

**MEDIDAS DE NIVELES RADIOELÉCTRICOS EN CASTILLA Y LEÓN**  
**(EXPOSICIÓN AL PÚBLICO GENERAL)**

**ÍNDICE**

- 1. INTRODUCCIÓN.**
- 2. EL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.**
- 3. RADIACIONES OBJETO DEL ANÁLISIS.**
- 4. NIVELES DE REFERENCIA CONSIDERADOS EN LAS MEDICIONES.**
- 5. EQUIPOS DE MEDIDA UTILIZADOS.**
- 6. UBICACIONES Y PUNTOS DE MEDIDA.**
- 7. ENTIDAD COLABORADORA EN LOS TRABAJOS.**
- 8. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**



## **1. INTRODUCCIÓN.**

Encontrado en el convenio de colaboración entre la Consejería de Sanidad a través de la Dirección General de Salud Pública y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad de Valladolid, se realiza un estudio sobre la medida de los niveles radioeléctricos debido al interés social mostrado en este tema.

El marco regulador de las medidas de protección sanitaria frente a las emisiones radioeléctricas está constituido por la Ley General de Telecomunicaciones, la Ley General de Sanidad, el Real Decreto 1066/2001 de 28 de septiembre y por la Orden CTE/23/2002 de 11 de enero que lo desarrolla.

Los campos electromagnéticos (CEM) se encuentran en la naturaleza, y por lo tanto siempre han estado presentes en la Tierra. Además, con el continuo avance tecnológico, la exposición a fuentes de CEM creadas por el hombre, como las emisiones radioeléctricas o la telefonía móvil, se va incrementado.

En el ámbito del conocimiento del comportamiento de estas fuentes y de la vigilancia sanitaria es conveniente realizar un seguimiento a medio y largo plazo de las exposiciones a CEM.

## **2. EL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO.**

Un CEM puede definirse como el área de influencia de las ondas electromagnéticas. Las ondas electromagnéticas, en el espectro de radiofrecuencia, constituyen el medio de propagación que permite las comunicaciones entre los sistemas de telecomunicación (radiodifusión y televisión, emisoras de radioaficionados, comunicaciones móviles terrestres, marítimas o aeronáuticas, radio enlaces, telefonía móvil etc.). Ciertamente, están presentes en nuestra vida cotidiana desde mucho antes de la aparición de la telefonía móvil.

Los CEM son una combinación de ondas eléctricas y de ondas magnéticas que se desplazan simultáneamente. Tienen lugar tanto de forma natural como debido a la actividad humana:

| CEM NATURALES   | CEM DE ORIGEN HUMANO  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Campo magnético estático de la Tierra al que estamos continuamente expuestos.</li> <li>• Campo eléctrico causado por las cargas eléctricas de las nubes.</li> <li>• Campos eléctricos y magnéticos súbitos resultantes de los rayos, etc.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas eléctricas y electrodomésticos.</li> <li>• Ondas de radio, televisión, telefonía móvil, etc.</li> </ul> |

