

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

RENOVACIÓN DEL EQUIPAMIENTO WIFI PARA
SERVICIOS DE EXPLOTACIÓN EN 6 ESTACIONES DE LA
LINEA 8 DE LA RED DE METRO DE MADRID



ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. OBJETO | 2 |
| 2. DISPOSICIONES Y NORMAS DE APLICACIÓN | 2 |
| 3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS | 3 |
| 4. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS | 6 |
| 5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA | 10 |
| 6. ALCANCE TÉCNICO | 20 |
| 7. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TRABAJOS..... | 31 |
| 8. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN DEL CONTRATO | 32 |
| 9. REQUISITOS DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE | 32 |
| 10. PERÍODO DE GARANTÍA | 33 |
| 11. OBLIGATORIEDAD SUBSIDIARIA DEL CONTRATISTA ANTE LOS PERJUICIOS OCASIONADOS A TERCEROS | 35 |

Control del documento:

| Versión | Fecha | Código |
|---------|------------|------------------------|
| 1.0 | 05/10/2022 | PLI-CTI-COM-22-00-0019 |

1. OBJETO

El objeto del presente documento es establecer los alcances de los trabajos a realizar como base para la licitación de todas y cada una de las actuaciones necesarias para la renovación del equipamiento para el servicio WIFI de explotación en 6 estaciones de la Línea 8 de la red de Metro de Madrid, con el objeto de que se preserve la integridad de las instalaciones, se prolongue su vida útil productiva y se garantice la continuidad, fiabilidad, versatilidad y calidad en la explotación del servicio.

2. DISPOSICIONES Y NORMAS DE APLICACIÓN

Los trabajos objeto del contrato se llevarán a efecto mediante la plena observancia y cumplimiento de todas las disposiciones legales vigentes, actuales y futuras, que afecten a dichos trabajos, ya se trate de leyes, reglamentos, ordenanzas, instrucciones o normas de cualquier otro rango que resulten obligatorias, ya sean de ámbito comunitario, nacional, autonómico o local.

Entre tales disposiciones, y a título de relación no exhaustiva, se destaca la necesidad de dar cumplimiento a todas las normas jurídicas vigentes relativas a las siguientes actividades:

- Prevención de Riesgos Laborales.
- Norma ISO 9001. Sistemas de Gestión de la Calidad o equivalente.
- REBT. Real Decreto 842/2002.
- Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo. Real Decreto 486/1997.
- Señalización de Seguridad y Salud. Real Decreto 485/1997.
- UNE 21302-91/2M. Vocabulario electrotécnico.
- UNE 200001-3-2. Gestión de la confiabilidad.
- Norma ISO 9001. Sistemas de Gestión de la Calidad.
- ISO 14001. Gestión Medioambiental.
- UNE 13460. Mantenimiento.
- EN 60950. Safety of Information Technology equipment.
- ISO 20000. IT Service Management.
- ISO 27000. Sistemas de Gestión de Seguridad de la Información.

Especialmente, el contratista estará obligado a cumplir los procedimientos que Metro de Madrid, S.A. tiene establecidos, o pueda establecer en el futuro, para los trabajos que se realicen en sus instalaciones, de los que será cumplidamente informado antes del inicio de los mismos, con objeto de que pueda trasladar dicha información a sus trabajadores, quienes deberán cumplirla debidamente.

Todas las prescripciones y especificaciones técnicas que se formulen en el presente pliego por referencia a cualesquiera de las tipologías normativas recogidas por el artículo 42.3 b) de la Directiva 2014/24/UE, de 26 de febrero, sobre Contratación Pública, habrán de entenderse hechas también a sus equivalentes, correspondiendo al licitador acreditar dicha equivalencia en la forma establecida en el artículo 42.5 de la mencionada Directiva.

3. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A efectos del presente documento se entenderá por:

“Contratista” Empresa adjudicataria del servicio de mantenimiento objeto de este Pliego.

“Metro de Madrid”: Metro de Madrid S.A.

A continuación, se desarrolla un glosario de términos que aparece a lo largo de este PPT con el objetivo de ayudar a comprender al lector terminologías utilizadas en el presente documento.

| Acrónimo | Significado | Objeto |
|----------|---|---|
| AP | <i>Access Point</i> | Punto de Acceso WiFi. |
| BT | Baja Tensión | Valor de voltaje o tensión asignado a un circuito o sistema inferior a 1 kV. |
| CAT | Cuarto Administrativo de Telecomunicaciones | Cuarto técnico de estaciones con instalaciones de Telecomunicaciones |
| CBT | Cuarto de Baja Tensión | Cuarto técnico de estaciones con instalaciones de Energía de Baja Tensión |
| CCI | Cuarto de Control de Instalaciones | Cuarto técnico de estaciones, situado a nivel de vestíbulo destinado a Control de las instalaciones. |
| CGBT | Cuadro General de Baja Tensión | Cuadro de distribución, cuadro eléctrico, centro de carga o tablero de distribución principal desde donde se alimentan uno o más cuadros secundarios y receptores de gran potencia. |
| COMMIT | Centro Operativo de Mantenimiento y Monitorización de Instalaciones | Centro destinado a la gestión del mantenimiento de instalaciones de Metro de Madrid. |
| CPD | Centro de proceso de datos | Espacio especialmente habilitado y destinado a albergar los recursos para el control y gestión de los sistemas y al procesamiento de la información de los mismos. |
| CT | Cuarto de Transformación | Cuarto técnico de estaciones con instalaciones de Energía de Alta Tensión. |
| FO | Fibra Óptica | Es un medio de transmisión utilizado en la Red de Comunicaciones, para enlaces con una longitud mayor de 100 metros. |

RENOVACIÓN DEL EQUIPAMIENTO WIFI PARA SERVICIOS DE EXPLOTACIÓN EN 6 ESTACIONES DE LA LINEA 8 DE LA RED DE METRO DE MADRID

ÁREA DE COMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
Servicio de Comunicaciones y Mantenimiento de Centros de Control

| | | |
|------|--|---|
| FTP | <i>Foiled twisted pair</i> | Cable comunicaciones de pares trenzados apantallados globalmente de acuerdo a la ISO/IEC 11801. |
| Gbps | Gigabit por segundo | Gbps o Gbit/s es una medida de velocidad de transmisión equivalente a 10^9 bits/s |
| GEMA | Gestión de Mantenimiento | Aplicación utilizada en la Gestión de Mantenimiento. |
| Hw | <i>Hardware</i> | Se define como las partes físicas que constituyen un equipo o sistemas |
| ISO | International Standardization Organization (Organización Internacional de Normalización) | Organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación (tanto de productos como de servicios), comercio y comunicación para todas las ramas industriales a excepción de la eléctrica y la electrónica. Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones (públicas o privadas) a nivel internacional. |
| LED | <i>Light emitting diode</i> | Diodo emisor de luz. |
| Mbps | Megabit por segundo | Mbps o Mbit/s es una medida de velocidad de transmisión equivalente a 10^6 bits/s |
| MIMO | <i>Multiple-input Multiple-output</i> | Tecnología que permite mejorar la comunicación radio mediante el uso de múltiples antenas en transmisión y recepción. |
| MTBF | <i>Mean time between failures</i> | Tiempo medio entre fallos. |
| MTTR | <i>Mean Time to Repair</i> | Tiempo medio de reparación. |
| PCI | Protección Contra Incendios | Protección Contra Incendios |
| PCL | Puesto de Control Local | Cuarto situado a nivel de vestíbulo destinado a Control de las instalaciones y venta de títulos de transporte. |
| PoE | <i>Power over Ethernet</i> | Tecnología que permite alimentar a los equipos a través de cable Ethernet. Está regulado por la norma IEEE 802.3. |
| PPT | Pliego de Prescripciones Técnicas | Conjunto de documentos que define las características generales de un producto, obra, instalación servicio o software. |

RENOVACIÓN DEL EQUIPAMIENTO WIFI PARA SERVICIOS DE EXPLOTACIÓN EN 6 ESTACIONES DE LA LINEA 8 DE LA RED DE METRO DE MADRID

ÁREA DE COMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
Servicio de Comunicaciones y Mantenimiento de Centros de Control

| | | |
|--------|---|--|
| RIM | Red Integrada Multiservicio | Red de Comunicaciones de Metro de Madrid, implementada mediante equipos con tecnología Gigabit Ethernet y con capacidad de acomodar tráfico de voz, datos y video. |
| RTLS | <i>Real Time Location System</i> | Sistema de Localización en Tiempo Real |
| SAI | Sistema de Alimentación Ininterrumpida | Sistema de alimentación eléctrica compuesto por elementos de filtrado de la tensión de entrada y baterías que garantizan el funcionamiento del sistema durante un tiempo determinado en caso de caída de la tensión de red. |
| SNMP | <i>Simple Network Management Protocol</i> (Protocolo Simple de Administración de Red) | Protocolo de red diseñado para posibilitar la gestión y supervisión de los elementos conectados a una red IP. |
| SW | Software | Programas o aplicaciones específicas necesarios para llevar a cabo una tarea determinada. |
| TCP | <i>Transmission Control Protocol</i> (Protocolo de Control de Transmisión) | Protocolo de comunicaciones de la capa de transporte, que precisa del establecimiento previo de una conexión para el envío de cualquier datagrama siendo fiable a nivel de transporte. (Los paquetes aunque no lleguen en su momento no se pierden). |
| UNE-EN | Una Norma Española - European Norm (Norma europea) | Normas AENOR que son estándares europeos e internacionales. |
| UTP | <i>Unshielded twisted pair</i> (Par trenzado no apantallado) | Cable comunicaciones de pares trenzados no apantallados de acuerdo a la ISO/IEC 11801. |
| VLAN | <i>Virtual Local Area Network</i> (Red de área local virtual) | Sistema diseñado para crear redes lógicamente independientes dentro de una misma red física. |
| VoIP | <i>Voice over IP</i> | Voz sobre IP. Es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de una red de paquetes empleando el protocolo IP. |
| VoWiFi | <i>Voice over WiFi</i> | Sistema de VoIP que utiliza la red inalámbrica WiFi como sistema de comunicación. |

| | | |
|--------|--------------------------------|--|
| VoWlan | <i>Voice over Wireless LAN</i> | Sistema de VoIP que utiliza cualquier tipo de red inalámbrica como sistema de comunicación. |
| WCS | <i>Wireless Control System</i> | Un sistema de gestión centralizada de elementos WiFi |
| WiFi | <i>Wireless Fidelity</i> | Tecnología que permite utilizar el medio radioeléctrico para transmitir información. Está basada en el estándar IEEE 802.11. |
| WLC | <i>Wireless Lan Controller</i> | Equipo Controlador de los puntos de acceso WiFi ligeros, en la solución WiFi centralizada. |

4. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS

Actualmente, algunas estaciones de la línea 8 de la red de Metro de Madrid, cuentan con equipamiento WiFi obsoleto (CISCO AIR-LAP1242AG-E-K9, CISCO AIR-LAP1131AG-E-K9 y CISCO AIR-LAP1231G-E-K9) y fuera de mantenimiento por el fabricante, el cual no permite una conexión, con un ancho de banda aceptable, a las redes WIFI de la compañía y que permita un correcto funcionamiento de las herramientas de las que dispone el Supervisor Comercial, por lo que se hace necesario la renovación del mismo.

