



**Décimo Quinto Encuentro Regional  
Ibero-americano del CIGRÉ  
Foz de Iguazú-PR, Brasil  
19 al 23 de mayo de 2013**



**UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE PARAMETROS  
AMBIENTALES DE SISTEMAS ELÉCTRICOS**

**C.A. Wall\***  
**H.G. Mayer\***

**P.L.Arnera\***  
**O. Postiglioni\*\***  
**J. Turco\*\***  
**\* IITREE-LAT-FI-UNLP**  
**\*\* ENRE**

**M.B. Barbieri\***  
**O. Gonzalez\*\***

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se exponen aspectos vinculados al manejo de herramientas desarrolladas e implementadas por el ENRE (Ente Nacional Regulador de la Electricidad) para el monitoreo y control de diferentes parámetros ambientales vinculados a empresas del sector eléctrico, como ser Campo Magnético, Campo Eléctrico, Radio Interferencia, etc. En este sentido, se destacan las ventajas de contar con una herramienta que centralice la información correspondiente a diferentes tipos de instalaciones, incluyendo valores medidos de los parámetros mencionados y demás datos complementarios de dichas instalaciones, de manera de constituir una verdadera base de datos que facilita la forma de acceder a la información y que posibilita realizar un seguimiento efectivo.

Entre las atribuciones que le corresponden al ENRE se encuentran el dictado de regulaciones y procedimientos técnicos para ser seguidos por los agentes, verificar el cumplimiento de esas regulaciones y aplicar sanciones en los casos de incumplimiento. El Departamento Ambiental del ENRE tiene entre sus múltiples actividades la tarea de analizar la información obtenida por distintos canales y dar respuesta a los reclamos producidos en su ámbito de competencia y jurisdicción, entre otras tareas. En este sentido, la creciente demanda de información por parte del público en general respecto de parámetros ambientales, tales como los campos magnético y eléctrico, confirman la necesidad de disponer de una herramienta como la presentada que contribuya a la administración ágil de esta información y a su vez, prestar una respuesta rápida y concreta ante situaciones que, en algunos casos, pueden afectar a comunidades enteras. Por otro lado también se considera la utilización de la información disponible en la herramienta desarrollada para lograr una interacción efectiva, utilizando datos reales y actualizados, con otros organismos gubernamentales.

En el presente trabajo también se vuelcan algunos ejemplos de la información que puede ser obtenida a partir de lo almacenado en la base de datos creada por el ENRE y en la cual ya se cuenta con gran cantidad de mediciones de campos eléctrico y magnético.

El IITREE (Instituto de Investigaciones Tecnológicas para Redes y Equipos Eléctricos), mediante un convenio que mantiene la Universidad Nacional de La Plata con el ENRE, ha venido prestando su colaboración en este emprendimiento y ha realizado un gran número de mediciones en distintas instalaciones del país, donde el ENRE tiene incumbencia, siendo dichas mediciones parte sustancial del contenido de la herramienta desarrollada por el ENRE, con la colaboración del IITREE.

## **PALABRAS-CLAVE**

Desempeño Ambiental, Parámetros Ambientales, Gestión de Estrategias de Control.



**Décimo Quinto Encuentro Regional  
Ibero-americano del CIGRÉ  
Foz de Iguazú-PR, Brasil  
19 al 23 de mayo de 2013**



## **1. INTRODUCCIÓN**

En los últimos años en la República Argentina el ENRE desarrollo, con la colaboración del IITREE, una base de datos destinada a organizar y centralizar información relacionada con mediciones de Campo Eléctrico y Magnético de frecuencia industrial de las diferentes empresas e instalaciones que tiene bajo su jurisdicción.

El desarrollo de dicha base contemplo tanto mediciones nuevas como aquellas que ya habían sido realizadas previamente al funcionamiento de la base de datos e incluye información relevada por los agentes y por el ENRE en su carácter de organismo de control, en este sentido el IITREE ha prestado también colaboración con dicho organismo en la realización de mediciones a lo largo de varios años.

Otra actividad que le compete al ENRE es la de dictar procedimientos técnicos, verificar el cumplimiento de las normativas vigentes y aplicar sanciones en los casos que correspondan.

