscuridad, pudiéndose observar cómo quedan envueltos por un halo luminoso de color azulado y sección transversal circular.

Para evitar este fenómeno los conductores se diseñan de manera que operen sin crear este campo asociado, aunque las pequeñas irregularidades que se generan en su superficie por acumulación de partículas (polvo, contaminación...), daños sufridos y condensación de gotas de agua por las condiciones ambientales de la atmósfera, potencian que en estos puntos se incremente el potencial. Los procesos de mejora llevados a cabo en los últimos años para evitar este efecto han reducido de manera muy significativa los golpes que durante el proceso de montaje pudiese sufrir el conductor, así como se ha eliminado el uso de compuestos grasos en los conductores en los que diferentes partículas pudiesen quedar adheridas. Sin embargo sobre los procesos atmosféricos no se puede actuar por lo que es el clima húmedo la principal causa del ruido generado por el efecto corona.

Los procesos atmosféricos que influyen directamente en este efecto son la lluvia, la niebla y la nieve, al quedar las gotas de agua recogidas en la superficie del conductor. Estas gotas bajo el efecto del campo eléctrico distorsionan su forma, alargándose en una forma cónica. De esta forma el potencial eléctrico se concentra en estos puntos convirtiéndose cada gota de agua en una posible fuente de descarga del efecto corona, siendo parte de la energía que así se disipa energía sonora.

Este ruido audible generado por las líneas eléctricas consiste en un crujido el cual está acompañado por un zumbido de baja frecuencia. El crujido alberga una combinación de frecuencias que generalmente abarca el rango de 1 a 10 kHz, sin que se pueda identificar ningún tono puro de duración significativa. Sin embargo el zumbido está constituido por un único tono

puro, generalmente a 100 Hz, aunque también suelen situarse otros armónicos en los 50 y los 200 Hz.

La tendencia actual es a realizar conductores altamente hidrofóbicos lo que hace que se acumulen sobre ellos numerosas gotas de agua de pequeño tamaño, convirtiéndose así en potenciales fuentes de descarga.

Con el tiempo los conductores se hacen más hidrofílicos, generándose una película de agua alrededor del conductor en lugar de gotas aisladas, reduciéndose así el nivel de ruido. En este proceso de envejecimiento influyen de manera muy notable el clima al que se encuentra expuesto el conductor y la contaminación con que cuenta la zona. Los conductores de Aluminio tardan más tiempo en que su superficie se haga hidrofílica que los que tienen el alma de Acero. Por otro lado el envejecimiento del conductor puede también llevar asociado el que se le adhieran partículas o se dañe, en cuyo caso y como ya hemos comentado, aumentaría el ruido.

Donde se pone de manifiesto de una manera más importante este problema es en las repotenciaciones y en los pasos de simples a dobles-triples circuitos, en los que los nuevos conductores generan un nivel de ruido superior a los existentes.

#### • Ruido eólico

Junto con el ruido que genera el efecto corona, cuyo origen es eléctrico, los elementos que constituyen las líneas de alta tensión generan otro tipo de ruido, el del viento al chocar contra ellos. Los dos factores que influyen de manera más considerable tanto en la frecuencia como en la intensidad del mismo son la dirección y la velocidad del viento. Sin embargo no depende ni del clima de la zona ni de que la línea se encuentre en funcionamiento, ya que este ruido se genera por la oposición de estos elementos al paso del viento.

Cada elemento que compone la línea eléctrica da lugar a un sonido distinto en función de su tamaño, forma, colocación... El paso del viento a través de los apoyos metálicos que constituyen las líneas puede generar ruido, pero es mucho más importante el que genera bajo ciertas condiciones atmosféricas al chocar con los conductores y los aisladores.

En los conductores el ruido se genera por la forma en que el aire pasa a través de los mismos. Cuando el

viento tiene baja velocidad (por debajo de 10 m/s) el sonido que se genera es similar a un silbido, aunque a un nivel tan bajo que apenas crea molestia. A velocidades de viento más altas el ruido se asemeja al de un motor, siendo éste el que causa la mayoría de las quejas generadas por este motivo. Su solución consiste en evitar que los vórtices de aire al cortarse contra los conductores sean regulares, para lo que es necesario utilizar interceptores aerodinámicos del flujo de aire.

En los aisladores únicamente se genera ruido con el viento a alta velocidad, con específicos grados de incidencia y para ciertos diseños y amarres de los aisladores. Por tanto es difícil de anticipar cuando se va a producir este ruido, pero se puede eliminar evitando que se genere la suficiente resonancia acústica, para lo que será necesario reemplazar ciertas partes del aislador por otras de forma diferente.

