

**UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA**

**ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA**

**I.T. Telecomunicación (Sist. Electrónicos)**

---



**UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA**



**ESCUELA POLITECNICA  
SUPERIOR DE GANDIA**

# **“Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS”**

***TRABAJO FINAL DE CARRERA***

Autor:

**Víctor M. Fernández Salmerón**

Director/es:

**Dña. Amaya Curiel Martínez**

**D. Santiago Flores Asenjo**

***GANDIA, 2010***

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	BÚSQUEDA DEL EMPLAZAMIENTO .....	15
3.	LEGALIZACIÓN .....	19
4.	SISTEMA RADIANTE .....	21
5.	INTEGRACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE EN LA RED GSM.....	30
6.	INTEGRACIÓN DEL NODOB EN LA RED 3G .....	39
7.	CANAL DE TRANSMISIÓN .....	49
8.	OBRA CIVIL E INSTALACIÓN .....	71
9.	MINIMIZACIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.....	80
10.	ANEXOS .....	83
11.	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	84
12.	PLANOS.....	152

## 1. Introducción

El concepto de movilidad está cada día más extendido en las comunicaciones. Esto supone una gran ventaja porque permite disponer del servicio en cualquier momento, en cualquier lugar y de forma mucho más personal. De hecho la expansión del uso de los teléfonos móviles es uno de los procesos que más está cambiando los hábitos de las personas.

El crecimiento en los últimos años ha sido espectacular, en 1.995 el número de usuarios en el mercado mundial era de 90 millones, las previsiones son de que el número de usuarios de telefonía móvil en el mundo para el año 2010 sea de alrededor de 2000 millones.

En España existen varias tecnologías que se han desarrollado para suministrar servicios de telefonía móvil. Son las siguientes:

- El sistema analógico TACS que fue el que se utilizó para el desarrollo de los primeros servicios móviles (conocidos por su marca comercial Moviline). Esta tecnología está en franca decadencia por obsoleta.
- El sistema GSM (Global System for Mobile Communications - Sistema Global de Comunicaciones Móviles), con más de 1000 millones de usuarios en todo el mundo. Es un sistema de comunicaciones móviles digital cuyas especificaciones las ha proporcionado el ETSI (Instituto de Estandarización de las Telecomunicaciones Europeas). El GSM es un estándar mundial de comunicaciones móviles operando en más de 200 países en todo el mundo y con más de 300 redes en servicio.
- Europa también ha definido el DCS 1800 (Digital Cellular System 1800) que es una variante del GSM que emplea la banda de 1.800 MHz, y que consigue más capacidad que el GSM.
- UMTS. Este sistema es el que los operadores españoles de telefonía móvil están desplegando en la actualidad. Existen 4 licencias para la explotación de redes en esta tecnología en España, explotadas por Telefónica, Orange, Vodafone y Yoigo. Esta tecnología también hace uso de técnicas CDMA, y se caracteriza por una mayor capacidad para la transmisión de datos que la tecnología GSM. Es por ello que en ocasiones se la denomina 'Internet Móvil'. Otra denominación con la que se la conoce es '3G' (3ª Generación de telefonía móvil), en contraposición con GSM (o 2G, la 2ª Generación) y los sistemas analógicos anteriores como Moviline (o 1G, la 1ª Generación).

## Concepto de telefonía celular

Tal y como se ha mencionado anteriormente, se utiliza tres tecnologías diferentes para ofrecer servicio de telefonía móvil: GSM (también conocido como GSM900), DCS (conocido también como GSM1800) y UMTS. Las operadoras se centran en la de GSM900, utilizando la de GSM1800 como refuerzo de la anterior cuando ésta se encuentra saturada. La tecnología UMTS o de 3ª generación se usa cada vez más para el establecimiento de comunicaciones de datos y nuevos servicios avanzados, cada vez a velocidades mayores gracias a los nuevos estándares que aparecen cada día como HSPA o HSPA+ que permiten velocidades de hasta 21 Mbps en la interfaz radio. Las tres tecnologías tienen varias características en común, pero la más importante de ellas es que se tratan de sistemas de telefonía celular.

La telefonía celular surge en respuesta a un problema: la limitación del ancho de banda disponible para los servicios de telefonía móvil, el cual viene fijado por organismos internacionales y por la concesión otorgada por la administración a los operadores. La principal consecuencia de este problema es el número limitado de canales disponibles para establecer comunicaciones de voz, es decir, que en la práctica las estaciones base sólo pueden cursar un número máximo determinado de llamadas al mismo tiempo.

Para comprender este problema, pongamos un ejemplo: en una ciudad grande, sería teóricamente posible ubicar un único repetidor de telefonía móvil en un lugar muy predominante (en una torre de comunicaciones o un edificio muy elevado, por ejemplo) e intentar cursar todo el tráfico de todos los usuarios de telefonía móvil de la ciudad desde allí. Independientemente de otros múltiples problemas que tendríamos, habría uno irresoluble: existen varios centenares de miles de móviles en una gran ciudad, de los cuales varios miles pueden estar estableciendo una comunicación en un momento determinado. Para poder dar servicio a todos, serían necesarios miles de canales de voz de manera simultánea, lo cual es imposible.

Para combatir el problema se han desarrollado diversas técnicas, pero la más importante es la telefonía celular. La solución al problema del ejemplo anterior implica que no es posible utilizar un único repetidor para toda la ciudad, sino que es necesario dividir toda la superficie donde se quiera dar cobertura en pequeñas celdas o células (de ahí el nombre de la técnica), y en cada una de ellas se colocaría un repetidor de señal de menor potencia: se debe ubicar un gran número de pequeñas estaciones base. Cada uno de estos pequeños repetidores utiliza una pequeña parte del conjunto de canales disponibles, con los que daría servicio a los usuarios de telefonía móvil que se encontrasen en la zona donde se encontrase el repetidor. A su vez, en la célula vecina se utilizaría otro repetidor con un subconjunto de canales de voz diferente al primero (para evitar interferencias), y así sucesivamente hasta llegar a una celda en el que se acabarían los canales de voz disponibles. Sin embargo esta celda se encontrará normalmente lo bastante alejada de la primera como para poder reutilizar los mismos canales que se utilizan en la misma, ya que la señal proveniente de ella será lo bastante baja en potencia como para que no interfiera con la señal de los canales que se reemitan desde este repetidor.

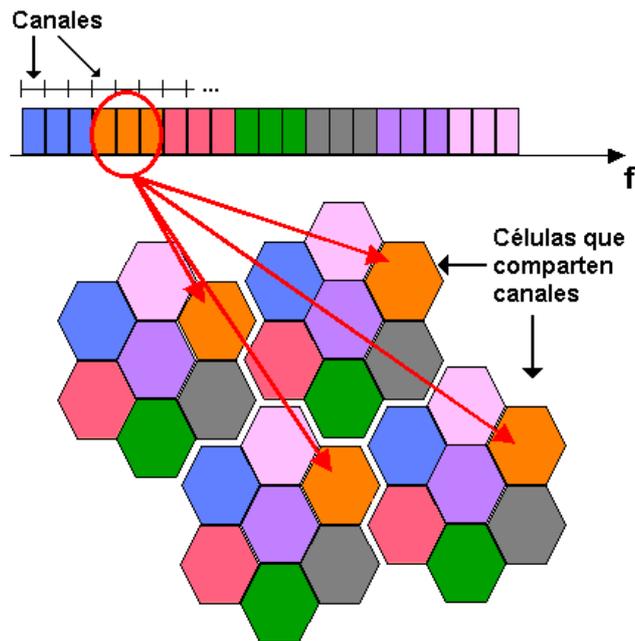


Figura 1. Distribución de canales en celdas

Este es el concepto de la telefonía celular, visto de una manera muy simplificada. Por supuesto hay otras muchas consideraciones a realizar y problemas a resolver, pero lo importante es que TODAS las redes de comunicaciones de telefonía móvil utilizan este concepto: división del territorio en pequeñas celdas y reutilización de la frecuencia.

Así pues, las redes de telefonía celular despliegan multitud de pequeñas antenas repetidoras de telefonía móvil (conocidas también como estaciones base). La cobertura total de una red determinada es la suma de las coberturas de cada una de sus estaciones base.

La distancia entre estaciones base viene determinada por varios factores, los cuales no vamos a explicar aquí. Sin embargo hay un factor muy importante: la tecnología desplegada. Los servicios de comunicación de datos que usan la tecnología UMTS necesitan una mayor densidad de estaciones base que los servicios de voz desplegados mediante GSM. Las celdas UMTS son más pequeñas y se necesitan más estaciones base.

### Potencia de emisión

Otro concepto importante, relacionado con el anterior, es el de la potencia de emisión de las estaciones base. En telefonía celular las estaciones base emiten con una potencia relativamente baja, precisamente por su cercanía con los objetivos de cobertura. Esta es una característica básica de los sistemas de telefonía móvil.

Hay que tener en cuenta que las comunicaciones móviles son bidireccionales: al igual que la estación base debe poder comunicarse con un móvil, éste debe ser capaz de contestar. Dado que los móviles no pueden emitir a una alta potencia, ya que su batería es de baja capacidad, esto exige que un móvil debe encontrarse cerca de una estación base para poder establecer una

comunicación. Como los móviles se encuentran cerca, las estaciones base no necesitan emitir a alta potencia, utilizándose una potencia de emisión reducida para la comunicación en ambas direcciones.

Es más, las celdas “reutilizan” los canales de comunicación precisamente por la lejanía relativa a las estaciones más próximas que usan los mismos canales (como se ha explicado en el punto anterior). Esto es así porque esa lejanía hace que la señal proveniente de ellas sea lo bastante baja como para no producir interferencias entre sí. Desde este punto de vista, es importante que las estaciones base emitan a la menor potencia posible para no producir ese efecto de interferencias en las estaciones base que usan sus mismos canales. Así pues, la potencia de emisión de las estaciones base se diseña con la potencia suficiente para que mantenga el nivel de señal mínimo exigible en la zona geográfica donde debe dar cobertura, y al mismo tiempo con la mínima potencia que cumpla esa condición. Es por ello que es tan importante que las estaciones base emitan con una potencia relativamente baja, ya que de no ser así la calidad de la red baja muchísimo.

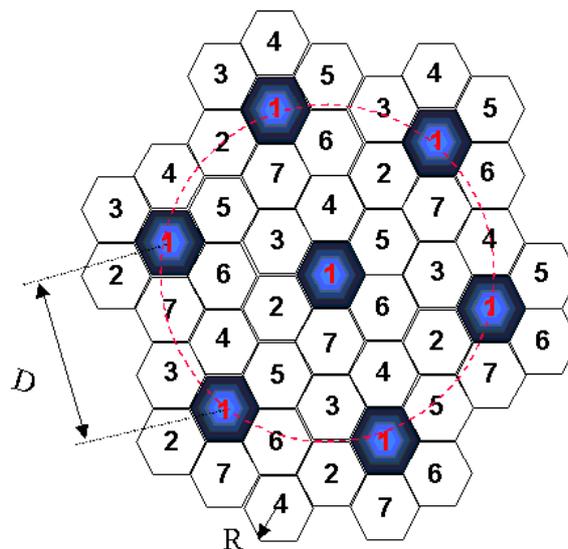


Figura 2. Distribución de celdas

Por otro lado, las operadoras deben garantizar ampliamente el cumplimiento de las exigencias establecidas por la normativa vigente en cuanto a potencias de emisión. Así mismo, en las zonas sensibles contempladas en el Real Decreto 1.066/2001, se realizan mediciones exhaustivas de los niveles de potencia encontrados en las mismas, obteniendo siempre resultados satisfactorios que también cumplen ampliamente la normativa vigente.

Por otro lado, cabe comparar los niveles de potencia emitidos por las estaciones base de telefonía móvil y los emitidos por otros servicios a los que nos encontramos en general más acostumbrados, como la T.V. o la radiodifusión. Las estaciones base emiten potencias del orden de decenas o centenares de vatios, dependiendo de la estación. Las estaciones emisoras de TV y radio emiten habitualmente potencias del orden de miles e incluso millones de vatios. La

diferencia entre ambos tipos de instalaciones es enorme, ya que se encuentran varios órdenes de magnitud por encima.

### **Propagación de las ondas de radio**

Las ondas electromagnéticas o de radio son un tipo de ondas que propagan energía de tipo electromagnético, a la velocidad de la luz (la cual es una subclase de onda electromagnética). Una de las características principales de las ondas es su longitud de onda, o bien su frecuencia, concepto con el que está relacionada. En función de la longitud de onda de una onda electromagnética se puede hablar de varios tipos distintos de ondas electromagnéticas

Las ondas utilizadas para la telefonía móvil GSM son las de las bandas de 900 MHz y 1800 MHz. La tecnología UMTS utiliza ondas de la banda en torno a 2100 MHz.

Las ondas son capaces de atravesar paredes y objetos no metálicos, pero sufriendo a cambio una gran pérdida de señal en el proceso: al atravesar obstáculos (paredes, etc) se deteriora considerablemente la cobertura. Dentro de las exigencias de calidad establecidas por el Estado, se especifica que en núcleos urbanos se pueda hacer uso del servicio de telefonía móvil en el interior de las viviendas, condiciones que las operadoras deben cumplir para no recibir sanciones. Para ello es muy importante que la estación base correspondiente se encuentre dentro de la propia zona urbana, ya que de encontrarse alejada de ella será difícil que la señal llegue a penetrar en los interiores. En resumen: si la distancia es elevada y existen obstáculos, no habrá cobertura de telefonía móvil, por lo que es imprescindible que las antenas se encuentren cerca de los edificios para que éstos tengan cobertura.

Otro condicionamiento importante es que las antenas de las estaciones base deben encontrarse en una zona relativamente elevada y sin obstáculos cercanos con respecto a la zona que se pretenda cubrir.

### **Estaciones por Cobertura o Capacidad**

Como se ha explicado con anterioridad, para ofrecer cobertura a una zona geográfica concreta, ésta se divide en celdas donde se colocan estaciones base, las cuales dan servicio a un número limitado de usuarios. Hay que explicar ahora los motivos para decidir el tamaño de esas celdas.

En principio, el objetivo para dividir en celdas el territorio es para poder dar servicio a los usuarios con un número limitado de canales de comunicación. Las estaciones base de Telefonía Móvil, no podrán cursar normalmente más de 30-40 llamadas aproximadamente, si bien este número podrá variar en función de las configuraciones físicas y lógicas de la estación. Si en la zona geográfica donde se da servicio aumenta en gran cantidad el número de usuarios, será más probable que se sobrepase con mayor frecuencia ese número máximo de llamadas, saturándose la red y cayéndose las llamadas. Este efecto se produce con mayor frecuencia en zonas urbanas, dada la mayor densidad de usuarios. Cuando se llega a estos límites, se instalan nuevas estaciones base con el fin de crear nuevas celdas y poder dar servicio a un mayor número de usuarios.

De este modo, podemos distinguir entre dos tipos distintos de estaciones de telefonía móvil: estaciones base por cobertura y estaciones base por capacidad. Las primeras son las estaciones base que se colocan en zonas donde no existe servicio previo. Las segundas se instalan cuando el número de usuarios crece mucho y las estaciones base existente no pueden dar servicio a todos ellos (limitación de capacidad).

Las estaciones base por capacidad se han instalado en gran cantidad en los últimos años debido al incremento generalizado de usuarios de telefonía móvil, que en la actualidad es superior al de telefonía fija.

En zonas urbanas el número de emplazamientos necesarios para ofrecer un servicio de telefonía móvil con buena calidad de servicio debe ser muy alto en comparación con entornos rurales, y por lo tanto, la densidad espacial entendida como número de estaciones por unidad de superficie, es muchísimo mayor que en zonas con una densidad de población mucho menor y un entorno de propagación más despejado (entornos rurales).

### **Características particulares del sistema UMTS**

Todas las características acerca de los sistemas celulares que se han explicado con anterioridad son en general aplicables al futuro sistema de telefonía móvil de tercera generación (3G) o UMTS. En efecto, se trata de sistemas celulares que utilizan ondas de radio para las comunicaciones entre estaciones base y móviles, y en los cuales el control de potencia es muy importante, aún más que en GSM/DCS.

La transmisión de datos, que se realizará bajo esta tecnología, va a exigir un diseño muy cuidadoso de la red. Además debido a las peculiaridades propias de la misma, la distancia entre estaciones base debe ser más reducido que en GSM. Esto implica que la densidad de estaciones base sea mayor en este sistema, por lo que el número de instalaciones aumentará. Este aumento del número de estaciones base es imprescindible para lograr mantener una red móvil capaz de transmitir datos a alta velocidad, como se pretende en un futuro cercano a través de las redes UMTS.

En síntesis, por todo lo explicado en los puntos anteriores, se puede afirmar lo siguiente:

- La telefonía móvil celular está diseñada para colocar las estaciones base en la cercanía de los posibles usuarios del sistema.
- Las estaciones base y los móviles deben minimizar la potencia de emisión para reducir las interferencias con otras estaciones, por lo que no deben alejarse de los objetivos de cobertura.
- La densidad de estaciones base en una zona determinada depende de la cantidad de usuarios en la misma. Al aumentar los usuarios, aumenta el número de estaciones base.
- La propagación de las ondas de radio en zonas urbanas es mucho peor que en entornos abiertos.
- La necesidad de estaciones base para transmisión de datos es muy superior que para voz. Por ello serán necesarias más instalaciones en el interior de núcleos urbanos en un futuro muy inmediato.

Por los motivos anteriores, es fundamental que las redes de telefonía móvil en las zonas urbanas se diseñen con criterios técnicos: las estaciones base deben encontrarse en el interior de los núcleos urbanos. De no ser así no podría asegurarse la cobertura en todas las zonas de la ciudad ni mucho menos en el interior de los edificios. Hay que recordar que gracias a la Telefonía Móvil se prestan Servicios de Interés General como por ejemplo el del teléfono de emergencias 112.

Por otro lado es de destacar también el hecho de que las estaciones base no se colocan sino cuando es estrictamente necesario para soportar el nivel de calidad exigible tanto en la cobertura como en la capacidad del sistema.

Se entiende por emplazamiento el lugar escogido para ubicar estaciones base de telefonía móvil. Desde un mismo emplazamiento y dependiendo de la tecnología de los equipos instalados, pueden ofrecerse al mismo tiempo los servicios GSM, DCS y UMTS.

## **Objetivos**

El presente documento, tiene como objetivo la descripción de los pasos a seguir para la instalación y puesta en funcionamiento de una estación base de telefonía móvil, ofreciendo cobertura GSM y UMTS. Se pretende con este documento que el lector obtenga una visión global de los trabajos que se desempeñan en una instalación de este tipo, así como la multitud de personas cualificadas que intervienen en cada parte del proyecto. Como ejemplo, se estudiará la implantación de una torre de celosía en un polígono industrial a las afueras de la

localidad murciana de Cieza. La estación cubrirá la zona industrial y el acceso norte de la población por la Autovía A-30.

En cada uno de los siguientes puntos se desarrollarán las tareas propias de cada uno de los departamentos implicados en la instalación de una estación, describiendo en detalle los trabajos propios que se desarrollan en un proyecto real. Como en todo proyecto, existe un ciclo de vida y unas etapas que deben ejecutarse una tras otra en orden. No se puede dar paso por ejemplo al diseño técnico del punto si aún no se ha regularizado el aspecto legal de la instalación, ya que posiblemente se cancele el punto por reticencias de la propiedad o problemas de licencias con el ayuntamiento. Por ello, se debe respetar cada paso en el ciclo de vida del proyecto para evitar la pérdida de tiempo y recursos en un trabajo que no tenemos seguridad de que vaya a salir adelante. Sin embargo, hay algunos trabajos que si permiten su ejecución en paralelo, en el siguiente esquema vemos el proceso completo:

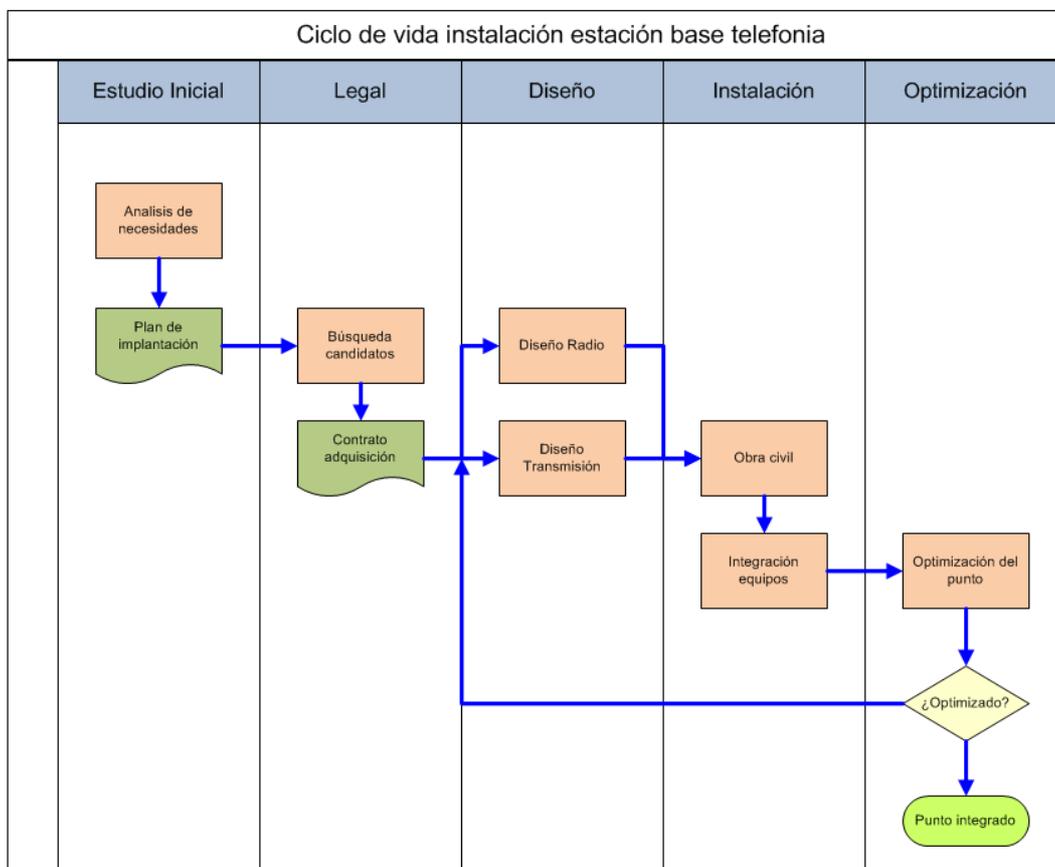


Figura 3. Ciclo de vida instalación estación base

Algunos puntos pueden ejecutarse en paralelo como sucede por ejemplo en la fase de diseño, sin embargo, no se puede realizar la integración del equipo si no existe una adecuación (obra civil) hecha en el emplazamiento o no se pasa a la búsqueda y adquisición del emplazamiento si no tenemos un área de necesidad extraída del plan de implantación.

En los siguientes capítulos, vamos a describir las tareas que se desempeñan en cada parte del proceso, centrándonos en la parte más técnica (diseño e instalación), dejando más de lado las tareas de legalización e implantación que se encuentran fuera del alcance de este documento.

## **Estudio de implantación**

Todos los operadores de telefonía están continuamente mejorando su red, ampliando sus equipos, actualizando el hardware viejo con las tecnologías que van saliendo cada día y que permiten aprovechar de forma más eficiente el espectro radioeléctrico, traduciéndose en una mayor capacidad de la red que se traslada a sus clientes.

La mejor forma de ampliar la cobertura es instalando nuevos nodos en la red, por lo que continuamente se buscan zonas “muertas” donde se detecta los puntos donde es necesaria la instalación de una nueva estación. A veces este estudio es simple y salta a la vista la necesidad de una nueva antena en un barrio de nueva construcción donde antes no había nada o líneas de comunicación (carretera o ferroviaria) donde el flujo continuo de pasajeros amortiza la instalación de nuevos puntos a lo largo del recorrido.

El ejemplo que vamos a tratar, parte de la construcción de un nuevo polígono industrial el cual no estaba cubierto por ningún nodo de la red y dada la naturaleza de estos emplazamientos, donde se espera que en un futuro se establezcan nuevas empresas las cuales se espera que demanden recursos de la red tanto voz como en datos. Por ello, nuestra operadora virtual lanza un estudio marcando las mejores zonas para la instalación de los nuevos equipos, es lo que se denomina el plan de implantación.

Una vez detectado el objetivo, se cierra el plan y se pasa al departamento de adquisiciones para la obtención del emplazamiento

## **Legalización**

La labor del departamento legal de las operadoras es vital y a menudo tienen que luchar con operadores y organismos para mantener en pie las instalaciones. Sus tareas van desde la negociación del contrato de arrendamiento del espacio necesario, hasta la tramitación de licencias de obra y legalización del punto.

En base del plan de implantación elaborado en la etapa anterior, se destina a la zona a un agente adquisidor que localizará en el radio de búsqueda las propiedades que puedan estar interesadas en arrendar parte de su espacio al operador. Con ellos elaborará una lista de puntos potencialmente candidatos a acoger los equipos.

## **El replanteo**

El equipo de ingenieros realizará una visita a cada punto candidato para valorar la viabilidad de cada punto, desestimando aquellos no viables ya sea por falta de espacio, desacuerdo con la propiedad sobre los equipos a instalar o la calidad/preferencia desde el punto de vista técnico. Esta visita es comúnmente llamada replanteo.

Una vez conocido el emplazamiento, se encargará un estudio donde se detallen los trabajos de ingeniería civil a realizar, con el fin de asegurar la viabilidad y seguridad de todas las partes. En este estudio se toma en cuenta por ejemplo, la dimensiones de la azotea, pilares donde

apoyar la bancada que soportará el peso, suministro eléctrico disponible en el emplazamiento o elementos de seguridad necesarios para las labores de instalación y mantenimiento.

## **Diseño Radio**

Para la comunicación de la estación con sus usuarios/clientes se utiliza el medio aéreo, la llamada interfaz radio. A través de ella viajará la información por lo que resulta imprescindible una correcta configuración y definición de parámetros radio. Si por ejemplo no se aplicara una inclinación suficiente a la antena, podría interferir con otra estación situada a kilómetros, fenómeno llamado *overshooting*. Sin por el contrario la inclinación es excesiva la cobertura en el límite de la celda podría no ser suficiente. Es importante la experiencia del ingeniero y el estudio de la zona y las antenas disponibles para dar con la configuración correcta en cada situación. Elegirá en función de las necesidades y del entorno, el número y tipo de antenas a instalar, así como sus orientaciones y tilts (inclinación). Realizará también una estimación aproximada del tráfico que absorberá la estación con el fin de dimensionar la capacidad de la estación y decidir los equipos a instalar.

Para la integración con el resto de antenas en la red, asigna los recursos radio necesario para la transmisión, esto es el canal. El entorno es importante, ya que el canal no puede estar ocupado por las ninguna de las celdas vecinas ya que interferirían entre si dando lugar al deterioro de la transmisión, llegando a imposibilitar la comunicación.

## **Diseño Transmisión**

Para poder comunicarse con un usuario que se encuentra a miles de kilómetros, es necesario que la estación que le ofrece cobertura este conectada a la red para establecer así un enlace. Por ello, surge la necesidad de asignar en la red de acceso los recursos necesarios cada vez que se integra una nueva estación. La red de acceso comprende todos los equipos y tramos necesarios para llegar hasta el primer controlador de red (BSC o RNC según tecnología).

El equipo de ingeniería de transmisión será el encargado de dar salida hacia la red a todo el tráfico que genere el nodo. La capacidad mínima que se suele instalar es de 2Mbps (E1), aumentando los E1s según la necesidad. Actualmente se ha avanzado mucho en este sentido y los nodos ya incorporan soluciones IP puras que proporcionan al nodo una mayor capacidad de transporte, cada día más necesario por la gran demanda de transmisión de paquetes que exige el usuario. Es típico hoy en día ofrecer en un nodo 2 o 3 E1 para el transporte de voz a través de la red ATM y una línea IP a través de par de cobre conectada a un DSLAM o FastEthernet sobre equipos IP puros que soportaran el tráfico de datos. Hay dos formas básicas de dar esta salida, por medio de un radio enlace o por fibra óptica. Dependerá de la situación del nodo, su posible ampliación en un futuro o la finalidad del emplazamiento, el cual podría usarse con hub de transmisión en el que se concentre el tráfico de otras estaciones. Muy importante es también la política del operador, ya que siempre sería preferible usar fibra por su gran capacidad y fiabilidad, aunque el coste económico es mayor que un radio enlace y puede no ser rentable.

Tras elegir el medio debe de encontrar una ruta optima hasta el elemento de red de jerarquía superior (RNC o BSC) así como con los circuitos reserva en caso de que el principal falle. Es habitual que el ingeniero de transmisión sea también el que asigne los recursos en los diversos elementos de red (switch ATM, RNC, BSC, DXX...).

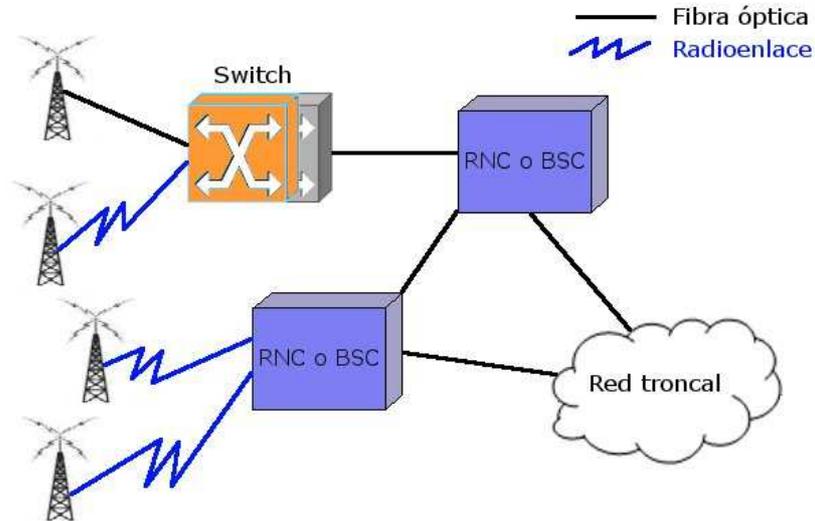


Figura 4. Esquema red

En la fase de diseño de un nodo, no es necesaria la asignación de recursos en la red troncal, ya que la transmisión necesaria ya está establecida. Hablamos de los anillos de larga distancia que interconectan los controladores de red, pasarelas a otra redes (red fija, Internet, otros operadores..).

### Instalación

Además de la propia instalación del equipo, es esta fase es necesaria una adecuación del terreno donde se instalaran equipos. En ocasiones es necesaria la construcción de una bancada de hormigón donde ubicar el bastidor del equipo si se trata de un equipo de intemperie o la instalación de unas vigas de apoyo si se trata de una caseta en una azotea. Estas tareas de obra civil pueden necesitar el montaje de una torre de comunicación, y/o instalación de mástiles para la colocación de antenas y radio enlaces.

Cada emplazamiento necesita de unas actuaciones y es lo que se pretende concretar en el replanteo citado anteriormente. En nuestro ejemplo, estamos instalando los equipos en una parcela reservada en el polígono industrial, por lo para elevar nuestras antenas hasta una altura adecuada se instalará una torre de celosía de 40 metros de altura. Los equipos elegidos serán intemperie, ya que el espacio disponible está limitado y no hay cabida para una caseta. Por ello es necesaria una nueva bancada donde apoyar los nuevos bastidores y un vallado de cerramiento como seguridad.

Tras la obra civil, el proveedor ya tiene dispone de los elementos necesarios para instalar los equipos. Realizará la integración y configuración de los mismos según los datos de radio y

transmisión que salieron en la fase de diseño anterior. Una vez terminados los trabajos, se puede decir que la estación está integrada.

### **Optimización**

Cualquier operador que requiere un mínimo de calidad en su red, mantiene bajo control cada nueva instalación durante unos días en el cual se confirma la correcta integración de la estación en la red. Para ello se monitorizan las estadísticas del nodo, tales como los trasposos entre celdas, llamadas caídas, conexiones con éxito, etc... Si durante esta fase se detectaran problemas, se lleva el emplazamiento de nuevo a la fase de diseño, se modifica los parámetros que empeoran la calidad y se revisa de nuevo tras unos días de prueba.

## 2. Búsqueda del emplazamiento

Existen dos tipos de limitaciones básicas en el diseño de una red de telefonía móvil que fundamentan la necesidad de establecer nuevos emplazamientos, estas 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 (entornos rurales o de carácter suburbano).

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 objetivo de poder ofrecer la cobertura requerida, emplazamientos a los que habitualmente nos referiremos como “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 los 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 industrial con naves de baja altura y al tramo de autovía anexo. En primer lugar se delimitaría una zona de búsqueda

para las posibles ubicaciones del site, contactando con los propietarios de los terrenos y negociando la mejor situación y renta para la instalación, este primer paso corresponde al departamento de adquisiciones.



*Figura 5. Plano situación*

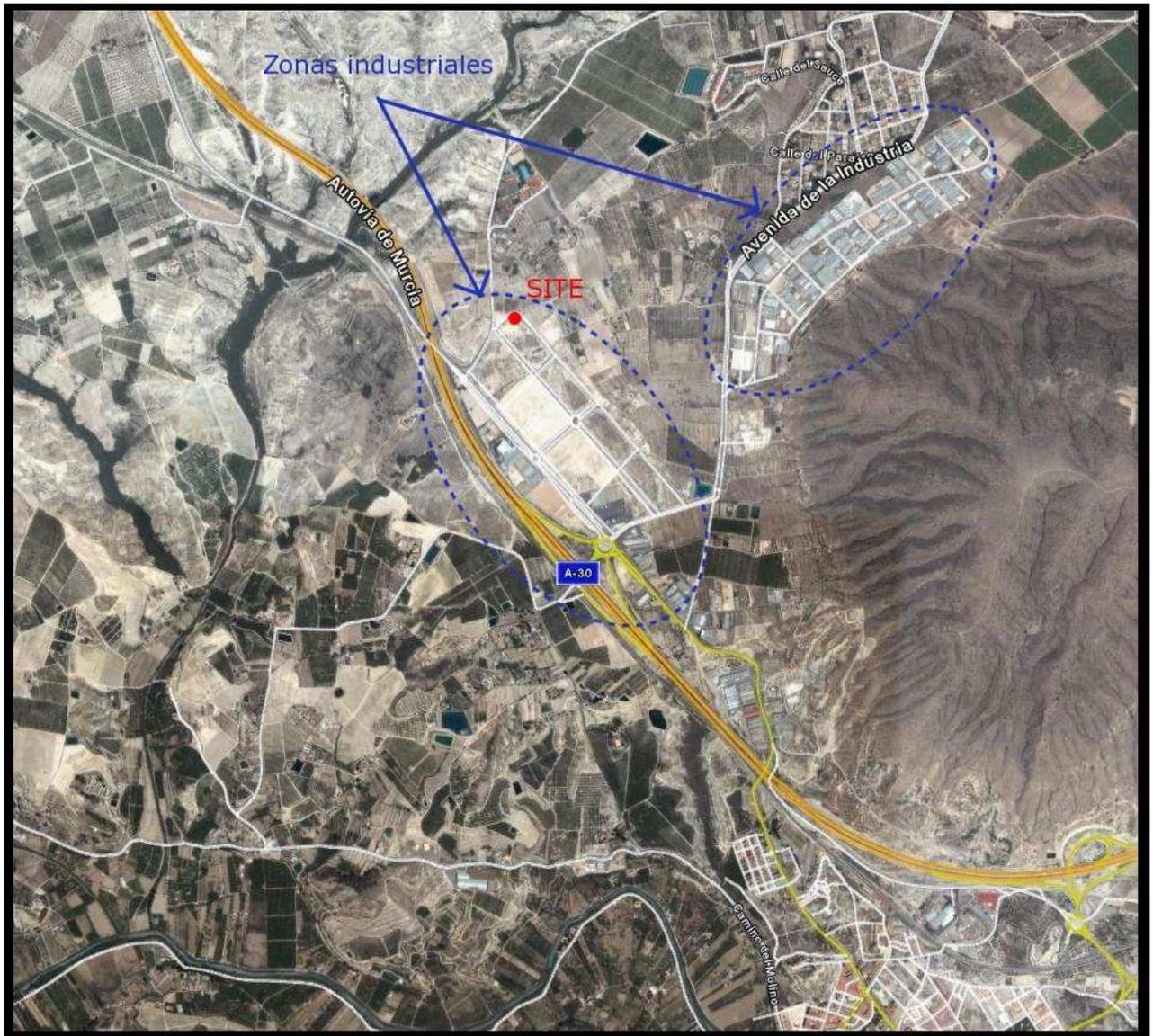


Figura 6. Plano situación

La mayoría de veces, no hay muchas opciones de elección de la situación del punto, el emplazamiento vendrá dado por el ayuntamiento o por el propietario que ha accedido a ceder parte de su terreno para nuestras instalaciones.

En nuestro ejemplo, el punto ideal que vamos a usar se encuentra entre los dos polígonos industriales que se pretenden cubrir y la distancia hasta la autovía no es excesiva por lo que desde el punto de vista radio es un punto idóneo. En la zona no hay edificios de altura y el terreno es mayormente llano, por lo que será necesario el uso de una torre para la instalación de las antenas.

### **3. Legalización**

Para mantener una red telefónica de calidad, es importante de disponer del mayor número de nodos de red como sea posible, asegurando así, llegar a todos los puntos de la geografía y en las zonas de mayor densidad, conseguir repartir la carga de tráfico entre más estaciones. Pero los operadores no disponen de tantas propiedades, espacios o suelo donde realizar estas instalaciones por lo que la mayoría de las estaciones de telefonía móvil se realizan sobre espacios arrendados y aquí es donde entra en juego el departamento de adquisiciones de la operadora.

Una vez definida el área de búsqueda, los agentes adquirentes contactan con los propietarios de los terrenos o edificaciones que cumplan las condiciones del operador. Si este está interesado en arrendar el espacio necesario para los equipos, el punto pasa a ser un candidato. Una vez confeccionada una lista de puntos potencialmente candidatos a la instalación, se realiza una visita técnica al emplazamiento. En esta visita se reúnen interesados de cada departamento: radio, implantación, transmisión... con el fin de elegir el/los puntos que finalmente acogerán las instalaciones.

Los adquirentes deben de negociar con la propiedad los términos y condiciones del contrato por el que se cede el espacio necesario. Dependiendo de la calidad del punto la renta varía, ya que al igual que con un inmueble, no cuesta lo mismo el m<sup>2</sup> en el centro de Madrid que una zona rural. Para hacernos una idea, en zonas céntricas se puede llegar a pagar 7.000 € anuales, mientras que en zonas poco pobladas o rural la cifra queda por debajo de los 1.000 €.

