



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA LA ACEPTACIÓN DE  
UN RADIOENLACE PUNTO A PUNTO DE MICROONDA PDH MINI-LINK E  
*HOT STAND-BY* EN LA BANDA DE 7 – 38 GHz**

**Juan Alberto Carrillo Lemus**

Asesorado por el Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez

Guatemala, mayo de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA LA ACEPTACIÓN DE  
UN RADIOENLACE PUNTO A PUNTO DE MICROONDA PDH MINI-LINK E  
*HOT STAND-BY* EN LA BANDA DE 7 – 38 GHz**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JUAN ALBERTO CARRILLO LEMUS**

ASESORADO POR: ING. BYRON ODILIO ARRIVILLAGA MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

GUATEMALA, MAYO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Ramírez Ramírez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA LA ACEPTACIÓN DE  
UN RADIOENLACE PUNTO A PUNTO DE MICROONDA PDH MINI-LINK E  
*HOT STAND-BY* EN LA BANDA DE 7 – 38 GHz**

Tema que me fuera asignado por la Coordinación de Electrónica de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha febrero de 2010.

Juan Alberto Carrillo Lemus

Guatemala, 01 de febrero de 2010

Ing. Julio César Solares Peñate  
Coordinador Área de Electrónica  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Estimado Ingeniero Solares.

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado: **Diseño de un protocolo de pruebas para la aceptación de un radioenlace punto a punto de microonda pdh mini-link E hot stand-by en la banda de 7 – 38 Ghz**, desarrollado por el señor **Juan Alberto Carrillo Lemus**, carnet No. 2000-11145, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por lo tanto, el autor de esta tesis y Yo, como su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,



*Ing. Byron Arrivillaga Méndez*  
*Col. 5217*

Ing/Byron O. Arrivillaga Mendez  
Asesor



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 08 de febrero de 2010

Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **"Diseño de un protocolo de pruebas para la aceptación de un radioenlace punto a punto de microonda PDH mini-link E hot stand-by en la banda de 7 – 38 GHz"**, desarrollado por el estudiante **Juan Alberto Carrillo Lemus**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Julio César Solares Peñate  
**Coordinador de Electrónica**





REF. EIME 33. 2011.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; JUAN ALBERTO CARRILLO LEMUS titulado: "DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA LA ACEPTACIÓN DE UN RADIOENLACE PUNTO A PUNTO DE MICROONDA PDH MINI-LINK E HOT STAND-BY EN LA BANDA 7 – 38 Ghz, procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 04 DE MAYO 2011.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA LA ACEPTACIÓN DE UN RADIOENLACE PUNTO A PUNTO DE MICROONDA PDH MINI-LINK E HOT STAND-BY EN LA BANDA DE 7 – 38 GHz**, presentado por el estudiante universitario Juan Alberto Carrillo Lemus, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, septiembre 2011

/cc



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	I
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XV
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. UNIDAD PARA INTERIORES (IDU) .....	1
1.1. Descripción del sistema .....	1
1.2. Módulo de acceso.....	2
1.2.1. Configuraciones de la terminal.....	3
1.2.1.1. Terminal sin protección (1+0).....	3
1.2.1.2. Terminal protegida (1+1).....	4
1.3. Magazine del módulo de acceso.....	6
1.4. Unidad moduladora (MMU).....	7
1.4.1. Interfaces .....	9
1.4.2. Diagrama de bloques .....	11
1.4.2.1. Interfaz tráfico y <i>router</i> .....	11
1.4.2.2. Multiplexor de trama de radio.....	12
1.4.2.3. Tráfico .....	13
1.4.2.4. Canal de servicio.....	15
1.4.2.5. Canal de comunicación .....	15
1.4.2.6. Codificación FEC.....	19
1.4.2.7. Modulador .....	20
1.4.2.7.1. Modulación C-QPSK .....	20

1.4.2.8.	Demultiplexor de trama de radio .....	24
1.4.2.9.	Decodificación FEC .....	24
1.4.2.10.	Demodulador .....	25
1.5.	Unidad <i>switch</i> -multiplexora (SMU). .....	26
1.5.1.	SMU <i>switch</i> .....	28
1.5.2.	SMU 8x2 .....	28
1.5.3.	SMU 16X2 .....	28
1.5.4.	Interfaz de tráfico y <i>router</i> .....	29
1.5.5.	Multiplexor/demultiplexor de 2/8 Mbit/s .....	31
1.5.6.	Multiplexor/demultiplexor de 8/34 Mbit/s .....	32
1.5.7.	Control y supervisión .....	33
1.5.8.	Convertidor DC/DC .....	33
1.5.9.	Protección 1+1 .....	33
1.5.10.	<i>Switcheo</i> del transmisor .....	34
1.5.11.	<i>Switcheo</i> del receptor .....	36
1.6.	Desempeño del sistema .....	39
1.7.	Unidad de acceso a servicio (SAU). .....	40
1.7.1.	SAU básica .....	40
1.7.2.	SAU Exp 1 .....	41
1.7.3.	SAU Exp 2 .....	41
1.7.4.	Puerto EAC .....	42
1.7.5.	Puertos de entrada/salida .....	42
1.7.6.	Control y supervisión .....	42
1.7.7.	Canal de servicio digital .....	43
1.7.8.	Convertidor DC/DC .....	43
1.7.9.	Canal remoto de alarmas (RAC) .....	43
1.7.10.	Canal de servicio analógico .....	44
1.7.11.	Teléfono de servicio .....	44
1.8.	SAU IP .....	44

1.8.1.	Servicios IP .....	45
1.8.2.	Descripción del funcionamiento .....	45
1.8.3.	Sistema de gestión.....	46
1.8.4.	Supervisión local de las interfaces .....	47
1.9.	Accesorios .....	49
1.9.1.	Unidad de distribución de DC (DDU.....	49
1.9.2.	Unidad FAN.....	49
2.	UNIDAD PARA EXTERIORES (ODU).....	51
2.1.	Unidad de radio (RAU).....	51
2.1.1.	Modelos de RAU .....	52
2.1.2.	Descripción .....	53
2.1.3.	Procesamiento de la señal FI transmitida .....	54
2.1.4.	Interfaz de cable.....	55
2.1.5.	Demodulador FI transmitida .....	55
2.1.6.	Oscilador FI transmitida .....	56
2.1.7.	Filtro y amplificador .....	56
2.1.8.	Convertidor de subida 1 .....	56
2.1.9.	Oscilador de RF transmitida.....	56
2.1.10.	RF loop.....	56
2.1.11.	Convertidor de subida 2 .....	57
2.1.12.	Amplificador de potencia .....	57
2.1.13.	Filtro <i>Branching</i> .....	57
2.1.14.	Amplificador de bajo ruido.....	57
2.1.15.	Oscilador RF recibida.....	58
2.1.16.	Convertidor de bajada 1 .....	58
2.1.17.	Oscilador FI recibida .....	58
2.1.18.	Indicador de fuerza en la señal recibida (RSSI) .....	58
2.1.19.	Procesador de control y supervisión .....	59

2.2.	Protección mediante conmutación.....	59
2.3.	Antenas .....	61
2.3.1.	Descripción .....	61
2.4.	Desempeño de la ODU.....	65
3.	INSTALACIÓN.....	67
3.1.	Herramientas .....	68
3.2.	Instalación de unidades para interiores .....	69
3.2.1.	Instalación del panel para el cable de radio .....	70
3.2.2.	Instalación de la unidad DDU .....	70
3.2.3.	Instalación de la unidad FAN .....	70
3.2.3.1.	Aterrizar la unidad FAN.....	71
3.2.4.	Instalación del AMM.....	72
3.2.4.1.	Aterrizar el AMM .....	72
3.2.4.2.	Encajar el AMM.....	72
3.2.5.	Instalar la tapadera frontal .....	72
3.2.6.	Insertar y remover unidades <i>plug-in</i> .....	73
3.2.6.1.	Insertar las unidades <i>plug-in</i> .....	73
3.2.6.2.	Remover las unidades <i>plug-in</i> .....	74
3.3.	Instalación de unidades para exteriores .....	74
3.3.1.	Ensamble de la antena .....	75
3.4.	Ensamble de la montura de la antena .....	76
3.5.	Instalación del feeder.....	76
3.5.1.	Polarización vertical .....	77
3.5.2.	Polarización horizontal.....	77
3.6.	Instalación de la antena.....	78
3.7.	Encajando la unidad de radio .....	79
3.7.1.	Unidad de radio integrada a la antena .....	79
3.7.2.	Unidad de radio separada de la antena .....	79

3.8.	Ajustes finales.....	80
3.9.	Instalación el brazo de suspensión .....	80
4.	CABLEADO .....	81
4.1.	Cableado para interiores.....	81
4.1.1.	Instalación del cable de radio para interiores .....	83
4.1.1.1.	Conexión del cable de radio a la repisa	83
4.1.1.2.	Conexión del cable de radio al panel ....	84
4.1.2.	Interconexión de puertos NCC .....	84
4.1.2.1.	Un puerto NCC disponible por AMM .....	85
4.1.2.2.	Dos puerto NCC disponibles por AMM..	86
4.2.	Instalación del cable de radio de la ODU.....	87
5.	ALINEACIÓN .....	89
5.1.	Procedimiento para alineación de antenas .....	89
6.	PRUEBAS.....	93
6.1.	Preparativos.....	93
6.2.	Equipo de prueba.....	93
6.3.	Pruebas generales.....	93
6.3.1.	Prueba No.1: configuración de parámetros.....	94
6.3.2.	Prueba No.2: suministro DC.....	94
6.3.3.	Prueba No.3: potencia de salida del transmisor .....	94
6.3.4.	Prueba No.4: nivel recibido de RF.....	95
6.3.5.	Prueba No.5: interferencias.....	95
6.3.6.	Prueba No.6: revisión de alarmas .....	96
6.3.7.	Prueba No.7: pruebas de conexión .....	96
6.3.8.	Prueba No.8: conmutación en sistemas 1+1 .....	97
6.3.9.	Prueba No. 9: desempeño .....	97