Este ruido eólico es difícil de predecir por su naturaleza y ocurre con relativa frecuencia. En función de la velocidad del viento, pueden alcanzarse niveles sonoros de más de 50 dBA, aunque al ser una fuente natural la que lo genera, el viento, suele ser aceptado por la población mucho mejor que aquellos que tienen lugar a partir de una fuente artificial.



ÍNDICE DE LAS PRIMERAS JORNADAS  
SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y MEDIO AMBIENTE  
(1994)

ÍNDICE DE LAS SEGUNDAS JORNADAS  
SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y MEDIO AMBIENTE  
(1996)

ÍNDICE DE LAS TERCERAS JORNADAS  
SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y MEDIO AMBIENTE  
(1999)



# ÍNDICE DE LAS PRIMERAS JORNADAS SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y MEDIO AMBIENTE

Mayo 25-26, 1994. Madrid, España

---

## **PONENCIA INAUGURAL**

Medio ambiente y energía: consecuencias ambientales de la transformación humana de la energía.

*Francisco Díaz Pineda*

## **COMUNICACIONES ORALES**

Hydro-Québec's approach to environmental concerns in rights-of-way management with special references to wildlife issues.

*G. Jean Doucet*

Development of the french transmission network. The new Policy.

*Jean Kowal*

Environmental management of power lines.

*David Jeffers*

Gestión ambiental de la red de transporte.

*Jorge Roig Solés*

Collision victims of high-tension lines in the Netherlands and effects of marking.

*Frans B.J. Koops*

The impact of power lines on birds: french experiences between 1979 and 1994.

*Jacques Trouvilliez, Jean-Charles Tombal, Jean-Luc Meriaux*

Impact of power lines on birds in Switzerland.

*Christian Marti*

Análisis de los impactos de las líneas de transporte sobre la avifauna.

*Víctor Navazo López, Jorge Roig Solés*

Adecuación de las líneas eléctricas en el Parque Nacional de Doñana y su entorno próximo.

*Manuel Máñez, Rafael Cadenas de Llano*

Seguimiento de tendidos eléctricos para valorar su impacto sobre la avifauna.

*Andrés López, Martín Francisco Arévalo, Theo Oberhuber*

Vegetation control in power line rights of way.

*François Gauthier, Jean Lariviere. Presentado por Yvon Lebeau*

Lignes electriques et flore: problems poses par la preservation des especes rares et la gestion des tranches forestieres.

*Jean-Luc Meriaux*

Métodos alternativos para los tratamientos de calles en cruzamientos de líneas eléctricas con masas forestales.

*Javier Arévalo*

Talas selectivas bajo la traza de las líneas de transporte de energía eléctrica.

*Emilio Olid Fernández*

La integración de subestaciones en su entorno.

*Miguel A. Moreno Amezcua*

Tratamiento de la masa vegetal en relación con las líneas eléctricas: tala selectiva. Aplicación al Parque de Collserola.

*Jordi Cañas, Juan Carlos Brandao Peña, Emilio Miró Paniella*

Conservación de cortafuegos en las líneas de Red Eléctrica en la provincia de Cáceres.

**Álvaro Marcelo Pérez, Antonino E. Bueno González, María Jesús Palacios González**

OPTRAC: Gis Route Optimization Theoretical Approach and Computer Application.

**Hélène Letourneau, Lise Allard**

Impact of power lines on nature and landscape: Review of the evaluation process in Switzerland over the last ten years.

**Marguerite Trocmé**

Evaluaciones medioambientales en líneas y subestaciones eléctricas.

**Salvador Gracia, Fernando Ordóñez**

Metodología de los estudios de impacto ambiental de líneas eléctricas de alta tensión.

**Jorge Roig Solés, Javier Arévalo Camacho**

Environmental impact assessment; a solution for effective communication with authorities and the public about the environmental impact of overhead power lines.

**Drs. L. R. Pheifer**

Las evaluaciones de impacto ambiental de las líneas eléctricas en la Comunidad de Madrid.

**Antonio Sánchez Trujillano**

Líneas eléctricas aéreas, subterráneas y medio ambiente.

**Mikel Barriocanal Larrea, Javier Arroyo Caballero**

Surface treatment for high voltage conductors as a method of audible noise reduction.

**Ms. Michelle Clark, Dr. Ray Houlgate**

Diseño de apoyos para las líneas a 220 kV de alimentación a la EXPO'92.

**Raimundo García Ramírez, Antonio Martínez González**

Líneas compactas.

**Angel López Suero**

Problemática de la utilización de cables subterráneos

de muy alta tensión.

**Luis Martín, José Luis Sancha, Fernando Soto, Juan Manuel Rodríguez, Javier Latorre**

Señalización de tendidos eléctricos por medios mecánicos.

**Javier Goitia Blanco**

Información y participación ciudadana.