La operadora debe asegurarse en contrato el acceso 24x7 al emplazamiento, sobre todo de cara a futuras actuaciones en el punto ante una avería por ejemplo. En todo caso, cada negociación se debe tratar como única y a veces la propiedad es la que marca las condiciones de acceso, ya sea por seguridad u otros motivos.

Con el acuerdo y firma del contrato de arrendamiento ya pueden seguir con los trámites para el inicio de las obras. Como en cualquier obra civil, se deben solicitar unos permisos y licencias de obra que varían según el Ayuntamiento del municipio donde nos instalamos. Con las licencias de obra en orden, se pueden comenzar los trabajos de adecuación e instalación de los diversos elementos. La función principal de los agentes adquirentes una vez todo tramitado, es la de interfaz entre la operadora y los propietarios.

Es habitual también la compartición de emplazamientos entre operadores, llegando a acuerdos globales por zonas en las que un operador cede espacio en la torre ya instalada con el fin de abaratar los costes. No solo entre operadores de telefonía móvil se llegan a estos

acuerdos, otras empresas que poseen instalaciones como puede ser Retevisión, operadores regionales e incluso sectores que en un principio son competidores directos de la telefonía móvil como puede ser instalaciones WIFI, llegan a acuerdos económicos por el bien común y reducción de costes. Para las empresas es vital minimizar los costes de mantenimiento, además de conseguir una red amplia.

#### 4. Sistema radiante

Está compuesto por el conjunto de elementos que transmiten y/o reciben las señales electromagnéticas, comúnmente denominadas antenas. Existen diversos tipos de antenas dependiendo de la banda de frecuencias (GSM, DCS o UMTS) en la que opera la estación base. A continuación se exponen brevemente algunos datos relativos a las bandas de frecuencias GSM, DCS, y UMTS:

- Cada operador tiene asignada una banda de frecuencias para ofrecer el servicio GSM (alrededor de los 900 Mhz), y otra banda para ofrecer servicios DCS (sobre 1.800 Mhz). Técnicamente, la dotación del ancho de banda para servicio DCS está concebida para permitir una ampliación de la capacidad de las estaciones que inicialmente ofrecen servicio GSM y que se encuentran "saturadas" en su capacidad de servicio. Por este motivo, una estación base con tecnología DCS coexistirá casi siempre con tecnología GSM.

- Por otro lado, el servicio UMTS está concebido para ofrecer servicios avanzados para terminales de 3ª generación, orientados sobre todo a los servicios de datos. La banda de frecuencias asignada a UMTS está entorno a los 2 Ghz.

En términos generales, a mayor frecuencia, menor es la longitud de las antenas necesarias para transmitir y/o recibir señales electromagnéticas; es por ello por lo que las antenas GSM existentes en el mercado tienen unas longitudes mayores que las necesarias para operar en frecuencias DCS (1.800 Mhz), y UMTS (2 Ghz.).

En entornos urbanos y suburbanos, las antenas deben estar orientadas adecuadamente para ofrecer servicio a una determinada área, utilizando para esta finalidad antenas direccionales, es decir, antenas que emiten y reciben señal mayoritariamente orientada hacia una dirección. En cualquier caso, no debe confundirse con la direccionalidad estricta de los radioenlaces utilizados en los sistemas de comunicaciones punto a punto.

Por los motivos anteriormente expuestos, el sistema radiante de una estación urbana o suburbana suele estar subdividido en sectores, cada uno de ellos dando cobertura a una determinada área, que habitualmente responde a 120º en acimut, de modo que con tres sectores se cubren los 360º en sentido horizontal. Cada estación base suele tener habitualmente 2 o 3 sectores, siendo el caso de 3 sectores lo normal en núcleos urbanos. En cada sector existe un sistema transmisor/receptor que puede ser implementado utilizando diferentes tecnologías, cada una de las cuales tiene sus peculiaridades.

Históricamente, las configuraciones de los sistemas de antenas se basaban en diseños de 3 antenas por sector, 2 de ellas receptoras y una de ellas transmisora, caso habitual de los

primeros emplazamientos. Las antenas receptoras se disponían de manera que se garantizara una separación mínima de aprox. 5 metros entre ellas para aumentar la ganancia directiva del conjunto y permitir una disminución de la potencia radiada por el terminal móvil.

Por otro lado, las nuevas tecnologías permiten incorporar diseños basados en antenas crosspolares que permiten la recepción de señales a través de dos polarizaciones distintas, además de simultanear transmisión y recepción permitiendo por tanto utilizar una única antena por sector para alcanzar calidades y eficiencias similares a los diseños inicialmente empleados. Estas antenas tienen la peculiaridad de ser algo más aparatosas que las anteriores debido precisamente a que en cada una de ellas se integran funcionalidades que antes requerían 3 antenas diferentes.

Otro de los conceptos importantes a resaltar es la ganancia de las antenas. Pueden distinguirse 2 tipos de antenas según su ganancia, las antenas de media ganancia y las antenas de alta ganancia. Las segundas son algo más grandes que las primeras. Es por ello precisamente por lo que permiten dar mayor cobertura utilizando menores potencias transmitidas.

Así mismo, las antenas utilizadas, se caracterizan por tener un perfil directivo, aunque muy inferior al de los radioenlaces, comportándose como un elemento pasivo que no tiene capacidad para amplificar la potencia recibida. Por tanto, una antena, además de constituirse como un buen elemento de transición entre dos medios (coaxial y aire libre), se encarga de realizar un reparto controlado y direccional de la energía que recibe. La orientación de la antena es por tanto factor fundamental para conseguir un servicio adecuado sobre todo en zonas urbanas o suburbanas.

A continuación se muestra un ejemplo de un diagrama típico de una antena utilizada en entornos urbanos y suburbanos (estaciones sectorizadas):

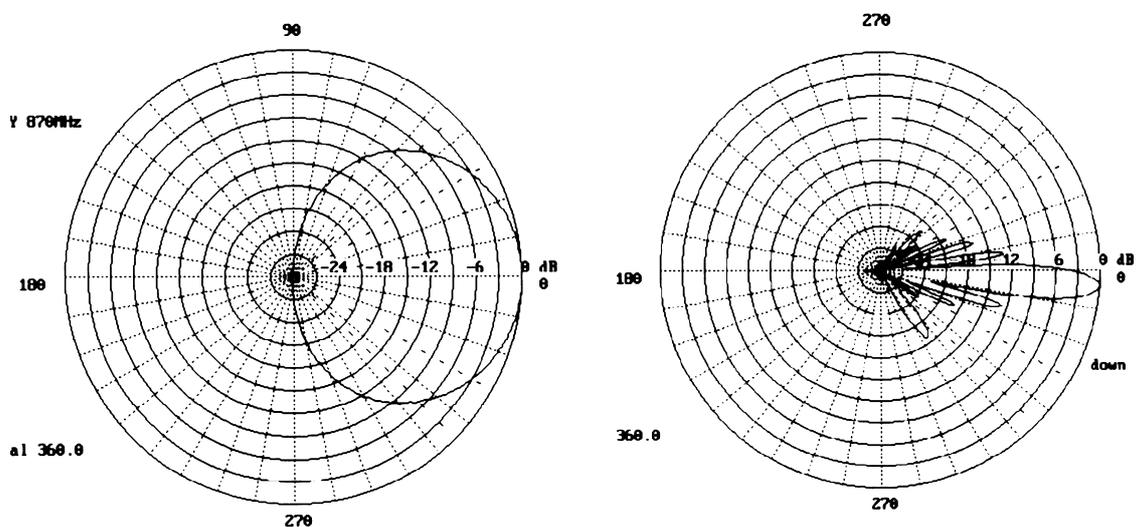


Figura 7: Diagrama típico de una antena de telefonía móvil digital;

a la izquierda, plano horizontal; a la derecha, plano vertical.

Las antenas deberán estar ubicadas en lugares en los que no existan obstáculos entre la propia antena y la zona que se va a dar cobertura. En caso contrario, se necesitará un aumento considerable de la potencia transmitida, tanto por la estación base como por los terminales móviles, que normalmente incurrirá en una degradación extrema del servicio hasta tal punto de que este sea inviable.

#### Características DCS 1800

<b>SISTEMA DE RADIO DCS</b>			
<b>Frecuencias de funcionamiento</b>	<i>Transmisión de MS</i>	1710 a 1785 MHz	
	<i>Recepción de MS</i>	1805 a 1880 MHz	
<b>Ancho de Banda</b>	200 MHz	<i>Numeración de canales del 512 al 885</i>	$f(n)=1.710,2 + 0,2(n-512)$
<b>Modulación</b>	GSMK	$B_b=0,3$	<i>Velocidad de modulación 270,83 Kbit/s en RF</i>
<b>Polarización</b>	Vertical		
<b>Información a transmitir</b>	Telefonía y datos		

Las características generales de una red de telefonía móvil GSM 900 son:

<b>SISTEMA DE RADIO GSM</b>			
<b>Frecuencias de funcionamiento</b>	<i>Transmisión de MS</i>	890 a 915 MHz	
	<i>Recepción de MS</i>	935 a 960 MHz	
<b>Ancho de Banda</b>	70 MHz	<i>Numeración de canales del 0 al 124</i>	$f(n)= 890 + 0,2(n)$ UL $f(n)= 935 + 0,2(n)$ DL
<b>Modulación</b>	GSMK	$B_b=0,3$	<i>Velocidad de modulación 270 Kbit/s en RF</i>
<b>Polarización</b>	Vertical		
<b>Información a transmitir</b>	Telefonía y datos		

Las características de una red de UMTS son:

<b>SISTEMA DE RADIO UMTS</b>		
<b>Modo de funcionamiento FDD</b>	Uplink	1920-1980 MHz
	Downlink	2110-2170 MHz
<b>Modo de funcionamiento TDD</b>	Uplink	2010-2025 MHz
	Downlink	1900-1920 MHz
<b>Ancho de Banda por portadora</b>	5 MHz	Número de canales por portadora: Variable, en función de los servicios ofrecidos. Máximo: 256 canales por portadora en modo FDD
<b>Modulación</b>	W-CDMA	Velocidad de Chip: 3.84 MChips/s
<b>Factor de ensanchamiento</b>	Modo FDD	potencias de 2 desde 4 a 256 (Uplink) y desde 4 a 512 (Downlink)
	Modo TDD	potencias de 2 desde 2 hasta 16
<b>Polarización</b>	<i>Cruzada</i>	
<b>información a transmitir</b>	<i>Telefonía, datos</i>	

A continuación se adjuntan unas fotografías de las antenas comúnmente utilizadas. En la fotografía de la izquierda, se muestra un detalle de un sector formado por una antena de tecnología GSM (la antena más grande, a la izquierda) y una antena de tecnología UMTS (la pequeña situada a la derecha). La fotografía del centro muestra tres antenas GSM sobre un monoposte, cada una de las cuales pertenece a un sector diferente de la misma estación. Finalmente, la fotografía de la derecha muestra las tres antenas UMTS de una estación base - una antena por sector- ubicadas también sobre un monoposte.



*Figura 8. Antenas telefonía.*

Gracias a la constante y creciente evolución que la tecnología asociada al sector de la telefonía móvil viene experimentando día a día, se trata de incorporar en todo momento las

nuevas tecnologías a los emplazamientos futuros y en la medida de lo posible a los existentes, abogando por la minimización del impacto visual producido por las estaciones. Por este motivo, nuevas antenas con tecnologías duales (permiten al mismo tiempo los servicios GSM y DCS) y tribanda (permiten al mismo tiempo el servicio GSM, DCS y UMTS), así como nuevas configuraciones posibilitan que los diseños actuales sean cada vez más compactos y depurados.

Los nuevos diseños tratan de incorporar en todo momento antenas que permiten la transmisión y recepción de los servicios GSM, DCS y UMTS, incorporando una única antena por sector, salvo aquellos casos en los que por limitaciones tecnológicas, la viabilidad del diseño no es posible.

Así mismo, destacar que para espacios abiertos como entornos rurales, en los que no existen problemas de interferencias entre frecuencias y la cantidad de usuarios de la zona no es muy elevada, se dispone de antenas omnidireccionales que permiten mediante configuraciones basadas en una o dos antenas por emplazamiento (no por sector) ofrecer el servicio demandado. Estas antenas son sensiblemente más discretas visualmente que las antenas direccionales, sin embargo, su utilización en espacios urbanos densos es inviable debido a los problemas que ocasionan para la reutilización de frecuencias (recordar que las frecuencias que cada operadora dispone son limitadas, siendo necesaria la reutilización de las mismas).

El sistema radiante de la estación base estará formada por antenas instaladas sobre los soportes instalados en la torre para tal fin.

Dependiendo del escenario, tenemos una multitud de modelos de antena disponibles, cada una con unas características que se ajustan a las distintas necesidades. Esta es la típica data sheet con las características eléctricas y mecánicas de una antena de telefonía:

7750.00

## Dual Broadband Cross Polarized

POLARIZATION: X-Pol  
 FREQUENCY (MHz): 824-960, 1710-2170  
 HORIZONTAL BEAM WIDTH (°): 65  
 GAIN (dBi/dBd): 15.2/13.1, 18/15.9  
 TILT: MET  
 LENGTH: 1.4m (47")

## ELECTRICAL SPECIFICATIONS\*

Frequency range (MHz)	824-960		1710-2170		
	824-896	880-960	1710-1880	1850-1990	1900-2170
Frequency band (MHz)	824-896	880-960	1710-1880	1850-1990	1900-2170
Gain (dBi/dBd)	14.6/12.5	15.2/13.1	17.5/15.4	17.7/15.6	18/15.9
Polarization	Dual linear $\pm 45^\circ$		Dual linear $\pm 45^\circ$		
VSWR	50		50		
	<1.5:1		<1.5:1		
Horizontal beam width, -3 dB (°)	69	67	65	65	62
Vertical beam width, -3 dB (°)	14.9	13.7	6.9	6.6	6.2
Electrical down tilt (°)	2 to 12		0 to 8		
Side lobe suppression, vertical 1st upper (dB)	>18,17,16,16,15,15@ 2,4,6,8,10,12*	>18,17,16,16,15,15@ 2,4,6,8,10,12*	>18,18,16,15,14@ 2,4,6,8*	>18,18,16,15,14@ 2,4,6,8*	>18,18,16,15,14@ 2,4,6,8*
Isolation between inputs (dB)	30	30	30	30	30
Inter band isolation (dB)	40		40		
Tracking, horizontal plane $\pm 60^\circ$ (dB)	<1.0	<1.0	<2.0	<2.0	<2.0
First null fill (dB)	<-25	<-25	<-25	<-25	<-25
Vertical beam squint (°)	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3
Front to back ratio (dB)	>27	>27	>27	>27	>27
Front to back ratio, total power (dB)	>24	>24	>24	>24	>24
Cross polar discrimination (XPD) $0^\circ$ (dB)	15	15	20	20	20
Cross polar discrimination (XPD) $\pm 60^\circ$ (dB)	10	8	7	>7	>7
Far field coupling	<0.33	<0.48	<0.62	<0.62	<0.62
IM3, 2xTx@43dBm (dBc)	<-153		<-153		
IM7, 2xTx@43dBm (dBc)	-		<-160		
Power handling, average per input (W)	300		250		
Power handling, average total (W)	600		600		

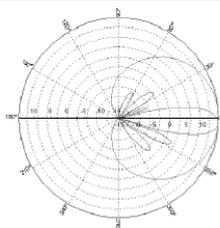
## MECHANICAL SPECIFICATIONS\*

Connector	4 x 7/16 DIN Female
Connector position	Bottom
Dimensions, HxWxD, mm (ft)	1408x280x125mm (47"x11"x4")
Mounting	Pre-mounted heavy duty brackets
Weight, with brackets, kg (lbs)	17.6 (39)
Weight, without brackets, kg (lbs)	12.1 (27)
Wind load, frontal/lateral/rear side 42 m/s Cd=1.6 (N)	952
Maximum operational wind speed, m/s (mph)	42 (93)
Survival wind speed, m/s (mph)	55 (123)
Lightning protection	DC grounded
Radome material	GRP
Packet size, HxWxD, mm (ft)	1550x355x255 (5'1"x1'2"x10")
Radome colour	Light Grey
Shipping weight, kg (lbs)	21.5 (47.3)
RET	7020.00, 7031.00, 7032.00, 7033.00
Brackets	7256.00, 7454.00, 2210.10

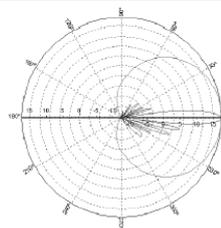
\*All specifications subject to change without notice. Please contact your Powerwave representative for complete performance data.

## ANTENNA PATTERNS\*

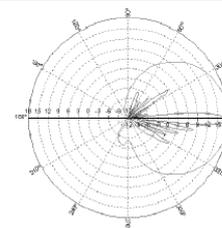
For detailed patterns visit [www.powerwave.com/antennapatterns.asp](http://www.powerwave.com/antennapatterns.asp).



925 MHz



1850 MHz



2140 MHz

Figura 9. Datasheet antena tribanda

En nuestro emplazamiento vamos a instalar 3 antenas de Powerwave (1 por cada sector) modelo 7750.00. Este modelo posee 2 bocas para GSM (tx+rx) y otras 2 bocas que pueden ser usados para DCS o UMTS. Esta característica y ancho de haz diseñado para usarla con una configuración trisectorial han sido uno de los motivos que nos ha hecho declinarlos por ellas.

Los parámetros de ganancia, tilts eléctricos y apertura del haz suelen ser similares entre ellas, dependiendo de las características del entorno nos decantaremos por una u otra. Por ejemplo en una carretera nos puede interesar más usar una configuración bisectorial con un ancho de haz pequeño que nos permita tener más alcance. En otro emplazamiento nos puede interesar una antena con la máxima ganancia posible por ser crítico el poder de penetración en interiores. En nuestro caso, el objetivo de cobertura se centra en el polígono por lo que con las características que nos ofrece este modelo cumple con los requisitos.

A la hora de instalar las antenas debemos cuidar las orientaciones que vamos a dar y los tilts. Son vitales estos dos parámetros para cubrir la zona correctamente. Las orientaciones de las antenas se asignan en grados, de  $0^{\circ}$  a  $359^{\circ}$ . Se dispondrán de forma que cubran el alrededor lo máximo posible sin descuidar el objetivo de la estación.

Los objetivos de cobertura de nuestra localización son los polígonos industriales y la carretera de acceso, por lo que orientaremos la antenas en la dirección de estos objetivos para cubrirlos con totalidad. Definiremos tanto la orientación como el alcance que queremos obtener en cada uno de los sectores:

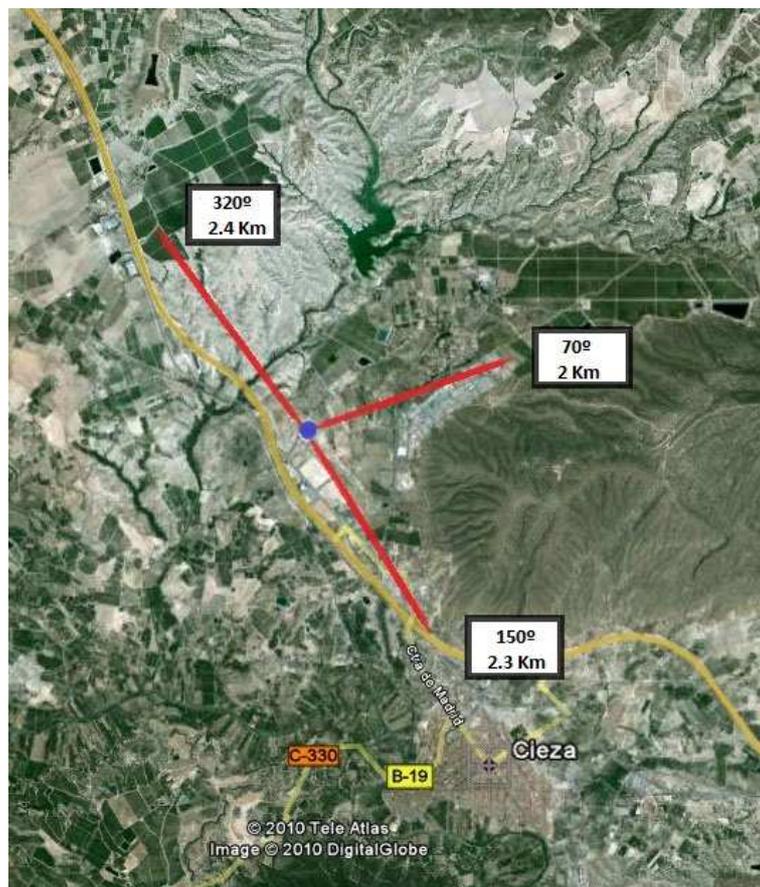


Figura 10. Orientación sectores

La inclinación de las antenas, llamado down-tilt, determinará la distancia hasta donde cubrirá nuestra celda. Aquí entra en juego el ancho de haz vertical de la antena elegida. De esta forma, considerando un terreno llano, una vez determinada la distancia, la altura de las antenas y su haz vertical, estamos en disposición de calcular el tilt necesario. Si el terreno estuviera deprimido, el tilt habría de ser mayor para compensar la variación de altura.

Vamos a proceder al cálculo de tilts necesario en nuestras antenas, para ellos debemos conocer previamente la altura del terreno donde se encuentra la estación y del borde de la celda, el ancho de haz vertical y la distancia hasta la que queremos llegar. Aplicando un poco de matemáticas, el grado de inclinación vendrá determinado por la siguiente fórmula:

$$\beta = 90^\circ - \arctan\left(\frac{1}{(H_{ant} + H_{terreno\_antena}) - H_{terreno\_borde\_celda}} * D_{borde\_celda}\right) + Factor\_Haz * AnchoDeHazVertical$$

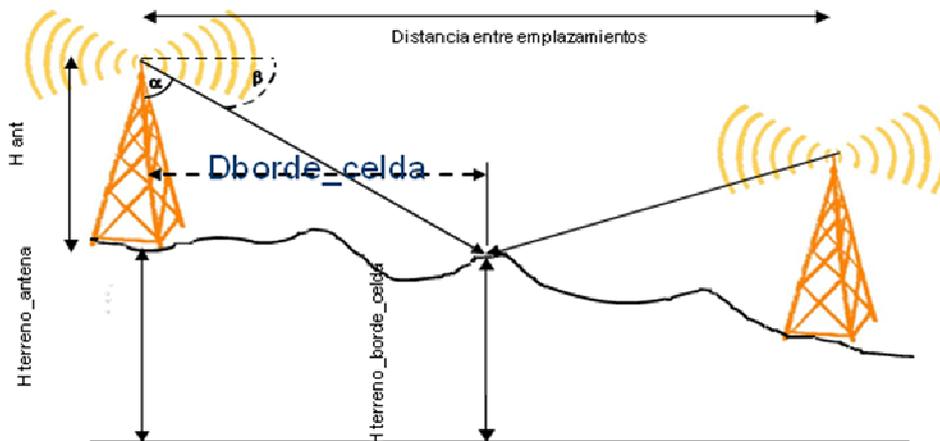


Figura 11. Cálculo de downtilt

Hay que tener en cuenta observando la data sheet de las antenas a instalar, que el ancho de haz vertical de las antenas es diferente para GSM y UMTS por lo que debemos hacer los cálculos por separado. Cada tecnología llevará un tilt distinto.

<b>CALCULO PARA UMTS</b>	<b>Sector 1</b>	<b>Sector 2</b>	<b>Sector 3</b>
<b>H ant</b>	40 m.	40 m.	40 m.
<b>H terreno_antena</b>	228 m.	228 m.	228 m.
<b>H terreno_borde_celda</b>	249 m.	218 m.	234 m.
<b>D borde celda</b>	2.000 m.	2.300 m.	2400 m.
<b>Factor haz</b>	0.5	0.5	0.5
<b>Ancho de haz vertical</b>	6.2	6.2	6.2
<b>Tilt calculado</b>	<b>3.6</b>	<b>4.3</b>	<b>3.87</b>

Analizando un poco los resultados obtenidos y teniendo en cuenta la orografía del terreno, en el sector 1 vemos el terreno tiende a subir por lo que redondearemos el tilt a 3°, mientras en el sector 2 y 3 redondearemos hasta los 4° en ambos casos.

<b>CALCULO PARA GSM</b>	<b>Sector 1</b>	<b>Sector 2</b>	<b>Sector 3</b>
<b>H ant</b>	40 m.	40 m.	40 m.
<b>H terreno_antena</b>	228 m.	228 m.	228 m.
<b>H terreno_borde_celda</b>	249 m.	218 m.	234 m.
<b>D borde celda</b>	2.000 m.	2.300 m.	2400 m.
<b>Factor haz</b>	0.5	0.5	0.5
<b>Ancho de haz vertical</b>	14	14	14
<b>Tilt calculado</b>	<b>7.5</b>	<b>8.2</b>	<b>7.7</b>

Vemos la diferencia importante entre una tecnología y otra ya que en GSM el haz tiene una apertura vertical mayor que el doble que un UMTS. Como en hemos hecho anteriormente, dejaremos el primer sector con 1° menos que los otros dos ya que no existe peligro de tener sobre alcance de la señal al tender a subir el terreno.

## 5. Integración de la estación base en la red GSM

En el caso que nos ocupa, el objetivo es el de dar cobertura a una zona determinada y no tanto aumentar la capacidad de tráfico. Por ello en 2G nos vamos a decantar por tecnología GSM, gracias a la cual podremos tener un radio de cobertura mayor al tener una atenuación más baja en la distancia que la tecnología DCS (menor frecuencia, menor es la atenuación).

Los equipos que vamos a instalar serán de tipo outdoor, minimizando los costes que supondría la instalación de una caseta. Existen distintos proveedores que nos pueden facilitar una solución óptima (Ericsson, Siemens, Nokia...) pero a nivel práctico el ingeniero no podrá elegir que marca instalar, sino que los operadores suelen tener acuerdos con proveedores en los que ya están fijados los equipos que se pueden instalar en una determinada región.

En nuestro ejemplo, vamos a suponer que estamos en una zona Ericsson y la libertad la tendremos a la hora de elegir un modelo específico. Como hemos mencionado anteriormente, instalaremos equipos de intemperie, por lo que usaremos el equipo Ericsson RBS2216 el cual tiene una capacidad máxima de hasta 12 TRX por bastidor y puede configurarse como una estación trisectorial.

La BTS es el corazón de la estación cuanto al GSM se refiere. La principal función que desempeña es el tratamiento de la señal radio que se transmite a través de las antenas. Es la encargada de la modulación de la señal así como controlar la potencia de emisión. Las funciones más inteligentes como pueden ser los handovers o la autenticación de los terminales móviles, son gestionadas desde otros elementos de la red siendo la BTS controlada por estos. Vamos a pasar a describir las funciones de los diferentes elementos de la BTS que hemos seleccionado.

Para otros modelos y proveedores las funciones serán muy similares, cambiando las prestaciones y potencia de las mismas.

Fabricante: Ericsson

Modelo: RBS2216 Outdoor

Dimensiones (ancho\*fondo\*alto) (mm): 650x888x1400

Peso estimado: 290 Kg.

Potencia Máxima: 2420 W

Potencia nominal estimada: 1380

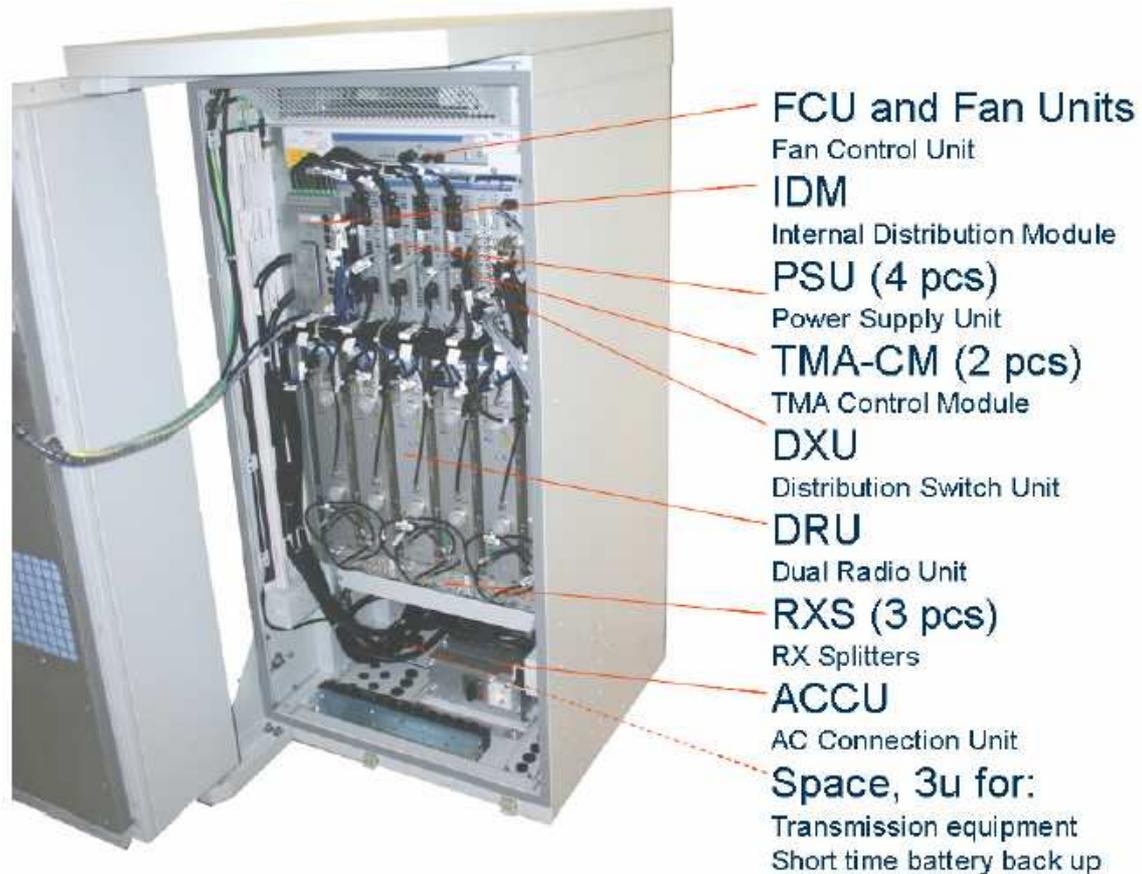


Figura 12. Bastidor RBS2116

### **Power Supply Unit (PSU)**

La PSU contiene un rectificador/convertidor del suministro eléctrico para adaptarlo a los +24 V que necesita el sistema para funcionar.

### **Distribution Switch Unit (DXU)**

Es la unidad de control principal. Hay una una DXU por BTS. Provee a interfaz de puertos E1s para la comunicación con la red. Las principales funciones que desempeña son:

- Interfaz con la BSC
- Extrae la señal de reloj usada de la trama PCM
- Concentración de los control links (LAPD signaling) hacia la BSC
- Control de alarmas
- Interfaz para operaciones y mantenimiento
- Almacena la base de datos con la configuración del equipo

### **Internal Distribution Module (IDM)**

Maneja la distribución del suministro eléctrico ya en continua (+24VDC) hacia las tarjetas instaladas en la BTS.

### **Double Radio Unit (DRU)**

Se trata de la unidad transmisora/receptora y de procesamiento de la señal. Tiene control sobre la amplificación de la señal y cada TRU es capaz de manejar 1 portadora. El modelo usado (DRU) tiene el doble de capacidad por lo que por cada unidad transmitiremos 2 TRX.

### **Combining and Distribution Unit (CDU)**

Con la CDU, podremos combinar varios transmisores una misma antena, utilizando el mismo cable y conector para manejar varios canales. Permite agrupar varias portadoras y ofrecer la funcionalidad de frequency hopping.

### **Configuration Switch Unit (CXU)**

Esta unidad se encarga de la crossconexión entre la CDU y la dTRU en recepción.

### **Fan Control Unit (FCU)**

Pequeña controladora que monitoriza la temperatura en el equipo activando/apagando los ventiladores instalados.

La RBS2116 permite la instalación de hasta 6 tarjetas dTRU (Unidad transceptora doble). Estas tarjetas contienen la circuitería necesaria para convertir la trama PCM que le llega desde la red de transmisión en una señal radio que será enviada por las antenas exteriores. Sus labores son las de modulación-demodulación y amplificación. La zona a cubrir no se espera que curse un tráfico intenso al ser un área industrial pequeña, por lo que se instalarán 2 TRX por sector (1 tarjeta dTRU por sector). En caso de precisar más capacidad en un futuro, siempre se puede ampliar instalando más tarjetas.

Una vez decididos los sistemas que vamos a usar, debemos hacer un estudio de la zona para determinar que canales (frecuencias) se van utilizar en el nuevo emplazamiento. Con el fin de evitar las temidas interferencias, estos no deben coincidir con los asignados a las estaciones vecinas por lo que el ingeniero radio debe de tener especial cuidado en este punto. En la siguiente captura, se muestra una situación ficticia de cómo podrían estar repartidas las estaciones en la zona y el radiocanal asignado a cada sector. Estos canales como hemos mencionado, no deben coincidir, aunque en zonas con una alta densidad es difícil cumplir este criterio ya que el espacio radioeléctrico está limitado y cada operador tiene asignado un número de canales fijo.

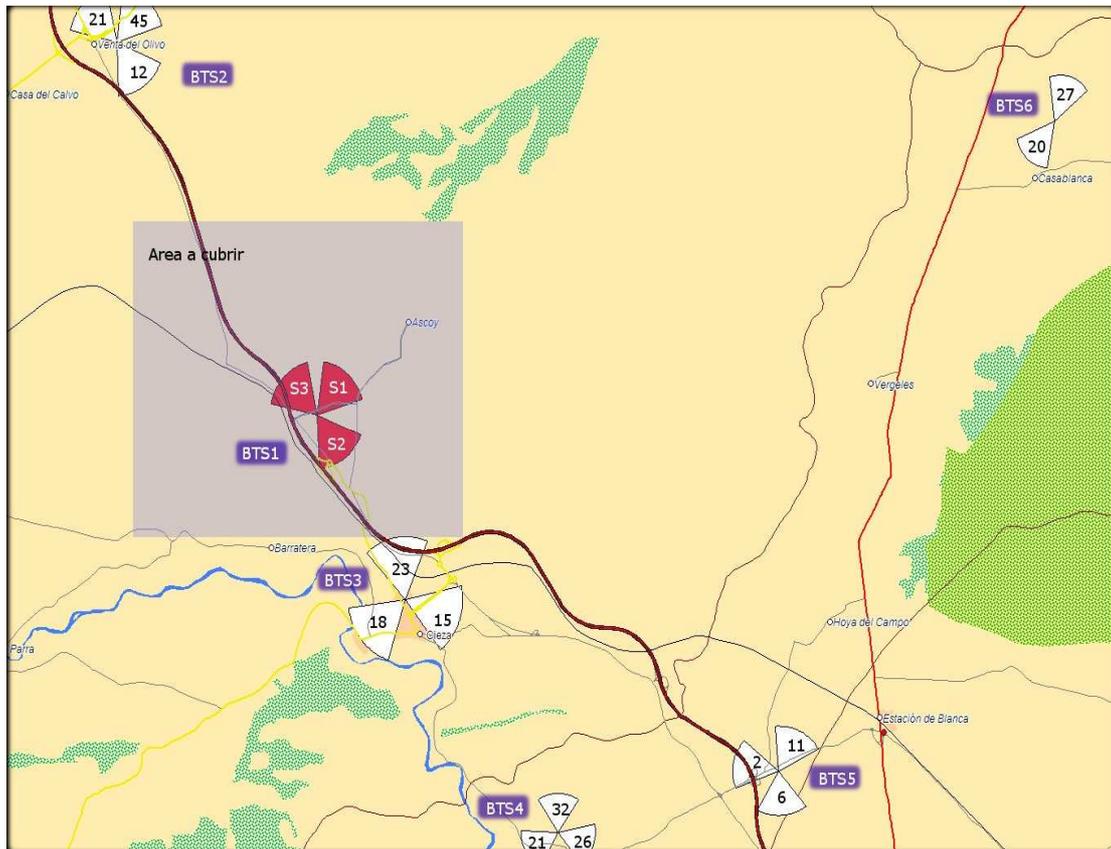


Figura 13. Distribución de frecuencias en red

En nuestro ejemplo vemos como la BTS2 y BTS4 están radiando con el canal 21, aunque no hay peligro de interferencia ya que hay una distancia considerable entre ellas y los sectores no radian hacia la misma zona. En nuestro caso, en el Sector 1 podríamos reutilizar el canal 6 de la BTS5, sector 2 asignaremos el 27 y el sector 3 canal 14.

Para que sea verdaderamente móvil, debemos de decirle a la red que sectores va a tener nuestra nueva estación como vecinos, para sepa que canales buscar cuando estemos en movimiento y necesitemos hacer un traspaso de llamada de una estación a otra (handover). Son las llamadas relaciones de vecindad. En ellas tenemos que indicar a cada sector cuales son las celdas vecinas a las que puede conectarse un terminal en caso de que una llamada iniciada en nuestra estación pierda calidad, o lo que es lo mismo, se está alejando. En el ejemplo de nuestro caso:

**Vecinas de BTS1\_S1:** BTS1\_S2, BTS1\_S3, BTS2\_S1, BTS2\_S2, BTS6\_S1, BTS6\_S2, BTS3\_S1, BTS3\_S3, BTS4\_S1, BTS5\_S1, BTS5\_S2.

**Vecinas de BTS1\_S2:** BTS1\_S1, BTS1\_S3, BTS2\_S2, BTS3\_1, BTS3\_2, BTS3\_S3, BTS6\_S2, BTS5\_S1, BTS5\_S3

**Vecinas de BTS1\_S3:** BTS1\_S1, BTS1\_S2, BTS2\_S1, BTS2\_S2, BTS2\_S3, BTS3\_S3, BTS6\_S2.

Los sectores son nombrados tomando como referencia el norte, siendo el Sector 1 el que esté más cercano al norte, siempre en sentido de las agujas del reloj.

Nótese que los sectores de la misma estación también deben de estar en la lista de vecindades.

Cuando un terminal salga por ejemplo desde el polígono industrial por la N-301 sentido norte, se conectará al sector 2 de nuestra estación. Nuestra BTS le estará dando en todo momento información de las celdas vecinas que hemos definido anteriormente, mientras que el terminal le devolverá unas medidas de niveles de potencia y calidad de estas vecindades, siendo responsabilidad de la BSC (controladora de un conjunto de BTS) decidir en que momento debe hacer un handover hacia otra celda en la que tendrá mejor calidad en el link radio. Una secuencia normal de handovers si un coche circulara por dicha carretera seria:

BTS5\_S3 → BTS4\_S1 → BTS1\_S2 → BTS1\_S3 → BTS2\_S2 → BTS2\_S3.

