

ANEXO 5

Estudio de Niveles de Exposición Radioeléctrica

Proyecto: Instalación de Antena Tubular 60 m — el Operador (3G/4G/5G)

Fecha: Julio 2026 · Versión: 1.0

Elaborado por: Enrique Calabozo Orea – Administrador de Sistemas TIC / Project Manager

1. Objeto y Normativa Aplicable

Este estudio calcula, de forma orientativa, las distancias de seguridad frente a cada antena necesarias para no superar los límites de exposición del público general establecidos por el Real Decreto 1066/2001 y la Recomendación 1999/519/CE, que adoptan los niveles de referencia de ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, guías de 1998).

2. Metodología

Se calcula la distancia mínima R a la que la densidad de potencia en campo lejano, delante de cada antena, iguala el límite de exposición del público general para su frecuencia, mediante la expresión:

$$R = \sqrt{(EIRP / (4 \cdot \pi \cdot S_{\text{límite}}))}$$

donde EIRP es la potencia isotrópica radiada equivalente de la antena (en vatios) y $S_{\text{límite}}$ es el límite de densidad de potencia aplicable según la frecuencia (en W/m²), conforme a las guías ICNIRP 1998: 2 W/m² entre 10–400 MHz, $f(\text{MHz})/200$ W/m² entre 400 MHz y 2 GHz, y 10 W/m² entre 2–300 GHz.

Este cálculo es una simplificación conservadora de campo lejano en el eje principal del haz; no considera el patrón de radiación real de la antena, el downtilt aplicado, ni la atenuación por distancia y altura, por lo que las distancias reales de exposición segura a nivel de suelo serán significativamente menores.

3. Resultados por Banda y Tecnología

Tecnología / Banda	EIRP estimado	Límite ICNIRP	Distancia de seguridad (R)
3G — UMTS 900 MHz	55 dBm (≈ 316 W)	4,5 W/m²	≈ 2,4 m
3G — UMTS 2100 MHz	55 dBm (≈ 316 W)	10,0 W/m²	≈ 1,6 m
4G — LTE 800 MHz (B20)	56 dBm (≈ 398 W)	4,0 W/m²	≈ 2,8 m
4G — LTE 1800 MHz (B3)	58 dBm (≈ 631 W)	9,0 W/m²	≈ 2,4 m
4G — LTE 2600 MHz (B7)	58 dBm (≈ 631 W)	10,0 W/m²	≈ 2,2 m
5G — NR 700 MHz (n28)	57 dBm (≈ 501 W)	3,5 W/m²	≈ 3,4 m
5G — NR 3500 MHz (n78, Massive MIMO)	65 dBm (≈ 3.162 W)	10,0 W/m²	≈ 5,0 m

La distancia de seguridad más exigente corresponde a la banda 5G de 3500 MHz con Massive MIMO (≈ 5 m), al ser la de mayor EIRP estimado. Esta distancia define la **zona de acceso restringido** delante de cada panel de antena, sobre la propia plataforma superior de la torre.

4. Exposición a Nivel de Suelo

Al situarse el sistema radiante a 58–60 m de altura, con downtilt hacia el área de cobertura, la densidad de potencia a nivel de suelo en el entorno de la torre es varios órdenes de magnitud inferior a los límites de exposición del público general, incluso en el punto de máxima proyección del haz. Esta conclusión

cualitativa deberá confirmarse mediante medición real tras la puesta en servicio (sección 6).

5. Zona de Acceso Restringido en la Plataforma

- Delimitar con señalización normalizada de riesgo por CEM una zona de al menos 5 m delante de cada panel de antena en la plataforma superior.
- El personal de mantenimiento debe apagar o reducir la potencia de transmisión (mute remoto) antes de acceder a menos de la distancia de seguridad indicada en la tabla, conforme al procedimiento de trabajo en campos electromagnéticos (RD 299/2016 sobre exposición laboral a CEM).
- Instalar cartelería de riesgo por radiación no ionizante en el acceso a la escalera y en la propia plataforma superior.

6. Verificación tras la Puesta en Servicio

- Realizar una medición de niveles de exposición radioeléctrica con sonda de banda ancha calibrada tras la puesta en servicio de todas las tecnologías, en el perímetro de la parcela y en puntos sensibles cercanos (viviendas, si las hubiera).
- Emitir el certificado de niveles de exposición radioeléctrica correspondiente, a entregar junto con la documentación as-built (ver Memoria Técnica, sección 11).
- Repetir la medición ante cualquier ampliación de potencia, nuevas bandas o adición de un nuevo operador en la plataforma reservada.

Nota: los valores de EIRP utilizados son representativos de una configuración macro típica y una estimación conservadora para Massive MIMO; deben sustituirse por los valores reales de la ficha técnica de cada RRU/antena seleccionada antes de la certificación final. Este estudio no sustituye a la medición reglamentaria in situ tras la puesta en servicio.