6.4.	Pruebas de gestión.....	98
6.4.1.	Prueba No1: EAC, RAC Y NCC.....	98
6.5.	Puesta en servicio del sistema .....	98
7.	PROTOCOLO DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN .....	99
7.1.	Definiciones.....	99
7.1.1.	Protocolo de pruebas de aceptación.....	99
7.1.2.	Aprobación.....	100
7.1.3.	Contratista .....	100
7.1.4.	Equipo de prueba.....	100
7.1.5.	Inspección.....	101
7.1.6.	Instalación.....	101
7.2.	Durante la ejecución de las obras .....	101
7.3.	A la terminación de las obras .....	102
7.4.	Durante la recepción.....	102
7.4.1.	Inspección durante la recepción .....	103
7.4.1.1.	Características de los equipos.....	103
7.4.1.2.	Montaje de los equipos .....	103
7.5.	Responsabilidades .....	103
7.5.1.	Protocolos de prueba de aceptación.....	104
	CONCLUSIONES.....	111
	RECOMENDACIONES.....	113
	BIBLIOGRAFÍA.....	115
	ANEXOS.....	117

# ÍNDICE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Unidad para interiores, AMM 4U.....	2
2.	Configuración 1+0.....	4
3.	Configuración 1+0 compuesta. ....	4
4.	Configuración 1+1.....	6
5.	MMU para modulación 16 QAM.....	7
6.	Diagrama de bloques de la MMU para capacidades de 2x4, 2x8 y 34+2.....	11
7.	Multitrama para la señal E1 a 2048 kb/s.....	14
8.	Trama de una señal de 2048 kb/s.....	18
9.	Diagrama de bloques para el modulador de C-QPSK.....	21
10.	Cuatro símbolos producidos por el filtro de fase en C-QPSK..	22
11.	Diagrama del transmisor de C-QPSK.....	24
12.	Demodulador C-QPSK.....	26
13.	Las SMU se clasifican, según la capacidad de tráfico.....	27
14.	Diagrama de bloques de la SMU sw.....	29
15.	Ejemplo de funcionamiento del código HDB3.....	31
16.	Protección de <i>switcheo</i> 1+1 en el transmisor.....	35
17.	Protección de <i>switcheo</i> 1+1 para el receptor.....	38
18.	Diagrama de la SAU básica.....	41
19.	LED para alarmas de la unidad FAN, SAU, MMU y SMU....	48
20.	Diseños mecánicos para la RAU1 y RAU2.....	51
21.	Diseño mecánico de las interfases de la RAU1 y RAU2.....	53

22.	Diagrama de bloques de la RAU1 y RAU2.....	54
23.	Sistema Mini-Link E <i>hot stand-by</i> .....	60
24.	Sistema Mini-Link E modo <i>working stand -by</i> .....	61
25.	RAU1 y RAU2 con diferentes antenas.....	62
26.	Reflector de la antena parabólica. ....	63
27.	Sistema de enfriamiento para el AMM 1U-3 y el AMM 2U-3...	71
28.	Posiciones de las unidades <i>plug-in</i> en el AMM.....	73
29.	Procedimiento de instalación para interiores.....	74
30.	Marca para polarización horizontal.....	77
31.	Como se deben instalar los fusibles.....	82
32.	Restricciones en cuanto a la longitud del cableado.....	82
33.	Ejemplo de una conexión utilizando el puerto NCC.....	83
34.	Ejemplo de una conexión utilizando los dos puertos NCC.....	85
35.	Protección <i>hot stand-by</i> .....	86
36.	Protección <i>working stand-by</i> .....	87
37.	Curva de alineación.....	92
38.	Elementos de un arnés.....	122

## TABLAS

I.	Criterios de <i>switcheo</i> del transmisor.....	34
II.	Prioridades para el <i>switcheo</i> RMX en el receptor.....	36
III.	Desempeño del sistema.....	39
IV.	Estado de los LED en la unidad FAN, SAU, MMU y SMU.....	48
V.	Desempeño y características de la ODU.....	65
VI.	Conexión de los pines para el conector DC ....	82
VII.	Pines de conexión para el cable NCC <i>plus</i> .....	86
VIII.	Datos del cable de radio.....	87



IX.	Restricciones en la longitud del cable de radio.....	88
X.	Restricciones en el radio para los dobleces del cable.....	89



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
dB	Decibeles
dBm	Decibeles con referencia de una milésima de Watt
$\phi(t)$	Desplazamiento de fase
exp	Exponente
$W_o$ ó $W_c$	Frecuencia angular de una señal variante en el tiempo (MHz)
gal/min	Galones por minuto
°C	Grados Celsius
Hz	Hertz
KHz	Kilo Hertz
kg	Kilogramos
+	Más

<b>MHz</b>	Mega Hertz
<b>MB</b>	Megabyte
<b>m</b>	Metros
<b>μseg</b>	Microsegundos ( $10^{-6}$ )
<b>Kbit/s</b>	Miles de <i>bits</i> por segundo
<b>mm</b>	Milímetros ( $10^{-3}$ )
<b>ms</b>	Milisegundos ( $10^{-3}$ )
<b>Mbit/s</b>	Millones de <i>bits</i> por segundo
<b>ns</b>	Nanosegundos ( $10^{-9}$ )
<b>Nm</b>	Newton por metro
<b>n</b>	Número entero
<b>Ω</b>	Ohms
<b>T</b>	Periodo de una señal variante en el tiempo
<b>π</b>	PI, tiene un valor aproximado de 3.1416
<b>ft</b>	Pies

<b>ft<sup>3</sup>/h</b>	Pies cúbicos por hora
<b>ft-lb</b>	Pies por libra
<b>x</b>	Por
<b>%</b>	Por ciento
<b>“</b>	Pulgadas
<b>ppm</b>	Puntos por millón
<b>t</b>	Tiempo
<b>V</b>	Voltios



## GLOSARIO

<b>ATPC</b>	El control automático de ganancia ( <i>Automatic Transmit Power Control</i> ) se utiliza para mantener un nivel de señal de salida fijo, reduciendo los efectos de las fluctuaciones de potencia.
<b><i>Backplane</i></b>	Es una placa de circuito integrado que implementa un mecanismo de intercomunicación de muy alta velocidad. Sobre esta placa es posible insertar otras placas o módulos, donde realmente se encuentran los recursos, es decir, memoria, microprocesadores y dispositivos de entrada/salida.
<b>Banda Base</b>	Se refiere a la señal compuesta que modula la portadora FM.
<b>BER</b>	Tasa de <i>bits</i> errados ( <i>Bit Error Rate</i> ).
<b>Codificación</b>	La codificación de caracteres de <i>n-bits</i> consiste en separar este código de <i>bits</i> en grupos de <i>n bits</i> cada uno, y asignar el símbolo que corresponde a esa secuencia ordenada. De una manera más sencilla, una codificación de caracteres o set de caracteres puede ser considerada como una tabla de traducción, donde cada grupo de <i>bits</i> está relacionado con un sólo carácter.

<b>Codificación Viterbi</b>	Código estándar para la corrección de errores, utilizado para corregir los <i>bits</i> corruptos en el receptor. Esta codificación añade <i>bits</i> extras a la cadena de <i>bits</i> errada.
<b>CPU</b>	La unidad central de proceso ( <i>Central Processing Unit</i> ) o simplemente procesador, es el componente que interpreta las instrucciones y procesa los datos contenidos en los programas.
<b>C-QPSK</b>	El sistema de cuadratura por desplazamiento de fase ( <i>Compatible Quadrature Phase Shift Keying</i> ) se refiere a un tipo de algoritmo de modulación de fase, donde hay cuatro estados involucrados. Estos cuatro estados también se refieren a cuatro fases en donde se envía un símbolo particular. En cuanto a su codificación, C-QPSK es capaz de procesar dos <i>bits</i> para cada símbolo. Esto se debe al hecho de que tiene cuatro estados posibles. En comparación con otros algoritmos de modulación de fase, C-QPSK tiene un nivel de tolerancia mayor para la degradación de enlace, además, tiene una menor tendencia de causar un fallo del sistema. Sin embargo, normalmente proporciona menos capacidad de datos que otros tipos de algoritmos.
<b>DCN IP</b>	El control de datos de red ( <i>Data Control Network</i> ) se encarga de transportar los datos de la gestión a través del protocolo de <i>Internet</i> .



<b>DHCP</b>	El protocolo de configuración para <i>host</i> dinámicos ( <i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> ) es un protocolo de red que permite a los nodos de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente.
<b>DNS</b>	El sistema de nombres de dominio ( <i>Domain Name System</i> ) es una base de datos distribuida y jerárquica que almacena información asociada a nombres de dominio en redes.
<b>ETSI</b>	El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones ( <i>European Telecommunications Standards Institute</i> ) es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial.
<b>E1</b>	Estándar europeo para la trama de PDH, equivalente a 2.048 Mbit/s, el cual tiene una capacidad de 32 <i>time slots</i> . Norma G.732 de la UIT-T.
<b>Frames</b>	Paquetes de datos.
<b>Frecuencia Intermedia</b>	Frecuencia que en los aparatos de radio que emplean el principio superheterodino se obtiene de la mezcla de la señal sintonizada en antena con una frecuencia variable generada localmente en el propio aparato mediante un oscilador local (OL) y que guarda con ella una diferencia constante. Esta diferencia entre las dos frecuencias es precisamente la frecuencia intermedia.

<b>FTP</b>	El protocolo de transferencia de ficheros ( <i>File Transfer Protocol</i> ) se utiliza en sistemas conectados a una red TCP basado en la arquitectura cliente-servidor, de manera que desde un equipo cliente nos podemos conectar a un servidor para descargar ficheros desde él o para enviarle nuestros propios archivos, independientemente del sistema operativo utilizado en cada equipo.
<b>HDB3</b>	Código bipolar de alta densidad con un máximo de 3 ceros consecutivos ( <i>High Density Bipolar Three Zeros</i> ).
<b>Hitless</b>	La conmutación de canales con la misma banda base digital se requiere como mecanismo de protección para contrarrestar las fallas de equipos y la mala propagación atmosférica.
<b>IEC</b>	La Comisión Electrotécnica Internacional ( <i>International Electrotechnical Commission</i> ), es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas.
<b>Interfaz V.24</b>	Conector hembra de características mecánicas y asignación de terminales, según la norma. ISO 2593.
<b>ISI</b>	Interferencia intersímbolo ( <i>Intersymbol Interference</i> ): Si el pulso que está esparciéndose es lo suficiente severo, un pulso puede caer arriba del próximo pulso.

