

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 1 de 24

## INSTRUCCIÓN TÉCNICA

# INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b> <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE</b> <b>PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 2 de 24

## CONTROL DE MODIFICACIONES

REVISIÓN	FECHA	APDO. MODIFICADO	DESCRIPCIÓN DE LAS MODIFICACIONES
1.0	31/10/2008		Creación del documento
2.0	15/11/2008	Todos	
3.0	01/03/2010	2.5	Características de los conectores
3.0	01/03/2010	2.6	Eliminación del apartado de descargadores
3.0	01/03/2010	3.2	Instalación CR en andén
3.0	29/04/2010	2.4	Características del combinador multisistema
4.0	18/03/2015	3.2	Modificación de altura de instalación de cable radiante.

REALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Fdo.: Isabel Santín DNE: 16366     Fdo.: Javier González DNE: 15870 Fecha: 15/11/2008	Fdo.: Miguel Ángel Gómez DNE: 5590 Fecha: 19/11/2008	Fdo.: Enrique Pérez DNE: 8232     Fdo.: Adolfo García DNE: 4411 Fecha: 20/11/2008

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b> <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE</b> <b>PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 3 de 24

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
1.1	RADIOTELEFONÍA ANALÓGICA DE TRENES VHF (RTT) .....	4
1.2	RADIOTELEFONÍA DIGITAL TETRA .....	5
1.3	RADIOTELEFONÍA ANALÓGICA DE ESTACIONES UHF .....	5
1.4	TEBATREN .....	6
<b>2</b>	<b>ELEMENTOS DEL SISTEMA RADIANTE.....</b>	<b>7</b>
2.1	CABLE COAXIAL CERRADO .....	7
2.2	CABLE COAXIAL RADIANTE DE TÚNEL .....	8
2.3	CABLE COAXIAL RADIANTE DE ESTACIÓN .....	10
2.4	COMBINADORES.....	11
2.5	CONECTORES .....	15
<b>3</b>	<b>INSTALACIÓN EN TÚNEL .....</b>	<b>16</b>
3.1	ALCANCE .....	16
3.2	INSTALACIÓN DEL SISTEMA RADIANTE DE TÚNEL.....	16
<b>4</b>	<b>INSTALACIÓN A LA INTEMPERIE.....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>INSTALACIÓN EN ESTACIÓN .....</b>	<b>22</b>
5.1	ALCANCE .....	22
5.2	INSTALACIÓN DEL SISTEMA RADIANTE DE ESTACIÓN .....	22
<b>6</b>	<b>VERIFICACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>23</b>

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 4 de 24

## 1 INTRODUCCIÓN

Esta instrucción técnica establece el procedimiento de instalación de cable radiante en Metro de Madrid, ya sea de túnel o de estación, así como los elementos involucrados en dicho proceso. Esta infraestructura tiene como objetivo proporcionar cobertura radioeléctrica para los sistemas inalámbricos mediante los que se establecen comunicaciones móviles en túneles y estaciones:

### 1.1 RADIOTELEFONÍA ANALÓGICA DE TRENES VHF (RTT)

Es un sistema privado de comunicaciones analógicas vía radio que permite que los mensajes emitidos por el operador del Puesto Central sean escuchados por todos los conductores de la línea.

Fue el primer sistema que prestó el servicio de radiotelefonía de trenes y funciona como infraestructura exclusiva en las líneas en las que el sistema digital TETRA no se ha desplegado y como sistema de respaldo en aquellas que cuentan con TETRA, proporcionando servicio en las zonas en que la cobertura del sistema digital no esté disponible o para aquellos vehículos o agentes que no dispongan de terminales digitales.

El sistema, que es independiente para cada línea, está formado por un Puesto Central que está conectado a una red de bases distribuidas a lo largo de diferentes estaciones de Metro. Las bases se comunican vía radio con los equipos de radio instalados en los trenes, a través de un sistema de cable radiante, desplegado a lo largo de los túneles.

La tecnología en la que se basa consiste en una arquitectura isofrecuencia, en la que todas las bases transmiten y reciben en el mismo canal bidireccional. Obliga a que el cable radiante tendido en el túnel no sea continuo. Es necesario establecer una interrupción entre el tramo cubierto por una base y el cubierto por la siguiente para conseguir evitar las posibles interferencias que pudieran surgir como consecuencia de la mezcla (o batido) de señales cuyas portadoras están ligeramente desplazadas del valor nominal de frecuencia. Esta deriva se debe a la tolerancia intrínseca de los circuitos de radiofrecuencia asociados a este tipo de aplicaciones.

La señal se radia a lo largo de los túneles y andenes, es decir, en la infraestructura radiante de túnel.

Trabaja en la banda comprendida entre 168 y 174 MHz.

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 5 de 24

## 1.2 RADIOTELEFONÍA DIGITAL TETRA

TETRA (TErrestrial Trunked Radio) es un sistema digital de radiocomunicaciones móviles privadas que posibilita la comunicación del Puesto Central con los conductores de los trenes y el personal de circulación, estaciones y seguridad. TETRA permite realizar comunicaciones de voz y datos. Está pensado para aplicaciones profesionales, entre las que se encuentran los servicios de seguridad, de emergencia, de distribución (agua, electricidad o gas), el transporte público, etc.

La red está compuesta por dos conmutadores situados en el Puesto Central y en el TICS de Puerta del Sur y una subred de acceso radio, conectada a los conmutadores y constituida por un conjunto de bases radio que se emplazan en los Cuartos de Comunicaciones de las estaciones y recintos.

Dado que es un sistema de cobertura global en Metro de Madrid, debe haber cobertura TETRA en los túneles y en las dependencias de las estaciones, por lo que su señal se inyecta tanto en el sistema radiante de túnel como en el de estación.

Las frecuencias de esta red pertenecen al rango de 380 a 393 MHz.

## 1.3 RADIOTELEFONÍA ANALÓGICA DE ESTACIONES UHF

El sistema de Radiotelefonía analógica de Estaciones y Seguridad es un sistema privado de comunicaciones analógicas vía radio en la banda UHF que presta los servicios de Radiotelefonía de Estaciones y Radiotelefonía de Seguridad.