Se ha obviado la estación BTS3 ya que esta se encuentra dentro de una población y los sectores están configurados con un downtilt alto (la antena apunta hacia abajo) con el fin de radiar solo en la población con los mejores niveles posibles. Además los edificios obstaculizan y debilitan tanto la señal que lo más probable es que la señal de esta estación no llegue a dar cobertura a la carretera.

No hemos tenido en cuenta en este estudio, los canales de hopping que se suelen utilizar. Además del canal de Broadcast, si el sector posee más de un TRX configurado se puede usar para la minimización de interferencias el llamado *frequency hopping*, el cual permite a una llamada en curso ir saltando dentro de los canales asignados para evitar la permanencia en un canal que pueda estar interferido.

Por esto, se debe hacer una revisión también de los canales asignados a hopping en la celdas vecinas para al igual que con el canal broadcast, no lo repitamos y provoquemos ninguna interferencia.

Ya tenemos asignado el recurso básico de GSM, el radiocanal. Hay otro recursos y parámetros importantes que debemos configurar en la red y que varían según el entorno.

- BSIC (Base Station Identify code)

Con este parámetro la BSC distingue a que vecina corresponden los informes de medidas del móvil. Con este código se codifican las ráfagas de acceso y las BTSs discriminan las que no son suyas. Se contruye a su vez de:

$$\text{BSIC}=\text{NCC}+\text{BCC}$$

NCC: código de color de la estación base (3 bits). Identifica a la estación base y la diferencia de aquellas que utilicen la misma frecuencia en el BCCH (FCCH)

NCC: Código de red (3 bits). Identifica a la red GSM y se utiliza para distinguir a los operadores separados por una frontera aunque este código no identifica al operador de forma única.

- BSC (Base Station Controller)

Es la encargada de manejar y controlar a un grupo de BTS que suele ser entre 50-100. Toda estación base debe estar asociada a una BSC, por regla general todas las BTS asociadas a una BSC se encuentra en el mismo ámbito geográfico.

- MSC (Mobile Switching Center)

La MSC maneja las interconexiones entre BSCs y se considera como la central de conmutación. A la hora de integrar la BTS se debe asociar a la MSC que corresponda.

- LAC (Location Area Code)

Esta información se utiliza en el VLR para actualizar la ubicación de los usuarios en una zona. Un grupo de BTS cercanas geográficamente comparten un mismo LAC, habría que asignar el correspondiente a la zona donde instalamos nuestra BTS. Con el LAC formamos el LAI (Location Area Identify). Esta compuesto además por el MCC (Código país) y el MNC (Código de la red móvil):

$$\text{LAI}=\text{MCC}+\text{MNC}+\text{LAC}$$

- CGI (Cell Global Identify)

$$\text{CGI}=\text{LAI}+\text{CI}$$

El CI viaja en el BCCH (canal broadcast). Distingue a las celdas dentro de un mismo LAC. Su longitud máxima es de 16 bits.

- BCCHNO

Es el número de canal que se define para identificar la frecuencia que lleva el BCCH. También se le llama ARFCN (Absolute Radio Frecuencu Channel Number). Debe ser único en cada celda.

- BCCHTYPE

Podemos señalar en el intervalo 0 de la trama robando grupos de paging. Con esto se consigue combinar en un Time Slot el BCCH y el SDCCH (canal usado para señalización).

- DCHNO

Frecuencia en el channel group. Como máximo pueden definirse 16 frecuencia por channel group, en el chgr0, donde el límite es 15.

- SDCCH

Indica el número de TS reservados en el channel group para canales SDCCH

- HOP

Con este parámetro se activa el salto en frecuencia del TCH y el SDCCH del channel group. El transmisor del BCCH no saltará en frecuencia aunque pertenezca a un channel group con el hopping activado.

- HSN

Numero de secuencia de Hopping. Indica el ciclo de salto en frecuencias de un determinado grupo de hopping.

- ACCMIN

Es el mínimo nivel señal recibido con el que se permite al móvil acceder al sistema

- MAXTA

Es el máximo de time advance (distancia en tiempo del móvil con la BTS) para que un móvil pueda mantener la comunicación con la BTS

- TALIM

Time advance a partir del cual la llamada en curso entra en condición de urgencia por TA en el algoritmo de locating. El TALIM siempre debe ser menor que MAXTA para dar tiempo al sistema a forzar un handover.

- LAYER

En GSM es posible aumentar la capacidad de la red aumentando la densidad de BTS mediante el uso de celdas más pequeñas denominadas microceldas. Suelen instalarse en edificios o zonas de tráfico elevado. A estas celdas se les asigna el nivel jerárquico inferior que es la máxima prioridad. Se desea que trabajen en congestión y cursen llamadas incluso en aquellas situaciones donde no se la mejor servidora. Por encima de la microceldas se podrían definir las macroceldas o celdas paraguas, que son celdas de nivel jerárquico superior y por tanto menor prioridad.

El parámetro LAYER nos permite clasificar estas celdas según la prioridad/uso que les queramos dar y según la configuración del sistema las llamadas entraran por ejemplo en una celda de LAYER=3 con buenos niveles de señal, para a continuación pasarla a una celda de LAYER=1 (microceldas) que deseemos que trabaje en congestión y permitir a otros usuarios el acceso a la red a través de la celdas en Layer 3.

- LAYERTHR y LAYERHYST

Nivel de señal (con su histéresis correspondiente para evitar problemas en la frontera) por debajo del cual la celda no puede considerarse de su LAYER, sino de una capa LAYER+1

- BSPWR

Potencia de salida de la BTS en la frecuencia portadora del BCCH

- BSTXPWR

Potencia de salida en el resto de frecuencias.

- MSTXPWR

Potencia máxima transmitida por el móvil durante la conexión.

- BSRXMIN

Nivel mínimo de señal recibida por la BTS, para que la celda pueda considerarse como un posible candidato de Handover.

En la familia de BTS de Ericsson existen infinidad de parámetros que nos sirven para ajustar los handovers, controlar la potencia transmitida y muchos otros controles destinados a mejorar la QoS. Para otros operadores existen funcionalidades similares que deben ser consultadas en la guía del producto.

La práctica mayoría de los operadores de telefonía, definen una reglas de ingeniería que unos valores definidos para cada uno de estos parámetros, por lo que el ingenieros tan solo tiene que asignar aquellos valores propios de la estación como el BCCH (canal de broadcast) que hemos explicado cómo se selecciona al inicio de este capítulo. No es objetivo de este documento profundizar en la configuración de estos parámetros.

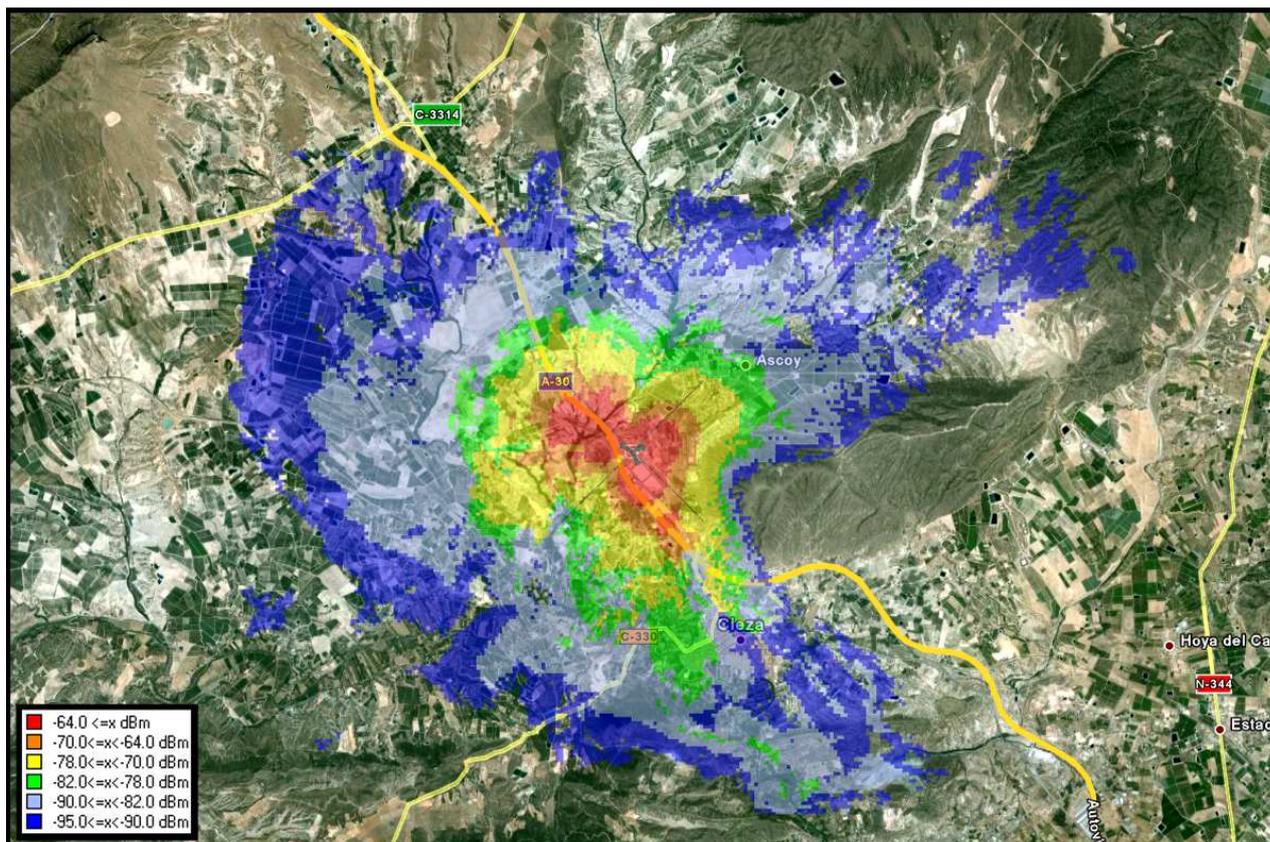


Figura 14. Simulación de cobertura

## 6. Integración del nodo B en la red 3G

### Equipos de telecomunicación.

En el siguiente capítulo, haremos una descripción de los equipos que instalaremos y la definición de los parámetros con los que pondremos a radiar el nodo.

En la actualidad, son muchos los proveedores de equipos de telefonía móvil para estaciones base, Ericsson, Siemens, Nokia, Huawei, Nortel...cada uno con sus características y peculiaridades, como capacidad, dimensiones, funcionalidades extra y sobre todo el precio de los mismos. Al final la arquitectura de red y el estándar GSM y UMTS provoca que las diferencias entre un proveedor y otro sean escasas.

En nuestra instalación nos vamos a centrar para un equipo Huawei para 3G.

### Equipamiento UMTS

En nuestro emplazamiento, ubicado en un polígono industrial con una torre de celosía, no esperamos la instalación de más equipos aparte del básico para ofrecer cobertura 3G, 2G y el propio sistema de transmisión, por lo nos hemos decidido por un bastidor Outdoor con el que abarataremos los costes al prescindir de una caseta prefabricada.

Con el fin de optimizar al máximo el espacio, usaremos el mismo bastidor de energía APM30 de Huawei, para instalar nuestro equipo de UMTS de Huawei de reducidas dimensiones, tan solo ocupa 1U de altura (más otra redundante) y el equipo de transmisión.

Se instalará el sistema distribuido de Nodos B 'DBS 3800' de Huawei, formado por los siguientes elementos:

### BBU 3806

Es la unidad que realiza el procesado en banda base del nodo B, dejando la parte de RF a la RRU. La BBU gestiona y controla hasta 3 RRU mediante fibra, y por medio del equipo de transmisión se conecta a la RNC que gestiona dicho Nodo. Dispone de dos versiones una de alimentación a -48V dc y otra alimentada a +24 Vdc.

El rango de temperaturas de funcionamiento es: -5 ~ +55 °C, con un margen de temperatura de 5°C, es decir entre +55 ~ +60 °C funcionaría perfectamente, pero podría disminuir la vida útil del equipo.

La BBU 3806 ocupa 1 U de altura, dejando siempre como reserva otra U para una segunda BBU 3806, y sobre esta posición se instalará un panel auxiliar de alarmas externas en los casos que sean necesarios. Se ubicará en el interior del equipo de fuerza APM30.

Las conexiones necesarias son:

- Alimentación a -48Vdc desde un disyuntor de 6 A.
- Conexión a tierra.
- Conexión FO hacia la RRU (1 manguera por cada RRU).

Conexión E1 a los enlaces de Transmisión hacia la RNC. (hasta 8 E1s).

Número de equipos BBU necesarios: **2**.

### **RRU 3801C**

Es la unidad exterior responsable de la parte de radiofrecuencia, que se conecta a las antenas, siendo necesario una RRU por sector. Existen dos modelos, uno de 20 W y otro de 40 W, con dos versiones de alimentación tanto a -48V DC como 220 V AC.

El rango de temperaturas de funcionamiento es: -33 ~ +45 °C, con un margen de temperatura de 10° C, para unas condiciones de radiación solar 1120 W/m<sup>2</sup>.

La conexión entre la RRU y la BBU se realizará mediante fibra óptica

Las características de las RRU son:

<b>Diferencia entre las RRUs</b>	<b>20W RRU</b>	<b>40W RRU</b>
% Eficacia Energía	19%	33%
Tamaño sin carcasa (mm)	480(alto)* 340(ancho)* 135(prof)	480(alto)*365(ancho)*145(prof)
Tamaño con carcasa	565(H)*390(W)*165(D)	610(H)*380(W)*200(D)
Peso sin carcasa(kg)	18	20
Consumo(W)	210	240

Las conexiones necesarias son:

- Alimentación en DC desde un disyuntor de 10 A o en alterna desde un disyuntor de 3A.
- Conexión a tierra.
- Conexión de la FO procedente de la BBU (una manguera por cada RRU).
- Conexión con el sistema radiante (directamente a la antena o a un diplexor).

## **Ubicación de las RRUs:**

Como hemos dicho, la RRU de Huawei es la encargada de modular a la frecuencia de radiación la señal proveniente de la BBU, con ello conseguimos reducir las pérdidas que se producen en los antiguos equipos los cuales sacaban la señal ya modulada en la frecuencia de transmisión y en el camino hasta la antena se producían considerables pérdidas. Con este sistema, la señal viaja en banda base a través de la fibra óptica y se intenta reducir al máximo la sección de coaxial hasta la antena, por lo que cuanto más cerca de la antena se instale la RRU mejor.

En nuestro caso, en lo alto de la torre se instalan unos mástiles de 3 metros, suficientes para alojar la antena y la RRU debajo.

## **Principios básicos W-CDMA**

El sistema UMTS, a diferencia del GSM, no utiliza distintas frecuencias en cada estación para evitar interferir unas con otras, sino que todas utilizan la misma. Para saber con qué estación debe comunicarse el terminal, son necesarios en este caso unos códigos ortogonales entre sí llamados scrambling code (SC) para diferenciar un nodo de otro. Digamos que el terminal escuchará siempre en la misma frecuencia, pero solo hará caso de los paquetes marcados con un determinado SC, que en definitiva será el sector que le proporcione la cobertura necesaria.

La ventaja de esta técnica es que se puede utilizar siempre todo el espectro asignado (5Mhz) y no una ventana de frecuencia como en GSM (200Khz), con la consiguiente mejora en el ancho de banda del canal. Además, al estar escuchando el terminal móvil todos los paquetes que provienen de distintas localizaciones, vía software será capaz de estar conectado a varias estaciones a la vez, mejorando el nivel de señal combinado. Otras técnicas más avanzadas (HSPA) hacen uso de una segunda frecuencia de transmisión para aumentar aún más el ancho de banda.

Dicho esto, debemos asignar a cada uno de nuestros sectores 3G un SC que no se esté emitiendo por ninguna de las estaciones cercanas para evitar interferir en ellas. El método usado será similar al descrito en la asignación de canales en 2G, con la ventaja de que tenemos muchos más códigos disponibles y de que la señal 3G al ser de una frecuencia mayor se desvanece antes y con lo que, en la misma área, podremos reutilizar más códigos en comparación a GSM donde los radiocanales tienen más alcance.

La técnica de modulación usada, es WCDMA. Como hemos comentado, los usuarios comparten en todo momento toda la frecuencia y acceden al medio al mismo tiempo. Para lograr esto, la señal estrecha es multiplicada por una señal de gran ancho de banda, la cual es una secuencia de códigos aleatorios que tiene una velocidad mayor a la velocidad de los datos del mensaje, estos códigos serán únicos por usuario. Con estos se consiguen múltiples ventajas

como una mayor fortaleza ante interferencia y mayor ancho de banda para transmisión a alta velocidad.

En canales de banda estrecha, aumentando el ancho de banda transmitido de la señal resulta que la probabilidad de que la información recibida sea correcta aumenta, porque cada señal es una compilación de muchas señales menores a la frecuencia fundamental y sus armónicas, entonces el aumento de la frecuencia resulta en una reconstrucción más exacta de la señal original.

La desventaja efectiva en sistemas de banda estrecha para telecomunicaciones es la limitación de la capacidad del canal, así que las señales deben transmitirse con la potencia suficiente para que la interferencia por ruido gaussiano no sea efectiva y la probabilidad de que los datos recibidos no sean correctos permanecerá baja. Esto significa que la SNR efectiva debe ser suficientemente alta para que el receptor pueda recuperar la señal transmitida sin error.

Los errores introducidos por un canal hostil pueden reducirse a cualquier nivel deseado sin sacrificar la tasa binaria de transferencia de información que utiliza. La ecuación de Shannon describe la capacidad del canal. La SNR se puede disminuir sin que aumente la tasa de error de bit. Esto significa que si la señal se ensancha sobre un ancho de banda grande con un nivel menor de potencia espectral, aún se puede lograr la tasa requerida. Si la potencia total de señal se interpreta como la zona bajo la densidad espectral de potencia, entonces señales con la potencia total equivalente pueden tener o una potencia grande de señal concentrada en un ancho de banda pequeño o una potencia pequeña de señal esparcida sobre un ancho de banda grande.

El sistema W-CDMA es el sistema que aprovecha el ancho de banda de forma más eficiente en ambientes multiusuario. Por esta razón, el sistema W-CDMA se convierte en una elección ideal para zonas metropolitanas con gran densidad de usuarios.

Un código W-CDMA es utilizado para modular la señal a transmitir. Dicho código consiste en una serie de impulsos binarios o chips, conocido como una secuencia de pseudo-ruido (PN), que es una secuencia binaria con un periodo determinado. El código se ejecuta a una tasa más alta que la señal a transmitir y determina el ancho de banda real de transmisión.

Una señal de espectro ensanchado en secuencia directa (SS/DS-SS) se obtiene modulando la señal a transmitir con una señal pseudo-aleatoria de banda ancha (código de pseudo-ruido). El producto da una señal de banda ancha. Un código de pseudoruido es una secuencia binaria representada con valores -1 y 1, que posee propiedades similares a las del ruido. Esto determina valores pequeños de correlación entre los códigos y la dificultad de bloqueo o detección de una señal de información por un usuario no deseado.

La dispersión de energía sobre una banda ancha, o rebajar la densidad espectral de potencia, hace que el sistema W-CDMA genere señales menos probables para interferir con comunicaciones de banda estrecha, porque la potencia ensanchada de la señal está cerca de los niveles gaussianos de ruido. Como ya se ha visto, las comunicaciones de banda estrecha, ocasionan poca o ninguna interferencia en sistemas W-CDMA porque el receptor de correlación integra sobre un ancho de banda muy amplio para recuperar una señal W-CDMA.

### **Codigos CDMA (Spreading codes)**

Existen dos familias de códigos W-CDMA empleadas, los códigos PN y los códigos ortogonales. Los códigos PN son secuencias pseudoaleatorias generadas por un registro de desplazamiento realimentado y se emplean para la diferenciación de usuarios o nodos B. Los más utilizados en W-CDMA se generan utilizando un registro de desplazamiento lineal. La correlación cruzada teórica entre códigos ortogonales es cero en una transmisión síncrona. Las secuencias de Walsh son los códigos ortogonales comúnmente utilizados para el ensanchamiento del espectro y para la separación de canales o de usuarios en sistemas W-CDMA.

En una transmisión W-CDMA la señal de información es modulada mediante un código CDMA y en el receptor la señal recibida es correlada con una réplica del mismo código. Debido a esto, es importante que exista una baja correlación cruzada entre la señal deseada y las señales interferentes de los demás usuarios para poder suprimir la interferencia multiusuario. También se requiere que tengan una buena autocorrelación para una buena sincronización. Además, la buena autocorrelación es importante para eliminar la interferencia debida a la propagación multicamino. Las funciones de autocorrelación y correlación cruzada están relacionadas de forma que en un mismo instante de tiempo no se pueden alcanzar buenos valores de ambas.

Así pues se utilizarán las funciones de autocorrelación y correlación cruzada periódicas para juzgar si un código está cualificado o no para ser utilizado. En particular se utilizan las funciones de autocorrelación y correlación cruzada discretas que se pueden ver a continuación:

. Función de autocorrelación periódica:

$$\phi_{xx}(l) = \sum_{i=1}^L c_x(i)c_x[(i+l) \bmod L] \quad \text{para } 0 \leq l \leq L-1$$

. Función de correlación cruzada periódica:

$$\phi_{xy}(l) = \sum_{i=1}^L c_x(i)c_y[(i+l)\text{mod } L] \quad \text{para } 0 \leq l \leq L-1$$

donde,

- .  $C_x(i)$  es el i-esimo chip del codigo x con longitud L.
- .  $C_y(i)$  es el i-esimo chip del codigo y con longitud L.

Para los sistemas CDMA, los códigos deben de tener un pico grande en la autocorrelacion para  $l=0$ . Para el resto de valores de  $l$ , la función de autocorrelacion debe de ser tan próxima a cero como sea posible. Esto será útil a la hora de poder sincronizar el transmisor y el receptor. Para una gran capacidad multiusuario en sistemas CDMA, los diferentes códigos deben de ser ortogonales entre ellos, siendo cero el valor de la función de correlación cruzada para  $l=0$ .

Para cualquier código conocido, las propiedades de las funciones de autocorrelacion y correlación cruzada, que se requieren en los sistemas CDMA, no pueden cumplirse simultáneamente. Además, la condición de que el valor de la correlación cruzada para  $l=0$  es cero, es válida solo cuando las señales recibidas están alineadas en tiempo, lo que solo se cumple en el caso del enlace Downlink, ya que en el Uplink todas las señales de los usuarios tienen diferentes caminos de propagación hacia el Nodo B y no están alineadas en el tiempo.

Mientras que hay muchos códigos que cumplen la propiedad de la correlación cruzada para  $l=0$ , en muchos casos no se cumplirá que el valor de la función de correlación cruzada sea bajo para valores  $l$  distintos a 0.

En muchos casos los códigos de ensanchamiento son generados con un registro lineal de desplazamiento junto a unos operadores lógicos apropiados. Dichos operadores realimentan a la entrada del registro una combinación de los estados de dos o mas de sus registros.

Las conexiones de los registros al modulo sumador vienen determinadas por el polinomio generador de la secuencia PN, que es de la forma:

$$G(X) = 1 + A_1X + A_2X^2 + \dots + A_NX^N$$

Donde  $A_i$  es '1' o '0' dependiendo si hay conexión o no con el modulo sumador.

El estado inicial de los registros es lo que se denomina semilla del código. Los sumadores lógicos realizan una OR-Exclusiva (XOR) de los registros para ser realimentados. Para el caso de códigos binarios la operación de suma modulo-2 es equivalente a la operación XOR. Hay que tener en cuenta que no todos los polinomios generadores producen una secuencia PN de máxima longitud, por lo que es necesario consultar tablas estándar donde se encuentren las especificaciones. Las M-Secuencias son códigos que tienen la máxima longitud realizable con un registro de desplazamiento consistente en N casillas, de ahí procede su nombre Máxima-

Secuencia. Dicha longitud es  $L=2N-1$ . Las M-Secuencias están definidas por los denominados polinomios irreducibles o primitivos. Para diferentes valores iniciales de las casillas, la M-Secuencia obtenida es siempre la misma, la única diferencia es que empieza con un desplazamiento en el tiempo llamado fase de código.

A continuación se pueden ver las propiedades más importantes de las M-Secuencias:

- Para la función de autocorrelación se puede encontrar:

$$\phi_{xx}(l) = \begin{cases} L & \text{para } l = 0 \\ -1 & \text{para } 1 \leq l \leq L-1 \end{cases}$$

- Hay  $2N-1$  unos y  $2N-1-1$  ceros en un periodo de código.

- El número de repeticiones (un cierto número de chips consecutivos con el mismo valor) de longitud  $p$  es  $2N-(p+2)$  tanto para los ceros como para los unos.

- No hay repeticiones de ceros de longitud  $N$  o de unos de longitud  $N-1$ . Además, el número de repeticiones decrece en potencia de 2 a medida que su longitud crece. La distribución estadística de unos y ceros aparenta ser totalmente aleatoria pero está bien definida y siempre es la misma. Esta aleatoriedad también se puede ver en la forma de la función de autocorrelación, ya que la correlación de una M-Secuencia con una versión de ella misma desplazada en el tiempo es casi cero, indicando que los valores del código  $c(i)$  son estadísticamente independientes.

- Si una M-Secuencia se suma modulo-2 con una versión de ella misma desplazada en el tiempo, el resultado es la misma secuencia de código con un nuevo desplazamiento en el tiempo. Si dos M-Secuencias diferentes de igual longitud se suman modulo-2, el resultado es una secuencia compuesta de igual longitud. Esta secuencia compuesta es diferente para cada combinación de desplazamiento en el tiempo de las secuencias originales. Gracias a este resultado se pueden generar un gran número de códigos diferentes.

- Se ha demostrado que para todas las M-Secuencias de una determinada longitud, sólo unas pocas de ellas tienen unas buenas propiedades de correlación cruzada. En este contexto buenas significa que la correlación cruzada solamente toma tres posibles valores:

$$\phi_{xy} = \{-1, -\Theta_c(N), \Theta_c(N) - 2\} \quad \text{con} \quad \Theta_c(N) = 2^{\lfloor N/2 + 1 \rfloor} + 1$$

Desafortunadamente el número de M-Secuencias con estas buenas propiedades de correlación cruzada, también conocido como *mightiness*, es muy pequeño y no crece con la longitud de las M-Secuencias

## Secuencias Gold

Las secuencias de Gold son generadas mediante la suma modulo-2 de dos "buenas" M-Secuencias de igual longitud.

Aunque el número de "buenas" M-Secuencias es bajo, se pueden obtener un gran número de secuencias de Gold. Esto es debido a que dos M-Secuencias pueden tener hasta  $2^N - 1$  desplazamientos relativos diferentes entre ellas, y cada desplazamiento resulta en una secuencia de Gold diferente como se explica en las propiedades de las M-Secuencias.

En oposición a las M-Secuencias, la función de autocorrelación de los códigos Gold tienen cuatro posibles valores diferentes mientras que la correlación cruzada posee tres posibles valores:

$$\begin{aligned}\phi_{xx}(l) &= \{L, \Theta_c(N) - 2, -1, -\Theta_c(N)\} \\ \phi_{xy}(l) &= \{\Theta_c(N) - 2, -1, -\Theta_c(N)\} \\ \Theta_c(N) &= 2^{\lfloor N/2 + 1 \rfloor} + 1\end{aligned}$$

Comparando las secuencias de Gold con las M-Secuencias con respecto a las funciones de correlación, se puede ver como para las secuencias de Gold hay un mayor número de códigos que cumplen la propiedad de la correlación cruzada. Esto está compensado con un empeoramiento de la función de autocorrelación. Los códigos Gold se utilizan en UMTS para el Scrambling

## Códigos ortogonales

En 1923, J.L Walsh definió un sistema de funciones ortogonales. La característica más importante de los códigos de Walsh es la perfecta ortogonalidad entre los códigos, y es por ello, que se utilizan en aplicaciones de comunicaciones. Las secuencias de Walsh son utilizadas en UMTS como códigos de canalización en el Uplink y en el Downlink.

Las secuencias de Walsh se pueden generar con la ayuda de las denominadas matrices de Hadamard, las cuales son matrices cuadradas. Cada fila o columna de una matriz de Hadamard es una secuencia de Walsh. Las matrices de Hadamard se pueden calcular utilizando la siguiente regla recursiva:

$$H_1 = [1]$$

$$H_{i+1} = \begin{bmatrix} H_i & H_i \\ H_i & -H_i \end{bmatrix}$$

O lo que es lo mismo,

$$H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$H_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Se puede ver con facilidad que todas las columnas y las filas son mutuamente ortogonales. Las siguientes propiedades se pueden derivar si se define la secuencia de Walsh  $W_i$  como la  $i$ -ésima fila o columna de una matriz de Hadamard:

- Las secuencias de Walsh son secuencias binarias con valores de +1 y -1.
- La longitud de las secuencias de Walsh son siempre potencia de 2.
- Siempre hay  $L$  secuencias diferentes de longitud  $L$ .
- Las secuencias de Walsh son mutuamente ortogonales si están sincronizadas, es decir,  $\sum_{l=0}^{L-1} W_i(l)W_j(l) = 0$ .
- Si dos secuencias de Walsh tienen desplazamiento en el tiempo, la función de correlación cruzada puede tomar valores mayores que el pico de la función de autocorrelación, el cual es igual a la longitud  $L$  de la secuencia. Aunque también es posible que la función de correlación cruzada tome un valor de cero incluso cuando existe cualquier desplazamiento en el tiempo.
- Todas las secuencias de Walsh comienzan por +1.

Como ya se ha mencionado, estas secuencias son completamente ortogonales para un retraso cero. Para otros retrasos, tienen muy malas propiedades de correlación cruzada y por eso sólo son apropiados para sistemas síncronos. Debido al efecto de la propagación multicamino, es necesario combinar estas secuencias con otras que eliminen dicho efecto, para evitar la interferencia producida por el mismo código.

La ganancia del rendimiento de los códigos ortogonales depende del perfil del canal, de la dispersión y de las pérdidas debidas a la propagación. Cuanto mejor sea el aislamiento entre células y menor sea el efecto multicamino, mayor será la ganancia del rendimiento del sistema.

## Handover

En CDMA, todos los usuarios en la misma celda comparten el mismo espectro de frecuencia simultáneamente. En la transmisión de espectro ensanchado, la tolerancia a la interferencia permite el reuso de frecuencia. Esto es la base para otras funciones de la red, por ejemplo, esto permite nuevas funciones como el soft handover, pero también causa estrictos requerimientos de control de potencia.

Existen tres clases de handover en WCDMA, Soft Handover, Hard Handover y Handover entre sistemas. El proceso de handover en el sistema, está basado en varios criterios de RF medidos por el terminal móvil o por el sistema, como por ejemplo el nivel de señal (RSSI), la

calidad de conexión y el retraso en el nivel de potencia de propagación. Este proceso también puede depender del tráfico actual en una celda, requerimiento de mantenimiento, niveles de interferencia, entre otros.

Para saber si un proceso de handover es necesario, el terminal toma mediciones de radio en las celdas vecinas y son reportadas con el fin de encontrar la celda más viable para el terminal.

El soft handover, se ejecuta dentro del mismo sistema, mientras que el handover duro puede ser ejecutado por la red UTRAN, o incluso con la participación del núcleo de la red. A nivel de red, el soft handover suaviza el movimiento de un terminal de una celda a otra, éste ayuda a minimizar la potencia de transmisión demandada por el enlace uplink y downlink.

El handover entre sistemas consiste, como su nombre bien indica, en el traspaso entre sistemas distintos, como puede ser de UTRAN a GSM. Este tipo de handover es el más complicado ya que se tienen que cumplir ciertos requisitos.

El usuario debe contar con un terminal dual (UTRAN/GSM), el handover toma más tiempo debido a que tiene que sincronizarse con el sistema al que se está ingresando, la transmisión debe de ser detenida en UTRAN y reiniciada en GSM, además de la adaptación de tasas de transmisión distintas.

En el caso de UTRAN, existen además otros tipos: Softer Handover, Handover entre frecuencias y el Handover entre modos. El softer Handover aparece cuando un terminal se encuentra en un área en donde dos celdas se solapan, con la diversidad se suma la señal proveniente de ambas y así el nodo puede transmitir con menos potencia. El handover entre frecuencias consiste en que el terminal cambia su frecuencia portadora resultando esto en un handover duro. El handover entre modos es para el caso específico de UTRAN FDD y TDD.

## 7. Canal de transmisión

Todo estación base, debe estar conectada al resto de la red por medio de un canal de transmisión. Este canal es necesario para transportar la información del usuario y la señalización procedente del controlador de la red y demás elementos de la red, imprescindibles para el correcto funcionamiento del sistema.

Cuando se instala un nuevo nodo, se estudia la situación del punto y los recursos disponibles para proporcionar este canal, teniendo en cuenta tanto la orografía del terreno como los equipos y recursos que tenemos a nuestra disposición. En un entorno rural lo más usual es utilizar un radio-enlace contra otra estación ya integrada la cual dispone de conexión de fibra óptica o está conectada a un hub o concentrador.

En zonas urbanas es más fácil y barato disponer de fibra óptica en el mismo emplazamiento, lo cual se traduce en una mayor capacidad de transmisión del nodo y fiabilidad en la comunicación. Un radio-enlace es más proclive a la caída del link en días de condiciones meteorológicas adversas y las futuras ampliaciones están más limitadas y pueden conllevar un cambio de hardware. Con fibra óptica, aunque los equipos inicialmente sean más caros, las ampliaciones son menos costosas de realizar, el canal es más seguro y el medio puede ser compartido con muchos otros nodos.

En definitiva, se suele instalar un radio-enlace cuando la distancia del nodo más cercano sea lejana, no haya presupuesto para fibra, se una instalación temporal o se necesite una rápida integración del nodo. Los casos de fibra se dejan para nodos que se espera que generen tráfico intenso, se puedan convertir en hub de transmisión.

Para nuestro caso, se trata de un nodo que se encuentra en un polígono industrial a las afueras de la población. La mejor opción en este caso es un radio-enlace, ya que la estación se encuentra aislada y no se espera un despliegue masivo en la zona que haga rentable una instalación de fibra óptica.

En cuanto a la capacidad requerida, hay que tener en cuenta de que además de una estación GSM para tráfico de voz, se instalara un nodo 3G HSPA para ofrecer banda ancha móvil. Por ello, se configurara el nodoB inicialmente con 5 E1s (10Mbps), mientras que la BTS que cursara principalmente tráfico voz con 1 E1 seria suficiente.

En el mercado tenemos múltiples opciones de configuración y modelos de enlaces, siendo la más extendida entre los operadores las soluciones de Ericsson. La familia más utilizada en la actualidad es la Traffic Node, la cual permite hacer crossconexiones internas sin necesidad de cableado, conexión por fibra y enlaces de alta capacidad.

En un emplazamiento con equipos Traffic Node se pueden distinguir dos partes, la interior o *indoor* y la exterior o *outdoor*.

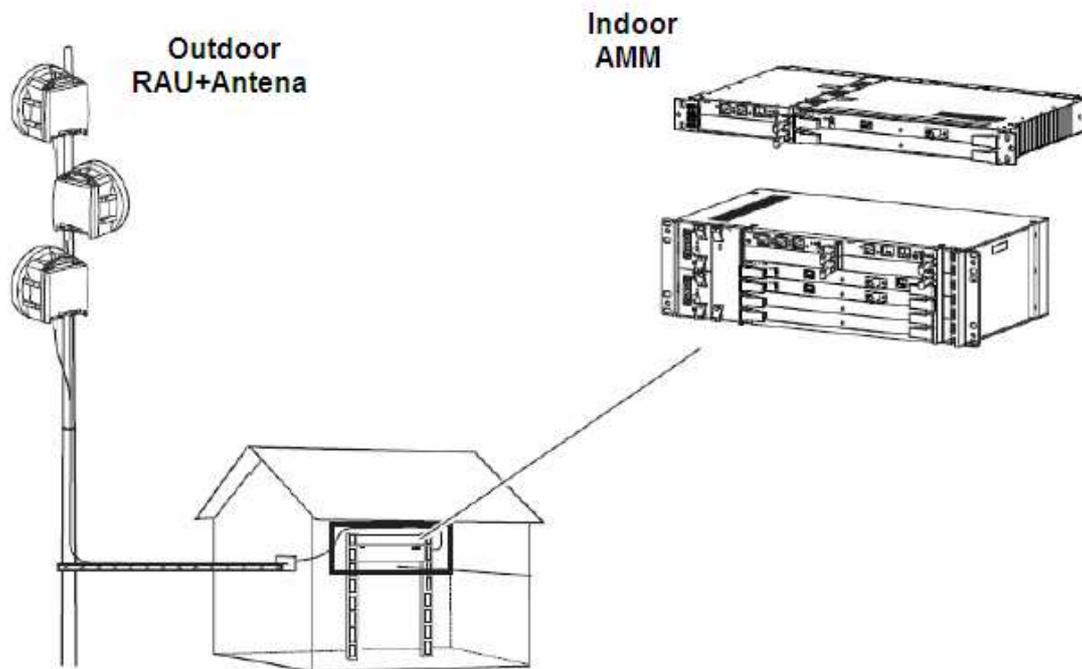


Figura 15. Partes outdoor e indoor de un emplazamiento con Traffic Node

En el *indoor* encontraremos los siguientes elementos

- AMM (Access Module Magazine) y diferentes tarjetas extraíbles

Asimismo, la parte *outdoor* se compone de

- RAU (Radio Access Unit) y antena

Según las funcionalidades que ofrecen, es conveniente separar los elementos del sistema Traffic Node en dos grandes bloques:

1. **Nodo básico:** Elementos que ofrecen los sistemas básicos de alimentación y comunicación entre elementos, así como diferentes interfaces (PDH, SDH, Ethernet) para conectar a equipos externos. También incluye funciones de gestión, enrutamiento, multiplexación y protección del tráfico.
2. **Terminal radio:** Elementos que ofrecen transmisión por microondas de 2Mbps a 155 Mbps, operando en las bandas de 6 a 38 GHz y utilizando diferentes esquemas de modulación: CQPSK y 16, 64 o 128 QAM. Pueden configurarse en modo protegido por duplicidad de *hardware* (1+1) o modo no protegido (1+0).

Tomando como guía esta última división, pasamos a describir los diferentes elementos que componen cada parte.