<b>ITU-R</b>	La Unión Internacional de Telecomunicaciones- Radiocomunicaciones ( <i>International Telecommunication Union - Telegraph Transmission</i> ), se encarga de coordinar los estándares para telecomunicaciones, específicamente en el tema de radiocomunicaciones.
<b>ITU-T</b>	La Unión Internacional de Telecomunicaciones- Terminales para servicios telemáticos ( <i>International Telecommunication Union - Terminals for telematic services</i> ), se encarga de coordinar los estándares para telecomunicaciones, específicamente en el tema de transmisión.
<b>Jitter</b>	Es una variación o perturbación en los pulsos de una transmisión digital, ya que puede ser pensado, en cierto modo, como pulsos irregulares.
<b>Justificación</b>	Proceso en el cual se añaden <i>bits</i> 1's a la señal de entrada, positiva por ser su frecuencia inferior a la frecuencia de lectura del multiplexor.
<b>Loop</b>	Bucle, se interconectan el RX con el TX del mismo puerto.
<b>LOF</b>	<i>Lost Of Frame</i> , Pérdida de trama.
<b>LOS</b>	<i>Lost Of Signal</i> . Pérdida de señal
<b>NOC</b>	El centro de operaciones de red ( <i>Network Operation Center</i> ) es la entidad que se encarga de la supervisión de la red de transmisión.

<b>PDH</b>	La jerarquía digital plesiócrona ( <i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i> ) es una tecnología usada en telecomunicación tradicionalmente, para telefonía que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio (ya sea cable coaxial, radio o microondas) usando técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales de transmisión.
<b>PLL</b>	El lazo enganchado en fase ( <i>Phase-Locked Loop</i> ) es un sistema de control retroalimentado que genera una señal de salida que está en función de la frecuencia y la fase de la señal de entrada.
<b>QAM</b>	Es una modulación de amplitud en cuadratura ( <i>Quadrature Amplitude Modulation</i> ), consiste en 16 estados de fase, distribuidos en una circunferencia con igual amplitud.
<b>RF</b>	El término radiofrecuencia ( <i>Radio Frequency</i> ), también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción del espectro electromagnético en el que se pueden generar ondas electromagnéticas aplicando corriente alterna a una antena.
<b>SNMP</b>	El protocolo para manejo de red ( <i>Simple Network Management Protocol</i> ), es un protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red.
<b>Stuffing</b>	Relleno de <i>bits</i> .

<b>TCP/IP</b>	El protocolo para control de transmisión sobre el protocolo de internet ( <i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i> ) se utiliza para enlazar computadoras que utilizan diferentes sistemas operativos, incluyendo PC, minicomputadoras y computadoras centrales sobre redes de área local (LAN) y área extensa (WAN).
<b>TP</b>	El puerto terminal ( <i>Terminal Port</i> ) es un puerto destinado para realizar pruebas de nivel de potencia.
<b><i>Tunneling</i></b>	Técnica que consiste en encapsular un protocolo de red sobre otro protocolo de red encapsulador, creando un túnel dentro de una red de comunicaciones.
<b>VCO</b>	El oscilador controlado por voltaje ( <i>Voltage-Controlled Oscillator</i> ) es un oscilador cuya frecuencia de oscilación varía en función del voltaje.



## RESUMEN

El diseño de un radioenlace involucra una gran variedad de cuestiones a tener en cuenta: selección de equipos, cálculo del balance de potencias, identificación de obstáculos y posibles interferencias, fenómenos de atenuación y desvanecimiento de las señales, etc. Si bien, para el diseño de un radioenlace la existencia de herramientas informáticas de simulación facilita enormemente la tarea, es importante conocer de primera mano todos los aspectos que pueden influir durante la instalación y en el funcionamiento del mismo. Es de vital importancia que durante la fase final de verificación e instalación de los equipos sea posible identificar las posibles causas de un mal funcionamiento y elegir los mecanismos adecuados para solucionarlo.

Mini-Link E es uno de los sistemas de transmisión por microondas más utilizados a nivel mundial. Éste está diseñado para ofrecer un óptimo desempeño, capacidad, espectro y relación eficiencia-costos.

Consistentemente, en este trabajo de graduación se trata de enfatizar de manera sencilla y práctica los criterios básicos a tomar en cuenta antes, durante y después de la puesta en servicio de los enlaces de microonda Ericsson Mini-Link E *hot stand-by* operados en la banda de 7-38 GHz para garantizar el óptimo desempeño del radioenlace.





# OBJETIVOS

## General

Desarrollar un protocolo de pruebas de aceptación para un radioenlace punto a punto PDH Mini-Link E *hot stand-by* en la banda de 7 – 38 GHz.

## Específicos

1. Describir las características y conceptos básicos de un radioenlace punto a punto PDH Mini-Link E.
2. Definir los conceptos necesarios para el montaje, comisionamiento y puesta en servicio de un radioenlace punto a punto PDH Mini-Link E.
3. Estandarizar las pruebas a incluir en el protocolo de pruebas de aceptación.
4. Validar las pruebas incluidas en el protocolo de pruebas de aceptación.



## INTRODUCCIÓN

Hoy en día los sistemas inalámbricos nos rodean por todas partes. A los ya habituales sistemas de telefonía móvil, se unen las redes de datos inalámbricas, la televisión digital terrestre o los radioenlaces punto a punto. Para el correcto funcionamiento de estos sistemas resulta crucial un diseño adecuado del interfaz radioeléctrico.

El diseño de radioenlaces es una disciplina que involucra toda una serie de cuestiones tales como la elección de la banda de frecuencias, el tipo de antenas y los equipos de radiocomunicación, el cálculo del balance de potencias, la estimación de los niveles de ruido e interferencia o el conocimiento de las distintas modalidades y fenómenos de propagación radioeléctrica, entre otras.

La importancia de las telecomunicaciones como motor de la sociedad es indiscutible, tiene implicaciones revolucionarias en la vida del ciudadano cotidiano, y ello con un ritmo acelerado. La revolución que trajo consigo el teléfono celular le dio a la sociedad una nueva forma de satisfacer esa necesidad de comunicación constante.

En la actualidad, se vive en un mundo en el cual casi cualquier persona tiene acceso a un teléfono celular, este pequeño aparato electrónico vino a remodelar las formas de interacción entre las personas, todo esto multiplica la importancia de la investigación y el desarrollo en este sector.

La comunicación inalámbrica en la forma de microondas es utilizada por las empresas de telecomunicaciones para transferir voz y datos a larga distancia. Los canales inalámbricos son utilizados para la comunicación digital cuando no es, económicamente, conveniente la conexión de dos puntos vía cable; además, el campo más valioso en donde son ampliamente utilizados los radioenlaces vía microonda es el ya mencionado de las telecomunicaciones.

Los radioenlaces de microonda tienen que ver con todos aquellos dispositivos, componentes y sistemas que trabajen en el rango frecuencial de 300 MHz a 300 GHz. Debido a tan amplio margen de frecuencias, tales componentes encuentran aplicación en diversos sistemas de comunicación. Ejemplo típico es un enlace de radiocomunicaciones terrestre a 6 GHz en el cual detrás de las antenas emisora y receptora, hay toda una circuitería capaz de generar, distribuir, modular, amplificar, mezclar, filtrar y detectar la señal.

Básicamente, un enlace vía microondas consiste en tres componentes fundamentales: el transmisor, el receptor y el canal aéreo. El transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir; el canal aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y, como es de esperarse, el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

El factor limitante de la propagación de la señal en enlaces microondas es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe ser libre de obstáculos. Otro aspecto que se debe señalar es que en estos enlaces, el camino entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía. Para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas.

Mini-Link E es un enlace punto a punto en la banda de radio de microondas (7 GHz a 38 GHz) que se aplica a cualquier requerimiento donde se necesite acceso y transmisión de banda ancha con características para redes totalmente flexibles, de alta confiabilidad y rápida instalación tanto en configuraciones simples, estrella o de anillo. También son posibles otras aplicaciones tales como conexión inalámbrica para accesos de banda ancha de primer y segunda milla como, también, redes de comunicaciones privadas.

El empleo de radioenlaces digitales punto a punto vía microonda en las telecomunicaciones permite que importantes segmentos de nuestro territorio que no cuentan con otro tipo de enlaces físicos (fibra óptica o cobre) por las dificultades propias de nuestra geografía, puedan acceder a los servicios ofrecidos por las empresas de telecomunicaciones, ya que los radioenlaces permiten establecer áreas de cobertura de gran capacidad para la implementación de redes de datos, voz y video.

Las telecomunicaciones, actualmente, están inmersas en un período de cambios lo que las ha convertido en un negocio con toda la significación que tiene para el país. Para la inmersión de Guatemala en el mundo actual de las telecomunicaciones fue necesaria la apertura del sector y la desmonopolización del mismo. Desde la década de los 90 ha ocurrido un repunte en el desarrollo de las telecomunicaciones, lo cual ha traído una apertura y nuevas perspectivas de desarrollo que se han venido desarrollando y madurando hasta alcanzar el nivel de desarrollo que se tiene actualmente.



# 1. UNIDAD PARA INTERIORES (IDU)

## 1.1. Descripción del sistema

En el sistema Mini-Link E, la IDU es el módulo que se encarga de realizar las etapas de multiplexación, modulación (C-QPSK o 16 QAM) y configuración del equipo.

En el equipo para interiores, el módulo de acceso es completamente independiente de la frecuencia, lo cual nos permite utilizar el mismo módulo en todos los enlaces sin importar la banda de frecuencias para la que esté diseñado el enlace, lo que si debemos tomar en cuenta es que se tienen diferentes versiones de los elementos que componen la IDU, las cuales se clasifican según la capacidad de tráfico. El módulo de acceso puede soportar hasta un máximo de cuatro unidades de radio. La IDU consiste en la unidad moduladora (MMU), la unidad *switch*-multiplexora (SMU) y la unidad de acceso a servicios (SAU). Las tres unidades se conectan en el mismo módulo de acceso. Las unidades SMU y SAU son opcionales, el enlace funciona aun sin estas unidades.