Estos servicios permiten que el personal de la operativa (jefes de sector, jefes de vestíbulo, supervisores comerciales, jefes de línea, técnicos de línea, coordinadores, etc.) y el personal de seguridad puedan establecer comunicaciones entre ellos o con el Puesto Central de Estaciones o Seguridad, haciendo uso de un terminal radio portátil.

El sistema UHF está operativo en las líneas en las que TETRA aún no ha sido instalado. Fue el sistema que se desarrolló inicialmente y está siendo paulatinamente sustituido a medida que el sistema TETRA se está desplegando.

Su señal debe ser propagada mediante el sistema radiante de estación.

La sub-banda de trabajo de este sistema es 451 – 462 MHz.

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 6 de 24

## 1.4 TEBATREN

El sistema de TEBATREN (Transmisión Tren-Tierra Bidireccional de Banda Ancha) establece con los trenes una comunicación digital de banda ancha, mediante la extensión hasta estos de la red IP multiservicio de Metro de Madrid. Consiste, básicamente, en el traslado a la banda de 700 MHz de una transmisión WiFi estándar.

Se emplea actualmente en el transporte de, entre otras, estas aplicaciones:

- Visualización desde los Puestos de Seguridad de las imágenes captadas por las cámaras del interior de los trenes.
- Visualización en el monitor del conductor de las imágenes de las cámaras de andén de la estación hacia la que se aproxima el tren.
- Telecarga en los trenes de contenidos destinados al servicio de video-entretenimiento.
- Comunicación con servidores remotos de datos relativos a la operativa conductor / tren.

Funciona entre 650 y 750 MHz.

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 7 de 24

## 2 ELEMENTOS DEL SISTEMA RADIANTE

Los elementos que típicamente integran el sistema radiante son:

- Cable coaxial cerrado
- Cable coaxial radiante
- Antenas
- Divisores de potencia
- Combinadores
- Acopladores
- Conectores
- Cargas terminales
- Descargadores

### 2.1 CABLE COAXIAL CERRADO

Se indican a continuación las especificaciones técnicas mínimas del cable coaxial cerrado que se empleará en la infraestructura de los sistemas radiante de túnel y estación:

Tamaño nominal	½"	7/8"
Diámetro del conductor	4,8 mm	9,3 mm
Diámetro exterior	14 mm	25,2 mm
Atenuación longitudinal (150 MHz)	≤ 2,7 dB/100 m	≤ 1,45 dB/100 m
Atenuación longitudinal (400 MHz)	≤ 4,5 dB/100 m	≤ 2,40 dB/100 m
Atenuación longitudinal (700 MHz)	≤ 6 dB/100 m	≤ 3,10 dB/100 m
Velocidad	> 89 %	
Impedancia aproximada	50 Ω	
Cubierta libre de halógenos, no corrosiva, de llama retardada y baja emisión de humos, de acuerdo a las normativas:	<ul style="list-style-type: none"><li>• No difusión de la llama: UNE-EN 60332-2, IEC 60332-1</li><li>• No propagación de incendio: UNE-EN 50266, IEC 60332-3</li><li>• Baja opacidad de los humos emitidos: UNE-EN 61304-2, IEC 61034</li><li>• Baja emisión de humos tóxicos o corrosivos: UNE-EN 50267-2-2/2-3, IEC 60754-1-2</li><li>• Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1, IEC 60754-1</li></ul>	
Resistente a las radiaciones que pudieran provocar la degradación de sus propiedades, entre ellas, la ultravioleta.		

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 8 de 24

La elección entre el cable de 1/2" o de 7/8" dependerá de la distancia que el cable deba recorrer y, por tanto, de la atenuación máxima permisible.

Cualquier variación en estas características mínimas deberá ser previamente aprobada por Metro de Madrid.

El instalador entregará a Metro Madrid el documento de certificación de características de cada bobina de cable, en el que se detallen las pruebas y las verificaciones realizadas en laboratorio por el fabricante.

## 2.2 CABLE COAXIAL RADIANTE DE TÚNEL

El cable coaxial radiante será el elemento propagador fundamental de las señales de voz y datos, garantizando su transmisión y recepción en todo el ámbito de los túneles.

El conductor interior del cable estará formado por tubo de cobre electrolítico recocido, blando, limpio y brillante, exento totalmente de escamas, grietas, inclusiones y cualquier otro defecto.

El conductor exterior estará constituido por una cinta de cobre con aberturas, que permitan la radiación exterior de la señal radioeléctrica conducida o la captación de señales exteriores.

En medio de ambos conductores irá el dieléctrico, constituido por una capa aislante continua con las debidas proporciones de anti-oxidante, para asegurar la más favorable resistencia al envejecimiento.



 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 9 de 24

Éstas serán sus especificaciones técnicas mínimas:

Tamaño nominal	1-1/4"
Diámetro del conductor	13 mm
Diámetro exterior aproximado	38 mm
Atenuación longitudinal (150 MHz)	≤ 1,10 dB/100 m
Atenuación longitudinal (450 MHz)	≤ 2 dB/100 m
Atenuación longitudinal (700 MHz)	≤ 2,5 dB/100 m
Pérdidas acoplamiento (150 MHz)	≤ 62 dB (50 %), 80 dB (95 %)
Pérdidas acoplamiento (450 MHz)	≤ 65 dB (50 %), 74 dB (95 %)
Pérdidas acoplamiento (700 MHz)	≤ 67 dB (50 %), 74 dB (95 %)
Velocidad	> 88 %
Impedancia aproximada	50 Ω
Radio mínimo	500 mm
Cubierta libre de halógenos, no corrosiva, de llama retardada y baja emisión de humos, de acuerdo a las normativas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No difusión de la llama: UNE-EN 60332-2, IEC 60332-1</li> <li>• No propagación de incendio: UNE-EN 50266, IEC 60332-3</li> <li>• Baja opacidad de los humos emitidos: UNE-EN 61304-2, IEC 61034</li> <li>• Baja emisión de humos tóxicos o corrosivos: UNE-EN 50267-2-2/2-3, IEC 60754-1-2</li> <li>• Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1, IEC 60754-1</li> </ul>
Resistente a las radiaciones que pudieran provocar la degradación de sus propiedades, entre ellas, la ultravioleta.	