**Benigno Varillas Suárez**

El avance del medio urbano. Implicación en las subestaciones y líneas eléctricas.

**José Názara Monasterio**

An adequate legal and administrative framework incorporates public participation and supplies the necessary permits in time.

**Broer Adema**

Efectos biológicos de los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (50-60 Hz).

**Juan Bernar**

Cancer incidence of children living close to high-voltage power lines in Finland.

**Eero Pukkala, Pia Verkasalo**

Franco Canadian epidemiological study.

**Bernard Hutzler, Sébastien Bonenfant, Ellen Imbernon, Anne Chevalier, Marcel Goldberg, Pascal Guenel, Javier Nicolau**

Los campos eléctricos y magnéticos en los sistemas eléctricos de potencia.

**José Luis Sancha**

## **CONCLUSIONES**

Jorge Fabra Ultray

## **COMUNICACIONES ESCRITAS**

Propuesta de actuación sobre la modificación de los reglamentos electrotécnicos para reducir el impacto sobre la avifauna.

**Rafael Cadenas de Llano, Manuel Máñez**

Las líneas de energía eléctrica y el paisaje.

**Javier Arévalo Camacho**

Estudios ambientales de líneas eléctricas. Bases para la elaboración de una guía metodológica.

**J. Octavio Blanquer Silvestre, F. Javier Alonso Martínez**

Estudio de impacto ambiental del Proyecto SIEPAC (Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central).

**Hernán Cortés, Javier Arévalo**

Methodology for selecting corridors for power transmission lines.

**Antonio Gonçalves Henriques, Liseta Galinho**

Procedimientos de la evaluación de impacto ambiental para centrales térmicas como precedente a un posible futuro procedimiento para líneas eléctricas.

**Federico Jiménez Musso, Víctor Navazo López**

Sistema de tendido alternativo de líneas eléctricas para la minimización de daños sobre la cubierta vegetal.

**Raimundo García, Javier Arévalo**

Aplicación del método de las diferencias finitas en la determinación de potenciales eléctricos. Método del CALC-POTENCIAL.

**Joaquín Niclos Ferragut**

Campos magnéticos generados por líneas de A.T. en el municipio de Montcada y Reixach (Barcelona).

**Joaquim Boix, Alberto Casa Ponsati, Ricardo Lázaro Salinas, Jordi Indiano Ahuir, José Enrique Vázquez Martínez**

Legislación y recomendaciones internacionales existentes sobre exposición a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial (CEM).

**Ana Rodríguez Santos**

Instrumentos financieros comunitarios aplicables a la conservación de la naturaleza.

**Víctor Navazo López**

Análisis de la política medioambiental de la Unión Europea. Presente y futuro.

**Víctor Navazo López**



# ÍNDICE DE LAS SEGUNDAS JORNADAS SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y MEDIO AMBIENTE

Mayo 22 y 23 de mayo de 1996. Madrid, España

---

## **ACTO INAUGURAL**

Evaluación ambiental de las redes de distribución de la energía.

*Francisco García Novo*

## **COMUNICACIONES ORALES**

### **Gestión Ambiental**

La normalización y certificación medioambiental.

*José Luis Tejera Oliver*

Integrated management of transmission lines.

*Sylvain Hercberg*

The implementation of environmental management systems for high-voltage transmission networks.

*Reinhard Draxler, Gerhard Praxl, Franz Hofbauer*

La gestión ambiental de las líneas eléctricas en Extremadura.

*Ángel Sánchez, María Palacios González*

Los costes ambientales en la gestión ambiental de la red de transporte.

*Jorge Roig Solés, Ana Rodríguez Santos*

Alternativas para un sistema de gestión medioambiental de líneas eléctricas.

*José A. Mieres Royo, Emilio Palazuelos*

### **Comunicación Exterior**

El papel de los organismos ambientales autonómicos de las comunidades autónomas en la evaluación ambiental de las líneas de transporte eléctricas.

*Ignacio Rodríguez Galindo*

Relación con los organismos ambientales.

*Antonio Jerez Agudo*

Importancia estratégica de la comunicación.

*Pedro Macía*

Improving public understanding and acceptance.

*Eamon Collins*

### **Evaluación y Estudios de Impacto Ambiental**

La nueva normativa en la evaluación de impacto ambiental.

*José Antonio Lazúen Alcón*

Metodología de evaluación de impactos ambientales en el transporte aéreo de energía eléctrica.

*Antonio López García, Jesús Gil Mata, José Miguel Bago Sotillo*

An iterative multicriteria approach through a GIS optimization process for right of way selection. Illustrated with an application to a Red Eléctrica project.

*Jean-Paul Gravel, Étienne Girard, Jacques Deschênes*

### **Campos Electromagnéticos**

Legislación y recomendaciones sobre exposiciones a campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial.