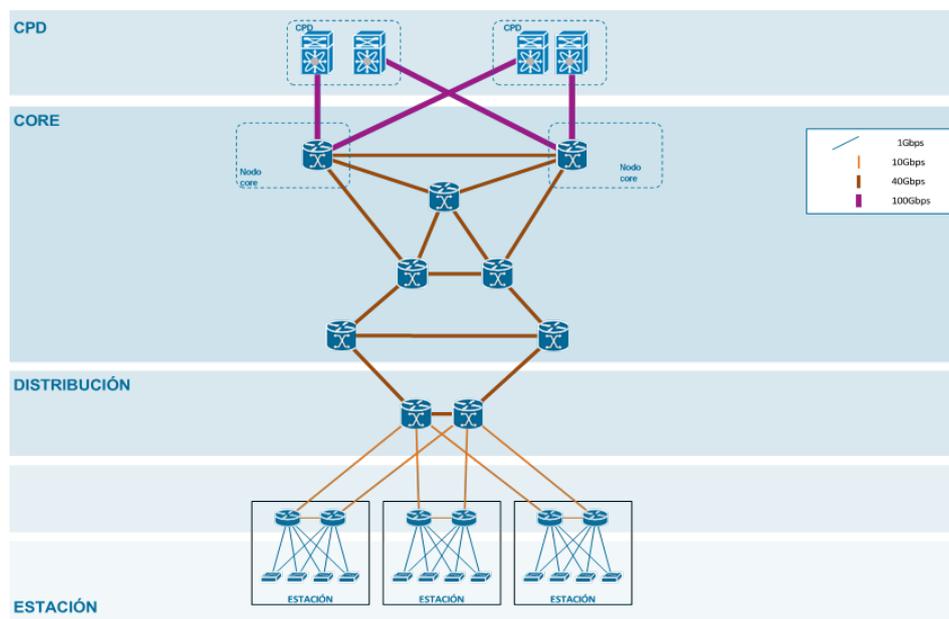
Debido al modelo de atención al cliente, basado en la figura del Supervisor Comercial que abandona la tradicional taquilla para ofrecer una atención más cercana a los clientes, es necesario que las estaciones cuenten con cobertura completa y mejorada en todas las zonas de las estaciones recogidas en el alcance del presente pliego, para que los Supervisores Comerciales puedan realizar su trabajo con total movilidad por toda la estación.

4.1. Arquitectura general de la Red Integrada Multiservicio - RIM

La arquitectura general de la red está distribuida en tres niveles jerárquicos:

- Red troncal o core.
- Red de distribución.
- Red de acceso.

En la siguiente figura se muestra de forma esquemática y conceptual la arquitectura de la red RIM.



Arquitectura lógica de la red RIM

Al conjunto formado por dos equipos de distribución y todos los equipos de acceso que conectan con ellos se le denomina **Switch Block** (o SB).

Por red troncal o core se entiende al conjunto de nodos troncales, que son equipos de red de alta capacidad, que se interconectan entre sí y con múltiples equipos de la red de distribución para aumentar la disponibilidad, con el objetivo de integrar las señales procedentes de los equipos finales ubicados en las estaciones.

Por red de distribución se entiende al conjunto de nodos de distribución, que son equipos modulares, con una amplia capacidad de crecimiento y que cuentan con doble fuente de alimentación y la posibilidad de instalar una doble tarjeta procesadora para mejorar su fiabilidad.

Los nodos de distribución se agrupan funcionalmente en lo que denominamos Bloques de Conmutación o *Switching Blocks* con el objetivo de simplificar la topología global de la red, reducir el consumo de ancho de banda, aumentar la disponibilidad y garantizar la redundancia de red de los nodos de acceso ubicados en las estaciones.

La red de acceso o estación está compuesta por conmutadores de nivel 2 que se pueden conectar directamente a los equipos de acceso o en cascada, a través de otros equipos de estación. En la red de estación se utiliza Spanning Tree (STP) como protocolo para proteger la red frente a bucles.

A estos conmutadores de estación se conectan los dispositivos finales, que en la mayoría de los casos utilizan como default Gateway los equipos de acceso.

La red de la estación se divide en VLAN. A cada una de ellas se conectan los dispositivos en función del servicio al que pertenezcan.

4.1.1 Descripción red IP/MPLS de transporte

La red IP/MPLS está formada por los equipos de acceso, distribución y core. Todos estos equipos cursan el protocolo MPLS y son capaces tanto de transportar tráfico IP nativo como MPLS.

La red de estación está formada por conmutadores que actúan a nivel 2, por tanto no realizan ninguna función de routing.

La topología deseada en la estación es una topología libre de bucles lógicos, de esta forma no es necesario utilizar el protocolo STP más que como mecanismo de seguridad.

4.2. Arquitectura de Data Centers

La arquitectura de red de los data center, se basa en el despliegue de una solución VXLAN implementada sobre la familia de conmutadores CISCO NEXUS 9000 como motor central sobre el que se ofrecen todos los servicios propios de estas redes de nueva generación gestionadas por Software (SDN), teniendo como objetivo principal disponer de una red de comunicaciones capaz de ofrecer servicios activos de forma simultánea y completamente redundantes en los CPDs, dotando a Metro de Madrid por tanto de una solución capaz de asegurar la continuidad de los procesos de negocio frente al fallo simple de cualquier elemento.

La solución desplegada se basa en la integración de los siguientes componentes:

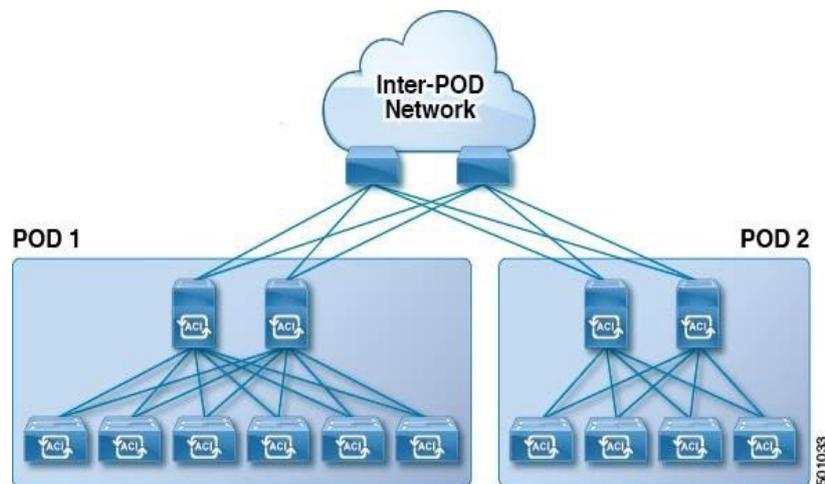
- Red Underlay: Formado por una red de tipo CLOS leaf-spine, permite definir una topología de interconexión que asegure la conectividad IP redundante y altamente disponible entre cada uno de los conmutadores leaf que concentrarán las conexiones de los equipos finales. Esta red ofrece una conexión de muy baja latencia gracias a la conjunción de equipamiento Nexus 9000 con enlaces de gran ancho de banda (40/100 G) lo que asegura un rendimiento muy elevado a largo plazo.
- Red Overlay: Creada sobre la red underlay mediante el empleo del protocolo VXLAN, permitirá la definición de redes virtuales end-to-end para cada una de las entidades lógicas que sean definidas.

4.2.1 Topología de red

La arquitectura se basa en un diseño de tipo Stretch-Fabric distribuida entre los Data Centers de la compañía, lo que proporciona una red altamente redundante, totalmente orientada a la prestación de servicios en alta disponibilidad gracias al soporte transparente de clúster geográficamente dispersos y a la capacidad de realizar movimientos en vivo de cargas de trabajo entre las ubicaciones.

Cada una de estas ubicaciones dispone de un diseño de red de tipo CLOS con una arquitectura pura leaf and spine, en la que cada conmutador de la capa leaf es conectado a cada conmutador de la capa spine construyendo una topología completamente mallada, mediante la cual, el tráfico es enviado por todos los enlaces disponibles balanceado de manera nativa con ECMP (Equal Cost Multipath). Los conmutadores de la capa leaf ofrecen conectividad a los equipos finales, mientras que los conmutadores de la capa spine interconectan todos los conmutadores leaf.

En esta arquitectura cada dispositivo conectado a la fabric es capaz de alcanzar cualquier dispositivo final en el mismo número de saltos, ofreciendo de esta forma un rendimiento uniforme y completamente predecible en cuanto a latencia y ancho de banda disponible.



Red de interconexión de los Datacenter

La solución permite implantar un modelo en el que compartiendo una misma electrónica (red leaf-spine) será posible virtualizar la red, definiendo diferentes entornos de prestación de servicios (tenant en adelante) y asegurando en todo momento la completa separación de cada uno de los tenant tanto a nivel de conectividad como de servicios ofrecidos por la red.

Esta aproximación resulta en un modelo más eficiente, ya que, al permitir compartir una misma electrónica entre los diferentes tenants, se asegura la completa separación de los mismos tanto a nivel de conectividad como de servicios, reduciendo enormemente la cantidad de conmutadores de acceso necesarios en la red.

4.2.2 Data Center Interconnect

La interconexión entre los data centers, se realizará a través de una red de interconexión basada en equipos CISCO NEXUS.

Esta arquitectura, por tanto, permite que los CPD físicamente separados se comporten como única entidad lógica, tanto en el plano de datos como en el plano de control de la solución, haciendo que cualquier servicio desplegado en uno de los CPD pueda ser extendido de forma completamente transparente al otro CPD, a la vez que se asegura el aislamiento de problemas entre CPD gracias al empleo de una fabric VXLAN.

4.3. Arquitectura de la Red inalámbrica - WIFI

La arquitectura de red inalámbrica, WIFI, está basa en tecnología del fabricante Cisco, donde todos los puntos de acceso están centralizados en su correspondiente controladora o WLC.

A su vez las controladoras están divididas a nivel lógico según la ubicación física de los puntos de acceso, entendiéndose por ubicación las diferentes líneas, recintos o depósitos de Metro de Madrid.

Las controladoras están conectadas a la red de los Datacenters en los CPD de la Compañía, aprovechando las ventajas que las redes SDN nos ofrecen, como por ejemplo compartir direccionamiento de red, aunque geográficamente estén separas en diferentes recintos.