## Nodo Básico

### Access Module Magazine (AMM)

El equipamiento interior básicamente consta de un AMM (*Access Module Magazine*) con varias tarjetas extraíbles interconectadas por la placa posterior o *backplane*. Cada tarjeta ocupa una ranura o slot en el AMM. Las dimensiones de los AMM permiten instalarlos en los racks de transmisión habituales de 19".

A continuación se describen los diferentes tipos de AMM que se utilizarán en este proyecto.

#### - AMM 2p B

Indicado para emplazamientos repetidores o sitios sin radioenlaces que necesiten disponer de interfaces extra (por ejemplo, Ethernet).

El AMM 2p B tiene dos slots de ancho mitad equipados con una NPU3 (o NPU3B) y una LTU3 12/1, y otros dos slots de ancho completo donde pueden insertarse tarjetas MMU, LTU o ETU.



Figura 16a. AMM 2p B

Puede instalarse en un rack de 19" o de forma aislada en pared utilizando un kit de montaje apropiado. La altura del AMM es de 1U.

Admite alimentación a -48 V DC o +24 V DC de forma redundante. Dispone de dos conectores DC en el frontal conectados al *backplane*. Para conseguir redundancia de alimentación, se deben conectar dos tomas de alimentación diferentes.

#### - AMM 6p C / D

Este AMM es apropiado para hubs de tamaño mediano o emplazamientos pequeños prioritarios donde se requiera utilizar enlaces 1+1.

El AMM 6p C ofrece cinco slots horizontales de ancho completo, dos slots horizontales de ancho mitad y dos slots verticales.



*Figura 16b. AMM 6p C*

Incluye una unidad de ventilación (FAU2), una NPU3 (o NPU3 B) y una LTU3 12/1 en los slots de ancho mitad y dos tarjetas PFU3B. Éstas proporcionan redundancia de alimentación, y pueden conectarse tanto a -48 V DC como a +24 V DC. El resto de los slots pueden ir equipados con cualquier tipo de tarjeta (MMU, LTU o ETU).

Se puede montar en un rack de 19" o directamente a pared utilizando un kit de montaje apropiado. La altura del AMM 6p C es de 3U.

- AMM 20p B

El AMM 20p B es adecuado para emplazamientos de transmisión de gran tamaño, por ejemplo los situados en la intersección entre una red óptica y otra de microondas. Ofrece 20 slots de tamaño completo, uno de ellos ocupado por la NPU1 B, además de dos sub-slots para las dos PFU1. El resto pueden equiparse con cualquier tipo de tarjeta.

La configuración estándar se distribuye con sólo diez slots habilitados. Para activar los diez restantes, es necesaria una licencia de extensión ("AMM 20p Slot Extension).

Este AMM se instalará en un rack de 19". Junto con la unidad de ventilación (FAU1), la bandeja inferior de cableado y la placa superior de conducción de aire ocupa un total de 10U



Figura 17. AMM 20p B

La alimentación se realiza a través de las dos tarjetas PFU1 exclusivamente a -48 V DC, y se distribuye al resto de tarjetas por el *backplane*.

## Tarjetas

### Node Processor Unit (NPU)

La tarjeta NPU implementa las funciones de control del sistema. Es obligatorio tener siempre una NPU por AMM.

Los dos tipos de NPU que se instalarán son:

- **NPU1 B** Para AMM 20p
- **NPU3** Para AMM 2p B y AMM 6p C / D
- **NPU3B\*** Para AMM 2p B y AMM 6p C / D

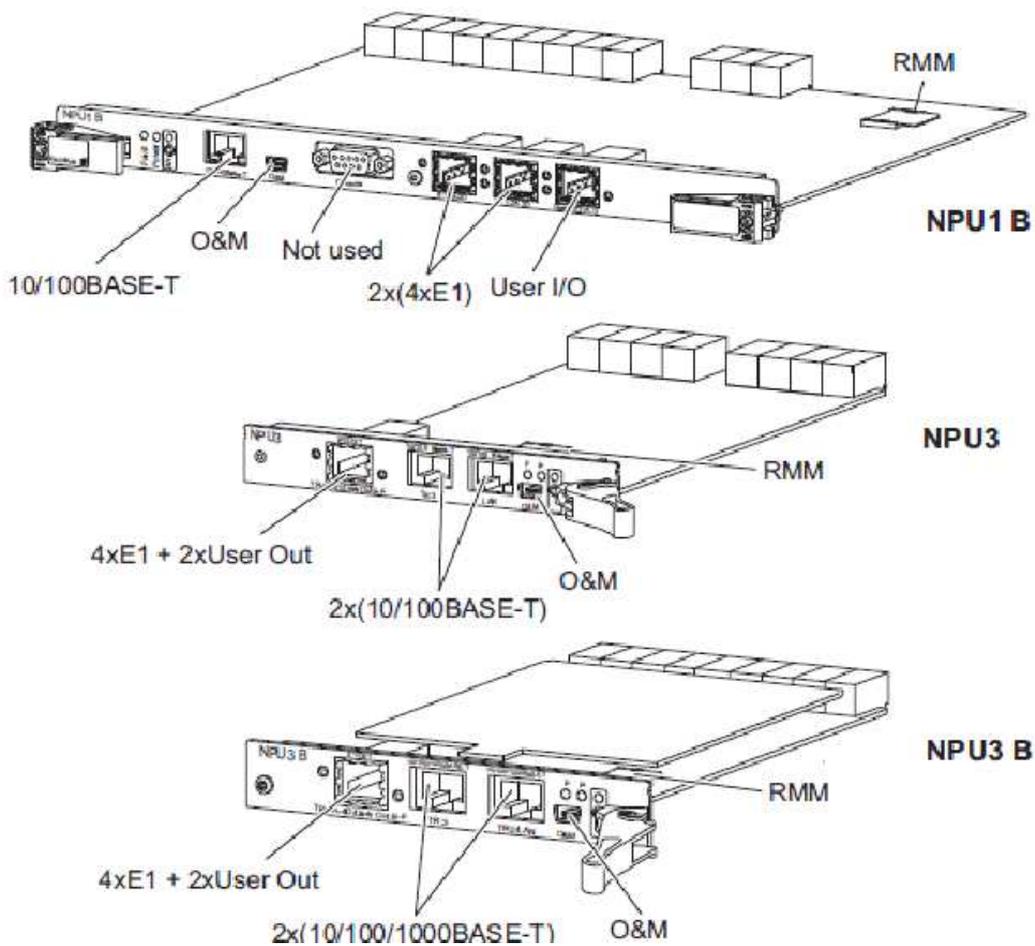


Figura 18. NPUs

Características principales:

- Supervisión y control del equipo
- Manejo de tráfico
- Router IP para tráfico de la DCN
- Sólo NPU3 B: Switch Ethernet

Disponen de los siguientes interfaces:

- 4xE1 (NPU 3) / 8xE1 (NPU1 B) para entradas/salidas de tráfico PDH
- Interfaz Ethernet para conexión a la red local (LAN)
- Sólo NPU3: puerto 10/100BASE-T para tráfico IP.
- Sólo NPU3 B: dos puertos 10/100/1000BASE-T para tráfico IP (el puerto de DCN LAN se puede configurar como segundo puerto de datos IP).

La NPU dispone de una pequeña tarjeta extraíble (RMM) que almacena la configuración y licencias, de forma que sea más sencillo reemplazar la tarjeta en caso de fallo.

### Line Termination Unit (LTU)

Estas tarjetas proporcionan interfaces PDH extra cuando no sean suficientes los 4 u 8 de la NPU.

Existen varios tipos:

- **LTU3 12/1** Ofrece 12 interfaces E1.

Se suministrará siempre en los AMM 6p instalada en el semi-slot contiguo a la NPU, completando un mínimo de 16 E1 por AMM 6p

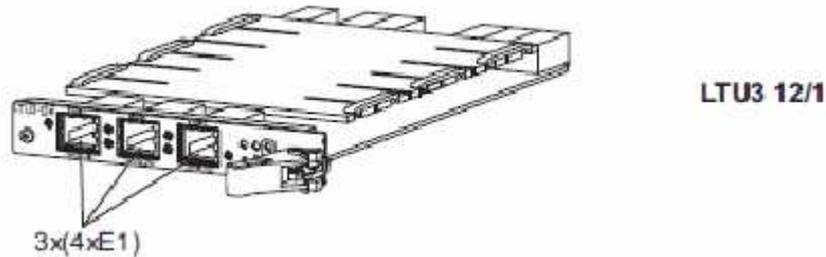


Figura 19. LTU3 12/1

- **LTU 16/1** Ofrece 16 interfaces E1 adicionales

- **LTU 32/1** Ofrece 32 interfaces E1 adicionales

Estas dos últimas son tarjetas de ancho completo que pueden ir en cualquier slot de ese tamaño del AMM 6p o AMM 20p.

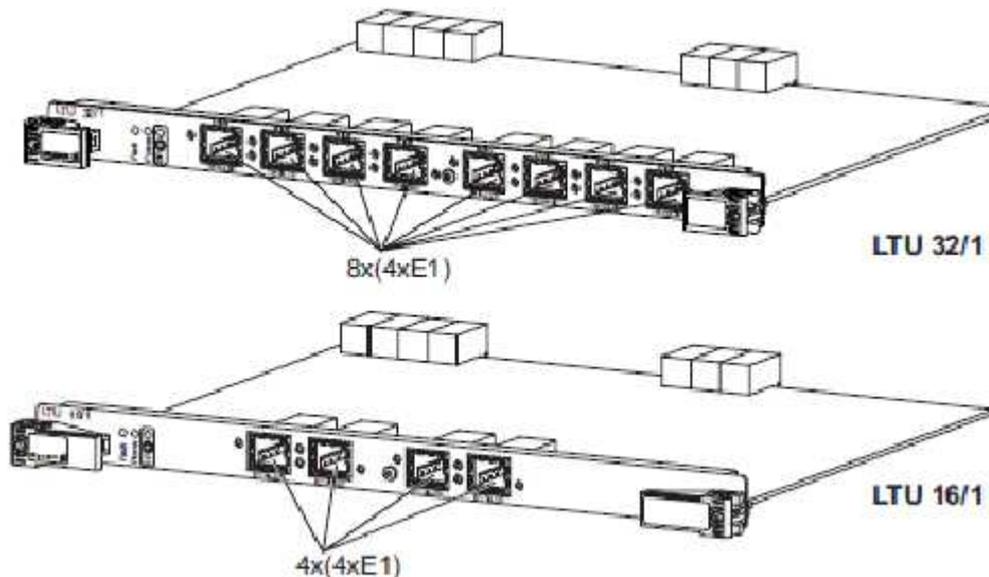


Figura 20 LTU 32/1 y 16/1

- **LTU 155** Ofrece un interfaz STM-1 que se puede mapear como 63xE1.

Existen dos versiones: la LTU155e tiene sólo interfaz eléctrico, y la LTU 155 e/o tiene interfaces eléctrico y óptico.

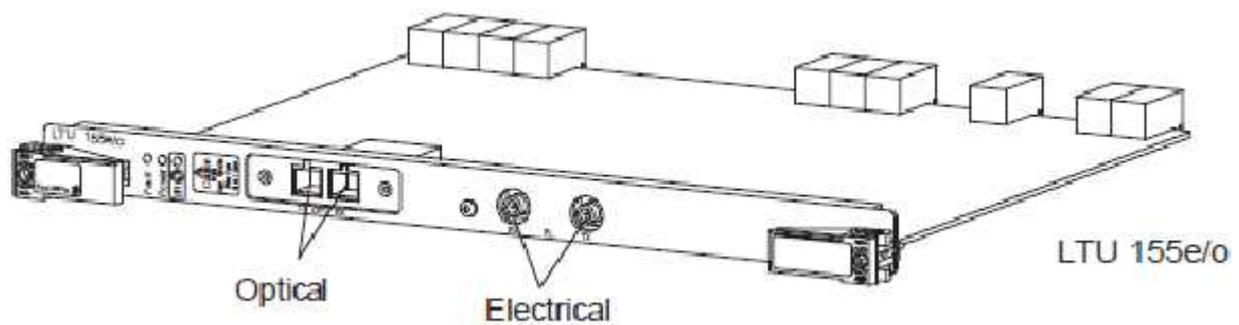


Figura 21. LTU 155

### Ethernet Interface Unit (ETU)

Existen dos tipos de tarjetas ETU:

- **ETU2** Para cualquier tipo de AMM
- **ETU3** Para AMM 2p y AMM 6p C / D.

La tarjeta **ETU2** proporciona cinco interfaces 10/100BASE-T y un interfaz 10/100/1000BASE-T. Puede instalarse en cualquier AMM.

**Nota sobre la instalación:** En caso de poner una LTU 32/1 en cualquiera de los AMM, se recomienda la instalación de una bandeja de cableado extra, que ocupa 1U extra.

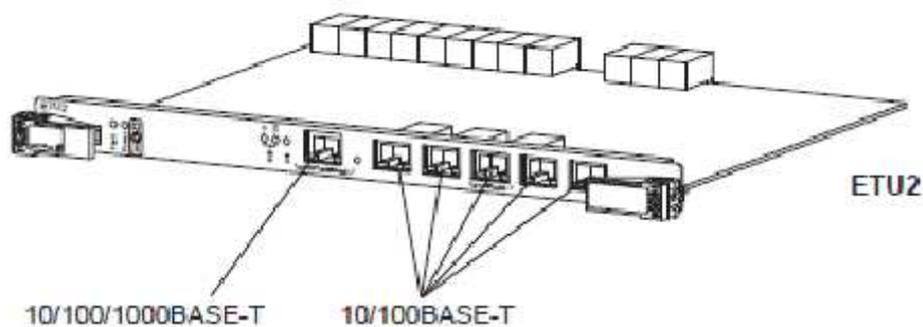


Figura 22. ETU2

Dispone de 6 multiplexadores inversos, cada uno de los cuales mapea un flujo Ethernet a PDH, pudiendo utilizar de 1 a 16 E1. Adicionalmente, si se dispone de MMU2 D ó H, se puede mapear el tráfico como Ethernet nativo.

La configuración básica sólo tiene habilitado el uso de un puerto. Una licencia adicional permite utilizar los otros cinco puertos, además de aumentar la capacidad de uno de ellos hasta los 48 E1 (enlace de 95 Mbps): "Additional ETU Ethernet Links" (FAB 801 6728).

El total de tráfico que puede manejar es de 96 E1.

La **ETU3** proporciona dos interfaces 10/100/1000BASE-T y dos interfaces

1000BASE-TX/LX/ZX SFP. El módulo SFP puede ser eléctrico (SFPe) o óptico (SFPo). Puede instalarse en un slot de ancho mitad de los AMM 2p B o AMM 6p C / D, junto con la NPU3 B. Incorpora también seis multiplexadores inversos, con un máximo de 48 E1 por flujo y 96 E1 en total. Adicionalmente, si se dispone de MMU2 D ó H, se puede mapear el tráfico como Ethernet nativo. La ETU3 se proporciona con todos sus puertos habilitados.

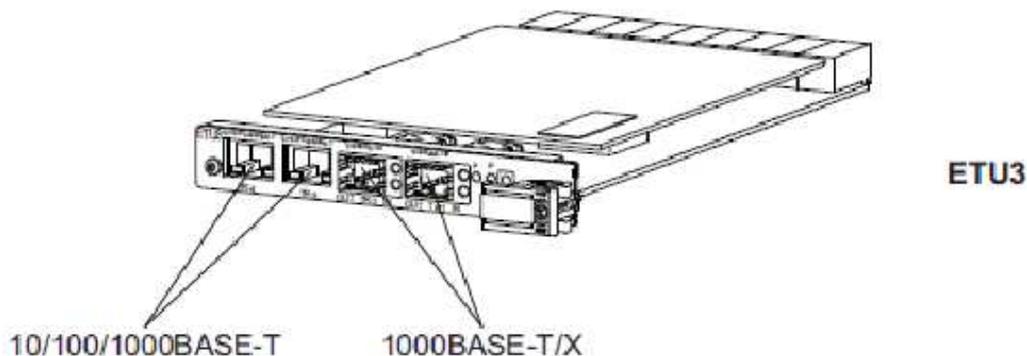


Figura 23. ETU3

### Terminal Radio

Un Terminal Radio ofrece transmisión por microondas de 2Mbps a 155 Mbps, operando en las bandas de 6 a 38 GHz y utilizando diferentes esquemas de modulación: C-QPSK y 16, 64 o 128 QAM†. Pueden configurarse en modo protegido por duplicidad de hardware (1+1) o modo no protegido (1+0).

Un Terminal Radio no protegido consta de:

- Una RAU
- Una antena
- Una MMU

Mientras que uno protegido (1+1) consta de:

- Dos RAUs
- Dos antenas, o bien una antena y un splitter (solo protegido por RAU)
- Dos MMUs

La configuración utilizada para 1+1 es la llamada *hot standby*, en la que sólo un transmisor está funcionando mientras que el otro está preparado para entrar en funcionamiento si ocurriera alguna avería. Ambas radios reciben señal y se conmuta de una a otra según un criterio de alarmas.

### Modem Unit (MMU)

Es la parte indoor del Terminal Radio, y fija la capacidad y modulación (en particular, es independiente de la banda de frecuencia).

Para la red de acceso se utilizan tres tipos de MMU del catálogo de MINI-LINK Traffic Node: MMU2 C, MMU2 D y MMU2 H

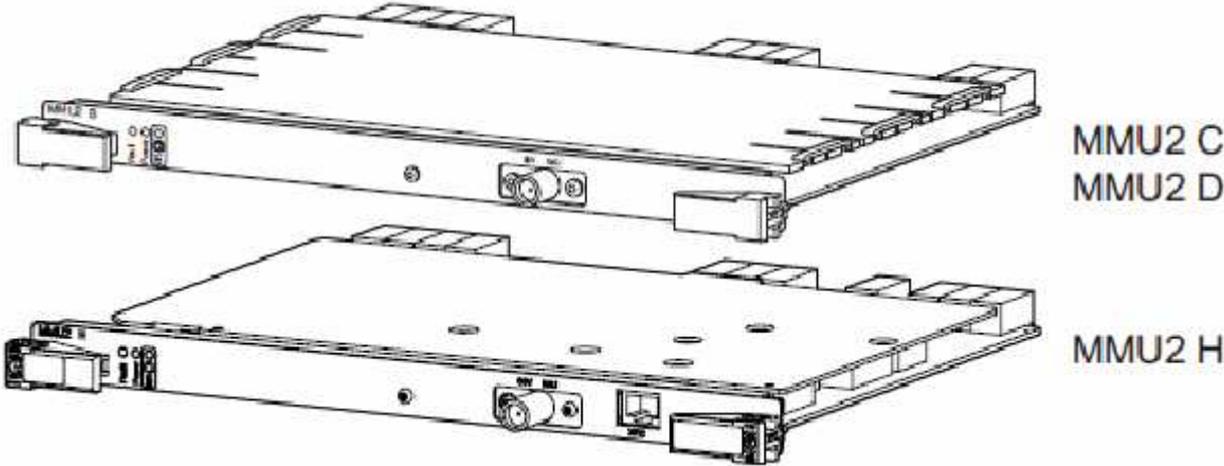


Figura 24. MMU2 C, D y H

**MMU2 C**

La **MMU2 C** puede trabajar con la modulación C-QPSK o la 16QAM. La primera de ellas es la utilizada por los equipos MINI-LINK E, y es totalmente compatible con ellos a nivel de vano (esto es, podemos tener un extremo con MMU2 C de Traffic Node en C-QPSK, y el otro con MINI-LINK E)‡.

La siguiente tabla muestra las capacidades que ofrece la MMU2 C en función del ancho de banda y la modulación:

Modulación	Ancho de banda ocupado			
	3.5 MHz	7 MHz	14 MHz	28 MHz
C-QPSK	2xE1	4xE1	8xE1	17xE1
16QAM	-	8xE1	17xE1	32xE1

Capacidad de la **MMU2 C**

**MMU2 D**

La **MMU2 D** está optimizada para capacidades mayores, y ya no funciona en C-QPSK, sino en 16 QAM, 64 QAM o 128 QAM.

La versión de R4 de esta MMU, al igual que la MMU2 H, está preparada para transportar tráfico Ethernet nativo con una sobrecarga mínima por cabeceras. Permite mezclar ambos tráficos, PDH y Ethernet, en un mismo enlace radio

Esta tarjeta sólo es compatible con otra MMU2 D o con una MMU2 H en un mismo enlace, pero no con una MMU2 C.

La siguiente tabla muestra las capacidades máximas ofrecidas por la **MMU2 D**, tanto en tráfico PDH (número de E1) como tráfico agregado (Mbps).

Modulación	Ancho de banda ocupado				
	7 MHz	14 MHz	28 MHz	40 MHz	56 MHz
<b>16 QAM</b>	10xE1 20 Mbps	22xE1 45 Mbps	46xE1 95 Mbps	-	-
<b>64 QAM</b>	15xE1 31 Mbps	-	-	- 200 Mbps	-
<b>128 QAM</b>	-	35xE1 72 Mbps	75xE1 154 Mbps	-	80xE1 325 Mbps

*Capacidad máxima en tráfico PDH y en tráfico agregado de la **MMU2 D***

### **MMU2 H**

Al igual que la anterior, la **MMU2 H** está optimizada para PDH de alta capacidad junto con tráfico Ethernet nativo. Utiliza modulaciones que van de 4 QAM a 128 QAM.

Una característica propia de la **MMU2 H** es que permite utilizar **XPIC** (*Cross Polarization Interference Canceller*, o cancelador de interferencia de polarización cruzada). Esta funcionalidad permite emitir simultáneamente con una misma frecuencia en las dos polarizaciones, lo que dobla la capacidad del radioenlace. La siguiente tabla muestra las capacidades máximas ofrecidas por la **MMU2 H**, tanto en tráfico PDH (número de E1) como tráfico agregado (Mbps)

Modulación	Ancho de banda ocupado		
	7 MHz	14 MHz	28 MHz
4 QAM	5xE1 10 Mbps	11xE1 23 Mbps	-
16 QAM	-	22xE1 45 Mbps	46xE1 95 Mbps
128 QAM	-	35xE1 72 Mbps	75xE1 154 Mbps (308 Mbps con XPIC)

*Capacidad máxima en tráfico PDH y en tráfico agregado de la **MMU2 H***

Es de reseñar que las capacidades son idénticas a las de la MMU2 D para las modulaciones 16QAM y 128 QAM en los canales de 14 y 28 MHz. En estos casos es en los que podrían compartir un mismo vano.

### Radio Unit (RAU)

La unidad de radio (RAU) genera y recibe la señal de radiofrecuencia y realiza las conversiones entre este formato y la frecuencia intermedia a través de la cual se comunica con la MMU.

La nomenclatura que se sigue para designarlas es del tipo **RAUX Y F/CD** (por ejemplo RAU2 N 26/51), donde:

- **X** indica el diseño mecánico (RAU1 o RAU2)
- **Y** indica la compatibilidad con MMU. Puede tomar los valores:

o en blanco, por ejemplo RAU2 26, indica compatibilidad sólo con MMU de tipo C-QPSK.

o **N** o **X**, por ejemplo RAU2 N 26, indica compatibilidad con MMU de tipo C-QPSK y QAM. Estas RAU se denominan “**Agile**”

- **F** indica la banda de frecuencia (por ejemplo, 26 ó 38)
- **CD** es el índice de la radio. Se trabaja en pares (por ejemplo, 51/55 en 26 GHz), donde el número menor identifica a la RAU de la sub-banda baja y el mayor a la de la sub-banda alta.

De los dos tipos de diseño mecánico, sólo de utilizarán las de tipo **RAU2**, mucho más ligeras y compactas que las antiguas RAU1.



Figura 25. Comparativa entre RAU1 y RAU2

Asimismo, en los nuevos diseños se montará **RAU Agile**, capaz de utilizar modulación QAM. Actualmente, están disponibles:

- RAU2 X 13
- RAU2 X 15
- RAU2 X 18
- RAU2 N 26 (próximamente RAU X 26)
- RAU2 N 38 (próximamente RAU X 38)

### Antenas

Existen antenas de 0.2 hasta 3.7 m de diámetro, para polarización simple o doble.

Todas son compactas y permiten el montaje integrado con RAU y splitters

(diámetros de 0.2 a 1.8 m).

La siguiente tabla especifica las antenas disponibles en cada banda de frecuencia:

Antenna size [m]	Frequency [GHz]										
	6	7/8	10/11	13	15	18	23	24/26	28	32	38
0.2							X	X	X	X	X
0.3					X	X	X	X	X	X	X
0.6		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
0.9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1.2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
1.8	X	X	X	X	X	X	X				
2.4	X	X	X	X	X						
3.0	X	X	X	X							
3.7	X	X									

*Antenas disponibles*

## Tipos de montaje

Para minimizar la ocupación de soportes, se diseñará siempre un **montaje integrado**, en el que la RAU se acopla directamente a la antena. Para que este acople sea posible, es necesario que la antena sea de la misma mecánica que la RAU; esto es, existen diferentes antenas para RAU1 y para RAU2. En caso de tener distinta mecánica, sólo sería posible el montaje no integrado, mediante el uso de guías de onda.

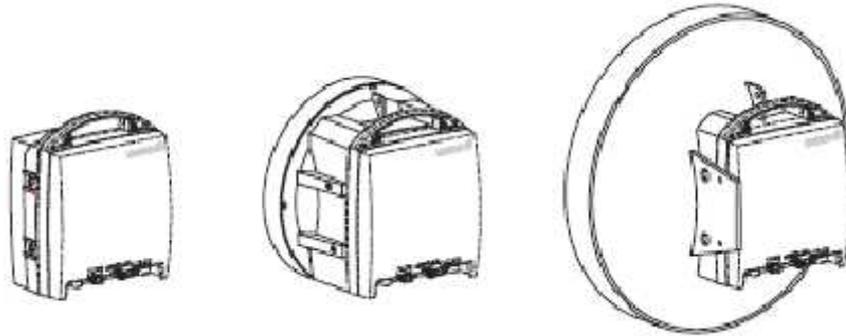


Figura 26. Antenas de 0.2, 0.3 y 0.6 integradas con RAU2

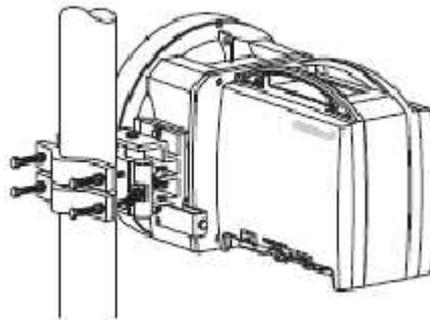


Figura 27. Dos RAU2 acopladas a un power splitter (1+1)

## Elementos auxiliares

### **Power splitters integrados**

Para las configuraciones 1+1 integradas, Ericsson dispone de *power splitters* integrados (IPS) en todas las bandas. Al igual que sucede con antenas y RAUs, existen modelos de mecánica 1 y 2.

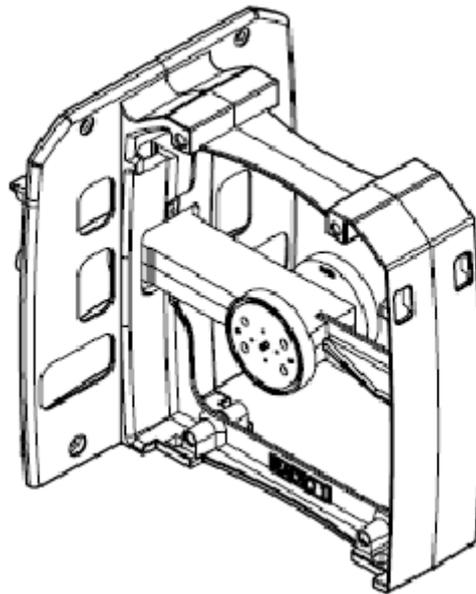


Figura 28. Power splitter integrado, RAU2 (IPS2)

Existen además modalidades simétrica y asimétrica en cada caso. Se utilizará preferentemente el modelo simétrico, con pérdidas iguales en ambos canales.

El listado de splitters **simétricos** en las bandas de trabajo es el que sigue:

Nombre de producto	Atenuación	Número de producto
IPS2 13 Sym	3.4/3.4	UPA 101 30/2
IPS2 18 Sym	3.5/3.5	UPA 101 32/2
IPS2 24/26 Sym	3.5/3.5	UPA 101 34/2
IPS2 38 Sym	3.7/3.7	UPA 101 37/2

Los splitters asimétricos pueden ser útiles en algún caso por ofrecer en una de sus bocas una menor atenuación que la de su equivalente simétrico. Listamos a continuación los splitters **asimétricos**:

Nombre de producto	Atenuación	Número de producto
IPS2 13 Asym	1.5/6.5	UPA 101 30/1
IPS2 18 Asym	1.5/7.0	UPA 101 32/1
IPS2 24/26 Asym	1.5/7.0	UPA 101 34/1
IPS2 38 Asym	1.6/7.0	UPA 101 37/1

## Guías de onda

Para los casos en que sea necesario hacer trabajar RAUs y antenas de diferente mecánica, se incluyen las guías de onda utilizadas (los códigos corresponden al kit de montaje de RAU2 separada, que incluye la guía de onda de 65 cm y el resto de material de instalación necesario).

Nombre de producto	Atenuación total (dB)	Número de producto
Sep Kit RAU2 10-13 0.65	0.4	SXK 111 656/1
Sep Kit RAU2 18/23 0.65	1.0	SXK 111 609/1
Sep Kit RAU2 24-28 0.65	1.3	SXK 111 657/1
Sep Kit RAU2 32/38 0.65	1.4	SXK 111 658/1

## Kits para montaje integrado en antenas de doble polaridad

Se utilizan con las antenas de doble polaridad de mecánica RAU2 (ANT2 HPX) para tener una configuración integrada de doble polaridad, sin necesidad de guías de onda (el kit se ajusta directamente a la antena, de forma análoga a un *power splitter*).

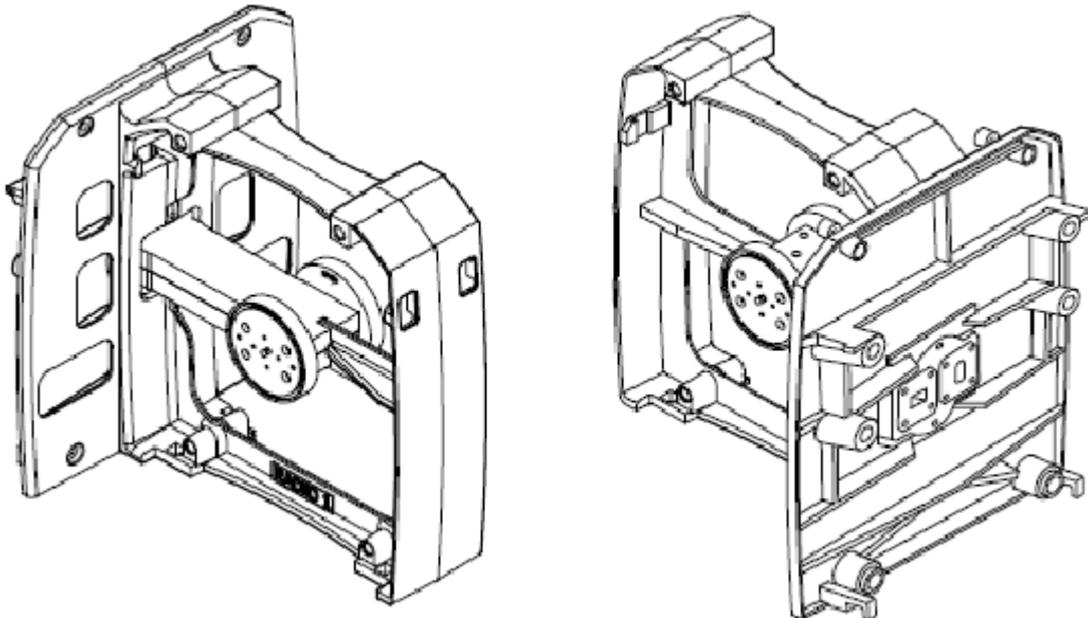


Figura 29. Kits integrados para ANT2 HPX

Mediante esta kit se podrán instalar enlaces XPIC 1+0

## Escenario

Nuestro caso, hemos visto la necesidad de dar salida a 6 E1s (5 E1s UMTS + 1 GSM). La configuración que aplicaremos en cuanto a la transmisión será la siguiente:

**AMM 2p B:** Es un nodo Terminal que no tiene previsto llevar tráfico de otras estaciones ni concentrar otros radioenlaces, por lo que nos debería bastar con el modelo más básico.

**NPU3:** Controladora que permite equipar el AMM 2p B y que nos ofrece 4 E1s

**LTU 12/1:** Al necesitar 6E1s, debemos instalar esta LTU ya que no tenemos suficiente con los 4E1s de la NPU.

**2xMMU2 C:** Vamos a dar protección 1+1 a nuestro enlace, por eso instalamos dos tarjetas moduladoras. Con este modelo básico nos basta, ya que un enlace 8x2Mbps tendremos suficiente para dar salida al tráfico generado en nuestro emplazamiento

A la hora de elegir las antenas que instalaremos en nuestro radio-enlace, se debe hacer un estudio/simulación del enlace, teniendo en cuenta sobre todo la distancia. Siempre se debe configurar la potencia de transmisión mínima con la cual llegamos al umbral mínimo requerido en recepción, sin saturar el espacio radio-electrico. Si instalamos una antena con demasiada ganancia (más grande) podemos llegar a interferir en otros enlaces llegando a incluso a inutilizarlo. Por esto se hace imprescindible el uso de herramientas de simulación que nos digan la potencia que se recibirá según el material utilizado.

También es útil el uso de estas aplicaciones para obtener un perfil, ya que dispone de un base de datos topográfica que nos indicaría si hay algún accidente geográfico entre los puntos a enlazar que nos imposibilitaría la transmisión entre los dos puntos. En todo caso, se suelen hacer comprobación en campo, verificando la visibilidad directa entre ambos extremos, *LoS Line of Sigth* o *línea de vista*.

Siempre se intentará enlazar con la estación más cercana con la que dispongamos de visibilidad, en nuestro caso vamos a hacer el diseño contra una estación que se encuentra en el centro urbano y que dispone de un Traffic Node 20p y conexión a un equipo de fibra óptica.

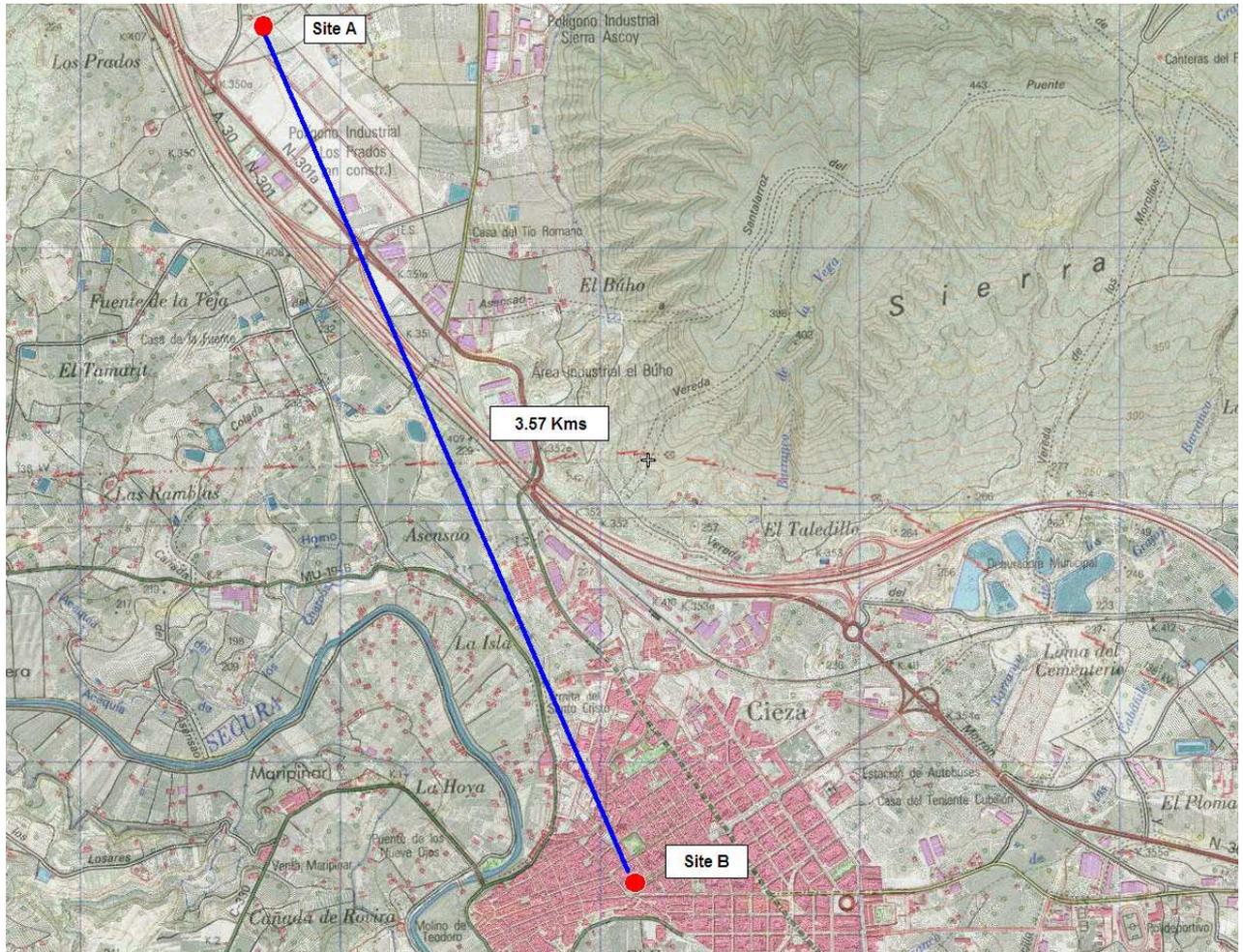


Figura 30. Radio enlace de transmisión

Ya que la distancia no es muy grande y enlace no es de alta capacidad, vamos a instalar una RAU2 que module en la banda de 38GHz. El ancho de banda requerido será de 7 MHz que utilizando modulación 16QAM nos dará la capacidad 8x2 Mbps que nos será suficiente para nuestras necesidades.

Con estos datos de partida, la posición de los sites a enlazar y las alturas de las antenas, podemos comenzar a trabajar en el simulador de enlaces para comprobar los niveles que tendremos en recepción según las parábolas utilizadas:

En la pantalla principal seleccionamos el punto origen y destino, así como el hardware usado, tanto en el equipo radio (RAU) como las antenas que amplificarán la señal. En esta ocasión hemos utilizado unas parabolos de Ericsson de 0.6 metros de diámetro y una ganancia de 44 dBi. En la RAU hemos seleccionado la configuración anteriormente mencionada, banda de 38 GHz, 8x2 Mbps y modulación 16QAM. Automáticamente la herramienta nos da la potencia máxima de transmisión con estos parámetros, en este caso -1 dBm. Con estos datos podemos pasar al siguiente paso.