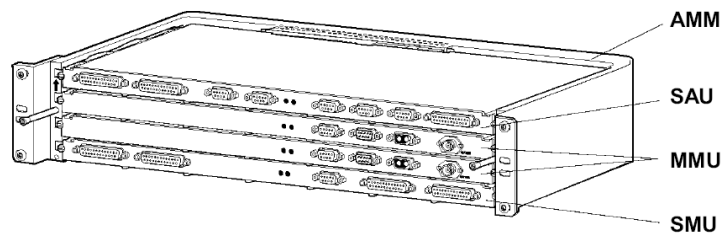
Cuando se diseña una terminal no es necesario instalar forzosamente todas las unidades en este documento, para optimizar recursos solamente se adicionan en el AMM las unidades requeridas para cumplir con las especificaciones y capacidades para las cuales se ha diseñado el sistema.

## 1.2. Módulo de acceso

El módulo para interiores del sistema se presenta en la Figura 1, este módulo cubre los siguientes tipos de accesorios:

- Magazine del módulo de acceso (AMM), el cual almacena las unidades *plug-in*. El AMM, también proporciona la armazón mecánica y las interconexiones eléctricas entre las unidades *plug-in* a través del *backplane*.
- Unidad moduladora (MMU), proporciona las interfaces de tráfico, procesamiento de señales y la interfaz para la unidad de radio (RAU).
- Unidad *switch*-multiplexora (SMU), proporciona interfaces de tráfico adicionales de 2 Mbit/s, multiplexores de 2/8 y 8/34 Mbit/s. funciones de conmutación para los sistemas protegidos 1+1, y algunas interfaces para la MMU.
- Unidad de acceso a servicios (SAU), proporciona puertos paralelos de entrada/salida, alarmas externas e interfaces para canales de servicios.

Figura 1. **Unidad para interiores, AMM 4U**



Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.16



Los siguientes dos módulos también pueden ser adicionados:

- SAU IP, proporciona ruteo IP sobre canales digitales de servicio de 64 kbit/s.
- MXU proporcionando protección de anillo.

### **1.2.1. Configuraciones de la terminal**

En general, cualquier terminal puede ser configurada como: protegida (1+1) o desprotegida (1+0).

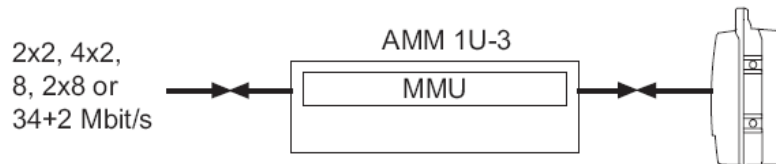
#### **1.2.1.1. Terminal sin protección (1+0)**

Como mínimo, una terminal 1+0 consiste en:

- RAU
- Antena
- AMM 1U-3
- MMU
- Cable de radio para interconexión

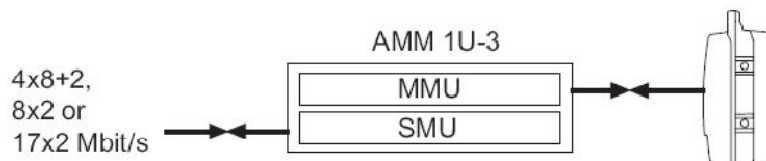
Para capacidades de tráfico de 8x2, 17x2 y 4x8+2 se requiere de una SMU. La unidad SAU puede ser agregada al AMM para proporcionar alarmas adicionales y control de las interfaces, canales de servicio y algunas otras aplicaciones. La terminal con configuración 1+0 se observa en la Figura 2 y la terminal con configuración 1+0 compuesta se observa en la Figura 3.

Figura 2. **Configuración 1+0**



Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p. 8

Figura 3. **Configuración 1+0 compuesta**



Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p. 8

Las siguientes capacidades de tráfico no se encuentran disponibles para 16 QAM: 2x2, 4x2 y 8 Mbit/s.

### 1.2.1.2. Terminal protegida (1+1)

Como mínimo, una terminal 1+1 consiste en:

- Dos RAU
- Dos antenas
- Un AMM 2U-3 con dos MMU y una SMU
- Dos cables de radio para interconexión

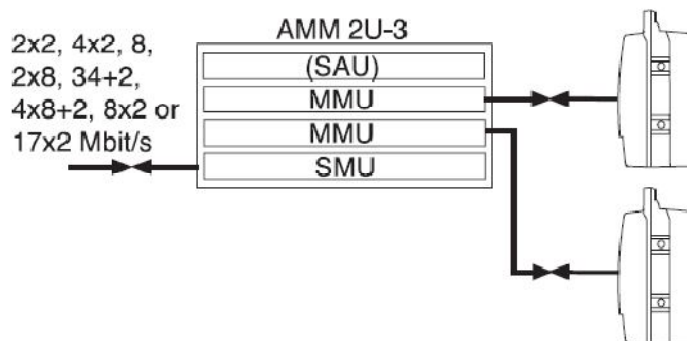
La unidad SAU puede ser agregada al AMM para proporcionar alarmas adicionales y control de las interfaces, canales de servicio y algunas otras aplicaciones. Las RAU pueden ser equipadas con antenas individuales o conectadas a una misma antena utilizando un *splitter*. La conmutación automática aplica para *hot stand-by* y *working stand-by*.

En el modo *hot stand-by*, uno de los transmisores está operando mientras que el otro está a la espera (esto quiere decir, que no está transmitiendo, pero está listo para transmitir cuando sea necesario). Ambas RAU están recibiendo la señal de RF. La MMU selecciona la mejor señal conforme a una lista de alarmas clasificadas, según prioridades asignadas, se conecta a la SMU para la demultiplexación y, luego, al equipo externo.

En el modo *working stand-by*, ambos radios se encuentran operando en paralelo utilizando diferentes frecuencias, lo que se conoce como diversidad de frecuencia.

En realidad ninguna de las dos formas de protección descritas en el párrafo anterior es mejor que la otra. La razón que determina cual de las dos se debe utilizar depende de muchos factores, los cuales se analizan durante la etapa de diseño del sistema. La terminal con configuración 1+1 se presenta en la Figura 4.

Figura 4. **Configuración 1+1**



Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p. 9

### 1.3. Magazine del módulo de acceso (AMM)

En éste se conectan las unidades *plug-in* (MMU, SMU y SAU), este módulo proporciona una base mecánica y las interconexiones eléctricas entre las distintas unidades y el *backplane*. El AMM está fabricado de aluminio, las paredes de los lados tienen guías que no permiten que una unidad sea insertada incorrectamente, además, el AMM funciona como un disipador de calor. El AMM está diseñado para ser instalado en racks o gabinetes de 19”.

El panel frontal protege los cables y el frente de las unidades que se conectan al AMM, está perforado al frente para permitir el paso de aire y visualización de los LED de alarmas que se encuentran al frente de las unidades MMU y SAU, además, se encuentra pintado de color gris oscuro.

Este panel se cierra a través de una tapadera fabricada de aluminio con 2 ó 4 tornillos, respectivamente, y la misma se mueve hacia abajo para acceder a las unidades instaladas en el AMM.

Cuando se instalan cables entre AMM conectados espalda-espalda, los cables se hacen pasar por los laterales del AMM, en el espacio que se tiene entre el AMM y el rack.

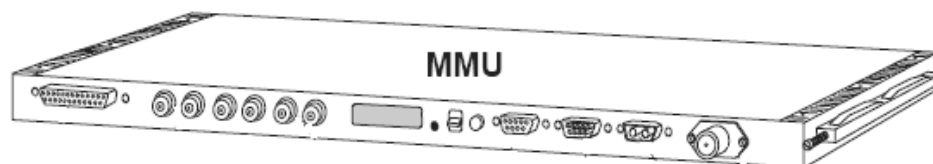
Se tienen diferentes AMM para distintas aplicaciones:

- A** AMM 1U-3 utilizado en sistemas (1+0), esto significa solamente una unidad MMU y una unidad SMU.
- B** AMM 2U-3 para un sistema simple o doble. Este puede contener una o dos MMU, una unidad SMU y una unidad SAU.
- C** AMM 4U para sistemas multi-terminales complejos. Este puede contener hasta cuatro MMU, dos SMU y una SAU.

#### 1.4. Unidad moduladora (MMU)

Proporciona las interfaces de tráfico, realiza el procesamiento de la señal y constituye la interfaz con la unidad de radio (RAU). La MMU se presenta en la Figura 5.

Figura 5. **MMU para modulación 16 QAM**



Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.17

Esta unidad está disponible en las siguientes versiones:

- MMU para modulación 16 QAM con las siguientes capacidades de tráfico:
  - 2x8 Mbit/s: El sistema digital de radio de 17 MB (8 MB x 2) se utiliza para comunicar 8 cadenas de datos a 2.048 Mbit/s (equivalente a 30 canales de voz) entre dos estaciones.
  - 34+2 Mbit/s: El sistema digital de radio de 34 MB se utiliza para comunicar una cadena de datos a 34.368 Mbit/s (equivalente a 480 canales de voz) o 16 cadenas de datos a 2.048 Mbit/s (equivalente a 30 canales de voz) entre dos estaciones.
- MMU para modulación C-QPSK con las siguientes capacidades de tráfico:
  - 2x2 Mbit/s. El sistema de radio digital de 4 MB (2 MB x 2) se utiliza para comunicar dos cadenas de datos a 2.048 Mbit/s (equivalente a 30 canales de voz) entre dos estaciones.
  - 4x2 o 8 Mbit/s. El sistema de 8 MB se utiliza para comunicar una cadena de datos a 8.448 Mbit/s (equivalente a 120 canales de voz) o cuatro cadenas de datos a 2.048 Mbit/s (equivalente a 30 canales de voz) entre dos estaciones.
  - 2x8 Mbit/s. El sistema digital de radio de 17 MB (8 MB x 2) se utiliza para comunicar 8 cadenas de datos a 2.048 Mbit/s (equivalente a 30 canales de voz) entre dos estaciones.
  - 34+2 Mbit/s. El sistema digital de radio de 34 MB se utiliza para comunicar una cadena de datos a 34.368 Mbit/s (equivalente a 480 canales de voz) o 16 cadenas de datos a 2.048 Mbit/s (equivalente a 30 canales de voz) entre dos estaciones.
  - 2x2 – 34+2 Mbit/s.