Los clientes mantienen el mismo direccionamiento IP dependiendo del SSID al que se conecten, se le asignará una IP por DHCP, y siempre será el mismo rango independientemente de la línea o recinto a donde se desplacen. De esta forma, aunque el cliente cambie de ubicación, estación

o línea se minimizan los tiempos de roaming, al no tener que solicitar el cliente un nuevo direccionamiento.

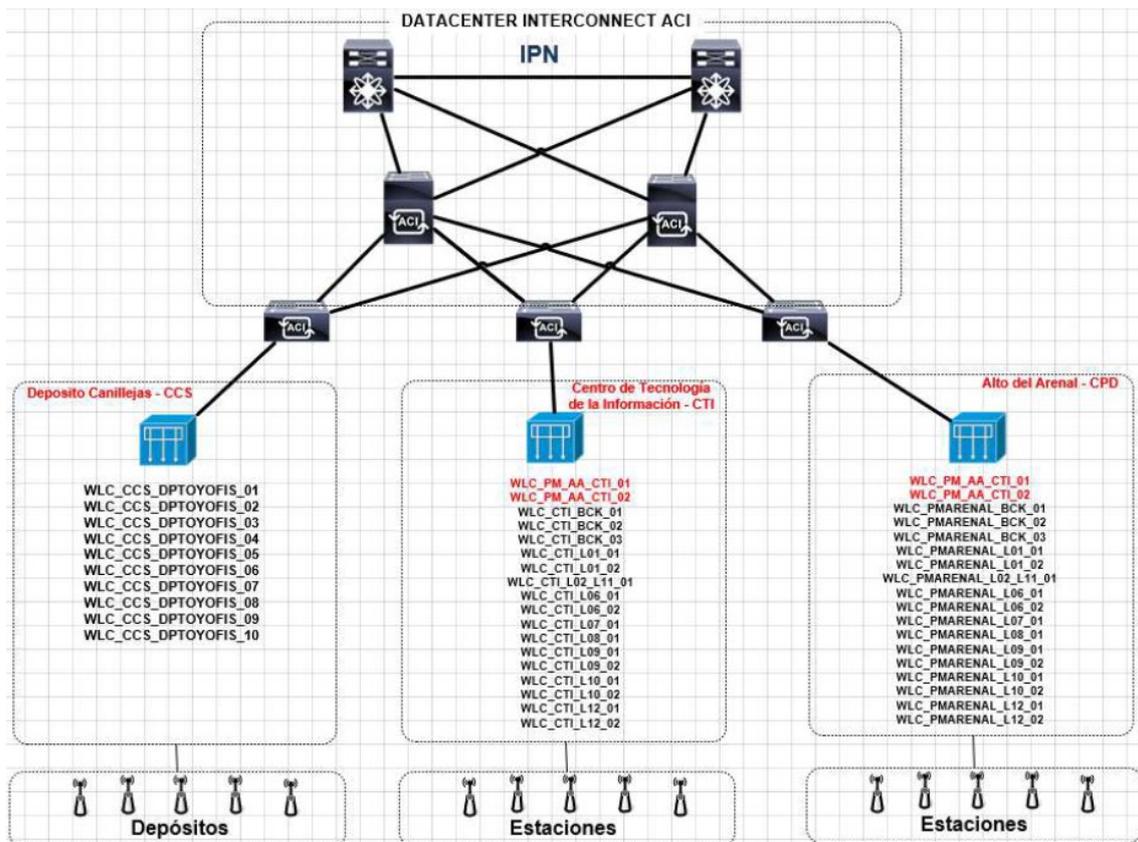
4.3.1 Topología de red

La topología de red en estaciones y depósitos está formada por:

- 42 controladoras WLC CISCO (modelos 4404, 5508 y 5520)
- 3.296 AP Cisco

Los modelos de punto de acceso instalados en las estaciones de L8 objeto del alcance, mayoritariamente son CISCO AIR-LAP1242AG-E-K9, CISCO AIR-LAP1131AG-E-K9 y CISCO AIR-LAP1231G-E-K9. Estos modelos según el fabricante están en fin de vida y fuera de mantenimiento, por lo que se hace necesario la renovación de los mismos para poder garantizar la usabilidad y mantenibilidad del servicio WIFI en la línea 8.

Actualmente estos AP están centralizadas en un modelo de controladora CISCO AIR-WLC4404-100-K9, también en de fin de vida y de mantenimiento por parte del fabricante, pero Metro de Madrid cuenta con un clúster de controladoras CISCO AIR CT5520-k9 en versión 8.10.130, en la que se deberán centralizar los nuevos puntos de acceso que se adquieran para la renovación del equipamiento WIFI en las estaciones de la línea 8 objeto del alcance del presente PPT.



Esquema lógico de la Topología de Red Inalámbrica

5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

El equipamiento a instalar dotará de cobertura WIFI completa a las siguientes zonas de la estación:

Todas las zonas de acceso público, incluyendo:

- Vestíbulos.
- Pasillos.
- Escaleras.
- Distribuidores.
- Andenes.
- Cualquier acceso a la estación desde el exterior (tanto las zonas de entrada por escaleras como por ascensores).

Y las siguientes zonas y cuartos técnicos exclusivas para personal de Metro de Madrid:

- Salidas de emergencia.
- Cuartos de operador PCL / CCI.
- Cuartos de equipos (CAT y Cuarto de Enclavamientos).
- Cuartos de Baja tensión y Centros de Transformación (CBT / CT).
- Cuartos de PCI.
- Almacenes.
- Cuartos destinados a MTE.
- Cuartos destinados a Técnicos de Línea.
- Aulas de Formación.
- Otras dependencias accesibles por personal.

El sistema a instalar deberá contar con todos los elementos, tanto hardware, como software, de cara al despliegue de un proyecto llave en mano que permitirá la comunicación de los servicios corporativos.

Este despliegue incluye los puntos de acceso WIFI, antenas, conmutadores de red PoE+, inyector PoE+ monopuerto, licencias y mantenimiento del equipamiento para poder disponer de las actualizaciones ofrecidas por el fabricante durante un periodo de 5 años, a contar desde la firma del acta de recepción, y herramienta EKAHAU Site Survey actualizada a la última versión con 2 años de mantenimiento a contar desde la firma del acta de recepción.

5.1. Mejora y Ampliación de Cobertura WIFI

5.1.1 Simulación y planificación Radioeléctrica.

La empresa contratista, de manera previa a la instalación de los puntos de acceso, realizará una simulación y planificación radioeléctrica de cada una de las estaciones.

Para realizar esta planificación, el Contratista estudiará las condiciones de propagación radioeléctrica de cada una de las estaciones y tomará medidas del nivel de ruido existentes en las mismas.

Una vez finalizado el estudio en campo, el Contratista realizará sobre plano y empleando la herramienta EKAHAU Site Survey la distribución de los puntos de acceso necesarios a instalar en la estación con el fin de cumplir con los valores de cobertura especificado. Se deberá conseguir

una distribución óptima de los puntos de acceso, minimizando su número y teniendo en cuenta las condiciones de instalación de los mismos. El Contratista generará un fichero en formato *.esx por cada una de las estaciones.

Para realizar esta simulación, se tendrán en cuenta la viabilidad de la instalación física de los puntos de acceso en las situaciones simuladas. No serán válidas simulaciones en las que se ubiquen puntos de acceso en zonas en las que no es posible realizar la instalación física de los equipos.

A efectos de cálculo, se tendrán en cuenta los puntos de acceso a instalar (potencia y sensibilidad de los mismos), tipo y ganancia de las antenas, atenuaciones en el cableado etc.

Al finalizar esta fase, tanto el número de puntos de acceso como sus ubicaciones, tipos de antena a usar, su forma de instalación y su conectividad (a red y a alimentación) debe estar definida, documentada y aprobada por el Director de los trabajos. Generando un documento por cada una de las estaciones.

La cobertura deberá garantizarse tanto en la banda de 2.4 GHz como en la de 5 GHz, para ambas bandas, los objetivos de cobertura a cumplir serán los siguientes:

- Vestíbulos, pasillos, andenes, escaleras, distribuidores y cualquier otra zona de la estación usada por los viajeros.

Deberá cubrirse el 95% de estas áreas con los niveles de señal establecidos en el apartado 6.2.1.

En el caso de andenes, la cobertura debe garantizarse a lo largo de ambos andenes considerando los siguientes casos:

- Ausencia de trenes en estación
- Entrada de un tren, en ausencia de trenes en estación
- Salida del único tren estacionado en la estación
- Presencia de un tren en estación
- Entrada de un tren, estando estacionado un tren en estación
- Salida de un tren, estando estacionados los trenes en la estación
- Presencia de dos trenes estacionados en la estación

La única área susceptible a ser utilizada por los viajeros que no será necesario garantizar la cobertura anterior es el interior de los ascensores, debido a las dificultades técnicas que puede plantear y a la existencia en el mismo de sistemas de voz integrados (telefonía e interfonía).

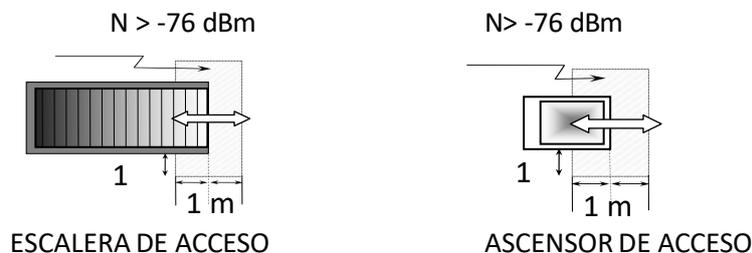
- Cuartos técnicos.

En los cuartos técnicos se cubrirá el 95% del área con los niveles de señal establecidos en el apartado 6.2.1

La cobertura de estos cuartos se realizará considerando su puerta de acceso (metálica) cerrada. Se debe tener en cuenta que en caso de que dos o más cuartos estén juntos (separados por tabiques de ladrillo), se deberá contemplar la instalación de un único punto de acceso (AP) para garantizar la cobertura simultánea de varios cuartos. Este aspecto es importante tanto para alcanzar eficiencia técnica (reducción interferencias), como económica (reducción de costes).

- Entradas/salidas a la estación.

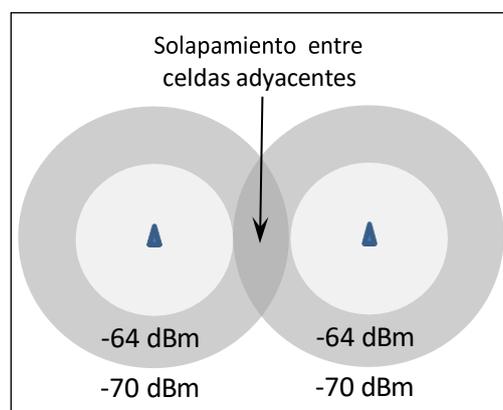
Se garantizará un nivel de señal ≥ -76 dBm (aplicable tanto a las bandas de 2,4 como de 5 GHz) que abarque 1 m alrededor de cualquier punto de entrada a la estación, sea de escaleras o ascensores.