Location ID:	Site ID: <b>MURCIA0001</b>	<b>MURCIA0003</b>
Name:	<b>Poligono industrial</b>	<b>Cieza centro</b>
Struct Height:	<b>40.00 m</b>	<b>25.00 m</b>
Latitude Longitude:	38-16-4.4 N 1-26-18.7 W	38-14-18.3 N 1-25-19.8 W
UTM Zone: North East:	30: 4236691.8 636597.6	30:4233444.1 638083.3
Path Azimuth:	156.38 Deg	336.39 Deg
Path Tilt:	0.81 Down	0.79 Up
Path Length:	3.57 km	
Band:	38.0 GHz	Frequency Assignment: Paired Unpaired
Radio:	TN 38G 8x2 16QAM-RAU2 N-LP	TN 38G 8x2 16QAM-RAU2 N-LP
Capacity:	8x2 Mb/s 1+1_A_HSE	8x2 Mb/s 1+1_A_HSE
Power:	-1.00 dBm	-1.00 dBm
Branching Loss:	Tx: 1.60 dB Rx: 1.60 dB	Tx: 1.60 dB Rx: 1.60 dB
Frequency Plan:	High Low	Low High
Channel #:		
Polarization:	V H V H V H V H	V H V H V H V H
	V H V H V H V H	V H V H V H V H
Primary Antenna:	UKY 210 09/SC11	UKY 210 09/SC11
Gain:	44.00 dBi	44.00 dBi
Height:	40.00 m AGL	25.00 m AGL
Latitude/Longitude:	38-16-4.4 N / 1-26-18.7 W	38-14-18.3 N / 1-25-19.8 W
EIRP:	41.40 dBm	41.40 dBm
Diversity Antenna:		
Gain:	dBi	dBi
Height:		
Waveguide:	NIL	NIL
Total Length:		
Total Loss:	dB	dB
Attenuator:	NIL	NIL
Attenuator Loss (Common, Tx, Rx):	dB dB dB	dB dB dB
Other Losses:	0.0 dB	0.0 dB
Absorption Loss:	0.38 dB	<a href="#">Details...</a>
Free Space Loss:	135.10 dB	
Total Propagation Losses:	135.49 dB	
Field Margin:	2.00 dB	

Figura 31. Resumen características del enlace

Debemos asegurar que no hay obstáculos entre los puntos, por lo que es imprescindible visualizar el perfil del enlace. Es obligado en todo caso hacer la comprobación en campo, confirmando así que no hay edificios, grúas u otros elementos.

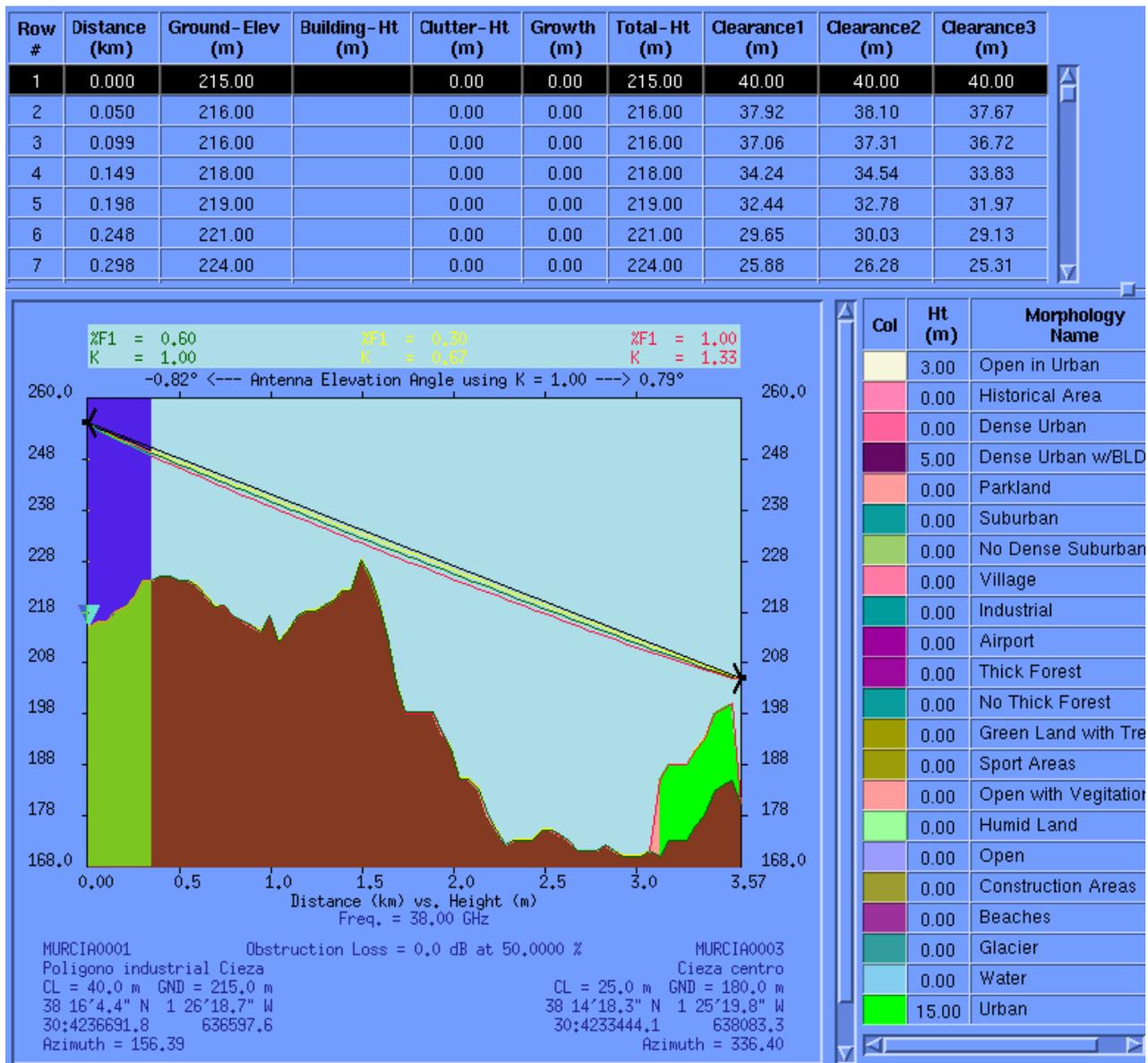


Figura 32. Perfil del radio enlace

Con los hardware y confirmada la línea de vista, podemos lanzar la simulación para ver los niveles que tendremos en recepción. Cada operador tiene sus propios criterios para dar como válido el enlace, unos se basan en el nivel de señal recibido otros en el % de disponibilidad que nos da la herramienta o una combinación de ambos. Para nuestro enlace tendremos un valor de -51.69 dBm en recepción y nos asegura un porcentaje de disponibilidad del 99.995% según la predicción de lluvia de la zona. Para conseguir estos valores la herramienta toma en cuenta parámetros como la distancia, banda de transmisión utilizada, modelo de lluvia seleccionado o la polaridad, además de otras variables.

Fade Margin		Site A	Site B
Site ID / Location ID:	MURCIA0001 /	MURCIA0003 /	
Site Name:	Poligono industrial	Cieza centro	
Obstruction Loss:	0.0 dB At 50.0000%		<a href="#">Details...</a>
R: Filter Attenuation:	NIL	NIL	
Receive Level:	-51.69 dBm	-51.69 dBm	
Receiver Threshold:	-83.00 dBm	-83.00 dBm	
Thermal fade Margin:	31.31 dB	31.31 dB	
Flat Fade Margin:	29.31 dB	29.31 dB	
Dispersive Fade Margin:			
Required Fade Margin:			
Interference Degradation:	0.00 dB	0.00 dB	
Interference Fade Margin:			
Composite Fade Margin (CFM):	29.31 dB	29.31 dB	
<input type="button" value="Include"/> <input type="button" value="Exclude"/>			

Rain Model		Physical Path Parameters	
Rain Model/Zone:	ITU-R P.837-1/H 32.0 mm/hr	Magnitude of Path Inclination:	13.9978 Millirad
<input checked="" type="checkbox"/> Selection Method:	<input type="button" value="v"/> Default	"Average" Grazing Angle (K=4/3):	
<input type="checkbox"/> ITU-R Rain Rate:	30.0000 mm/hr	Geoclimatic Factor:	<input type="button" value="v"/> 3.200 x 10 <sup>-8</sup> Default
<input type="checkbox"/> Combined Rain and Sleet		Geoclimatic Conversion Factor:	10.09 dB
<b>Target Objective (Annual):</b>	For Objective: 99.9999 %	Roughness Factor:	
Rain: FFM required:	83.98 dB	Climate Factor:	
Power required:	53.67 dBm	Average Annual Temp:	
Multipath: CFM required:	0.00 dB		
Power required:	-30.31 dBm		
<b>Diversity Improvement Factors</b>		<b>Polarity</b>	
Frequency Diversity:	<input type="button" value="Yes"/> <input type="button" value="No"/>	Design Path Polarity:	<input type="button" value="Vertical"/> <input type="button" value="Horizontal"/>
A->B Diversity Improvement Factor:	NIL		
B->A Diversity Improvement Factor:	NIL		

Statistics:		Two Way				
	(100 - %)	(%)	(sec)	(sec/km)	Average	
<b>Unavailability:</b>					<input type="button" value="Worst Month"/>	<input type="button" value="Annual"/>
<b>Rain:</b>	99.995346	0.0047	1466.54	410.56		
<b>Outage:</b>					<input type="button" value="Worst Month"/>	<input type="button" value="Annual"/>
<b>Flat Multipath:</b>	100.000000	0.0000	0.00	0.00		
<b>Selective:</b>	100.000000	0.0000	0.00	0.00		
XPD (clear-air):	100.000000	0.0000	0.00	0.00		
<b>Total Outage:</b>	100.000000	0.0000	0.00	0.00		

Figura 33. Calculo de potencia recepción y disponibilidad

Por último, si los valores obtenidos son suficientes según los criterios del operador, se puede elegir el canal dentro de la banda. Si no llegáramos a los niveles mínimos, deberíamos ampliar la ganancia cambiando las parábolas o si fuera necesario cambiar la RAU y/o la banda a otra más baja donde las pérdidas por propagación son menores.

Normalmente, el operador mantiene en sus bases de datos los enlaces on-air en su red. Esto, unido a que cada operadora tiene asignados unos canales determinados, permite a la herramienta calcular el nivel de interferencia que nos encontraríamos en cada canal. Quedaría seleccionar el canal que menos interferencia tiene en la zona (siempre por debajo de unos mínimos) y ya tendríamos diseñado el radio-enlace.

Location ID:		
Site ID:	<b>MURCIA0001</b>	<b>MURCIA0003</b>
Site Name:	<b>Poligono industrial</b>	<b>Cieza centro</b>
Latitude Longitude:	38-16-4.4N 1-26-18.7W	38-14-18.3N 1-25-19.8W
UTM Zone: North East:	30: 4236691.8 636597.6	30: 4233444.1 638083.3
Ground Height:	215.00 m	180.00 m
Antenna Model:	UKY 210 09/SC11	UKY 210 09/SC11
Antenna Height:	40.00 mAGL	25.00 mAGL
Antenna Co-ordinate:	38-16-4.4N 1-26-18.7W 30: 4236691.8 636597.6	38-14-18.3N 1-25-19.8W 30: 4233444.1 638083.3
Radio Model:	TN 38G 8x2 16QAM-RAU2 N-LP	TN 38G 8x2 16QAM-RAU2 N-LP
Capacity/Bandwidth:	8x2 Mb/sec / 7.00 MHz	8x2 Mb/sec / 7.00 MHz
Power:	-1.00 dBm	-1.00 dBm
Channel Number:	<input type="text" value="NIL"/>	<input type="text" value="NIL"/>
Frequency:	<input type="text" value="N/A"/>	<input type="text" value="N/A"/>
Path Azimuth:	156.38 Deg	336.39 Deg
Path Length:		3.57 km
Waveguide Losses:	0.00 dB	0.00 dB
Free Space Loss:		135.10 dB
Absorption Loss:		0.38 dB
Receive Signal Level:	-51.69 dBm	-51.69 dBm
Threshold:	-83.00 dBm	-83.00 dBm

### Channel Summary

Individual Cases				Cumulative	Individual Cases				Cumulative
Channel Number	Number of Cases	Number of Paths	(dBm) into Site A		Channel Number	Number of Cases	Number of Paths	(dBm) into Site B	
<input type="checkbox"/> C097	0	0	-172.5		<input type="checkbox"/> C097	0	0	-201.9	
<input type="checkbox"/> C098	0	0	-170.0		<input type="checkbox"/> C098	0	0	-199.9	
<input type="checkbox"/> C099	0	0	-166.8		<input type="checkbox"/> C099	0	0	-169.1	
<input type="checkbox"/> C100	0	0	-163.0		<input type="checkbox"/> C100	0	0	-161.2	
<input type="checkbox"/> C101	0	0	-131.4		<input type="checkbox"/> C101	0	0	-128.1	
<input type="checkbox"/> C102	0	0	-128.4		<input type="checkbox"/> C102	0	0	-125.0	
<input type="checkbox"/> C103	0	0	-128.4		<input type="checkbox"/> C103	0	0	-125.0	
<input type="checkbox"/> C104	0	0	-131.4		<input type="checkbox"/> C104	0	0	-128.1	
<input type="checkbox"/> C105	0	0	-143.3		<input type="checkbox"/> C105	0	0	-161.0	
<input type="checkbox"/> C106	0	0	-142.0		<input type="checkbox"/> C106	0	0	-156.8	

Preferred Channel(s) Only

**Channel Polarity:** 
**Frequency Assignment:**

*Figura 34. Calculo de interferencia en otros canales*

## 8. Obra civil e instalación

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.

### Obras de acondicionamiento

Para poder instalar de una forma correcta los elementos que constituyen esta obra, será necesario seguir una serie de actuaciones de carácter civil.

En todo momento se tiene que cumplir la normativa vigente.

La actuación se basa en la realización de todos los trabajos de acondicionamiento del terreno necesarios para la ubicación del equipo outdoor y la torre. Para dicho acondicionamiento se realizarán los trabajos de excavación o relleno necesarios así como de desbroce del terreno de vegetación.

De forma breve, se describen las actuaciones más importantes:

- Excavación o relleno del terreno, compactación del mismo.
- Fabricación de cerramiento rectangular mediante hileras de bloque de hormigón y malla metálica de 2,5 metros de altura.
- Realización de cimentación para torre y bancada del equipo outdoor
- Realización de modulo de contadores y puerta de acceso en el cerramiento.
- Camino de coaxiales entre torre y equipo outdoor.

### Estructura soporte de antenas.

Para la instalación de los elementos radiantes se instalará una torre cuyas características se reflejan en el proyecto realizado por el fabricante suministrador de la misma.

Los datos de la torre son:

Fabricante	SEMI
Tipo	Celosía
Altura	40 metros
Dimensiones de cimentación	2 x 2 x 4 metros

### Criterio de deformaciones

Todos los soportes de antenas estarán dimensionados de manera que cumplan con la siguiente limitación:

Mástiles y soportes sobre torres: 3º con viento de 100 km/h.

### **Criterio de tensiones**

No se deberá superar la tensión máxima de los elementos metálicos dentro del diagrama de tensión-deformación del acero, ni se deben producir deformaciones permanentes.

El cálculo de la torre no es objeto del presente proyecto siendo responsabilidad del fabricante que debe aportar el proyecto de la misma como documentación anexa.

### **Torre de celosía**

Las torres suelen utilizarse en emplazamientos rurales y polígonos industriales en los que no existen emplazamientos con alturas suficientes para ofrecer un servicio adecuado. La utilización de estas torres permite elevar los sistemas radiantes hasta la altura necesaria para garantizar la máxima cobertura con la mínima emisión de potencia. Éstas son armonizadas con el entorno en la medida de lo posible (pintura, diseño,...).

La torre está construida con perfiles de acero galvanizado en caliente, según la recomendación UNESA 6.618A, calidad AE-275, 2.600 Kg/cm<sup>2</sup> de límite elástico. La tornillería de la torre es del tipo DIN-7990 calidad 5.6, provis

ta de arandela plana y grover con métrica mínima  $\varnothing = 12$  mm, siendo dos el número mínimo de tornillos en cada barra de trabajo.

El acceso a la torre se realiza por su interior, mediante una escalera de pates de 400 mm de anchura, se instalará un cable anti-caída Game-System.

Las estructuras que soportan cada una de las antenas irán fijadas, según el caso, mediante tornillos de métrica 16 a la estructura de perfiles angulares de acero que constituyen la torre.

### **Mástiles.**

Los mástiles individuales (uno por antena), se utilizan habitualmente en emplazamientos en los que existen espacios que facilitan la ubicación de los soportes para ubicar las antenas con la mínima altura posible (siempre por encima de los 2'5 metros para evitar que el haz de la antena incida directamente sobre cualquier objeto) permitiendo minimizar el impacto visual en la medida de lo posible. Este tipo de soportes permite distribuir el peso de la estructura radiante en el emplazamiento.

Las estructuras monomástil (varias antenas en mismo soporte) se utilizan habitualmente en emplazamientos en los que es complicado ubicar las antenas por separado, debido a las dificultades que ofrece el emplazamiento para salvar los obstáculos que en él existen. Este tipo

de estructuras son algo más aparatosas, pero permiten salvar adecuadamente los obstáculos del propio emplazamiento en casos muy específicos.

### **Cimentación de equipo de intemperie**

Sobre el terreno se fabricará una losa de hormigón para apoyar la bancada que dará sustento al equipo de intemperie APM30, así como el soporte del cuadro eléctrico de intemperie OM-63.

La bancada para el equipo y el soporte del cuadro eléctrico se apoyan sobre una losa de hormigón armado con un doble mallazo electrosoldado de 20cm.  $\varnothing$  8mm de 2.20x1.00x0.20 m., embebida 0.10 m. en el terreno, la cual se fija a éstos elementos mediante unión atornillada con perfiles en L.

El equipo está elevado respecto a la cota del terreno, mediante la losa de apoyo 0.10 m.

### **Vallas**

La estación dispondrá de un cerramiento exterior del recinto, formado por malla simple galvanizada de luz 40 mm y murete de bloques hormigón de 2.40 m de altura total. Los postes serán galvanizados de D40, embebidos 30 cm en el murete de bloques de hormigón del cerramiento. En su parte superior llevará tres hiladas de alambre de espino.

Dispondrá de una puerta cancela de 2 hojas, con malla simple galvanizada, soldadas al bastidor. Su ancho será de 3,00 m y su alto de 2,40 m

### **Suelo**

Se hará un desbroce y limpieza de la parcela, para permitir un acceso cómodo. Se nivelará con la tierra extraída para la realización de la cimentación de la torre, y se terminará con una capa superficial de grava. A continuación se construirá una losa de hormigón armado de 2.20x1.00x0.20 m. (HA-25/P/20/lia) base de apoyo de equipos.

### **Elementos auxiliares de prevención**

En la puerta de acceso al recinto se instalará un cartel en el que se señalarán los riesgos y las medidas preventivas a adoptar en la actividad laboral en el emplazamiento tal y como se muestra en los planos del proyecto.

Se instalará en la torre cualquiera de los sistemas de seguridad homologados, siendo el más habitual el sistema denominado Game System. A su vez se instalarán (según normativa) cada 10 metros plataformas de descanso y debajo de los sistemas radiantes instalados plataformas de trabajo.

## **Casetas y postes**

Para todos los emplazamientos:

- Se tiene en cuenta siempre que la altura mínima desde el pie de antena hasta el suelo sea de mayor de 2'5 metros (generalmente entre 2'5 y 3 metros) para evitar que el haz principal de cada antena incida de forma directa sobre cualquier persona que transite por las azoteas en las inmediaciones cercanas a las antenas. Por este motivo, las dimensiones mínimas de los mástiles utilizados para soportar las antenas oscilan entre 4 y 5 metros. (Debe tenerse en cuenta el tamaño de las antenas utilizadas para operar en la banda de GSM). Esta característica permite así mismo, evitar que el haz de la antena incida directamente sobre las últimas plantas de los edificios.
- Se evita la ubicación de antenas en las fachadas para reducir al máximo los riesgos de caídas en el mantenimiento de las estructuras.
- Se utilizan casetas de dimensiones reducidas (2'60 x 2'70 aprox.) que permiten ubicar los equipos de la manera más adecuada, garantizando la máxima seguridad de las instalaciones a través de sistemas electrónicos de detección y seguimiento.
- En los casos en los que el emplazamiento lo permite, los equipos se ubican en cuartos no habitados del propio edificio acondicionados para tales menesteres, evitándose en esos casos la ubicación de una caseta exterior.
- Los elementos utilizados son armonizados en la medida de lo posible con el entorno donde se ubican (pintura,...).

## **Instalaciones**

El suministro será en baja tensión, monofásica a 240/400 V con tarifa 2.0 N y potencia 6.6 KW.

El equipamiento del contador de energía Activa (Kw/h) de doble tarifa, reloj discriminador de horario y fusibles de protección, será contratado a la empresa eléctrica suministradora en régimen de alquiler y se situará en el modulo de contadores ubicado en el cerramiento.

El cable de alimentación desde el contador hasta el cuadro eléctrico de la estación base se realizará bajo tubo PG50. Dicho tubo irá enterrado por el suelo y el cable tendrá la sección

suficiente en función de la longitud de la derivación, estableciéndose de 4 x 16 mm<sup>2</sup> como mínimo, aislamiento RV 0,6/1 Kv de acuerdo con la normativa UNE.

El tendido de dicho cable se realizará de forma continua sin pasar por ninguna regleta de conexión hasta el interruptor general.

### **Cuadro eléctrico.**

En la estación base se instalará un cuadro de distribución. Es un cuadro de tipo exterior, sobre un soporte de perfilera metálica apoyado en la losa de hormigón, realizado en material plástico moldeable con clase de aislamiento 2 autoextinguible a 960 °C y prueba de impacto al menos 300 N/cm<sup>2</sup>. Estará equipado con un terminal de toma de tierra de 12x2 mm.

La entrada del cable de alimentación en el equipo de intemperie se realizará en tubo PVC hasta el espacio destinado al interruptor general de baja tensión.

Desde el cuadro se alimentarán los siguientes circuitos:

- Equipo de intemperie.
- Alimentación tomas de corriente.
- Luminaria exterior.
- Reservas.

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 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 del equipo en situación de ausencia de energía eléctrica de la compañía suministradora, el equipo de intemperie dispone en su interior de una cadena de baterías con autonomía variable y de hasta un máximo de 1 hora. Las baterías son herméticas de forma que no desprenden gases ni es necesario añadirles agua.

Las especificaciones para cuadros eléctricos a tener en cuenta son:

IN/ES/2-97 (ver. 3 – 11/12/00): “Cuadros Eléctricos”

IN/ES/27-97 (ver. 2 – 10/8/98)

IN/NT/19-97: “Utilización de cuadros eléctricos (CE) y cajas de proyección de sobretensiones (CPS)”

Para el emplazamiento objeto del presente proyectos se utilizará el cuadro eléctrico:

### **Iluminación.**

En las estaciones base con equipos de intemperie la iluminación de los mismos se realiza con un foco alimentado desde el cuadro eléctrico, desde la posición de alimentación de la baliza. El foco se situará de manera que la luz enfoque a los equipos y sea posible su manipulación. En este caso concreto, la luminaria se colocará en un brazo, formado por un perfil L50.5 anclado a la torre, sobre el equipo APM30.

### **Equipos de fuerza.**

En una instalación con equipos de intemperie, no es necesaria la instalación de un equipo de fuerza, ya que la propia RBS admite alimentación en alterna y tiene sus propios rectificadores para alimentar los circuitos de radio y transmisión que contiene la RBS, así como los elementos auxiliares que la conforman.

### **Puesta a tierra.**

Con la finalidad de derivar hacia tierra las corrientes de defecto peligrosas para la integridad física de personas así como para proteger los equipos instalados en una estación base, se debe crear una red de tierras en cada emplazamiento.

Toda la red de tierras deberá cumplir con las normativas y especificaciones técnicas vigentes para este tipo de instalaciones. La instalación de puesta a tierras estará formada por una serie de electrodos y una red de conductores que los conectan a los elementos y equipos de las estaciones que deben ser puestos a tierra. Se pretende que cualquier elemento de material metálico y cualquier equipo de la instalación se unan a la red de tierras instalados en la caseta.

Para una correcta instalación de las redes de tierra, se deberán seguir una serie de criterios generales que se detallan:

Recorrido de cables: Los cables de tierra deben realizar el menor recorrido posible y el menor número de curvas. En caso de traza alguna esta debe tener un radio suficiente (300mm mínimo). Los cables de tierra que bajan de cada antena para conectarse al cable de tierra principal deberán tener un recorrido sin ninguna curva superflua. El cable que va desde la barra equipotencial situada debajo del cuadro eléctrico hasta la red de tierra principal debe ir con el menor número de curvas posible y sin empalmes. El cable de tierra nunca debe ascender en su recorrido. Únicamente en la red secundaria de tierras se admite una remontada de un máximo de 40cm.

## **Conexiones**

Irán conectadas obligatoriamente mediante soldadura molecular o exotérmica tipo Cadwell a los electrodos (picas) y la barra equipotencial. Se admiten los empalmes por presión hidráulica mediante manguitos, conectores o terminales de presión tipo C (presionados a 700 bar con máquina hidráulica), en la red secundaria. Se evitará la conexión directa de acero galvanizado y cobre en un mismo medio. Las barras equipotenciales se fijarán con dos soportes aisladores a paredes, equipos o estructuras verticales, a una cota mínima de 0 c, respecto al suelo.

## **Secciones de cables**

El circuito principal de tierra y el circuito de tierras de equipos se realizarán con cable desnudo de cobre de cómo mínimo 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Para el circuito secundario se admite, en distancias cortas, cable desnudo de cobre de cómo mínimo 35 mm<sup>2</sup> de sección.

Certificado de la red de tierras: La resistencia de la red de tierras con carácter general no debe ser superior a 10 Ohmios.

El suministrador deberá incluir la certificación oficial realizada por un técnico o empresa competente. Dicho certificado será conforme a las normativas a aplicar.

Los aparatos de medición de tierras deberán estar calibrados. Se justificará dicha calibración junto con la documentación del emplazamiento.

## **Red general de tierras.**

Se construirán dos anillos de tierras. El primero será un anillo de tierras de la torre que conectara con la bajada principal de tierras de la torre para dar continuidad a tanto a los soportes de antenas como a los propios sistemas radiantes y cables coaxiales. Se situarán dos pletinas equipotenciales, una por debajo de las antenas y otra situada a 2 metros de la torre.

El otro anillo de tierras construido es el de la caseta. Se conectará a tierra las cuatro esquinas de la caseta junto con la losa de hormigón y vallado.

Dichos anillos se conectan en una arqueta de tierras donde se ubica una pica de tierras.

La arqueta de tierras será de dimensiones 400 x 400 x 600mm (longitud x anchura x profundidad). En casos excepcionales será de dimensiones más pequeñas siempre con la aprobación de la Dirección Facultativa. La arqueta será realizada "in situ" con fabricación de ladrillo.

## **Red de tierras de equipos.**

Por otro lado todos los equipos del interior de la caseta y elementos metálicos se conectan en un anillo interior que a su vez se conectan en el anillo de tierras de la caseta.

El esquema de la red de tierras se muestra en la documentación grafica del proyecto.

### **Red de tierras secundaria.**

En la parte inferior de los soportes de las antenas se dispondrá de un orificio pasante de 12mm para poder colocar un tornillo de acero inoxidable M10, al cual se le acoplará un terminal de presión con un cable de 35 mm<sup>2</sup> o 50 mm<sup>2</sup> de sección para la conexión de la red de tierras.

### **Conexión del rejiband y elementos metálicos.**

Deben conectarse a tierra el tramo de rejiband que conecta la torre con la caseta. Todos los elementos metálicos de la instalación deben conectarse a tierra en al menos un punto.

### **Conexión de los cables coaxiales.**

Se instalará un kit de tierras a continuación de la conexión con el latiguillo de antena, a una distancia aproximada de 50cm del conector, siempre que no coincida con ninguna curva. Se conectará mediante terminal de presión a la barra equipotencial más alta de la torre.

Cuando la distancia del recorrido de coaxiales entre el pasamuros o la entrada de cables y la barra equipotencial más cercana sea mayor de 5 metros se instala otra pletina con un kit de tierras. Esta barra equipotencial se instalará en el lateral del rejiband, al lado opuesto del aire acondicionado (si lo hubiese). La barra deberá estar conectada en al menos dos puntos con soportes adecuados.

### **Instalaciones de fibra óptica.**

La conexión entre la RRU y la BBU de Huawei se realizará mediante fibra óptica. Se utilizará un cable de 4 fibras (2 pares), para cada RRU dejando 1 par de fibras de reserva para la posible ampliación de una segunda BBU de redundancia, para que aunque falle una BBU podamos seguir teniendo servicio UMTS.

La fibra suministrada es multi-modo para distancias hasta 550 metros y fibras mono-modo para distancias de hasta 40 Km Huawei dispone de las siguientes fibras multimodo (5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 70,100m). Las fibras son siempre 4 latiguillos LC-PC con protección intemperie Las mangueras de fibra se sujetarán cada metro mediante los morsetos adecuados.

La fibra sobrante dejará sobre la canaleta de PVC instalada sobre el rejiban interior perimetral de la caseta.

Las conexiones necesarias son:

Alimentación en DC desde un disyuntor de 10 A o en alterna desde un disyuntor de 3 A.

Conexión a tierra.

Conexión de la FO procedente de la BBU (una manguera por cada RRU).

Conexión con el sistema radiante (directamente a la antena o a un diplexor).

Longitudes de F.O. (BBU → RRU)	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Longitud en metros	43 m	43 m	43 m

### **Instalación de evacuación de agua.**

El terreno donde se ubique la estación base se realizará con una pendiente del 2% para contemplar la evacuación del agua provocada por lluvias u otras circunstancias.

### **Carpintería y mobiliario.**

La posición de los elementos definidos en este apartado, se encuentra especificada en la documentación gráfica y serán los siguientes:

### **Estructura metálica para soporte de cuadro eléctrico.**

La estructura metálica para el soporte del mobiliario de trabajo se realizará en perfiles L50.4, de forma y dimensiones indicadas en planos. Sobre esa estructura metálica se fijará mediante tornillos el Cuadro Eléctrico de Exterior.

### **Luminaria.**

Se situará un foco sobre un perfil L50.5 de 1.20m de longitud fijado a la pata de la torre para iluminar el equipo de radio.

## 9. Minimización del 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, antenas duales o tribanda que permiten aunar las diversas tecnologías existentes (GSM, DCS y UMTS), se procura en todo momento hacer uso de este tipo de antenas con el objetivo 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 planes 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.

- o 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.

- o 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.

- o 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.

Ejemplos:

Sustitución de antenas con diversidad espacial por modernas tribanda.



*Figura 35. Antes y después de mimetización*

## **10. Anexos**

I – Estudio básico de seguridad y salud

II - Planos

## **11. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

Este Estudio Básico de Seguridad y Salud establece, durante la construcción de la obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos y accidentes profesionales, así como los servicios sanitarios comunes a los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la/s empresa/s contratista/s para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales facilitando su desarrollo bajo el control del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Es objetivo principal dar cumplimiento a los requerimientos sobre Prevención de Riesgos Laborales que establece la legislación española a través de la Ley 31/1995 de 8 de Noviembre sobre Prevención de Riesgos Laborales y su normativa de aplicación.

Como norma general se cumplirá lo especificado en la Instrucción General sobre la Prevención de Riesgos Laborales en la Construcción de Estructuras metálicas, de torres y soportes de antena, IG-PRL-300 (06/05/96).

También se deberán cumplir obligatoriamente las Disposiciones del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre (BOE nº 256), sobre Obras de Construcción en su Anexo IV:

Parte A.- 3.b.- Las Instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañen peligro o riesgo de caída libre de los trabajadores.

Parte B.- 3.b.- Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, con ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando equipos de protección colectiva. Si ello no fuera posible se deberá disponer de medios de acceso seguros y utilizar equipos de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente.

De acuerdo con el RD.1627/1997 del 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de S&S en las obras de Construcción y puesto que no se da ninguno de los supuestos señalados en el artículo 4 de dicho R.D, se establece este Estudio Básico de Seguridad y Salud, donde se recogerán los aspectos de seguridad específicos de los trabajos a ejecutar. Las condiciones legales que permiten la elaboración de este Estudio Básico son las siguientes:

- Duración estimada inferior a 30 días laborables, empleándose menos de 10 trabajadores simultáneamente.
- Volumen de mano de obra estimada inferior a 50 días.

## **MEMORIA INFORMATIVA.**

### **Descripción de la obra y situación.**

El objeto de esta obra es la definición, a nivel de Proyecto de Ejecución, de las obras de instalación del emplazamiento, estructuras y acabados necesarios para la implantación del sistema GSM/DCS/UMTS, el cual consta de instalaciones de captación, enlace y reenvío de señales de radio.

La estación base de telefonía móvil se situará sobre la cubierta transitable del edificio con acceso directo desde la calle y se compondrá, en este caso, de tres mástiles donde se instalará el sistema radiante y de una sala habilitada para los equipos necesarios para el funcionamiento de la estación.

Los trabajos a realizar serán los siguientes:

- Demolición de las áreas de la cubierta afectadas por la ejecución de las cimentaciones de los tres mástiles.
- Ejecución de los dados sobre el forjado de la planta de cubierta para el apoyo de los mástiles.
- Acondicionamiento (limpieza e impermeabilización) de la parte de la cubierta afectada por la instalación.
- Se instalarán tres mástiles de 6.00 metros de altura y dos satélites metálicos sobre cada uno de los mástiles. Los mástiles dispondrán de escalera vertical con puerta antiescalo.

**La escalera irá provista del sistema de seguridad anticaídas Gamesystem, éste se instalará mientras el mástil permanezca en cota cero, de no ser posible se instalará una vez izado el mástil haciendo uso del cabo de doble anclaje con absorbedor de energía.**

- Sobre los satélites se colocará el sistema radiante, en concreto, se instalará una antena por sector en cada mástil, las orientaciones serán 0º, 110º y 230º. También se instalarán varias parábolas para la transmisión.
- Junto a cada uno de los mástiles, anclados a pared, se colocará un equipo RRU de Huawei.

El recorrido del rejiband se señalizará con pegatinas para evitar caídas, además en la zona de acceso a la cubierta se colocará un escalón de tramex para salvarlo.

- Para el acceso de los cables hasta la sala de equipos se realizará un pasamuros en la pared del casetón.
- En el interior de la sala de equipos se señalarán los conductos de aire acondicionado que haya por debajo de 2,20m.
- La acometida de potencia irá por el patinillo de electricidad hasta el cuarto de contadores.
- De los tubos existentes en el patinillo que hay junto a la sala de equipos, se utilizarán dos para F.O. que llegarán hasta la arqueta exterior del operador.
- Las tierras se unirán a la red de tierras del edificio.
  
- En el interior de la caseta de equipos se instalarán los siguientes equipos:
  - Aire acondicionado PM08 Hitachi.
  - Equipo Fuerza Delta Ascom
  - BBU 3800
  - Cuadro eléctrico OM-63.
  - Panel de alarmas PAE05.
  
- Se instalará los tramos de rejiband de 400mm. indicados en los planos y todos los elementos auxiliares y accesorios definidos en el modelo standard para una sala de este tipo (canaletas, perfiles omega, cable de tierras, escritorio, pizarra, extintor y linterna).

**Los trabajos serán realizados por personal cualificado e informado de los riesgos y medidas preventivas del emplazamiento, haciendo uso de los EPI's necesarios.**

**Todos los obstáculos se señalarán o balizarán para evitar caídas.**

**Se colocarán cartel general de PRL en acceso al emplazamiento, cartel de riesgo eléctrico junto al Cuadro Eléctrico y de uso obligatorio del sistema anticaídas en los mástiles.**

**Si se detecta que algún elemento de seguridad no se encuentra en buen estado o que los trabajos no se pueden realizar siguiendo las medidas preventivas descritas en el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, se paralizarán los trabajos, a la Dirección Facultativa de la incidencia.**

La Estación Base objeto de este proyecto se encuentra ubicada en una parcela del Polígono industrial de Los Prados, situado en C/ Coto de Doñana nº 9, en el término municipal de Cieza.

**Antecedentes del terreno.**

**Superficie.**

La estación base de telefonía móvil se sitúa en la cubierta del edificio ocupando una superficie aproximada de 25m<sup>2</sup>.

#### **Datos de la obra.**

##### **- Plazo de Ejecución.**

El plazo de ejecución previsto desde la iniciación hasta su terminación completa es de 25 días como máximo.

##### **- Personal previsto.**

Dadas las características de la obra, se prevé un número máximo en la misma de 7 operarios.

##### **- Autor del Encargo**

El presente trabajo se realiza por encargo de OPERADORA S.A.

##### **- Antecedentes Referidos a su Emplazamiento**

Los antecedentes urbanísticos que presenta la obra con respecto a la ubicación de la parcela son:

Plan General de Ordenación Urbana de Murcia y Ordenanzas especiales para la implantación de antenas de comunicaciones.

##### **- Accesos**

El acceso a la Estación Base outdoor, tanto en la fase de construcción como en la fase de Operación, no presenta dificultades al tratarse de una cubierta transitable.

El acceso a la cubierta se realiza por la escalera y el ascensor del inmueble.

##### **- Ubicación**

Los equipos se situarán en el interior de un cuarto habilitado.

##### **- Climatología Del Lugar**

La zona climatológica de Murcia y su provincia, con inviernos templados y veranos calurosos, no tiene mayor incidencia, teniéndose previstas las medidas oportunas.

#### **- Uso Anterior Del Solar**

Cubierta transitable de edificio.

#### **- Circulación de personas ajenas a la obra**

Se consideran las siguientes medidas de protección para cubrir el riesgo de las personas que transiten en las inmediaciones de la obra:

Se actuará en la zona de la cubierta transitable, por lo que se impedirá el acceso a la zona durante la realización de los trabajos.

Se colocará señalización de riesgos y medidas preventivas en el acceso a la obra.

