

Proyecto Fin de Carrera

Ingeniería de Telecomunicación

Infraestructura para una BTS de telefonía móvil urbana

Autor: Silvia León Moya

Tutor: Rafael Boloix Tortosa

Dep. Teoría de la Señal y Comunicaciones
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2015



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de Telecomunicación

Infraestructura para una BTS de telefonía móvil urbana

Autor:
Silvia León Moya

Tutor:
Rafael Boloix Tortosa
Profesor contratado Doctor

Dep. de Teoría de la Señal y Comunicaciones
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2015

Proyecto Fin de Carrera: Infraestructura para una BTS de telefonía móvil urbana

Autor: Silvia León Moya

Tutor: Rafael Boloix Tortosa

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

El Secretario del Tribunal

Fecha :

Agradecimientos

Nunca pensé que este momento llegaría tan “pronto”, pues he tenido algunos momentos en los que he estado a punto de tirar la toalla, y en los que pensé que tardaría por lo menos diez años en terminar la carrera. Pero sí, por fin lo conseguí, aquí estoy escribiendo estas líneas que he estado soñando escribir desde segundo de carrera.

Primero de todo agradecer a mis padres el haber llegado hasta aquí, pues sin su sacrificio y su apoyo nada de esto hubiera sido posible, agradecerles el apoyarme día a día, hasta cuando los resultados no eran los más esperados, pero gracias a ambos por haber sabido ver todo el sacrificio que yo estaba haciendo para llegar hasta aquí. Por supuesto también agradecer a mi hermana, por creer en mí desde el primer momento y estar orgullosa de mí, pues yo también lo estoy de ella.

En esta etapa ha habido muchos momentos malos, quizá los más, y en los que no se veía la luz al final del túnel, pero también ha habido bastantes buenos momentos y mucho aprendizaje, el cual me llevaré e intentaré llevar allá donde vaya. Por ello me gustaría agradecer a todos mis profesores los conocimientos que me han hecho adquirir y los cuales me han llevado a crecer como persona.

Gracias a todos mis compañeros, pues han sido muchos los momentos que hemos pasado juntos, en las clases, haciendo trabajos... y estudiando tanto en la biblioteca como en los laboratorios, y sin el apoyo mutuo que nos hemos dado esto no hubiera sido posible.

Por supuesto también agradecer el estar aquí a todos mis amigos, entre ellos especialmente a Ana, Inma, Juanjo, Bea y Jose por haberme dado su apoyo incondicional, apoyarme en los momentos más difíciles, y creer en mí y como bien dice mi amiga Ana, todo llega!!! Y por fin, este momento ya ha llegado.

Por último y no por ello menos importarte, agradecer a Rafael Boloix el tiempo que me ha dedicado para poder llevar a cabo esto que aquí se presenta. Sin duda, uno de los mejores profesores de los que he podido disfrutar en la Escuela

Resumen

En el presente proyecto se analiza cómo realizar una Infraestructura Común de Telecomunicaciones (I.C.T) de una Estación Base de Telefonía Móvil. Debido a la gran evolución de la tecnología móvil y a que muchas E.B se están quedando obsoletas por todavía no poseer tecnología 4G, se propone la implementación de la tecnología UMTS 2100, LTE 1800 y LTE 800.

La implementación se produce en un entorno urbano, y es una metodología a seguir para cualquier sistema de comunicaciones móviles que se implante en un edificio de una ciudad.

Inicialmente se recogen las principales consideraciones a tener en cuenta, dependiendo de la edificación, del tipo de proyecto (indoor/outdoor), área de cobertura.. A continuación se detallará la normativa vigente para poder llevar a cabo este tipo de proyectos y un estudio de seguridad y salud.

Por último, se adjuntan unos planos para tener una mejor visión global de cómo quedaría todo el cableado y equipos distribuidos en el emplazamiento.

Abstract

In this project we analyse how to install a Common Telecommunications Infrastructure (CTI) of a Mobile Telephone Base Station. Due to the great evolution of mobile technology, and owing to the fact that many base stations are becoming outdated as they do not have 4G technology, we propose the implementation of UMTS 2100, LTE 1800 and LTE 800 technology.

The implementation is carried out in an urban area, and the methodology to follow is the same for any system for mobile communications which may be implemented in a building of a city.

To begin with, we collect the main considerations which should be taken into account, depending on the building, the type of the project (indoor/ outdoor), the network coverage... After that, we detail the regulation currently in force so as to carry out this type of projects, and a safety and health study.

Finally, several plans are attached in order to have a better overall view of the final appearance of the wiring and the equipment spread out in the location.

Índice

AGRADECIMIENTOS	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
NOTACIÓN	XVIII
1 INTRODUCCIÓN. OBJETIVO	1
2 ESTACIONES BASE DE TELEFONÍA MÓVIL	3
3 MEMORIA	5
3.1 BÚSQUEDA DE EMPLAZAMIENTO	5
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS	6
3.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	10
3.4 OBRA CIVIL	11
3.5 INSTALACIONES	15
3.6 CABLEADO	21
3.7 VOLÚMENES DE REFERENCIA, SISTEMA DE ANTENAS Y MÁSTIL A INSTALAR	27
3.8 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	37
3.9 PERMISOS Y LICENCIAS	38
3.10 ELEMENTOS AUXILIARES DE PREVENCIÓN	39
3.11 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	40
3.12 REQUISITOS PARA INSTALACIÓN BTS EN EDIFICIO	48
3.13 NORMATIVA DE APLICACIÓN	51
4 PLANOS	55
5 CONCLUSIONES	575
REFERENCIAS	77
GLOSARIO	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características MU	7
Tabla 2. Características RRU	9
Tabla 3. Características SIU	10
Tabla 4. Concargas	13
Tabla 5. Peso total	14
Tabla 6. Panel de alarmas	21
Tabla 7. Cable alimentación	22
Tabla 8. Cableado de RF si RRU lejanas a las antenas	24
Tabla 9. Codificación base para cables coaxiales	24
Tabla 10 . Conexiones disyuntores	26
Tabla 11 Cálculo climatización para RRU interiores	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de Estación Base de Telefonía Móvil. EB (Estación Base). EM (Estación Móvil). CC (Centro Conmutación)	4
Figura 2. Partes de la MU	6
Figura 3. Interfaces MU	7
Figura 4. DUG	7
Figura 5. DUW	8
Figura 6. DUS	8
Figura 7. Posición RRU	8
Figura 8. SIU	10
Figura 9. DC-Box Eltek	25
Figura 10. DC-Box Delta	26
Figura 11. Paralelepípedo de referencia	28
Figura 12. Ángulos de proyección. Plano horizontal (izquierda) Plano vertical (derecha)	28
Figura 13. Dimensiones físicas del paralelepípedo de protección. Vista lateral (izquierda) y Vista frontal (derecha)	29
Figura 14. Perfiles de accesibilidad	31
Figura 15. Perfil crítico de accesibilidad	31
Figura 16. Mástil triángulo	32
Figura 17. Mástil tubular	32
Figura 18. Soporte tubular	33
Figura 19. Pieza para downtilt mecánico	34
Figura 20. Dispositivo para downtilt eléctrico	34
Figura 21. Antena Jaybeam 5265102	35
Figura 22. Antena Powerwave 7760	36
Figura 23. Antena tribanda	36
Figura 24. Mástil mimetizado	38
Figura 25. Mimetización con publicidad	38
Figura 26 Señalización	39

Notación

sen	Función seno
cos	Función coseno
<	Menor o igual
>	Mayor o igual
mm	Milímetros
cm	Centímetros
m	Metros
Kg	Kilogramos
W	Vatio

1 INTRODUCCIÓN. OBJETIVO

En el presente proyecto se pretende realizar el diseño e implementación de una Estación Base (EB) de telefonía móvil, para ello hay que considerar diferentes variables, según las cuáles puede variar bastante la implementación de la EB. Algunas de esas variables es el diseño, que se tendrá en cuenta dependiendo del tipo de estación base a montar o el tipo de proyecto que se pueda realizar (instalación de nueva estación base donde no existe nada, instalación de una estación base donde existe una de otro operador, modificación de la tecnología presente en la estación base, compartición con otro operador, o cualquier otra opción que se pueda dar), el proyecto técnico puede variar sustancialmente. Otra gran variable a considerar es la ubicación, ya que es bastante diferente si es urbana o rural y también por supuesto el tipo de tecnología que se pretenda llevar a cabo.

El principal objetivo del siguiente proyecto final de carrera es realizar una metodología de trabajo para la realización de proyectos técnicos de estación base de telefonía móvil pero dicha guía no es única ni exclusiva ya que dependiendo del técnico que realice el proyecto puede incluir o hacer hincapié en aquellos puntos donde crea que son más relevantes, pudiendo variar la estructura del mismo, aunque en todos los proyectos se deberá incluir una memoria, planos, estudio de seguridad y salud, (donde cada técnico incluye los datos que son de relevancia al proyecto).

El proyecto está estructurado con una primera introducción donde se dan unas nociones básicas sobre las estaciones base y los elementos que las componen. A continuación se pasa a describir como se llevaría a cabo una implementación real, para ello se describe los diferentes tipos de equipos que son necesarios, como es la estructura de la caseta donde van ubicados los equipos, tipo de cableado, instalación eléctrica... Después también se describen las normativas que se deben cumplir para realizar un proyecto de esta envergadura y se proporciona un estudio de seguridad y salud. Por último se proporciona los planos de la estación base que hemos implementado para que todos los detalles descritos queden mucho más claros.

En este pfc se realizará la implementación de una estación base urbana indoor donde no exista nada (es un emplazamiento nuevo donde no hay ningún tipo de tecnología), con tecnología UMTS 2100, LTE 1800 y LTE 800.

2 ESTACIONES BASE DE TELEFONÍA MÓVIL

El objetivo principal del presente Proyecto Fin de Carrera no es explicar en profundidad el funcionamiento ni de la telefonía móvil ni de las Estaciones Base de Telefonía Móvil pero se realiza en este punto una pequeña explicación de en qué consiste dichos conceptos a modo de introducción para entender mejor el desarrollo de los diferentes puntos y como introducción a los mismos.

El concepto básico de telefonía móvil consiste en dividir el área geográfica en celdas hexagonales que se unen para formar un patrón de panal (se eligió la forma de hexágono porque proporciona la transmisión más efectiva aproximada a un patrón circular, pero eliminando los espacios presentes entre los círculos adyacentes). Una célula se define por su tamaño físico, y más importe, por el tamaño de su población y los patrones de tráfico. El número de celdas por sistema es definido por el proveedor de acuerdo a patrones de tráfico anticipados y cada transmisor/receptor con un área envolvente tiene su subconjunto fijo de canales de radio disponibles, basados también en el flujo de tráfico anticipado. Dependiendo del número de llamadas que gestionan, la distancia entre las estaciones base puede ser desde sólo unos pocos cientos de metros en las grandes ciudades a varios kilómetros en las zonas rurales. Además de por el número de llamadas en las zonas rurales las celdas son mayores porque la señal no se ve interrumpida por obstáculos del terreno o edificios y la densidad de población es menor.

La red de radio se define por un conjunto de transmisores/receptores de radiofrecuencia ubicados en el centro físico de cada celda. Dichas ubicaciones se denominan Estaciones Base y cubren un área de terreno concreto (celda).

Una Estación Base (EB) de telefonía móvil es una estación de transmisión y recepción situada en un lugar fijo, compuesta de una o más antenas de recepción/transmisión, dispone de algún medio de transmisión, vía radio o cable, para efectuar el enlace con la central de conmutación y de un conjunto de circuitos electrónicos. Son radios bidireccionales multicanal de baja potencia, es decir, emiten y reciben varias señales a la vez.

Las EBs sirven como un control central para todos los usuarios dentro de una misma celda, los teléfonos móviles se comunican directamente con la EB. En la *Figura 1* se muestra gráficamente la estructura básica de una red de telefonía móvil.

Las EB están distribuidas sobre un área de cobertura del sistema y se administran y se controlan por medio de un conmutador de servicios cuya función es la de controlar el procesamiento y establecimiento de llamadas así como la realización de llamadas, lo cual incluye señalización, supervisión, conmutación y distribución de canales RF (radiofrecuencia), además también proporciona una administración centralizada, dicho conmutador se denomina Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC, Mobile Switching Central).

Las EB, normalmente, se instalan en lo alto de los edificios (urbanas) o en torres (rurales), a alturas de entre 15 y 50 metros. Los niveles de las transmisiones desde una determinada EB son variables y dependen del número de llamadas y de la distancia a la EB de quienes emiten las llamadas. Las antenas emiten un haz muy estrecho de ondas de radio que se propaga de forma casi paralela al suelo, en consecuencia, al nivel del suelo y en regiones que normalmente son de acceso público, las intensidades de los campos de radiofrecuencia son muy inferiores a los niveles considerados como peligrosos (sólo se superarían los niveles recomendados si una persona se acercara a menos de un metro o dos de las antenas).

Los elementos principales que componen una EB son:

- Antena o antenas: emisora(s) y receptora(s) de las señales de radio.
- Torre o mástil.
- Equipo de comunicación o radio base.

- Enlace con la central telefónica.
- Planta eléctrica o baterías que sirven para garantizar el funcionamiento del sistema.
- Sistema de refrigeración que permiten el correcto funcionamiento de la EB (en caso de ser una instalación indoor).

Por lo general en una EB se instalan varias antenas de transmisión/recepción para obtener la mejor relación ganancia de señal y cobertura, dividiendo el área de acción en sectores que son atendidos por antenas separadas (normalmente se divide un área de 360° en tres sectores de 120°).

Las EBs pueden variar dependiendo de la ubicación geográfica en donde se encuentren ya que pueden ser urbanas (situadas sobre la azotea de un edificio y las antenas situadas sobre uno o varios mástiles, aunque hay excepciones ya que en los centros de transformación propios de algunas compañías nos podemos encontrar una torre sobre la planta en donde se instalan todos los equipos) o rústicas (situadas en zonas rurales sobre una torre de telecomunicaciones de altura comprendida entre los 25 a 50 metros de altura), aunque la equipación es similar en ambos casos a la hora de redacción del proyecto técnico hay que tener en cuenta esta distinción ya que las medidas de seguridad y el montaje del mismo es diferente. También hay que tener en cuenta si la instalación de la EB se realiza para un proyecto indoor u outdoor ya que los equipos sí que varían en cuanto a dimensiones de los mismos y los cálculos estructurales a realizar. En el presente PFC se pretende dar los pasos a seguir, para realizar la implementación sobre un emplazamiento urbano e indoor.

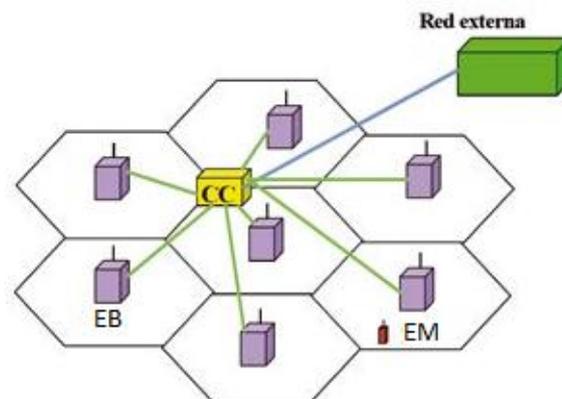


Figura 1. Modelo de Estación Base de Telefonía Móvil. EB (Estación Base). EM (Estación Móvil). CC (Centro Conmutación)

3.1 Búsqueda de emplazamiento

Existen dos tipos de limitaciones básicas en el diseño de una red de telefonía móvil que fundamentan la necesidad de establecer nuevos emplazamientos, éstas son: limitación del radio de cobertura y limitación de capacidad.

En zonas urbanas, el entorno de propagación de las señales electromagnéticas se ve alterado debido a los efectos de reflexión y difracción producidos por los edificios y demás obstáculos propios de estos escenarios. Uno de los efectos ocasionados es el incremento de la atenuación de las señales en comparación con los registrados en zonas no urbanas. Esta es la razón fundamental por la cual, el radio de cobertura de las estaciones base de telefonía móvil urbanas se ve reducido considerablemente (limitación del radio de cobertura).

Por otro lado, una estación base a plena carga, no podrá cursar simultáneamente más de 50 llamadas aproximadamente, si bien este número podrá variar en función de las configuraciones físicas y lógicas de la estación. En cualquier caso, la limitación en términos de capacidad de servicio que tiene una estación base es muy severa en entornos de elevada densidad de población, motivo por el cual es una de las razones que pueden llevar a la necesidad de instalar nuevas estaciones base en una determinada zona para poder atender el volumen de demanda en la misma, habitualmente en zonas urbanas densas (limitación de capacidad).

Las dos limitaciones anteriormente descritas provocan a menudo que en grandes ciudades, el número de emplazamientos necesarios para ofrecer un servicio de telefonía móvil con buena calidad de servicio, deba ser muy alto en comparación con entornos rurales, y por lo tanto, la densidad espacial entendida como número de estaciones por unidad de superficie, sea muchísimo mayor que en zonas con una densidad de población mucho menor y un entorno de propagación más despejado.

Del mismo modo, se pueden diferenciar dos tipos de emplazamientos dependiendo del entorno arquitectónico en el que se ubican. Por un lado, los emplazamientos situados en un entorno arquitectónico eminentemente urbano rodeados de edificios de altura considerable, con la existencia de puntos dominantes, a los que nos referiremos habitualmente como “emplazamientos urbanos” y los emplazamientos situados en entornos en los que no existen edificaciones con puntos predominantes y se hace imprescindible la colocación de torres para alcanzar la altura necesaria, con el objeto de poder ofrecer la cobertura requerida, “emplazamientos de entorno rural”, independientemente de la calificación urbanística del suelo.

Los emplazamientos instalados por requerimientos de capacidad se encuentran habitualmente en núcleos de población por encima de los 50.000 habitantes. Además de cumplir con la función de proporcionar un aumento de la capacidad de servicio en la zona en la que se instalan, también ayudan a reforzar la cobertura en la misma. Este refuerzo de cobertura permite por ejemplo combatir la dificultad de penetración en interiores.

A estos emplazamientos de capacidad que tratan de reforzar la cobertura, así como a los emplazamientos de cobertura anteriormente descritos, ya sean urbanos o rurales, que buscan ubicarse en un lugar predominante de su entorno, se les conoce como “emplazamientos macrocelulares”.

Por otro lado, y en complemento a los emplazamientos macrocelulares, se encuentran los llamados “emplazamientos microcelulares” que se caracterizan por tener un propósito de cobertura confinado en un entorno muy reducido y delimitado. Estos emplazamientos se instalan con un propósito de capacidad o de cobertura muy concreto.

Desde el punto de vista técnico, un emplazamiento adecuado para ubicar una estación de telefonía móvil debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe situarse en un punto visualmente predominante sobre el entorno para garantizar la máxima cobertura posible con la mínima potencia emitida requerida. Motivo por el cual suelen escogerse edificios o estructuras visualmente dominantes.
- Deben permitir la colocación de una caseta “típica” para la ubicación de equipos. Habitualmente en

zonas urbanas, estas casetas se construyen en las azoteas de los emplazamientos armonizándose en la medida de lo posible con el entorno arquitectónico del emplazamiento escogido en cuestión.