Dentro de la estructura del ENRE el Departamento Ambiental se ocupa de realizar diversas actividades relacionadas con su área de competencia, dentro de las cuales se puede mencionar evaluaciones de estudios de impacto ambiental y realizar el seguimiento de los parámetros vinculados a aspectos ambientales contemplados en la normativa vigente, dentro de estos parámetros se pueden mencionar los niveles de Campo Eléctrico (CE) y Magnético (CM), en tal sentido se pueden mencionar dos vías para obtener los resultados de mediciones, las realizadas por los agentes o los realizados por el ENRE.

La información obtenida por los diferentes procesos es volcada en la base de datos y una vez almacenada es posible realizar tareas de control, seguimiento y si es necesario utilizarlas en tareas de comunicación, tanto a otros organismos como a la población en general en aquellos casos que sea requerida.

## **2. ASPECTOS REGULATORIOS**

Con respecto a la normativa se puede mencionar que es la Secretaría de Energía (SE) la que se ocupa de elaborar directivas que contemplan los niveles máximos de exposición. Para el CE el nivel máximo admisible es de 3 kV/m y para el CM es de 25  $\mu$ T, ambos medidos a 1m del nivel del suelo, en el borde de la franja de servidumbre, fuera de ella y borde perimetral de estaciones transformadoras [1].

Por otro lado el ENRE publica reglamentación complementaria como ser:

Res. ENRE 1724/1998, en la que se establecen las directivas para realizar mediciones de campo eléctrico y magnético [2].

Res. ENRE 1725/1998 [3], establece las directivas para la realización de Estudios de Impacto Ambiental y le plan de gestión ambiental.

Res. ENRE 0546/1999 [4], da los lineamientos con los procedimientos para la construcción de líneas de transmisión de energía eléctrica cuyo nivel de tensión sea superior a 132 kV.

Res. ENRE 555/2001 [5], requiere a los agentes la implementación de un plan de gestión ambiental, estableciendo los contenidos mínimos del mismo.

Res. ASPA 01/2010 [6] (ASPA: Área de Seguridad Pública y Medio Ambiente), en donde se presenta una guía para que los agentes la información obtenida en mediciones utilizando internet, a través de un link elaborado especialmente para estos propósitos. Una vez cumplimentado los pasos correspondientes, la información es adjuntada a la base de datos en forma automática.

### 3. DESARROLLO Y ESTRUCTURA DE LA BASE DE DATOS “BASE CEM”

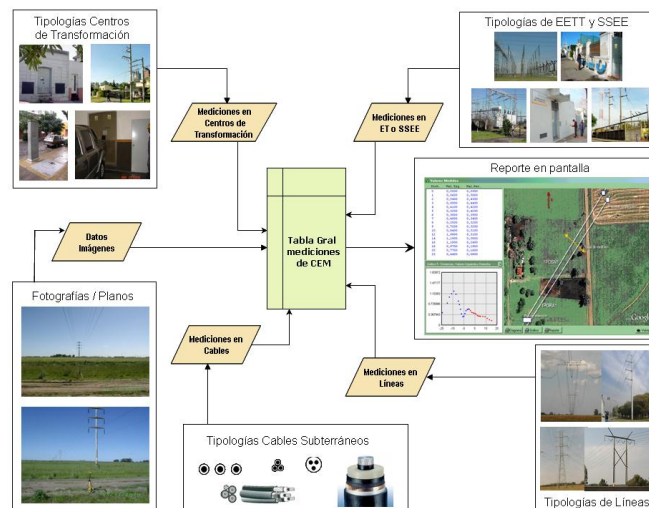
Para administrar la información existente sobre mediciones de CE y CM fue necesario desarrollar una herramienta que simplifique el acceso a la información, que permita realizar comparaciones o análisis más específicos de las diferentes instalaciones existentes. En tal sentido la organización de la base incluye diferentes categorías que dependen del tipo de instalación, estas son: subestaciones, centros de transformación, líneas aéreas y cables subterráneos. A su vez cada categoría es dividida en diferentes sub categorías que consideran las diferentes topologías aplicables a cada caso.

#### 3.1 Estructura

La estructura de la base de datos posee principalmente tablas, en las que se puede encontrar información referida a Mediciones, Líneas Aéreas, Subestaciones, Centros de Transformación, Cables Subterráneos, Valores, etc. Estas tablas poseen un número de identificación y contienen datos relevantes como valores medidos, tipo de instalación, nombre y código de la misma, dirección, agente al que corresponde, valores de condiciones atmosféricas, valores de tensión y carga de la instalación, georreferenciamiento de los sitios evaluados, etc.