Las MMU son completamente independientes de la frecuencia. Las MMU para C-QPSK y 16 QAM tiene además la misma funcionalidad en cuanto a la mecánica se refiere, las mismas interfaces de tráfico y las mismas interfaces para interconectarse con las demás unidades, sin embargo hay una diferencia muy importante en cuanto a la compatibilidad con las unidades de radio RAU se refiere:

- Las MMU para C-QPSK son compatibles con los siguientes modelos de RAU: RAU1, RAU2, RAU1 M, RAU2 M, RAU1 N y RAU2 N.
- Las MMU para 16 QAM son compatibles con los siguientes modelos de RAU: RAU1 M, RAU2 M, RAU1 N y RAU2 N.

#### **1.4.1. Interfaces**

Las interfaces de la unidad moduladora MMU se encuentran integradas en la misma tarjeta, las distintas interfaces se listan a continuación:

- Interfaz de 4x2 Mbit/s: ésta es una interfaz RS 232C con conector DB25 hembra. Esta interfaz proporciona cuatro cadenas de datos de 2.048 Mbit/s cada una.
- Interfaz de 8 Mbit/s: interfaz tipo *jack* hembra. Proporciona una cadena de datos de 8 Mbit/s.
- Interfaz de 8/34 Mbit/s: interfaz tipo *jack* hembra. Proporciona una cadena de datos de 8 o 34 Mbit/s según el modelo de MMU que se utilice.
  - 8 Mbit/s: MMU 2X2/8, MMU 8X2.
  - 34 Mbit/s : MMU 34X2.
- Interfaz TP: interfaz tipo *jack* hembra. Este puerto no tiene ninguna funcionalidad en los modelos descritos en este documento.

- O&M Puerto de Operación y Mantenimiento: interfaz RS 232 con conector DB9 macho. Este es el puerto que se utiliza cuando se quiere acceder al *software* del equipo.
- NCC (*Network Communication Channel*): el canal de comunicación de red es una interfaz RS 232 con conector DB9 macho. Se utiliza cuando se necesita interconectar MMU instaladas en diferentes AMM.
- DC - : interfaz tipo TNC354, utilizada para energizar la unidad.
- RAU: interfaz compuesta por un conector tipo N hembra utilizado para interconectar la MMU con la RAU.

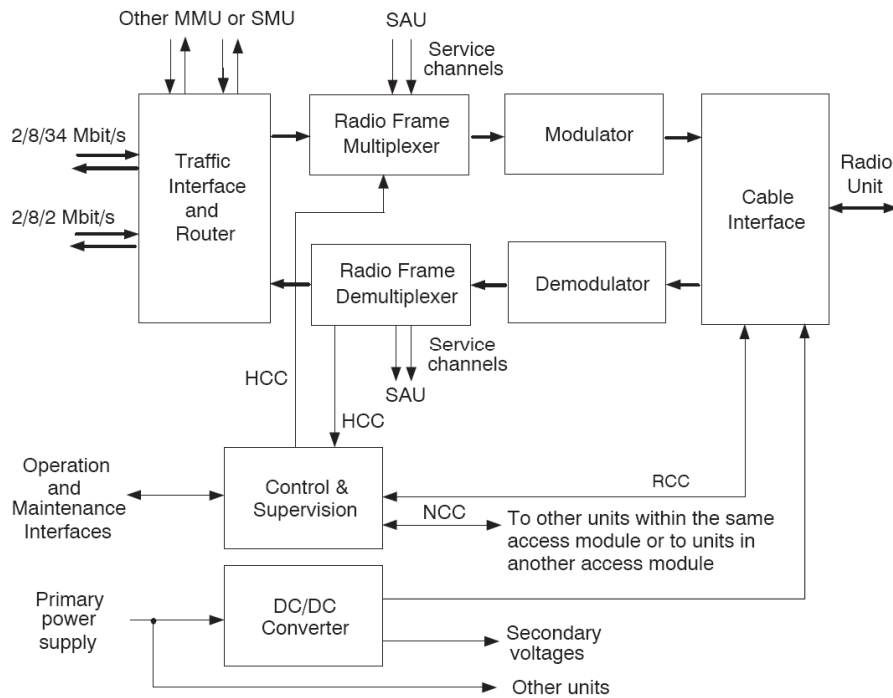
#### **1.4.2. Diagrama de bloques**

En la Figura 6 se presentan los bloques funcionales que se incluyen en el MMU:

- Interfaces de tráfico y *router*
- Multiplexor/demultiplexor de trama de radio
- Modulador/demodulador
- Cable de interfaz con la RAU
- Procesador para supervisión y control
- Conversor DC/DC



Figura 6. Diagrama de bloques de la MMU para capacidades de 2x4, 2x8 y 34+2



Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.19

#### 1.4.2.1. Interfaz de tráfico y router

Las interfaces de tráfico de entrada o salida se interconectan desde el frente de la tarjeta MMU hacia el *backplane* en el AMM. Las señales de tráfico (E1's) conectadas al frente de la MMU son transformados en el circuito regenerador de pulsos.

El reloj es regenerado y la señal es decodificada del lado transmisor y codificada del lado receptor. Las señales de tráfico (E1) conectadas al *backplane* son direccionadas hacia otras MMU o SMU en el mismo AMM. El direccionamiento es realizado sin ninguna interconexión por medio de cables.

### 1.4.2.2. Multiplexor de trama de radio

En la dirección de multiplexación, las cuatro señales de banda base entrantes de 2 Mbit/s son recibidas y decodificadas. La información entrante de tiempo es extraída y el resto de la información es leída de un *buffer* de memoria.

La carga de datos en el *buffer* de memoria es controlada mediante una justificación positiva. Las cuatro señales sincronizadas son subsecuentemente multiplexadas juntas, adjuntando un indicador de justificación y con los *bits* de información de trama insertados dentro de la señal de 8 Mbit/s.

En la dirección de demultiplexación, se realiza el alineamiento de trama y las cuatro señales tributarias son enviadas a diferentes *buffer* de memoria después de ser estructuradas, el indicador de inicio de trama e indicador de paridad son removidos durante este proceso.

El controlador de cristal lee la trama de datos a la salida del *buffer* de memoria y estos datos son filtrados para evitar el efecto *jitter*. Finalmente, la señal es codificada en línea y transmitida.

Al llegar a su destino los paquetes realizan las operaciones inversas a las realizadas anteriormente para su transmisión, pero, en el destino puede que los paquetes no se procesen inmediatamente sino que pueden pasar a una zona de almacenamiento, por ejemplo, en servicios no orientados a conexión porque cada paquete puede viajar por un camino distinto y, por lo tanto, unos pueden tardar más que otros produciéndose retardos diferentes para cada paquete, esto es lo que se conoce como *jitter*.

Los siguientes tipos de datos son multiplexados en una misma cadena compuesta de datos, cuya longitud de trama es de 125  $\mu$ seg, para ser transmitida sobre una señal de radio.

- Tráfico.
- Canal de servicio.
- Canal de comunicación.

### 1.4.2.3. Tráfico

Los datos correspondientes al tráfico de información desde el principio son enviados hacia el multiplexor para asegurar la adaptación de los mismos a una señal coherente.

Si datos no válidos se presentan a la entrada, un AIS es insertado en la trama nominal de datos. Esto significa que todos los datos recibidos en el otro extremo corresponden a unos.

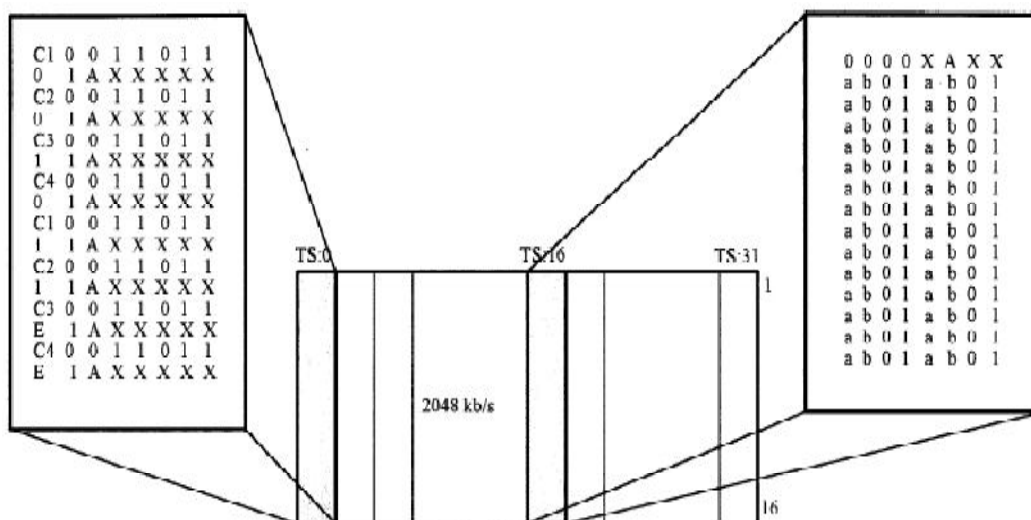
La organización temporal de los canales digitales se realiza mediante la multitrama MFR consistente en 16 tramas FR (*frame*) numeradas desde fila 0 a 15. Cada trama tiene 32 columnas o Intervalos de tiempo TS (*time slot*), numerados de 0 a 31. Cada intervalo de tiempo lleva un octeto o *byte* de un canal de 64 kbit/s.

En lo que respecta a los tiempos la trama tiene una duración de 125  $\mu$ seg, correspondiente al período de muestreo de una señal telefónica (8 KHz). Cada uno de los 32 intervalos de tiempo dura, entonces, 3,9  $\mu$ seg y cada *bit* tiene una duración de 488 nseg. Una multitrama ocupa un tiempo de 2 mseg.

El intervalo de tiempo TS:0 se utiliza para enviar el alineamiento de trama e información de supervisión del enlace. El intervalo de tiempo TS:16 se usa para la señalización asociada al canal.