- La estructura del emplazamiento debe permitir la ubicación de mástiles y soportes necesarios para la colocación de los elementos radiantes (antenas) otorgando la máxima seguridad a las instalaciones.
- Debe estar cerca de la zona a la cual se quiere dar cobertura. Cuanto más cerca se encuentra de la zona sobre la cual se necesita dar servicio, menor es la potencia que necesita transmitir la estación base y menor es la potencia que deben transmitir los terminales móviles para funcionar adecuadamente.

En el caso que nos ocupa, se pretende dar cobertura a una zona urbana, con pisos de mediana altura alrededor del emplazamiento elegido. En primer lugar se delimitaría una zona de búsqueda para las posibles ubicaciones, contactando con las comunidades de vecinos de los edificios y negociando la mejor situación y renta para la instalación.

3.2 Descripción de los equipos

Para hacer la descripción de los equipos que comprenderían una BTS, hemos creído conveniente elegir la marca Ericsson, nos hemos basado en una norma de instalación RBS 6000 para Vodafone.

3.2.1 Elementos del Nodo Distribuido de Ericsson RBS6600

La RBS6601 es una estación base de la familia de la RBS 6600 para GSM, DCS, UMTS ó LTE.

La RBS 6601 consta de una unidad principal indoor llamada Main Unit (MU) y de un número de RRU que se localizan junto a las antenas.

3.2.1.1 MU RBS 6601

La RBS 6601 se compone de una unidad de banda base llamada Main Unit (MU) y de un máximo de seis unidades radio remotas (RRU), la unión entre ambas se realiza a través de fibra óptica. En la siguiente figura se muestran las partes principales de la MU:

- A: Main Unit (Suport System).
- A1: Módulo de ventilación.
- A2: Soportes móviles (orejeras).
- B: DU.

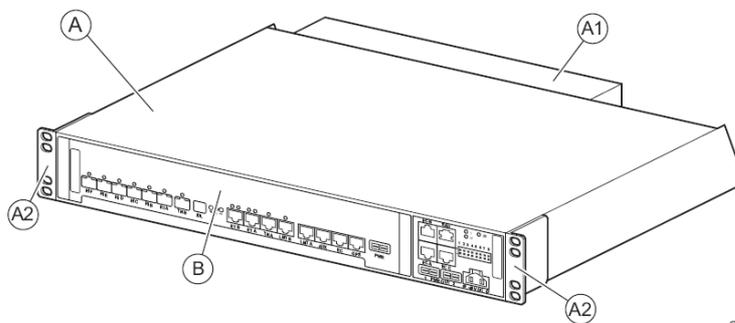


Figura 2. Partes de la MU

Las interfaces de conexión de la MU se muestran en la siguiente figura:

- A: Interfaz de conexión a tierra.
- B: Interfaz de alarmas externas.
- C: Interfaz de alimentación SAU.
- D: Interfaz de alimentación de entrada.
- E: DU con las interfaces de:
 - Gestión LAN.
 - GPS.
 - E1 y Ethernet óptica/eléctrica.

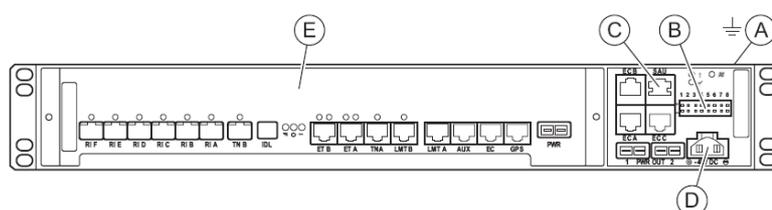


Figura 3. Interfaces MU

Características:

Tabla 1. Características MU

Dimensiones (Alto x Ancho x Profundo)	66x483x350 mm
Espacio necesario en rack 19"	2U
Peso (totalmente equipada)	< 10kg
Rango de temperaturas (°C)	De +5 a +50°C
Consumo máximo	405W

3.2.1.2 DUG

Esta unidad es la controladora del estándar GSM. Proporciona conmutación, gestión del tráfico, temporización e interfaz radio. Tiene una capacidad máxima de 12 portadoras.

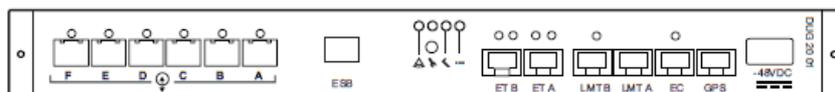


Figura 4. DUG

3.2.1.3 DUW

Esta unidad es la controladora del estándar WCDMA (UMTS). Proporciona conmutación, gestión de tráfico,

temporización, procesado en banda base e interfaz radio. Tiene capacidad máxima de 768 channel elements en el DL y 512 en el UL.

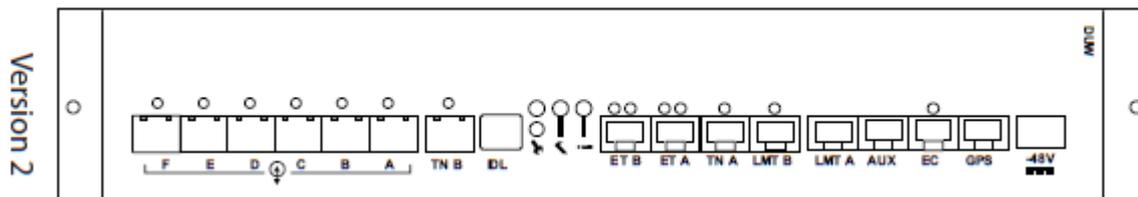


Figura 5. DUW

3.2.1.4 DUS

Esta unidad es una controladora multi-estándar para LTE. Proporciona conmutación, gestión del tráfico, temporización, procesado en banda base e interfaz radio.

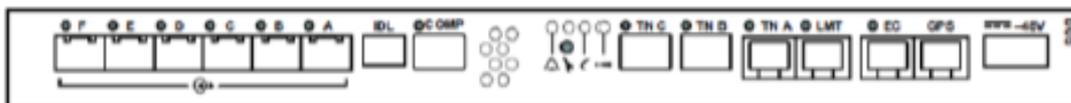


Figura 6. DUS

3.2.2 RRU

La RRU es la unidad remota de radio. Puede localizarse remotamente de la RBS Main Unit (MU), hasta una distancia de 15 km. Las RRU están diseñadas para ser instaladas junto a las antenas de una RBS. Un cable de fibra óptica, también llamado enlace de interfaz óptico (Optical Interface Link-OIL), conecta las RRU a las RBS MU. Hasta 6 RRU pueden ser conectadas en configuración estrella con enlaces OIL a la RBS.

La RRU se conecta a las antenas mediante cable RF. Como norma general se instalarán lo más próximo posible a las antenas de radio, aprovechando elementos estructurales existentes en los emplazamientos. Nosotros las hemos instalado en la barandilla, a continuación en la *Figura 7* se puede apreciar cómo quedaría.



Figura 7. Posición RRU

Las características de las RRU son:

Tabla 2. Características RRU

	RRUW/RRUS01	RRUS11	RRUS12
Dimensiones con carcasa (mm) Alto x Ancho x Profundo	636x383x169	500x431x182	518x470x187
Peso (cubierta solar incluida)	20 kg	23 kg	26,3 kg
Espacio libre mínimo en la parte superior		500 mm	
Espacio libre mínimo en la parte inferior.		300 mm	
Espacio mínimo libre entre 2 RRU		200 mm	
Espacio libre en el frontal		> 1.000 mm	
Rango de temperaturas de trabajo		De -40 a +55 °C	
Diámetro de tubo soporte (si se instala tubo soporte)		60 – 120 mm	

Conexiones RRU:

- Alimentación en DC -48Vdc desde un disyuntor de la DC-Box por cada RRU.
- Conexión a tierra con cable amarillo-verde, sección mínima 35 mm². Siempre que las 3 RRU estén próximas se instalará una pletina de tierra donde se conectarán las tierras de las 3 RRU.
- Conexión de la FO procedente de la MU (una manguera de 2 fibras por cada RRU).
- Conexión con el sistema radiante (directamente a la antena o aun diplexor), mediante cable de RF con jumper de 50 Ω 1/2" coaxial de conector 7/16 M en ambos extremos.

La RRU se tiene que instalar verticalmente para una correcta circulación de aire conforme a los rangos de temperaturas establecidos por Ericsson. Las RRU se instalarán con soporte a pared o a tubo soporte.

Existen 2 tipos de soporte distintos para la instalación de la RRU sobre mástil, los cuales son válidos para los siguientes diámetros de tubo:

- 60-120 mm con simple anclaje.
- 35-155 mm, de forma excepcional para lo que es necesario instalar el kit de montaje (Mounting bracket), suministrado por Ericsson.

Todas las RRU están protegidas contra descargas y no es necesaria la instalación de descargadores de gas.

3.2.3 DC-BOX

Para dotar de protección contra sobretensiones (OVP, Over Voltage Protection) a las conexiones de alimentación de las RRU, se instalará una DC-BOX. Esta se alimentará de un disyuntor, o 2 paralelos, de la parte no prioritaria del equipo de fuerza del emplazamiento. Las MU deberán alimentarse en primera opción del equipo de fuerza del emplazamiento; en segunda opción, de la DC-BOX.

La DC-BOX proporciona 9 (Eltek) o 10 (Delta) disyuntores de 30 A, en una unidad de 1 U de altura, con

protección OVP tipo II accesible desde el frontal.

Se instalarán siempre en la parte superior del módulo de transporte, rack de 19" o armario de intemperie donde se equipe.

3.2.4 SIU

La SIU es el elemento que posibilita la migración a tráfico IP de las RBS. Se trata de una tarjeta de 1 U de altura y enrackable en 19", que proporcionará un interfaz común entre las RBS (ya sean de GSM, UMTS o LTE) y las redes de transporte IP Ethernet o IP sobre PDH.

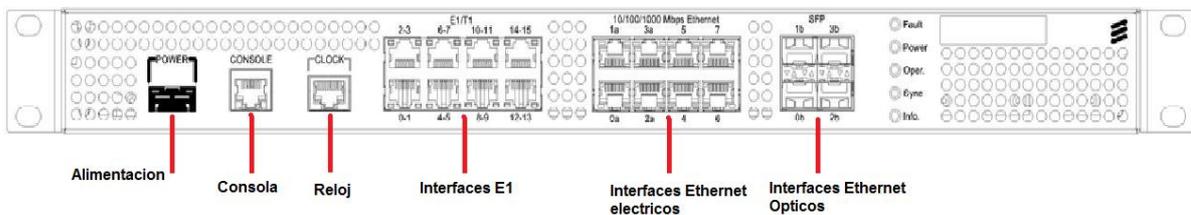


Figura 8. SIU

Tabla 3. Características SIU

Dimensiones (Alto x Ancho x Profundo)	43 x 482 x 252 mm
Espacio necesario en rack de 19"	1 U
Peso (totalmente equipada)	3,9 kg
Rango de temperaturas de trabajo	De +5 a +50 °C
Alimentación	-48 Vdc de las propias MU

- Alimentación: la SIU se suministra con un cable de alimentación. El otro extremo se conecta a un puerto de la RBS6601 de UMTS y se alimenta a través de esta, por lo que no ocupa posición en quipos de fuerza.
- Consola: puerto RJ-45 para configuración.
- Reloj: puerto que proporciona señal de entrada-salida de reloj para sincronismo.
- Interfaces 1: constan de 16 E1 en 8 puertos RJ-45 que se puede configurar como entrada o como salida.
- Interfaces Ethernet eléctricas: son 8 puertos RJ-45 10/100/1.000 Mbps Ethernet. Los puertos nombrados como 0a, 1a, 2a y 3a se corresponden con los puertos ópticos 0b, 1b, 2b y 3b. Por tanto solo pueden usarse unos u otros.
- Interfaces Ethernet ópticas: son 4 puertos a los que se debe instalar un SFP para poder ser utilizados.

3.3 Descripción de la instalación

La instalación adoptada refleja el procedimiento de ejecución de la estación base (infraestructura e instalación de equipos) y la adaptación a la normativa vigente adecuando los procedimientos constructivos a los sistemas de construcción habituales.

- Una caseta de equipos situado en la azotea del edificio.
- Un sistema radiante compuesto por un mástil tubular sobre la azotea, auto soportado para los tres sectores (LTE 1800, LTE 800 y U 2100).

Dicha Estación Base se encuadra dentro del tipo Urbana BTS. Los equipos de RF y el resto de equipos auxiliares se distribuirán en el interior de la referida caseta. En su interior irán los equipos de UMTS y LTE y de transmisión, quedando la misma para realizar ampliaciones futuras.

El contenedor de equipos contendrá en su interior los siguientes elementos auxiliares:

- Un cuadro eléctrico.
- Un panel de alarmas.
- Un equipo de aire acondicionado.
- Equipos de radio UMTS, LTE de transmisión.
- Equipos de fuerza UMTS, LTE y todos los elementos auxiliares y accesorios definidos para una sala de este tipo.

3.4 Obra civil

En los siguientes apartados se describen las actuaciones necesarias para la puesta en servicio de la estación base y se determinan las condiciones que deben cumplirse en la ejecución de las distintas fases que constituyen la parte de obra civil y estructura, fijando las calidades mínimas exigibles a los materiales que se empleen y especificando los procesos constructivos adecuados.

3.4.1 Acondicionamiento de la cubierta

Al comienzo del proyecto se procede a una limpieza de la azotea afectada por la instalación.

Será necesaria la instalación de elementos de seguridad necesarios para el desplazamiento del personal autorizado por la cubierta.

Los acondicionamientos y/o demoliciones de la cubierta donde se instala la Estación Base consistirán en situar sobre la citada cubierta los sistemas de apoyo de la caseta, mediante pequeñas actuaciones que se describen más adelante, y que básicamente consisten en la colocación de unos tubos o perfiles metálicos, con dados de hormigón y/o placas de anclaje, pudiendo ser necesaria alguna pequeña demolición de pretilas, paredes de castillete, o similar.

No es necesaria la instalación de elementos para el acceso a la cubierta desde el interior del edificio, ya que el mismo posee en su construcción acceso a la azotea.

La caseta prefabricada panelable se apoya en una estructura metálica auxiliar que a su vez descansa sobre los pilares de la edificación. Dicha estructura estará formada por perfiles laminados en caliente galvanizados, con unos enanos (pilares que nacen de la cimentación y tienen una altura menor o igual a 1.50m.) situados en el mismo eje de los pilares de la planta inferior.

3.4.2 Estructuras metálicas. Bancadas

Es necesario transmitir los esfuerzos resultantes del peso del contenedor y de la estructura soporte de antenas, a los elementos estructurales del inmueble.

Se diseñará una estructura auxiliar para el apoyo del contenedor y los mástiles que apoyará directamente sobre las cabezas de los pilares o, si es el caso, sobre los muros de carga del edificio.

La estructura auxiliar se realizará mediante perfiles en acero laminado y galvanizado en caliente que irán atornillados entre sí mediante pernos galvanizados. Dispondrá de unas placas soldadas que serán las que se reciban sobre los dados recrecidos de las cabezas de los pilares.

La caseta irá apoyada y fijada a una estructura auxiliar de perfiles de acero S275JR 2.800 kg/cm², laminados en caliente, galvanizados. La propia caseta va fijada en sus cuatro esquinas a esta estructura auxiliar.

La estructura auxiliar consta de los perfiles citados que apoyan sobre unos “enanos”, los cuales apoyan a su vez sobre las cabezas de los pilares que conforman la estructura del edificio existente. Para asegurarse de la situación de los pilares, se realizarán las catas que fuesen necesarias. En este caso se prestará especial cuidado en el sistema de impermeabilización de la cubierta, de forma que no resulte dañado. El contratista deberá reponer de forma adecuada y con los medios necesarios dicho sistema.

En aquellos casos que el cálculo justifique que el reparto de cargas es inferior a 200kg/m², la bancada podrá apoyar directamente sobre el forjado, no siendo necesario apoyar sobre los pilares. Este es el caso de algunos mástiles de antenas y algunos equipos outdoor.

Todas las partes metálicas que apoyen sobre la cubierta dispondrán de placas de neopreno para evitar perforaciones que produzcan posibles humedades.

La estructura auxiliar se construirá en acero galvanizado en caliente, según recomendaciones de UNE-EN/ISO 1461:2010, con un espesor mínimo de galvanizado de 80μ, con límite elástico de 2.800 kg/cm².

3.4.3 Contenedor de equipos

Estará construido por un panel tipo Sandwich de chapa galvanizada con espuma de poliuretano, sobre la cubierta del edificio de las dimensiones indicadas en los planos. Completamente equipado: corriente alterna, tomas de tierra, iluminación, detección de incendios y humos, detección de sobretensión, escalerillas para cables.

Se coloca en la azotea mediante una grúa, completamente montada. Es posible incluso instalar el equipamiento interior en taller antes de izar el conjunto a la azotea.

Su fijación a la azotea se realiza mediante cuatro enganches preparados para tal fin.

La caseta deberá ajustarse a los modelos aprobados por la compañía telefónica y resistir las sobrecargas establecidas en la zona, aspecto que deberá justificar adecuadamente al contratista. Los acondicionamientos mínimos a cumplir por la caseta:

- Hermeticidad al agua y aire. Evacuación adecuada de pluviales.
- Paredes y techo tipo “Sandwich”, con un valor de coeficiente global de transmisión térmica $kg < 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Factor bajo de mantenimiento.
- Paredes interiores con factor RF-60 mínimo.
- Suelo continuo de vinilo antielectrostático, resistente a ácidos y álcalis, espesor mínimo de 4mm.

La caseta dispondrá en uno de los lados (paramento de L=2,20 m) de una puerta de acceso para personal y de los equipos de dimensiones 820x2016 mm. centrada con respecto al citado paramento (*Plano 4*). La hoja de la puerta estará construida en chapa de acero electrocincado S275JR, de 2mm. de espesor con resistencia al fuego REI-60 según norma UNE-EN 1634-1:2010. Estará dotada de 3 pernos de acero inoxidable (cuerpo y bulón) para su colgado, con dispositivo antipalanqueta, cerradura de seguridad y llave única. Dispondrá asimismo de pomo fijo exterior y manilla antipánico interior. La puerta podrá abrirse completamente sobre el paramento exterior, disponiendo para ello de elementos de sujeción y anclaje al mismo (retenedor de puerta en acero inoxidable) y un dispositivo para conexión a tierra.

En este mismo paramento vertical y junto a la puerta, se dispondrá de un taladro de $\phi 50\text{mm}$. a una distancia de 64mm. del suelo y 100mm. del marco de la puerta, necesario en el caso de entrada de los cables de acometida eléctrica si se requiere un grupo electrógeno móvil. Este taladro estará normalmente cerrado mediante una tapa estanca que será desmontable sólo desde el interior de la caseta.

En la fachada posterior, se dispondrá de un hueco rectangular de dimensiones 405 x 180mm, a una altura de 2,20 m del piso interior y medido sobre su eje horizontal, necesario para la entrada de los cables guiaoondas. Este hueco estará protegido con un bloque hermético que permita el acceso de cables de diferentes diámetros sin necesidad de ejecutar taladros.

En el paramento izquierdo se dispondrá del hueco para el aire acondicionado, que irá centrado en el paramento, de dimensiones 705 x 30mm. En el interior de la caseta se situarán los controles de aire acondicionado y el detector de sobretemperatura.

En el paramento izquierdo se dispondrán los huecos para el aire acondicionado, que irán centrados en el paramento, uno para la impulsión y otro para el retorno de dimensiones 705 x 30mm., separados por 500mm. Entre ambos huecos y en el interior de la caseta se situarán los controles de aire acondicionado y el detector de sobretemperatura.