#### 3.2 Clasificación

La clasificación de las instalaciones incluyen tipología de Centros de Transformación, Estaciones y Subestaciones Transformadoras, Líneas Aéreas y Cables Subterráneos, cada medición incluye imágenes y planos asociados y es posible generar reportes de las mediciones. En la Figura 1 puede verse un esquema general que da una idea global de esta estructura de la Base CEM.



**Figura 1 –Estructura de la Base CEM.**

Como se mencionó anteriormente cada tipo de instalación posee una subdivisión que considera la tipología de la instalación. Con esta clasificación es posible tener agrupados a los distintos tipos de instalaciones de manera de posibilitar búsquedas más ágiles dentro de la base de datos y, a su vez, facilitar la carga de datos en la misma. Es de destacar que cierto tipo de instalaciones son más frecuentes de encontrar que otras por lo que esto hace que la cantidad de información disponible también sea pasible de asimetrías semejantes. A continuación se da un detalle de estas divisiones con los códigos utilizados para la identificación de las mismas.

### 3.1.1 Estaciones Transformadoras y/o Subestaciones (SE)

En la Tabla I se presenta la tipología de SE consideradas y clasificadas con los códigos asignados a cada tipo de instalación.

**Tabla I – EETT y SE**

| <b>Tipo</b>            | <b>Subtipo</b>                            |
|------------------------|---|
| SE1: Subestación AT/AT | -   |
| SE2: Subestación AT/MT | SE21: vinculaciones sólo aéreas           |
|                        | SE22: vinculaciones sólo subterráneas     |
|                        | SE23: vinculaciones aéreas y subterráneas |
| SE3: Subestación MT/MT | -   |

Dentro de la base de datos no hay, en principio, distinción en la forma de medición entre cada una de estas instalaciones. Por lo que en general, los valores medidos de CEM estarán, en todos los casos, circunscriptos al perímetro externo de las EETT y SE, accesible al público en general.

### 3.1.2 Centro de Transformación MT/BT (CT)

En la Tabla II se presenta la tipología de CT consideradas y clasificadas con los códigos asignados a cada tipo de instalación.

**Tabla II – CT MT/BT**

| <b>Tipo</b>   | <b>Subtipo</b>               |
|---|------------------------------|
| CT1: centros de transformación aéreos               | -                            |
| CT2: centros de transformación a nivel              | -                            |
| CT3: centros de transformación subterráneo (cámara) | CT31: bajo vereda            |
|   | CT32: bajo propiedad privada |

En estos casos es de notar que solo se podrán observar valores de interés de Campo Eléctrico en aquellos CCTT que presenten instalaciones de media tensión no confinadas. Por lo tanto, es usual que en los casos de CCTT a nivel o subterráneos sólo se observen valores de Campo Magnético de interés, ya que en estas instalaciones el campo eléctrico suele quedar blindado por el confinamiento propio que posee la instalación.

### 3.1.3 Cable Subterráneo (CS)

En la Tabla III se presenta la tipología de CS considerados y clasificadas con los códigos asignados a cada tipo de instalación.

**Tabla III – CS**

| <b>Tipo</b>   | <b>Subtipo</b>                      |
|---|-------------------------------------|
| CS1: cables subterráneos de muy alta tensión (220 kV)     | CS11: Una terna coplanar horizontal |
|   | CS12: Una terna trébol              |
| CS2: cable subterráneo de alta tensión (132 kV, ó 66 kV)  | CS21: Una terna coplanar horizontal |
|   | CS22: Una terna trébol              |
| CS3: cable subterráneo de media tensión (33 kV ó 13.2 kV) | CS31: Una terna coplanar horizontal |
|   | CS32: Una terna trébol              |

En el caso de cables subterráneos, en general, sólo tienen sentido obtener valores de campo magnético ya que la tierra misma hace las veces de apantallamiento para el campo eléctrico. Siendo de característica relevante los valores de campo magnético observados en los empalmes de los mismos. En este tipo de instalaciones resulta útil la realización de perfiles transversales al cable o empalme en puntos representativos.

### 3.1.4 Líneas Aéreas (LA)

En la Tabla IV se presenta la tipología de LA consideradas y clasificadas con los códigos asignados a cada tipo de instalación.