Metro de Madrid deberá aprobar las solicitudes de modificación de estas características mínimas.

El instalador entregará a Metro Madrid el documento de certificación de características de cada bobina de cable, en el que se detallen las pruebas y las verificaciones realizadas en laboratorio por el fabricante.

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 10 de 24

## 2.3 CABLE COAXIAL RADIANTE DE ESTACIÓN

Las especificaciones mínimas del cable radiante de estación serán:

Tamaño nominal	1/2"
Diámetro del conductor	4,5 mm
Diámetro exterior aproximado	15 mm
Atenuación longitudinal (150 MHz)	≤ 2,85 dB/100 m
Atenuación longitudinal (450 MHz)	≤ 5,15 dB/100 m
Pérdidas acoplamiento (150 MHz)	≤ 67 dB (50 %), 79 dB (95 %)
Pérdidas acoplamiento (450 MHz)	≤ 72 dB (50 %), 84 dB (95 %)
Velocidad	> 88 %
Impedancia aproximada	50 Ω
Radio mínimo	200 mm
Cubierta libre de halógenos, no corrosiva, de llama retardada y baja emisión de humos, de acuerdo a las normativas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No difusión de la llama: UNE-EN 60332-2, IEC 60332-1</li> <li>• No propagación de incendio: UNE-EN 50266, IEC 60332-3</li> <li>• Baja opacidad de los humos emitidos: UNE-EN 61304-2, IEC 61034</li> <li>• Baja emisión de humos tóxicos o corrosivos: UNE-EN 50267-2-2/2-3, IEC 60754-1-2</li> <li>• Libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1, IEC 60754-1</li> </ul>
Resistente a las radiaciones que pudiera provocar la degradación de sus propiedades, entre ellas, la ultravioleta.	

La cubierta del cable llevará impresas marcas indicando la posición exacta de las ventanas por donde se produce la radiación. La distancia entre dichas ventanas es aproximadamente de 20 m.

Los cambios en las características mínimas del cable deberán ser previamente consensuados con Metro de Madrid.

El instalador entregará a Metro Madrid el documento de certificación de características de cada bobina de cable, en el que se detallen las pruebas y las verificaciones realizadas en laboratorio por el fabricante.

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 11 de 24

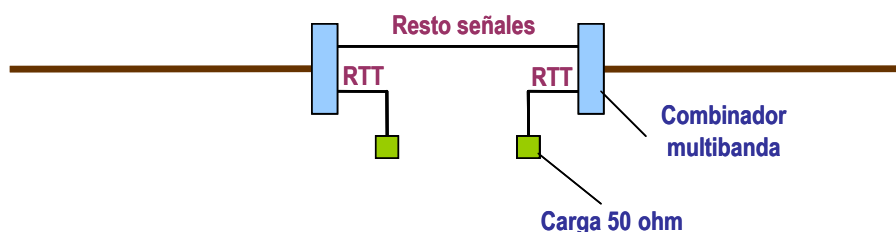
## 2.4 COMBINADORES

Atendiendo al lugar de instalación, se distinguen dos tipos de combinadores:

### 2.4.1 Combinadores de túnel o derivadores de banda

Estos componentes tienen dos funciones en la instalación del cable radiante de túnel:

- **Combinadores de doble banda** (VHF y resto de la banda, hasta aproximadamente 1 GHz). Se emplearán en los puntos de frontera entre los tramos de cable radiante cubiertos por dos bases de VHF consecutivas, colocando una pareja de elementos combinadores de frecuencias que permitirá dar continuidad a las frecuencias superiores a VHF y terminar en carga la frecuencia de VHF, de forma que exista un tramo de una longitud aproximada de 80 m en el que no se inyectará señal de VHF en el cable radiante, evitando así posible batidos por combinación de la señal de dos bases consecutivas. Las frecuencias de paso no deberán sufrir una atenuación significativa, no influyendo, por tanto, en la cobertura total del túnel a dichas frecuencias.



Las especificaciones mínimas que debe cumplir este elemento son:

PARÁMETRO	BOCA / SISTEMA	VALOR
<b>Banda de trabajo</b>	Boca RTT + TETRA + TEBATREN	150 MHz – 1 GHz
	Boca TETRA + TEBATREN	380 MHz – 1 GHz
<b>Pérdidas de inserción</b>	Sistema RTT	> 40 dB
	Sistemas TETRA, TEBATREN	< 1 dB
<b>ROE</b>	Todas (excepto RTT en boca TETRA + TEBATREN)	< 1,5
<b>Potencia máxima admisible</b>	Todas	75 W
<b>Conectores</b>	Todos	N (H)

En el túnel, deberá montarse en un caja estanca con una protección mínima de índice IP55. En el interior de la caja, el mecanizado y fijado del elemento de RF

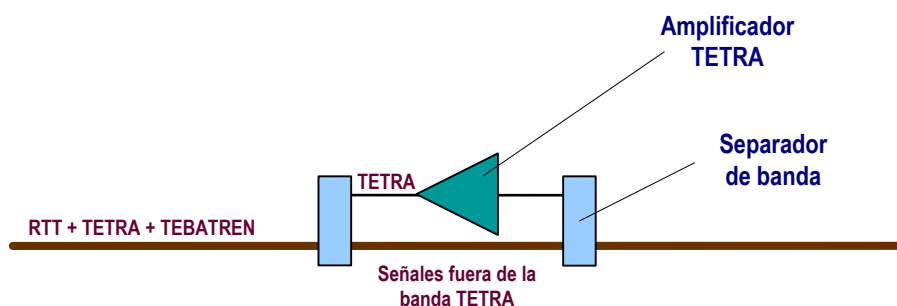
 Metro de Madrid, S.A.	<p style="text-align: center;"><b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b></p>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 12 de 24

se hará de forma que, en caso de avería, sea posible extraerlo sin tener que retirar la caja estanca del paramento del túnel, es decir, se integrará en la caja un anclaje al que se amarre el elemento, sin emplear fijaciones que lo sujeten a la parte trasera de la caja.