En el suelo de la caseta se dispondrán dos aberturas de 150 x 150mm., una para el acceso de la acometida eléctrica y red de tierras y el otro para el acceso de los enlaces de F.O.

3.4.4 Efectos sobre la estructura de la edificación

3.4.4.1 Acciones a considerar

La solución prevista es la de implementar en la cubierta de un edificio una caseta con 1 bastidor (RBS 6201) y un equipo de fuerza.

El sistema de sustentación de la caseta es una estructura metálica auxiliar que a su vez, descansa sobre los pilares de la estructura del edificio.

Las cargas producidas deben estar comprendidas dentro de las sobrecargas de la cubierta. Consideramos, según el Código Técnico de la Edificación (CTE), que partimos de una cubierta accesible sólo privadamente y por tanto calculada para una sobrecarga de uso de 150 kg/m². De lo que se trata es de introducir una nueva concarga (carga cuya magnitud y posición es constante a lo largo del tiempo), absorbiendo la sobrecarga para la que se calculó la cubierta.

Indicamos seguidamente el nuevo balance de cargas del edificio, para comprobar si es capaz de soportar la nueva situación que se prevé:

- Acciones gravitatorias:
 - Concargas:

Tabla 4. Concargas

Concargas	
Peso máximo estructura soporte	1.800 kg.
Peso propio base de reparto	1.000 kg.
Peso propio caseta	900 kg.
Peso propio bastidor	170 kg/Ud.
Peso propio fuerza	550 kg/Ud.
Peso propio equipo acondicionador	200 kg/Ud.
Peso propio equipos varios	166 kg.
TOTAL	4.786 Kg.

- Sobrecargas: uso en zona afectada por caseta: 300 kg.
- Acciones térmicas, reológicas y sísmicas: dado el tipo de construcción proyectada, estas acciones no han sido consideradas en el cálculo.

- Acciones del viento: se considera una velocidad del viento de 144 km/h, actuando en cualquier dirección, lo cual provocará una presión dinámica de 100 kg/m².

3.4.4.2 Efectos sobre la estructura de la edificación

Vemos en este apartado que la caseta y su estructura soporte no afectan de modo significativo a la estructura existente de la edificación donde va situada la Estación Base.

El diseño que se contempla es el de apoyar la estructura auxiliar de sustentación de la caseta sobre las cabezas de los pilares de la edificación.

El sistema de apoyo diseñado hace que los esfuerzos transmitidos a la estructura sean esfuerzos axiales. En este caso tenemos el siguiente balance de cargas:

Tabla 5. Peso total

Peso total caseta a implantar	
Peso concargas:	4.786 kg.
Sobrecarga (uso y mant.)	300 kg.
Suma	5.086kg.
Cargas a detraer: 150 kg/m ² x10m ²	-1.500 kg.
Balance	3.586 kg.

Con este balance de cargas, tenemos que el incremento de axil en los 4 puntos de apoyo será de 897 kg.

Partimos de que el peso del propio forjado de cubierta sea de 500 kg/m², el ámbito máximo de carga de cada pilar, de 30 m² y una sobrecarga de 150 kg/m², tenemos un axil inicialmente sobre el pilar de 19,5 Tm.

El axil que le añadimos es de 1,1 Tm. aproximadamente, por lo que tenemos un total de 20,6 Tm.

Vamos a ver la sección necesaria de los pilares para soportar el axil total, suponiendo un hormigón de 125kg/cm² de resistencia característica mínima (manteniendo un sentido conservador en el cálculo, suponemos que no existe colaboración de armaduras):

La sección de pilar necesaria sería:

$$1,5 \cdot 20,6 \cdot 10^3 = 0,7 \cdot S \cdot \frac{125}{5} \quad (1.1)$$

$$S = 551 \text{ cm}^2 \quad (1.2)$$

Según este dato, sería suficiente aproximadamente con un pilar de 23 x 23 cm.

3.4.5 Precauciones a tomar en el replanteo de la obra

Previamente a la construcción de la Estación, se llevará a cabo una comprobación de los siguientes temas:

- Las condiciones estructurales de la edificación donde se va a instalar la caseta deben ser adecuadas, y el montaje de la misma no debe afectar a las condiciones estructurales del edificio.
- Existe un forjado unidireccional (al menos, ya que en este caso es bidireccional) de un canto mínimo de 25 cm. donde se sitúe la caseta (deberá comprobarse mediante catas o método similar antes de dar

comienzo a la obra este extremo así como otros tales como estabilidad estructural, estado de conservación, materiales, dimensiones, etc).

- Existencia de una capa de hormigón adecuada, que garantice por una parte el reparto de cargas sobre el forjado, y la absorción de los posibles momentos positivos o negativos que se originen. En el caso de que la comprobación en obra de las características del forjado no fuese satisfactoria, se buscaría otra posición para situar la Estación Base, reparando los posibles daños producidos.

En caso de duda se procedería a realizar un análisis de mayor profundidad de la estructura del edificio, llevándose a cabo los ensayos necesarios, que aseguren la estabilidad estructural de la edificación.

3.5 Instalaciones

3.5.1 Electricidad y alumbrado

La conexión se lleva a cabo donde indique la Compañía Suministradora, cumpliendo en todo momento lo establecido en el R.E.B.T. (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión) a través de sus instrucciones técnicas complementarias desde la ITC-BT-19 hasta la ITC-BT-24, así como las normas de la citada compañía. El suministro será en baja tensión, trifásico 380V.c.a.

Los conductores de protección seguirán el R.E.B.T.-ITC-BT-26.

El cableado a utilizar en todos los casos, deberá estar formado por conductores ignífugos (no propagador de llama o incendio), sin emisión de halogenuros metálicos, baja toxicidad y corrosividad, sin desprendimiento de humos. Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables y se realizará dicha identificación por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación se identificará por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará con el verde-amarillo y todos los conductores de fase, por los colores marrón, negro o gris.

Desde el punto de toma hasta la Caja General de Protección, se prevé cable tetrapolar de cobre, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), con una tensión de aislamiento de 1000 V. Se instala un interruptor magnetotérmico general y un diferencial.

En forma general, las líneas que parten del cuadro general de mando y protección y que alimentan a los diferentes receptores tendrán la sección suficiente para que la máxima caída de tensión admisible sea del 3% para las líneas de alumbrado y del 5% para el resto de receptores.

La Caja General de Protección y el Cuadro General de Mando y Protección serán de un grado de protección mecánica al menos IP-437 (UNE 20.324), siendo las caras laterales y el fondo resistente a los álcalis (UNE 21.095). El armario de medida y protección (contador) se colocará en sitio visible y accesible. Las características del módulo de contadores serán tales que la intensidad correspondiente a la potencia contratada se encuentre entre el 50% de la intensidad nominal y la intensidad máxima de precisión de dicho equipo (Art. 48 del Reglamento de Verificaciones Eléctricas).

Habrá que prever la Caja General de Protección, Cuadro General de Mando y Protección y Armario de Medida y Protección para una posible futura ampliación de las instalaciones en un 200%.

El diámetro de los tubos será, como mínimo, tres veces la sección total ocupada por los conductores.

3.5.2 Cuadro eléctrico

Es un cuadro de tipo adosado a la pared del contenedor de equipos realizado en material plástico moldeable con clase de aislamiento 2 autoextinguible a 960°C y prueba de impacto al menos 300 N/cm². Está equipado con un terminal de toma de tierra de 12x2mm.

La entrada del cable de alimentación en el contenedor de equipos esta realizado en tubo PVC hasta el espacio destinado al interruptor general de baja tensión.

Desde el cuadro se alimentan los siguientes circuitos:

- Alimentación del aire acondicionado.
- Alimentación de rectificadores.
- Alimentación panel de alarmas.
- Alimentación tomas de corriente.
- Iluminación exterior.
- Iluminación interior.
- Reservas.

Los cableados de uniones entre equipos están realizados con conductores ignífugos utilizando como mínimo el tipo de cable H07V-R según UNE 2013/3, de sección adecuada para la intensidad que circule por los mismos, nunca supere los valores preestablecidos.

La conexión de los cables se realizará por los tubos de PVC, estancos y estables hasta una temperatura de 60°C y no propagadores de llama y con un grado de protección 7 contra daños mecánicos, de diámetro adecuado para la canalización de los cables por su interior sin necesidad de hilos guía para cada circuito.

Con objeto de asegurar una autonomía de funcionamiento de los equipos en situación de ausencia de energía eléctrica de la compañía suministradora, se dispone de un equipo de baterías con una autonomía variable y de hasta un máximo de 8 horas. Las baterías serán herméticas de forma que no desprendan gases ni sea necesario añadirles agua. El tipo de baterías a utilizar serán las homologadas.

La caseta al estar destinada a albergar cuadros eléctricos cumplirá con lo especificado en ITC-BT-30 Apt.8.

El cuadro eléctrico, según ITC-BT-17, dispondrá al menos de:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
- Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC_BT-23.

3.5.3 Iluminación interior y exterior

- Iluminación interior: se instalarán luminarias tipo pantalla empotrada en falso techo, con cuerpo de poliéster con fibra de vidrio, reflector de chapa de acero prelacado y difusor de metacrilato y arranque por cebador rápido de 4x18V y con tensión de alimentación de 220Vca.
- Iluminación exterior: se dispone de un equipo de iluminación sobre el marco superior de la puerta. El equipo debe estar integrado por una luminaria estanca con difusor de vidrio, y rejilla antivandálica, accionada mediante dispositivo detector de presencia y célula fotoeléctrica. El detector de presencia debe ser del tipo sensor volumétrico infrarrojo instalado en carcasa de plástico blanco con temporización ajustable. La iluminación exterior se activará al detectar movimiento sobre la puerta de entrada y accionamiento de la misma, en caso de bajo nivel de luz. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por una fuente de suministro exterior. Cuando la fuente propia de energía, esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar suministro exterior para proceder a su carga.

3.5.4 Equipos de fuerza

Debido a que los equipos de radio y transmisión se alimentan con corriente continua, necesitamos instalar en la EB un equipo que sea capaz de suministrar dicha corriente y, lo que es más importante, mantener dicho suministro con cierta autonomía aún en el caso de fallo del suministro externo en alterna. (*Plano 4 y 5*)

Se ha optado por instalar un equipo de fuerza en configuración mixto (24v/48v) que es un equipo de alimentación ininterrumpida para aplicaciones industriales. Emplea un sistema de alimentación universal, es un sistema de alimentación en flotación simple donde los rectificadores, distribución y baterías están conectados en paralelo, lo que permite una alimentación de las cargas desde las baterías sin ningún tipo de pérdida posibilitando una mayor autonomía.

Este sistema se dice universal ya que con la misma mecánica se puede configurar como monotensión (-48Vcc ó +24Vcc) o como mixto (-48Vcc y +24Vcc) permitiendo la alimentación de equipos de radio, transmisión y otros usos que trabajen a cualquiera de las dos tensiones. En muchas ocasiones es necesario un sistema mixto ya que si se pretende ampliar una estación base existente, muchas operadoras actualmente disponen de muchos bastidores alimentados a +24Vcc, y en caso de que se necesite trasladar alguno de ellos a la EB actual, no precisaríamos instalar otro equipo de fuerza adicional.

El sistema además es modular, permitiendo montar solamente los rectificadores necesarios en función del consumo previsto, pudiendo aumentar el nº de estos cuando crezcan las necesidades de consumo.

Dicho equipo de fuerza soporta hasta dos secciones de baterías (en el caso de configurarse como mixto sería una por cada tensión de suministro) haciéndose cargo las mismas en ausencia de red alterna del suministro de energía a las cargas suministrando la corriente que se demande durante la interrupción. El tiempo de autonomía dependerá de la capacidad de cada sección de baterías. Para aumentar este tiempo de autonomía el equipo divide salidas a cargas en dos barras de suministro (cargas prioritarias y cargas no prioritarias) de manera que antes que las baterías bajen al nivel de desconexión, parámetro cuyo valor se puede configurar, se desconectan las cargas no prioritarias permitiendo de esta forma que las cargas prioritarias permanezcan más tiempo alimentadas por la batería.

Físicamente el sistema está formado por un bastidor metálico que incorpora los elementos rectificadores 230Vca/-48Vcc ó +24Vcc, cuadros de distribución independientes para cada salida (en el caso mixto), protecciones de baterías y los elementos de control-supervisión necesarios.

Este bastidor descansa sobre una bancada soporte que se asienta al suelo mediante unas patas niveladoras. Esta bancada soporte permite alojar 2 secciones de baterías.

El bastidor está dividido en dos módulos principales, que se unen entre sí mediante tornillos y que son:

- Módulo de energía: es la parte superior del armario y aloja los principales componentes del sistema de alimentación.
- Módulo de baterías: es la parte inferior del armario y es el lugar donde se ubican las baterías.

El peso aproximado del bastidor totalmente equipado con rectificadores, convertidores, cadenas de baterías es de 170kg.

El módulo de baterías necesita de la conexión de:

- Mangueras de corriente alterna conectadas al cuadro eléctrico y etiquetadas en este como PSU_1, PSU_2,...(cada manguera constará de tres cables de 2,5 mm² de sección).
- Cables de alarmas.
- Cables de tierra.

3.5.5 Alumbrado de emergencia. Protección contra incendios.

La entrada en funcionamiento del alumbrado de emergencia se producirá ante un corte de tensión o una bajada por debajo del 70% del valor nominal y funcionará durante un mínimo de una hora.

La lámpara proporcionará 0,20 lux. a nivel del suelo en los recorridos de evacuación y 5 lux. donde estén

situados los medios manuales de extinción de incendios y en los cuadros de mando, maniobra y protección.

La estructura presentará un grado de estabilidad al fuego mínimo de EF-60. Los paramentos de la caseta presentarán una resistencia al fuego mínima de RF-120.

La salida se dispondrá de forma que se dé cumplimiento al Código Técnico de la Edificación, abriendo hacia el exterior.

Como medio de extinción se dispondrá de un extintor portátil de eficacia 21A-113B. El extintor se dispondrá de forma que pueda ser utilizado de manera rápida y fácil, de tal forma que el extremo superior del mismo esté a una altura del suelo inferior a 1,70m.

Se instalará un sistema automático de detección de incendios, con al menos un detector óptico de humos y un termovelocimétrico, con el/los correspondiente/s panel/es de alarmas. El detector de humos es un detector de tipo óptico de humos según UNE 23007/7. Formado por cámara oscura, emisor y receptor de infrarrojos, microprocesador de estado de alarma o reposo, led de alarma con enclavamiento rearmable desde la central de alarmas, chequeo automático del funcionamiento, salida para indicador remoto de alarma con estabilizador de tensión incorporado. El detector termovelocimétrico según UNE 23007/6 está formado por un circuito electrónico con doble función de alarmas sobre el control del ambiente:

- Diferencial: bajo subidas bruscas de temperatura (10°C/minuto).
- Térmica: subidas lentas de temperatura (58°C).

3.5.6 Señalización y balizamiento

En aquellos casos establecidos por la normativa vigente de la OACI (Organización de Aviación Internacional), y siguiendo las directrices de la Dirección General de Aviación Civil, los mástiles se señalizará en franjas rojas y blancas, consiste en pintar la estructura en color rojo-blanco-rojo-etc. En 7 secciones de 1/7 de la altura a partir de su arranque (comenzando y terminando en rojo).

Las balizas nocturnas de las estructuras de menos de 45 metros se realizarán mediante la instalación de dos luces de obstáculos tipo led de baja intensidad tipo A en la parte superior de la estructura.

En el caso de nuestra propuesta no se llevará a cabo la señalización, ya que nuestro mástil de 4,5m (*Plano 1*) no supera las limitaciones impuestas por la OACI y el balizamiento tampoco se tendrá en cuenta porque nuestro edificio no se encuentra en zona de circulación de aviones, helicópteros...

3.5.7 Puestas a tierra

Con el fin de asegurar unas mínimas diferencias de potencial que pudieran presentarse entre las masas y tierra, así como para minimizar el riesgo de averías en los equipos, o bien para asegurar el correcto funcionamiento de las protecciones eléctricas, se instalan unas redes de puesta a tierra con una resistencia inferior a 10 Ohmios, de forma que la tensión de contacto no sobrepase los 24V.

La sección nominal del cable de puesta a tierra es de 50 mm², realizándose la unión a las picas o electrodos de puesta a tierra mediante soldadura cadweld del tipo apropiado. Las picas son de acero cincado y cobrizado en el exterior electrolíticamente con 0,25mm. de espesor. La longitud mínima de la pica es de 2.00m. y el diámetro es mayor de 17,5mm.

El número y tipos de electrodos a instalar dependerán en cada caso del terreno, debiéndose cumplir todas las prescripciones reglamentarias de valores máximos de las tensiones de paso y contacto, etc.

La Estación llevará dos sistemas de puesta a tierra: el sistema de la caseta y el de los equipos (*Plano 12*):

- 1) En el interior de la caseta se instalará una barra equipotencial de cobre, perforada, de 230x50x5mm. mínimo. Asimismo, en el interior de la caseta, se instala el conductor principal de la red de tierras del interior de la caseta, aislado, de Φ 35mm. y de color verde-amarillo. Este cable será de una sola pieza y tendrá su inicio y final en la barra equipotencial de tierras. A este cable de tierras se conectarán con cable de Φ 35mm. todos los elementos metálicos y accesibles que no estén en tensión interior de la caseta, así como la barra equipotencial de la protección de los cables coaxiales de antena. El cuadro

eléctrico se conectará directamente a la barra equipotencial, también con cable de $\Phi 35\text{mm}$.

- 2) El sistema de puesta a tierra de la caseta consiste asimismo en un anillo alrededor de dicha caseta. Este anillo se conecta a unos electrodos (mínimo 4 unidades), del mismo tipo que el citado anteriormente mediante la correspondiente soldadura cadweld. Se conectarán a estos electrodos todos los elementos metálicos exteriores de la Estación Base, tales como armadura de la losa, armazones metálicos, vigas, tuberías, soportes, etc. También se conectará el suelo de la caseta mediante adhesivo conductor, y que el material es vinilo conductor. Las conexiones a las picas deberán ser registrables.

Hay que reseñar que en todos los casos, las soldaduras en los circuitos de tierra serán del tipo cadweld (tipos GY, PG o LM). Asimismo, y de forma general se cumplirán los siguientes aspectos:

- Los cables de tierra se trazarán con el menor recorrido y con el mínimo de curvas posible. En todo caso, el radio mínimo de curvatura será de 200mm.
- Se evitarán las conexiones directas de materiales diferentes para evitar pares galvánicos.
- Nunca existirán recorridos ascendentes.
- Las únicas conexiones que no se realizarán con soldadura cadweld serán las conexiones a la caseta y antenas, que se realizan por medio de terminal de presión.
- Si hubiera arquetas (registrables) serán de dimensiones mínimas 400x400x600mm.
- Se evitará la proximidad o cruce con conducciones eléctricas. Si no fuese posible evitarlo se debe utilizar un blindaje metálico no ferromagnético que se prolongue 1,00m. a cada lado del cruce.
- Se evitará el contorno de cornisas o elevaciones. En todo caso se admite remontar un máximo de 40cm. con una pendiente máxima de 45°.
- En las proximidades del suelo se protegerá contra choques mecánicos el cable de bajada hasta una altura mínima de 2,00m. con tubo de protección metálico no ferromagnético.