Esquema de cobertura en accesos exteriores de la estación

En cualquier caso, en el diseño radioeléctrico se tomará en consideración la aplicación que de la red se va a hacer para el servicio de voz sobre WiFi, por lo que las coberturas de cada Estación Base deberán solaparse evitando zonas de sombra susceptibles de provocar cortes o interrupciones en el servicio.

Con el fin de garantizar que la comunicación de VoWiFi se vea afectada lo menos posible por los handover entre celdas, el área de solapamiento entre APs adyacentes será de al menos **6 dB** y el nivel de cocanal será siempre mayor de **19 dB**.



Solapamiento mínimo entre celdas adyacentes

5.1.2 Suministro e instalación de los puntos de acceso WIFI.

El Contratista suministrará e instalará los puntos de acceso WIFI siguiendo los siguientes criterios:

El Contratista, realizará el suministro e instalación de los puntos de acceso en las estaciones, en las ubicaciones definidas por las simulaciones. Del mismo modo será responsabilidad del Contratista la instalación de las antenas, y cableados, así como de la configuración de los citados puntos de acceso.

Será misión del Contratista:

- El suministro e instalación del cableado UTP 6A
- En aquellas ubicaciones en las que no sea posible conectar los puntos de acceso a un

equipo de red por medio de UTP, el Contratista realizará el suministro e instalación del cableado de fibra óptica, conversores de medios, conectores, cableado de alimentación protecciones magneto térmicas y fuentes de alimentación para los puntos de acceso, garantizando una correcta conectividad y alimentación eléctrica.

- Todos los equipos y cableados serán etiquetados conforme a la normativa vigente en Metro de Madrid.

Existirán dos tipos de instalaciones, dependiendo de si el punto de acceso debe dar cobertura a cuartos técnicos o dependencias restringidas al público, o si el punto de acceso debe dar cobertura al resto de zonas de la estación, aunque en ambos casos, los puntos de acceso se conectarán:

- Datos (a la red Ethernet de estación): Por medio de una conexión de cable UTP de Categoría 6A, o bien, una conexión vía fibra óptica multimodo utilizando conversores de medios.
- Alimentación: Será posible alimentar los puntos de acceso bien desde Switches con PoE+, o directamente (a través de un inyector PoE+ o un convertidor AC/DC) desde a la fuente ininterrumpida más próxima a la instalación.

El Contratista desplegará cuantos puntos de acceso sean necesarios para dotar de cobertura a los cuartos técnicos y las zonas habilitadas al público recogidas en el alcance y con las características radioeléctricas especificadas en este documento.

Los puntos de acceso se instalarán en las estaciones, en las ubicaciones necesarias para cumplir con los niveles de señal establecidos.

Los puntos de acceso se registrarán en las controladoras centralizadas existentes en Metro de Madrid, modelo Cisco AIR CT5520-k9 en versión de software 8.10.130, pudiéndose actualizar la versión en función de las necesidades del proyecto. La actualización correrá por parte del Contratista.

Las comunicaciones entre los diferentes elementos se realizarán a través de la red de explotación de Metro de Madrid (RIM).

El Contratista desplegará puntos de acceso con antenas integradas o bien con antenas exteriores. La elección entre estos dos tipos de punto de acceso se hará en las fases de estudio de cobertura y/o fase de instalación en función del tipo de equipamiento más recomendable para cada ubicación.

Los puntos de acceso una vez instalados, no serán identificables como tal, por lo que el Contratista deberá ocultar el logotipo del fabricante y cualquier otra información que permita su identificación.

En ubicaciones en las que el punto de acceso sea accesible por el público, el Contratista instalará el punto de acceso dentro de una caja estanca de superficie fabricada en PVC de tal manera que quede oculto para proteger el AP de posibles actos vandálicos.

Conexión de los puntos de acceso:

Los puntos de acceso a instalar en cada emplazamiento se conectarán al nodo de acceso más próximo, mediante cableado de pares trenzados o fibra óptica multimodo, según las distancias de la instalación específica de cada emplazamiento. La disponibilidad de puertos de conexión

libres, así como la asignación de los mismos, será realizada por Metro de Madrid previa solicitud de necesidades.

Para distancias entre el AP y el switch de conexión a red, menores de 100 metros, se empleará cable del tipo UTP de categoría 6A o superior

Para distancias entre el AP y el switch de conexión a red, superiores a 100 metros, se empleará FO multimodo. En este caso será necesario instalar conversores de medios.

En ambos casos el cable se tenderá por las canalizaciones existentes en los emplazamientos de Metro de Madrid (falso suelo, canaleta vertical, canaleta perimetral de estación), evitando ocupar en las canaletas perimetrales aquellas canalizaciones destinadas a cables de alimentación (alumbrado). Si no existiera se emplearía tubo de PVC o tubo de acero en caso de recintos de andén y vestíbulos.

Todas las ayudas y canalizaciones necesarias para la instalación correrán por cuenta del Contratista.

En todos los casos, las estaciones disponen de un cuarto de comunicaciones (CAT) en el que se encuentra el nodo de acceso principal de la estación y en general hay switches en diversos cuartos técnicos de la estación que facilitarán la conexión a la Red Integrada Multiservicio de los puntos de acceso. Pudiera darse el caso que, en los nodos de acceso existentes en los cuartos técnicos, no hubiera interfaces libres para la instalación de los nuevos puntos de acceso, por lo que se utilizaran uno de los switches que se deben suministrar por el contratista en el presente PPT. Dependiendo de la estación serán del tipo Cisco o HP Aruba, según la tabla mostrada en el apartado 6. Este equipamiento concreto es el homologado para la infraestructura de L8 tanto en la selección de fabricante como en la selección del modelo.

Alimentación de los puntos de acceso:

El Contratista alimentará de manera preferente los puntos de acceso por medio de la alimentación PoE+ ofrecida por los switches de acceso.

En aquellas ubicaciones en las que por algún motivo no sea posible el uso de alimentación PoE+ mediante los interfaces de los switches de acceso, el Contratista alimentará las estaciones base mediante un inyector PoE+ monopuerto, utilizando una línea de 230 VAC para su alimentación.

En caso de que las alimentaciones de las Estaciones-base WiFi tengan que ser acometidas con un circuito eléctrico de 230 VAC y no pueda alimentarse desde una planta de energía, se alimentarán desde un cuadro eléctrico secundario del circuito de cuartos técnicos de la estación, estas conexiones deberán estar protegidas por un interruptor magnetotérmico que se instalará dentro del proyecto, cuya rotulación normalizada será «INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO E-B WIFI», de acuerdo a la figura siguiente. Se deberá tener en cuenta que en todos los casos el cuadro eléctrico secundario deberá estar protegido por un diferencial; en caso de que no lo esté y se desee utilizar dicho cuadro, el Contratista tendrá que instalarlo dentro de este proyecto.



Estación Base y AP WiFi - Rotulación del magnetotérmico

El Contratista realizará esta instalación cumpliendo con la Normativa vigente, y de manera especial por lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

El tendido de cables de alimentación se realizará mediante el uso de manguera libre de halógenos de cobre de acuerdo con las tablas publicadas en el REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión) con la sección adecuada en función de la distancia real y se realizará por las canalizaciones existentes en los emplazamientos de Metro de Madrid (falso suelo, canaleta vertical, canaleta perimetral de estación). Si no existiera se emplearía tubo de PVC, o tubo de acero en caso de recintos de andén y vestíbulos.

Se etiquetarán los cables de toma de alimentación de forma que se indiquen los extremos remotos (equipo que alimenta y bornero del armario de energía).

5.1.3 Criterios de instalación de puntos de acceso WIFI para el interior de los cuartos.

Como se ha especificado en el Objeto del presente documento; el Contratista dotará de cobertura WIFI a las siguientes dependencias de uso privativo para personal de Metro de Madrid y/o contratas:

- Salidas de emergencia.
- Cuartos de operador PCL / CCI.
- Cuartos de equipos (CAT y Cuarto de Enclavamientos).
- Cuartos de Baja tensión y Centros de Transformación (CBT / CT).
- Cuartos de PCI.
- Almacenes.
- Cuartos destinados a MTE.
- Cuartos destinados a Técnicos de Línea.
- Aulas de Formación.
- Otras dependencias accesibles por personal.

Para poder cumplir estos objetivos, el Contratista realizará los siguientes trabajos:

Los puntos de acceso a instalar en el interior de los cuartos contarán con antenas integradas, y se instalarán mediante los soportes proporcionados por el fabricante, sujetos a los techos o paramentos verticales de los cuartos.

Los puntos de acceso se rotularán mediante una etiqueta adecuada, siguiendo la normativa vigente en Metro de Madrid.

5.1.4 Criterios de instalación de puntos de acceso WIFI para las zonas de uso público.

El Contratista, dotará de cobertura el 95% de las zonas de uso público en de las estaciones, incluyendo zonas de espera de ascensores, escaleras y al menos un (1) metro de la zona exterior de acceso de la estación. Quedan excluidos el interior de los ascensores.

Para la instalación de los puntos de acceso, se seguirán los siguientes criterios:

- Se primará la instalación de puntos de acceso con antenas integradas. Este tipo de equipamiento se instalará en zonas de la estación que queden alejadas del público, con

el objetivo de evitar actos vandálicos sobre los puntos de acceso, pero a la vez se realizará en zonas en las que el mantenimiento se pueda realizar en los periodos de prestación del servicio de viajeros.

- Los puntos de acceso quedarán perfectamente camuflados, de tal manera que los usuarios de Metro de Madrid, no puedan identificar el propósito de estos equipos. En ubicaciones en las que el punto de acceso sea accesible por el público, el Contratista instalará el punto de acceso dentro de una caja estanca de superficie fabricada en PVC de tal manera que quede oculto para proteger el AP de posibles actos vandálicos.
- Durante la instalación de estos equipamientos no se podrán realizar taladros en los paneles de VITREX de las estaciones, ni en las lamas de falso techo impermeable.
- El Contratista realizará una planificación minimizando el número de puntos de acceso a desplegar.
- La alimentación de estos equipos se realizará de manera preferente por medio de la tecnología PoE+. Bien desde un switch PoE+ o a través de un inyector PoE+.

En función de la ubicación final del Punto de acceso es posible que sea necesario instalar los puntos de acceso de forma que únicamente la antena o antenas sean visibles, con el objetivo de proteger los puntos de acceso de actos vandálicos en zonas en las que estos sean fácilmente accesibles por los usuarios de Metro de Madrid.