*Juan Bernar, Pilar Membrillera*

Childhood cancer and residence near power lines. Comments and critique.

*Pia Verkasalo, Jaakko Kaprio, Eero Pukkala, Markku Koskenvuo*

Risk of cancer in relation to occupational exposure to 50-60 hertz electric and magnetic fields: a review.

*Pascal Guénel, Marcel Golberg*

Conclusions about epidemiological studies on elf magnetic fields.

*Christoffer Johansen*

### **Avifauna**

Decreto para la protección de la avifauna de la Generalitat de Catalunya.

*Xavier Parellada i Viladoms*

Análisis de impactos de líneas eléctricas sobre la avifauna de espacios naturales protegidos.

*Miguel Ferrer*

Nidificación de aves en líneas eléctricas en Extremadura: problemática y manejo de conservación.

*Ángel Sánchez García, Antonio Bueno, Jesús Rodríguez, Francisco González, Arturo Álvarez, Victorio Ramos, Javier Caldera Domínguez*

Colocación de nidos artificiales para aves en tendidos eléctricos en desuso.

*Andrés López Moreno, Eduardo Gil Delgado, Pedro Expósito Pedrero*

Estudios sobre la nidificación de aves en apoyos de líneas de transporte de electricidad.

*Victor Navazo López, Jorge Roig Solés*

### **Soluciones Técnicas a los Problemas Actuales**

Problemas de las grandes ciudades. El ejemplo de Barcelona.

*Joan Baltá Torredemer*

Alternative solutions to 400 kV overhead lines.

*Gérald Papot*

### **Vegetación y Paisaje**

Integrated approach for biological control of unwanted species in rights-of-way.

*Alain Meilleur, André Bouchard*

Estudios de la flora ibérica y su relación con las líneas de alta tensión.

*Javier Arévalo Camacho, Jorge Roig Solés, Fernando*

*Gómez Manzaneque, Carlos Morla Juaristi, Elena Bermejo Bermejo, Felipe Domínguez Lozano, Jesús Maza Pecino, Susana Molinero Herranz, Leoncio Moreno Rivero*

Control de calidad de los trabajos de tala y poda, y tratamiento de los residuos en líneas eléctricas.

*Antonio Giménez Plensa*

Transmission technology and art designs towers are a part of the man-made landscape.

*Antti Nurmesniemi, Hon RDI, IVO Voimansiirto Oy, IVS*

### **CLAUSURA**

Domingo Jiménez Beltrán, Gerardo Novales

### **COMUNICACIONES ESCRITAS**

Auditorias ambientales y líneas eléctricas.

*J. Octavio Blanquer Silvestre, F. Javier Alonso Martínez*

Implantación de sistemas de gestión medioambiental en el sector eléctrico.

*Dolores Agüera Lizaso, Víctor M. Rodríguez Núñez*

Gestión con base de datos de incidencias medioambientales.

*Javier Goitia Blanco, Pedro Ortega Goitia*

Evaluación medioambiental de instalaciones de distribución y transporte.

*Juan Carlos Brandao Peña, Elionor Roldán Bassas*

Susceptibilidad de aves para la colisión con tendidos eléctricos.

*Guyonne Janss, Miguel Ferrer*

Propuesta legislativa para la aprobación de decretos autonómicos que controlen el impacto de los tendidos eléctricos en las aves.

*Andrés López Moreno*

Medidas técnicas para evitar la electrocución de aves en líneas eléctricas.

*Ángel Sánchez, Francisco Méndez, Juan Antonio Santiago, Juan Antonio Alvarez, Vicenta Gómez*

Estudios sobre la nidificación de cigüeñas blancas en la línea a 400 kV Almaraz-Guadame.

*Guyonne Janss, Jesús Sánchez, Víctor Navazo, Jorge Roig*

Estudio de la señalización de la futura línea a 400 kV Pinar-Estrecho con dispositivos anti-colisión de aves.

**Javier Casas**

Estudio sobre el comportamiento de la avifauna en un campo eólico de dos áreas adyacentes en Tarifa (Cádiz).

**Guyonne Janss, Miguel Ferrer, Francisco Montoya**

Medidas técnicas de protección a la avifauna.

**J. Aurelio Cardesa Gil**

Experiencia de Unión Fenosa en la protección de aves.

**Jaime Sánchez Escribano**

Residuos y figuras de protección de espacios naturales de España.

**Victor Navazo López**

Distribución biocenótica y ensayo biogeográfico de los vertebrados silvestres de la Reserva de la Biosfera Ordesa-Viñamala (Huesca) y su aplicación al estudio de la línea eléctrica a 400 kV. Aragón-Frontera Francesa.