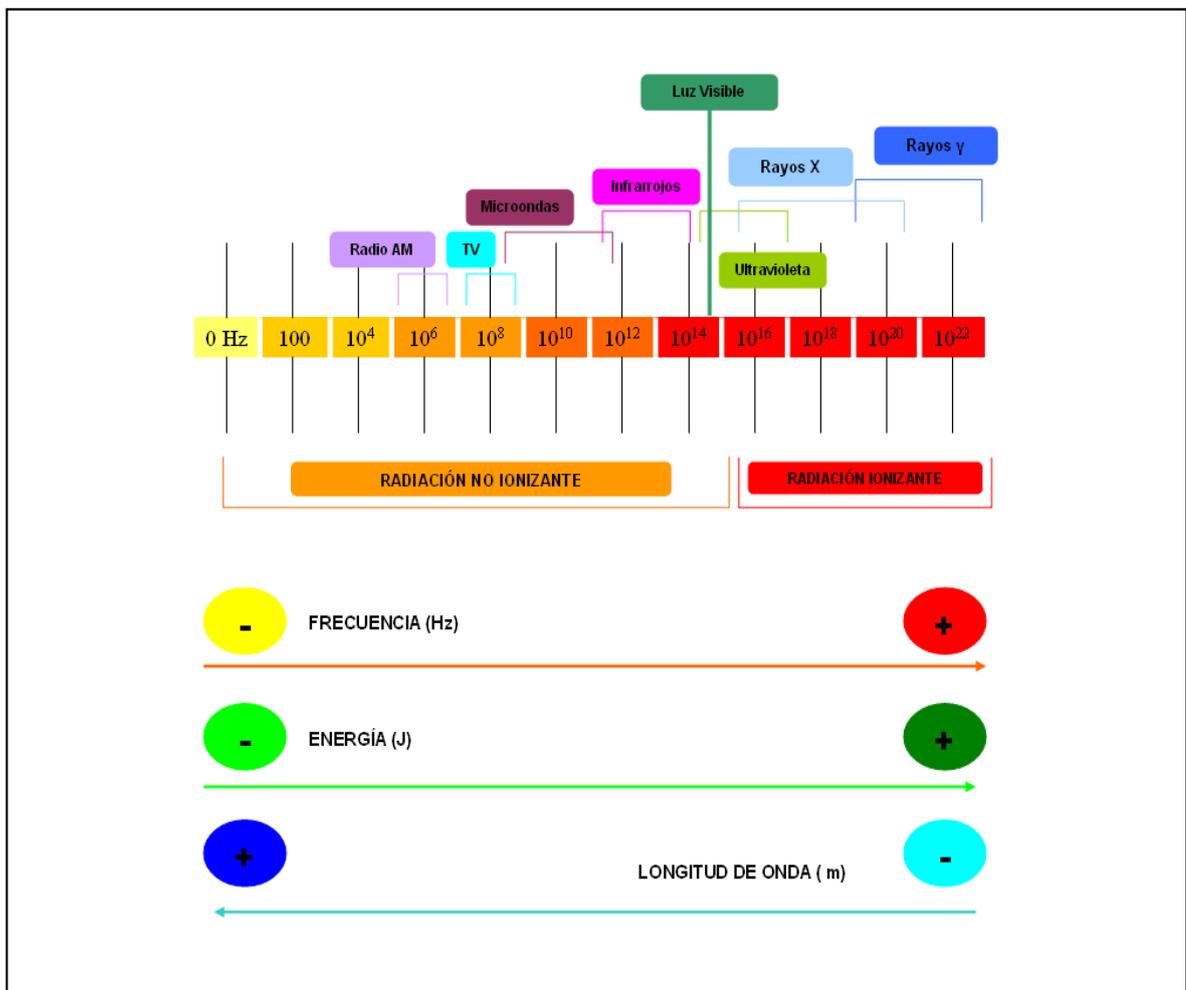
Los CEM se propagan a la velocidad de la luz y están caracterizados por una frecuencia y una longitud de onda. La frecuencia es el número de oscilaciones de la onda por unidad de tiempo medido. Se mide en Hertzios (Hz), es decir, 1 Hertzio es 1 ciclo por segundo. La longitud de onda es la distancia recorrida por la onda en una oscilación (o ciclo). Se mide en metros (m).

Para entender la influencia sobre la salud de los CEM hay que diferenciar los dos tipos de radiaciones que se producen. El fenómeno de la radiación consiste en la propagación de energía, ya sea en forma de ondas electromagnéticas (radiación electromagnética), o en forma de partículas subatómicas (radiación corpuscular). Si la radiación transporta energía suficiente como para provocar ionización en el medio que atraviesa, es una radiación ionizante. En caso contrario se habla de radiación no ionizante.

|                    |                      |                                   |   |
|--------------------|----------------------|-----------------------------------|---|
| <b>RADIACIONES</b> | <b>IONIZANTES</b>    | <b>Radiación corpuscular</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alfa</li> <li>• Beta</li> <li>• Neutrones</li> <li>• Otros: protones, núcleos pesados,...</li> </ul>   |
|                    |                      | <b>Radiación electromagnética</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gamma</li> <li>• Rayos X</li> </ul>  |
|                    | <b>NO IONIZANTES</b> | <b>Radiación electromagnética</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultravioleta</li> <li>• Luz visible</li> <li>• Infrarrojo</li> <li>• Microondas</li> <li>• Radiofrecuencia</li> <li>• Frecuencia industrial</li> </ul> |

Cuanto más elevada sea la frecuencia de una radiación, mayor es la energía que transporta la onda y por tanto, mayor es su capacidad de ionización y la probabilidad de producir efectos nocivos para la salud.