Los intervalos TS:1 a TS:15 y TS:17 a TS:31 llevan los canales de telefonía digital o datos a 64 kbit/s. El conjunto de 32 canales (intervalos de tiempo) de 64 kbit/s constituyen los 2048 kbit/s.

Figura 7. **Multitrama para la señal E1 a 2048 kbit/s**



Fuente: Martínez R. Isabel. Arquitectura de Redes y Servicios, Sistemas de Telecomunicaciones. p.24

En la Figura 7, se observa la información contenida en el TS:0. Se alternan dos palabras de alineamiento de trama, denominadas con las siglas FR (*Frame*: C 0 0 1 1 0 1 1) y NFR (*No-Frame*: C 1 A N N N N N).

Los *bits* N corresponden a informaciones de 4 kb/s en cada *bit* (N=1 si no son usados o representan datos incoherentes). El *bit* A se usa para enviar una alarma de pérdida de alineamiento de trama LOF (*Loss of Frame*) hacia el terminal correspondiente o remoto. Los *bits* C constituyen una señal de 8 kbit/s que lleva información de paridad (CRC-4).

#### **1.4.2.4. Canal de servicio**

Mini-Link E proporciona dos canales de servicio, datos de servicios analógicos y digitales que se manejan de diferente forma. La señal de reloj y los pulsos de sincronización son enviados hacia la SAU y los datos provenientes de la SAU son direccionados hasta el multiplexor. Para los datos digitales, los pulsos de sincronización son direccionados hacia un dispositivo de almacenamiento elástico, antes que los datos sean leídos en sincronización con la señal de reloj.

#### **1.4.2.5. Canal de comunicación**

Éste se conoce como HCC (*Hop Communications Channel*), se utiliza para el intercambio de información de control y supervisión entre las MMU que forman el enlace. Los tres diferentes tipos de datos junto a los *bits* de chequeo son enviados en un formato compuesto de datos definido por el formato de trama, el cual es almacenado en una memoria RAM. Los 12 *bits* de la trama del alineamiento de señal son colocados en esta misma trama, además, se insertan los *bits* de *stuffing*.

Los datos de tráfico (E1's) transmitidos son, al principio, enviados hacia el multiplexor para asegurar la transparencia en la transmisión y delimitar las tramas.

En la capa física el envío de información se hace en forma de *bits* sueltos; la capa de red actúa de manera distinta: construye con los *bits*, paquetes discretos denominados tramas que son los que envía por la línea.

Según el tipo de red, la trama puede oscilar entre unos pocos y unos miles de *bytes*. La utilización de tramas permite simplificar el proceso de detección y corrección de errores. Una buena parte de las tareas de la capa de enlace tiene que ver con la construcción e identificación de las tramas.

La técnica conocida como *stuffing* consistente en utilizar una determinada secuencia de *bits* para indicar el inicio de una trama. Generalmente, se utiliza para este fin la secuencia de *bits* 01111110, que se conoce como *byte* indicador, *flag byte* o *flag pattern*. El receptor está permanentemente, analizando en la trama que recibe la presencia de un *flag byte*, y en cuanto lo detecta, sabe que ha ocurrido un inicio o final de trama. Aunque el *flag byte* tiene ocho *bits*, el receptor no realiza el análisis *byte a byte* sino *bit a bit*, es decir, la secuencia 01111110 podría suceder entre dos *bytes* y el receptor la interpretaría como *flag byte*; esto permite el envío de tramas cuya longitud no sea múltiplo de ocho.

Quedaría por resolver el problema de que los datos a transmitir contengan en sí mismos la secuencia 01111110; para evitar esto se utiliza la técnica conocida como relleno de *bits* o inserción de *bit* cero, *bit stuffing*, esta consiste en que el emisor, en cuanto detecta que el flujo de *bits* contiene cinco *bits* contiguos con valor 1, inserta automáticamente un *bit* con valor 0.

De esta forma la secuencia 01111110 no puede nunca aparecer como parte de los datos a transmitir. El receptor por su parte realiza la función inversa: analiza el flujo de *bits* entrante y en cuanto detecta un 0 después de cinco unos contiguos lo suprime en la reconstrucción de la trama recibida.

De esta forma si las cosas van mal y el receptor pierde noción de donde se encuentra bastará con que se ponga a la escucha de la secuencia 01111110. El relleno de *bits* se realiza justo antes de enviar la trama, y después de haber calculado el CRC.

Se trata de la lógica (mediante un diagrama de estados finitos) usada para reconocer la palabra de alineamiento de trama FR. Supóngase partir del estado de no alineamiento LOF. Para llegar al estado de alineamiento de trama, el receptor debe reconocer, consecutivamente, las palabras FR-NFR-FR. Luego de ésta última palabra FR comienza el estado de alineamiento de trama. Para perder el alineamiento LOF, el receptor debe recibir con error la secuencia FR-FR-FR o la secuencia NFR-NFR-NFR en forma consecutiva. La palabra FR es [x001 1011] y la palabra NFR es [x1xx xxxx], ya que los restantes *bits* (x) tienen otras aplicaciones.

Durante el tiempo de alineamiento el receptor solo observa el estado de los *bits* cada 125  $\mu$ seg, es decir, cada 256 *bits*.

El *bit* C se utiliza para enviar una trama de control de redundancia cíclica CRC-4, que actúa como *bits* de paridad para el control de la tasa de error. La secuencia que se coloca en el *bit* C es:

C1 0 C2 0 C3 1 C4 0 C1 1 C2 1 C3 E C4 E

Figura 8. Trama de una señal de 2048 kb/s

C1	0011011	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 0
0	1Fxxxxx	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 1
C2	0011011	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 2
0	1Fxxxxx	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 3
C3	0011011	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 4
1	1Fxxxxx	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 5
C4	0011011	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 6
0	1Fxxxxx	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 7
C1	0011011	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 8
1	1Fxxxxx	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 9
C2	0011011	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 10
1	1Fxxxxx	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 11
C3	0011011	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 12
E	1Fxxxxx	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 13
C4	0011011	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 14
E	1Fxxxxx	TS:1	TS:2	TS:3	TS:15	TS:16	TS:17	TS:18	TS:28	TS:29	TS:30	Frame 15

Fuente: Martínez R. Isabel. Arquitectura de Redes y Servicios, Sistemas de Telecomunicaciones. p.23

En la Figura 8, se observa que la secuencia 001011 es la palabra de alineamiento para la trama CRC. Los *bits* C1...C4 se calculan mediante el criterio de redundancia cíclica como *bits* de paridad para la detección de errores. Los *bits* E actúan como alarma remota de recepción de errores. Como una multitrama tiene 2 secuencias CRC-4 se disponen de 2 *bits* E (uno para cada secuencia CRC). El polinomio generador de los *bits* de paridad es  $X^4+X+1$ . Se efectúan 1000 comparaciones CRC-4 por segundo. Se puede emitir la alarma de tasa de error o pérdida de trama LOF cuando se supera un umbral de comparaciones erróneas. El algoritmo de control de errores más utilizado en la práctica se basa en lo que se conoce como códigos polinómicos.

La idea básica es la misma que en el caso de los *bits* de paridad: añadir a los datos a transmitir unos *bits* adicionales cuyo valor se calcula a partir de los datos; la trama así construida se envía, y, el receptor separa los *bits* de datos de la parte CRC; a partir de los datos recalcula el CRC y compara con el valor recibido; si ambos no coinciden se supone que ha habido un error y se pide retransmisión.



La aritmética polinómica tiene unas propiedades singulares que la hacen especialmente fácil de programar en sistemas digitales, por lo que es posible implementarla directamente en *hardware* con lo que se consigue una eficiencia elevada, cosa importante para evitar que la comunicación se ralentice por el cálculo del CRC.

#### 1.4.2.6. Codificación FEC

La codificación sincrónica tiene una longitud de  $2^{17}-1$  y esta sincronizado cada ocho tramas (súper trama). Para C-QPSK, los *bits* son insertados de acuerdo con el formato de trama y calculados usando un esquema de intervalos.

La técnica se conoce como corrección de errores hacia delante (FEC, *Forward Error Correction*) y es utilizada en los sistemas de comunicación que operan en tiempo real (es decir, el transmisor no almacena los datos que envía como en el caso de voz y video digitales).

El proceso de codificación en los códigos FEC es una operación en la cual a un grupo de *bits* de datos correspondientes al mensaje que desea transmitir, se le agrega un grupo de *bits* conocidos como paridad para fines de detección y corrección de errores.

La fuente digital envía la secuencia de datos al codificador, encargado de añadir dichos *bits* de redundancia. A la salida del codificador obtenemos la denominada palabra "código". Esta palabra código es enviada al receptor y éste, mediante el descodificador adecuado y aplicando los algoritmos de corrección de errores, obtendrá la secuencia de datos originales.

### **1.4.2.7. Modulador**

El paquete de datos proveniente del multiplexor de trama de radio es modulada, convertida de señal analógica a una señal digital y filtrada a través de un filtro Nyquist para optimizar el espectro transmitido.

La técnica de modulación utilizada es la C-QPSK, se refiere a una variación de la técnica de modulación QPSK y tiene la ventaja que en esta técnica se aprovecha mejor el espectro comparado con otras técnicas de modulación en fase.

#### **1.4.2.7.1. Modulación C-QPSK**

Los criterios de funcionamiento más deseados en los esquemas de modulación son: la eficiencia en potencia y el uso eficiente del espectro.

Una de las características principales de C-QPSK es que permite el uso de amplificadores saturados clase-C o amplificadores no lineales. Pero lo que hace de la técnica de modulación C-QPSK bastante adecuada para este tipo de aplicaciones es:

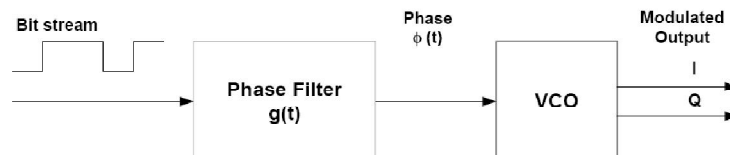
- Bajo consumo de energía
- Baja generación de calor
- Baja complejidad del transmisor y receptor

Un método simple de modulación de fase, C-QPSK utiliza un VCO como modulador.