**Tabla IV – LA**

| <b>Tipo</b>                                    | <b>Subtipo</b>   |
|--|--|
| LA1: Líneas aéreas de Muy AT (220 kV y 500 kV) | LA11: una terna coplanar horizontal  |
|  | LA12: una terna coplanar vertical, configuración convencional  |
|  | LA13: una terna coplanar vertical, configuración line-post   |
|  | LA14: más de una terna coplanar vertical   |
|  | LA15: más de una terna coplanar horizontal   |
| LA2: Líneas aéreas de AT(132 kV y 66 kV)       | LA21: una terna coplanar horizontal, configuración convencional  |
|  | LA22: una terna coplanar vertical, configuración convencional  |
|  | LA23: una terna coplanar vertical, configuración linepost  |
|  | LA24: una terna triangular, configuración convencional   |
|  | LA25: una terna triangular, configuración linepost   |
|  | LA26: más de una terna coplanar vertical, configuración convencional   |
|  | LA27: más de una terna coplanar vertical, configuración linepost   |
|  | LA28: más de una terna triangular, configuración convencional  |
| LA3: Líneas aéreas de MT (33 kV y 13.2 kV)     | LA31: una terna coplanar horizontal, configuración convencional  |
|  | LA321: una terna coplanar vertical, configuración convencional   |
|  | LA322: una terna coplanar vertical, configuración linepost   |
|  | LA331: una terna triangular, configuración convencional  |
|  | LA332: una terna triangular, configuración linepost  |
|  | LA34: una terna preensamblada  |
|  | LA35: más de una terna coplanar horizontal   |
|  | LA361: más de una terna coplanar vertical, configuración convencional  |
|  | LA362: más de una terna coplanar vertical, configuración linepost  |
| LA4: Líneas aéreas de MT con presencia de BT   | LA41: una terna de media tensión y una terna de baja tensión convencional (montadas sobre la misma estructura o muy cercanas)  |
|  | LA42: una terna de media tensión y una terna de baja tensión preensamblado (montadas sobre la misma estructura o muy cercanas) |

Si bien son variadas las topologías presentes en el caso de líneas aéreas, resulta conveniente, al igual que en el caso de cables, la realización de perfiles transversales en puntos representativos tales como la mitad del vano entre torres (zona más baja de la línea). De esta manera, al consultar la base de datos, es posible solicitar la gráfica del mencionado perfil con los valores medidos.

## 4. UTILIZACIÓN DE LA BASE CEM

La información disponible en la base de datos es utilizada de diferentes maneras, para control de los límites considerando la reglamentación, análisis particulares, intercambio de información con otras instituciones y comunicación con el público, en forma directa o por medio de la página web del ENRE (<http://www.enre.gov.ar/>).

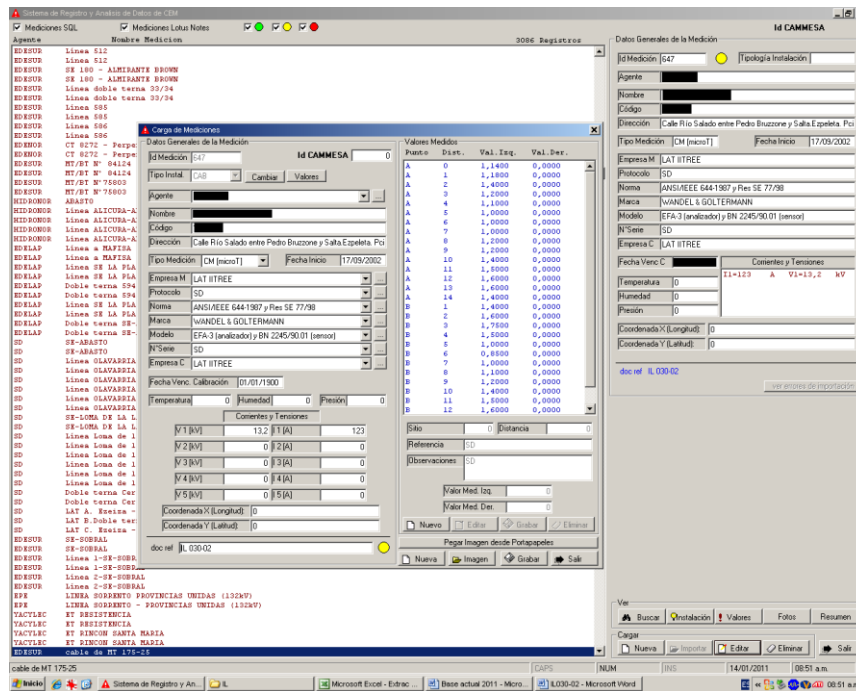
Los agentes que reportan al ENRE tienen obligación de cargar los datos de las mediciones solicitadas por dicho organismo a través de un sistema on-line en el sistema dedicado a tal fin. Estas mediciones y los correspondientes datos son revisados por personal del ENRE y, en caso de estar completa la información, se cargan en la base de datos general. De esta forma la información quedará disponible dentro del ámbito del mencionado organismo de control para su evaluación detallada. En principio, es