Las bocas del combinador quedarán convenientemente etiquetadas, asegurando la resistencia al entorno del rotulado o serigrafiado empleado. El texto que deberán contener estos rótulos será:

BOCA	RÓTULO
TETRA + TEBATREN	Zona sombra RTT
RTT + TETRA + TEBATREN	RTT + TETRA + TEBATREN

- **Separadores de bandas.** En los puntos intermedios de túnel en los que sea necesario añadir un elemento activo con el fin de amplificar una de las bandas que se propagan por el cable radiante, se instalarán estos elementos con el fin de que los filtros de los elementos activos no impidan el paso de las bandas que se propagan por el medio radiante: uno para las frecuencias destinadas a ser amplificadas y otro para las demás.



 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 13 de 24

Las especificaciones mínimas que debe cumplir este elemento, cuando su finalidad es separar la banda TETRA, son:

PARÁMETRO	BOCA / SISTEMA	VALOR
<b>Banda de trabajo</b>	Boca RTT + TETRA + TEBATREN	150 MHz – 1 GHz
	Boca RTT + TEBATREN	150 MHz – 380 MHz 395 MHz – 1 GHz
	Boca TETRA	380 MHz – 395 MHz
<b>Pérdidas de inserción</b>	Todas	< 1 dB
<b>ROE</b>	Todas	< 1,5
<b>Potencia máxima admisible</b>	Todas	100 W
<b>Conectores</b>	Todos	N (H)

Se seguirán los mismos criterios citados en el caso anterior para el montaje en túnel con caja estanca.

Las bocas del combinador quedarán convenientemente etiquetadas, asegurando la resistencia al entorno del rotulado o serigrafiado empleado. El texto que deberán contener estos rótulos será:

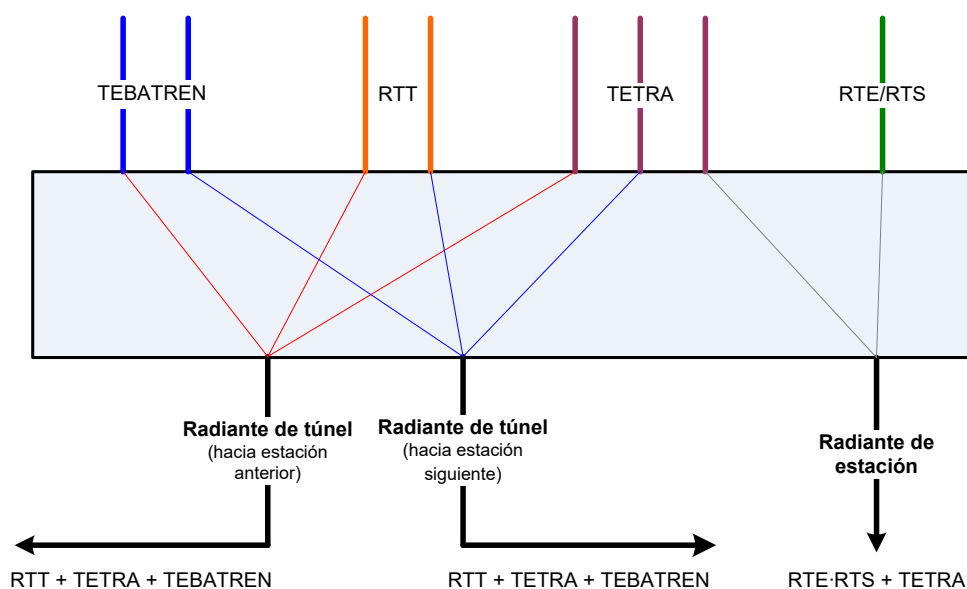
BOCA	RÓTULO
TETRA	TETRA
RTT + TETRA + TEBATREN	RTT + TETRA + TEBATREN
RTT + TEBATREN	RTT + TEBATREN

#### 2.4.2 Combinadores multisistema de estación

En las estaciones, deberá existir un elemento combinador multisistema que permita mezclar las diferentes frecuencias que allí existen o las que pudiesen aparecer. De dicho combinador partirán las dos ramas de cable radiante que discurren a ambos lados (derecha e izquierda) del túnel, así como el cable radiante de estación.

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b> <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 14 de 24

Su esquema de funcionamiento será:

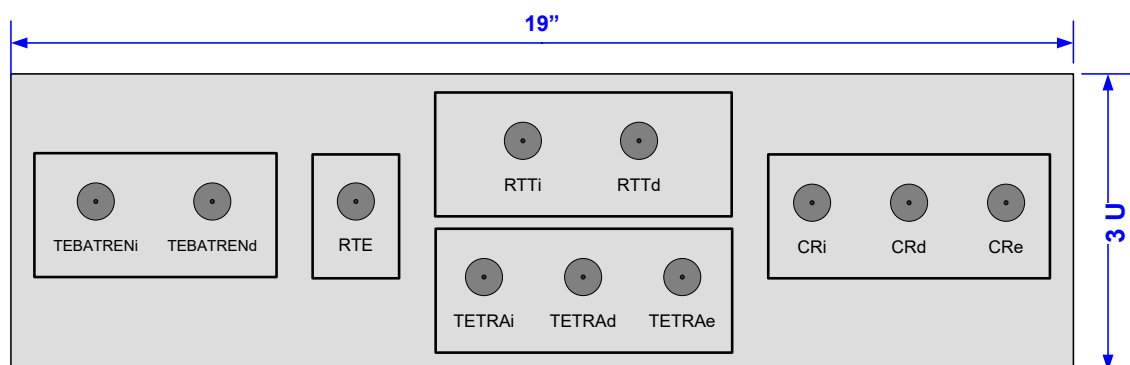


Los requisitos mínimos que debe cumplir el combinador multisistema son:

PARÁMETRO	BOCA / SISTEMA	VALOR
<b>Banda de trabajo</b>	Bocas RTT	150 - 174 MHz
	Bocas TETRA	380 MHz – 395 MHz
	Bocas RTE/RTS	451 – 462 MHz
	Bocas TEBATREN	650 MHz – 750 MHz
	Bocas RTT + TETRA + TEBATREN	150 MHz – 750 MHz
	Boca RTE/RTS + TETRA	380 MHz – 462 MHz
<b>Pérdidas de inserción</b>	Todas	< 1 dB
<b>ROE</b>	Todas	< 1,5
<b>Aislamiento entre puertas</b>	Todas	> 45 dB
<b>Potencia máxima admisible</b>	Todas	100 W
<b>Conectores</b>	Todos	N (H)

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 15 de 24

En el siguiente diagrama se indican las dimensiones, posición de las bocas y etiquetado que se deberá seguir al construir este elemento:



## 2.5 CONECTORES

Todos los conectores implicados en la instalación de la infraestructura radiante serán tipo N, siguiendo el siguiente criterio:

- Los elementos conectados al sistema radiante estarán dotados de conector N hembra.
- El cable coaxial cerrado acaba en conector N macho.
- El cable coaxial radiante acabará en conector N hembra.
- Las uniones entre elementos (empalmes, cable radiante con combinadores, cable radiante con amplificadores, etc.) se realizarán por medio de latiguillos de cable coaxial cerrado, que tendrá las características mínimas presentadas anteriormente.