Si fuese necesario ocupar la acera durante el acopio de material en la obra, mientras dure la maniobra de descarga, se canalizará el tránsito de los peatones por el exterior de la acera, con protección a base de vallas metálicas de separación de áreas, y se colocaran señales de tráfico que avisen a los automovilistas de la situación de peligro.

Si hubiese alguna situación durante los trabajos en la cual hubiese riesgo de caída de materiales a zonas en plantas inferiores o planta baja, se señalizarán y balizarán estas zonas para protección ante el paso de cualquier persona.

#### **- Suministro de energía eléctrica**

Se solicitará suministro de energía eléctrica a compañía suministradora.

#### **- Suministro de agua potable**

Solamente será necesaria durante la ejecución de la obra.

#### **- Primeros auxilios**

Se dispondrá de un botiquín de primeros auxilios portátil con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente o lesión.

El botiquín deberá situarse en un lugar visible y convenientemente señalizado.

Teniendo en cuenta el número de trabajadores presentes en el emplazamiento y el tipo de tarea que se esté realizando, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, se deberán analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designándose para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento. El citado personal deberá poseer la formación necesaria, ser suficiente en número y disponer del material adecuado, en función de las circunstancias antes señaladas.

Para la aplicación de las medidas adoptadas, se deberán organizar las relaciones que sean necesarias con servicios externos a la empresa, en particular en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento y lucha contra incendios, de forma que quede garantizada la rapidez y eficacia de las mismas.

La forma de actuar por parte de los operarios debe estar procedimentada para que sepan como actuar ante un accidente.

## **MEMORIA DESCRIPTIVA.**

### **Unidades de construcción previstas en la obra**

#### **Vallado de obra**

Puesto que es un emplazamiento urbano en cubierta no se puede realizar vallado. Durante el transcurso de la obra, se balizará y señalizará la zona de actuación de la obra para evitar el acceso de personal ajeno a la misma.

Se colocará señalización de riesgos y medidas preventivas en el acceso a la obra.

Se utilizarán los sistemas de seguridad existentes.

#### **Acceso y circulación interior**

El acceso al recinto de la obra se hará por la entrada de cubierta existente en el edificio.

En la obra se colocará señalización de "Es obligatorio el uso de casco" y "Protección individual obligatoria contra caídas" y toda la señalización de riesgos, EPI's... necesaria en la obra.

El acceso deberá mantenerse libre de obstáculos.

El orden y la limpieza de los lugares de trabajo, se deberán adoptar en todo momento.

### **Vías y salidas de evacuación**

Las vías y salidas de evacuación, así como las vías de circulación que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto de manera que puedan utilizarse sin trabas en cualquier momento.

El orden y la limpieza deben de estar garantizados en toda el área afectada por las obras y en las zonas de salida de evacuación y circulación.

### **Montaje de estructuras metálicas e instalación de mástil**

Se refiere a la ejecución de obras de montaje e izado de elementos metálicos (barandillas, línea delimitadora, escalera...), mástil.

#### **A) DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS**

En este caso concreto se instalarán tres mástiles de 6 metros de altura, con escalera vertical y puerta antiescalo, además sobre cada mástil se instalarán dos satélites y todos los elementos auxiliares necesarios (rejiband, perfiles...)

Sin entrar a analizar cada fase de la realización de los distintos elementos de una forma muy profunda, lo que se considera conveniente es observar una serie de medidas importantes que, de cara a la seguridad, deberán tenerse en cuenta.

Las medidas que hay que tener en cuenta en las fases de acopio y soldado, hay que señalar que se delimitarán los tajos y que los operarios irán provistos de los EPI's necesarios para la realización de los mismos.

El montaje de cualquier elemento que tenga que colocarse en alguna zona donde no existan las protecciones colectivas será posterior a la colocación de las mismas.

Para la colocación de las barandillas y en general cualquier protección colectiva, que debe ser prioritaria ante cualquier trabajo, se tendrá en cuenta que los trabajadores deberán estar sujetos con arnés anticaída a punto fijo y resistente (barandillas existentes, volante de seguridad...)

Hay que tener especial cuidado en la fase de la colocación e izado de los materiales guardando siempre las distancias de seguridad pertinentes con respecto a cualquier zona con riesgo de caída, balizando y señalizando la zona si fuese necesario.

Se utilizarán eslingas cuerdas o cables de seguridad en las operaciones de izado.

La maquinaria será manejada por personal cualificado y autorizado.

## **B) RIESGOS MÁS FRECUENTES**

Caída a distinto nivel de personas.

Caídas de objetos a distinto nivel por manipulación (martillos, tenazas, madera, árido, etc.).

Caída al mismo nivel.

Cortes en las manos.

Golpes en manos, pies y cabeza.

Electrocuciones por contacto directo o indirecto.

Sobreesfuerzos.

Choques o golpes contra objetos móviles ó inmóviles.

Exposición a temperaturas extremas.

Incendios.

## **C) NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD**

El acceso a los mástiles se realizará mediante sistema de seguridad anticaída GAMESYSTEM a utilizar conjunta y exclusivamente con un dispositivo anticaídas del mismo fabricante que será el homologado. Se utilizará el cabo de doble anclaje como complemento con absorbedor de energía cuando la altura lo permita.

Para trabajos en altura durante la fase de izado, cuando éste se realiza por tramos, se utilizará equipos anticaídas.

Ante cualquier situación con un peligro de caída mayor de 2 m los operarios deberán estar amarrados a puntos fijos en todo momento. Una vez alcanzada la posición en la cual se va a realizar la operación correspondiente, se trabajará siempre amarrado a dos puntos sólidos e independientes, buscando un reparto adecuado de cargas.

Está prohibido trabajar en solitario.

Se contará con el número adecuado de personas para que ninguna de ellas soporte más de 25Kg en el manejo de cargas.

La manipulación manual de cargas durante estos trabajos estará de acuerdo con el contenido del R.D 487/97 sobre manipulación de cargas.

Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón para evitar su caída a otro nivel y se emplearán bolsas portaherramientas.

Para el montaje de la estructura y ensamblaje de las piezas se utilizarán las herramientas adecuadas.

Se hará uso de los EPI's necesarios para los trabajos a realizar.

Para el uso de escaleras, andamios, medios auxiliares y maquinaria se seguirán las normas indicadas en el apartado de Medios auxiliares, maquinaria y herramientas, especificado en el presente Estudio.

Durante el izado de cargas en general, se deben definir los métodos correctos así como los equipos a utilizar.

Se prohíbe la permanencia de operarios bajo el radio de acción de cargas suspendidas o tajos de soldadura.

Durante los trabajos de soldadura se seguirán las medidas preventivas descritas en el apartado correspondiente.

Se habilitarán espacios determinados para el acopio de materiales.

Orden y limpieza en los lugares de trabajo.

Formación e Información sobre los riesgos y metodología de trabajo.

Para realizar trabajos en altura los trabajadores deben tener la formación correspondiente, estando autorizados y cualificados para la realización de dichos trabajos.

Cuando se realicen trabajos con riesgo de caída en altura de más de 2 m debe utilizarse sistema anticaídas.

Se guardará una distancia de 6m con cualquier punto de tensión.

Selección de zonas de trabajo y retirada de materiales de desecho.

Para el uso de la grúa se seguirán las normas indicadas en el apartado correspondiente de este EBSS.

Se acotarán los tajos de las zonas de maniobra de las maquinarias.

Las zonas de actuación de las maquinarias de obra y propias del titular del emplazamiento deberán ser oportunamente señalizadas

Se señalizarán los obstáculos que no se pueden eliminar y se acotarán e iluminarán suficientemente.

Se prohibirá fumar en el área de obras.

Se instruirán los operarios sobre el manejo de extintores en la obra y sobre como actuar en caso de incendio, incluso vías de acceso y evacuación.

Se dotará el emplazamiento de un número suficiente de extintores (polvo polivalente y CO2).

Los trabajadores no permanecerán expuestos a temperaturas extremadas por largos períodos de tiempo.

## **Acabados.**

### **A) DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Se refiere a los trabajos de alicatados, solados y todos aquellos trabajos de albañilería necesarios para quedar perfectamente terminado el emplazamiento.

## **B) RIESGOS MÁS FRECUENTES**

Caída de personas a distinto nivel.  
Caída de materiales a distinto nivel.  
Caídas de personas al mismo nivel.  
Caída de objetos por manipulación.  
Golpes y aplastamiento en los dedos.  
Pisadas sobre objetos.  
Choques o golpes contra objetos.  
Salpicadura de partículas a los ojos.  
Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.  
Sobreesfuerzos.

## **C) NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD**

Para el uso de escaleras, andamios y demás medios auxiliares se seguirán las normas indicadas en el apartado de Medios auxiliares, maquinaria y herramientas especificado en el presente Estudio.

La zona de trabajo estará suficientemente iluminada. Si se utilizan fuentes de iluminación portátiles estarán alimentadas a 24V.

El personal que realice estos trabajos será personal con la formación adecuada e informado.

Los trabajos en altura se realizarán con un grupo de 2 personas como mínimo. Está prohibido trabajar en solitario.

En trabajos con peligro de caída mayor de 2 m se tomarán las medidas de protección colectiva adecuadas o en su defecto las individuales.

Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón para evitar su caída a otro nivel y se emplearán bolsas portaherramientas.

Se habilitarán espacios determinados para el acopio de materiales.

Durante el izado de cargas, se deben definir los métodos correctos para realizarlo.

Se prohíbe la permanencia de operarios bajo el radio de acción de cargas suspendidas o tajos de soldadura

Orden y limpieza en los trabajos.

Selección de zonas de trabajo y retirada de materiales de desecho.

Se prohíbe tirar cascotes directamente por las aberturas de fachadas y huecos. Si fuese necesario se acotará y balizará la zona inferior en la vertical de los trabajos en prevención de caída de materiales.

Se señalizarán los obstáculos que no se pueden eliminar y se acotarán e iluminarán lo suficiente.

Se acotarán los tajos de las zonas de maniobra de las maquinarias

Se prohibirá fumar en el área de obras.

Se hará uso de los EPI's necesarios para los trabajos a realizar.

La manipulación manual de cargas durante estos trabajos estará de acuerdo con el contenido del R.D. 487/97 sobre manipulación manual de cargas.

Los clavos existentes en la madera de encofrado se sacarán o se remacharán inmediatamente después de haber desencofrado, retirando los que puedan haber quedado por el suelo.

## **Instalaciones**

### **Instalaciones eléctricas, cableado de tierras**

#### **A) DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Se refiere, a los trabajos necesarios para realizar la instalación eléctrica, de fibra óptica y tendido de red de tierras.

#### **B) RIESGOS MÁS FRECUENTES**

Instalaciones de electricidad:

Caída de personal a distinto nivel.

Caída de personal al mismo nivel.

Caída de objetos en manipulación.

Electrocuciones (contactos eléctricos directos o indirectos).

Cortes en extremidades superiores.

Rotura de piezas o mecanismos con proyección de partículas.

Caída de objetos.

Riesgos detectables durante las pruebas de conexionado y puesta en servicio de la instalación más comunes.

Electrocución o quemaduras por la mala protección de cuadros eléctricos.

Electrocución o quemaduras por maniobras incorrectas en las líneas.

Electrocución o quemaduras por uso de herramientas sin aislamiento.

Electrocución o quemaduras por puente de los mecanismos de protección (disyuntores diferenciales, etc.).

Electrocución o quemaduras por conexionados directos sin clavijas macho-hembra.

Exposiciones a radiaciones no ionizantes.

Incendios.

## **C) NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD**

### **C.1. En general**

El acceso a los mástiles se realizará mediante sistema de seguridad anticaída GAMESYSTEM a utilizar conjunta y exclusivamente con un dispositivo anticaídas del mismo fabricante que será el homologado. Se utilizará el cabo de doble anclaje como complemento con absorbedor de energía cuando la altura lo permita.

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.

La herramienta manual se debe revisar con periodicidad para evitar cortes y golpes.

Todas las máquinas eléctricas estarán protegidas con interruptor diferencial y toma de tierra a través del cuadro general o bien protegidas con doble aislamiento eléctrico. Cumplirán con las instrucciones 027 y 028 del R.E.B.T.

Las tareas que impliquen la manipulación de equipos eléctricos deberán de estar procedimentadas y autorizadas.

Queda prohibido manipular equipos eléctricos que no tengan relación con los trabajos a realizar.

Orden y limpieza.

Se suspenderán los trabajos con situaciones climatológicas desfavorables.

### **C.2. Sistema de protección contra contactos indirectos**

Para la prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, el sistema de protección elegido es el de puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales).

### **C.3. Normas de prevención para los cables**

El calibre o sección del cableado será el especificado en planos y de acuerdo a la carga eléctrica que ha de soportar en función de la maquinaria e iluminación prevista.

Todos los conductores utilizados serán aislados de tensión nominal de 1000 voltios como mínimo y sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos en este sentido. El grado de protección para los conductores será I.P 44.

Las mangueras de "alargadera":

a) Si son para cortos períodos de tiempo, podrán llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales, estando protegidas mecánicamente.

b) Se empalmarán mediante conexiones normalizadas estancos antihumedad o fundas aislantes termoretráctiles, con protección mínima contra chorros de agua (protección recomendable IP. 447).

En cuanto al tendido de cableado horizontal bien por fachada o falso techo y a la instalación de conducciones para los mismos se observará lo siguiente:

La existencia de instalaciones previas.

La solidez de las superficies a las que se van a fijar los cables.

Presencia de otros servicios principalmente eléctricos.

Guardar las distancias en lo relativo al cruce de instalaciones eléctricas con cables de comunicaciones manteniendo una distancia de 50cm y aislando en los cruces los cables 2m a cada lado del cruce.

#### **C.4. Normas de prevención para los interruptores.**

Se ajustarán expresamente, a los especificados en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad de tipo intemperie.

Las cajas de interruptores poseerán adherida sobre su puerta una señal normalizada de "peligro, electricidad".

#### **C.5. Normas de prevención para los cuadros eléctricos.**

Serán metálicos de tipo para la intemperie, con puerta y cerraja de seguridad (con llave), según norma UNE-20324.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Poseerán adherida sobre la puerta una señal normalizada de "peligro, electricidad".

Poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie, en número determinado según el cálculo realizado (grado de protección recomendable IP. 557).

Los cuadros eléctricos de esta obra, estarán dotados de enclavamiento eléctrico de apertura.

#### **C.6. Normas de prevención tipo para las tomas de energía.**

Las tomas de corriente irán provistas de interruptores de corte omnipolar que permita dejarlas sin tensión cuando no hayan de ser utilizadas.

Las tomas de corriente de los cuadros se efectuarán de los cuadros de distribución, mediante clavijas normalizadas blindadas (protegidas contra contactos directos) y siempre que sea posible, con enclavamiento.

Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un solo aparato, máquina o máquina-herramienta.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Las tomas de corriente no serán accesibles sin el empleo de útiles especiales o estarán incluidas bajo cubierta o armarios que proporcionen un grado similar de inaccesibilidad.

### **C.7. Normas de prevención para la protección de los circuitos.**

La instalación poseerá todos los interruptores automáticos definidos en los planos como necesarios: su cálculo se ha efectuado siempre minorando con el fin de que actúen dentro del margen de seguridad; es decir, antes de que el conductor al que protegen, llegue a la carga máxima admisible.

Los interruptores automáticos se hallarán instalados en todas las líneas de toma de corriente de los cuadros de distribución, así como en las de alimentación a las máquinas, aparatos y máquinas-herramienta de funcionamiento eléctrico, tal y como queda reflejado en el esquema unifilar.

Los circuitos generales estarán igualmente protegidos con interruptores automáticos o magneto térmicos.

Todos los circuitos eléctricos se protegerán asimismo mediante disyuntores diferenciales.

Los disyuntores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

300 mA.- (según R.E.B.T.) - Alimentación a la maquinaria.

30 mA.- (según R.E.B.T.) - Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA.- Para las instalaciones eléctricas de alumbrado no portátil.

El alumbrado portátil se alimentará a 24 V. mediante transformadores de seguridad, preferentemente con separación de circuitos.

### **C.8. Normas de prevención para las tomas de tierra.**

La red general de tierra deberá ajustarse a las especificaciones detalladas en la Instrucción ITC-BT-18 del vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como todos aquellos aspectos especificados en la Instrucción ITC-BT-24 mediante los cuales pueda mejorarse la instalación.

Caso de tener que disponer de un transformador en la obra, será dotado de una toma de tierra ajustada a los Reglamentos vigentes y a las normas propias de la compañía eléctrica suministradora en la zona.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

Cuando la toma general de tierra definitiva del edificio se halle ya realizada, será ésta la que se utilice para la protección de la instalación eléctrica provisional de obra.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La red de tierras está formada por dos circuitos principal y secundario.

La red general de tierra será única para la totalidad de la instalación.

Los receptores eléctricos dotados de sistema de protección por doble aislamiento y los alimentados mediante transformador de separación de circuitos, carecerán de conductor de protección, a fin de evitar su referenciación a tierra. El resto de carcasas de motores o máquinas se conectarán debidamente a la red general de tierra.

Las tomas de tierra estarán situadas en el terreno de tal forma que su funcionamiento y eficacia sea el requerido por la instalación.

La conductividad del terreno se aumentará vertiendo en el lugar de hincado de la pica (placa o conductor) agua de forma periódica.

El punto de conexión de la pica (placa o conductor), estará protegido en el interior de una arqueta practicable.

La toma de tierra de la instalación estará constituida por:

Punto de puesta a tierra, constituido por dispositivo de conexión que permite la unión entre los conductores de la línea de enlace y principal de tierra.

Línea de enlace con tierra, formado por los conductores que unen el electrodo con el punto de puesta a tierra, con sección mínima de 35mm.

Electrodo, masa metálica permanentemente en buen contacto con el terreno. Consistirá en una pica vertical de cobre de 25mm de diámetro con una longitud mínima de 2m.

### **C.9. Normas de prevención para la instalación de alumbrado.**

Las masas de los receptores fijos de alumbrado, se conectarán a la red general de tierra mediante el correspondiente conductor de protección. Los aparatos de alumbrado portátiles,

excepto los utilizados con pequeñas tensiones, serán de tipo protegido contra los chorros de agua (Grado de protección recomendable IP.557).

El alumbrado de la obra, cumplirá las especificaciones establecidas en las Ordenanzas de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica y General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

La intensidad de iluminación en la obra será de 100 lux.

La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.

La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.

Las zonas de paso de la obra estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

Se evitará trabajar en horas en las cuales la carencia de iluminación haga necesaria la utilización de sistemas de iluminación portátiles.

El alumbrado portátil estará alimentado mediante transformador de seguridad a la tensión de 24V. No empleándose casquillos metálicos, y la lámpara estará protegida contra golpes y con grado de protección I.P.3 como mínimo.

#### **C.10. Normas de seguridad, de aplicación durante el mantenimiento y reparaciones de la instalación eléctrica provisional de obra.**

El personal de mantenimiento de la instalación será electricista, y preferentemente en posesión de carnet profesional correspondiente.

Toda la maquinaria eléctrica se revisará periódicamente, y en especial, en el momento en el que se detecte un fallo, momento en el que se la declarará "fuera de servicio" mediante desconexión eléctrica y el cuelgue del rótulo correspondiente en el cuadro de gobierno.

La maquinaria eléctrica, será revisada por personal especialista en cada tipo de máquina.

Se prohíben las revisiones o reparaciones bajo corriente. Antes de iniciar una reparación se desconectará la máquina de la red eléctrica, instalando en el lugar de conexión un letrero visible, en el que se lea: " NO CONECTAR, HOMBRES TRABAJANDO EN LA RED".

La ampliación o modificación de líneas, cuadros y asimilables sólo la efectuarán los electricistas.

#### **Instalaciones de coaxiales y antenas.**

### **A) DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Se refiere, a los trabajos necesarios para realizar la instalación de los sistemas radiantes y cableados coaxiales.

Sobre los mástiles se instalarán tres antenas Tribanda y parábolas para la transmisión. Además se realizará la correspondiente tirada de coaxiales desde los equipos hasta las antenas.

## **B) RIESGOS MÁS FRECUENTES**

Caída del personal al mismo nivel.

Caída de personal a distinto nivel.

Sobreesfuerzos.

Cortes en extremidades superiores.

Cortes por manejo de herramientas manuales

Cortes por manejo de guías y conductores.

Pisadas sobre objetos.

Proyección de partículas.

Caída de objetos en manipulación.

Golpes por herramientas manuales

Exposiciones a radiaciones no ionizantes.

Fatiga física.

Condiciones ambientales

## **C) NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD**

### **C.1. Normas o medidas preventivas.**

La iluminación en los tajos no será inferior a los 100 lux, medidos a 2 m. del suelo.

Estará prohibido el acceso a los sistemas radiantes a todo el personal no especializado y acreditado para acceder a dicho lugar.

La iluminación mediante portátiles se efectuará utilizando "portalámparas estancos con mango aislante", y rejilla de protección de la bombilla, alimentados a 24 voltios.

Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra, sin la utilización de las clavijas macho-hembra.

Las escaleras de mano a utilizar, serán del tipo "tijera", dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar los riesgos por trabajos realizados sobre superficies inseguras y estrechas (para trabajos eléctricos se utilizarán escaleras de madera con zapatas antideslizantes).

Para el uso de escaleras, andamios y demás medios auxiliares se seguirán las normas indicadas en el apartado de Medios auxiliares, maquinaria y herramientas, especificado en el presente Estudio.

Las herramientas a utilizar por los electricistas-instaladores, estarán protegidas con material aislante normalizado contra los contactos directos con la energía eléctrica.

En el caso de que los sistemas radiantes tengan que estar separados de la estructura soporte, el sistema de fijación de los mismos debe ser extensible o abatible, para que permita al trabajador actuar sin abandonar sus puntos de sujeción.

No instalar un sistema rígido que obligue al trabajador al trabajador a desplazarse hacia el vacío sin las mínimas garantías de seguridad.

El acceso a los mástiles se realizará mediante sistema de seguridad anticaída GAMESYSTEM a utilizar conjunta y exclusivamente con un dispositivo anticaídas del mismo fabricante que será el homologado. Se utilizará el cabo de doble anclaje como complemento con absorbedor de energía cuando la altura lo permita.

En una detención durante el ascenso/descenso o en paradas de trabajo se fijará siempre el cabo de doble anclaje antes de proceder a desenganchar el sistema de vida. El anclaje de dichos cabos se realizará siempre que sea posible por encima de la cabeza para tener una perfecta garantía de seguridad. Si no se pueden emplear fijaciones por encima de la cabeza se anclarán en los puntos más altos posible, evitando fijaciones por debajo de la cintura.

Prohibido la permanencia de personas debajo de las cargas en izados.

Evitar trabajos simultáneos en la misma vertical.

Para trabajos verticales se tendrá en cuenta:

El personal que realice dichos trabajos tiene que ser especializado con la autorización, formación y acreditación correspondiente para este tipo de trabajo.

Existirán siempre dos líneas de vida una de suspensión y otra de seguridad.

Se efectuará el trabajo con al menos dos personas.

Se utilizarán los equipos anticaídas correspondientes.

Se utilizarán los EPI's correspondientes a dichos trabajos.

Si fuese necesario se balizará la zona de trabajo en planta baja para impedir el acceso de personal por la misma.

Resguardos en maquinaria que limiten la proyección de partículas o fragmentos.

Uso de los EPI's adecuados a cada trabajo.

Las herramientas que se utilicen en altura irán siempre dentro de la bolsa porta-herramienta. Se utilizarán de forma correcta y siendo la adecuada para cada trabajo.

Disponer del número necesario de operarios.

Orden y limpieza.

La herramienta manual se debe revisar con periodicidad para evitar cortes y golpes.

Prohibido fumar en toda la obra.

La zona de trabajo se mantendrá limpia de obstáculos y de objetos para eliminar el riesgo de caída.

Se prohíbe verter escombros y recortes. Los escombros se recogerán y apilarán para su vertido posterior (o a mano a un contenedor en su caso), para evitar accidentes por caída de objetos.

Las operaciones de montaje de componentes, se efectuará en cota cero de la terraza. Se prohíbe la composición de elementos en altura, si ello no es estrictamente imprescindible con el fin de no potenciar los riesgos ya existentes.

Se prohíbe expresamente instalar antenas en esta obra, a la vista de nubes de tormenta próximas, fuertes vientos, lluvias copiosas o hielo en la estructura.

Utilizar cables y cuerdas en buen estado.

No se admitirán cuerdas empalmadas o desgastadas, cables con más del 10% de hilos rotos, garzas sin guardacabos y perrillos mal posicionados.

Las poleas que se empleen tiene que ser de seguridad y apropiadas al peso a izar.

Marcado C.E

Cuando se realicen trabajos con o en proximidad de sistemas radiantes, se debe reducir la potencia o apagar los sistemas afectados.

Todos los trabajos serán realizados por operarios especializados.

Ascenso y descenso de operarios utilizando arnés de seguridad, el sistema anticaída existente y el casco de seguridad.

En todos los trabajos que se realicen que impliquen un riesgo de caída mayor de 2m, se tomarán las correspondientes medidas de protección.

#### **- Sistema anticaída:**

El acceso a los mástiles se realizará mediante sistema de seguridad anticaída GAMESYSTEM a utilizar conjunta y exclusivamente con un dispositivo anticaídas del mismo fabricante que será el homologado. Se utilizará el cabo de doble anclaje como complemento con absorbedor de energía cuando la altura lo permita.

Será de uso obligatorio utilizar el sistema de seguridad anticaídas para acceder al mástil. Es obligatorio el sistema de Doble Anclaje para el acceso a todas aquellas zonas en las que haya un peligro de caída mayor de 2 m. Se utilizará con absorbedor de energía cuando la altura existente lo permita no teniendo que ser inferior a (distancia de parada + 2.5m).

El sistema estará diseñado de tal forma que no produzca molestias para el desarrollo de los trabajos de mantenimiento, y en el supuesto de caída, el usuario no deberá sufrir daños provocados por rozaduras o golpes con el propio dispositivo.

Se deberán incluir los carteles indicativos referentes a la normativa de seguridad según la legislación vigente.

## **Instalaciones de equipos.**

### **A) DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Se refiere a los trabajos de montaje e instalación de equipos.

### **B) RIESGOS MÁS FRECUENTES**

Caída del personal al mismo nivel.

Caída de personal a distinto nivel.

Sobreesfuerzos.

Cortes en extremidades superiores.

Cortes por manejo de herramientas manuales

Cortes por manejo de guías y conductores.

Pisadas sobre objetos.

Proyección de partículas.

Caída de objetos en manipulación.

Golpes por herramientas manuales

Contactos con sustancias cáusticas, corrosivas o nocivas.

Fatiga física.

Condiciones ambientales

Riesgos detectables durante las pruebas de conexionado y puesta en servicio de la instalación más comunes.

Electrocución o quemaduras por la mala protección de cuadros eléctricos.

Electrocución o quemaduras por maniobras incorrectas en las líneas.

Electrocución o quemaduras por uso de herramientas sin aislamiento.

Electrocución o quemaduras por puente de los mecanismos de protección (disyuntores diferenciales, etc.).

Electrocución o quemaduras por conexionados directos sin clavijas macho-hembra.

Electrocución por conexión de las baterías.

Quemaduras por contactos con el electrolito de la batería.

Incendios.

### **C) NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD**

#### **C.1. Normas o medidas preventivas.**

Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra, sin la utilización de las clavijas macho-hembra.

Las escaleras de mano a utilizar, serán del tipo "tijera", dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar los riesgos por trabajos realizados sobre superficies inseguras y estrechas (para trabajos eléctricos se utilizarán escaleras de madera con zapatas antideslizantes).

Para el uso de escaleras, andamios y demás medios auxiliares se seguirán las normas indicadas en el apartado de Medios auxiliares, maquinaria y herramientas, especificado en el presente Estudio.

En caso de realizar trabajos con riesgo de caída mayor de 2m se tomarán las correspondientes medidas de protección.

Las herramientas a utilizar por los electricistas-instaladores, estarán protegidas con material aislante normalizado contra los contactos directos con la energía eléctrica.

Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciadas, para evitar accidentes.

Antes de hacer entrar en carga a la instalación eléctrica se hará una revisión en profundidad de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos o indirectos, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

En trabajos con baterías:

Asegurarse que todos los circuitos de entrada y salida a baterías están desconectados.

Colocar las baterías correctamente para su conexión.

Antes de conectar, comprobar la polaridad.

Aislar los terminales opuestos mientras se conecta uno.

Conectar las baterías y proteger los terminales.

Integrar los circuitos de uno en uno.

Proteger las baterías de la caída de materiales o herramientas.

Antes de quitar las pinzas de los bornes, se debe de interrumpir el circuito de carga.

No acercarse ninguna llama o chispa a las baterías.

El manejo de equipos se realizará de forma racional, debiendo impedirse esfuerzos superiores a la capacidad física de las personas. En ningún caso, las cargas manuales superarán los 25Kg por persona, siendo obligatorio el uso de medios mecánicos para cargas superiores.

Formación e Información sobre manipulación de cargas. Se cumplirá con el contenido del R.D 487/97 sobre manipulación de cargas.

La carga a transportar y el modo de hacerlo no impedirá la visibilidad.

Se tendrá especial cuidado en la coordinación de movimientos, al objeto de evitar sobreesfuerzos y atrapamientos. El levantamiento de equipos se realizará flexionando las

rodillas y manteniendo la espalda recta. Se deberán agarrar los equipos con firmeza y colocar las manos evitando el atrapamiento en la descarga.

Los trabajadores utilizarán los EPI's adecuados al trabajo a realizar.

Cuando sea necesario utilizar medios mecánicos para las operaciones de carga/descarga y transporte de materiales pesados.

El ensamblado/sujeción de los distintos elementos que componen los armarios y equipos se realizará utilizando las herramientas adecuadas.

Ningún trabajador debe manipular equipos para los que no esté autorizado.

## **Trabajos verticales**

En este emplazamiento, parte de las instalaciones, requiere el tendido de cables verticales. Estos cables son de distintos tipos: cable de tierra, alimentación....

Nos encontramos con distintos procedimientos para realizar el tendido de estos cables:

- Tendido de cables utilizando procedimientos de escalada.
- Tendido de cables aprovechando ventanas, terrazas o huecos.
- Tendido de cables utilizando patinillos del edificio existentes.

Una vez estén colocados los anclajes, se procede a descolgar los cables desde la cubierta. Es una fase peligrosa ya que el peso del cable puede provocar la caída del mismo, con el riesgo de arrastrar a los operarios que lo estén descolgando.

Excepto en el caso de que el tendido de cable sea por patinillos, en el resto de procedimientos se puede complementar desde la parte inferior con otros medios como: cesta grúa, plataforma elevadora, escaleras....

Los trabajos verticales son técnicas para trabajar en altura que se basan en la utilización de cuerdas, anclajes y aparatos de progresión para acceder a objetos naturales (árboles), subsuelo (pozos), construcciones (edificios, diques, puentes, etc.), junto con todos los accesorios incorporados a las mismas para la realización de algún tipo de trabajo.

La utilización de las técnicas de trabajos verticales, es aconsejable en aquellos trabajos donde el montaje de sistemas tradicionales (por ej. andamios), resulta dificultoso técnicamente o presentan un riesgo mayor que realizarlo con dichas técnicas con independencia de que la duración de muchos de estos trabajos, hace que económicamente no sean rentables.

## **Riesgos y factores de riesgo**

Los principales riesgos asociados a los trabajos verticales son los derivados de las caídas de personas o materiales.

*Las caídas de personas a distinto nivel* se deben fundamentalmente a efectuar los trabajos sin la debida planificación, utilización inadecuada de los EPI's o falta de control suficiente de los mismos, materiales auxiliares deteriorados o mal mantenidos, puntos de anclaje insuficientes o mal distribuidos, falta de formación o formación insuficiente.

*La caída de materiales sobre personas y/o bienes* es debida a llevar herramientas sueltas o sin el equipo auxiliar de transporte en operaciones de subida o bajada o mientras se realizan los trabajos, o bien a la presencia de personas situadas en las proximidades o bajo la vertical de la zona de trabajo.

Otros posibles riesgos propios de esta actividad son los cortes o heridas de diversa índole en la utilización de herramientas auxiliares o portátiles, las quemaduras diversas en la utilización de herramientas portátiles generadoras de calor, los contactos eléctricos directos o indirectos por proximidad a líneas eléctricas de AT y/o BT ya sean aéreas o en fachada y la fatiga por discomfort, prolongación excesiva de los trabajos o condiciones de trabajo no ergonómicas.

### **Medidas de prevención y de protección**

Las medidas de prevención y protección para prevenir el riesgo de caída de altura consisten por un lado en la idoneidad de los equipos necesarios para realizarlos y por otro en la aplicación de técnicas específicas para la realización de los mismos. Describimos los equipos necesarios para la realización de estos trabajos, la protección de la vertical de la zona de trabajo y otras medidas de prevención y protección frente a riesgos específicos.

### **Equipo de trabajo o de acceso**

Es el que sirve para acceder de forma segura al lugar de trabajo, posicionarse y abandonarlo una vez finalizado el trabajo. Consta de un descendedor autoblocante, bloqueador de ascenso, varios conectores con seguro, una cuerda semiestática de suspensión de longitud variable, un arnés de suspensión y un cabo de anclaje doble.

### **Cuerdas**

Las cuerdas homologadas para trabajos verticales deben cumplir con la norma UNE-EN-1891. El material normalmente utilizado es la fibra de nylon, del tipo poliamida; según el tipo de trenzado existen las cuerdas semiestáticas pensadas para soportar esfuerzos constantes como son el peso de personas y que presentan una elongación entre el 1,5 y el 3 % frente a un esfuerzo puntual y las cuerdas dinámicas que presentan unas buenas prestaciones frente a un impacto ya que su elongación en estos casos oscila entre el 5 y el 10 % de la longitud de la cuerda.

El coeficiente de seguridad debe ser de 10.

La duración y resistencia de las cuerdas esta relacionada con una serie de medidas de prevención a tener en cuenta:

- Preservar del contacto con el agua pues reduce su resistencia hasta un 10 %.
- Limitar la utilización de una cuerda a un tiempo determinado teniendo en cuenta que a partir de la fecha de fabricación la resistencia de las cuerdas disminuye progresivamente en función del uso que se le da. Todas las cuerdas deben llevar una ficha o folleto con sus características.
- Evitar la exposición a los rayos solares.
- Mantener limpias de barro, mortero, etc. En caso de tener que limpiarlas utilizar un detergente neutro.
- Preservar la cuerda de los efectos abrasivos derivados del roce con elementos que sobresalen respecto a la vertical de la línea de trabajo.
- Utilizar cuerdas debidamente certificadas.
- Utilizar cuerdas de 10 mm. de diámetro como mínimo.
- Todas las cuerdas deben llevar, en uno de sus extremos, una etiqueta que indique la carga máxima, el tiempo de almacenamiento, las condiciones de uso, el tiempo de exposición a la intemperie, etc.

Existen además unas cuerdas denominadas cordinos y que se caracterizan por tener un diámetro de 8mm o inferior. Sirven para suspender herramientas o maquinaria, o para asegurar pequeños objetos.

## **Conectores**

Son pequeñas piezas en forma de anillos de metal, con apertura, que se utilizan para la conexión de elementos del equipo vertical. Existen dos tipos principales: los mosquetones y los maillones.

Los mosquetones son anillos de metal con un sistema de apertura de cierre automático en forma de pestaña. Sirven de nexo de unión entre la persona y los materiales o entre los diferentes accesorios. Hay mosquetones sin seguro y con seguro.

Los mosquetones sin seguro están formados por una pieza en forma de C y una pestaña que al presionarla permite su apertura. Pueden abrirse de forma accidental por lo que no deben usarse para trabajos verticales y solo se pueden emplear para maniobras auxiliares como conectar herramientas.

Los mosquetones con seguro llevan un sistema de cierre que necesita dos movimientos en distintas direcciones para abrirlos. Los dos más conocidos son los mosquetones con seguro de rosca cuya pestaña contiene un cilindro de metal superpuesto que avanza mediante una rosca hasta que cubre el punto de apertura, y los mosquetones con seguro de muelle que disponen de un sistema que necesita que se tire hacia atrás al mismo tiempo que se gira unos 30°. En ambos casos es casi imposible que se abra de una forma accidental. El material más adecuado es el acero.

En la utilización se debe evitar que soporte cargas sobre el brazo de cierre de forma permanente.

En general, todos los conectores deben estar libres de bordes afilados o rugosos que puedan cortar, desgastar por fricción o dañar de cualquier otra forma las cuerdas, o producir heridas al operario.

Los maillones son anillos de metal cuya apertura o cierre se consigue mediante el roscado y desenroscado sobre el aro metálico. Se diferencian de los mosquetones porque no tienen bisagras y su mecanismo de apertura es mucho más lento. Se utilizan en uniones de elementos que no necesitan conectarse y desconectarse frecuentemente.

## **Arneses**

Los arneses son dispositivos de presión del cuerpo destinados a parar las caídas.

El arnés anticaídas puede estar constituido por bandas, elementos de ajuste y de enganche y otros elementos, dispuestos y ajustados de forma adecuada sobre el cuerpo de una persona para sujetarla durante una caída y después de la parada de ésta.

Los arneses deben estar diseñados de forma que no presionen, limitando la circulación sanguínea, sujeten la región lumbar y no ejerzan fuertes presiones sobre el hueso ilíaco.

En general deberán cumplir con las normas UNE-EN 361:2002 y UNE-EN-358:1999

## **Cabo de anclaje**

Se utiliza un cabo de anclaje doble unido al anclaje de la cintura del arnés.

El cabo de anclaje doble conecta el arnés con los aparatos de ascenso, descenso o directamente a una estructura. En general deberán cumplir la norma UNE-EN-354:2002.

Los elementos que lo componen son:

- Una banda o una cuerda de fibras sintéticas
- Un conector que une el cabo al arnés

- Dos conectores, uno en cada extremo del cabo para unión a aparatos de progresión y/o estructura

### **Aparatos de progresión**

Son los dispositivos que sirven para realizar las maniobras sobre las cuerdas y progresar en cualquier dirección. Hay aparatos para ascender (bloqueadores) y aparatos para descender (descendedores); todos ellos necesitan la manipulación del operario para ascender o descender, bloqueándose automáticamente en caso de dejar de actuar, evitando de esta forma un descenso incontrolado.

### **Silla**

La silla es un elemento auxiliar recomendable en casos de trabajos de mayor duración ya que mejora el confort de la operación, del todo necesario. No constituye "per se" un elemento de seguridad por lo que deben utilizarse igualmente el resto de elementos de soporte del trabajador; así pues se deben conectar directamente o al mosquetón que une el descendedor al arnés de la cintura, o bien al propio anillo del arnés.