**Victor Navazo López**

Características generales de las especies nidificantes en líneas de alta tensión.

**Victor Navazo, Jorge Roig, Alfonso Lazo**

Procedimiento de tal y poda de arbolado en relación a las líneas de transporte y distribución de energía eléctrica.

**Valentín Claret Ruf**

Campos electromagnéticos: Aproximación a las claves de la polémica.

**Carlos Llanos Lecumberri, Ana Rodríguez Santos**

El ruido: aspectos técnicos y legales. Caso de las líneas eléctricas de alta tensión (400 kV).

**Ana Rodríguez Santos, Carlos Llanos Lecumberri**

Aspectos previos para la realización de una guía de diseño de líneas eléctricas aéreas de alta tensión para minimizar los impactos medioambientales.

**Carlos Llanos Lecumberri, Javier Arévalo Camacho, Jorge Roig Solés, Ángel Gallego de Montes, Silvia Camps Torres**



# ÍNDICE DE LAS TERCERAS JORNADAS SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS Y MEDIO AMBIENTE

6 y 7 de octubre de 1999. Madrid, España

---

## **PONENCIA INAUGURAL**

Ingeniería, Ambiente y Sostenibilidad.

*Ramón Folch Guillén*

## **COMUNICACIONES ORALES**

### **Evaluación de Impacto Ambiental**

Infraestructuras eléctricas: Trámite ambiental en el Principado de Asturias.

*Juan Antonio Martín Ventura*

La gestión de las evaluaciones de impacto ambiental en Cantabria.

*Santiago González Pérez*

Experiencias sobre la evaluación de impacto ambiental de líneas eléctricas en Cataluña.

*Jordi Cabrera López*

La evaluación del impacto ambiental de líneas eléctricas en la Comunidad Foral de Navarra.

*Alberto Otamendi Saldise*

Conclusiones evaluación de impacto ambiental

*José Luis Obesso Gómez*

### **Gestión Ambiental**

Management of the environment in the electrical transmission and distribution installations in France

*Gro Waeraas de Saint Martin*

Environmental issue management by REN, the Portuguese Transmission grid company

*Antonio Manuel Neves de Carvalho*

La gestión ambiental en EDECA.

*Esperanza Colón Contreras*

Proceso de implantación de un SGMA en las instalaciones de transporte, transformación y distribución del grupo ENDESA.

*Hernán Cortés Soria*

Sistema de conocimiento del territorio.

*Carlos García Mayobre*

La gestión ambiental en Red Eléctrica de España.

*Jorge Roig Solés*

### **Comunicación Ambiental**

El derecho a la información ambiental.

*Francisco Cadarso González*

Lenguaje y estrategias de la comunicación ambiental.

*Felícísimo Valbuena de la Fuente*

Energía y ecologistas: Motivos del cortocircuito.

*Miguel Ángel Pérez Marqués*

Medios para el medio ambiente.

*Joaquín Araujo Ponciano*

### **Campos Electromagnéticos**

The controversy over power lines and cancer: What is the scientific evidence?

*John E. Moulder, Ph. D.*

Efectos biológicos de los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja.

*Juan Represa de la Guerra*

Recomendación del Consejo Europeo para la exposición a Campos electromagnéticos.

*Juan Bernar Solano*

## **Responsabilidades por Daños al Medio**

### **Ambiente**

Planteamiento teórico de la responsabilidad ambiental.

*Miguel Riaño Pombo*

Incidencia de “baja intensidad” debida a las instalaciones de distribución.

*Javier Goitia Blanco*

Responsabilidades ambientales de las infraestructuras eléctricas en los planes de urbanismo en relación con los campos electromagnéticos.