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 16 de 24

### 3 INSTALACIÓN EN TÚNEL

#### 3.1 ALCANCE

El sistema radiante de túnel es el conjunto de elementos encargados de asegurar la comunicación bidireccional entre los equipos terminales instalados en los trenes o los equipos portátiles que portan los agentes, en movimiento a lo largo del túnel, y la estación base responsable de cada tramo.

El sistema radiante de túnel debe portar las señales de la radiotelefonía digital TETRA, de la radiotelefonía analógica de trenes VHF y del sistema de comunicaciones digitales de banda ancha TEBATREN.

#### 3.2 INSTALACIÓN DEL SISTEMA RADIANTE DE TÚNEL

En cada estación, el sistema radiante de túnel partirá del puerto correspondiente del combinador multisistema, dirigiéndose a ambos lados del túnel, desde el cuarto técnico en el que esté instalado dicho equipo. Se extenderá a lo largo del túnel hasta el puerto asociado del combinador multisistema de la estación adyacente o hasta una terminación resistiva de 50  $\Omega$ , en caso de que se alcance el final de la rama.

Sobre el cable radiante se instalarán los componentes auxiliares (acopladores, divisores, cargas, conectores, etc.) necesarios para su despliegue y la posible segregación de ramales destinados a cubrir otras áreas a las que se pudiera tener acceso desde el túnel principal.

La conexión entre el combinador multisistema y las dos ramas de cable radiante de túnel, situadas a nivel de andén y en las inmediaciones de la tronera, se realizará mediante un latiguillo de cable coaxial cerrado, que recorrerá las canalizaciones (patinillos, tronera, voladizo, etc.) que permiten llegar hasta el andén de la estación. En función de la distancia existente entre el combinador y la tronera y, por tanto, de la atenuación asociada, dicho cable será de 1/2" o 7/8". En ningún caso podrá el cable radiante de túnel alcanzar el cuarto técnico.

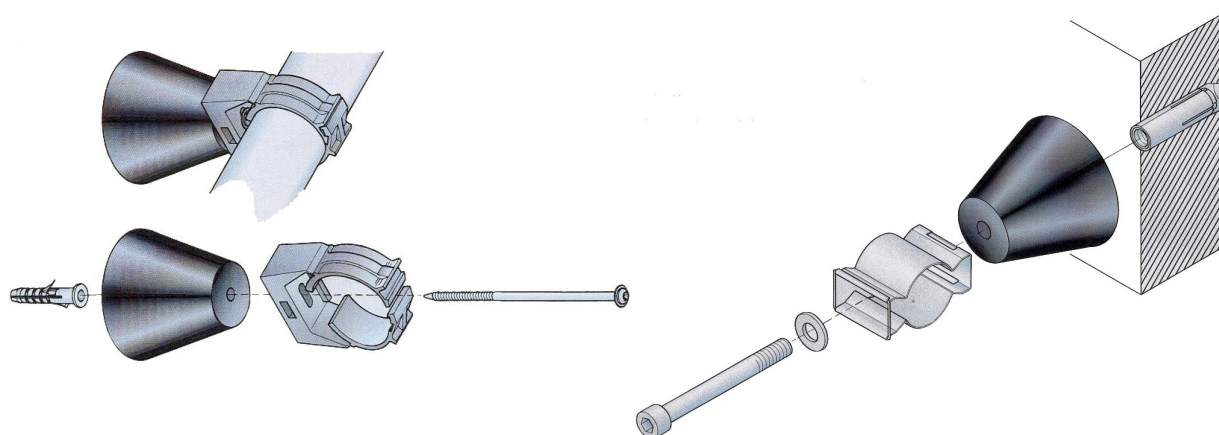
El cable radiante se instalará en la pared del túnel, en el hastial de comunicaciones, a una altura aproximada de entre 3 y 3.5 sobre la cota de carril y por encima de las perchas del resto de cables. La altura concreta dependerá del gálibo del tramo de túnel en el que se lleve a cabo la instalación. Se realizará mediante soportes de fijación a muro, denominados grapas. Estos soportes constan de una base cónica y una abrazadera, que se encarga de anclar el cable radiante. El tipo de fijación empleada para asegurar las bases al paramento del túnel dependerá del estado de éste y podrá variar entre anclajes químicos, metálicos o plásticos. La separación