La unión del circuito de tierra de los equipos con el cable principal de tierra se realizará como mínimo a 3,00m. de distancia del lugar al que se une el sistema de tierra de la caseta, preferiblemente después de todas las posibles dificultades de trazado, enfilando la vertical propiamente dicha. Por otra parte, se colocará una caja aislante y estanca donde se ubicará el puente de medida ya cercano a las picas. Antes de realizar la conexión deberán hacerse las comprobaciones necesarias, de forma que cumplan las especificaciones, reglamentación y normativa correspondientes.

La bajada principal del cable de tierra por el edificio se realizará desde la azotea o punto de instalación de la Estación Base y antenas hasta una caja de seccionamiento. En su recorrido deberá estar separada de la pared del edificio y debidamente grapada por medio de soportes aislados adecuados a una distancia máxima de 80cm.

Debe protegerse mediante tupo tipo PVC los tramos accesibles por personas. Si son tramos exteriores transitables este tubo de PVC se protegerá exteriormente con tubo metálico galvanizado hasta una altura de 3 metros.

3.5.8 Climatización

Con el objeto de mantener dentro de la EB unas condiciones de temperatura, humedad y ventilación óptimas para el correcto funcionamiento de los equipos instalados, se hace necesaria la instalación de un sistema de climatización que sea capaz de disipar el calor generado por los propios equipos, el personal y otros elementos que se encuentren en el interior de la EB, así como el calor absorbido por la caseta debido a la transmisión de calor exterior.

Por las características de la caseta, el sistema de climatización propuesto es uno de tipo compacto de condensación por aire situado en un lateral de la caseta, con impulsión y retorno al ambiente interior. Lógicamente el equipo instalado cubrirá las necesidades de climatización.

A parte de cumplir con las condiciones necesarias para poder disipar todo el calor generado, el equipo de

climatización a elegir ha de cumplir una serie de requisitos impuestos por la operadora y que se indican a continuación.

3.5.8.1 Características generales

Debe ser un equipo de expansión directa y del tipo aire-aire (condensación y evaporación por aire). Para unas condiciones de trabajo de 25°C y 50% HR en el interior y 40°C y 50% HR en el exterior la capacidad frigorífica ha de ser como mínimo de 10.500W (9.000fr/h). La tensión de alimentación del equipo será en trifásico 400Vca o monofásico 230Vca y 50Hz.

Ha de poseer también la función de autoarranque de modo que en caso de fallo de alimentación eléctrica y posterior restablecimiento del suministro, el equipo debe volver a funcionar en las mismas condiciones en las que estaba ajustado anteriormente sin necesidad de intervención del operador. También debe estar dotado de un sistema de ahorro energético (free-cooling) de forma automática cuando las condiciones del aire exterior lo permitan y cuando se produzca un fallo en el sistema de refrigeración mecánica o alimentación principal.

El equipo de climatización ha de garantizar como mínimo un cambio completo de aire cada 24 horas sin que se produzcan en el interior de la estación condensaciones, ni caída de la misma por baja temperatura interna. Dispondrá además de un sensor de temperatura y humedad (higrostat) que evite valores de humedad interna demasiado bajos. El control de los parámetros de funcionamiento del aire acondicionado, así como la transmisión de las alarmas, se realizará a través de una unidad de control instalada en el interior de la EB.

El refrigerante a utilizar será preferiblemente un refrigerante ecológico R-407-C. El nivel de emisión de ruido del equipo de aire acondicionado en las condiciones normales de funcionamiento será inferior a 40dBa medido a tres metros de la unidad lo que cumple la Normativa Nacional en relación con los niveles permitidos.

Dado que la unidad es compacta y situada en el exterior de la EB la carrocería ha de ser de acero galvanizado en caliente, protegida frente a la corrosión en todos sus puntos y resistente frente a la lluvia ácida. Todas las partes en contacto con el aire, estarán perfectamente protegidas con el aislamiento térmico correspondiente.

Ha de disponer de juntas de propileno o similar entre los canales de aire de impulsión y retorno de equipos de aire y el paramento de la EB, de manera que se asegure la perfecta impermeabilidad. Para las uniones entre las cajas de impulsión y extracción de aire de la EB y la pared, también se utilizará el mismo criterio de impermeabilización. La instalación de aire acondicionado y ventilación vendrá preparada con un sistema de absorción de vibraciones a la estructura que los soporta.

3.5.8.2 Instalación de control de alarmas

Se instalará un panel de alarmas, en nuestro caso hemos elegido el modelo SA-PA-05, construido conforme al Código Técnico de la Edificación.

Se instalarán en la pared del contenedor en la situación que se indica en los planos (*ver plano 4*).

Para el cableado de las alarmas se definen dos posibles configuraciones: alimentación interna y alimentación externa. En la *Tabla 6* siguiente se muestra la configuración con las posiciones cableadas.

Los paneles de detección de incendios deben incluir:

- Un indicador luminoso rojo tipo LED que se enciende cuando existe detección de fuego proveniente del detector óptico de humos o del detector termovelocímetro.
- Un indicador tipo LED naranja que se enciende cuando se dan mensajes de error dentro de un bucle.
- Un interruptor para poner el sistema de detección fuera de servicio. Esto debe señalizarse mediante un indicador LED amarillo y registrarse en el relé del circuito como fallo. Este interruptor tiene también como función el rearmado de los detectores después de una detección.
- Un botón de prueba para verificar el funcionamiento de los indicadores luminosos, parada de zumbador y bucle de detección.

El panel de alarmas general debe incluir:

- Pulsador de prueba de lámpara que indique que funcionan correctamente todos los indicadores luminosos de panel.
- Un LED naranja que avise de carga insuficiente o de fallos del rectificador de baterías de 24Vcc.
- Un LED verde que se encienda en presencia de alimentación externa.

Tabla 6. Panel de alarmas

Posición	Alarma
1	Temperatura interior > 32°C
2	Fallo mayor Aire Acondicionado
3	Temperatura interior > 40°C
4	Temperatura interior < 5°C
5	Fallo menor Aire Acondicionado
6	Fallo menor continua 1
7	Fallo mayor continua 1
8	Fallo alimentación alterna
9	Distribución continua 1
10	Fallo de transmisión
11	Batería desconectada
12	Control de balizas
13	Transmisión fallo menor
14	Intrusión
15	Fallo menor continua 2
16	Fallo mayor continua 2
17	Batería desconectada 2
18	Distribución continua 2
19	Fallo mayor aire acondicionado 2

3.6 Cableado

Para realizar el estudio del cableado nos hemos basado sobre todo en equipos de la marca Ericsson, para conocer cómo van conectadas las diferentes unidades.

3.6.1 Identificación de cableado

Como norma general, la identificación de todos los cables (alimentación, alarmas, fibras, transmisión, RF) se realizará en ambos extremos, incluyendo en cada identificación la información relativa al origen y el destino. Igualmente se identificará el cableado en el paso por los pasamuros, en el interior de la caseta. Se recomienda no utilizar banderolas en exterior, dado que se deterioran con el tiempo.

A continuación se detalla para cada tipo de cable:

- Cableado de RF: cada cable de RF se identificará en ambos extremos con cintas de colores, con el código estándar que define la codificación base (sector/Tx/diversidad Rx) más tecnología. En cableado en el interior de casetas estándar, donde es sencillo seguir el cableado de RF hasta el pasamuros, no será necesario identificar el cable antes de pasar por el pasamuros. En aquellos casos

de recorridos de RF complicados, donde no sea sencillo seguir los cables porque pasen por varias salas o por conductos, se deberán identificar antes del pasamuros, deberá hacerse con cintas de colores según código estándar.

- Cableado de FO a RRU: el cable de alimentación deberá estar identificado en el extremo de la DC-Box y en la RRU con el código de colores que identifica cada sector y tecnología, como los cables de RF. No será necesario marcar los cables de alimentación con cinta roja ni blanca, sólo sector y tecnología. En interior (lado DC-Box) se podrá sustituir la identificación con cintas de colores por banderola indicando origen y destino.
- Cableado de alarmas: según norma general, con banderolas indicando origen y destino.
- Cableado de transmisión: según norma general, con banderolas indicando origen y destino.

Cualquier otro cableado no contemplado expresamente aquí, seguirá la norma general de identificación.

3.6.2 Cableado de alimentación

- MU: la alimentación de cada MU se realizará mediante cable estándar RPM777298/10000 (codificación de Ericsson) cable flexible apantallado, libre de halógenos, sección de $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$, longitud hasta 10m en el interior de casta y desde interruptor unipolar. El conector de conexión a la MU viene crimpado de fábrica. Con la RBS6601v2, Ericsson deja de suministrar el cable de alimentación, suministrando sólo el conector. El instalador debe proporcionar un cable de $2 \times 2,5 \text{ mm}^2$ de longitud adecuada (máximo 30 metros) para alimentar el equipo.
- RRU: la alimentación de las RRU se realizará mediante cable estándar de $2 \times 6 \text{ mm}^2$ para distancias hasta 60m, para distancias de 60 a 100m será de $2 \times 10 \text{ mm}^2$ de intemperie desde los interruptores unipolares (conforme al REBT).

Tabla 7. Cable alimentación

Unidad	Potencia máxima (W)	Disyuntor mínimo (A)	Disyuntor recomendado (A)	Sección del cable* (mm^2)
MU	405	15	16	$2 \times 1,5$ (hasta 10m)
RRUW	340	15	30	
RRUS01	430	15	30	2×6 (hasta 60m)
RRUS11	510	16	30	2×10 (de 60 a 100m)
RRUS12	600	25	30	
DC-Box	--	100	100 o 2×63	2×35 (hasta 10m)

La sección del cable de alimentación varía con la distancia, conforme al R.E.B.T..

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrá de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3cm.

En instalaciones en las que el cableado discorra en vertical, irá convenientemente anclado mediante morsetos cada 1,5m (máximo cada 2m). No admitiendo instalaciones en el exterior sujeción con bridas de plástico.

Las conducciones de alimentación al interior de la caseta se realizarán preferentemente por el pasamuros de coaxiales de TX, utilizando los huecos más alejados a los ya utilizados.

El cable de tierra tendrá una sección de 35 mm^2 para las RRU y de 16 mm^2 para las MU.

3.6.3 Cableado de Fibra Óptica

El cable de fibra óptica es necesario para la conexión entre la RBS6601 y las RRU.

El cable de FO será monomodo, con conectores LC-PC. Ericsson dispone de cables de FO preconectorizados con las siguientes medidas fijas: 2, 5, 10, 20, 30, 50, 70, 100, 140, 200, 250, 300 y 500m. Se ajustará la longitud más adecuada, no admitiendo cocas innecesarias en zonas susceptibles de cortes/deteriores. El sobrante de la FO se dejará recogido en la parte más próxima posible a la RBS, en el interior de la caseta sobre el rejiband interior o bien en la parte inferior del armario.

Cuando los cableados horizontales de FO en emplazamientos urbanos (azoteas, como es nuestro caso) se instalen en exterior en zonas transitables accesibles, irán bajo tubo SAPA/Aceroflex del diámetro adecuado en una longitud máxima de 10m por emplazamiento. El tubo irá sujeto con morsetos/grapas adecuados. En zonas no accesibles podrán ir sobre rejiband sujeto al mismo con morsetos cada 1,5m (máximo cada 2m).

En instalaciones en las que el cableado vaya en vertical, irá convenientemente anclado mediante morsetos cada metro. No irá bajo tubo SAPA/Aceroflex en emplazamientos rurales.

Las conducciones de fibra en entornos urbanos, siempre que sea posible, se instalarán por los huecos ubicados en la caseta para tal efecto.

3.6.4 Cableado de alarmas externas

Ericsson siempre instalará el cableado desde su equipo hasta el panel de alarmas, con una coca de hasta 10m. Solamente se conectará al panel de alarmas en caso de que la MU sea la responsable de transmitir las alarmas externas del emplazamiento, en caso contrario se dejará preparado para una conexión futura, convenientemente probado.

Los criterios de transmisión de alarmas quedan establecidos en la Nota Técnica N-0-0224 “Definición de alarmas externas en emplazamientos remotos” (esta Nota Técnica es la llevada a cabo por la compañía Vodafone)

3.6.5 Cableado de transmisión

Todas las RBS6601, estarán equipadas como máximo con 4 tributarios, que se cablearán y conectorizarán a 75 Ohmios.

Existen tres tipos de conexiones de Tx posibles:

- E1.
- STM-1 transmisión por FO.
- Ethernet

Durante su tendido, este cable no coincidirá con el recorrido de los cables de alimentación de alterna. El cableado PCM recorrerá, siempre que sea posible, el tramo más largo entre la RBS y el DDF (Digital Distribution Frames). Se deben instalar/cablear todas las tramas PCM (Pulse Code Modulation) según configuración con sus conectores Siemens/BNC correspondientes. La conexión de la línea de 2Mbit/s entre la MU y el DDF se hará mediante un cable Flex 5 (75 Ohmios), que será instalado y conectorizado por Ericsson con conectores Siemens/BNC, con una longitud adecuada a las características del emplazamiento. El cable deberá estar etiquetado en el extremo de la RBS y en el DDF.

3.6.6 Cableado de RF

Como norma general las RRU se instalarán lo más próximo a las antenas de radio y aprovechando los elementos estructurales existentes en los emplazamientos.

Si excepcionalmente no se instalan las RRU cercanas a las antenas, las longitudes/secciones/etiquetado de cables de RF se ajustarán a lo establecido como estándar. Se puede ver cómo sería en la *Tabla 8*.

Cuando el cable instalado sea de 7/8” o de 1+5/8” se adaptarán los últimos metros con cable superflexible.

La rotulación del cable de RF seguirá lo indicado en la Nota Técnica AC0-NT-048-00 “Rotulación de cables coaxiales de RF para GSM/DCS/UMTS” (esta Nota Técnica es la llevada a cabo por la compañía Vodafone), se aprecia en la *Tabla 9*.

Tabla 8. Cableado de RF si RRU lejanas a las antenas

Tipo de cable	Longitud máxima	Tipo de cable	Radio de curvatura
1/2”	≤ 10m	0-5 m superflexible 5-10m semirrígido	Mínimo 125mm
7/8”	≤ 35m para $f \leq 2.100\text{MHz}$ ≤ 25m para 2.600 MHz	Semirrígido	Mínimo 250mm
1+5/8”	> 35m para $f \leq 2.100\text{MHz}$ >25m para 2.600MHz	Semirrígido	Mínimo 510mm

:

Tabla 9. Codificación base para cables coaxiales

OMNI	
TX/RXA	ROJO/BLANCO
TX/RXB	BLANCO/ROJO/BLANCO
SECTOR 1	
TX/RXA	ROJO/BLANCO/VERDE
TX/RXB	BLANCO/ROJO/BLANCO/VERDE
SECTOR 2	
TX/RXA	ROJO/BLANCO/NARANJA
TX/RXB	BLANCO/ROJO/BLANCO/NARANJA
SECTOR 3	
TX/RXA	ROJO/BLANCO/AZUL
TX/RXB	BLANCO/ROJO/BLANCO/AZUL

Se irán añadiendo a la codificación base los colores distintivos de cada tecnología:

- LTE2600: cinta color marrón.
- LTE800: 2 cintas color marrón.
- LTE1800: 3 cintas color marrón.
- LTE2100: 4 cintas color marrón.

Para estaciones con más de 3 sectores, se etiquetarán así:

- 4ºsector, con dos cintas verdes.
- 5ºsector, con 2 cintas naranjas.

- 6º sector, con 2 cintas azules.
- 7º sector, con 3 cintas verdes, y así sucesivamente.

En el supuesto de instalar una segunda RRU para un mismo sector y tecnología, se identificarán todos sus cables añadiendo una segunda cinta de color rojo, a continuación de la primera.

La sujeción del cable a la escalerilla de la torre en su bajada, así como cualquier trazado vertical u horizontal, se realizará mediante grapas con morsetos separadas entre sí una distancia de 1 metro.

En el caso de instalaciones en torre, las grapas deberán ser preferentemente de 3 cables para reducir la superficie expuesta al viento.

La conexión del cable de antena con el latiguillo de antena se protegerá y sellará mediante cinta vulcanizada, que recubrirá totalmente ambos conectores, desplazándose el encintado sobre el cable una distancia mínima de 4cm en ambos extremos. La cinta vulcanizada se aplicará en tres capas siendo la primera de abajo hacia arriba con un solape entre vueltas que asegure la estanqueidad del sellado. A fin de aumentar la protección de la conexión frente a radiaciones ultravioleta se aplicará sobre la cinta vulcanizada cinta aislante adhesiva aplicada en dos capas siendo la primera de ellas de arriba hacia abajo y con el solape suficiente entre vueltas.

En el caso de tiradas de cable de RF de más de 10m y con el fin de proteger tanto el cable como los equipos contra descargas eléctricas, generalmente producidas por rayos, el cable de RF debe ser derivado a masa mediante kits de tierra.

El kit de tierra se conectará a la línea de tierra de la torre o caseta, la cual estará a su vez conectada a la tierra general del emplazamiento (la impedancia máxima admisible es de 10 Ω). Las características eléctricas y mecánicas de dicha línea de toma de tierra deberán cumplir los requisitos exigidos para una correcta instalación.

El número y la ubicación de los kits de tierra a instalar dependerá del tipo de emplazamiento, aunque el criterio general es “mínimo 2 kits en cada cable principal de antena”.

3.6.7 Distribución de disyuntores en la DC-Box

Se dispone la siguiente distribución de consumidores en la DC-Box para conectar las diferentes RRU, en función del fabricante de la DC-Box (Delta/Eltek). Aunque describamos ambos fabricantes, en esta instalación se ha optado por elegir al fabricante Delta.

Se seguirá un orden de instalación de izquierda a derecha (en la DC-Box de Delta) y de izquierda a derecha y de arriba abajo (en la DC-Box de Eltek, atención a la numeración de los fusibles), y asignando primero por frecuencia y después por sector.

El orden de frecuencia será (indistintamente del nº de disyuntores necesarios): 2100, 900, 1800, 800 y 2600.

A continuación, se muestra gráficamente lo anterior para la DC-Box de Eltek y de Delta:

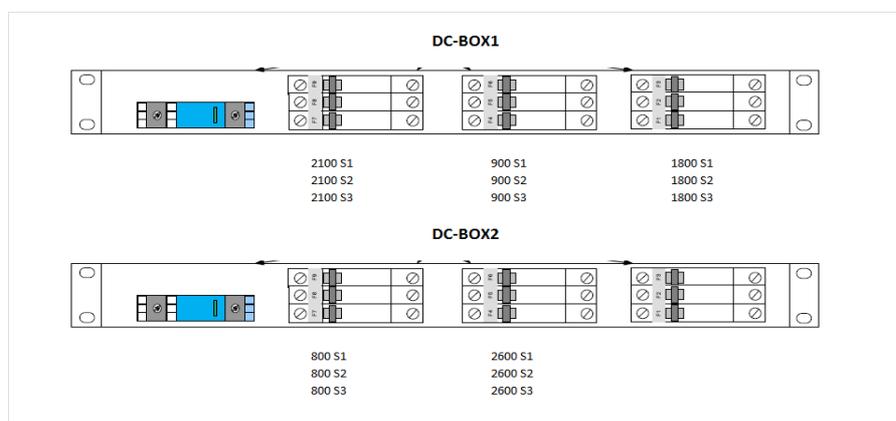


Figura 9. DC-Box Eltek



Figura 10. DC-Box Delta

Tabla 10 . Conexiones disyuntores

DC-Box	Fusible	Conexiones Delta	Conexiones Eltek
#1	F1	RRU 2100 S1	RRU 1800 S3
	F2	RRU 2100 S2	RRU 1800 S2
	F3	RRU 2100 S3	RRU 1800 S1
	F4	RRU 900 S1	RRU 900 S3
	F5	RRU 900 S2	RRU 900 S2
	F6	RRU 900 S3	RRU 900 S1
	F7	RRU 1800 S1	RRU 2100 S3
	F8	RRU 1800 S2	RRU 2100 S2
	F9	RRU 1800 S3	RRU 2100 S1
	F10	Reserva	--
#2	F1	RRU 800 S1	Reserva
	F2	RRU 800 S2	Reserva
	F3	RRU 800 S3	Reserva
	F4	RRU 2600 S1	RRU 2100 S3
	F5	RRU 2600 S2	RRU 2600 S2
	F6	RRU 2600 S3	RRU 2600 S1
	F7	Reserva	RRU 800 S3
	F8	Reserva	RRU 800 S2
	F9	Reserva	RRU 800 S1
	F10	Reserva	--

3.6.8 Disipador de calor

La RRU se refrigera por convención y está diseñada para instalación en exterior. Cuando se instala en interior, se debe tener en cuenta los siguientes valores para el cálculo de la climatización necesaria.