Para ello el Contratista instalará todos los elementos, salvo las antenas, dentro de una caja de protección. En caso de imposibilidad de la instalación en un recinto cerrado predeterminado tendrá que instalarse en recintos alternativos (por ejemplo, compartiendo espacio con Unidades remotas, armarios de equipamiento de escaleras mecánicas, etc.). Todos los casos desfavorables deben ser aprobados por el director de los trabajos de Metro de Madrid.

5.1.5 Suministro de Antenas.

Se ubicarán en lugares que no sean fácilmente accesibles por los viajeros para evitar que sean vandalizadas y que en la medida de lo posible sean discretas, se camuflen o sean poco visibles para no romper con la estética de las instalaciones, y evitando SIEMPRE la rotura de impermeabilización de las paredes y techos de las estaciones.

Se instalarán antenas que en un único encapsulado incorporen al menos 4 antenas duales, según el siguiente ejemplo:



Ejemplo de antena MIMO (4x) de frecuencia dual

Las antenas se conectarán a los puntos de acceso directamente utilizando sus propios cables coaxiales, no se utilizarán extensiones adicionales que provoquen pérdidas en la señal de

radiación. Las antenas irán directamente colocadas sobre la caja de PVC donde esté instalado el punto de acceso.



Ejemplo de instalación de antena exterior y AP en caja de PVC

Las antenas a instalar son las diseñadas para trabajar en entornos exteriores, por ser más resistentes en entornos hostiles y responder mejor a condiciones adversas de humedad, condensación y temperatura y compatibles con el sistema de gestión centralizado a suministrar.

Por cada área a cubrir se optará por el modelo de punto de acceso más adecuado, teniendo en cuenta que existen dos tipos de AP, con antena omnidireccional integrada y con antena exterior direccional. En el caso de zonas donde se necesite una radiación omnidireccional, se optará por el modelo de instalación de puntos de acceso con antena integrada, en el caso donde el área a cubrir se necesite una radiación direccional, se optará por el modelo de instalación de punto de acceso con antena exterior direccional, normalmente será el caso de pasillos largos y andenes de estaciones. En cualquiera de los dos casos será de aplicación lo indicado en el Real Decreto 1066 de 28 de septiembre de 2001 en lo que respecta a las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones.

Los tipos de antenas a instalar, así como la forma prevista de instalación deberán ser aprobadas por Metro de Madrid previo al despliegue.

5.1.6 Configuración y parametrización

El Contratista realizará las tareas de configuración y parametrización de todos los elementos instalados.

De forma explicativa y no enumerativa, los trabajos a realizar serán los siguientes:

Puntos de Acceso:

- Aprovisionamiento de los puntos de acceso
- Asignación de dirección IP
- Configuración del Hostname siguiendo la normativa de Metro de Madrid
- Configuración de las características radio
 - Potencia máxima a emitir
 - Selección de Banda
 - Configuración de los canales en cada una de las bandas.
- Configuración de las políticas de seguridad

Plataforma de Gestión Prime existente en Metro de Madrid:

- Alta de puntos de acceso
- Carga de planos de detalle de las estaciones.
- Configuración de alarmas y eventos.

5.2. Instalación de Conmutadores de Red

Con el objetivo de poder disponer de puertos ethernet suficientes para poder realizar la conexión de los puntos de acceso a la RIM de Metro de Madrid, el Contratista realizará la instalación de 18 Conmutadores de Red (6 Cisco y 12 HP Aruba, fabricantes homologados en la infraestructura de red de L8), en aquellas ubicaciones que se determine. La conexión de estos equipos a la RIM se realizará de la siguiente manera:

- Cuando se instale en una ubicación en la que no exista otro equipo de red, la conexión se realizará al Nodo L3 existente en la estación.
- Si la instalación se realizara en un cuarto en el que ya exista otro equipo de electrónica de red, los nuevos conmutadores se conectarán a los equipos existentes.
- En ambos casos se empleará la conexión más adecuada en función de la distancia y del ancho de banda necesario. Por lo que el Contratista realizará el tendido de cableado, tanto de fibra óptica como UTP según la necesidad de cada equipo.
- El Contratista suministrará los transeptores y módulos adecuados en los conmutadores para realizar cada conexión.
- Es posible que el equipo al que sea necesario conectar estos nuevos conmutadores tenga todos sus interfaces en uso. En este caso, el Contratista realizará una reorganización de los servicios conectados para poder disponer de interfaces de conexión.
- Si en la ubicación donde sea necesario instalar un nuevo conmutador de red, no existiese un armario rack, el Contratista suministrará e instalará un armario rack o una caja metálica de exterior, con una protección IP 54 y carril DIN, para alojar el equipo en su interior.

5.2.1 Alimentación eléctrica de los conmutadores.

El Contratista realizará la alimentación eléctrica de los conmutadores desde la alimentación segura más cercana a la ubicación final del equipo.

El Contratista deberá suministrar e instalar todos los elementos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos. Incluyendo, entre otros, cableado de la sección adecuada, protecciones eléctricas, parte proporcional de canalizaciones.

El Contratista realizará esta instalación cumpliendo con la Normativa vigente, y de manera especial por lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

El tendido de cables de alimentación se realizará mediante el uso de manguera libre de halógenos de cobre de acuerdo con las tablas publicadas en el REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión) con la sección adecuada en función de la distancia real y se realizará por las canalizaciones existentes dentro de los cuartos técnicos donde se instalen.

Se etiquetarán los cables de toma de alimentación de forma que se indiquen los extremos remotos (equipo que alimenta y bornero del armario de energía).

El Contratista presentará una memoria de instalación para cada una de las estaciones afectadas.

5.3. Configuración de los Dispositivos.

El Contratista realizará la configuración de los equipos siguiendo las instrucciones del Director del Proyecto.

5.4. Desinstalación del Equipamiento Actual.

Actualmente todas las estaciones en las que es necesaria la renovación y mejora de cobertura WIFI, disponen ya de una red WIFI que se está utilizando para comunicaciones inalámbricas de voz y datos por personal de operación y mantenimiento de Metro de Madrid.

Estas estaciones disponen de una red WIFI basada en el estándar 802.11g que actualmente se encuentra obsoleta y que deberá desinstalarse, una vez que el nuevo equipamiento a instalar dentro de este proyecto se encuentre en servicio.

La desinstalación de las actuales estaciones base WIFI será completa (incluyendo puntos de acceso, antenas, cajas de interperie, cableado de alimentación y de datos, etc.). Este equipamiento se embalará e identificará de manera correcta y será trasladado por el Contratista en perfectas condiciones al almacén que designe Metro de Madrid, con el fin de poder ser utilizadas como fuente de repuestos del resto de las instalaciones actuales.

La desinstalación incluirá cualquier tipo de componente que estuviera asociado en exclusiva a dichas bases, sea antenas, conversores de medios etc. y en caso de no preverse su utilización por las nuevas estaciones base a instalar, también se retirará el cableado y se saneará la zona en la que estuvieran estos elementos (retirando tacos, tapando agujeros etc.).

6. ALCANCE TÉCNICO

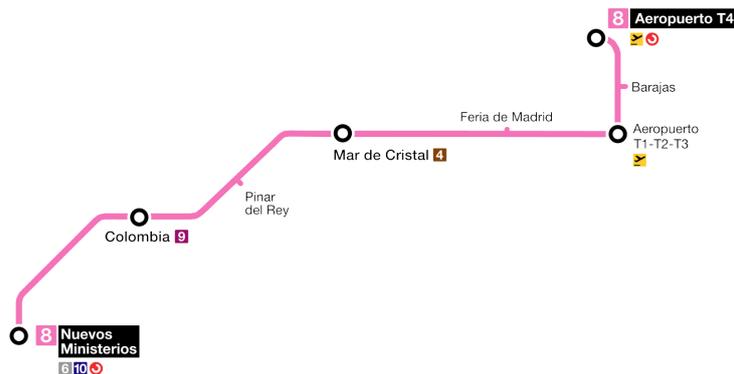
El Contratista realizará todos los trabajos necesarios de suministro, instalación y configuración de los elementos, hasta la puesta en marcha de la solución a implantar recogida en el alcance del presente documento, entendiéndose que se trata de un proyecto llave en mano.

Estos trabajos se realizarán en las siguientes estaciones de Línea 8:

- Nuevos Ministerios
- Colombia
- Mar de Cristal
- Feria de Madrid
- Aeropuerto T1-T2-T3
- Barajas

RENOVACIÓN DEL EQUIPAMIENTO WIFI PARA SERVICIOS DE EXPLOTACIÓN EN 6 ESTACIONES DE LA LINEA 8 DE LA RED DE METRO DE MADRID

ÁREA DE COMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
Servicio de Comunicaciones y Mantenimiento de Centros de Control



Estaciones de L8 objeto del alcance, a excepción de Pinar del Rey y Aeropuerto T4

Durante el desarrollo de los trabajos recogidos en el presente PPT, se garantizará en todo momento la disponibilidad de las comunicaciones de explotación. El Contratista garantizará que durante el despliegue de la nueva red WIFI no se producirán interrupciones del servicio WIFI para servicios de explotación.

El alcance de los trabajos incluye:

- Ingeniería de Despliegue. Medidas de propagación radioeléctrica en cada una de las estaciones.
- Estudio de cobertura y simulación WIFI: El Contratista entregará la planificación y la simulación de la ubicación de los puntos de acceso en ficheros.esx generados con Software EKAHAU. Este software es el empleado por Metro de Madrid para la planificación de redes WIFI.
- Retirada del actual cableado y equipamiento WIFI desplegado en las estaciones objeto del alcance, almacenaje y transporte a un recinto de la compañía que sea indicado por el director del proyecto.
- Acopio, almacenaje, transporte, suministro, instalación, configuración y parametrización de todos los elementos necesarios para alcanzar los objetivos descritos en el presente documento.
- Puesta en marcha de la instalación, incluyendo configuraciones, parametrización, licencias software, carga inicial de datos necesarios y ajustes.
- Todo el equipamiento, medios materiales y humanos, y dispositivos necesarios para:
 - o La correcta instalación de todos los elementos, tanto los suministrados por el Contratista, como los suministrados por Metro de Madrid, incluyendo, si hiciera falta para la instalación, cualquier actuación necesaria (incluyendo la realización de canalizaciones, pasos de bóveda o vía, pequeñas tareas de albañilería etc.)
 - o El correcto funcionamiento de los equipos y sistemas.
 - o La correcta alimentación eléctrica de los equipos incluyendo el suministro de protecciones eléctricas.
 - o Asegurar la correcta conectividad de los equipos.
 - o Etiquetar equipamiento y cableado conforme a la normativa vigente en Metro de Madrid.