Debido a que la amplitud de la salida del VCO es independiente de la señal de entrada, esta puede mantenerse constante para utilizar eficientemente, las tecnologías que involucran amplificadores de alta potencia. Generalmente esto requiere un sacrificio en cuanto a la eficiencia del espectro.

La Figura 9 muestra el diagrama básico de bloques para el sistema de modulación C-QPSK. La cadena de *bits* modulados es introducida en forma serial a un filtro de fase, el cual suaviza la señal. La entrada del VCO es, esencialmente, un argumento de fase, por lo tanto, la respuesta del filtro proporciona un suavizamiento de la señal para la modulación de fase realizada en el VCO.

Figura 9. Diagrama de bloques para el modulador de C-QPSK



Fuente: [www.ieee802.org/16/tg1/phy/contrib/802161pc-00\\_02.pdf](http://www.ieee802.org/16/tg1/phy/contrib/802161pc-00_02.pdf)

El filtro de fase para C-QPSK se representa a través de la ecuación (2.1):

$$g(t) = \frac{1}{8} \cdot g_0(t - T) + \frac{1}{4} \cdot g_0(t) + \frac{1}{8} \cdot g_0(t + T) \quad (2.1)$$

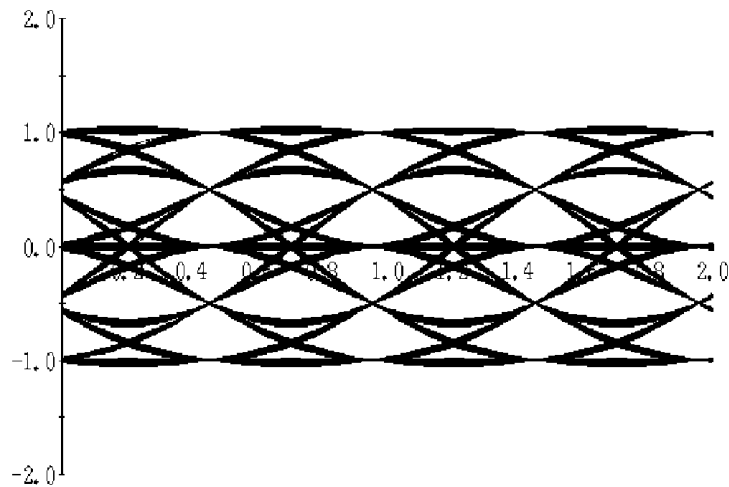
En donde:

$$g_0(t) = \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{T}\right) \left( \frac{1}{\pi \cdot t} - \frac{2 - \frac{2 \cdot \pi \cdot t}{T} \cdot \cot\left(\frac{\pi \cdot t}{T}\right) - \frac{\pi^2 \cdot t^2}{T^2}}{\frac{24 \cdot \pi \cdot t^3}{T^2}} \right) \quad (2.2)$$

Este filtro de fase tiene algunas propiedades interesantes con las cuales proporciona cinco diferentes señales moduladas en fase a la entrada del VCO con interferencia intersímbolo (ISI) en el dominio de fase.

En la Figura 10 se muestra la salida del filtro de fase de la señal modulada con C-QPSK.

Figura 10. **Cuatro símbolos producidos por el filtro de fase en C-QPSK**



Fuente: [www.ieee802.org/16/tg1/phy/contrib/802161pc-00\\_02.pdf](http://www.ieee802.org/16/tg1/phy/contrib/802161pc-00_02.pdf)

La señal C-QPSK en su forma básico se puede representar a través de la ecuación (2.3):

$$s(t) = \text{Re}\{\exp(j\omega_0 t + \phi(t))\} \quad (2.3)$$

Donde  $\phi(t)$  está dado por la ecuación (2.4):

$$\phi(t) = K \int_{-\infty}^t \left[ \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n \cdot g(\tau - nT) \right] d\tau \quad (2.4)$$

Para los tiempos entre símbolos la diferencia de fase está dada por la ecuación (2.5):

$$\phi(mT+T) - \phi(mT) = (\pi/2)(a_{n+1}/4 + a_n/2 + a_{n+1}/4) \quad (2.5)$$

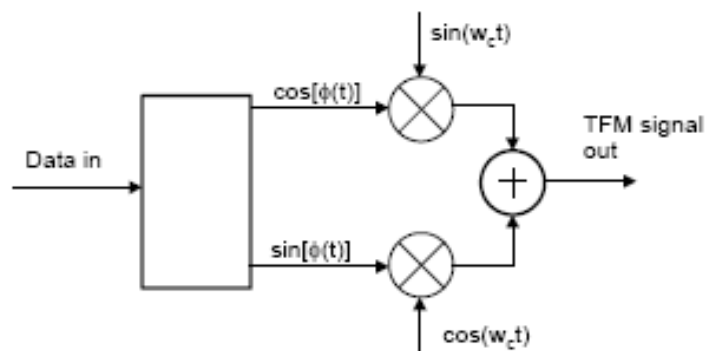
$$a_n = \pm 1$$

El modulador consiste en un oscilador controlado por voltaje VCO, el cual opera a 350 MHz. Para propósitos de prueba una señal de FI de 140 MHz es generada al mezclar este oscilador con una señal de 490 MHz. Un pulso rectangular contiene muchos armónicos y ocupa un ancho de banda. Si un pulso rectangular se pasa por un filtro limitado en banda, a la salida se habrá desparado la señal en el dominio del tiempo, esto puede generar interferencia intersímbolo (ISI).

Los pulsos digitales son filtrados antes de entrar al modulador para reducir el ancho de banda de la señal modulada, esto hace que dejen de ser rectángulos. El filtro Nyquist tiene la propiedad de eliminar interferencia intersimbólica, además como la respuesta a un impulso para este filtro es cero para cualquier  $nT$  (donde  $n$  es un entero), excepto para  $n=0$ .

Su función de transferencia se obtiene por convolución de una función rectangular con cualquier función real simétrica y par. De cualquier forma, si la señal transmitida es correctamente muestreada en el receptor, los valores de la señal original pueden ser completamente recuperados. En la Figura 11 se presenta el diagrama del transmisor de C-QPSK.

Figura 11. **Diagrama del transmisor de C-QPSK**



Fuente: [www.ieee802.org/16/tg1/phy/contrib/802161pc-00\\_02.pdf](http://www.ieee802.org/16/tg1/phy/contrib/802161pc-00_02.pdf)

#### 1.4.2.8. Demultiplexor de trama de radio

En el lado receptor la cadena compuesta de datos es demultiplexada y corregida mediante el código FEC. Las funciones de alineamiento de trama del receptor se encargan de encontrar y analizar el patrón de *bits* de alineamiento que viene en la cadena de datos recibidos.

#### 1.4.2.9. Decodificación FEC

Para C-QPSK, la corrección de errores es realizada utilizando los *bits* de paridad generados con el código FEC en el lado del multiplexor, combinados con una medida de la calidad de los datos recibidos por parte del demodulador.

La decodificación transforma la señal a su estado original, permitiendo al demultiplexor distribuir la información recibida a su correspondiente destino.

#### **1.4.2.10. Demodulador**

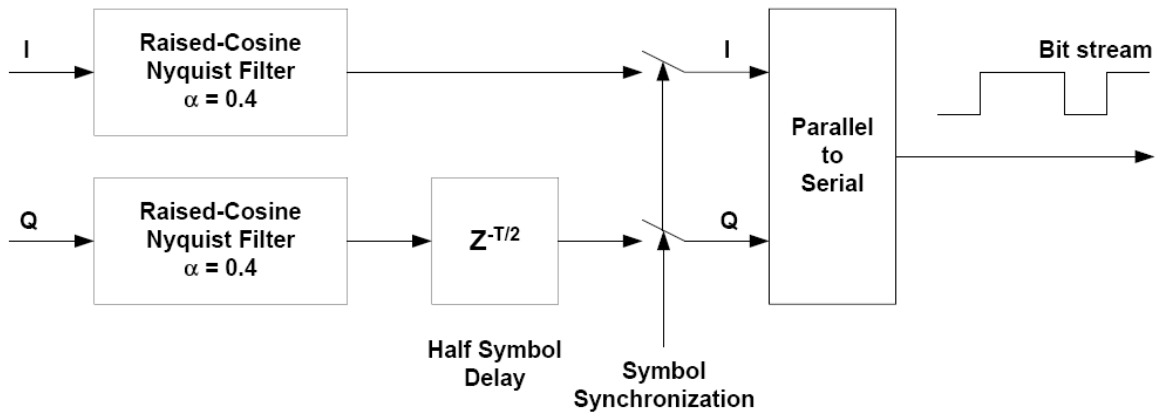
Con la señal a frecuencia fija se procede a su demodulación. La señal viene modulada en C-QPSK, por lo que la demodulación realizada en el receptor deberá ser coherente, y, para ello será necesario una recuperación y un seguimiento adecuado tanto de la fase como de la frecuencia de la portadora.

Esta unidad realiza la función de demodulación coherente en cuadratura y la conversión analógica a digital, proporcionando información I y Q de "decisión no rígida" para el decodificador interno. La señal recibida de 140 MHz es amplificada mediante el control automático, debe ganancia AGC y filtrada para obtener las señales de banda base.

Las señales de banda base son pasadas a través de un filtro Nyquist y convertidas de analógico a digital antes de ser demoduladas. Al final del demodulador se puede utilizar un decodificador Viterbi para decodificar los *bits* deseados correspondientes a la diferencia de fase en la señal.

Además, para contrarrestar las distorsiones lineales que introduce el canal se le da a la señal en banda base una forma de coseno alzado, la finalidad es tener un ecualizador que evite la interferencia entre símbolos transmitidos a través del canal. En la Figura 12 se presenta el demodulador de C-QPSK.

Figura 12. Demodulador C-QPSK



Fuente: [www.ieee802.org/16/tg1/phy/contrib/802161pc-00\\_02.pdf](http://www.ieee802.org/16/tg1/phy/contrib/802161pc-00_02.pdf)

### 1.5. Unidad *switch*-multiplexora (SMU)

La SMU proporciona protección 1+1 en *switch* y/o multiplexación/demultiplexación para canales de 2 Mbit/s. Esta unidad es la encargada de decidir en un sistema 1+1 cuál de las dos MMU instaladas será la que se encuentre en operación (siempre que esté habilitada la opción de *switch* automático) y el cual esté en modo *stand-by*.