Tabla 11 Cálculo climatización para RRU interiores

Unidad	Potencia de salida de RF (W)	Potencia máxima disipada (W)
RRUW	60	320
RRUS01	80	350
RRUS11	2x40	430
RRUS12	2x60	550

3.7 Volúmenes de referencia, sistema de antenas y mástil a instalar

A continuación consideraremos los conceptos a tener en cuenta para conocer a qué altura y posición instalar las antenas de las estaciones base desde el punto de vista de accesibilidad de las personas a sus proximidades y para calcular los volúmenes de referencia. (COIT, *Normativas y procedimientos para garantizar su seguridad ante el ciudadano*[4])

Para ello utilizaremos los siguientes conceptos:

- Distancia de referencia (D_{max}): es la distancia a la que el nivel de campo producido por una fuente, en la dirección principal de emisión, coincide con el nivel de referencia.
- Perfil crítico de accesibilidad: es la densidad de potencia en función de la distancia a la vertical de la antena (en las zonas accesibles al público) donde los niveles de campo son más elevados.
- Distancia de campo próximo (D_{cp}): es la distancia a partir de la cual la utilización de expresiones basadas en hipótesis de campo lejano, es suficientemente precisa a efectos de estimar los niveles de exposición. Se estima que un criterio razonable, que debe ser verificado por estudios posteriores, es tomar la distancia de campo próximo igual a la dimensión máxima de la antena.

Dado que la distancia de referencia y el perfil crítico de accesibilidad se calculan con expresiones de campo lejano, la distancia de campo próximo define la distancia mínima a la que estos cálculos son válidos. Es importante resaltar que este parámetro no está relacionado con los niveles de exposición, que dependen de la PIRE y del comportamiento de la antena en cada dirección, sino sólo con la fiabilidad de los cálculos realizados con fórmulas de campo lejano.

- Distancia mínima a las zonas accesibles (dp): es la distancia más corta entre la antena y las zonas de uso permanente por las personas.

En las estaciones base de zona urbana sobre azotea accesible las antenas están montadas sobre un mástil, o estructura que las eleva sobre la azotea que es accesible al público (Figura 4). En este caso la altura de la antena y el empleo de un diagrama de radiación estrecho en el plano vertical son elementos básicos para asegurar los límites de exposición.

Se calcula la distancia de protección D_{max} utilizando la densidad de potencia en la dirección de máxima ganancia y fijándolo en su valor máximo permitido:

$$S = \frac{pire}{4\pi D^2} \quad \rightarrow \quad D_{max} = \sqrt{\frac{Mpire}{4\pi S_{max}}}$$

M es la corrección si existen reflectores en el haz principal cerca de la antena: 4 para reflexión total de un rayo;

2,56 en condiciones de reflexión típicas y 1 sin reflexiones.

D_{\max} debe ser suficientemente grande para considerar campo lejano. Si no se cumple la condición el problema es muy complejo, y debe estimarse D_{\max} a partir de medidas experimentales de simulación.

Para los sistemas de comunicaciones móviles, una superficie fácil de calcular es el paralelepípedo que contiene la superficie límite. Para los sistemas a considerar viene definido por las siguientes variables:

- Profundidad en la dirección de radiación: L_{m1}
- Profundidad en la dirección opuesta: L_{m2}
- Anchura: L_H
- Altura hacia arriba: L_{V1}
- Altura hacia abajo: L_{V2}

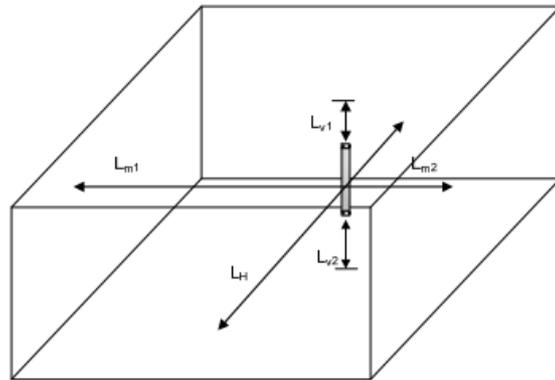


Figura 11. Paralelepípedo de referencia

Su cálculo es inmediato a partir del diagrama de radiación de la antena. Para ello, se determinan, numérica o gráficamente, los ángulos:

- θ_H y θ_A : Estos se calculan a partir del plano horizontal del diagrama de radiación, donde θ_A corresponde al ancho de la banda del lóbulo trasero, y θ_H corresponde al ancho de banda horizontal del lóbulo principal. Estos ángulos se miden en grados polares y se pueden ver en la *Ilustración 15*.
- θ_{V1} y θ_{V2} : Estos se calculan a partir del plano vertical, de forma que θ_{V1} corresponde al ancho de banda del lóbulo secundario principal. En cambio θ_{V2} corresponde al ancho de banda vertical del lóbulo principal. Estos ángulos también se miden en grados polares y se muestran en la *Ilustración 16*

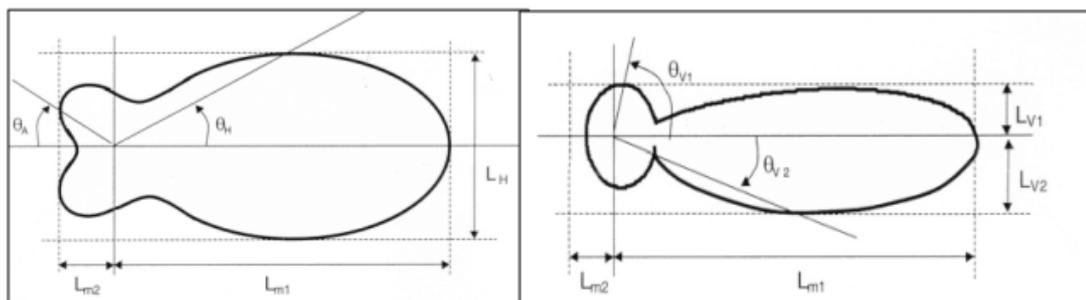


Figura 12. Ángulos de proyección. Plano horizontal (izquierda) Plano vertical (derecha)

Una vez determinados estos ángulos, se utilizarán las siguientes expresiones para definir el paralelepípedo de referencia:

- $L_{m1} = D_{\max}$
- $L_{m2} = D_{\max} \sqrt{G(\theta_A)} \cos(\theta_A)$
- $L_H = 2D_{\max} \sqrt{G(\theta_H)} \sin(\theta_H)$
- $L_{V1} = D_{\max} \sqrt{G(\theta_{V1})} \sin(\theta_{V1})$
- $L_{V2} = D_{\max} \sqrt{G(\theta_{V2})} \sin(\theta_{V2})$

Siendo D_{\max} el radio de la esfera de referencia y $G(\theta)$ ganancia de potencia normalizada

Las expresiones anteriores suponen que D_{\max} es suficientemente elevado como para que se pueda suponer que se está en condiciones de campo lejano. Si se estuviese caracterizando una estación micro, donde la PIRE es muy baja, no será necesario el cálculo de estos volúmenes de referencia, ya que el límite de exposición que se alcanzará será muy próximo a la antena, punto donde aún no se ha formado el frente de ondas característico de campo lejano.

Una vez calculados los valores de los parámetros anteriores, las dimensiones del paralelepípedo se establecerán a partir de las dimensiones físicas de las antenas, tal como se muestra en la *Figura 13*.

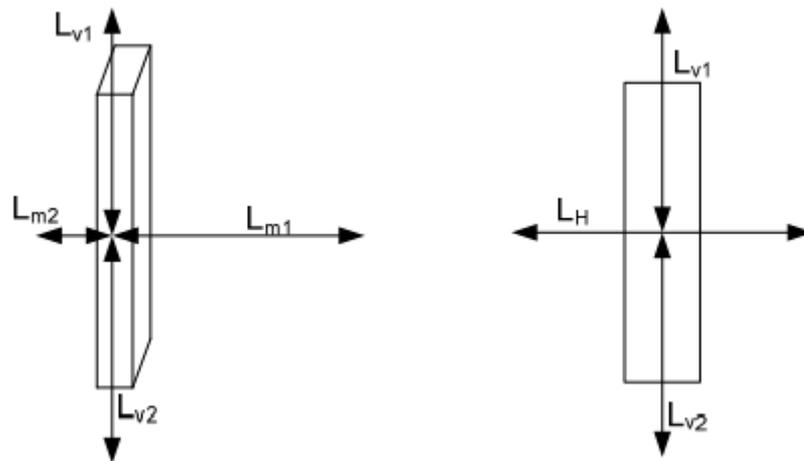


Figura 13. Dimensiones físicas del paralelepípedo de protección. Vista lateral (izquierda) y Vista frontal (derecha)

El paralelepípedo se orientará según el ángulo de máxima radiación de la antena en horizontal y teniendo en cuenta, en vertical, el downtilt con que se ha instalado.

3.7.1 Tipos de volúmenes de referencia

Los volúmenes de referencia, dependerán del tipo de antena que se instalará en el emplazamiento y la potencia radiada (PIRE). Estos volúmenes de referencia se calcularán para cada tecnología que se vaya a instalar en un emplazamiento. Dependiendo de la forma en que se diseñe el emplazamiento se deberán tener otras consideraciones en cuenta a lo referente a los volúmenes de referencia.

En un principio, cada tecnología a instalar en el emplazamiento tendrá su volumen de referencia, ya que cada

una radicaré desde una antena y con una potencia independiente de las demás tecnologías. Estos volúmenes se denominan “*Volumen individual*”. En el caso que únicamente se instale una tecnología en el emplazamiento, será este volumen el que se deberá tener en cuenta para la representación de los paralelepípedos de protección.

En el caso que se instale más de una tecnología en el mismo emplazamiento se deberán tener más variables en cuenta, ya que, dependiendo de la distancia que se encuentren las antenas transmisoras, la contribución de la potencia radiada de otras tecnologías afectará a todos los volúmenes de referencia. De este modo, aparece el concepto de “*Volumen compuesto*”.

Se tendrá en cuenta el volumen compuesto siempre que:

- Las tecnologías instaladas radien por una misma antena.
- Si se radia por antenas diferentes, las antenas están separadas una distancia menor a 3 metros.

Este volumen compuesto se calculará realizando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de cada parámetro del paralelepípedo, tal y como se puede observar en las siguientes ecuaciones:

$$L_{m1COMP} = \sqrt{(L_{m1GSM})^2 + (L_{m1DCS})^2 + (L_{m1UMTS})^2 + (L_{m1LTE})^2}$$

$$L_{m2COMP} = \sqrt{(L_{m2GSM})^2 + (L_{m2DCS})^2 + (L_{m2UMTS})^2 + (L_{m2LTE})^2}$$

$$L_{HCOMP} = \sqrt{(L_{HGSM})^2 + (L_{HDCS})^2 + (L_{HUMTS})^2 + (L_{HLTE})^2}$$

$$L_{V1COMP} = \sqrt{(L_{V1GSM})^2 + (L_{V1DCS})^2 + (L_{V1UMTS})^2 + (L_{V1LTE})^2}$$

$$L_{V2COMP} = \sqrt{(L_{V2GSM})^2 + (L_{V2DCS})^2 + (L_{V2UMTS})^2 + (L_{V2LTE})^2}$$

3.7.2 Antenas y mástil

Utilizando los siguientes datos que se dan en nuestra estación, para el modelo de antena Comba ODV-065R18EKK-G. (*Catálogo de equipos [1]*)

- Frecuencia de emisión: 800 MHz. Empleamos esta frecuencia porque es la que tiene una PIRE mayor, luego nos ponemos en el peor de los casos.
- Dimensión máxima de la antena: 2m.
- Anchura del haz vertical (-3dB): 10°.
- Nivel de lóbulos secundarios: -20dB.
- Inclinación del haz vertical de la antena: -4°.
- PIRE máxima: 500 W.
- Altura de la antena al suelo: 3.5 metros.

En este tipo de estaciones, los niveles sobre el terreno suelen ser inferiores a los límites establecidos (4,5W/m²).

Por otro lado es inmediato calcular la distancia de referencia y la distancia de campo próximo.

$$- S = \frac{PIRE}{4\pi D^2} = \frac{500W}{4\pi 2^2} = 9.94W / m^2$$

$$- D_{max} = \sqrt{\frac{M \cdot PIRE}{4\pi S_{max}}} = \sqrt{\frac{2.56 \cdot 500W}{4\pi \cdot 9.94W / m^2}} = 3.20m$$

Donde M se ha considerado 2.56, factor en condiciones de reflexión típicas.

- $D_{cp} = 2m$.

Utilizando dichos datos y expresiones se obtiene la gráfica (Figura 15) que corresponde a los perfiles críticos de accesibilidad, para antenas situadas a 2.5, 3 y 3.5m de la altura sobre la azotea.

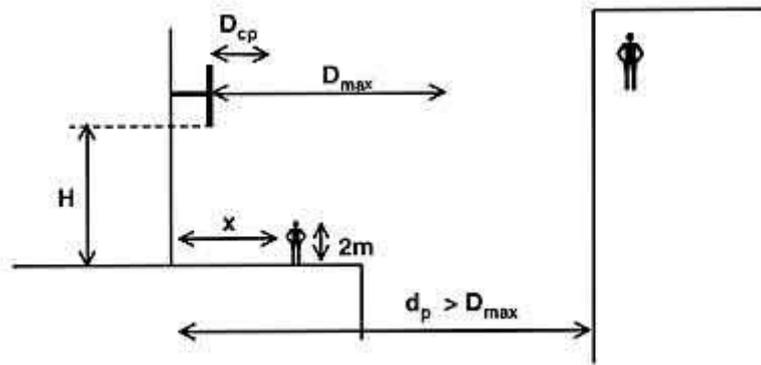


Figura 14. Perfiles de accesibilidad

Los resultados indican que la no superación de los límites se obtiene por alguno de los siguientes procedimientos:

- Elevación de la antena por encima de una altura mínima que dependerá de la PIRE máxima transmitida.
- Definición de una zona de accesibilidad limitada alrededor del mástil, bien estableciendo unas instrucciones específicas o instalando barreras físicas.

Por otro lado, si la elevación de la antena es inferior a $D_{cp} +$ altura de la persona (4 metros en el ejemplo considerado), debajo de la antena se estará en zona de campo próximo, requiriéndose medidas en esta área que garanticen la no superación de los límites de exposición máximos.

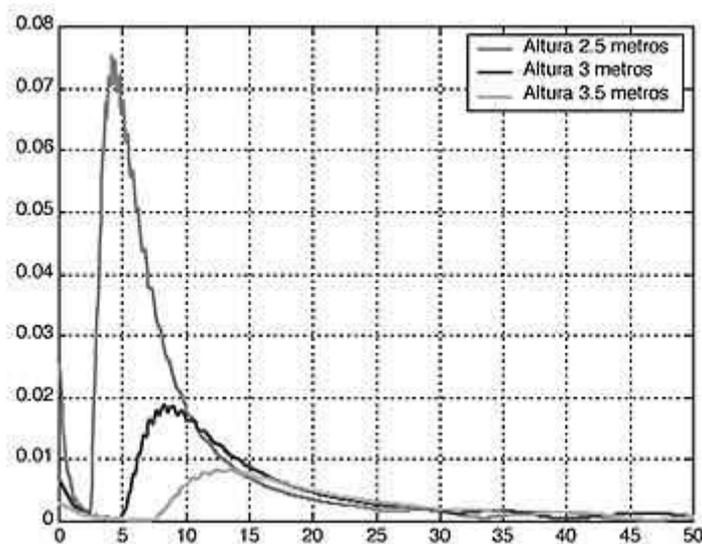


Figura 15. Perfil crítico de accesibilidad

Nótese que la presencia de un edificio a una distancia inferior a D_{\max} no tiene sentido, pues el haz principal de la antena estaría interrumpido por el mismo y la zona de cobertura de la estación base quedaría muy reducida. Comprobamos que la distancia mínima a la que se sitúa el edificio más próximo es superior a la D_{\max} calculada para la PIRE máxima transmitida: $d_p > D_{\max}$. Por supuesto, si el edificio es de altura inferior a la de las antenas, las intensidades de campo serán inferiores por efecto del diagrama de radiación en el plano vertical.

Este tipo de estaciones es el que requerirá un estudio más detallado que deberá incluir el análisis de la zona de campo próximo a la antena mediante la realización de un conjunto de medidas. En algunos casos estas estaciones serán conformes con restricciones de accesibilidad, es decir, sólo se podrá garantizar la no superación de los límites de exposición mediante restricciones de acceso a ciertas áreas de la azotea.

Atendiendo a la estructura del soporte, las estaciones base son de distintos tipos:

- Mástil con triángulo. Suele utilizarse en emplazamientos rurales. Cada sector de la estación base se sitúa en un lado del triángulo, como se muestra en la *Figura 16*.



Figura 16. Mástil triángulo

- Mástil tubular. Suele utilizarse en emplazamientos rurales o de carretera. Las antenas se sitúan directamente sobre el mástil, como se muestra en la *Figura 17*.



Figura 17. Mástil tubular

- Soporte tubular. Suele utilizarse en emplazamientos urbanos sobre azoteas. Cada sector de la estación se sitúa en un tubo individual, como se muestra en la *Figura 18*.



Figura 18. Soporte tubular

En nuestro caso ya que es un emplazamiento urbano emplearemos un soporte tubular, como *Figura 18* y en este caso será de acero galvanizado de 80mm. de diámetro.

3.7.3 Diseño

Una vez que tenemos perfectamente definidos tanto el candidato definitivo donde vamos a instalar nuestro emplazamiento y la zona que debe cubrir, pasamos a una primera fase del diseño de las celdas que formarán parte de este emplazamiento.

Este prediseño de celdas se realiza en función de la posición de los elementos de red y la zona a cubrir.

En este prediseño o diseño nominal de celdas se analizan diferentes características del futuro emplazamiento. Hay que recalcar que estos datos pasarán a ser definitivos en la fase de replanteo, siendo este primer diseño solamente un boceto de la configuración deseada. Las características más importantes o influyentes pueden ser las siguientes:

- Zona a cubrir: es deseable que la configuración del nuevo emplazamiento pueda cubrir toda, o al menos gran parte de ella, de la zona de búsqueda o zona de defecto de cobertura que se pretende cubrir. Para ello se tiene que ajustar o definir características y configuraciones como las que se indicarán.
- Número de sectores: se trata del número de celdas de las que constará nuestro emplazamiento. Dependiendo de la posición del emplazamiento y de la zona que se pretende cubrir se definirán un número de sectores que normalmente varían entre 1 y 3 sectores por emplazamiento, siendo la configuración más común la de 3 sectores por site (emplazamiento). Además de la ubicación del site y de la zona a cubrir, en la elección del número de sectores dependen también las características de las antenas a instalar.
- Orientación de los sectores: dependiendo del número de sectores a instalar y las características de estos se elegirá una orientación para estos sectores de manera que sea óptima para cubrir la zona deficiente o nula cobertura. También hay que tener en cuenta los demás elementos de la red para que con la orientación elegida de los sectores no se produzca interferencia o solapamiento no deseado.
- Ancho de haz de las antenas: se trata del ancho de haz tanto vertical como horizontal correspondientes a la antena a instalar por sector. Este ancho de haz vertical u horizontal definen, junto con la ganancia,

el patrón de radiación de la antena.

- Ancho de haz vertical: es usual y recomendable usar antenas de ancho de haz vertical de unos 7° en las estaciones base, de esta forma no es extremadamente directivo como podría darse el caso de una antena yagi de unos 4° - 5° , ni un ancho vertical mayor que no sería eficiente en estos casos.
- Ancho de haz horizontal: en el caso de las antenas destinadas a estaciones base existen mayoritariamente dos grupos de antenas dependiendo de su ancho de haz horizontal. Estas son las que poseen un ancho de haz de unos 65° y las que poseen un ancho mayor de unos 90° . También existen antenas omnidireccionales cuyo diagrama de radiación abarca un ancho horizontal completo llegando a los 360° . Es recomendable usar en entorno urbano antenas con un ancho de haz horizontal de 65° , siendo las de ancho 90° usadas en mayor medida en los entornos rurales.
- Downtilt: se trata de la inclinación vertical de la antena en referencia al centro del haz vertical. El downtilt (inclinación hacia abajo) se usa para direccionar el haz vertical de la antena hacia la zona a cubrir de manera que podamos cubrir la zona deseada sin que exista subalcance o sobrealcance. Existen dos formas para aplicar el downtilt:
 - Downtilt mecánico: se trata de un dispositivo mecánico que se coloca entre la antena de la estación base y el mástil de sujeción que permite cabecear la parte alta de la antena de manera que se puede inclinar hacia abajo. Este dispositivo suele ser una placa en forma de V que se abre más o menos en función de los grados DT que se pretenden dar como se muestra en la *Figura 19*.



Figura 19. Pieza para downtilt mecánico

- Downtilt eléctrico: se trata de un nuevo dispositivo que trae consigo la mayor parte de las antenas actuales que permiten mediante el giro de una varilla bajar el diagrama de radiación verticalmente orientando los propios dipolos de la antena, como se muestra en la *Figura 20*.



Figura 20. Dispositivo para downtilt eléctrico

3.7.4 Antenas

Debemos elegir las antenas a instalar dependiendo, claro está, de las tecnologías que deseemos implementar. Tendremos que tener en cuenta la ganancia que necesitaremos (emplazamiento micro o macro) y las características que hemos prediseñado para nuestras celdas.

Existen dos características importantes que definen el tipo de antena a instalar, esas características son las siguientes:

- Tecnología que implementan: se trata de la tecnología que soporta la antena en cuestión, según esto las podemos dividir en tres grandes grupos que son monobandas, duales y tribandas.
- Tamaño de la antena: se trata de la longitud que tiene la antena, cuanto mayor tamaño tiene mayor ganancia. Hay que tener en cuenta que a menor frecuencia la antena es mayor por lo que las antenas de GSM 900 serán mayores que las de UMTS. Además de esto hay que tener en cuenta que el ancho de la antena será mayor a medida que soporte más tecnologías.

A continuación describiremos los distintos tipos de antenas indicando algún modelo comercial en concreto, algunos están ya descatalogados, pero es por tener una cierta idea de la relación de la tecnología y la magnitud.

- Monobandas: estas antenas solamente permiten el paso del rango de frecuencias de una tecnología. Hay que tener en cuenta que para las tecnologías de DCS y UMTS al estar en un rango de frecuencias cercano, existen antenas que permiten la transmisión/recepción de los dos rangos. Estas antenas son llamadas “broadband” o de banda ancha.
 - Monobanda UMTS: Powerwave 7721 (longitud 1,3m).
 - Monobanda GSM900: Jaybeam 5265100/102 (longitud 2m/2,6m). *Figura 5.*

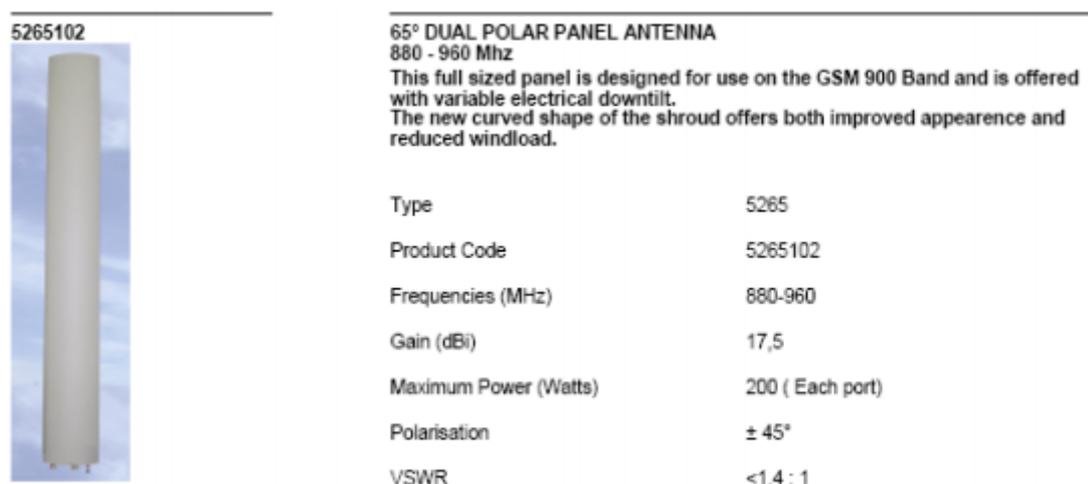


Figura 21. Antena Jaybeam 5265102

- Duales: estas antenas permiten el paso de dos rangos de frecuencias correspondientes a dos tecnologías mediante salidas separadas. Ejemplos de modelos de estas antenas pueden ser las siguientes:
 - Dual DCS/UMTS: Powerwave 7760 (longitud 1,3m). *Figura 6*
 - Dual DCS o UMTS/GSM900: Powerwave 7755 (longitud 2,6m).

Product name			
7760.00	UXCM-1710-2170-65-18i-A-D		
Electrical Specifications			
Frequency range (MHz)	2 x 1710 - 2170		
Frequency band (MHz)	1710 – 1880	1850 – 1990	1900 – 2025, 2110 – 2170
Polarization	Dual linear ±45°		
Gain, co-polar (dBi)	17,5	18	18,5
Nominal impedance (ohm)	50		
VSWR, RX	< 1,4:1		
Isolation between inputs (dB)	> 30		
Horizontal -3 dB beamwidth (°)	67° ± 4°	65° ± 4°	63° ± 4°
Horizontal tracking (dB)	< 2		
Cross-polar discrimination (dB), main direction	> 16	> 18	> 20
Cross-polar discrimination (dB), ± 60°	> 16	> 13	> 10
Vertical -3 dB beamwidth (°)	7.1° ± 0.4°	6.8° ± 0.4°	6.2° ± 0.6°
Electrical downtilt (°)	0 – 8°		
Vertical beam squint (°)	< 0,5		
Front-to-back ratio, total power (dB)	> 28		
Front-to-back ratio, co-polar (dB)	> 28		
First upper sidelobe suppression (dB)	> 22, 20, 18, 16, 14 @ 0, 2, 4, 6, 8° edt		
First null below horizon (dB)	> -24 (typical >-18)		
Maximum input power (W)	500		
IM, 3rd order, 2 Tx at 43 dBm (dBm)	< -107		
IM, 7th order, 2 Tx at 43 dBm (dBm)	< -117		



Figura 22. Antena Powerwave 7760

- Tribanda: estas antenas permiten el paso de tres rangos de frecuencias correspondientes a las tres tecnologías UMTS, GSM, LTE mediante salidas separadas.

Por último indicar que las antenas elegidas para la realización de este proyecto serán antenas tribanda ya que permite el paso de UMTS 2100, LTE 800 y LTE 1800. Un posible modelo se muestra en la *Figura 23*.

Outdoor Directional Tri-band Antenna

ODV-065R18EKK-G

XXXPol, 790-960/1710-2170/1710-2170MHz,
65°, 17.5/17.5/17.7dBi



Technical Specifications

Electrical						
Frequency Range	MHz	790-896	880-960	1710-1880	1850-1990	1920-2170
Polarization	deg	± 45			Quad ± 45	
Gain	Top	16.8	17.5	17.2	17.4	17.5
	Bottom					
Horizontal Beamwidth	deg	68	65	65	64	63
Vertical Beamwidth	deg	8	7.5	6.8	6.2	5.8
Electrical Downtilt Range	deg	0-10		0-10 / 0-10		
First Upper Sidelobe Suppression	dB	≥18(0°), ≥16(5°), ≥16(10°)		≥18(0°), ≥17(5°), ≥16(10°)		
Front-To-Back Ratio	dB	> 25(total power)				
Cross-polar Discrimination @ 0°	dB	≥ 18				
Cross-polar Discrimination @ ±60°	dB	≥ 10				
VSWR		≤ 1.5:1				
Isolation Between Ports / Bands	dB	> 28 / > 33				
3rd Order Intermodulation @ 2x43 dBm	dBc	< -150				
Maximum Power per Port	W	500		300		
Impedance	Ω	50				
Lightning Protection		Direct Ground				
Mechanical						
Dimensions, HxWxD	mm (in)	2730x265x145 (107.5x10.4x5.7)				
Weight, without Mounting Kit	kg (lb)	34.0 (75.0)				
Weight, with Mounting Kit	kg (lb)	42.5 (93.7)				
Radome Material and Color		Fiberglass, Light Grey				
Mounting Kit		00-ZJ11(00)				
Connector Type and Location		6x7/16 DIN-Female, Bottom				
Operational Temperature	°C	-50 to +70				
Operational Humidity	%	≤ 95				
Operational Wind Speed	km/h (mph)	150 (93.2)				
Shipping Dimensions, HxWxD	mm (in)	3045x375x275 (120.0x14.8x10.8)				
Shipping Weight	kg (lb)	48.5 (106.9)				



Figura 23. Antena tribanda

3.8 Impacto medioambiental

Existen distintas técnicas para minimizar el impacto paisajístico y medioambiental de las instalaciones, diversas acciones como las que a continuación se detallan:

- Se incorpora, en aquellos emplazamientos en los que es posible, duales o tribanda que permiten aunar las diversas tecnologías existentes (UMTS y LTE), se procura en todo momento hacer uso de este tipo de antenas con el objeto primordial de disminuir al máximo el número de antenas de cada emplazamiento y por consiguiente su impacto visual.
- Incorporación de antenas no sectoriales (omnidireccionales) en aquellos emplazamientos situados en entornos no urbanos densos. Estas antenas tienen perfiles menos directivos y dimensiones muy reducidas en cuanto a su anchura. Este tipo de antenas se integran fácilmente en el entorno aunque debido precisamente a su omnidireccionalidad no es posible técnicamente integrarlas en entornos urbanos densos, atendiendo sobre todo a razones de capacidad de este tipo de emplazamientos y a los planos de frecuencia necesarios para la reutilización de las mismas.
- Existen además diversas técnicas utilizadas para minimizar la potencia emitida en todo momento como el control de potencia y la transmisión discontinua, conocida también como DTX.
 - El funcionamiento del control de potencia se basa en las medidas que continuamente realizan el terminal móvil y la estación base del nivel de señal recibido y de la calidad del enlace. En función del resultado de estas medidas se regula la potencia mínima necesaria para mantener la comunicación con una calidad fiable.
 - Por otra parte, la estación base sólo transmite potencia cuando hay información que transmitir, esto es, cuando el usuario del teléfono móvil está hablando. El resto del tiempo el transmisor permanece inactivo y sólo funciona el receptor. Esto es lo que se conoce como transmisión discontinua.
 - En una llamada típica de voz, cada interlocutor sólo habla en media el 50% del tiempo, ya que en principio, el otro 50% está escuchando. De esta manera, la estación base sólo emite durante el 50% de la comunicación, reduciendo a la mitad la exposición a campos electromagnéticos. Además, se aprovechan también los silencios entre palabras, durante los cuales la estación base no transmite, es decir, en media sólo se transmite durante aproximadamente el 35% del tiempo de la comunicación, minimizando notablemente los niveles de exposición.
 - Como resultado total, la reducción de potencia en esta estación base en una conversación es un 85% inferior a la potencia máxima que puede transmitir.
- La ubicación de los recintos contenedores y los elementos integrantes de las estaciones se escogen de manera que causen las menores molestias posibles a las comunidades de propietarios, de tal manera que se trata de evitar en todo momento afecciones a zonas comunes utilizadas para otros menesteres y además, se tiene en cuenta enormemente el impacto visual producido por la misma, el cual se trata en todo momento de minimizar.
- Cuando las condiciones de los emplazamientos lo permiten, se habilita cuartos interiores para la colocación de los equipos de tal manera que los recintos contenedores no sean visibles.
- Los elementos constituyentes de las estaciones base son pintados de manera que se armonicen en la medida de lo posible con los colores del emplazamiento en el que se encuentran.
- Cuando por razones de diseño es posible, los operadores intentan llegar a acuerdos entre ellos para ubicar estaciones en emplazamientos compartidos, consiguiendo de esta manera reducir el número de emplazamientos en el entorno.

Algunos ejemplos de mimetización se pueden apreciar en las figuras siguientes:



Figura 24. Mástil mimetizado



Figura 25. Mimetización con publicidad

3.9 Permisos y licencias

Previamente al comienzo de la obra se han de identificar y detallar los permisos y licencias que se han de solicitar a los diferentes organismos. Se efectuarán las gestiones administrativas necesarias para solicitar y obtener los permisos y/o licencias correspondientes. En general estos permisos y licencias que han de solicitarse se pueden identificar y agrupar del siguiente modo:

Nivel local:

- Licencia de obra.
- Licencia de Actividad (cuando proceda).
- Licencia de Apertura y/o Funcionamiento (cuando proceda).
- Otras autorizaciones, dependiendo del T.M donde se ubique el emplazamiento.

Nivel autonómico:

- Comisión Provincial de Urbanismo (cuando proceda).
- Autorización Aviación Civil (cuando proceda).
- Autorización Aviación Militar (cuando proceda).
- Autorización otros organismos estatales; Montes, D.G, Agricultura, Medio Ambiente, etc. (cuando proceda).

El contratista, salvo indicación contraria, realizará las siguientes actividades en relación con la licencia:

- 1) Solicitud de licencias: se realizarán las gestiones necesarias anteriores a la presentación de la solicitud de licencias encaminadas a conocer con exactitud la documentación a aportar. Igualmente se gestionará, tramitará y prepararán todos los documentos necesarios en forma, número y plazo para la solicitud de licencias o permisos ante una determinada Administración (o entidad cuando se especifique).

En caso de que sea necesaria la preparación de documentación adicional, esta será elaborada bien en formato definido por la Administración correspondiente o bien en formato libre.

- 2) Seguimiento y resolución de licencias: salvo indicación contraria, se realizará un seguimiento de las

licencias, realizando las gestiones oportunas y respondiendo a cuantas cuestiones o subsanaciones puedan plantearse por parte de la Administración para obtener la resolución.

Se realizarán los pagos necesarios para la obtención de los permisos o licencias. No obstante, el solicitante se reserva el derecho a realizar los pagos directamente cuando lo considere oportuno, comunicando esta circunstancia.

El contratista, salvo indicación contraria, realizará las siguientes actividades en relación con la acometida eléctrica:

Se deberá proceder a la solicitud del suministro (para B.T.) o del punto de entronque (para M.T.), a la Compañía Eléctrica. Este trámite ha de ser realizado en tiempo y forma según la norma de la Compañía Suministradora afecta, dejando registro documental. Así mismo se acompañará a los técnicos de la Compañía Suministradora y se aportarán los datos necesarios en las inspecciones técnicas o comerciales requeridas en cualquier fase del proceso desde la solicitud inicial hasta la formalización de la póliza de abono.

3) Gestiones comunes con Compañía Suministradora:

- Consecución de las condiciones técnico-económicas de la Cía. Suministradora.
- Solicitud de suministro a la Cía. Suministradora.
- Solicitud y definición del punto de entronque.

4) Gestiones de Puesta de Servicio:

- Presentar el Boletín de Instalación BT (B.I.E) ante la Administración (antiguas Delegaciones de Industria), y entregarlo a la Compañía Suministradora ya diligenciado para su tramitación.
- Gestión y tramitación con la Cía. Suministradora de la correspondiente póliza de suministro.

3.10 Elementos auxiliares de prevención

3.10.1 Señalización

En la puerta de acceso final al emplazamiento se instalará un cartel en el que se señalarán los riesgos y las medidas preventivas a adoptar en la actividad laboral en el emplazamiento.



Figura 26 Señalización

3.10.2 Barandilla

Cuando sea necesario y para proteger contra los riesgos de caída fortuita al vacío de personas trabajando se instalará una barandilla de acero galvanizado en caliente como elemento de seguridad en las distintas zonas de la azotea. Se realizarán conforme a la normativa de seguridad.

La barandilla estará fabricada mediante materiales rígidos y dispondrá de protección intermedia e inferior, también estará dimensionada en cuanto a resistencia y estabilidad para detener a cualquier persona u objeto que puedan caer sobre ella y tendrá una altura mínima de 90cm.

La barandilla de seguridad irá anclada sobre la cubierta, mediante placas cuadradas de anclaje, estas placas tendrán cuatro puntos de anclaje, manteniendo una distancia máxima de anclaje de 1.5m.

3.10.3 Elementos de fijación y pasarelas

En un punto de la bancada o azotea se instalarán un/os punto/os de fijación para su utilización durante las tareas de instalación y mantenimiento de los elementos a instalar sobre la cubierta del edificio (rejiband, tierras, coaxiales, mástiles, etc). Se utilizará un elemento homologado.

En los casos que proceda para el acceso al contenedor de equipos y al sistema radiante se instalará una pasarela de circulación que estará dimensionada para poder soportar el esfuerzo producido por el paso de los trabajadores al desplazarse y su carga y su superficie será antideslizante (tramex) y tendrá una anchura mínima libre de 0,55cm., ya que sólo es necesaria la protección por uno de sus lados. Se realizará conforme a la normativa de seguridad vigente.

Las pasarelas estarán fabricadas en acero galvanizado en caliente y se cubrirá toda la superficie del suelo con chapa galvanizada en caliente, tipo trames. Llevará barandilla de seguridad en uno de sus lados en toda su longitud.

3.10.4 Sistema de seguridad anticaídas

Se instalará cualquiera de los sistemas de seguridad homologados, siendo el más habitual el sistema denominado Game System (ver en detalle en *Plano 6*) en cualquiera de los mástiles nuevos.