### **EPI-s auxiliares**

Además el operario debe llevar otros EPI's complementarios como son el casco, la ropa de trabajo, los guantes y el calzado de seguridad. Según el tipo de trabajo se adaptarán cada uno de los EPI's indicados.

### **Petate o saco de trabajo**

Son utilizados para llevar las herramientas y materiales necesarios para realizar los trabajos. Básicamente están provistos de un asa, dos correas y un punto de enganche, que sirve para ser izado.

### **Protección de la vertical de la zona de trabajo**

La zona perimetral de la vertical de donde se vayan a realizar los trabajos debe delimitarse convenientemente.

Existen dos formas que dependen de la envergadura del trabajo y del lugar donde se realice el mismo, a saber: mediante un vallado de malla metálica sobre soportes prefabricados, unidos entre sí, de al menos dos metros de altura, o bien mediante la instalación de un andamio de protección a nivel de primera planta y una lona protectora complementada, en algunos casos, por una red suspendida verticalmente cubriendo toda la fachada que impida que cualquier objeto pueda alcanzar la calle.

Además, debe señalizarse la zona convenientemente, básicamente sobre la prohibición de acceso. La señalización ha de resultar visible durante la noche, cuando fuese necesario. Ha de habilitarse un paso seguro para peatones, si se invaden zonas de tránsito público.

### **Otras medidas de protección frente a riesgos específicos**

#### **Riesgo de caída de materiales sobre personas y/o bienes**

Las herramientas u otros elementos de trabajo se deben llevar en bolsas sujetas a cinturones y adecuadas al tipo de herramientas a utilizar. En caso de no poder llevarlas sujetas al cuerpo se deben utilizar bolsas auxiliares sujetas a otra línea independiente de las cuerdas de sujeción o seguridad.

Instalación de una red de recogida fijada a la fachada y que pueda recoger cualquier objeto caído desde la zona de intervención. Además en las zonas de paso de personas se deberá señalizar y delimitar la vertical de la zona de trabajo mediante vallas adecuadas.

#### **Riesgo de cortes y heridas diversas**

Los riesgos de cortes y heridas deben prevenirse utilizando EPI's adecuadas a cada caso, en especial, guantes resistentes a la penetración, a los pinchazos y a los cortes.

#### **Riesgo de quemaduras**

El equipo de protección individual debe incluir, en los casos de trabajos en caliente, los EPI's usados en soldadura (petos o mandiles, manguitos, polainas, etc.)

#### **Riesgo de contactos eléctricos directos e indirectos**

Este riesgo se manifiesta en cuanto se tienen que realizar trabajos en las proximidades de líneas eléctricas aéreas, sean de alta o de baja tensión.

Para prevenir el riesgo de electrocución se deberán aplicar los criterios establecidos en [RD 614/2001](#) sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico; en concreto según indica el [Art. 4.2](#), todo trabajo en una instalación eléctrica, o en su proximidad, que conlleve riesgo eléctrico se debe efectuar sin tensión.

Cuando no se pueda dejar sin tensión la instalación se deben seguir las medidas preventivas indicadas en el [Anexo V.A Trabajos en proximidad. Disposiciones generales](#) y lo indicado en el [Anexo V.B Trabajos en proximidad. Disposiciones particulares](#) del citado [RD 614/2001](#). Se recomienda, a fin de facilitar la correcta interpretación y aplicación del citado Real Decreto consultar la correspondiente [Guía Técnica elaborada por el INSHT](#).

## **Riesgo de fatiga**

Regular los descansos periódicos y las condiciones ergonómicas del trabajo. La exposición solar continuada es un factor de riesgo a controlar y, en cualquier caso se debe evitar realizar los trabajos en condiciones climáticas extremas.

Recomendaciones de seguridad complementarias En los trabajos en que se utilicen sistemas anticaídas se deben seguir una serie de recomendaciones de seguridad complementarias de las que podemos destacar las siguientes:

- El equipo de protección individual se debe usar permanentemente durante todo el tiempo que dure el trabajo a realizar.
- Se han de evitar desgastes en el equipo, en particular por contactos y frotamientos con aristas o superficies rugosas, superficies calientes, corrosivas o susceptibles de engrasar los mecanismos.
- No exponer innecesariamente los elementos que componen el equipo a los rayos solares u otros agentes nocivos, debiendo prestar especial atención en trabajos de soldadura que conlleven la utilización de estos equipos de protección.
- Señalizar cualquier anomalía detectada en el equipo debiendo, en todos los casos desechar un equipo que haya soportado una caída.
- No utilizar estos equipos de forma colectiva.

Después de su utilización el equipo debe secarse en su caso, guardarlo en un lugar al abrigo de las inclemencias atmosféricas, luz u otros posibles agentes agresivos.

## **Mantenimiento**

Todos los elementos que componen el equipo de protección anticaídas deberán comprobarse y verificarse diariamente por cada operario antes de iniciar los trabajos, debiendo desecharse cualquier equipo o elemento del mismo que presente algún tipo de daño.

## **Operador**

En general, el operador deberá estar formado e informado de acuerdo con:

- [Ley 31/1995](#) de Prevención de Riesgos Laborales ([Arts. 18](#) y [19](#))
- [RD 1215/1997](#) sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo ([art. 5](#))
- [RD 1627/1997](#) sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción ([art.15](#))

En particular, los operadores de trabajos verticales necesitan para realizarlos de forma segura que tengan una serie de conocimientos específicos consistentes en:

- Técnicas de uso del equipo de acceso para que éste sea seguro, con dos cuerdas una de suspensión y otra de seguridad para cada operario.
- Técnicas de instalación que incluyen los elementos de fijación, naturales o instalados.
- Técnicas de progresión una vez instalado el equipo.

Solo las personas preparadas, formadas específicamente y autorizadas deben efectuar trabajos verticales.

Todos los operarios deberán ser mayores de edad y haber pasado un examen médico que descarte problemas de tipo físico o psicológico. Una vez efectuado el cursillo correspondiente el operador queda acreditado como técnico en trabajos verticales. Además se deberá pasar un examen médico cada año que contemple los siguientes aspectos y que deben ser excluyentes antes de realizar el cursillo de capacitación:

- Aspectos físicos (problemas cardíacos, presión arterial alta, ataques epilépticos, mareos, vértigo, trastornos del equilibrio, minusvalías en extremidades, drogodependencia, alcoholismo, enfermedades psiquiátricas, diabetes, etc.)
- Aspectos psicológicos. Los aspectos psicológicos de aptitud a tener en cuenta en un operario de trabajos verticales y que pueden perjudicar la correcta realización de los trabajos son:
  - Dificultades de comprensión (inherentes o idiomáticas)
  - Sentido común poco desarrollado
  - Capacidad lenta de reacción
  - Inadecuada transmisión norma-procedimiento
  - Valoración de riesgos deficiente

### **Técnicas para la realización de los trabajos verticales**

Las medidas de prevención y protección se concretan mediante el conocimiento y aplicación de diversas técnicas necesarias para la realización segura de los trabajos verticales. Las principales son:

- Técnicas sobre nudos

- Técnicas de instalación de tendidos de trabajo y seguridad
- Técnicas de progresión vertical
- Técnicas de progresión horizontal
- Técnicas especiales
- Técnicas de evacuación

### **Técnicas sobre nudos**

Los nudos se utilizan para unir los diferentes elementos de las instalaciones que componen los tendidos de trabajo. Para trabajos verticales se utilizan unos pocos que repasamos a continuación.

### **Características de los nudos**

Los nudos reducen la resistencia de una cuerda entre el 30 y el 60 % por lo que es muy importante conocer sus características para aplicarlos adecuadamente a cada circunstancia. Cualquier nudo debe estar adaptado al uso que se le va a dar, ser resistente y seguro, fácil de realizar y deshacer y perfectamente verificable.

En la realización de cualquier nudo es necesario pasar una parte de la cuerda a través de un "anillo" de 270° hecho con la misma cuerda. El más sencillo es el nudo simple y una vez hecho el cabo corto que sobra del nudo, debe tener, como mínimo, 12 cm.

### **Clases de nudos**

Los nudos se agrupan en varias clases en función del uso al que van destinados. Destacamos cuatro principales: anclaje, encordamiento, amortiguadores y de unión entre cuerdas.

Los nudos de anclaje se utilizan para unir las cuerdas al lugar de trabajo. Existen tres tipos principales denominados nudo de ocho, nudo de nueve y nudo de ocho con dos cabos.

Los nudos de encordamiento sirven para unir una cuerda al arnés del trabajador directamente para estar asegurado en maniobras de progresión en ascenso. Se utiliza el nudo de ocho.

Los nudos amortiguadores son los destinados a limitar y reducir la fuerza de choque de una potencial caída en ciertas instalaciones de tendidos de trabajo que así lo requieran. Se utilizan en estos casos el nudo simple y el nudo de mariposa.

Los nudos de unión entre cuerdas sirven para unir dos cuerdas diferentes entre sí. Se usa el nudo de ocho formado con dos cuerdas diferentes y un nudo de pescador. Cuando se hace un nudo para unir dos cuerdas es necesario realizar un nudo en el final de la cuerda superior con el fin de asegurarse a él con el cabo de anclaje, durante la maniobra de paso del mismo.

## **Técnicas de instalación de tendidos de trabajo y seguridad**

Los tendidos de trabajo son el conjunto de instalaciones y equipos necesarios para colocar las cuerdas y demás elementos auxiliares. Se distinguen dos partes: Instalaciones de cabecera e instalaciones de la vertical.

### **Instalaciones de cabecera**

Son los nexos de unión entre el lugar de trabajo (edificio, estructura industrial, talud natural, etc.) y el equipo de acceso (cuerda de suspensión y cuerda de seguridad). Existen dos tipos fundamentales de anclajes: Anclajes constructivos y anclajes instalados

Los anclajes constructivos son aquellos que ofrece la propia estructura del edificio (Por ej. caseta de la sala de máquinas de ascensores, chimeneas, vigas metálicas, soportes de instalaciones, etc.). La decisión de utilizar alguno de estos elementos para anclar las cuerdas debe tomarla un técnico competente con conocimientos de resistencia de materiales en el caso en que se trate de trabajos con proyecto y memoria. Para los casos de trabajos de pequeña duración o trabajos que no requieren proyecto la determinación de la capacidad de resistencia de los anclajes la realiza el técnico vertical o responsable de la empresa. Además se debe realizar una inspección ocular para comprobar que no están dañados o debilitados por grietas u otras patologías. En caso de duda se deben realizar pruebas de carga, a nivel del suelo, debiendo garantizar una carga tres veces superior al peso que va a soportar durante su utilización, incluida la posible fuerza de choque provocada por una caída.

Las cuerdas una vez pasadas por el elemento constructivo correspondiente se conectan a las otras cuerdas mediante un conector, tipo mosquetón.

Hay que tener en cuenta que según el ángulo que formen los dos ramales de la cuerda de unión con el anclaje aumentará la carga sobre los puntos de anclaje. Si en el punto de anclaje la cuerda forma un ángulo de  $90^\circ$ , al aplicar una carga de 100 Kg., se transmite una fuerza de carga de 70 Kg. a cada uno de los ramales, o sea un total de 140 kg. Si el ángulo es de  $120^\circ$  y la carga de 100 Kg. la fuerza transmitida a cada ramal de la cuerda será de 100 Kg., sumando en este caso 200 kg. La norma de seguridad a tener en cuenta es que no se superen los  $120^\circ$  en las instalaciones.

La forma de realizar la conexión al elemento constructivo es rodeándolo con un anillo de cuerda cerrado mediante un nudo en ocho. Todas las cuerdas (suspensión y seguridad) se conectan mediante mosquetones o maillones al anillo de anclaje. En las aristas se deben instalar cantoneras de protección. También se pueden utilizar cintas planas que reparten mejor la fuerza y resisten mejor los rozamientos con las aristas. Todo lo anterior se debe realizar por partida doble tanto para la cuerda de suspensión como para la cuerda de seguridad.

Las instalaciones de cabecera deben reasegurarse con un segundo punto de anclaje, como mínimo, que funciona automáticamente en caso de fallo del primero.

Los anclajes instalados son montados por los operarios en elementos constructivos o naturales adecuados, introduciendo y fijando un vástago metálico que permita conectar mosquetones o cuerdas por su lado exterior. Es aconsejable que sean inoxidable sobre todo si van a quedar instalados de forma permanente. Pueden ser mecánicos o químicos.

Los anclajes mecánicos se fijan al soporte por la presión que ejerce el mecanismo de expansión sobre las paredes del orificio taladrado y terminan en una tuerca hexagonal a la que hay que añadir una plaqueta o chapa diseñada para hacer de unión con el mosquetón o maillón. La plaqueta o chapa tiene dos orificios, uno para fijarla al anclaje mediante tuerca o perno y otro preparado para sujetar el mosquetón o maillón. Los materiales deben ser macizos y compactos como el hormigón en masa y armado y la piedra compacta.

Los anclajes químicos se instalan rellenando el taladro hecho con resinas e introduciendo un perno metálico roscado antes de que se solidifique la resina. Terminan de forma similar a los anclajes mecánicos. Su uso es recomendado en soportes como el hormigón o piedra poco compactos y ladrillo macizo o perforado.

Los anclajes mecánicos o químicos también se deben reasegurar. Los sistemas constan de un conjunto inseparable de cadena de acero y dos placas.

### **Instalaciones de la vertical**

Una vez instaladas las cabeceras se deben instalar las verticales estando los operarios asegurados con un dispositivo anticaídas. El principal problema a tener en cuenta es el rozamiento de las cuerdas con la estructura. Existen diversas técnicas para evitar los rozamientos y que a su vez facilitan los trabajos. Son los fraccionamientos, los protectores cantoneros, las desviaciones y los pescantes o elementos de suspensión.

Un fraccionamiento es un punto de anclaje intermedio en una cuerda instalada. La cuerda descendente está provista de un bucle antes del fraccionamiento, cuyas medidas serán las justas para facilitar la maniobra de paso de fraccionamiento en descenso. Es muy recomendable fraccionar las cuerdas en el punto de entrada de las mismas a la vertical de forma que se evita que el peso del operario presione la cuerda de suspensión contra la arista de entrada a la vertical.

Los fraccionamientos pueden ser simples sin reasegurar e instalado en la entrada de la vertical o reasegurados en un segundo anclaje con la misma cuerda o con cadena entre otros.

Aparte de fraccionar en la entrada de la vertical, se deben fraccionar las verticales, anclando la cuerda a las instalaciones intermedias, para evitar el roce y el efecto yoyo asociado a la elasticidad de las cuerdas.

Los protectores cantoneros son elementos resistentes colocados entre la cuerda y la superficie contra la que rozan o presionan con el fin de protegerla. Pueden ser de plástico con cierre de velcro y una hebilla metálica de fijación teniendo en su interior una lámina de neopreno endurecido de varios milímetros de espesor.

Existen otros protectores antirroce formados por una cadena de elementos metálicos con rodillos en el interior de cada elemento. Se pueden añadir elementos en función de la arista a proteger.

Las desviaciones son modificaciones de la vertical de bajada de una cuerda para evitar rozamientos y para alcanzar puntos de trabajo sin necesidad de instalar una nueva vertical. Ver

Los pescantes o elementos de suspensión son elementos auxiliares, tipo pescantes, que sirven para facilitar la entrada en la vertical. Estos pescantes deben contrapesarse o fijarse a un elemento constructivo.

## **Técnicas de progresión vertical**

Son las técnicas que permiten utilizar los elementos que componen el equipo de acceso del trabajador. Las maniobras básicas son:

- Descenso por la cuerda
- Ascenso por la cuerda
- Cambios de dirección
- Paso de obstáculos en ascenso y descenso

## **Descenso por la cuerda**

Se realiza mediante un aparato de descenso instalado en la cuerda de suspensión o trabajo, junto con el dispositivo anticaídas anclado en la cuerda de seguridad.

El descenso se controla con una mano en el mango del aparato, que permite desbloquear el mismo, y la otra mano en la cuerda de suspensión por debajo del descendedor, con lo cual se genera un ángulo (si se dispone de mosquetón de freno) o se añade algo de tensión a la cuerda con el fin de controlar la velocidad de descenso. La velocidad de descenso no debe ser superior a los 2 m/s. Mientras se desciende, se baja paralelamente el dispositivo anticaídas. Cada vez que por

cualquier motivo se debe efectuar una parada se debe aplicar una llave o un nudo de bloqueo al aparato de descenso.

### **Ascenso por la cuerda**

Se realiza partiendo del suelo utilizando dos autobloqueadores, que no deslizan hacia abajo cuando están sometidos a carga pero que pueden subir en caso contrario, junto con un dispositivo anticaídas unido a una cuerda de seguridad mediante el cabo de anclaje. Después de tensar la cuerda de progresión o suspensión el operario asciende transfiriendo su peso de un autobloqueador a otro subiendo, alternativamente, el que no soporta el peso.

Existen distintos sistemas de descenso de los que relacionamos los tres más utilizados. El sistema clásico que es el más adecuado para ascensos largos. Se utiliza un autobloqueador tipo puño (con pedal o estribo) conectado al arnés mediante el cabo de anclaje largo y el otro autobloqueador tipo ventral conectado al arnés por su parte superior e inferior. Para este sistema se utilizan arneses diseñados específicamente para este sistema de ascenso.

El sistema descenso adecuado cuando, estando en situación de descenso, es necesario subir un poco y por un periodo de tiempo corto. Se parte de la posición de descenso utilizando un autobloqueador tipo puño, conectado al arnés mediante el cabo de anclaje largo mientras el descendedor autoblocante está conectado directamente al arnés o a la silla. El sistema consiste efectuar pequeños ascensos utilizando el descendedor como bloqueador de ascenso aprovechando su capacidad autoblocante contra el descenso.

Para este sistema no son válidos los descendedores de doble bloqueo tanto tradicionales como antipánico.

El sistema de doble puño adecuado para ascensos cortos y por verticales inclinadas de menos de 90°. Se utilizan dos autobloqueadores tipo puño, conectados al arnés mediante cabos de anclaje. Según el sistema utilizado para ascender el equipo incluye un autobloqueador tipo puño con pedal o estribo y otro sin pedal que se conecta al arnés.

### **Cambios de dirección**

Son las maniobras que se realizan para cambiar el sentido de progresión sobre la cuerda, tanto de ascenso a descenso como de descenso a ascenso. El cambio de ascenso a descenso, parte de una posición con el trabajador suspendido de un

autobloqueador y con el segundo puño con pedal o estribo conectado a la cuerda por encima del primero.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Colocar el dispositivo anticaídas bastante alto en la cuerda de seguridad a nivel del pecho dejando espacio suficiente para sentarse y transferir el peso al aparato de descenso en su momento.
- Conectar el aparato de descenso a la cuerda de suspensión, lo mas alto posible, en la parte no tensada, que empieza debajo del autobloqueador.
- Aplicar un nudo de bloqueo al descendedor.
- Situar un pie en el pedal realizando una alzada, transfiriendo el peso al bloqueador de pie.
- Con la otra mano soltar el bloqueador inferior, del que se estaba suspendido, y que no soporta peso, procediendo a sentarse hasta que el descendedor se tense.
- Retirar el puño del pedal de la cuerda guardándolo en el arnés.
- Quitar el nudo de bloqueo del descendedor descendiendo lentamente, teniendo la precaución de no olvidar el dispositivo anticaídas.

El cambio de descenso a ascenso se realiza partiendo de la situación de suspensión con el descendedor deslizando el dispositivo anticaídas lo más alto posible sobre la cuerda de seguridad. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Colocar el autobloqueador tipo puño con pedal en la cuerda de suspensión por encima del descendedor y a una altura que permita introducir el otro autobloqueador cuando se realice la alzada sobre el pedal.
- Verificar que el autobloqueador esta preparado, conectado al arnés y con el gatillo abierto para introducirlo en la cuerda.
- Alzarse sobre el pedal o estribo conectando el otro autobloqueador por encima del descendedor de forma que el peso del operario estará soportado por el autobloqueador inferior.
- Subir el aparato de seguro lo mas alto posible sobre la cuerda de seguridad.

- Desconectar el descendedor y empezar la subida.

### **Paso de obstáculos en ascenso y descenso**

Por necesidades de instalación de los tendidos de trabajo, las cuerdas pueden presentar una serie de obstáculos o discontinuidades que obligan a realizar maniobras específicas para salvar los mismos. Los obstáculos más comunes con los que se pueden encontrar los operarios son los fraccionamientos y los nudos, tanto en ascenso como en descenso.

El paso de fraccionamientos en ascenso se inicia estando debajo del fraccionamiento y conectando el cabo de anclaje largo mediante un mosquetón al punto de anclaje del fraccionamiento.

Se continúa brevemente el ascenso para poder aflojar el autobloqueador inferior o ventral y proceder a suspenderse del cabo de anclaje largo.

Pasar el autobloqueador ventral o inferior a la cuerda de suspensión que continua hacia arriba y luego pasar el autobloqueador de pie o superior a la misma cuerda. En el caso en que la cuerda de seguridad tengan algún fraccionamiento, se conecta el dispositivo anticaídas por encima del fraccionamiento, mientras hay otros dos puntos de anclaje.

El paso de fraccionamientos en descenso se inicia descendiendo hasta que se puede conectar el cabo de anclaje corto al punto de instalación del fraccionamiento. Se baja hasta quedar suspendido del fraccionamiento mediante el cabo de anclaje corto. Se desconecta el aparato de descenso de la cuerda para conectarlo por debajo del fraccionamiento; después se tira de la cuerda a través del aparato hasta se quede tensada, y se aplica el nudo de bloqueo.

Colocar el puño de ascenso con pedal en la cuerda por encima del aparato de descenso y subir levemente para desconectar el cabo de anclaje corto del punto de instalación del fraccionamiento. A continuación se desciende de la forma habitual.

El paso de nudos en ascenso se inicia al llegar al nudo soltando el autobloqueador de pie y pasando el nudo; luego se hace lo propio con el autobloqueador ventral. Durante estas operaciones el dispositivo anticaídas queda como elemento de seguridad así como el cabo de anclaje largo situado en el autobloqueador de pie.

El paso de nudos en descenso se inicia situándose justo encima del nudo y colocando el cabo de anclaje largo en el bucle del nudo dispuesto para tal fin.

Luego se procede como sigue:

- Poner los dos aparatos de ascenso en la cuerda por encima del descendedor y cambiar a ascenso, procediendo a subir y soltar de la cuerda el descendedor.
- Colocar el aparato de descenso debajo del nudo y tirar de la cuerda hasta tensarla y aplicar el nudo de bloqueo.
- Descender lentamente con los autobloqueadores moviéndolos alternativamente hacia abajo, forzando el gatillo pero sin abrirlo.
- Bajar un poco el dispositivo anticaídas de su cuerda.
- Ponerse de pie en el pedal del aparato de ascenso, desconectar el autobloqueador ventral y sentarse de forma que el operario se queda suspendido del descendedor. Retirar el nudo de bloqueo del aparato de descenso.
- Desconectar el puño de ascenso con pedal y retirar el cabo de anclaje largo del bucle de nudo para continuar el descenso.

### **Técnicas de progresión horizontal**

La progresión horizontal se puede dar estando suspendidos en cuerdas o cables o estando sobre una estructura.

#### **Progresión horizontal suspendidos en cuerdas o cables**

En este caso es recomendable utilizar dos cables para la suspensión directa pues presentan un menor efecto de flecha en el centro del recorrido.

Para el caso de utilizar exclusivamente cuerdas para la suspensión directa, se deben instalar dos cuerdas con dos puntos de anclaje independientes o un elemento muy fuerte. Las cuerdas deben estar lo mas cerca posible, preferiblemente juntas.

Para el caso de estar las cuerdas juntas, se usa un mosquetón que une directamente el arnés con ambas cuerdas o mediante un cabo de anclaje muy corto.

Si las cuerdas están algo separadas, se debe anclarse sobre cada una de ellas de forma independiente.

En ambos casos se debe tener el dispositivo anticaídas anclado a una cuerda de seguridad en posición vertical. El avance se puede realizar a pulso, pero el

desplazamiento es más fácil si se coloca un autobloqueador tipo puño en la cuerda de progresión.

Al progresar se tiende a descender ligeramente, lo cual significa una ligera subida después de pasar el punto medio del tendido de cuerdas. Para no deslizar hacia atrás hacia abajo por la pendiente, se puede colocar un autobloqueador ventral conectado al mosquetón que sustenta al trabajador. Para facilitar el avance se puede pasar el pedal del puño por un mosquetón conectado al autobloqueador utilizando, en este caso, la fuerza de la pierna en lugar de la del brazo.

### **Progresión horizontal sobre una estructura**

En estos casos se utilizan cabos de anclaje conectados directamente a los elementos de la estructura o bien a un pasamanos (cuerda tendida horizontalmente sin tensar). Si se dispone de una repisa para los pies, y las cuerdas tendidas están a una altura adecuada, se puede avanzar asegurándose a ellas mediante dos cabos de anclaje unidos a cada una de ellas.

En el caso que las cuerdas pasen por un punto de soporte intermedio, se debe utilizar un tercer cabo de anclaje para poder salvar el obstáculo manteniendo siempre la seguridad requerida.

### **Técnicas especiales**

Las técnicas especiales se utilizan para subir a estructuras con apoyo y sin apoyo (paredes). Tienen en común que se debe progresar sin tener instaladas cuerdas desde arriba.

### **Ascenso sobre estructuras con apoyo**

En estas técnicas son necesarias dos personas, una que asciende y otra que lo asegura desde abajo y que sube detrás del primero. Se utiliza una cuerda dinámica y un dispositivo de frenada que actúa en caso de caída. Además se utilizan varias cintas con mosquetones (una por cada 2 m de subida prevista).

Se inicia instalando un punto de anclaje en el suelo como seguro principal. El segundo operario conecta su arnés al punto de anclaje mediante un cabo de anclaje. Luego se instala el dispositivo de frenada en la cuerda conectándolo a su arnés o al propio punto de anclaje.

El operario que asciende primero conecta el cabo de ambas cuerdas a su arnés de cintura de forma fija, por ejemplo con un nudo de ocho en cada caso.

Con el segundo operario situado en el suelo y dando cuerda empieza la ascensión colocando cada dos metros las cintas ancladas a la estructura, mientras se pasan las dos cuerdas dentro del mosquetón que cierra la cinta.

Cuando se llega al final del ascenso el primer operario se conecta a la estructura mediante dos cabos de anclaje y, entonces, da la orden al segundo para que desconecte la cuerda del dispositivo de frenado.

Para facilitar otras subidas posteriores, el operario debe desconectar las dos cuerdas de su arnés de cintura y las instala directamente a la estructura actuando a partir de ese momento como tendido de trabajo.

Cuando el espacio a salvar entre dos puntos de la estructura es grande, es necesario utilizar un tipo de cabo con bloqueador. Se procede desconectando el mosquetón del extremo del cabo que más convenga, se rodea la viga con el cabo, y se conecta el mosquetón de nuevo al arnés. Finalmente se ajusta la longitud del cabo mediante el bloqueador.

### **Ascenso sobre estructuras sin apoyo**

Se trata de subidas por paredes y se utiliza la misma técnica descrita para ascenso con apoyo excepto los anclajes a situar durante el ascenso. Para ello son necesarias dos cuerdas dinámicas de longitud superior a la altura a progresar, cintas con dos mosquetones (una cada 1,5 m de desnivel), anclajes instalados mecánicos y plaquetas y un dispositivo dinámico de frenada.

El ascenso se realiza colocando un anclaje mecánico y la plaqueta asociada con la ayuda de un taladro autónomo de baterías. Al anclaje se le acopla una cinta con dos mosquetones, uno anclado en la plaqueta y el otro por donde pasan las dos cuerdas de seguridad. El resto de las maniobras son las descritas en el apartado anterior.

### **Técnicas de evacuación**

Las técnicas de evacuación son las que permiten evacuar a un trabajador después de un accidente

o incidente que deje al trabajador suspendido de las cuerdas y por su estado no pueda progresar por sí mismo.

Los principios básicos en los que se basan estas técnicas consisten en que la acción de auxilio no comporte un riesgo adicional tanto para el rescatador como al propio accidentado y que además no agrave las lesiones del accidentado.

### **Rescate en posición de descenso**

Se procede de la siguiente forma:

- Se instala la cuerda de rescate de suspensión al lado de las cuerdas del accidentado.
- Se coloca el descendedor del rescatador sobre la cuerda de rescate y el dispositivo anticaídas sobre la cuerda de seguridad del accidentado
- Se desciende por la cuerda de rescate hasta la altura del accidentado
- Se conecta el cabo de anclaje corto del rescatador al anillo externo del arnés del accidentado z Se desbloquea el descendedor del accidentado y se desciende lentamente hasta quedar suspendido éste de nuestro descendedor
- Se libera el descendedor del accidentado de su cuerda de suspensión
- Se inicia el descenso junto con el accidentado suspendido del rescatador y cuidando no chocar con posibles obstáculos existentes en el recorrido Toda la maniobra se debe realizar con los dispositivos anticaídas del rescatador y del accidentado colocados sobre la cuerda de seguridad.

### **Rescate en posición de ascenso**

El procedimiento a seguir para acceder desde la zona superior es el indicado en el apartado anterior. Si se accede desde la zona inferior mediante bloqueadores de ascenso, al llegar al accidentado se cambiará de la maniobra de ascenso a la de descenso. A partir de ese momento se debe proceder de la siguiente forma:

- Retirar el puño del accidentado, si está colocado
- Colocar un autobloqueador en la misma cuerda del accidentado y hacer un reenvío a través del autobloqueador con la cuerda que se acaba de conectar al arnés. Si en el reenvío se coloca una polea, ello facilita la maniobra.
- Hacer un estribo en la cuerda para incorporarse en él y hacer polea con el accidentado, traspasando el peso del rescatador al estribo
- Estando de pie sobre el estribo, se tira de la cuerda del accidentado hacia arriba de forma que se eleve lo suficiente para liberar el bloqueador de ascenso y/o el bloqueador anticaídas

- Quitar el peso del estribo con atención, traspasando el accidentado al cabo de anclaje del rescatador.
- Se inicia el descenso junto con el accidentado suspendido del rescatador y cuidando no chocar con posibles obstáculos existentes en el recorrido Toda la maniobra se debe realizar con los dispositivos anticaídas del rescatador y del accidentado colocados sobre la cuerda de seguridad.

## **Maquinaria de soldadura.**

### **Equipos de soldadura (eléctrica y oxicorte).**

#### **A) RIESGOS MÁS FRECUENTES**

Son de prever los siguientes riesgos en las actividades a realizar mediante los equipos de soldadura.

Daños por caída de objetos.

Caídas al mismo/distinto nivel.

Contactos directos e indirectos con corriente eléctrica.

Pisadas sobre objetos.

Golpes o cortes por objetos o herramientas.

Atrapamientos por o entre objetos.

Proyección de fragmentos o partículas.

Riesgo de exposición a ambientes tóxicos.

Riesgos derivados de la propia máquina, sus partes o piezas.

Riesgo de quemaduras.

Exposición a radiaciones no ionizantes.

Incendio/Explosión.

#### **NORMAS BASICAS DE SEGURIDAD**

Se protegerá mediante pantallas opacas el puesto del soldador, evitando así riesgos para el resto del personal.

Obligatoriamente esta máquina estará protegida contra los contactos eléctricos indirectos por un dispositivo diferencial y puesta a tierra, además para el circuito secundario se dispondrá de limitador de tensión en vacío.

Se revisarán periódicamente los revestimientos de las mangueras eléctricas de alimentación de la máquina, aislamiento de los bornes de conexión, aislamiento de la pinza y sus cables. Manguera de alimentación antihumedad.

Cuando los trabajos de soldadura se deban interrumpir durante un cierto periodo se deben sacar todos los electrodos de los portaelectrodos, desconectando el puesto de soldar de la fuente de alimentación.

Su utilización deberá efectuarse en lugares con correcta ventilación, debiéndose adoptar medidas preventivas como uso de mascarillas o colocación de extractores localizados, dada la toxicidad de los gases de la soldadura.

Se prohíben los trabajos de soldadura y corte en locales donde se almacenen materiales inflamables, combustibles, donde exista riesgo de explosión o en el interior de recipientes que hayan contenido sustancias inflamables.

No sustituir los electrodos con las manos desnudas, con guantes mojados o sobre superficie mojada, tampoco se deben enfriar los portaelectrodos sumergiéndolos en agua.

Se procederá al cumplimiento de los métodos de mantenimiento preventivo aconsejados por el propio fabricante de la máquina, tanto en su periodicidad, como en los elementos por él destacados como más susceptibles de sufrir averías.

Certificación CE.

Se debe evitar que las chispas producidas por el soplete alcancen o caigan sobre las botellas, mangueras o líquidos inflamables.

Las proyecciones de partículas de metal fundido, pueden producir quemaduras al soldador. Asimismo también es importante protegerlo del riesgo de radiaciones, para evitar el riesgo, obligatoriamente el soldador utilizará los EPI's adecuados.

Las radiaciones de la soldadura son peligrosas para los ojos. Sólo se pueden visualizar estos trabajos si se utilizan gafas específicas para soldadura o pantallas de mano.

No utilizar oxígeno para limpiar o soplar piezas o para ventilar una estancia ya que se incrementa el riesgo de incendio.

Los grifos y manorreductores de las botellas de oxígeno deben estar siempre limpios de grasas o combustible de cualquier tipo.

Si se incendia el grifo de una botella de acetileno se tratará de cerrarlo y si no se consigue se apagará con un extintor de nieve carbónica o polvo.

Después de un retroceso de llama o de un incendio del grifo debe comprobarse que la botella no se calienta sola.

Si una botella de acetileno se calienta puede explotar por lo que si se da esta circunstancia se debe cerrar el grifo y enfriarla con agua.

Las botellas deben estar perfectamente identificadas en todo momento y se deben mantener en posición vertical, al menos 12 h antes de ser utilizadas, en caso de tener que tumbarlas se debe mantener el grifo con el orificio de salida hacia arriba, pero en ningún caso a menos de 50cm del suelo.

Los grifos de las botellas de oxígeno y acetileno deben situarse de forma que sus bocas de salida apunten en direcciones opuestas.

Todos los equipos y accesorios deben ser los adecuados a la presión y gas a utilizar.

Las botellas deben estar a una distancia entre 5 y 10 m de la zona de trabajo.

Antes de empezar una botella comprobar que el manómetro marca cero con el grifo cerrado.

Antes de colocarse el manorreductor, debe purgarse el grifo de la botella de oxígeno, abriendo un cuarto de vuelta y cerrando a la mayor brevedad.

Colocar el manorreductor con el grifo de expansión totalmente abierto; después de colocarlo se debe comprobar que no existen fugas utilizando agua jabonosa, pero nunca una llama. Si se detectan fugas se debe proceder a su reparación inmediatamente.

Abrir el grifo de la botella lentamente.

Cerrar los grifos de las botellas después de cada sesión de trabajo. Después de cerrar el grifo de la botella se debe descargar siempre el manorreductor, las mangueras y el soplete.

La llave de cierre debe estar sujeta a cada botella en servicio, para cerrarla en caso de incendio.

Las mangueras deben estar siempre en perfectas condiciones de uso y sólidamente fijadas a las tuercas de empalme.

Las mangueras deben conectarse a las botellas correctamente sabiendo que las de oxígeno son rojas y las de acetileno negras y de mayor diámetro.

Las mangueras no se deben colocar en zonas de paso de vehículos o personas si no están protegidas adecuadamente con apoyos de paso.

No se debe trabajar con las mangueras situadas sobre los hombros o entre las piernas.

Después de un retorno accidental de llama, se deben desmontar las mangueras y comprobar que no han sufrido daños, sustituyéndolas si fuese el caso.

El soplete debe manejarse con cuidado y en ningún caso se golpeará con él.

En la operación de encendido debería seguirse la siguiente secuencia de actuación:

Abrir lentamente y ligeramente la válvula del soplete correspondiente al oxígeno.

Abrir la válvula del soplete correspondiente al acetileno alrededor de  $\frac{3}{4}$  de vuelta

Encender la mezcla con un encendedor o llama piloto.

Aumentar la entrada de combustible hasta que la llama no despida humo.

Acabar de abrir el oxígeno según necesidades.

Verificar el manorreductor.

En la operación de apagado debería cerrarse primero la válvula del acetileno y después la del oxígeno.

No colgar nunca el soplete en las botellas ni siquiera apagado.

Limpiar periódicamente las toberas del soplete pues la suciedad acumulada facilita el retorno de la llama. Se puede utilizar una aguja de latón para la limpieza.

Si el soplete tiene fugas se debe dejar de utilizar inmediatamente.

Se indicará mediante señalización la prohibición de fumar.

Las botellas deben estar alejadas de llamas desnudas, arcos eléctricos, chispas o cualquier otro foco de calor.

Si se produce un incendio se deben desalojar las botellas del lugar del incendio y proceder a enfriarlas si se hubiesen sobrecalentado.

En la zona donde se estén realizando estos trabajos se dispondrá de extintores en número y clase adecuada.

### **Medios auxiliares, maquinaria y herramientas.**

### **RIESGOS MÁS FRECUENTES.**

Golpes/Cortes por objetos y herramientas.

Caídas a distinto nivel.

Caídas al mismo nivel.

Proyección de fragmentos o partículas.

Atrapamientos por o entre objetos.

Exposición a ruido.

Exposición a ambientes pulvígenos.

Contactos eléctricos.

### **NORMAS BASICAS DE SEGURIDAD.**

Para las máquinas-herramientas eléctricas, se comprobará periódicamente el estado de las protecciones (cable de tierra, fusibles, protecciones anticortes...).

Comprobación del estado de las mangueras de los cables eléctricos rechazando los cables que estén pelados o deteriorados.

Los resguardos deben estar siempre colocados correctamente.

La maquinaria debe estar siempre provista de enchufe, nunca realizar una conexión directamente con cable.

Se parará la maquinaria y se desconectará para realizar cualquier operación de cambio de útil o comprobación.

Se comprobará el doble aislamiento de las máquinas y el marcado C.E.

Adoptar las medidas necesarias en cuanto a aislamiento si se trabaja en locales húmedos.

Si la maquinaria debe emplearse en locales muy conductores no se emplearán tensiones superiores a 24 voltios.

Se deben tener los manuales de instrucciones de cada máquina en obra.

El personal que utilice las máquinas debe estar autorizado y formado e informado sobre el uso de las mismas.

Para trabajos eléctricos se utilizarán las escaleras de madera o fibra.

Las escaleras de madera estarán formadas por largueros de una sola pieza, sin defectos ni nudos que puedan mermar su seguridad.

Los peldaños estarán ensamblados no clavados.

Estarán protegidas de la intemperie mediante barnices transparentes.