*José Luis Otero Codesal*

### **Clausura**

Pedro Mielgo Álvarez

Alberto Ruiz del Portal

# LISTADO DE ASISTENTES



Apellidos	Nombre	Empresa
1 AFUERA GARCÍA	MIGUEL ÁNGEL	Red Eléctrica de España
AGUIRRE CHAMORRO	ANTONIO	Montaje e Ingeniería Arc
ÁLAMO SERRANO	JAVIER DEL	Tragsatec
ALAPASSI	MARKUS	Ministry of Environment
ALGUACIL	JULIO	Red Eléctrica de España
ALONSO LLORENTE	JUAN FRANCISCO	Red Eléctrica de España
ALONSO PRIETO	JOSÉ MANUEL	Red Eléctrica de España
ANDREU	AGUSTÍ	Generalitat de Cataluña
ÁNGEL YÁGÜEZ	RICARDO DE	Universidad de Deusto
10 APARICIO	ADA	Forodirectivos
ARANGUREN	RAQUEL	Fundación Entorno
ARRAIZA CAÑEDO-ARGÜELLES	JOSÉ Mª	Unión Fenosa / Fundación Energía Sin Fronteras
ARRANZ CUESTA	ROBERTO	Red Eléctrica de España
AYALA CORTINA	JOSÉ FRANCISCO	Red Eléctrica de España
BALLESTEROS RUIZ	Fco. JAVIER	Grupo Alta Tensión
BALL-LLOSERA CASTILLO	JOAQUÍN	Sinergis
BARBERÁ DOMÉNECH	RICARDO	Red Eléctrica de España
BARRIO MARTÍN	RESURRECCIÓN	Red Eléctrica de España
BERMÚDEZ BLANCO	CRISTOBAL	Red Eléctrica de España
20 BERNAR SOLANO	JUAN	Unesa
BIBILONI OLIVER	GABRIEL	Endesa
BLANCO RODRÍGUEZ	GERARDO	Principado de Asturias
BLASCO VÁZQUEZ	JOSÉ LUIS	KPMG
CALZADILLA	BELÉN	MLS
CANO	JUAN	Gobierno de Canarias
CARRODEGUAS CHEDA	HERIBERTO	Red Eléctrica de España
CASAJÚS DÍAZ	VICTORIANO	Red Eléctrica de España
CASARES CANDEBAT	MARÍA	Hidrocantábrico
CASTELLO MESTANZA	JOSÉ MARÍA	ECA, Entidad Colaboradora de la Administración
30 CEREZO VALVERDE	ESTHER	Consejería de Medio Ambiente de Murcia
COLLANTES PÉREZ-ARDA	CARLOS	Red Eléctrica de España
CONDE RUIZ	LAURA	Junta de Castilla-La Mancha
CÓRDOBA	ASIER	NAS
CORTÉS DÍAZ	FERMIÍN	Principado de Asturias
CORTÉS SORIA	HERNÁN	Endesa
CRESPO CARRETERO	FERNANDO	Red Eléctrica de España
CRUZ ROMERO	PEDRO LUIS	Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla
DE PEDRO	JOAQUÍN	IBERINCO
DENCHE CASTEJÓN	GREGORIO	Red Eléctrica de España
40 DESCHAMPS	FRANÇOIS	RTE (Francia)
DÍAZ GALLARDO	ANTONIO	Red Eléctrica de España
DÍEZ BODELÓN	Mª DEL MAR	Electra de Viesgo
DÍOS ALJJA	RAFAEL DE	Red Eléctrica de España
DÍOS CÁCERES	FRANCISCO	Universidad Castilla la Mancha
ECHAGÜE MENDEZ DE VIGO	GONZALO	Colegio de Físicos
EGUILUZ MORÁN	LUIS IGNACIO	Universidad de Cantabria
EGUILUZ SAEZ	IÑAKI	Estudios Informes Navarra
ESCANDÓN	JUAN MANUEL	Hispania Service
ESCUDERO PINTADO	JOSÉ LUIS	Red Eléctrica de España
50 FELIPE HIDALGO	JUAN CARLOS	Red Eléctrica de España
FERNÁNDEZ GALLEGO	MARÍA JESÚS	Junta de Castilla-La Mancha
FERRER MORENO	LUIS FERNANDO	Red Eléctrica de España
FREIRE SAMBADE	EMÉRITO	Inesa
FRESCO	EMILIO	Gobierno de Canarias
FRÍAS MONTEJO	FERNANDO	Red Eléctrica de España
GALÁN GARCÍA	AITOR	
GALLEGO DEL MONTE	ÁNGEL	Red Eléctrica de España
GARCÍA BAQUERO	Mª JESUS	Junta de Extremadura
GARCÍA CABA	MIGUEL	Red Eléctrica de España
60 GARCÍA DE DIEGO	RAFAEL	Red Eléctrica de España
GARCÍA MAYOBRE	CARLOS	Unión Fenosa
GARCÍA MARQUES	JOSÉ	
GARCÍA MORENO	JOSÉ	Red Eléctrica de España
GARCÍA PEREIRA	JOSÉ	Red Eléctrica de España
GARCÍA ROLDÁN	JUAN	Red Eléctrica de España
GARCÍA VALVERDE	AGUSTÍN	Red Eléctrica de España
GARCÍA VILLARES	JOSÉ LUIS	Endesa
GARCÍA-ORCOYEN TORMO	CRISTINA	Fundación Entorno
GIL CORRALES	MANUEL ÁNGEL	Red Eléctrica de España
70 GIL POZO	MERCEDES	Red Eléctrica de España
GOITIA BLANCO	JAVIER	Iberdrola
GONZÁLEZ	ELISEO	UGT
GONZÁLEZ AUSUCÚA	JESUS	Red Eléctrica de España
GONZÁLEZ BECERRA	Mª JOSÉ	Red Eléctrica de España
GONZÁLEZ CAMINO	JUAN JOSÉ	Red Eléctrica de España
GONZÁLEZ CANTALAPIEDRA	LETICIA	Red Eléctrica de España
GONZÁLEZ FERNÁNDEZ	JESÚS Mª	Instituto de Magnetismo Aplicado
GONZÁLEZ PATIÑO	CARLOS	Red Eléctrica de España
GONZÁLEZ PLAZA	FRANCISCO	Red Eléctrica de España
80 GRANADINO	RAMON	Red Eléctrica de España
GUDMUNSSON	ALBERT	The National Power Company
GUERRA LLAMAS	ÁNGEL	Unión FENOSA
HALTIA	OSMO	Ministry of Trade and Industry
HERRANZ	JUAN	ESRI España
HERRERO BLANCO	JAVIER	Red Eléctrica de España
HROLFSDOTTIR, M.Sc. CE	HILDUR	Landsvirkjun
HURTADO ZAPICO	JUAN	Unión FENOSA
JAMSEK	SASA	Elektro Slovenija
JIMÉNEZ GONZÁLEZ	ANA	Red Eléctrica de España
90 JIMÉNEZ SUÁREZ DE CEPEDA	GREGORIO	Universidad Castilla-La Mancha
LAGARES DÍAZ	ÁNGEL	Unión FENOSA