Las emisiones radioeléctricas que emiten los sistemas de telecomunicaciones y radiodifusión son radiaciones de frecuencia baja, es decir, son radiaciones no ionizantes.



- EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO -

### 3.RADIACIONES OBJETO DEL ANÁLISIS.

Las emisiones radioeléctricas presentes con más intensidad en las ciudades, son radiaciones no ionizantes.

| ESPECTRO DE RADIOFRECUENCIA                              |                     |              |   |
|--|---------------------|--------------|---|
| Nombre   | Abreviatura inglesa | Frecuencias  | Equipos y servicios   |
| <b>Extra baja frecuencia</b><br>Extremely low frequency  | ELF                 | 0-30 Hz      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas eléctricas de transporte de energía e instalaciones asociadas</li> </ul>  |
| <b>Super baja frecuencia</b><br>Super low frequency      | SLF                 | 30-300 Hz    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos relacionados con la generación, transporte o utilización de energía eléctrica de 50 Hz</li> <li>• Líneas de alta y media tensión</li> <li>• Aparatos electrodomésticos (neveras, secadores de pelo,...)</li> </ul> |
| <b>Ultra baja frecuencia</b><br>Ultra low frequency      | ULF                 | 300–3000 Hz  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cocinas de inducción</li> <li>• Antenas de radiodifusión modulada</li> <li>• Equipos de soldadura de arco</li> </ul>   |
| <b>Muy baja frecuencia</b><br>Very low frequency         | VLF                 | 3–30 KHz     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pantallas TV/PC</li> <li>• Líneas eléctricas</li> <li>• Cocinas de inducción</li> <li>• Dispositivos antirrobo de comercios</li> </ul>   |
| <b>Baja frecuencia</b><br>Low frequency                  | LF                  | 30–300 KHz   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiodifusión en onda larga</li> <li>• Ayuda a la navegación aérea y marítima</li> </ul>   |
| <b>Media frecuencia</b><br>Medium frequency              | MF                  | 300–3000 KHz | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiodifusión en onda media</li> </ul>   |
| <b>Alta frecuencia</b><br>High frequency                 | HF                  | 3–30 MHz     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiodifusión en onda corta radioaficionados</li> </ul>  |
| <b>Muy alta frecuencia</b><br>Very high frequency        | VHF                 | 30–300 MHz   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radio FM</li> <li>• Televisión VHF</li> <li>• Servicio de navegación VOR</li> </ul>  |
| <b>Ultra alta frecuencia</b><br>Ultra high frequency     | UHF                 | 300–3000 MHz | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Televisión UHF</li> <li>• Telefonía móvil</li> <li>• Horno microondas</li> <li>• Inalámbricas</li> </ul>   |
| <b>Super alta frecuencia</b><br>Super high frequency     | SHF                 | 3-30 GHz     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicaciones satélite</li> <li>• Abre puertas</li> <li>• Enlaces microondas</li> <li>• Radar</li> </ul>  |
| <b>Extra alta frecuencia</b><br>Extremely high frequency | EHF                 | 30-300 GHz   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Antenas de radionavegación</li> <li>• Radares</li> <li>• Antenas de radiodifusión</li> </ul>   |

Los equipos de medida utilizados abarcan la zona del espectro representativa para las telecomunicaciones y comprende desde los 100 KHz hasta los 3 GHz en medidas de banda ancha.

Se miden pues las aportaciones de:

- La radiodifusión en AM y FM.
- La telefonía móvil GSM, DCS-1800 y UMTS.
- La televisión analógica y TDT.
- Los servicios de navegación en VHS, como el VOR, servicios de comunicación radio para emergencias y otros servicios de menor significación como son:
  - redes de servicios de seguridad y emergencia del estado.
  - transporte de programas de radiodifusión estudio-emisora.
  - servicios de radio búsqueda.
  - servicio de comunicaciones de redes móviles y fijas.
  - servicio fijo, servicio móvil terrestre, servicios fijo y móvil para aplicaciones de meteorología por satélite y radioaficionados, etc.

En las vías públicas de una ciudad, las emisiones radioeléctricas presentes son radiaciones no ionizantes.