- o Garantizar el suministro de repuestos y las reparaciones recogidas en la garantía.
- o La entrega de toda la documentación tanto definitiva como provisional que requiera el director de los trabajos y en el formato que éste indique al Contratista.
- o La entrega del equipamiento adicional indicado en el presente documento.
- o Plan de pruebas para la correcta puesta en marcha de las instalaciones.
- o Plan de Monitorización y garantía de la instalación.

A continuación se muestra un resumen del equipamiento que es necesario suministrar, ya que es el homologado para la infraestructura de red existente en L8, y que se describe en los siguientes apartados:

| EQUIPO | MODELO | CANTIDAD |
|---------------|-------------------------------------|--------------|
| ESTACIÓN BASE | Cisco C9120AXI-E | 110 unidades |
| ESTACIÓN BASE | Cisco C9120AXE-E | 40 unidades |
| ANTENA | CISCO AIR-ANT2566P4W-RS | 40 unidades |
| PoE | CISCO AIR-PWRINJ6 | 40 unidades |
| SWITCH | CISCO CATALYST 9300-24P | 6 unidades |
| SWITCH | HP ARUBA 2930F-24G-PoE+-4SFP JL261A | 12 unidades |

6.1. Requisitos de Diseño

A la hora de abordar la redacción del presente PPT, se han de tener en cuenta los siguientes requisitos de diseño, que condicionarán las soluciones a adoptar:

- Pronta resolución a los problemas existentes.
- Implantación de una solución óptima.
- Máximo aprovechamiento de los sistemas existentes y componentes asociados.
- Optimización de costes.
- Minimizar futuras incidencias.

6.2. Criterios de Implantación

La empresa contratista, realizará un diseño y planificación completa, para desplegar una nueva red WIFI en base a los siguientes criterios.

6.2.1 Cobertura para los servicios corporativos de Metro de Madrid

- Se hará extensiva a la totalidad de la estación (entendiendo como la totalidad, el 95% de las zonas de acceso público de la estación y a los cuartos técnicos de cada estación)
- Los cuartos técnicos donde se dotará cobertura WIFI-son:
 - o Cuarto Administrativo de Telecomunicaciones
 - o Cuarto Administrativo de Equipos

- o Cuarto de Operador/PCL
 - o Cuarto de Enclavamiento
 - o Cuartos de Baja Tensión
 - o Cuartos de Protección contra Incendios
 - o Centros de Toma de Servicio
 - o Almacenes de Alcance
 - o Oficinas asignadas al personal de Operación
 - o Almacenes de Mantenimiento.
 - o Salidas de emergencia
- Se hará extensiva a un metro de los accesos exteriores a la estación, ya sea a través de escaleras o ascensores, o salidas de emergencia.

Los niveles mínimos de campo a obtener en las diferentes zonas serán:

| | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Área de cobertura: | > 95 % en las bandas de 2,4 y 5 GHz |
| Nivel de señal estación | ≥ -70 dBm |
| Nivel de señal en accesos exteriores | ≥ -76 dBm |
| Nivel de señal en cuartos técnicos | ≥ -70 dBm |
| SNR | >30dB |

Requisitos de cobertura del sistema WIFI

6.2.2 Equipamiento

Puntos de acceso y antenas

En el caso de los puntos de acceso y antenas, las empresas licitadoras utilizarán equipamiento del fabricante CISCO, ya que se deben centralizar en una controladora modelo CISCO AIR CT5520-k9 en versión 8.10.130, existente en Metro de Madrid, otros fabricantes de puntos de acceso serían incompatibles con este modelo de controladora. Los puntos de acceso deben contar con la tecnología WIFI 6, estándar IEEE 802.11ax, aprovechando las ventajas que este tipo de estándar ofrece en la transmisión inalámbrica. Si fuera necesario, se podrá actualizar la versión software de la controladora por incompatibilidad con el nuevo Hardware. Esta actualización correrá por parte del Contratista.

La solución deberá contar con dos tipos de puntos de acceso, unos con antena integrada para espacios de radiación omnidireccional y otros puntos de acceso en los que sea necesario la instalación de una antena exterior para espacios de radiación direccional, sobre todo en pasillos y andenes de las estaciones.

| | |
|--------------------------------|--|
| AP con antena integrada | Espacios con necesidad de radiación omnidireccional. |
| AP con antena exterior | Espacios con necesidad de radiación direccional. |

Requisitos de AP según su radicación

Switches/Comunutadores de red

En cuanto a los conmutadores de red de acceso, en las estaciones de línea 8 objeto del alcance, existen dos tipos de fabricante en función de la estación, CISCO y HP ARUBA, por lo tanto, la distribución entre estación y fabricante será según la siguiente tabla:

| | |
|--------------------------------|----------|
| Nuevos Ministerios | HP ARUBA |
| Colombia | HP ARUBA |
| Mar de Cristal | HP ARUBA |
| Feria de Madrid | CISCO |
| Aeropuerto T1 – T2 – T3 | CISCO |
| Barajas | CISCO |

Relación Estación/Fabricante Switch

Inyectores PoE+ Monopuerto

En aquellas ubicaciones en las que por algún motivo no sea posible el uso de alimentación PoE+ mediante los interfaces de los switches de acceso, el Contratista alimentará las estaciones base mediante un inyector PoE+ monopuerto, utilizando una línea de 230 VAC para su alimentación. El modelo deberá ser del fabricante Cisco, compatibles con los puntos de acceso instalados.

Herramienta Ekahau Site Survey

El Contratista será el responsable de suministrar la herramienta EKAHU Site Survey con todos los accesorios necesarios y actualizada a la última versión, con 2 años de mantenimiento incluidos por parte del fabricante. Esta será la herramienta necesaria para la supervisión, por parte de la dirección del proyecto de Metro de Madrid, de todos los estudios radioeléctricos realizados por el Contratista, concretamente serán necesario el suministro de:

- Licencia para 1 usuario: ESS-PRO-SW2
- Equipo de medida para trabajos en campo: EKAHU SIDEKICK 2
- Soporte y suscripción aplicaciones por 2 años: ECS-xYR EKAHU CONNECT SUSSCRIPTION

6.2.3 Características Técnicas de los Puntos de Acceso WIFI

El Contratista suministrará e instalará los puntos de acceso WIFI que cumplan al menos las siguientes características técnicas:

Puntos de acceso con antena integrada

Modelo: Cisco C9120AXI-E

Tipo de AP: Indoor, dual radio, 5 GHz 802.11ax 4x4:4 MU-MIMO

Bandas: 2,4 y 5 GHz

MIMO: 4x4 MU-MIMO

Protocolos soportados: 802.11

ax/a/ac/b/g/n **Antena:** Integrada

Omnidireccional

Velocidades de datos compatibles:

802.11n: Hasta 890 Mbps

802.11ac: Hasta 3.47 Gbps

802.11ax: Hasta 5.38 Gbps

Interfaz de Red: 1 x 100, 1000, 2500 Multigigabit Ethernet (RJ-45) – IEEE 802.3bz

Alimentación 802.3at Power over Ethernet Plus (PoE+), 802.3bt Cisco Universal PoE (Cisco UPOE+, Cisco UPOE)

Rango de temperatura de funcionamiento: 0° a 50°C

Puntos de acceso para conexión de antena exterior

Modelo: Cisco C9120AXE-E

Tipo de AP: Indoor, dual radio, 5 GHz 802.11ax 4x4:4 MU-MIMO

Bandas: 2,4 y 5 GHz

MIMO: 4x4 MU-MIMO

Protocolos soportados: 802.11 ax/a/ac/b/g/n

Antena: Sin antena

Velocidades de datos compatibles:

802.11n: Hasta 890 Mbps

802.11ac: Hasta 3.47 Gbps

802.11ax: Hasta 5.38 Gbps

Interfaz de Red: 1 x 100, 1000, 2500 Multigigabit Ethernet (RJ-45) – IEEE 802.3bz

Alimentación 802.3at Power over Ethernet Plus (PoE+), 802.3bt Cisco Universal PoE (Cisco UPOE+, Cisco UPOE)

Rango de temperatura de funcionamiento: -20° to 50°C

Todos los puntos de acceso soportarán los métodos de cifrado más utilizados en la industria:

802.11i, Wi-Fi Protected Access 3 (WPA3), WPA2, WPA

802.1X

Advanced Encryption Standard (AES)

EAP-Transport Layer Security (TLS)

EAP-Tunneled TLS (TTLS) or Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol Version 2 (MSCHAPv2)

Protected EAP (PEAP) v0 or EAP-MSCHAPv2

EAP-Flexible Authentication via Secure Tunneling (EAP-FAST)

PEAP v1 or EAP-Generic Token Card (GTC)

EAP-Subscriber Identity Module (SIM)

6.2.4 Características Técnicas de las Antenas Externas

El Contratista suministrará e instalará las antenas adecuadas para optimizar la cobertura de cada punto de acceso, el tipo de antena externa será directiva.

De cara a facilitar el parque de repuestos, y facilitar la mantenibilidad de los elementos instalados, el Contratista únicamente suministrará el mismo modelo de antena directiva compatible con el punto de acceso a instalar.

Las antenas deberán cumplir con las siguientes características técnicas:

- **Modelo:** Cisco AIR-ANT2566P4W-RS=
- Radiación: Direccional
- Bandas de funcionamiento: doble banda 2,4 y 5 GHz

- Ganancia: 6 dBi en ambas bandas
- MIMO: MU-MIMO 4x4

El fabricante de las antenas será el mismo que el de los puntos de acceso.

6.2.5 Características Técnicas de los Inyectores PoE+ Monopuerto

El Contratista suministrará e instalará, para la alimentación de los puntos de acceso en las ubicaciones que determine la Dirección Facultativa, y en las que por algún motivo no sea posible el uso de alimentación PoE+ mediante los interfaces de los switches de acceso, los inyectores PoE+ Monopuerto. Estos equipos cumplirán con las siguientes características mínimas:

| | |
|-------------------------|-----------------------|
| Data Rate | 10/100/1000 Mbps |
| Estándar | 802.11 at 802.11af |
| Tensión de Alimentación | 230 VAC 50 Hz |
| Modelo | Cisco AIR-PWRINJ6= |

Características mínimas de los inyectores PoE+ a instalar

6.2.6 Características Técnicas de los Conmutadores de Red

Debido al elevado uso de puertos de red que se va a emplear durante la ejecución del contrato, y de cara a mantener puertos de red disponibles, el Contratista suministrará una serie de conmutadores de red. El Contratista ofertará el siguiente equipamiento, que es el homologado en cuanto a fabricante y modelo, para la infraestructura de red existente en L8 :

- CISCO CATALYST 9300-24P
- HP ARUBA 2930F-24G-PoE+-4SFP JL261A

Estos equipos, al menos cumplirán con las siguientes características técnicas:

➤ CISCO CATALYST 9300-24P

- Deberá disponer de al menos 24 puertos Gigabit Ethernet para conexión a dispositivos finales y 4 puertos ópticos adicionales basados en SFP para concentrar conexiones en fibra con otros conmutadores de estación.
- El equipo deberá disponer de al menos 24 puertos 1000BaseT PoE+ (IEEE 802.3at).
- El equipo debe tener fuente de alimentación 230 VAC.
- Todos los interfaces del equipo deben soportar Jumbo Frames por encima de los 9000 Bytes.
- Deberá soportar las siguientes características de nivel 2:
 - El equipo debe soportar al menos 32000 MAC.
 - El equipo debe soportar al menos 4094 VLAN simultáneas.
 - El equipo debe soportar LACP (IEEE 802.1ax).