facultad del ENRE aplicar sanciones por incumplimiento de los límites establecidos en los parámetros medidos. En este sentido se verifica la primera gran utilidad de la base de datos para realizar esta tarea, con la posibilidad adicional de ver, en forma inmediata, el historial de mediciones realizadas por el agente en cuestión y evaluar la evolución de los valores medidos a lo largo del tiempo.

Para la visualización y administración de la información contenida en la base de datos se cuenta con una interfaz gráfica mediante la cual se puede, en forma amigable, acceder a las diferentes mediciones, así como también a fotografías, planos, gráficas de medición, etc. También es posible editar los datos cargados en dicha base por este medio.

La accesibilidad brindada por el sistema hace que se puedan realizar verificaciones rápidas ante inquietudes propias del control o ante reclamos de usuarios cercanos a las instalaciones medidas.

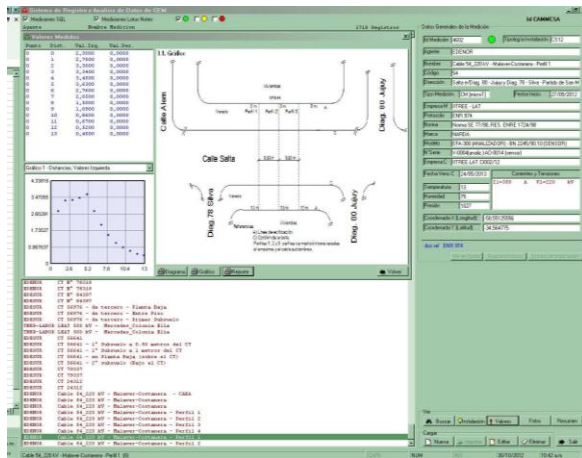
En la Figura 2 puede verse una imagen de la pantalla presentada por la interfaz utilizada en la base de datos CEM (Sistema de Registro y Análisis de Datos CEM) para la edición y visualización de datos. Se aprecia una ventana general con el listado de agentes y los comandos principales, mientras que en el centro de la imagen se puede ver la ventana utilizada para la carga de datos.



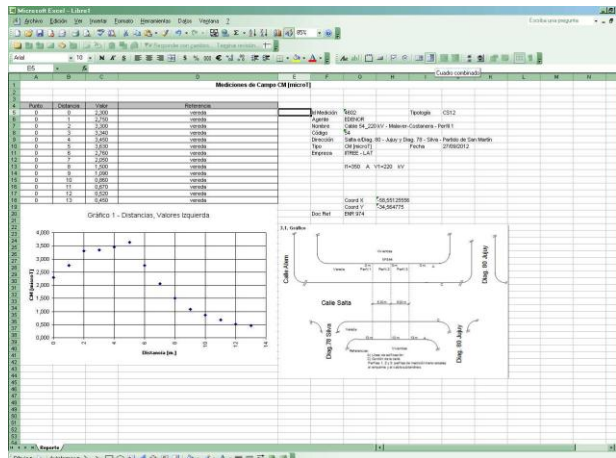
**Figura 2 – Editor de la base de datos CEM.**

#### **4.1 Presentación de la información**

Para propósitos de búsqueda y análisis de la información resulta útil hacer uso de las herramientas de presentación que brinda el sistema. De esta manera, la información almacenada en la base CEM, como fotografías, planos, registros de CE y CM puede ser volcada de manera más útil para quien quiera efectuar análisis de datos. Un ejemplo para un caso particular de un empalme en un cable subterráneo de 220 kV se presenta en las Figuras 3 a 5, en donde se muestra una imagen del Sistema de Registro y Análisis de Datos CEM (Figura 3), un reporte correspondiente a la medición, con valores obtenidos, planos con la identificación de los puntos de medición, datos de carga, etc. (Figura 4), una fotografía tomada en el momento de la medición (Figura 5) y un detalle del perfil de campo magnético resultante (Figura 6). Este perfil de valores de campo magnético corresponde al comienzo del empalme, existiendo perfiles también para el centro y fin del mismo.