#### 4. NIVELES DE REFERENCIA CONSIDERADOS EN LAS MEDICIONES.

Atendiendo a recomendaciones internacionales, la legislación española ha recogido en el Real Decreto 1066/2001 unos niveles de referencia que garantizan el cumplimiento de unos márgenes de seguridad referentes a la exposición radioeléctrica de la población.

| Gama de frecuencia | Intensidad de campo eléctrico | Intensidad de campo magnético | Campo inducción magnética | Densidad de potencia equivalente de onda plana |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--|
| f (Hz)             | E (V/m)                       | H (A /m)                      | B (μT)                    | S (W/m <sup>2</sup> )                          |
| 0-1 Hz             | -                             | $3,2 \times 10^4$             | $4 \times 10^4$           | -  |
| 1-8 Hz             | 10.000                        | $3,2 \times 10^4 / f^2$       | $4 \times 10^4 / f^2$     | -  |
| 8-25 Hz            | 10.000                        | $4.000 / f$                   | $5.000 / f$               | -  |
| 0,025-0,8 kHz      | $250 / f$                     | $4 / f$                       | $5 / f$                   | -  |
| 0,8-3 kHz          | $250 / f$                     | 5                             | 6,25                      | -  |
| 3-150 kHz          | 87                            | 5                             | 6,25                      | -  |
| 0,15-1MHz          | 87                            | $0,73 / f$                    | $0,92 / f$                | -  |
| 1-10 MHz           | $87 / f^{1/2}$                | $0,73 / f$                    | $0,92 / f$                | -  |
| 10-400MHz          | 28                            | $0,73 / f$                    | 0,092                     | 2  |
| 400-2.300 MHz      | $1,375 f^{1/2}$               | $0,0037 f^{1/2}$              | $0,0046 f^{1/2}$          | $f / 200$                                      |
| 2-300GHz           | 61                            | 0,16                          | 0,20                      | 10   |