 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 17 de 24

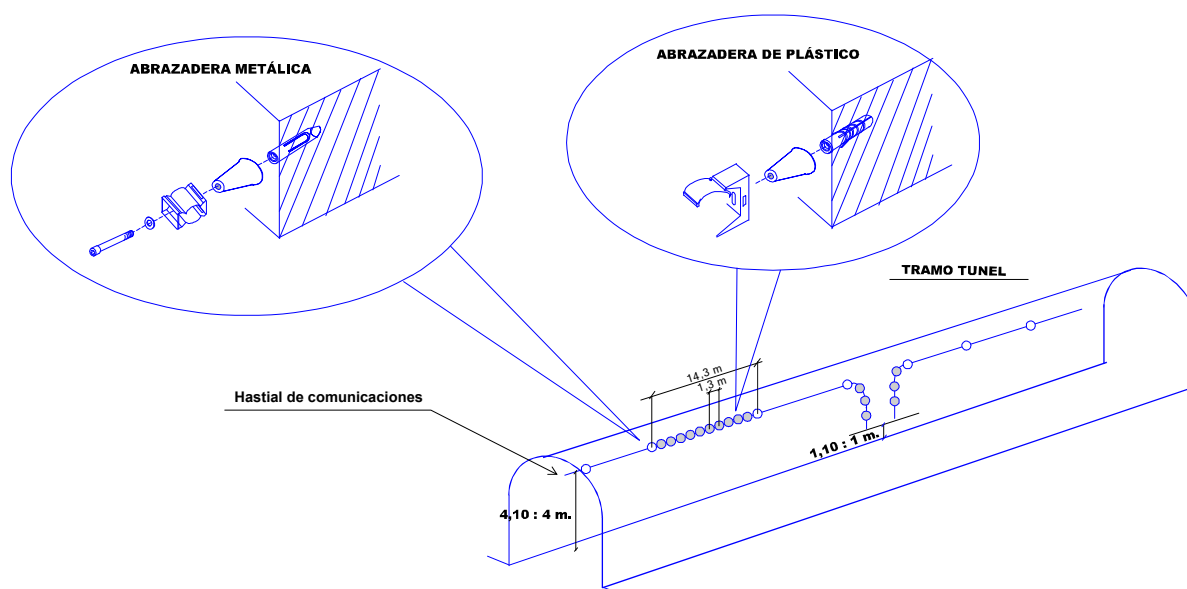
máxima de los soportes será la indicada por el fabricante. Se cita como ejemplo la separación típica de las grapas para cables de 1-1/4", que es de 1,3 m y para cables de 7/8", que es de 1 m. Al menos uno de cada diez soportes será metálico, de cara a la prevención de propagación de incendios, pudiendo ser los demás de plástico. La instalación de los soportes se realizará de forma que se respete la distancia mínima de separación con la pared indicada para el cable, que es, típicamente, de 50 mm. En los puntos en los que se requiera el paso por la bóveda del túnel, los soportes que cubrirán dicho trayecto serán metálicos.

Éste es un ejemplo de fijación típica:



Con el fin de evitar empalmes, se pondrá especial atención a solicitar bobinas de cable radiante cuya longitud coincida con la longitud de los tramos de interestación o con la distancia entre elementos instalados en el túnel. Cuando sea necesario realizar empalmes o conectar elementos intermedios (como los combinadores de terminación de la radiotelefonía VHF), se hará mediante latiguillos de cable coaxial cerrado. Asegurando que no se superan los radios de curvatura mínimos, se descenderá el elemento de conexión a una altura aproximada de 1 m sobre la cota de carril, de forma que la manipulación de dicho elemento pueda ser realizada desde el suelo, sin necesidad de escaleras o elementos alternativos. Los empalmes quedarán contruidos de forma que se asegure la flexibilidad necesaria para que no se vean afectados por las variaciones de longitud que producen las dilataciones del cable, con el fin de no someterlos a tracciones mecánicas. En ningún caso podrán situarse empalmes o elementos adicionales a una altura diferente de la altura de trabajo.

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b> <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE</b> <b>PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 18 de 24



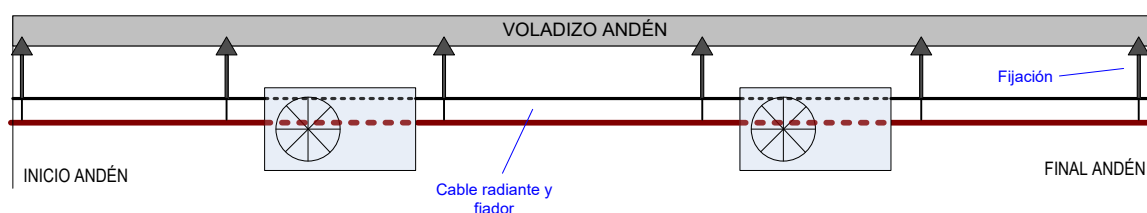
Al acceder a las estaciones, el cable será guiado hacia la parte inferior del andén y discurrirá a lo largo de éste sustentado mediante un cable fiador y cumpliendo estas condiciones:

- Al encaminarse y alejarse del andén, y de cara a que las condiciones de instalación puedan soportar las tensiones que se generan en el cable como consecuencia de la curva que debe tomar el cable para realizar dicho tránsito, se emplearán 2 o más grapas metálicas del tipo isofónicas.
- El fiador se anclará a la pared inferior del voladizo del andén, mediante fijaciones separadas entre sí aproximadamente 4 m o de forma que se asegure que, en el vano, el cable no presenta flecha.
- La longitud de las fijaciones deberá ser la necesaria para asegurar que el conjunto cable y fiador queda lo suficientemente separado del voladizo del andén como para evitar que las instalaciones de las fijaciones de las puertas de andén puedan alcanzarlo y tratará de salvar también la presencia de paneles metálicos en los bordes de los andenes, que se sitúan para ocultar las instalaciones presentes bajo el voladizo, de forma que se evite que se produzcan atenuaciones excesivas que impidan una correcta comunicación del equipamiento embarcado en el material móvil, incluso cuando se encuentre un tren detenido en el andén del hastial de comunicaciones. Se considerará la alternativa de instalar una antena adicional en el andén de la estación para el sistema VHF en caso de que el apantallamiento que estas láminas pudieran provocar afecte a la correcta comunicación entre el equipamiento embarcado y la infraestructura de radiocomunicaciones.
- El trazado del cable fiador será tal que se evite que éste pase por delante de las máquinas de aire acondicionado, de forma que el cable radiante no interfiera en

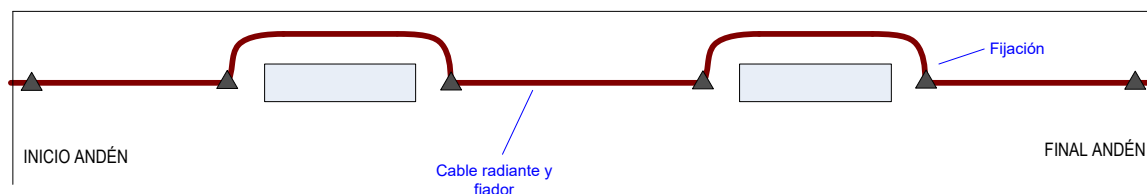
 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b> <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 19 de 24

las labores de mantenimiento que haya que realizar sobre los equipos de climatización. Esto implicará añadir dos fijaciones adicionales al cable fiador, antes y después del retrazo necesario para evitar la máquina de climatización.