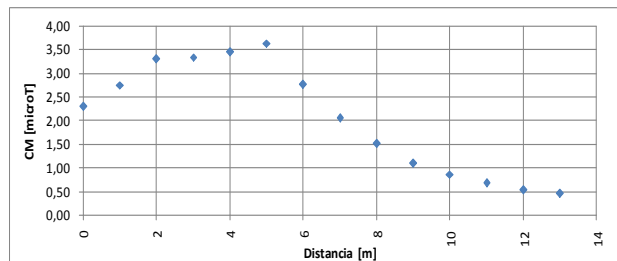
**Figura 3 – Sistema de Registro y Análisis de Datos CEM**



**Figura 4 –Reporte generado**



**Figura 5 –Fotografía tomada durante la medición**



**Figura 6 –Detalle del perfil de CM**

## 6. CONCLUSIONES

El desarrollo de la base de datos permitió organizar la información, simplificando la forma de acceder a la misma. Esta herramienta brinda además la posibilidad de responder rápidamente a las solicitudes de información por parte de otras organizaciones o de parte del público en general, ya que una vez identificada la instalación en cuestión se puede acceder a la información disponible y acercar datos reales al solicitante.

Se debe destacar la importancia de contar con este tipo de información en particular en aquellos casos que despiertan particular interés en la población en general, como pueden ser instalaciones ubicadas en cercanías de hospitales o escuelas. Hay que mencionar que en la página web del ENRE existen publicados ejemplos con resultados de mediciones realizadas en diversas instalaciones, esto permite a la población en general identificar la instalación emplazada en la zona de interés, compararla con la disponible en la página web y de esta forma obtener una referencia de los valores típicos de una instalación.

En algunas circunstancias es interesante el contacto directo con las personas, que en muchos casos no están informadas sobre la existencia de información con datos reales en la página web del ENRE, es así que dicha interacción presenta una oportunidad de brindar información a la ciudadanía en general sobre cómo interpretar la información disponible y brindar asesoramiento sobre la bibliografía adicional disponible a nivel internacional.

Hasta el momento, la Base CEM cuenta con un total de 3827 registros; 1909 de ellas corresponden a las mediciones de campo eléctrico y el otro al campo magnético de 1918.

- 683 corresponden a subestaciones.
- 2162 a líneas eléctricas.



**Décimo Quinto Encuentro Regional  
Ibero-americano del CIGRÉ  
Foz de Iguazú-PR, Brasil  
19 al 23 de mayo de 2013**



- 918 a centros de distribución.
- 64 a cables subterráneos.

Otra contribución adicional y de gran importancia radica en que esta recopilación de datos, ayuda a validar el desarrollo de modelos computacionales para el cálculo de campos eléctricos y magnéticos, y de esta manera poder extrapolar los resultados correspondientes a diferentes condiciones de cargas de las instalaciones.

Es destacable resaltar cómo una herramienta desarrollada originalmente con fines de monitoreo y control, puede ser utilizada como un instrumento muy importante para la asistencia en las prácticas de comunicación llevadas a cabo por el ENRE a través de diferentes vías de comunicación.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Resolución SE 77/1998. Boletín Oficial N° 28.859, miércoles 18 de marzo de 1998.
- [2] Resolución ENRE 1724/1998. Boletín Oficial n° 29.038, lunes 7 de diciembre de 1998, pp. 25-26.
- [3] Resolución ENRE 1725/1998. Boletín Oficial n° 29.038, lunes 7 de diciembre de 1998, p. 26
- [4] Resolución ENRE 0546/1999. Boletín Oficial n° 29.135, miércoles 28 de abril de 1999, p. 17.
- [5] Resolución ENRE 0555/2001. Boletín Oficial n° 29.759, miércoles 24 de octubre de 2001.
- [6] Res ASPA N° 01/2010 - Guía de Contenidos, Formatos y Presentación de los Informes previstos en la Resolución ENRE N° 555/2001. (no publicada en B.O.) , miércoles 8 de septiembre de 2010, 3 p.
- [8] “Management Tool for control of electric and magnetic fields of electrical companies”. P. Arnera, B. Barbieri, J. Turco, J. Messina, O. Postiglioni. 12th International Congress of International Radiation Protection Association, Buenos Aires, Argentina, 19/24 October 2008.