- El equipo debe soportar los protocolos de Spanning Tree (IEEE 802.1s y IEEE802.1w).
- El equipo debe soportar Private VLAN.
- En cuanto a funcionalidades de QoS (Quality of Service), deberá contemplar:
 - Particularización de políticas QoS por puerto.
 - Soporte de colas por Puerto.
 - Encolamiento por prioridad estricta.
 - Soporte DSCP (IP Differentiated Service Code Point).
 - Clasificación y marcado de acuerdo a:
 - Campo ToS (Type of Service) de la cabecera IP.
 - Cabeceras de nivel 3 y 4.
- **HP ARUBA 2930F-24G-PoE+-4SFP JL261A**
 - Deberá disponer de al menos 24 puertos Gigabit Ethernet para conexión a dispositivos finales y 4 puertos ópticos adicionales basados en SFP para concentrar conexiones en fibra con otros conmutadores de estación.
 - El equipo deberá disponer de al menos 24 puertos 1000BaseT PoE+ (IEEE 802.3at).
 - Todos los interfaces del equipo deben soportar Jumbo Frames por encima de los 9000 Bytes.
 - Deberá soportar las siguientes características de nivel 2:
 - El equipo debe soportar al menos 2000 VLAN simultáneas.
 - El equipo debe soportar LACP (IEEE 802.1ax).
 - El equipo debe soportar los protocolos de Spanning Tree (IEEE 802.1s y IEEE802.1w).

El equipo debe soportar Private VLAN.

6.2.7 Suministro de Licencias

El Contratista suministrará dentro de este proyecto, todas las licencias necesarias para mantener las funciones descritas en el presente documento, durante al menos cinco años desde la fecha de la recepción de los trabajos.

Dentro del suministro de Licencias, se considerará incluido el mantenimiento de las mismas. Durante este periodo, Metro de Madrid tendrá derecho a las actualizaciones publicadas por los fabricantes tanto para corrección de errores y/o problemas de seguridad, como acceso a las nuevas funcionalidades publicadas.

Las licencias a suministrar, serán propiedad de Metro de Madrid y se podrán reutilizar en el caso de cambio de algún elemento hardware, independientemente del motivo que ocasione este cambio, siendo reutilizables con los nuevos equipos instalados.

El período de validez de estas licencias será perpetuo, esto quiere decir que Metro de Madrid no realizará ningún pago para poder utilizar las licencias suministradas, una vez finalizado el periodo de mantenimiento de las mismas.

6.2.8 Características Técnicas Generales para todos los Elementos

Las siguientes características técnicas se aplicarán a elementos incluidos en el presente pliego.

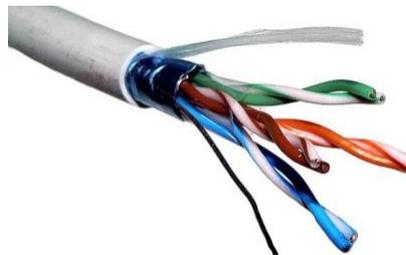
Características Técnicas para Cableado

De forma general cualquier cable instalado en Metro de Madrid, deberán cumplir con:

- Deberán mantener sus características eléctricas y mecánicas entre los -30 °C y +60 °C.
- No deben ser afectados por las siguientes impurezas: Polvo de hierro, cobre, carbón, aceite, vapor de aceite, lubricantes y ozono.
- No serán propagadores de incendio y cumplirán la norma UNE 20.432 Parte3 o equivalente, Categoría C.
- Emisión despreciable de halógenos en caso de incendio y cumplirá la norma UNE 21147.1 o equivalente(IEC-754.1).
- Los gases desprendidos en la combustión de los cables en caso de incendio no serán tóxicos para las personas y animales y cumplirán las normas NFC-20454, RATP K-20 CEI 20-37 p.2 y UNE 21.174 o equivalentes. El índice de toxicidad exigido será < 5.
- Los gases desprendidos de la combustión de los cables en caso de incendio no serán corrosivos para las conexiones metálicas y cumplirán las normas IEC-754.2 y NFC-20.453 o equivalentes, siendo los valores exigibles los siguientes: PH > 4.3 y conductividad c < 10 mS/mm
- Los humos desprendidos en la combustión de los cables en caso de incendio no serán opacos, permitiendo la evacuación de personas y los trabajos de extinción de incendios. Cumplirán las normas UNE 21.172.1 (IEC-1034.1), UNE 21.172.2 (IEC-1034.2), BS-6724, CEI-20-37 PIII, NES-711, RATP-K-20 y ASTM-E-662-79 o equivalentes. La transmisión luminosa será > 60%.
- Los cables deberán mantener sus características eléctricas y mecánicas entre los -30 °C y + 60 °C.
- No deben ser afectados por las siguientes impurezas: Polvo de hierro, cobre, carbón, aceite, vapor de aceite, lubricantes y ozono.
- Todos los cables eléctricos a instalar en el presente proyecto deberán venir certificados de acuerdo al CPR (Construction Products Regulation), con una clase mínima Cca-s1b,d1,a1.
- Todos los cables de comunicaciones a instalar en el presente proyecto deberán venir certificados de acuerdo al CPR (Construction Products Regulation), con una clase mínima Cca-s1b, d2, a2.
- Todos los cables deberán llevar impreso con tinta indeleble: Año de fabricación, nombre del fabricante, tipo de cable, código del cable del fabricante y metraje.

El cableado de red a instalar será de 4 pares, de cobre trenzado, UTP y de Categoría 6A

Los cables UTP con 4 pares trenzados, están constituidos por conductores de cobre sólido de calibre 24 AWG, individualmente aislados por una cubierta termoplástica y eléctrica.



Interior de cable UTP con 4 pares trenzados

| Características Cable 4 pares trenzados UTP |
|---|
| Cable UTP de 100 Ω. |
| Conductores: 4 x 2 x AWG 23 |
| Categorías 6A de acuerdo a IEC 11801 edición 2.0, EN 50173-1 y EIA/TIA 568 B2.10 o equivalentes |
| Utilización en aplicaciones de hasta 600 MHz, ISO / IEC Clase E+. |
| Cubierta libre de halógenos (LSHF). |

Características del cable 4 pares trenzados UTP

El instalador deberá presentar al final de los trabajos la certificación correspondiente al cableado estructurado.

Información contenida en las marcas en cubierta:

- Metraje a intervalos de 1 m, con un error no mayor del $\pm 1\%$ y en tinta blanca.
- Identificación de cable y fabricante cada metro, marcado en relieve e incluyendo año de fabricación.

Prescripciones Generales para el Etiquetado de todos los Elementos

Con el objetivo de facilitar la diagnosis de futuras averías del sistema, todos los cableados se deberán rotular siguiendo las siguientes prescripciones mínimas:

Se etiquetarán en los dos extremos, mediante etiquetas adecuadas para la sección del cable, indicando el origen y el destino del mismo.



Ejemplos de etiquetas para cables

Estas etiquetas serán perfectamente legibles, preferiblemente no se realizarán de manera manuscrita.

El etiquetado será indeleble y perdurable en el tiempo.

Las protecciones se rotularán mediante etiquetado indeleble, en el cual se indiquen los equipos o elementos que quedan protegidos por estos elementos.



Ejemplo de etiquetado de cuadro eléctrico

6.3. Fase de instalación, Pruebas y Puesta en Servicio

El Instalador deberá hacer, a su cargo, todos aquellos trabajos necesarios para la consecución de las autorizaciones, legalizaciones y perfecto acabado de las instalaciones, incluida su decoración y remates:

- Revestimientos interiores y exteriores, incluyendo materiales, albañilería, remates, etc.
- Trabajos de remates complementarios una vez finalizado el montaje de la instalación, de sus accesorios.

Una vez terminado el despliegue y dado de alta los diferentes Puntos de Acceso en su correspondiente controladora y sistema de gestión, se comprobará la correcta operación del

sistema y se actualizará la documentación, indicando todas las características de las nuevas instalaciones, documentación as-built, niveles de campo obtenido etc.

7. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TRABAJOS

7.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TRABAJOS

El Contratista, una vez finalizados los trabajos, presentará la documentación final de instalación en la que se contemplarán todos los trabajos realizados, en la que se presenten las especificaciones, configuraciones realizadas, licencias software involucradas, etc. Debe quedar debidamente documentado incluyendo planos y fotografías de los equipos afectados, estudios de cobertura, etc.

El Contratista propondrá un plan de pruebas para la puesta en servicio, así como las oportunas pruebas funcionales que garanticen el correcto funcionamiento de la infraestructura.

7.2. Horarios y limitaciones en los trabajos de instalación

Los trabajos en una zona sin servicio no se verán afectados por limitación de horario, sin embargo, en los trabajos a efectuar en los tramos en explotación, el Contratista tendrá que realizar necesariamente los trabajos teniendo en cuenta lo siguiente:

Trabajos en túnel:

Normalmente se autoriza el posible paso al túnel alrededor de las 2:30 h. de la madrugada, y una hora antes de abrir servicio debe retirarse todo el personal que pueda estar trabajando en el túnel, permitiendo así el movimiento inicial de las unidades de tren para situarse en su punto de partida y poder comenzar el servicio sin demora alguna. A todos los efectos se considerará un tiempo diario disponible de 2 horas y 30 minutos.

Trabajos en estación:

Los trabajos de instalación dentro de las estaciones pueden preverse que se realicen desde las 2 h. de la madrugada hasta las 6 h. de la mañana, con un período disponible de 4 h.

Los trabajos dentro de los cuartos o en zonas que no interfieran al público podrán realizarse en jornada normal de 8 horas incluso en horario diurno, siempre que no afecten a los servicios que se encuentran en explotación.

El horario de apertura al público es actualmente desde las 6:00 h. de la mañana hasta la 1:30 h. de la madrugada, comprendiendo la circulación de trenes un período lógicamente mayor.

Trabajos en CPD:

Los trabajos dentro de los CPD, siempre que no afecten a los servicios de explotación, podrán realizarse en jornadas normales de 8 horas, incluso en horario diurno.