#### **VOLADIZO DEL ANDÉN** VISTA EN ALZADO



#### **VOLADIZO DEL ANDÉN** VISTA EN PLANTA



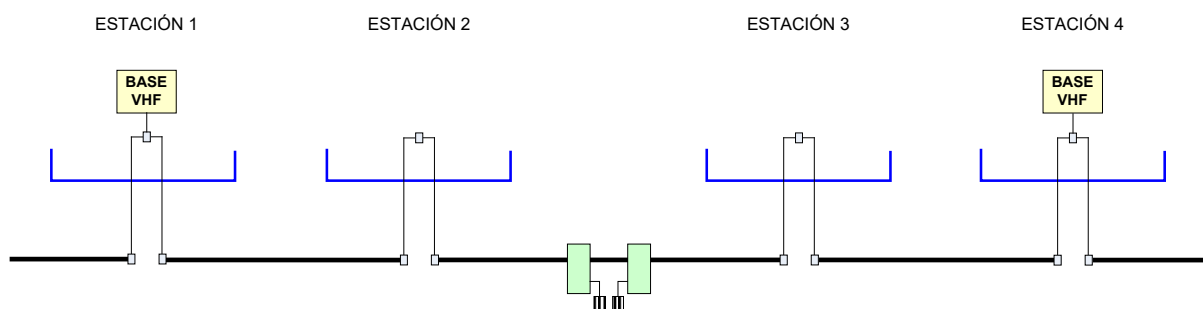
Cuando se realicen despliegues de cable radiante en líneas en las que no exista combinador multisistema (porque el sistema de radiotelefonía digital TETRA aún no haya sido desplegado), el cable entrará en todos los cuartos técnicos, independientemente de si estos cuentan o no con base radio VHF. Los latiguillos de cable no radiante que se conecten al radiante a la altura de la tronera llegarán hasta el armario radio, serán acabados en conectores macho y unidos entre sí por una transición. De esta manera, el sistema radiante de túnel quedará preparado según su configuración definitiva. En caso de que se deban instalar los divisores necesarios para partir en dos ramas la salida de la radiotelefonía analógica de trenes VHF, se emplazarán en el mismo armario en el que esté ubicada la base de RTT. En ningún caso podrá instalarse fuera del CAT dicho divisor.

Este mismo criterio se aplicará a las zonas de frontera entre dos bases VHF consecutivas: se instalarán los combinadores necesarios para derivar la banda de VHF a una carga y dejar en paso el resto de bandas. La ubicación de dichas zonas frontera dependerá del diseño del sistema RTT VHF que se haga para el tramo, pero deberán cumplirse siempre las siguientes premisas:

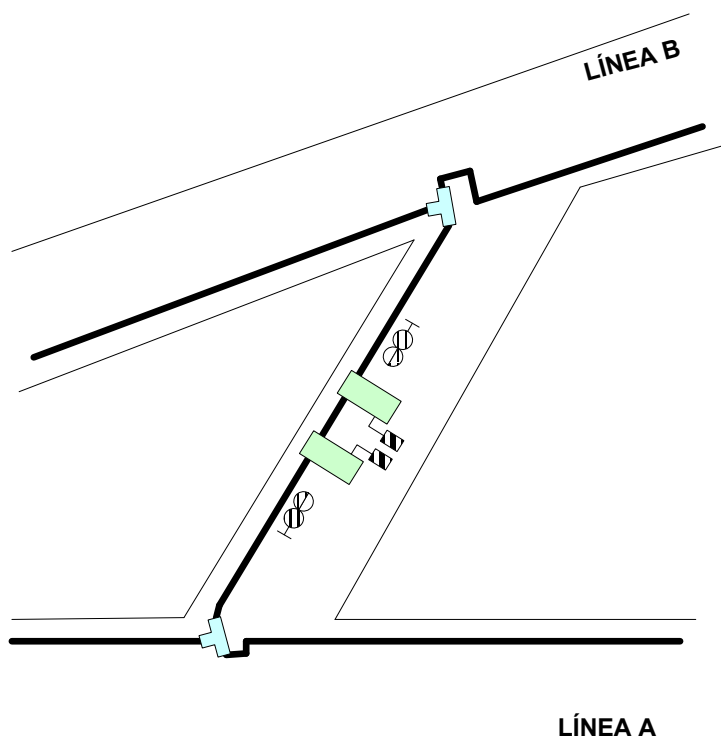
- No ubicar las zonas frontera coincidiendo con los andenes de las estaciones o en las proximidades de éstas.

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b> <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE</b> <b>PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 20 de 24

- Evitar que en el tramo de frontera o en sus proximidades queden emplazados puntos relevantes desde el punto de vista de la explotación: señales, diagonales, tunelillos de conexión, etc.



La instalación en los tunelillos de conexión entre dos líneas se hará de forma que de cada una de las líneas que el tunelillo conecta parta una tirada de cable radiante en el que se intercalarán dos combinadores derivadores de la banda VHF. Los combinadores se ubicarán de forma que la señal de regulación de circulación que corresponde a cada línea reciba cobertura de la línea a la que pertenece y quedarán conectados mediante cable radiante. La instalación descrita responderá al siguiente esquema:



 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 21 de 24

El tendido del cable radiante se realizará con las normas habituales para estos trabajos, debiendo instalarse evitando curvas, roces y excesos de tensión.

Cualquier sugerencia o modificación de lo expuesto deberá ser aprobada previamente por Metro de Madrid. El instalador debe entregar una muestra de todos y cada uno de los elementos empleados para la sujeción del cable radiante para su aprobación.

## 4 INSTALACIÓN A LA INTEMPERIE

Las condiciones de instalación del cable radiante de túnel varían significativamente en caso de que éste discurra por un tramo a la intemperie. Se detallan a continuación los aspectos diferenciadores con respecto a lo expuesto hasta ahora:

Estará unido de forma continua con un cable fiador que tiene asignada la función de sustentación, es decir, el cable coaxial será del tipo denominado "autosoportado". Por tanto, el cable irá colgado de un cable guía o fiador externo, que irá fijado a los postes laterales de las torres de sustentación de la catenaria. Será al cable fiador al que se aplique el tense, antes de fijar las abrazaderas del cable radiante, con el fin de evitar flechas o curvas en el recorrido del cable. Estas abrazaderas podrán ser plásticas o metálicas.