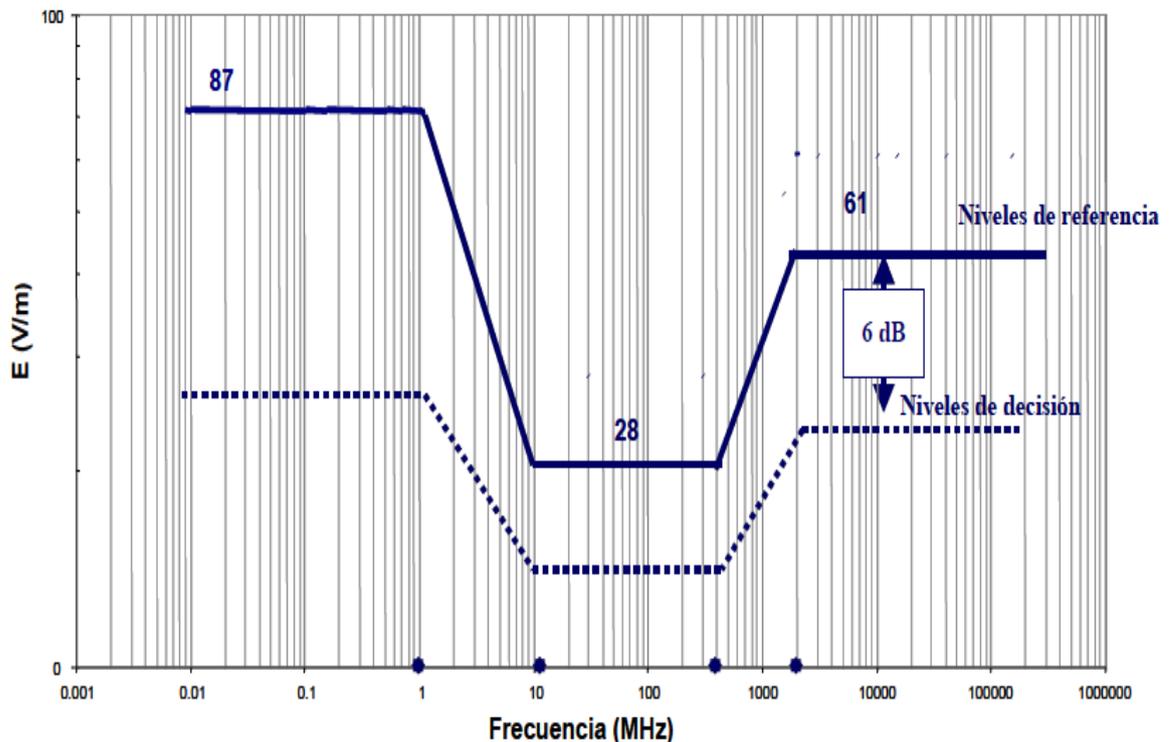
**- TABLA 1-**

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos [ 0 Hz-300 GHz , valores cuadráticos medios ( rms ) imperturbados ], según REAL DECRETO 1066/2001, de 28 de septiembre, 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 emisiones radioeléctricas.

Los anteriores niveles de referencia se pueden representar escogiendo alguna de las magnitudes representativas como el campo eléctrico. (Ver FIGURA 1).

La línea continua representa los límites absolutos de intensidad de campo eléctrico para cada frecuencia. Se puede observar que la zona donde se tolera menos radiación electromagnética (28 V/m) se sitúa entre 10 MHz y 400 MHz. En este margen de frecuencias las emisiones de mayor nivel son las del servicio de radiodifusión en frecuencia modulada (FM), ubicado entre 88 MHz y 108MHz.

Los resultados obtenidos en el proceso de medida, para cada magnitud, deberán compararse con los denominados “niveles de decisión”. Estos niveles de decisión se establecen 6 dB por debajo de los niveles de referencia señalados en el Real Decreto 1066/2001.



- FIGURA 1-

Niveles de referencia para campo eléctrico, según la ORDEN CTE/23/2002, de 11 de enero, por la que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones por operadores de servicios de radiocomunicaciones.

## 5. EQUIPOS DE MEDIDA UTILIZADOS.

Los equipos de medida utilizados son los que se utilizan en la medida y certificación de las estaciones radioeléctricas en España, reguladas por el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, 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 sanitarias frente a emisiones radioeléctricas y la orden ministerial CTE/23/2002 de 11 de enero que complementa el Real Decreto citado.

En la mayoría de los casos, los CEM son el resultado de los campos generados por diversas fuentes, de manera que para determinar de forma correcta el nivel de exposición en un punto, es necesario disponer de instrumentos capaces de medir con independencia de la orientación en la que se sitúen. Normalmente la distribución espacial de un CEM no es homogénea. Para establecer los niveles de exposición a los que están sometidos los cuerpos, se realizan medidas en diferentes puntos del espacio y se obtiene el valor cuadrático medio de ésta (valor rms).

En el estudio de las emisiones radioeléctricas, se realizan mediciones en banda ancha y mediciones en banda estrecha. Las mediciones en banda ancha permiten obtener una visión general del ambiente radioeléctrico. En los puntos donde se obtienen niveles de emisión radioeléctricas más elevados, se llevan a cabo mediciones en banda estrecha para poder caracterizar de qué tipo de radiación electromagnética se trata.

- **Medidas en banda ancha :**

Para realizar mediciones en banda ancha, se emplean equipos portátiles EMR300 de NARDA, con sonda isotrópica tipo 18 y que integran toda la potencia recibida entre 100KHz y 3GHz para ofrecer el campo eléctrico equivalente en V/m. Este tipo de sondas permiten caracterizar una exposición de campo lejano, donde es suficiente conocer el valor del campo eléctrico en un lugar para calcular la densidad de potencia en él.



Sonda de banda ancha con medidor NARDA EMR 300 sobre su trípode.

• **Medidas en banda estrecha:**

Para realizar mediciones en banda estrecha, se utilizan dos analizadores de espectro diferentes conectados a un conjunto de antenas adecuadas que abarcan un intervalo de frecuencias comprendido entre los 20 MHz y los 3GHz. Las mediciones en banda estrecha permiten identificar que radiofuente es la responsable de un posible elevado nivel de radiación en algún punto.

El equipo de medida principal es un analizador de espectros HP 8594Q. Las antenas utilizadas son directivas, es decir, permiten localizar las direcciones de máxima radiación en cada punto de medida. Dichas antenas son las siguientes:

- Antena Log periódica HL040 de ROHDE & SCHWARZ, 400 a 3000MHz.
- Antena Log periódica HL223 ROHDE & SCHWARZ, de 200 a 1300MHz.
- Antena Bicónica HK 116 de ROHDE & SCHWARZ, 20 a 300MHz.
- Antena AM/FM TELEVES 526 a 1700KHz.