3.11 Estudio básico de seguridad y salud

3.11.1 Objeto de estudio

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud establece, durante la construcción de esta obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entrenamiento y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene, salud y bienestar de todos los trabajadores.

Servirá para establecer unas directrices básicas a la empresa constructora que le permitan cumplir sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, de acuerdo con el Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

3.11.2 Centro asistencial más próximo y botiquín

En obra y junto al botiquín se colocará un cartel que incluirá un plano con los itinerarios más cortos a seguir hasta los centros sanitarios más próximos con Servicios de Urgencia. En el constarán igualmente sus direcciones y números de teléfono, así como los de las clínicas y puestos de socorro, privados o públicos,

situados en el entorno de la obra.

Se incluirán también los teléfonos de ambulancias privadas y públicas operativas en la zona.

Se dispondrá de un botiquín que contenga el material especificado en la Ordenanza Laboral General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

3.11.3 Riesgos evitables en la obra

Hay una serie de riesgos, que pueden ser evitables y que, por lo tanto deberán preverse, con el fin de no incurrir en ellos. Se puede establecer una clasificación entre riesgos evitables físicos y psíquicos. Entre los físicos se pueden citar a título orientativo los medios de lucha contra incendios insuficientes o inadecuados, el sobreesfuerzo, la exposición a ruido o vibraciones, la iluminación normal o de emergencia insuficiente, la fatiga física postural, por desplazamientos, o por manejo de cargas, la exposición a temperaturas altas o a contaminantes químicos o biológicos, los contactos térmicos (quemaduras), etc. Entre los psíquicos, la fatiga mental, el estrés, la insatisfacción por razones inherentes al trabajo en sí (contenido, monotonía, relaciones humanas, comunicación...). El Plan de Seguridad deberá recoger dichos riesgos evitables y las medidas a adoptar para no incurrir en ellos.

3.11.4 Riesgos inevitables en la obra

En, o durante las obras se dan como riesgo inevitables más comunes los siguientes:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de objeto por desplome o derrumbamiento.
- Caídas de objetos en manipulación.
- Caídas de objeto desprendidos.
- Pisadas sobre objetos.
- Choques contra objetos inmóviles.
- Choques contra objetos móviles.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Atrapamiento por, o entre objetos.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas, tractores o vehículos.
- Contactos eléctricos directos con conductores o partes desnudas sometidas a tensión.
- Contactos eléctricos indirectos, con partes en tensión por fallo en el sistema de protección.
- Exposición a sustancias nocivas o tóxicas.
- Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas.
- Explosiones.
- Iniciación de fuego.
- Evacuación dificultosa en caso de emergencia.
- Accidentes causados por seres vivos.
- Atropellos o golpes con vehículos.

3.11.5 Normas de seguridad y salud aplicables en la obra

Se indican a continuación las medidas preventivas y proyecciones técnicas tendentes a controlar y reducir los

riesgos inevitables, durante las operaciones más comunes que se realizan en la obra.

3.11.5.1 Movimiento de tierras

Normas básicas de seguridad:

- Las maniobras de la maquinaria estarán dirigidas por personas distintas al conductor.
- Las paredes de la excavación se controlarán cuidadosamente después de grandes lluvias o heladas, desprendimientos o cuando se interrumpa el trabajo más de un día, por cualquier circunstancia.
- Los pozos de cimentación estarán correctamente señalizados, para evitar caídas del personal a su interior.
- Se cumplirá la prohibición de presencia del personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo.
- Al realizar trabajos en la zanja, la distancia mínima entre los trabajadores será de 1 metro.
- La estancia de personal trabajando en planos inclinados con fuerte pendiente, o debajo de macizos horizontales, estará prohibida.
- Al proceder al vaciado, la retroexcavadora actuará con las zapatas de anclaje, apoyadas en el terreno.
- La salida a la calle de camiones será avisada por personal distinta al conductor, para prevenir a los usuarios de la vía pública.
- Mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Correcta disposición de la carga de tierras en el camión, no cargándolo más de lo admitido.

Protecciones personales:

- Casco homologado.
- Mono de trabajo y, en su caso, trajes de agua y botas.
- Empleo de cinturón de seguridad, por parte del conductor de la maquinaria, si ésta va dotada de cabina antivuelco.

Protecciones colectivas:

- Correcta conservación de la barandilla situada en la coronación del vaciado (0,90m. de altura, con rodapié, y con resistencia de 150kg/m).
- Los recipientes que contengan productos tóxicos o inflamables, deben estar herméticamente cerrados.
- No apilar materiales en zonas de tránsito, retirando los objetos que impidan el paso.
- Señalización y ordenación del tráfico de máquinas de forma visible y sencilla.
- Formación y conservación de un retablo, en borde de rampa para tope de vehículos.

3.11.5.2 Cimentación

Normas básicas de seguridad:

- Realización del trabajo por personal cualificado.
- Clara delimitación de las áreas para acopio, armaduras, etc.
- Las armaduras, para su colocación, serán suspendidas verticalmente mediante eslingas, por medio de la grúa y serán dirigidas con cuerdas por la parte inferior.
- Las armaduras, antes de su colocación, estarán totalmente terminadas, eliminándose así el acceso del

personal al fondo de la zanja.

- Durante el izado de las armaduras, estará prohibida la permanencia del personal, en el radio de acción de la máquina.
- Mantenimiento en el mejor estado posible de limpieza, de la zona de trabajo, habilitando para el personal caminos de acceso a cada tajo.
- Si no existiese equipo de regeneración de lodos, éstos no se evacuarán directamente al colector, salvo que se mezclen con gran cantidad de agua, para que no originen obturaciones en el mismo.

Protecciones personales:

- Casco homologado, en todo momento.
- Guantes de cuero, para el manejo de juntas de hormigón, ferralla, etc.
- Mono de trabajo y trajes de agua, en su momento.
- Botas de agua.

Protecciones colectivas:

- Perfecta delimitación de la zona de trabajo de la maquinaria.
- Organización del tráfico y señalización.
- Adecuado mantenimiento de la maquinaria.
- Protección mediante barandilla resistente con rodapié.

3.11.5.3 Estructuras

Normas básicas de seguridad:

- Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón, para evitar su caída a otro nivel.
- Los huecos de planta (patios de luces, ascensor, escaleras) se protegerán con barandillas y rodapié.
- El hormigonado de pilares, se realizará desde torretas correctamente protegidas.
- Se cumplirán fielmente las normas de desencofrado, acuanamiento de puntales, etc.
- El hormigonado del forjado se realizará desde tablonos, organizando plataformas de trabajo sin pisar las bovedillas.
- Una vez desencofrada la planta, los materiales se apilarán correctamente y en orden.
- La limpieza y el orden, tanto en la planta de trabajo, como en la que se está desencofrando, es indispensable. Respecto a la madera con puntas, debe de ser desprovista de las mismas ó en defecto apilada en zonas que no sean de paso obligado del personal.
- Cuando la grúa eleve la ferralla, el personal no estará debajo de las cargas suspendidas.

Protecciones personales:

- Uso obligado del casco homologado.
- Calzado con suela reforzada.
- Guantes de goma y botas de gota durante el vertido de hormigón.
- Cinturón de seguridad.

Protecciones colectivas:

- La barandilla situada en la coronación del vaciado, estará colocada hasta la ejecución del forjado.
- La salida del recinto de obra, hacia la zona de vestuarios, comedores, etc., estará protegida con una

visera de madera, capaz de soportar una carga de 600kg/m².

- Todos los huecos, tanto horizontales como verticales, estarán protegidos con barandillas de 0,90m. de altura y 0,20m. de rodapié.
- Estará prohibido el uso de cuerdas con bandoleras de señalización, a manera de protección, aunque se pueden emplear para delimitar zonas de trabajo.
- A medida que vaya ascendiendo la obra, se sustituirán las redes por barandillas.
- Las redes de malla rómbica serán del tipo pértiga y horca superior, colgadas, cubriendo dos plantas a lo largo del perímetro de fachadas, limpiándose periódicamente las maderas u otros materiales que hayan podido caer en las mismas. Por las características de la fachada se cuidará que no haya espacios sin cubrir, uniendo una red contra otra mediante cuerdas. Para una mayor facilidad del montaje de las redes, se preverán, a 10cm. del borde del forjado, unos enganches de acero, colocados a 1m. entre sí, para atar las redes por su borde inferior; y unos huecos de 10x10cm., separados como máximo de 5m., para pasar por ellos los mástiles.
- Las barandillas se irán desmontando, acopiándolas en lugar seco y protegido.

3.11.5.4 Forjados

Normas básicas de seguridad:

- No se permitirá circular ni estacionarse bajo las cargas grandes o pesadas suspendidas para la ejecución de la obra. Si existiese peligro de caída de objetos o materiales a otro nivel inferior, éste se protegerá con red, visera resistente o similar.
- A los elementos colocados provisionalmente se les asegurará su estabilidad mediante cuerdas, puntales o dispositivos adecuados.
- Al procederse al desencofrado del forjado, no se dejará caer el material, sino que se acompañará hasta el suelo.
- El izado de moldes y elementos de tamaño reducido, se hará en bandejas o jaulas que tengan los laterales fijos o abatibles. Las piezas estarán debidamente colocadas y no sobresaldrán.
- Cuando hubiese que efectuar remates u otras operaciones breves, no se emplearán apoyos improvisados, sino que éstos serán los adecuados y sólidamente constituidos.
- En el uso de andamios de trabajo se adoptarán, siempre que las condiciones de trabajo lo exijan, los elementos de protección necesarios para la prevención de riesgos.
- No se deberá permitir el tránsito por una planta en tanto no finalice el fraguado del hormigón.
- El almacenamiento de los materiales en las plantas se realizará de forma que no se cargue en los centros de los forjados, y lo más alejado posible de los bordes y huecos.
- Se prohibirá cargar un forjado en tanto no esté endurecido el hormigón.
- Durante el hormigonado se evitará acumulación de hormigón que pueda poner en peligro la estabilidad del forjado en construcción.
- Las bases de los puntales se apoyarán sobre un tablón, para repartir los esfuerzos y así evitar que pudiera coincidir con la parte más débil de las bovedillas de aligeramiento, produciendo su perforación, con el consabido peligro para la zona apuntalada.
- Cuando la esbeltez de los puntales lo aconseje, será preceptivo su arriostamiento.

Protecciones individuales:

- Casco homologado
- Botas de seguridad aislantes con plantilla anticlavo.

- Guantes neopreno.
- Gafas de protección.
- Cinturón de seguridad.
- Monos de trabajo.
- Botas de goma, durante el vertido de hormigón.

Protecciones colectivas:

- Las zonas de trabajo dispondrán de accesos fáciles y seguros, y se mantendrán en todo momento limpios y ordenados, tomándose las medidas necesarias para evitar que el piso esté o resulte resbaladizo.
- Los huecos permanecerán constantemente protegidos. Las aberturas existentes en los forjados se taparán. Si son pequeñas se colocarán trozos de tablón que estén bien unidos entre sí y sujetos al suelo para evitar su deslizamiento. Los huecos de mayor tamaño se les rodearán con barandilla y rodapié.
- Todos los bordes de los forjados se protegerán con barandillas y rodapiés y si alguno estuviese destinado a la subida de materiales, únicamente se quitarán las protecciones en el momento de la entrada del material hasta la planta.
- Cuando el trabajo se realice al borde huecos o en el perímetro de los edificios, además de las protecciones personales, se tenderá una red. Esta red se mantendrá limpia de objetos caídos y debidamente colocada.
- Estará prohibido el tránsito sobre las bovedillas, sin que se haya efectuado el hormigonado, y en caso necesario se colocarán tablonces transversales sobre los nervios, para el paso de personal y materiales.

3.11.5.5 Cubierta

Protecciones personales:

- Cinturones de seguridad homologados del tipo de sujeción, empleándose, en el caso excepcional de que los medios de protección colectiva no sean posibles, estando anclados a elementos resistentes.
- Calzado homologado provisto de suelas antideslizantes.
- Casco de seguridad homologado.
- Mono de trabajo con perneras y mangas perfectamente ajustadas.

Protecciones colectivas:

- Redes elásticas para delimitar así las posibles caídas del personal que interviene en los trabajos, colocándose éstas como mucho dos forjados antes de la cubierta ya que sólo se pueden usar para una altura máxima de caída de 6m., siendo de fibra, poliamida o poliéster con una cuadrícula máxima de 10x10cm.
- Zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Parapetos rígidos, para la formación de la plataforma de trabajo en los bordes del tejado teniendo éstos una anchura mínima de 60cm. y barandilla a 70cm. de la prolongación del faldón de la cubierta.
- Viseras o marquesinas para evitar la caída de objetos colocándose a nivel del último forjado con una longitud de voladizo de 2,5m.

3.11.5.6 Instalación eléctrica

Normas básicas de seguridad:

- Las conexiones se realizarán siempre sin tensión.

- Las pruebas que se tengan que realizar con tensión se harán después de comprobar el acabado de la instalación eléctrica.
- La herramienta manual se revisará con periodicidad para evitar cortes y golpes en su uso y dispondrá de doble aislamiento de seguridad.
- Se emplearán guantes adecuados en la utilización de los comprobados de ausencia de tensión.
- Si fuera preciso utilizar pértigas aislantes, se comprobará que la tensión de utilización de la pértiga corresponde a la tensión de instalación.
- Las escaleras de mano simples no salvarán más de 5m.; para alturas superiores estarán fijadas sólidamente en su base y en su cabeza, debiendo ser la distancia entre peldaños menor de 30cm. Las escaleras de tijera, estarán provistas de un dispositivo que limite su abertura, no debiendo ser usadas simultáneamente por dos trabajadores ni transportar por ellas cargas superiores a 25kg.
- La escalera de mano deberá sobrepasar, en lugares elevados, 1m. del punto superior de apoyo, debiendo separarse su base, como mínimo, $\frac{1}{4}$ de la longitud de escalera.

Protecciones personales:

- Casco homologado de seguridad.
- Calzado de seguridad, contra riesgos de aplastamiento.
- Herramientas eléctricas portátiles, dotadas de protección contra contactos indirectos.
- Mono de trabajo, que se usará en todo momento, de la presencia del trabajador en el tajo.

Protecciones colectivas:

- Los trabajos se realizarán sin tensión, durante el montaje de la instalación.
- Todos los componentes de la instalación cumplirán las especificaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- En locales cuya humedad relativa alcance o supere el 70%, así como en ambientes corrosivos se potenciarán las medidas de seguridad.
- Se comprobarán periódicamente las protecciones y aislamientos de los conductores.
- Las zonas de trabajo se iluminarán adecuadamente y carecerán de objetos o herramientas que estén en lugar no adecuado.
- Las escaleras estarán provistas de tirantes, para así delimitar su apertura cuando sean de tijeras; si son de mano, serán de madera con elementos antideslizantes en su base.

Mantenimiento instalación eléctrica provisional: Normas de actuación para vigilante de seguridad:

Como apéndice de prevención, en el presente epígrafe se incluyen unas normas complementarias que sirvan de guía al vigilante de seguridad para el mantenimiento y control permanente de las redes provisionales.

Se hará entrega al vigilante de seguridad la siguiente normativa para que sea seguida durante sus revisiones de la instalación eléctrica provisional de la obra:

- No permita las conexiones a tierra a través de conducciones de agua. No permita “enganchar” a las tuberías, armaduras, pilares,...
- No permita las conexiones directas cable-clavija de otra máquina.
- Vigile la conexión eléctrica de cables ayudados de pequeñas cuñitas de madera. Ordene desconectarlas de inmediato. Lleve consigo conexiones “macho” normalizadas para que las instalen.
- No permita que se desconecten las mangueras por el procedimiento del “tirón”. Obligue a la desconexión tirando de la clavija enchufe, en una posición estable del operario, incluso amarrado en caso necesario.

- Compruebe diariamente el buen estado de los disyuntores diferenciales, al inicio de la jornada y tras la pausa dedicada para la comida, accionando el botón de test.
- Tenga siempre en almacén un disyuntor de respuesta (media o alta sensibilidad) con el que sustituir rápidamente el averiado.
- Tenga siempre en el almacén interruptores automáticos (magnetotérmicos) con los que sustituir inmediatamente los averiados.

3.11.5.7 Protección contra incendios

Se realizará una revisión y comprobación periódica de la instalación eléctrica provisional, así como el correcto acopio de sustancias combustibles con los envases perfectamente cerrados e identificados, a lo largo de la ejecución de la obra, situando este acopio en plantas bajas, almacenando en las plantas inferiores los materiales de cerámica, sanitarios, etc.

Los medios de extinción serán los siguientes:

- Extintores portátiles: instalando uno en la oficina de obra y otro junto al cuadro general de protección, con las características adecuadas.
- Otros medios de extinción: tales como el agua, la arena, herramientas de uso común (palas, rastrillos, picos, etc.).

Los caminos de evacuación estarán libres de obstáculos, de aquí la importancia del orden y limpieza en todos los tajos; el personal se dirigirá hacia la zona abierta en caso de emergencia. Existirá la adecuada señalización, indicando los lugares de prohibido fumar (acopio de líquidos combustibles), situación del extintor, camino de evacuación, etc.

Todas estas medidas han sido consideradas para que el personal extinga el fuego en la fase inicial si es posible, o disminuya sus efectos, hasta la llegada de los bomberos, los cuales en todos los casos, serán avisados inmediatamente.

3.11.5.8 Trabajos en altura

Normas básicas de seguridad:

- El personal que realice los trabajos deberá ser necesariamente personal cualificado.
- Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón, para evitar su caída a otro nivel.
- No se permitirá circular ni estacionarse bajo las cargas suspendidas para la ejecución de la obra. Si existiese peligro de caída de objetos o materiales a otro nivel inferior, éste se protegerá con red, visera resistente o similar.
- A los elementos colocados provisionalmente se les asegurara su estabilidad mediante cuerdas puntuales o dispositivos adecuados.
- Todos los huecos de planta (patios de luces, ascensor, escaleras) estarán protegidos con barandillas y rodapié.
- En el uso de andamios de trabajo se adoptarán, siempre que las condiciones de trabajo lo exijan, los elementos de protección necesarios para la prevención de riesgos.
- Se revisará diariamente el estado de los medios auxiliares empleados en los trabajos (andamios y escaleras).
- Los andamios o escaleras tendrán un apoyo seguro.

Protecciones personales:

- Cinturones de seguridad homologados del tipo de sujeción, empleándose, en el caso excepcional de que los medios de protección colectiva no sean posibles, estando anclados a elementos resistentes.

- Calzado homologado provisto de suelas antideslizantes.
- Casco de seguridad homologado.
- Mono de trabajo con perneras y mangas perfectamente ajustadas.
- Herramientas manuales en buen estado de conservación.
- Herramientas eléctricas portátiles, protegidas contra contactos indirectos mediante doble guantes adecuados.