El cable fiador estará compuesto por un sólo cable de hilos de acero galvanizado. La resistencia a la tracción del cable fiador será superior a 1500 Kg. El diámetro del cable no será inferior a 5 mm.

El tense dado al cable será del orden de unos 800 Kg para que en el vano de 20 m la flecha máxima sea de 0,06 m. En el caso de fallar una suspensión, la flecha llegaría a ser como máximo de 0,225 m.

Se evitará rozar con el cable radiante paramentos, herrajes y cables con o sin tensión.

Se pondrá especial atención a que el cable de acero pueda entrar en contacto con algún punto en tensión instalándose los elementos necesarios para asegurar que en dicho cable no existe diferencias de potencial respecto a tierra.

El tendido del cable radiante se realizará con las normas habituales para estos trabajos, debiendo instalar las correspondientes poleas de tendido y evitando curvas, roces y excesos de tensión.

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 22 de 24

La ubicación de los elementos de conexión (empalmes, combinadores, amplificadores, etc.) se hará coincidir con un poste y deberán ser descendidos de forma que queden a la altura de trabajo, es decir, 1 m sobre la cota de carril.

## 5 INSTALACIÓN EN ESTACIÓN

### 5.1 ALCANCE

El sistema radiante de estación es el conjunto de elementos cuya misión es garantizar la transmisión bidireccional de voz y datos entre la estación base y los equipos portátiles de radio.

Con el tendido del cable radiante y antenas se deberá garantizar una cobertura superior al 98 % del área de cada estación y durante el 98 % del tiempo, siendo responsabilidad del instalador el trazado de la red de radio que asegure dicha cobertura, sabiendo que todas las dependencias de la estación deben quedar cubiertas, entre ellas: salidas de emergencia, cuartos técnicos, ascensores, cámaras de ventilación y cualesquiera otras que las necesidades de la operativa determinen, aunque no se mencione explícitamente en esta normativa.

El sistema radiante de estación debe portar las señales de la radiotelefonía digital TETRA y, en las estaciones que así aplique, la de la radiotelefonía analógica de estaciones y seguridad UHF.

### 5.2 INSTALACIÓN DEL SISTEMA RADIANTE DE ESTACIÓN

Debido a que las características geométricas de cada estación pueden ser muy diversas, el instalador realizará previamente un estudio de propagación de cada una de las instalaciones para valorar las necesidades de infraestructura con el fin de dar cumplida cuenta a las exigencias de cobertura de las distintas dependencias de la estación.

El sistema radiante de estación partirá del combinador multisistema, empleando cable coaxial cerrado de 1/2" o 7/8" (en función de la distancia) para conectarse con el primer divisor de potencia, a partir del que se trazará la infraestructura radiante. Siempre que sea posible, y en función de las características de la estación, se emplearán antenas para suministrar la cobertura de estación, funcionando el cable radiante como complemento de éstas en las ubicaciones a las que no llegue la señal procedente de la antena.

El tendido del cable radiante se realizará fijándolo a la pared a lo largo del trayecto de cobertura previsto y separado de la misma 90 mm, en especial la zona de

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 23 de 24

ventanas. Los cambios de dirección del cable radiante se realizarán por medio de latiguillos de cable coaxial flexible que permitirán hacer las curvas de acuerdo con la arquitectura de la estación.

En las zonas vandalizables el cable radiante se tenderá a lo largo de las diferentes canaletas de la estación. Su tapa de cierre permitirá una fácil accesibilidad al cable. Será modular, dispondrá de accesorios que permitan adaptarse perfectamente a la geometría de la estación, así como de piezas de unión, entronques para tubos, etc. Interiormente llevará un elemento distanciador que, a su vez, permita encajar a presión el cable radiante y que sirva de fijación. Si, por condicionantes del entorno, la canaleta debiera ir aérea, los accesorios de fijación al techo no impedirán acceder a los componentes y cables.

Las derivaciones de cable se harán mediante el divisor correspondiente en una caja que se integrará con la canaleta.

Se realizarán el mínimo de empalmes en el cable radiante.

Si la estructura de la estación permite la protección del conector de antena, ésta se fijará directamente a dicha estructura; en caso contrario, se realizará una pieza de fijación para la antena que a su vez proteja el citado conector.

En aquellas estaciones que fuera necesario instalar distribuidores de 2 vías, éste se fijará a la canaleta por la que discurren los cables, realizando la conexión de los mismos al distribuidor directamente o por medio de latiguillos superflexibles, en aquellos casos en que el cable cambie de dirección.

En ningún caso se instalará el cable radiante en el interior de canalizaciones metálicas ni apantallado por estructuras metálicas que dificulten la correcta propagación electromagnética de las señales de radiotelefonía.

## 6 VERIFICACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LA INSTALACIÓN

De forma previa a la instalación, se solicitarán al instalador los certificados procedentes de fábrica de las pruebas y mediciones realizadas sobre el cable radiante.

Una vez completada la instalación, se deberán realizar medidas reflectométricas sobre cada tramo de cable radiante, que serán entregadas a Metro de Madrid para su supervisión y validación. Los resultados de las medidas deberán estar en

 Metro de Madrid, S.A.	<b>INSTRUCCIÓN TÉCNICA</b>  <b>INSTALACIÓN DE CABLE RADIANTE PARA METRO DE MADRID</b>		Unidad de Ingeniería y Proyectos de Instalaciones  Unidad de Mantenimiento de Instalaciones
	Revisión: 4.0	Fecha Revisión: 05/07/2015	Página: 24 de 24

consonancia con la documentación entregada acerca de los elementos intermedios presentes en el cable.

El instalador entregará, asimismo, un estudio de cobertura que permita asegurar que se han satisfecho los requisitos de alcance indicados para cada uno de los sistemas radiantes, así como la documentación completa (planos, listados, características, etc.) de la instalación realizada.

Dentro de la documentación fin de obra, se incluirá la certificación de la instalación, elaborada por un técnico competente en la materia y visada por el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT).