

ESTUDIO DE DIMENSIONAMIENTO DE RF

Link Budget, Radio de Célula y Plan de Frecuencias

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

Fecha: Julio 2026 · Versión: 1.0 (preliminar)

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

1. Objeto y Alcance

Este estudio estima, de forma preliminar, el radio de célula alcanzable en enlace descendente para cada banda y tecnología del emplazamiento, mediante un cálculo de balance de enlace (link budget) y un modelo de propagación simplificado. **No sustituye a un estudio de cobertura realizado con herramienta de planificación radioeléctrica especializada** (p. ej. Atoll, Ranplan o similar) sobre cartografía real del entorno, que deberá completarse antes del diseño de RF definitivo.

2. Metodología

El alcance máximo se obtiene calculando la **máxima pérdida de propagación admisible** (MAPL) del enlace y despejando la distancia mediante un modelo de propagación:

$$MAPL \text{ (dB)} = EIRP \text{ (dBm)} - \text{Sensibilidad del receptor (dBm)} - \text{Margen de desvanecimiento (dB)}$$

La distancia correspondiente a esa pérdida se estima con el modelo de **Okumura-Hata (entorno urbano)**, adoptando una altura de antena de 58 m (plataforma superior de la torre) y una altura de terminal de 1,5 m. Para las bandas por encima de 2 GHz este modelo es una aproximación conservadora orientativa; el diseño definitivo debería emplear un modelo 3GPP UMa/UMi validado para esas frecuencias.

3. Parámetros de Enlace (Link Budget) por Banda

Banda / Tecnología	EIRP	Sensibilidad Rx	Margen desv.	MAPL	Radio de célula estimado
3G — UMTS 900 MHz	55 dBm	-105 dBm	10 dB	150 dB	≈ 6,7 km
3G — UMTS 2100 MHz	55 dBm	-105 dBm	10 dB	150 dB	≈ 3,5 km
4G — LTE 800 MHz (B20)	56 dBm	-100 dBm	10 dB	146 dB	≈ 5,6 km
4G — LTE 1800 MHz (B3)	58 dBm	-100 dBm	10 dB	148 dB	≈ 3,4 km
4G — LTE 2600 MHz (B7)	58 dBm	-100 dBm	10 dB	148 dB	≈ 2,6 km
5G — NR 700 MHz (n28)	57 dBm	-95 dBm	10 dB	142 dB	≈ 4,7 km
5G — NR 3500 MHz (n78, mMIMO)	65 dBm	-90 dBm	10 dB	145 dB	≈ 1,6 km

Como es previsible, las bandas bajas (700/800/900 MHz) alcanzan el mayor radio de célula y son las más adecuadas para cobertura extensa, mientras que las bandas altas (2600 MHz y especialmente 3500 MHz) ofrecen mayor capacidad y velocidad pero un alcance sensiblemente menor, por lo que la densificación de la red en esas bandas dependerá de emplazamientos adicionales en despliegues futuros.

4. Consideraciones sobre el Modelo

- El modelo asume entorno urbano estándar; en entorno suburbano o rural los radios de célula reales serían mayores, y en entorno urbano denso, menores.

- No se ha considerado el downtilt aplicado a las antenas, que reduce el alcance teórico en favor de una mejor relación señal/interferencia en el área de cobertura objetivo.
- La banda 3500 MHz con Massive MIMO puede alcanzar radios mayores en la práctica gracias al beamforming dirigido a cada usuario; el valor de esta tabla es una estimación conservadora en modo de cobertura amplia (broadcast/control).
- El balance de enlace en sentido ascendente (uplink), habitualmente más limitante que el descendente, no se ha calculado en este estudio preliminar y debe incluirse en el diseño de RF definitivo.

5. Plan de Frecuencias y Portadoras

Los tres sectores (azimuts 0°, 120° y 240°, ver Anexo 1) reutilizan las mismas bandas y portadoras (factor de reutilización 1), práctica habitual en redes móviles modernas, ya que la propia sectorización direccional de las antenas proporciona el aislamiento necesario entre sectores del mismo emplazamiento.

Banda / Tecnología	Ancho de banda por portadora	Portadoras por sector	Modo dúplex
3G — UMTS 900 MHz	5 MHz	1	FDD
3G — UMTS 2100 MHz	5 MHz	1	FDD
4G — LTE 800 MHz (B20)	10 MHz	1	FDD
4G — LTE 1800 MHz (B3)	20 MHz	2	FDD
4G — LTE 2600 MHz (B7)	20 MHz	1	FDD
5G — NR 700 MHz (n28)	10 MHz	1	FDD
5G — NR 3500 MHz (n78)	100 MHz	1	TDD

La asignación exacta de canales/ARFCN dentro de cada banda debe coordinarse con la planificación nacional de frecuencias de ^{el Operador} para evitar interferencias con emplazamientos vecinos ya desplegados, algo que queda fuera del alcance de este estudio preliminar.

6. Conclusiones y Recomendaciones

- El emplazamiento, con las bandas bajas (700/800/900 MHz), puede proporcionar cobertura de varios kilómetros, adecuada como sitio principal de cobertura de la zona.
- Las bandas altas (2600/3500 MHz) requerirán, previsiblemente, sitios adicionales de densificación a medio plazo si la demanda de capacidad en 4G/5G crece según lo previsto.
- Antes del diseño de RF definitivo, se recomienda validar estos resultados con una herramienta de planificación radioeléctrica sobre cartografía real y datos de tráfico esperado en la zona.

Nota: todos los parámetros de EIRP, sensibilidad y márgenes son valores representativos orientativos; deben sustituirse por los datos reales de las fichas técnicas de los equipos finalmente seleccionados (ver documento de Fichas Técnicas de Equipos) antes de cualquier decisión de diseño definitiva.