Protecciones colectivas:

- Perfecta delimitación de la zona de trabajo.
- Todos los huecos, tanto horizontales como verticales, estarán protegidos con barandillas de 0,90m. de altura y 0,20m. de rodapié.
- Estará prohibido el uso de cuerdas con bandoleras de señalización, a manera de protección, aunque se pueden emplear para delimitar zonas de trabajo.
- Cuando el trabajo se realice al borde de huecos o en el perímetro de los edificios, además de las protecciones personales, se tenderá una red. Esta red se mantendrá limpia de objetos caídos y debidamente colocada. Esta red será elástica para delimitar así las posibles caídas del personal que interviene en los trabajos, colocándose éstas como mucho dos forjados antes del plano de trabajo, ya que sólo se pueden usar para una altura máxima de caída de 6m., siendo de fibra, poliamida o poliéster con una cuadrícula máxima de 10x10cm.
- Zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Parapetos rígidos, para la formación de la plataforma de trabajo en los bordes del tejado teniendo éstos una anchura mínima de 60cm. y barandilla a 70cm. de la prolongación del faldón de la cubierta.
- Los andamios serán tubulares, estando debidamente arriostrados, o colgados suficientemente anclados. Se acordonará la zona de influencia mientras duren las operaciones de montaje y desmontaje de los andamios, evitando el paso de personal por debajo de las zonas donde se esté trabajando, no acopiando materiales en estas zonas.
- Independientemente de estas medidas, se delimitará la zona, señalizándola, evitando en lo posible el paso de personal por la vertical de los trabajos.

3.12 Requisitos para instalación BTS en edificio

Las ondas de telefonía móvil se caracterizan por no tener demostrada su inocuidad. Mientras en los medios de comunicación nos repiten hasta la saciedad que “no pasa nada”, nos encontramos con una dividida comunidad científica que no pudo demostrar su inocuidad; al tiempo que estudios como el “*Proyecto Reflex [2]*” de la Comisión Europea confirman sus potenciales efectos genotóxicos en una exposición continuada en los límites marcados por la ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection [3]*), manifestándose cada vez más las evidencias de los peligros potenciales de sus efectos biológicos (Bioinitiative Rapport), con llamadas institucionales al principio de precaución (Agencia Europea de Medio Ambiente, Parlamento Europeo,..) instando a la cautela especialmente en los grupos más vulnerables.

Estas microondas que se escapan a la percepción de los sentidos y emiten las 24 horas del día: atraviesan paredes, edificios, personas...

Los efectos biológicos dependen del tiempo de exposición a las microondas (más otras fuentes de contaminación electromagnética), del factor acumulativo (cantidad de radiación acumulada en el cuerpo a lo largo del tiempo), del factor personal (es conocida la mayor vulnerabilidad en la infancia, vejez, embarazo,..), de la potencia y de la distancia: aumentan linealmente (con la potencia de la fuente de emisión del móvil o de la antena) y decrecen exponencialmente: a la inversa del cuadrado de la distancia entre el móvil o antena

repetidora y la persona expuesta.

A una distancia doble, la intensidad es 4 veces menor.

A una distancia triple, la intensidad es 9 veces menor.

Mientras el riesgo asociado a su exposición aumenta con la proximidad y es acumulativo, las compañías quieren poner más antenas en zonas residenciales sin minimizar su exposición y sin control en tiempo real de sus emisiones.

3.12.1 ¿Quién decide aceptar o no una oferta de instalación de una antena base de telefonía móvil en una comunidad?

La decisión es de la junta de propietarios. Ni el presidente, ni la Junta Directiva podrán decidir en nombre de la comunidad a la que representan: Han de convocar Junta Extraordinaria de Propietarios, incluyéndolo expresamente en el orden del día.

3.12.2 ¿Qué mayoría es necesaria para una instalación de una antena de telefonía móvil?

La unanimidad.

- El acuerdo debe tomarse por unanimidad: es imprescindible el voto favorable de todos los propietarios:

Según la Ley de Propiedad Horizontal se exige el acuerdo unánime de la Junta de Propietarios: “ *La construcción de nuevas plantas y cualquier otra alteración de la estructura o fábrica del edificio o de las cosas comunes afectan al Título Constitutivo, deben someterse al régimen establecido para las modificaciones del mismo...* ”, es decir a unanimidad, citada en el Art. 17.1

No debería entenderse de otro modo por la modificación en la estructura que provoca el conjunto del equipo que se pretende a instalar:

La antena y los anejos que la soportan (incluida la construcción de una caseta en la cubierta del edificio) conlleva un sobrepeso que suele ser de varias toneladas, generalmente sin informe técnico municipal que valore la sustentación de dicho sobrepeso (pocos ayuntamientos lo exigen en sus ordenanzas) corresponsabilizándose la comunidad de propietarios del deterioro que pueda conllevar.

A esto se le suma:

- La construcción de una sala de “máquinas” (generalmente en la planta baja del bloque) incrementando la volumetría del edificio (habitualmente no declarada); que puede ocasionar aumentos de temperatura, alteraciones acústicas y vibraciones al piso superior.
- Así como la limitación o imposibilidad de tránsito por la azotea, y la colocación permanente de cableado de envergadura (en los huecos de lavaderos y tendido de ropa interiores) para la recepción y transmisión de datos a la sala de “máquinas”.

Los contratos estándar de arrendamiento con las operadoras dejan abierta a la misma posibilidad de modificar/ampliar la potencia e instalaciones (con el sobrepeso que conlleve), sin contar con ningún informe ni control adicional de la comunidad.

- Aún en el caso que se considere que no se va alterar la estructura del edificio y se aplicase una mayoría cualificada de los 3/5 partes de los propietarios: siempre se necesita el consentimiento de los propietarios afectados:

Según el Artículo 17.1 de la Ley de Propiedad Horizontal “ *..El arrendamiento de elementos comunes que no tengan asignado un uso específico en el inmueble requerirá igualmente el voto favorable de las tres quintas partes del total de los propietarios que, a su vez, representen las tres quintas partes de las cuotas de participación, así como el consentimiento del propietario directamente afectado, si lo hubiere...* ”

La jurisprudencia y el fundamento jurídico nos detallan como afectados a los:

- Propietarios que usen aparatos sensibles a los campos electromagnéticos (marcapasos, audífonos,...)
 - Propietarios que vivan en los últimos pisos (más expuestos a los campos electromagnéticos, alteraciones de la cubierta, sonidos,...)
 - Propietarios que no quieran asumir el posible riesgo, para su salud y la de sus familiares y que mantengan cualquier incertidumbre sobre el perjuicio o no de estas emisiones.
 - Propietarios que piensen que el valor de su vivienda se pueda depreciar.
- Si alguien no acudió a la Junta de Propietarios

Si un propietario no puede asistir a la junta en la que se va a tomar el acuerdo, dispondrá de un plazo de 30 días, para manifestar su oposición, que se hará por escrito al secretario de la Junta Directiva.

El voto de los vecinos ausentes debidamente citados se contarán como favorables, pero si después se derivasen responsabilidades por los daños producidos estos asumirán también la responsabilidad. El beneficio que produce la instalación a la comunidad, puede ser superado por el pago de las posibles indemnizaciones, a los vecinos que se opusieron a la mencionada instalación o a terceros como, edificios colindantes..

Consejos para evitar un acoso constante de una Comunidad de Propietarios a decidir repetidamente sobre la instalación de antenas de telefonía móvil:

- Solicitar informaciones técnicas previas a la junta de propietarios (sistema, potencia, distancias, peso total, cobertura del seguro de responsabilidad civil, licencias prescriptivas previas a la instalación), con acreditación de garantía total de inocuidad de las radiaciones emitidas por dicha estación base de telefonía en todo el edificio (comprendiendo las azoteas de los áticos).
- Que conste en el acta de la Junta de Propietarios la negación de permitir la instalación de cualquier antena base de telefonía móvil, al menos hasta que se pueda demostrar la inocuidad sobre los posibles riesgos y repercusiones asociadas a las emisiones de dichas antenas.

3.12.3 ¿Cuándo se pueden impugnar los acuerdos de la junta de propietarios ante los tribunales?

Ver LPH 18.1

- LPH 18.1a: “*Cuando sean contrarios a la ley...*”, por no realizarse el acuerdo por unanimidad...
- LPH 12.1c: “*Cuando supongan un grave perjuicio para algún propietario que no tenga obligación jurídica de soportarlo o se adoptaron con abuso de derecho*”.

Para impugnar es necesario estar “legitimado”(LPH 18.2): votar negativamente en la Junta (o estar ausente o privado indebidamente de su derecho de voto) estando al corriente del pago de las deudas comunitarias (o en consignación judicial).

¿Cuál es el plazo para impugnar? Según la Ley de Prop. Horiz. Es de 3 meses o de 1 año.

- De tres meses, o de un año si es por actos contrarios a la ley o a los estatutos (LPH 18.3).
- En todo caso se podrá impugnar en cualquier momento sin límite temporal, entre otros:

Aplicando el artículo 7.2 del Código Civil: por utilizar una mayoría en perjuicio claro contra de un propietario:

“La ley no ampara el abuso del derecho o el ejercicio antisocial del mismo. Todo acto u omisión que por la intención de su autor, por su objeto o por las circunstancias en que se realice sobrepase manifiestamente los límites normales del ejercicio de un derecho, con daño para tercero, dará lugar a la correspondiente indemnización y a la adopción de las medidas judiciales o administrativas que impidan la persistencia en el abuso”.

3.12.4 ¿Qué licencias municipales son obligatorias para que comience su actividad una antena base de telefonía móvil?

Licencia de Obra Mayor y Licencia de Actividad Clasificada. Ambas licencias son de ámbito autonómico.

3.13 Normativa de aplicación

En las obras de construcción e implementación de la estación base de telefonía móvil y elementos anexos a la instalación objeto del presente documento, se exigirá en todo momento el cumplimiento de las disposiciones contenidas en las normas que a continuación se especifican, y también se deberán tener en cuenta las normas del ámbito autonómico que corresponda:

3.13.1 Acciones en la edificación.

- Código Técnico de la Edificación (CTE) en su apartado de Seguridad Estructural.
R.D. 314/2006 de 17-marz-06 y publicado en el B.O.E 28-marz-06.
- Modificaciones parciales del CTE para Seguridad Estructural.
R.D. 1371/2007 de 19-oct-07 y publicado en el B.O.E 23-oct-07.
R.D. 410/2010 de 31-marz-10 y publicado en el B.O.E 30-jul-10.
- Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
R.D. 1247/2008 de 18-jul-08, del Mº de Fomento en el B.O.E 22-ago-08.
- Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación NCSR-02.
R.D. 997/2002 de 27-sep-02, del Mº de Fomento en el B.O.E nº244 de 11-oct-02.
- Código Técnico de la Edificación CTE.
R.D. 314/2006 de 17-marz-06 y publicado en el B.O.E 28-marz-06.

3.13.2 Electricidad

- Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias ITC BT.
R.D. 842/2002 de 02-ago-08, del Mº de Ciencia y Tecnología. B.O.E 19-sep-02.
- Normas sobre acometidas eléctricas.
R.D. 1048/2013 de 27-dic-13, del Mº de Industria, Energía y Turismo. B.O.E 30-dic-13.
- Transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
R.D. 1995/2000 de 01-dic-00. B.O.E 27-dic-00
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía.
R.D 1725/1984 de 18-jul-1984. B.O.E 25-sep-1984.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores frente a riesgos eléctricos.
R.D. 614/2001 de 8-jun-2001. B.O.E 21-jun-2001.
- Normas particulares de la compañía suministradora.
La que corresponda en cada caso.
- Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico.

Resolución de 18-ene-88, de la Dir. Gral. de Innovación Industrial y Tecnología. B.O.E 19-feb-88.

- Normas de ventilación y acceso a ciertos centros de transformación.
Resolución de 19-jun-84, de la Dir. Gral. de Energía. B.O.E 26-jun-84.
- Condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas y centros de transformación.
R.D. 3275/1982 de 12-nov-82, del Mº de Industria y Energía. B.O.E 01-dic-82 y corrección de errores en B.O.E 18-ene-83.
- Desarrollo y complemento del R.D 7/1988 de 08-ene-88 sobre exigencias de seguridad del material eléctrico.
Orden de 06-jun-89, del Mº de Industria y Energía. B.O.E 21-jun-89.
- Reglamento de Contadores de uso corriente clase 2.
R.D. 875/1984 de 28-mar-84, de la Presidencia del Gobierno. B.O.E 12-may-84 y corrección de errores en B.O.E 22-oct-84.

3.13.3 Protección contra incendios.

- Código Técnico de la Edificación CTE. Documento básico: seguridad en caso de incendio (sección SI).
R.D 314/2006 de 17-mar-06. B.O.E 28-mar-06.
- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
R.D. 2267/2004 de 03-dic-04, del Mº de Ciencia y Tecnología. B.O.E. 17-dic-04.
- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
R.D. 1942/1993 de 05-nov-93, del Mº de Industria y Energía. B.O.E 14-dic-93.
- Normas de procedimiento y desarrollo del Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
Orden del 16-abr-98 del Mº de Industria y Energía. B.O.E 28-abr-98.
- Reglamento de equipos a presión (EP-1 a EP-6) y sus instrucciones técnicas complementarias.
R.D 2060/2008 de 12-dic-08, publicado en B.O.E 05-feb-09.

3.13.4 Obra civil y estructuras metálicas.

Se han considerado todos los puntos que afectan al proyecto en lo que conciernen a las siguientes normativas:

- Código Técnico de la Edificación (CTE) en su apartado de Seguridad Estructural (SE) y en los diferentes documentos básicos relativos a Acero (A), Cimientos (C), Acciones en la Edificación (AE) y Fábrica (F).
R.D. 314/2006 de 17-mar-06 y publicado en el B.O.E 28-03-06 y sus modificaciones posteriores.
- Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
R.D. 1247/2008 de 18-jul-08, del Mº de Fomento en el B.O.E 22-ago-08.
- Protección frente al ruido.
R.D 1371/2007 de 10-oct-07 y publicado en el B.O.E 23-oct-07.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
R.D 1027/2007 de 20-jul-07 y sus correcciones R.D. 1826/2009 de 27-nov-09 y publicado en el B.O.E 11-dic-09.

En cumplimiento de estas disposiciones, se ha comprobado igualmente que todas las piezas y elementos que integran la instalación son, aisladamente y en su conjunto, resistentes al volcado, hundimiento y pandeo.

3.13.5 Seguridad e higiene en el trabajo.

- Ley de prevención de riesgos laborales.
Ley 31/1995 de 08-nov-95, de la Jefatura de Estado. B.O.E 10-nov-89 y sus modificaciones o disposiciones adicionales en la Ley 50/1998 (B.O.E 31-12-98) y en la Ley 54/2003 (B.O.E 13-dic-03) de reforma del marco normativo de la Ley de prevención de riesgos laborales
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
R.D. 1627/1997 de 24-oct-97, del Mº de la Presidencia. B.O.E 26-nov-97 y la resolución de 08-abr-99 sobre la delegación de facultades en materia de seguridad y salud en las obras de construcción que complementa el art. 18 del R. D antes mencionado.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
R.D 485/1997 de 14-abr-97, del Mº de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E 23-abr-97.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
R.D 4486/1997 de 14-abr-97, del Mº de Trabajo y Asuntos Sociales. B.I.E 23-abr-97.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativa a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
R.D 487/1997 de 14-abr-97, del Mº de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E 23-abr-97.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
R.D. 773/1997 de 30-may-97, del Mº de la Presidencia. B.O.E 12-jun-97.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
R.D. 1215/1997 de 18-jul-97, del Mº de la Presidencia. B.O.E 07-ago-97.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
R.D. 1627/1997 de 24-oct-97, del Mº de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E 25-oct-97 y su modificación posterior en el R.D 604/2006 de 19-may-06.
- Establecimiento del modelo de libro de incidencias correspondientes a las obras en las que se a obligatorio un estudio de seguridad e higiene en el trabajo.
Orden Ministerial de 20-sep-86, del Mº de Trabajo y Seguridad Social. B.O.E 13-oct-86 y correcciones en B.O.E 31-oct-86.

3.13.6 Telecomunicaciones.

- Ley de ordenación de las telecomunicaciones.
Ley 32/1992 de 03-dic-92, de la Jefatura de Estado. B.O.E 04-dic-92.
- Ley General de Telecomunicaciones.
Ley 9/2014 de 09-may-14, de la Jefatura de Estado. B.O.E 10-may-14.
- Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.
R.D. 1066/2001 de 28-sep-01, del Mº de la Presidencia. B.O.E 29-sep-01 y corrección de errores en B.O.E 26-10-01.

4 PLANOS

5 CONCLUSIONES

En definitiva, no cabe duda de que realizar una implementación de estación base, es algo complicado y en lo que hay que tener muchos factores en cuenta. Sobre todo la necesidad que se tiene hoy en día de estar totalmente comunicados y tener la mejor conexión posible.

El ritmo acelerado que tiene hoy en día las nuevas tecnologías hace que cada vez haya más instalaciones de estaciones base nuevas o de mejora con las nuevas tecnologías las ya existentes. Y a pesar del contexto actual de crisis económica en el que nos encontramos, las telecomunicaciones y más en concreto la telefonía móvil, es una industria que sigue creciendo y sin duda la herramienta de comunicación presente y futura por excelencia.

Dado al buen posicionamiento y la buena reputación que tienen tanto Vodafone como Ericsson en la implementación de estaciones base, se han elegido estos dos para hacer muchos de los desarrollos del proyecto tanto los equipos Ericsson, como las normas que sigue el operador Vodafone para sus instalaciones.

En esta memoria de mi PFC se ha podido ver paso a paso lo necesario para montar una estación base desde cero, creí más conveniente esta opción porque pienso que se aprecian más los diferentes casos que nos podemos encontrar. Sin embargo si hubiera elegido ampliar la tecnología en una EB ya existente hubiera sido añadir un bastidor, alguna antena y poco más... Por ello nuestro desde el comienzo: elegir un emplazamiento, qué equipos elegir, antenas, tipo caseta, cableado...

Lo que se pretendía con este proyecto es saber cómo se realizaba la infraestructura de telecomunicaciones para una BTS, a día de hoy, siguiendo las normativas adecuadas y con los materiales óptimos, y en definitiva, esto creo que se cumple con este proyecto y que los planos adjuntos nos dan una gran visión de ello.

REFERENCIAS

[1] Catálogo Comba. <http://ukrkom.net/files/Comba%20Product%20Catalog%202012.pdf>

[2] Proyecto Réflex. <http://www.femp.es/files/3580-478-fichero/Informe%20SATI%20sobre%20Reflex%2004-12.pdf>

[3] INICRP. <http://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPSCIreview2011.pdf>

[4] COIT, Normativas y procedimientos para garantizar su seguridad ante el ciudadano
<https://www.coit.es/web/servicios/tecnologia/emision/sistemas.html>

http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_normas.aspx

<http://www.soloarquitectura.com/foros/threads/tipo-de-acero-laminado.4846/>

http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Informacin/FEMP_AETIC_BuenasPracticas.pdf

<http://archive.ericsson.net/service/internet/picov/get?DocNo=193/03819-FAP130506>

GLOSARIO

ISO: International Organization for Standardization
UNE: Una Norma Española
R.D: Real Decreto
B.O.E: Boletín Oficial del Estado
CTE: Código Técnico de la Edificación
R.E.B.T: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión
UMTS: Universal Mobile Telecommunications System
LTE: Long Term Evolution
BTS: Base Transceiver Station
R.D: Real Decreto
EB: Estación Base
OACI: Organización de Aviación Civil Internacional
FO: Fibra óptica
RRU: Remote Radio Unit
Dc-Box: Digital Controller Box
MU: Main Unit
DDF: Digital Distribution Frames
MSC: Mobile Switching Central
OVP: Over Voltage Protection
PIRE: Potencia Isotrópica Radiada Equivalente