Las escaleras de tijera estarán dotadas en su articulación superior de topes de seguridad de apertura y en su parte intermedia de una cadena o cinta de limitación de apertura máxima.

Siempre se utilizarán abriendo ambos largueros en posición de máxima apertura.

Siempre se utilizarán montadas sobre pavimentos horizontales

Antes de utilizar la escalera debe comprobarse que está en buenas condiciones para ser utilizada.

Todas las escaleras estarán provistas de zapatas antideslizantes en sus extremos inferiores.

Hay que tener precaución en su manejo y transporte.

Apoyar la base de la escalera sobre superficies firmes.

El ascenso/descenso se efectuará frontalmente.

La escalera debe tener una longitud tal que sobrepase 1m el punto de desembarco.

Su longitud no puede ser mayor de 5m.

Siempre que sea posible se atará en su parte superior, en caso de no serlo habrá una persona sujetando en la base de escalera.

No se puede utilizar por más de un operario a la vez.

Se prohíbe en general en esta obra, la utilización de escaleras de mano o de andamios sobre borriquetas, en lugares con riesgo de caída desde altura, si antes no se han instalado las protecciones de seguridad adecuadas.

Los trabajos a más de 3.5 m de altura desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza arnés de seguridad o se adoptan medidas de protección alternativas.

Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde escaleras.

Deben mantenerse en perfecto estado y ser revisadas periódicamente.

Los andamios utilizados en obra siempre que haya un riesgo de caída mayor de 2 m deberán llevar barandilla superior de 0.90 m de altura, barandilla intermedia y rodapié de 15cm, así como tener una plataforma de trabajo cuajada sin huecos libres y con una superficie mínima de 0.60m y deben llevar las crucetas.

En cuanto al acceso a los andamios debe hacerse por la escalera interior habilitada a tal fin.

El andamio se mantendrá en todo momento libre de material que no sea el estrictamente necesario.

Las herramientas de mano utilizadas serán de buena calidad no siendo utilizadas si se aprecia algún desperfecto.

Se utilizará la herramienta adecuada a cada trabajo.

Se deben utilizar las bolsas porta-herramientas para el traslado de las mismas.

Deben emplearse todos los EPI's necesarios y adecuados a cada trabajo.

## **IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y EVALUACIÓN DE LA EFICACIA**

Riesgos laborales evitables

En este trabajo, se consideran riesgos evitados los siguientes:

Los derivados de las interferencias de los trabajos a ejecutar, que se han eliminado mediante el estudio preventivo del plan de ejecución de obra.

Los originados por las máquinas carentes de protecciones en sus partes móviles, que se han eliminado mediante la exigencia de que todas las máquinas estén completas; con todas sus protecciones.

Los originados por las máquinas eléctricas carentes de protecciones contra los contactos eléctricos, que se han eliminado mediante la exigencia de que todas ellas estén dotadas con doble aislamiento o en su caso, de toma de tierra de sus carcasas metálicas, en combinación con los interruptores diferenciales de los cuadros de suministro y red de toma de tierra general eléctrica.

Los derivados del factor de forma y de ubicación del puesto de trabajo, que se han resuelto mediante la aplicación de procedimientos de trabajo seguro, en combinación con las protecciones colectivas, equipos de protección individual y señalización.

Los derivados de las máquinas sin mantenimiento preventivo, que se eliminan mediante el control de sus libros de mantenimiento y revisión de que no falte en ellas, ninguna de sus protecciones específicas y la exigencia en su caso, de poseer el marcado CE.

Los derivados de los medios auxiliares deteriorados o peligrosos; mediante la exigencia de utilizar medios auxiliares con marcado CE o en su caso, medios auxiliares en buen estado de mantenimiento, montados con todas las protecciones diseñadas por su fabricante.

Los derivados por el mal comportamiento de los materiales preventivos a emplear en la obra, que se exigen en su caso, con marcado CE o con el certificado de ciertas normas UNE.

Los derivados de las roturas de instalaciones existentes, evitándose mediante la neutralización de dichas instalaciones.

- Riesgos laborales especiales (Anexo II RD 1627/97).

Relación no exhaustiva de los trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores.

1) Trabajos con riesgos especialmente graves de caídas de altura, adoptándose como medidas específicas previstas:

El uso obligatorio de arnés de seguridad, el cual, se enganchará al sistema de seguridad anticaída para acceder al mástil y a la escalera vertical.

No se instalará un sistema rígido que obligue al trabajador a desplazarse hacia el vacío sin las máximas garantías de seguridad.

2) Trabajos que requieren el montaje y desmontaje de elementos prefabricados pesados, para lo cual, se tomará como medida específica prevista:

La disponibilidad del número suficiente de operarios para su manipulación.

Formación e Información sobre manipulación de cargas.

- Riesgos laborales que no pueden ser eliminados

Se enumeran a continuación los riesgos laborales que no pueden ser eliminados, especificándose las medidas preventivas y protecciones tanto individuales como colectivas que se proponen.

No se puede eliminar el riesgo de caída de objetos en el izado de la estructura y equipos prefabricados, y su colocación definitiva, por lo que la medida preventiva podría ser impedir el paso de personas y vehículos por la zona afectada.

No se pueden eliminar los riesgos de trabajos en altura en el mástil para la instalación de equipos de radio y la instalación del propio mástil.

No se pueden eliminar los riesgos de caída de personas al mismo nivel.

No se pueden eliminar los riesgos de caída de objetos en manipulación.

Choques contra objetos móviles o inmóviles

Golpes por objetos o herramientas.

Proyección de fragmentos o partículas

Sobreesfuerzos.

Exposición a contactos eléctricos

Exposición a radiaciones

Incendios

Atropellos o golpes con vehículos

In itinere

## **PROTECCIONES INDIVIDUALES UTILIZADAS EN OBRA**

Uso obligatorio de arnés anticaídas (tipo C) con marcado C.E conforme norma EN-361.

Uso obligatorio del casco de seguridad homologado.

Cabo de doble anclaje regulable con marcado C.E conforme a la norma EN-358.

Absorbedor de energía conforme a la norma EN-355.

Cabo de doble amarre en Y con ganchos de gran abertura con marcado C.E conforme a la norma EN-355.

Botas de seguridad con plantilla y puntera reforzada.

Botas de goma.  
Calzado antideslizante.  
Calzado aislante de electricidad.  
Cinturón/Bolsa portaherramientas.  
Faja de protección contra los sobreesfuerzos.  
Gafas de seguridad contra proyecciones e impactos.  
Gafas de seguridad de protección de radiaciones de soldaduras.  
Guantes de cuero y loneta.  
Guantes de goma fina o caucho natural.  
Guantes aislantes de electricidad.  
Guantes o manoplas soldador.  
Mascarillas de papel filtrante contra el polvo.  
Mandil de cuero.  
Polainas.  
Manguitos de cuero.  
Pantallas de mano o ajustables.  
Ropa de trabajo adecuada según oficio y condiciones climáticas.  
Uso obligatorio del sistema anticaída homologado para subida al mástil.

## **PROTECCIONES COLECTIVAS UTILIZADAS EN OBRA.**

La zona de actuación en la cubierta estará protegida con barandillas y señalización de advertencia de Caídas a distinto nivel.

Acordonar y señalizar las zonas de trabajo.

Estará prohibido el uso de cuerdas con banderolas de señalización, a manera de protección, aunque se puedan emplear para delimitar zonas de trabajo.

Instalación de barandillas resistentes de altura mín. 1 m provistas de rodapiés, para cubrir huecos y aberturas.

Coordinación con el resto de oficios que intervienen en la obra.

La zona de trabajo estará siempre limpia, ordenada e iluminada correctamente.

Las escaleras de tijera estarán provista de limitador de apertura y no se utilizarán apoyadas como si fuesen de mano, siempre con el tensor extendido.

No se podrá utilizar la escalera por más de una persona a la vez.

Subir y bajar siempre de frente a la escalera.

No transportar cargas en los ascensos/descensos. Llevar las herramientas en una bolsa portaherramientas.

Utilizar las escaleras de madera para trabajos eléctricos, las cuales deberán llevar tacos antideslizantes.

Instalar las escaleras sobre una superficie estable, separar la base del frente de apoyo  $\frac{1}{4}$  de su H, sobrepasar 1 m el punto superior de desembarco y atarla en la parte superior.

En trabajos en fachada siempre existirán dos líneas de vida una de suspensión y otra de seguridad.

Los trabajos en altura siempre se efectuarán con 2 personas como mínimo.

El acceso a la cubierta del casetón se realizará con el sistema de seguridad Game System, el acceso al mástil se realizará mediante sistema de seguridad anticaída HACA MÓVIL a utilizar conjunta y exclusivamente con un dispositivo anticaídas del mismo fabricante que será el homologado. Se utilizará el cabo de doble anclaje como complemento con absorbedor de energía cuando la altura lo permita.

Los cuadros eléctricos de distribución, se ubicarán siempre en lugares de fácil acceso y se señalarán con cartel de riesgo eléctrico.

Los cuadros eléctricos en servicio permanecerán cerrados con las cerraduras de seguridad de triángulo (o de llave) en servicio.

Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra, sin la utilización de las clavijas macho-hembra (no conectar nunca cables pelados).

Se instruirá a los operarios en el manejo de extintores en la obra y sobre como actuar en caso de incendio, incluso vías de acceso y evacuación.

No se permite la utilización de fusibles rudimentarios (trozos de cableado, hilos...). Hay que utilizar "cartuchos fusibles normalizados" adecuados a cada caso, según se especifica en planos.

Se prohíbe fumar en todas las zonas de la obra.

## **OBLIGACIONES DEL PROMOTOR.**

Antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, cuando en la ejecución de la misma intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores y autónomos.

La designación de los coordinadores en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, redactándose con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del citado Real Decreto, debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

## **COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD.**

El promotor, antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, cuando en la ejecución de la misma intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos.

La designación de los coordinadores en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto de obra y durante la ejecución de la obra, podrá recaer en la misma persona.

La designación de los coordinadores en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra (dirección facultativa cuando no fuera necesaria la designación de coordinador) deberá desarrollar las siguientes funciones.

Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.

Tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultáneamente o sucesivamente.

Estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.

Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y trabajadores autónomos, apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el Art. 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el Art. 10 del Real Decreto 1627/1997 del Ministerio de la Presidencia, del 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.

Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Art. 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.

Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

## **PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.**

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, el Contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en dicho estudio básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas

alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio básico.

El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra (dirección facultativa cuando no fuera necesaria la designación de coordinador).

Quienes intervienen en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar, por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas, por lo que el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos, así como de la Dirección Facultativa.

## **OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS.**

El contratista y subcontratistas están obligados a aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el Art. 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades siguientes:

El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.

La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de desplazamientos o circulación.

La manipulación de los distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.

El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la Ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materiales o sustancias peligrosas.

La recogida de los materiales peligrosos utilizados.

El almacenamiento y eliminación o evacuación de residuos y escombros.

La adaptación, en función de la evolución de la obra, del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.

La cooperación entre los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.

Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.

Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997 del Ministerio de la Presidencia, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y Salud, durante la ejecución de las obras.

Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud.

Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la Dirección Facultativa.

Los contratistas y subcontratistas serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que le corresponden a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados. Además los contratistas y subcontratistas responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

Las responsabilidades de los coordinadores, de la dirección facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y subcontratistas.

## **OBLIGACIONES DE TRABAJADORES AUTONOMOS.**

Los trabajadores autónomos están obligados a aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el Art. 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades siguientes:

El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.

La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.

La manipulación de los distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.

El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materiales o sustancias peligrosas.

La recogida de los materiales peligrosos utilizados.

El almacenamiento y eliminación o evacuación de residuos y escombros.

La adaptación, en función de la evolución de la obra, del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.

La cooperación entre los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.

Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IX del Real Decreto 1627/1997 del Ministerio de la Presidencia, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras.

Ajustar su actuación en la obra conforme a los deberes de coordinación de actividades empresariales establecidas en el Art. 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación ordenada que se hubiera establecido.

Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997, de 30 de Mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la Dirección Facultativa.

## **LIBRO DE INCIDENCIAS.**

En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto, y que será facilitado por el Colegio Profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.

El libro de incidencias, que deberá mantenerse siempre en la obra, estará en poder del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la Dirección Facultativa.

Al libro tendrá acceso la dirección facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas y órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, relacionadas con los fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no fuera necesaria la designación de

coordinador, la dirección facultativa, estarán obligados a remitir en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente deberán notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

### **PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.**

Cuando el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o cualquier otra persona integrada en la dirección facultativa observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista de ello, dejando constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de trabajos, o en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social correspondientes, a los contratistas y, en su caso, a los subcontratistas afectados por la paralización, así como a los representantes de los trabajadores de éstos.

### **DERECHOS DE LOS TRABAJADORES**

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra.

Una copia del plan de seguridad y salud de sus posible modificaciones, a los efectos de su conocimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

### **VIGILANCIA DE LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS**

Indica la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (ley 31/95 de 8 de Noviembre), en su art. 22 que el Empresario deberá garantizar a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes a su trabajo. Esta vigilancia solo podrá llevarse a efecto con el consentimiento del trabajador exceptuándose, previo informe de los representantes de los trabajadores, los supuestos en los que la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores o para verificar si el estado de la salud de un trabajador puede constituir un peligro para sí mismo, para los demás trabajadores o para otras personas relacionadas con la empresa o cuando esté establecido en una disposición legal en relación con la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad.

En todo caso se optará por aquellas pruebas y reconocimientos que produzcan las mínimas molestias al trabajador y que sean proporcionadas al riesgo.

Las medidas de vigilancia de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo respetando siempre el derecho a la intimidad y a la dignidad de la persona del trabajador y la confidencialidad de toda la información relacionada con su estado de salud.

Los resultados de tales reconocimientos serán puestos en conocimiento de los trabajadores afectados y nunca podrán ser utilizados con fines discriminatorios ni en perjuicio del trabajador.

El acceso a la información médica de carácter personal se limitará al personal médico y a las autoridades sanitarias que lleven a cabo la vigilancia de la salud de los trabajadores, sin que pueda facilitarse al empresario o a otras personas sin conocimiento expreso del trabajador.

No obstante lo anterior, el empresario y las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención serán informados de las conclusiones que se deriven de los reconocimientos efectuados en relación con la aptitud del trabajador para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de prevención y protección, a fin de que puedan desarrollar correctamente sus funciones en materias preventivas.

En los supuestos en que la naturaleza de los riesgos inherentes al trabajo lo haga necesario, el derecho de los trabajadores a la vigilancia periódica de su estado de salud deberá ser prolongado más allá de la finalización de la relación laboral, en los términos que legalmente se determinen.

Las medidas de vigilancia y control de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo por personal sanitario con competencia técnica, formación y capacidad acreditada.

El R.D. 39/97 de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, establece en su art. 37.3 que los servicios que desarrollen funciones de vigilancia y control de la salud de los trabajadores deberán contar con un médico especialista en Medicina del Trabajo o Medicina de Empresa y un ATS/DUE de empresa, sin perjuicio de la participación de otros profesionales sanitarios con competencia técnica, formación y capacidad acreditada.

La actividad a desarrollar deberá abarcar:

- Evaluación inicial de la salud de los trabajadores después de la incorporación al trabajo o después de la asignación de tareas específicas con nuevos riesgos para la salud.
- Evaluación de la salud de los trabajadores que reanuden el trabajo tras una ausencia prolongada por motivos de salud, con la finalidad de descubrir sus eventuales orígenes profesionales y recomendar una acción apropiada para proteger a los trabajadores. Y, finalmente, una vigilancia de la salud a intervalos periódicos.
- La vigilancia de la salud estará sometida a protocolos específicos u otros medios existentes con respecto a los factores de riesgo a los que esté sometido el trabajador. La periodicidad y

contenido de los mismos se establecerá por la Administración oídas las sociedades científicas correspondientes.

En cualquier caso incluirán historia clínico-laboral, descripción detallada del puesto de trabajo, tiempo de permanencia en el mismo y riesgos detectados y medidas preventivas adoptadas.

Deberá contener, igualmente, descripción de los anteriores puestos de trabajo, riesgos presentes en los mismos y tiempo de permanencia en cada uno de ellos.

- El personal sanitario del servicio de prevención deberá conocer las enfermedades que se produzcan entre los trabajadores y las ausencias al trabajo por motivos de salud para poder identificar cualquier posible relación entre la causa y los riesgos para la salud que puedan presentarse en los lugares de trabajo.

- Este personal prestará los primeros auxilios y la atención de urgencia a los trabajadores víctimas de accidentes o alteraciones en el lugar de trabajo.

- El art. 14 del Anexo IV A del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre de 1.997 por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, indica las características que debe reunir el lugar adecuado para la práctica de los primeros auxilios que habrán de instalarse en aquellas obras en las que por su tamaño o tipo de actividad así lo requieran.

En el centro de trabajo habrá como mínimo un botiquín portátil, que como mínimo de:

- 1 botella de alcohol (500 cc)
- . 1 botella de agua oxigenada (500 cc)
- . 1 frasco de antiséptico (Cristalmina, Betadine)
- . 10 sobres de gasas estériles (5 unidades por sobre)
- . 1 caja de esparadrapo
- . 1 caja de tiritas (30 unidades)
- . 6 vendas grandes ( Orilladas)
- . 6 vendas pequeñas ( Orilladas)
- . 2 vendas elásticas grandes
- . 1 caja de Paracetamol 500 mg
- . 1 fármaco espasmolítico
- . 1 tubo de crema antiinflamatorio
- . 1 tubo de crema para las quemaduras
- . 1 tijera

El botiquín se revisará semanalmente y se repondrá inmediatamente lo consumido.

## **PRINCIPIOS DE ACTUACIÓN DE EMERGENCIA**

Existen 4 Principios de actuación de emergencia que deben seguirse cuando se atiende un accidente:

- 1º Examinar la escena del accidente
- 2º Solicitar ayuda del servicio designado para la atención médica
- 3º Actuar con calma y tranquilizar al accidentado ganándose su confianza
- 4º Evaluar el estado del accidentado.

Dependiendo de la causa originaria del accidente la persona afectada podrá sufrir de:

Heridas  
Contusiones  
Fracturas  
Quemaduras  
Electrocución

## **EVALUACION DEL LUGAR DEL ACCIDENTE**

Asegúrese de que tanto usted como la víctima no corren peligro. Observe el lugar, despeje los alrededores y compruebe si hay, humo, cables eléctricos, derrame de líquidos peligrosos, vapores químicos u objetos materiales que puedan caerse

Nunca pase a un lugar inseguro, si fuera imprescindible hacerlo, salga de inmediato.

## **CÓMO MOVER AL ACCIDENTADO**

Examinar al accidentado y descartar posibles lesiones de columna vertebral (viendo si mueve los miembros, si los siente, o tiene golpes en la cabeza). Si estos síntomas son positivos y usted no tiene más remedio que mover al paciente o corre peligro inmediato, use el método de arrastre agarrando de la ropa a la víctima para llevarlo al lugar seguro. Actuará de la siguiente forma:

- 1º No doblar la columna
- 2º Apoyarlo sobre plano duro boca arriba
- 3º Cabeza, tronco y piernas en un mismo plano
- 4º Sujetar al accidentado en bloque, (incluida la cabeza)
- 5º No evacuar hasta estar seguros de su correcta inmovilización.
- 6º Agarrar la ropa de la víctima a nivel de los hombros

7º Apoyar la cabeza de la víctima en sus muñecas y antebrazos

8º Arrastrar a la víctima por sus ropas.

## **PEDIR AYUDA**

Lleve la iniciativa haciendo ver que esta usted preparado para ayudar a su compañero.

Si está solo debe solicitar ayuda. Preste los primeros auxilios más necesarios, luego deje a la víctima brevemente y busque a la persona más cercana para que lo notifique al servicio de atención médica de emergencia designado

## **GANAR LA CONFIANZA DE LA VICTIMA**

Demuestre tranquilidad, no complicando la situación reaccionando exageradamente y asustando a la víctima, anímela y reste importancia al suceso:

Respirando profundamente y relajándose.

Sentándose y hablando con la víctima serenamente.

Comunicando a la víctima que la ayuda está en camino.

## **EVALUACION DEL ACCIDENTADO**

Valorar la importancia del estado del paciente, puede ser un factor de ayuda para el equipo de atención médica, notificando lo observado en la evaluación a su llegada. Comprobaremos:

### **1º Pulso:**

Tome el pulso en la arteria carótida colocando dos o tres dedos hacia uno de los lados del cuello, bajo la nuez.

### **2º Vías respiratorias:**

*Examine dentro de la boca para comprobar que no hay ningún objeto extraño (cuidado con las prótesis dentarias)*

*Desplace la cabeza hacia atrás para que la lengua no bloquee la garganta, esto suele ser decisivo para facilitar la entrada del aire.*

*Si se sospecha que hay lesión de columna cervical, utilice el procedimiento de empujar la mandíbula hacia delante con ambos pulgares.*

*Mientras administra los primeros auxilios, es extremadamente importante que continúe revisando las vías respiratorias. Use el método de cabeza inclinada y mentón levantado o el de empuje de la mandíbula para evitar que la lengua de la víctima se deslice hacia atrás, bloqueando la garganta.*

## **Si no respira seguir los siguientes pasos:**

*Incline la cabeza y aproxime el oído al pecho de la víctima.*

*Observe el pecho y vea si se está moviendo*

*Acerque la mejilla al rostro de la víctima para sentir su respiración*

*Si el accidentado tiene una lesión en la columna, está boca abajo, y sospecha que no respira, puede ser necesario moverle para descongestionar las vías respiratorias*

## **HEMORRAGIAS.**

Debido a la posibilidad que hay de contagio del SIDA y de la hepatitis B, se deben extremar las precauciones al tratar con heridas que tengan hemorragias. Para aplicar los primeros auxilios y evitar un posible contagio:

Se utilizarán guantes de protección de látex u otro material disponible evitando el contacto directo con la sangre

Si estos guantes no están disponibles, utilice su imaginación y use lo que tenga a mano, plásticos, cartones o cualquier material que le proteja.

Después de auxiliar a la víctima lávese cuidadosamente las manos

Para detener las hemorragias se procederá de la siguiente manera:

Comprimir la herida con gasa esterilizadas (si fuese posible), paño, toalla o pañuelo y sujete el apósito suavemente

Si es una pierna o un brazo el afectado, elévelo.

Tumbar al herido.

Si la hemorragia es importante, y no cesa se presionará con los dedos la arteria que riega la zona sangrante

No se manipulará la herida

No presionar en caso de fractura

No hacer maniobras bruscas

No retirar los apósitos aunque estén empapados, aplique un nuevo vendaje encima.

## **PERDIDA DEL CONOCIMIENTO**

*El sistema circulatorio deja de emitir suficiente sangre oxigenada a los órganos vitales, especialmente al cerebro. Los síntomas son:*

*Inmovilidad, piel pálida, pulso débil e irregular, presión sanguínea baja, sudoración fría, respiración superficial.*

*Este estado puede presentarse cuando el accidentado ha sufrido traumatismo de gravedad, hemorragia importante o quemaduras externas. Se procederá del siguiente modo:*

**Tumbar al paciente con las piernas elevadas del suelo (15 a 20 cm) utilizando cualquier objeto disponible**

**Aflojar la ropa**

**Abrigar al paciente**

**Mantener despejadas las vías respiratorias**

**Transporte inmediato a un centro sanitario.**

## IMPORTANTE

No eleve las piernas de un accidentado que ha sufrido un traumatismo de cabeza, pecho o columna.

Si la víctima manifiesta dificultad para respirar, colóquela en posición semi inclinada para facilitar la respiración.

Si la persona ha sufrido una lesión en el miembro inferior, eleve el otro miembro.

Si el accidentado presenta ganas de vomitar, colóquelo sobre su costado para facilitar la salida del contenido gástrico.

## Fracturas

Estas pueden ser completas, parciales abiertas y cerradas. También pueden afectar a los ligamentos, músculos y tendones. Síntomas:

Dolor

Deformidad

Impotencia de movimiento.

## ENTABLILLADO

Es un sistema de inmovilizar un hueso roto. El propósito del entablillado es reducir o eliminar el movimiento y el dolor, al igual que impedir que la lesión se agrave.

Al realizar un entablillado, hágalo de tal forma que los fragmentos de los huesos no puedan moverse pues empeorarían la lesión perforando la piel.

Se puede usar cualquier material para entablillar a alguien: Tablas, palos rectos, cartón grueso, papel etc..

Use material de amortiguación como pedazo de tela o una toalla entre la lesión y el entablillado.

Sujete el entablillado usando materiales que tenga a mano, como corbatas, tiras de toalla etc...

Entablillar la lesión en la posición en la que se encuentre

Colocar suavemente el material de amortiguación alrededor del entablillado

Sujetar en tres o cuatro lugares incluyendo las áreas que están por debajo y por encima de la coyuntura cercana a la lesión

No sujetar las tablillas exactamente en el lugar de la lesión

Asegúrese que las zonas sujetas no interrumpen la circulación

Si sospecha que la víctima sufre una lesión de columna debe inmovilizar la cabeza. Si el cuello o espalda son movidos, incluso levemente, puede significar para la víctima pasar el resto de su vida en una silla de ruedas.

Para estabilizar la cabeza de una víctima, sostenga con sus manos ambos lados de la misma hasta que llegue el servicio médico.

Si no puede usar sus manos busque algo como bloques de ladrillo, cajas, o pilas de trapos.

## **ELECTROCUCIÓN**

Resista la tentación de correr a auxiliar a un compañero accidentado por una descarga eléctrica.

Desconectar la corriente eléctrica (no intente desconectar los cables)

Comprobar que el lugar esta seco y en condiciones seguras

Utilizar una pértiga o utensilio de madera para separa al accidentado.

## **QUEMADURAS**

Pueden ser de:

De primer grado-Enrojecimiento

De segundo grado-Ampollas

De tercer grado-calcinamiento

Es importante cubrir toda la piel quemada con gasa estéril si es posible, no deben romperse las ampollas, ni hacer aplicaciones con productos extraños.

Elevar los miembros (si son estos los quemados) para aliviar el dolor y si tiene dificultades para respirar, incorporar a la víctima.

Examen corporal del accidentado

*Revise a la víctima de la cabeza a los pies para determinar las lesiones sufridas. Comience por la cabeza y continúe hasta los pies, comparando ambos lados del cuerpo al mismo tiempo.*

*Revise el cuerpo de la víctima para ver si encuentra:*

*Posibles hemorragias*

Fracturas

Deformidades

Collares o brazaletes de alergia médica

### **Medicina Preventiva**

Con el fin de lograr evitar el lo posible las enfermedades profesionales en esta obra, así como los accidentes derivados de trastornos físicos, síquicos..., se prevé en cumplimiento de la legislación laboral vigente, realizar los reconocimientos médicos previos a la contratación de los trabajadores de esta obra y los preceptivos de ser realizados al año de su contratación. Y que así mismo, exige puntualmente este cumplimiento, al resto de las empresas que sean subcontratadas para esta obra.

### **Evacuación de accidentados**

La evacuación de accidentados, que por sus lesiones así lo requieran, está prevista mediante la asistencia sanitaria de los servicios identificados en el siguiente cuadro:

<b>EN CASO DE ACCIDENTE ACUDIR A:</b>	
<b>HOSPITAL LA VEGA Ctra. de Abarán, s/n. C.P. 30530 CIEZA (MURCIA)</b>	<b>968.77.55.50</b>
<b>Teléfono unificado de EMERGENCIAS</b>	<b>112</b>

### **PLAN DE EVACUACIÓN DE EMERGENCIA**

Situaciones de emergencia

En el caso de producirse una situación de emergencia y teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, se analizan las posibles situaciones de emergencia y las medidas a adoptar en caso de suceder:

Incendios en casetas o zonas de acopios.

Explosiones.

Contactos con líneas eléctricas. Riesgos eléctricos.

Tormentas con aparato eléctrico (electrocuciones e incendios).

Accidentes graves de trabajo.

Medidas a adoptar

Como medidas más significativas a adoptar para prevenir y atajar situaciones de emergencia proponemos las siguientes:

Se dispondrá de extintores en obra. Serán adecuados en agente extintor y tamaño, al tipo de incendio previsible, y se revisarán cada 6 meses como máximo.

Deberá ser posible acceder sin peligro a los lugares de trabajo y evacuarlos de forma rápida y segura en caso de emergencia.

Sólo podrán ser admitidos a trabajar las personas que hayan superado el examen médico oficial establecido de acuerdo con las condiciones de trabajo que existan en el lugar en el que vaya a desarrollar su actividad por el servicio médico.

#### Riesgo de incendio y explosiones

Los riesgos presentes en estas situaciones son los siguientes:

- Quemaduras

Asfixia.

Caídas de personas al mismo y distinto nivel.

Caídas y vuelco de vehículos.

Proyecciones.

Aprisionamientos y desprendimientos.

Rotura de conducciones.

Gases y polvo.

#### Medidas específicas a adoptar:

Utilización de materiales poco combustibles, en especial en las proximidades de los tajos donde realicen trabajos de soldadura, producción de chispas, etc...

Las luminarias estarán dotadas de la protección adecuada, debiendo tener un índice de protección acorde con su emplazamiento.

No se almacenarán ni transportarán explosivos o materiales combustibles por las proximidades de los trabajos realizados por punto caliente cualquiera que sea su naturaleza y mientras las condiciones de riesgo prevalezcan.

Deberá haber extintores en los diferentes tajos, máquinas y equipos auxiliares, adecuados al tipo de fuego a extinguir.

Los fluidos hidráulicos de los equipos de trabajo y medios auxiliares tendrán un bajo punto de inflamación.

Los tajos en obra estarán limpios y ordenados, poniéndose especial cuidado en los vertidos de combustibles, aceites etc...

Se realizará un mantenimiento periódico de los equipos de trabajo de acuerdo a las instrucciones del fabricante con el fin de minimizar el riesgo de incendio por mal funcionamiento de las máquinas.

## B) Riesgo eléctrico:

Los riesgos eléctricos más destacables son los siguientes:

Electrocuciones e incendios.

Paralización del sistema respiratorio.

Alteración del ritmo cardíaco.

Tensión muscular.

Hemorragias.

Toxicidad en la sangre.

Quemaduras.

Las medidas específicas a tomar para evitar estas situaciones son las siguientes:

Todos los circuitos estarán protegidos contra calentamientos debidos por sobreintensidad y contra cortocircuitos mediante interruptores diferenciales y magnetotérmicos.

Se emplearán únicamente equipos protegidos con interruptores automáticos y contactores.

Todos los equipos de la instalación deberán tener un índice de protección acorde a las características del lugar en el que trabajan.

Para proteger de la electrocución se emplearán tensiones de seguridad (24v en emplazamientos húmedos y 50v en el resto de los casos), interruptores diferenciales y puesta a tierra de las masas en los equipos de trabajo utilizados así como medios auxiliares.

El rearme de los interruptores será siempre manual.

Los equipos de trabajo estarán dotados de doble aislamiento.

Se vigilarán los trabajos próximos a líneas eléctricas.

Las líneas eléctricas que atraviesen la traza de la obra estarán convenientemente balizadas y poseerán su correspondiente gálibo cuando las distancias de seguridad así lo exijan.

## C) Contactos Eléctricos

Se respetarán las distancias mínimas de seguridad:

3m para tensiones hasta 66.000v.

5m para tensiones superiores a 66.000v

La más efectiva medida de seguridad que se puede adoptar cuando se realicen trabajos en las proximidades de líneas eléctricas es la desconexión descargo de la energía de la línea, en caso de poder hacerse se adoptarán las medidas que limiten la proximidad a dichas líneas atendiendo a los criterios indicados anteriormente.

Normas básicas de seguridad:

Abrir con corte visible todas las fuentes de tensión del punto a trabajar verificando que no hay tensión en el retorno

Enclavar o bloquear el equipo de corte y señalizar tal circunstancia.

Reconocimiento de la ausencia de tensión

Cortocircuitar los conductores activos y conectar el punto de cortocircuito a tierra

Acotar la zona de trabajo mediante señales, vallas.

Uso de sistemas de protección contra contactos indirectos de clase A (tensiones de seguridad), clase B (puesta a tierra de masas).

D) Accidentes Graves.

Se atenderá a lo indicado en el apartado de asistencia y evacuación de accidentados

Evacuación de los trabajadores.

El ENCARGADO DE LA OBRA/VIGILANTE DE SEGURIDAD facilitará en cada momento a los trabajadores una relación con Servicios próximos a su lugar de trabajo. En esta relación figurarán al menos los siguientes apartados:

Nombre, teléfono y dirección de centros asistenciales próximos.

- . Teléfono de paradas de taxis próximas.
- . Teléfono de cuerpo de bomberos próximo.
- . Teléfono de ambulancias próximas.

Cuando ocurra algún accidente que precise asistencia facultativa, aunque sea leve, y la asistencia médica se reduzca a una primera cura, el Jefe de obra de la contrata principal

realizará una investigación del mismo y además de los trámites oficialmente establecidos, pasará un informe a la DIRECCIÓN FACULTATIVA de la obra, en el que se especificará:

- . Nombre del accidentado.
- . Hora, día y lugar del accidente.
- . Descripción del mismo.
- . Causas del accidente.
- . Medidas preventivas para evitar su repetición.
- . Fechas toques de realización de las medidas preventivas.

Este informe se pasará a la Dirección facultativa, como muy tarde, dentro del siguiente día del accidente. La Dirección facultativa de la obra podrá aprobar el informe o exigir la adopción de medidas complementarias no indicadas en el informe.

Para cualquier modificación del Plan de Seguridad y Salud que fuera preciso realizar, será preciso recabar previamente la aprobación de la Dirección facultativa.

El responsable en obra de la contrata deberá dar una relación nominal de los operarios que han de trabajar en las obras, con objeto de que el servicio de portería y/o vigilancias extienda los oportunos permisos de entrada, que serán recogidos al finalizar la obra; para mantener actualizadas las listas del personal de la contrata, las altas y bajas deben comunicarse inmediatamente de producirse.

El Jefe de obra suministrará las normas específicas de trabajo a cada operario de los distintos gremios, asegurándose de su comprensión y entendimiento.

Todo personal de nuevo ingreso en la contrata (aunque sea eventual) debe pasar el reconocimiento médico obligatorio antes de iniciar su trabajo; todo el personal se someterá a los reconocimientos médicos periódicos, según la Orden del 12-1-63 B.O.E. del 13-3-63 y Orden del 15-12-65 B.O.E. del 17-1-66.

## **DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LA OBRA**

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del Real Decreto 1627/1997 del Ministerio de la Presidencia, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

## **NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES EN LA OBRA**

31/1995 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

Real Decreto 39/1997 de 17 de Enero por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales.

R.D. 780/1998 de 30 de Abril, por el que se modifica el R.D. 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales

Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de señalización de Seguridad y Salud laboral.

Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril, por el que se establecen las condiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo

Real Decreto 487/1997 de 14 de Abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.

Real Decreto 488/1997 de 14 de Abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización

Real Decreto 664/1997 de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo

Orden de 25 de Marzo de 1998 por la que se adapta en función del progreso técnico el R.D. 666/97

Real Decreto 349/2003 de 21 de Marzo, por el que se modifica el R.D. 665/97, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, y por el que se amplía su ámbito de aplicación a los agente mutágenos

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

Real Decreto 773/1997 de 30 de Mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual

Real Decreto 681/2003 de 12 de Junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo

Real Decreto 614/2001 de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la Salud y la Seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Real Decreto 2177/2004 del 12 Noviembre por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo en materia de trabajos temporales en altura.

Real Decreto 1627/97 de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de la construcción

Real Decreto 1495/1986 de 26 de Mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las máquinas y sus modificaciones posteriores

Orden Ministerial de 9 de Marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Título II, Capítulo VI, artículos de 51 a 70

Real Decreto 1316/1989 de 27 de Octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados por la exposición al ruido durante el trabajo y sus modificaciones posteriores

Orden Ministerial de 31 de Enero de 1940, por la que se aprueba el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo; exclusivamente su Capítulo VII: "Andamios"

Orden Ministerial de 9 de Abril de 1986 que aprueba el Reglamento de prevención de riesgos y protección de la salud por la presencia de plomo metálico y sus componentes iónicos en el ambiente de trabajo

Orden de 31 de Octubre de 1984, que aprueba el Reglamento sobre trabajos con riesgo de Amianto y sus modificaciones posteriores

Ley de la Edificación 38/1999, Disposición adicional cuarta.

Orden de 28 de Agosto de 1970, por la que se aprueba la Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica

Orden de 20 de Septiembre de 1986, sobre el Modelo de Libro de Incidencias correspondiente a las obras en las que sea obligatorio un Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

## **NORMATIVAS**

### **NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN:**

Norma NTE

ISA/1973 Alcantarillado

ISB/1973 Basuras

ISH/1974 Humos y gases

ISS/1974 Saneamiento

Norma UNE 81 707 85 Escaleras portátiles de aluminio simples y de extensión.

Norma UNE 81 002 85 Protectores auditivos. Tipos y definiciones.

Norma UNE 81 101 85 Equipos de protección de la visión. Terminología. Clasificación y uso.

Norma UNE 81 200 77 Equipos de protección personal de las vías respiratorias. Definición y clasificación.

Norma UNE 81 208 77 Filtros mecánicos. Clasificación. Características y requisitos.

Norma UNE 81 250 80 Guantes de protección. Definiciones y clasificación.

Norma UNE 81 304 83 Calzado de seguridad. Ensayos de resistencia a la perforación de la suela.

Norma UNE 81 353 80 Cinturones de seguridad. Clase A: Cinturón de sujeción.

Características y ensayos.

Norma UNE 81 650 80 Redes de seguridad. Características y ensayos.

## **CONCLUSIÓN**

El presente Estudio Básico de Seguridad precisa las normas genéricas de seguridad y salud aplicables a la obra de que trata el presente Proyecto. Identifica, a su vez, los riesgos inherentes a la ejecución de las mismas y contempla previsiones básicas e informaciones útiles para efectuar, en condiciones de seguridad y salud, las citadas obras.

Igualmente, las directrices anteriores deberán ser complementadas por aspectos tales como:

La propia experiencia de los operarios/instaladores.

Las instrucciones y recomendaciones que el responsable de la obra pueda dictar con el buen uso de la lógica, la razón y sobre todo de su experiencia, con el fin de evitar situaciones de riesgo o peligro para la salud de las personas que llevan a cabo la ejecución de la obra.

Las propias instrucciones de manipulación o montaje que los fabricantes de herramientas, componentes y equipos puedan facilitar para el correcto funcionamiento de las mismas.

## 12. Planos



F:\\_PFC\Planos\  
CIEZA.pdf