Apellidos	Nombre	Empresa
LAS SANTAFÉ	ENRIQUE	Gamesa
LEZÁMIZ CONDE	TXABER	Gobierno Vasco
LIZARRAGA URSUA	ALICIA	Corporación Energía Hidroeléctrica de Navarra
LLANOS LECUMBERRI	CARLOS	Red Eléctrica de España
LÓPEZ	JOSÉ	URALITA
LÓPEZ RIVADULLA	ISABEL	Hispania Service
LÓPEZ TORRES	HONORATO	Gobierno de Canarias
LORENZANA PÉREZ	AMÓS	Ministerio de Medio Ambiente
100 LOZANO CEREZO	MARI LUZ	Norvento
LUCIO-VILLEGAS RAMOS	ANTONIO	Red Eléctrica de España
MACHADO TRUJILLO	ADELA	Gobierno de Canarias
MAGUREGUI	VÍCTOR	Red Eléctrica de España
MARCELO PÉREZ	ÁLVARO	Red Eléctrica de España
MARTÍN	JULIÁN	KPMG
MARTÍN FERNÁNDEZ	LUIS	Geotecnia y Cimientos (Grupo Dragados)
MARTÍN GUERRERO	JAVIER	SIEMENS
MARTÍNEZ FANEGAS	FERNANDO	Red Eléctrica de España
MARTÍNEZ GABAS	MANUEL	Universidad Castilla La Mancha
110 MARTÍNEZ PÉREZ	JOSÉ MIGUEL	Iberdrola
MATA VIGIL-ESCALERA	JOSÉ LUIS	Red Eléctrica de España
MAZZEI	RUBÉN	Endesa
McMAHON	MICHAEL	ESB (Irlanda)
MÉNDEZ CASAL	JUAN CARLOS	Red Eléctrica de España
MÉNDEZ MUNIZ	JAVIER	Principado de Asturias
MESA PÉREZ	ROGELIO	Endesa
MIELGO ÁLVAREZ	PEDRO	Red Eléctrica de España
MOLINA CORONADO	JUAN LUIS	Grupo Alta Tensión
MONTAÑES FERNÁNDEZ	CARMEN	
120 MONTESINOS ARACIL	MAURO	Red Eléctrica de España
MOTJÉ SURROCA	NARCÍS	Sinergis
MURILLO MORÓN	FRANCISCO	Basoinsa
NAVAZO LÓPEZ	VÍCTOR	Red Eléctrica de España
NIETO SEGURA	AURELIO	CC.OO. Cantabria
OLITE CABANILLAS	JESÚS	El Justicia de Aragón
OYOLA ARROYO	CARMELO	Red Eléctrica de España
PACHECO PANIZO	RAFAEL	Endesa
PACHECO REYES	JOSÉ DIEGO	Red Eléctrica de España
PALACÍN	PERE	Institut Químic de Sarrià
130 PALACIOS GONZÁLEZ	M <sup>a</sup> JESÚS	Junta de Extremadura
PALACIOS RECUERO	CRISTINA	Red Eléctrica de España
PARTANEN	ERKKI	Fingrid
PASTOR ALFONSO	PILAR	Colegio de Físicos
PÉREZ DEL CAMPO	PEDRO	Renfe
PÉREZ GARMENDIA	FERNANDO	Elecnor
PÉREZ HERVADA	JOAQUÍN	Hispania Service
PÉREZ PÉREZ	CARLOS	Junta de Castilla y León
PÉREZ PÉREZ	MARIANO	Junta de Castilla y León
PINÓS JORBA	LLUIS	Red Eléctrica de España
140 PONCET SOUTO	RAMÓN	Montaje e Ingeniería Arce
PORTILLO BELINCHÓN	MARTÍN	Red Eléctrica de España
REPRESA DE LA GUERRA	JUAN	Universidad de Valladolid
ROCAS	JOSEP	Sinergis
RODRÍGUEZ CANO	CARMELO	Delegación Provincial de Industria de Guadalajara
RODRÍGUEZ CASTELLOTE	SANTIAGO	Soluziona Ingeniería
RODRÍGUEZ MORENO	ANTONIO JOSÉ	Consejería de Medio Ambiente de Murcia
ROIG SOLÉS	JORGE	Red Eléctrica de España