En caso de que dichos trabajos puedan afectar a algún servicio, deberá preverse que el horario estará limitado desde las 2 h hasta las 5:30 h de la mañana, excepto en caso en que el servicio afectado sea el de circulación de trenes, en cuyo caso el horario estará limitado a 2,5 horas (de 2:30 a 5:00 h).

Solicitud de trabajos:

Todos los trabajos que afecten a algún servicio de explotación deberán ser programados y autorizados explícitamente por Metro de Madrid.

El Contratista solicitará por escrito la programación de los trabajos, debiendo ser programados con el tiempo de antelación que se indique.

Por razones del Servicio de Mantenimiento, y otras causas, se podrán suspender trabajos programados, o bien acortar los períodos disponibles, no admitiéndose reclamación alguna por parte del Contratista.

8. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN DEL CONTRATO

Los trabajos objeto del contrato se llevarán a efecto mediante la plena observancia y cumplimiento de todas las disposiciones legales vigentes, actuales y futuras, que afecten a dichos trabajos, ya se trate de leyes, reglamentos, ordenanzas, instrucciones o normas de cualquier otro rango que resulten obligatorias, ya sean de ámbito comunitario, nacional, autonómico o local.

El Contratista está obligado al cumplimiento de todas las instrucciones o normas promulgadas por la Administración, que sean de aplicación para los trabajos solicitados.

En caso de discrepancias entre las normas anteriores y salvo manifestación expresa en contra, se entenderá válida la prescripción más restrictiva.

Cuando en algunas disposiciones legales se haga referencia a otra que haya sido modificada o derogada, se entenderá que dicha modificación o derogación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

9. REQUISITOS DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

Los trabajos desarrollados dentro de este PPT deberán cumplir los requisitos legales en materia de prevención de riesgos laborales según lo establecido por Metro de Madrid en su Sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales dentro de su Proceso referente a “Coordinación de Actividades Empresariales”.

9.1. Requisitos de seguridad y salud.

El Contratista, como responsable de las condiciones de trabajo de su personal, estará directamente obligado a cumplir cuantas disposiciones, presentes o futuras, estuvieren vigentes en materia laboral, de seguridad social, de prevención de riesgos laborales y de medio ambiente, debiendo adoptar las medidas necesarias para asegurar la indemnidad, integridad y salubridad de la personas, así como prevenir cualquier tipo de accidentes que pudieran producirse con ocasión del cumplimiento del Servicio, sean cuales fueren las causas de los mismos.

Esto se entenderá, referido, en su caso también, a todo el personal subcontratado a través de otras empresas, así como a los trabajadores autónomos y procedentes de ETT que se contraten para determinados servicios asociados al mantenimiento objeto de este Pliego.

El Contratista dispondrá de los técnicos titulados cualificados en prevención que al respecto fueran precisos, arbitrando a pie de los trabajos todas las medidas obligatorias al respecto.

El Contratista queda obligado a observar y hacer cumplir a todo su personal las normas de seguridad y salud en el trabajo que establezca la legislación, normativas vigentes, así como los procedimientos que en materia de prevención laboral establezca Metro de Madrid para sus propios trabajadores, conforme a la correspondiente documentación, preexistente o sobrevenida, que, a tal efecto, reciba de Metro de Madrid. En caso de observar alguna

discrepancia o incompatibilidad entre las normas y procedimientos de prevención de riesgos de aplicación y elaboración propia, respecto a los indicados por Metro de Madrid como referencia en actividades de idéntica naturaleza, habrá de ser puesto de manifiesto para su análisis, discusión y resolución necesaria.

Especialmente:

- A) En materia de prevención laboral establecerá las medidas pertinentes relacionadas con la seguridad de las personas (usuarios y trabajadores).
- B) Muy especialmente, todos los trabajos que se realicen en locales, armarios de maniobra y otros cofres con componentes con riesgo eléctrico, se efectuarán dejando sin tensión los elementos próximos que pudieran ser objeto de riesgo y cuyo contacto fortuito pudiera dar lugar a accidentes.
- C) Se utilizarán equipos de protección personal (EPI) adecuados y herramientas especiales.
- D) Se llevarán a cabo las diferentes reuniones que con carácter obligatorio y como coordinación de actividades empresariales marca la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

10. PERÍODO DE GARANTÍA

El plazo de garantía de la instalación será de 2 años, salvo que la garantía del suministrador del bien o equipo especifique un período mayor, en cuyo caso prevalecerá la del suministrador. Comenzará a contar desde que se haga efectiva la recepción del material en las instalaciones de Metro de Madrid.

Esta garantía incluirá la reposición in-situ por avería de cualquier equipo o elemento suministrado en este proyecto, el soporte técnico y los siguientes alcances:

- El Contratista se encargará de la gestión de las incidencias con el fabricante, es decir, tramitará durante el periodo de garantía la incidencia mediante el mecanismo que determine el fabricante. Metro de Madrid no utilizará ninguna herramienta de terceros para la gestión de incidencias.
- Recepción de incidencias, gestionado a través de correo electrónico, con opción de comunicación telefónica, en horario de 08:00 a 14:00 horas, de lunes a viernes no festivos.
- El contratista debe hacerse cargo de la recogida del material averiado y su entrega, una vez reparado, sin cargo adicional para Metro de Madrid. Tanto la recogida como la entrega se realizará en las oficinas que Metro de Madrid disponga, en horario de 08:00 a 14:00 horas, de lunes a viernes no festivos.

El plazo máximo de reparación del dispositivo averiado por incidencia incluida en garantía será de 15 días naturales desde que Metro de Madrid comunica la incidencia hasta la recepción del dispositivo reparado.

Durante el plazo de garantía y salvo para las “Exclusiones a la garantía” descritas en un apartado posterior, el Contratista garantizará que los equipos suministrados estarán libres de defectos que puedan afectar al uso que para el cual hayan sido proyectados.

Por tanto, durante el periodo de garantía, Metro de Madrid tendrá derecho a:

- La reparación totalmente gratuita por el Contratista, de los vicios o defectos que se manifestasen durante el uso normal de los nuevos equipos, debiendo el Contratista asumir

todos los costes directos de tal reparación, incluyendo los costes de materiales, mano de obra, recogida y entrega, embalaje y envío, programación y configuración.

- En el caso de que, a criterio del Contratista, la reparación no fuese posible, y los equipos objeto de la garantía no presentasen las condiciones óptimas, Metro de Madrid tendrá derecho a la sustitución de elementos defectuosos por otros de características idénticas o superiores, incluyendo los costes de instalación, configuración y parametrización para su puesta en explotación.

El Contratista estará sujeto a las siguientes obligaciones:

- Almacenar, guardar, custodiar y controlar los materiales para atender a la garantía. Asimismo, la organización y buen orden de los mismos será tal que aseguren su conservación, funcionalidad, localización e inmediata utilización.
- Disponer de las herramientas e instrumentación necesarias.
- Entregar la información de cada una de las actuaciones realizadas con el grado de detalle indicado por Metro de Madrid, en el soporte y formato facilitado por la misma.
- Aclarar a Metro de Madrid cualquier duda que surgiese sobre la documentación técnica y/o sobre los elementos bajo el alcance de la garantía.
- Indicar a Metro de Madrid las mejoras que se pudiesen plantear en los procesos de mantenimiento y/o de uso de los equipos suministrados por el Contratista; así como informar a Metro de Madrid de cualquier uso y/o mantenimiento indebido que fuesen detectados y que pudiesen dar lugar a exclusiones a la garantía detalladas en un apartado posterior.

10.1. Seguimiento Durante el Plazo de Garantía

El Contratista deberá proporcionar el MTBF (tasa media de tiempo entre fallos medida en horas) de sus equipos. Este dato será utilizado como parámetro de seguimiento durante el plazo de garantía. Se empezará a contabilizar pasado un mes de la Recepción y puesta en marcha, para no computar el periodo de mortandad infantil.

Del total de equipos recepcionados se descontarán aquellos paralizados por causas no imputables al Contratista y entre cuyos motivos habituales están, orientativamente, los siguientes:

- Incorporación de nuevos equipos ajenos al Contratista.
- Formación profesional.
- Mal uso, trato indebido o vandalismo.
- Cualquier otra paralización de naturaleza semejante, no imputable al Contratista.

Durante el período de garantía se realizará un seguimiento de la fiabilidad del sistema. Si durante este plazo de garantía no se consigue alcanzar este parámetro de calidad, ésta se prolongará según se especifica en el apartado "Ampliación de la garantía". Se realizará por parte del Contratista un estudio mensual sobre la fiabilidad del sistema que afectará a todos los equipos instalados y superado por tanto el periodo de mortandad infantil.

Si algún mes no se cumplen las ratios de calidad, el Contratista se obliga contractualmente a informar por escrito a Metro de Madrid sobre las causas de su incumplimiento y las medidas correctoras que debe tomar.

Si un equipo concreto presenta un número anormal de averías, se podrá eliminar del cómputo general si Metro de Madrid lo acepta, para evitar desviaciones que no caractericen el funcionamiento real del sistema. Será sustituido por otro nuevo y comenzará su plazo de garantía.

10.2. Ampliación de la Garantía

El período de garantía será aumentado en periodos de seis meses hasta que se consigan los datos de fiabilidad ofertados, computándose los seis meses últimos antes de la fecha de finalización de garantía o los seis últimos meses de ampliación de dicha garantía.

10.3. Exclusiones a la Garantía

Se definen las exclusiones a la garantía como aquellos daños, fallos o defectos en el funcionamiento de las instalaciones en que la necesidad de mantenimiento correctivo resulta de una o varias de las causas siguientes, no imputables al Contratista:

- Razones de fuerza mayor, tales como inundaciones, incendio, vandalismo, amotinamiento, huracanes o inclemencias climatológicas extremas, etc.
- Mal uso o mala conservación por parte de Metro de Madrid.

11. OBLIGATORIEDAD SUBSIDIARIA DEL CONTRATISTA ANTE LOS PERJUICIOS OCASIONADOS A TERCEROS

Con independencia de las posibles penalidades establecidas en el Pliego de Condiciones Particulares para la Contratación, si durante el desarrollo de los trabajos y por causas imputables al contratista se produjera un perjuicio a terceros, el Contratista se hará cargo de todos los costes y penalidades derivados del mismo sin repercusión alguna para Metro de Madrid. Esto se aplica tanto a cualquier afección que una mala ejecución de los trabajos descritas en el presente PPT pudiera ocasionar a otras instalaciones sean o no propiedad de Metro de Madrid, como al perjuicio causado por el retraso en la ejecución de las mismas, que pueda suponer la pérdida parcial o total de los servicios prestados por dicha instalación a terceros. Todo ello siempre y cuando las causas sean imputables al contratista.