← *Antena AM/FM TELEVES 526  
a 1700KHz*

*Antena Bicónica HK 116 de  
ROHDE & SCHWARZ 20 a  
300MHz*

→



## 6. UBICACIONES Y PUNTOS DE MEDIDA.

El objetivo era medir, en cada capital de provincia, los puntos de mayor exposición radioeléctrica. Para ello se realiza un cuadrante sobre un mapa de la ciudad y en cada cuadrante se realizaba un estudio previo in situ de las zonas con posibilidad de mayor exposición.

Se tenían en cuenta en el estudio previo in situ factores del entorno y factores radioeléctricos.

Por ejemplo como factores del entorno:

- Identificación de zonas accesibles para el público en general, próximas a centros emisores.
- Existencia de lugares de residencia habitual en distancias cortas desde las antenas radiantes, particularmente en la dirección de máxima radiación de éstas.
- Presencia de edificios u otros obstáculos, estimando de qué manera su presencia puede afectar al proceso de medida, fundamentalmente debido a reflexiones.
- Otros factores relevantes como la presencia de escuelas, hospitales, parques públicos, etc., situados en lugares próximos a las estaciones radioeléctricas.

Factores radioeléctricos:

- Características generales de la señal radiada, altura, orientación, dimensiones y directividad de los sistemas radiantes.
- Presencia de otras fuentes de señal radioeléctrica en las inmediaciones del entorno de medida.
- Otros parámetros técnicos adicionales que pudiesen condicionar el resultado final de la medida.

| <b>PROVINCIA</b>  | <b>UBICACIONES<br/>BANDA ANCHA<br/>desde 100 kHz a 3 GHz</b> | <b>UBICACIONES<br/>BANDA<br/>ESTRECHA</b> |
|-------------------|--|---|
| <b>ÁVILA</b>      | <b>241</b>   | <b>10</b>                                 |
| <b>BURGOS</b>     | <b>324</b>   | <b>15</b>                                 |
| <b>LEÓN</b>       | <b>480</b>   | <b>14</b>                                 |
| <b>PALENCIA</b>   | <b>210</b>   | <b>7</b>                                  |
| <b>SALAMANCA</b>  | <b>393</b>   | <b>10</b>                                 |
| <b>SEGOVIA</b>    | <b>269</b>   | <b>11</b>                                 |
| <b>SORIA</b>      | <b>184</b>   | <b>8</b>                                  |
| <b>VALLADOLID</b> | <b>600</b>   | <b>22</b>                                 |
| <b>ZAMORA</b>     | <b>300</b>   | <b>11</b>                                 |
| <b>TOTAL</b>      | <b>3.001</b>   | <b>108</b>                                |

## **7. ENTIDAD COLABORADORA EN LOS TRABAJOS.**

Ha participado en la realización de los informes sobre la medida de niveles radioeléctricos el Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática, de la Escuela Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad de Valladolid.

## **8. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.**

Después de haber realizado medidas de niveles de emisiones radioeléctricas en 3.001 ubicaciones de banda ancha en Castilla y León, un número lo suficientemente elevado como para reflejar con el rigor adecuado los niveles de exposición a las radiaciones electromagnéticas no ionizantes en vías públicas y otros puntos de interés, se puede concluir:

- 1.- Todas las mediciones han arrojado valores de exposición radioeléctrica muy inferiores a los niveles recomendados en el Real Decreto 1066/2001, 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 emisiones radioeléctricas.
- 2.- Los niveles de exposición a las radiaciones radioeléctricas cumplen con amplísimo margen los niveles de referencia que se establecen en el citado Real Decreto.
- 3.- Muchos valores registrados en las zonas céntricas de las ciudades, caen por debajo del umbral de sensibilidad del aparato de medida.

En definitiva con los datos de este informe se puede concluir que esta garantizado un elevado nivel de protección de la salud para los castellanos y leoneses en referencia a la exposición electromagnética a las radiaciones no ionizantes en el rango de frecuencias de la telefonía móvil, televisión y radio.