ROMERO	ELADIO	Inerco
RUBIO GARCÍA	MIGUEL	Junta de Castilla-La Mancha
150 RUPÉREZ AGUILERA	JESÚS	Red Eléctrica de España
RUSZCZYKOWSKI	TADEUSZ	Polish Power Grid Company
SÁEZ JUANABERRIA	RAFAEL	Red Eléctrica de España
SALAMANCA SEGOVIANO	FRANCISCO	Red Eléctrica de España
SALLÁN BIJSTER	JOAQUÍN	Red Eléctrica de España
SAN MILLÁN CRUZ	RODRIGO	Red Eléctrica de España
SÁNCHEZ INIESTA	JUAN FERNANDO	Red Eléctrica de España
SANTA-MARÍA	JUAN	Red Eléctrica de España
SANTYIÁN CANO	JUAN	Grupo Alta Tensión
SANZ REDONDO	CARLOS	Iberdrola Ingeniería y Consultoría
160 SIGLER LECHUGA	MANUEL	Red Eléctrica de España
SIGURDSSON, M.Sc. EE	EYMUNDUR	Landsvirkjun
SMETS	CRISTEL	Elia
SOMARRIBA CONDE	PEDRO	Red Eléctrica de España
SOTO ZABALGOGEAZCOA	MARÍA JOSÉ	
TAMARIT MACARIO	ARTURO	Iberdrola
TAMAYO PRADA	ALBERTO	Endesa
TEJEDOR GONZÁLEZ	JOSE A.	Elecnor
TELO ARDILA	MARI CARMEN	Red Eléctrica de España
TIRADO	LUIS	Fundación para la Conserv. del Quebrantahuesos
170 TORREGO GIRALDA	ALICIA	Colegio de Físicos
TOSCANO BENAVIDES	LUIS	Inerco
TRAMPUZ	MIRJAN	Elektro Slovenija
TREVIÑO IZQUIERDO	JAVIER	Red Eléctrica de España
URSUA	CARMEN	Gobierno de Navarra
URSUA SESMA	ESPERANZA	Estación Biológica de Doñana-CSIC
VACA	JESÚS	Red Eléctrica de España
VALDÉS ÁLVAREZ	IGNACIO	Red Eléctrica de España
VÁZQUEZ MIRANDA	MERCEDES	Red Eléctrica de España
VERDEJA GONZÁLEZ	RAMÓN MARÍA	Hidrocantábrico
180 VILLA JAÉN	ANTONIO	Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla
WASILUK-HASSA	MAGDALENA	Polish Power Grid Company
YÁÑEZ SIMÓN	ASUNCIÓN	Delegación Provincial de Industria de Guadalajara
ZANTINGE	JAN	Tennet
ZARCO PUGA	CARMEN	Red Eléctrica de España





**EDITA**

**Red Eléctrica de España, S.A.**

Pº del Conde de los Gaitanes, 177

28109 Alcobendas · Madrid

Tel. 91 650 85 00

Fax 91 650 45 42

[www.ree.es](http://www.ree.es)

**DIRECCIÓN TÉCNICA**

Departamento de Medio Ambiente de REE

Correo electrónico: [mambiente@ree.es](mailto:mambiente@ree.es)

**COORDINACIÓN**

Dirección de Comunicación y

Relaciones Institucionales de REE

**MAQUETACIÓN E IMPRESIÓN**

EPES, Industrias Gráficas

**OTROS DATOS DE LA EDICIÓN**

Fecha edición: julio de 2004

Impreso en papel ecológico

Depósito Legal: M-33270-2004



**RED ELÉCTRICA**  
DE ESPAÑA

Pº del Conde de los Gaitanes, 177  
28109 Alcobendas · Madrid · Spain  
Tel. +34 91 650 85 00/20 12  
Fax +34 91 650 45 42/76 77  
[www.ree.es](http://www.ree.es)