La tarjeta se encuentra en tres diferentes versiones para diferentes capacidades de tráfico:

- SMU Sw
- SMU 8x2
- SMU 16x2

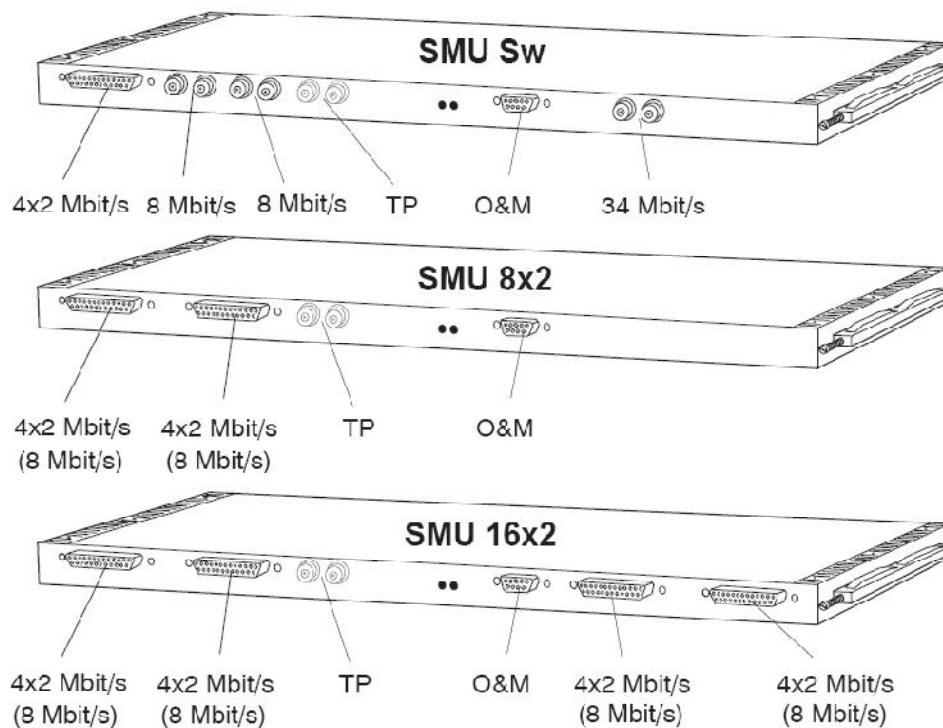


Los elementos que componen la SMU son:

- Interfaz de tráfico y *router*.
- *Switches* de canales de tráfico y circuitos de control para protección 1+1 en *switcheo* y selección de entrada/salida para los multiplexores.
- Control y supervisión.
- Convertidores DC/DC.

Las unidades SMU se clasifican, según, la capacidad de tráfico como se muestra en la Figura 13.

Figura 13. Las SMU se clasifican según, la capacidad de tráfico



Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.26

### **1.5.1. SMU switch**

La SMU Sw se encarga de conmutar la MMU (proporcionar protección 1+1 en la MMU).

La SMU Sw puede entregar las siguientes terminaciones para canales de tráfico:

- 1x2 Mbit/s
- 2x2Mbit/s
- 4x2 Mbit/s
- 1x8 Mbit/s
- 1x34 Mbit/s

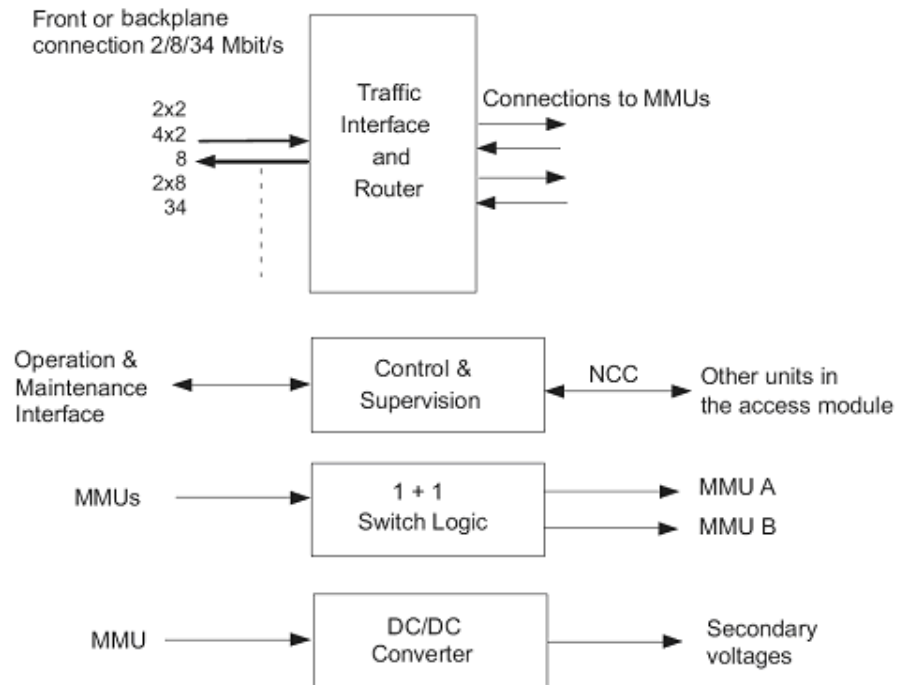
### **1.5.2. SMU 8x2**

La SMU 8x2 está compuesta por dos multiplexores/demultiplexores independientes de 2/8 Mbit/s y el *switch* de selección 1+1 de MMU. Esta unidad puede terminarse en más de ocho señales de tráfico de 2 Mbit/s.

### **1.5.3. SMU 16x2**

La SMU 16x2 puede manejar por encima de 16 señales de tráfico de 2 Mbit/s, se compone de cuatro multiplexores/demultiplexores independientes de 2/8 Mbit/s, un multiplexor/demultiplexor de 8/34 Mbit/s y el *switch* selector 1+1 de MMU.

Figura 14. Diagrama de bloques de la SMU sw



Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.27

#### 1.5.4. Interfaz de tráfico y router

Las entradas de tráfico y salidas se conectan hacia la parte frontal de la SMU y el *backplane* del AMM. Las señales de tráfico conectadas en la parte frontal de la SMU son formadas en un circuito regenerador de pulso.

El reloj es generado, la señal es decodificada en línea del lado transmisor y codificada en línea en el receptor. A la asignación de formas de ondas arbitrarias para los unos y ceros se le llama “codificación de línea”.

En el mismo un 1 se representa con polaridad alternada mientras que un 0 toma el valor 0. Este tipo de señal no tiene componente continua ni de bajas frecuencias pero presenta el inconveniente que cuando aparece una larga cadena de ceros se puede perder el sincronismo al no poder distinguir un *bit* de los adyacentes.

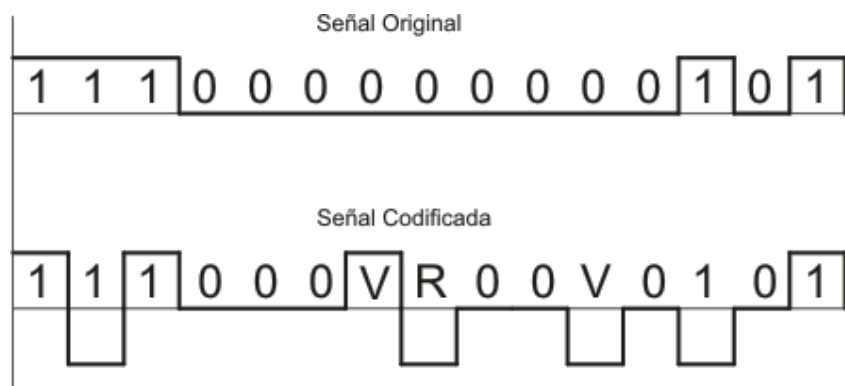
Para evitar esta situación este código establece que en las cadenas de 4 *bits* se reemplace el cuarto 0 por un *bit* denominado *bit* de violación el cual tiene el valor de 1 lógico. En las siguientes violaciones, cadenas de cuatro ceros, se reemplaza por una nueva secuencia en la cual hay dos posibilidades: 000V o R00V. Donde V es el *bit* de violación y R es un *bit* denominado *bit* de relleno.

Para decidir cuál de las dos secuencias se debe utilizar, se debe contar la cantidad de unos existentes entre la última violación y la actual. Si la cantidad es par, se emplea la secuencia R00V, y, si es impar la secuencia es 000V. El primer pulso de violación lleva la misma polaridad del último 1 transmitido de forma de poder detectar que se trata de un *bit* de violación. En la combinación R00V el *bit* de violación y el de relleno poseen la misma polaridad.

Las señales de tráfico conectadas al *backplane* son ruteadas hacia otras MMU o SMU en el mismo AMM. El ruteo se hace sin necesidad de ningún cable y las interconexiones son controladas desde el MSM.

En la Figura 15 se presenta un ejemplo del funcionamiento del código HDB3 para la codificación de línea.

Figura 15. **Ejemplo de funcionamiento del código HDB3**



Fuente: Rosas Fernández, José Bernardo. Sistemas de Transmisión SDH. p.14

### 1.5.5. Multiplexor/demultiplexor de 2/8 Mbit/s

En la dirección de multiplexación, las cuatro señales de banda base entrantes de 2 Mbit/s son recibidas y decodificadas. La señal de reloj es extraída y la información de tráfico es leída desde el *buffer* de memoria.

La carga de datos en el *buffer* de memoria es controlada mediante una justificación positiva. Las cuatro señales sincronizadas son, subsecuentemente, multiplexadas juntas, adjuntando un indicador de justificación y con los *bits* de información de trama insertados dentro de la señal de 8 Mbit/s.

En la dirección de demultiplexación, se realiza el alineamiento de trama, luego, las cuatro señales tributarias son enviadas hacia los *buffer* de memoria. Después del tramado, los *bits* de redundancia y algunos *bits* indicadores ya han sido removidos. El controlador de cristal lee la trama de datos a la salida del *buffer* de memoria y estos datos son filtrados para evitar el efecto *jitter*. Finalmente, la señal es codificada en línea y transmitida.

En la dirección de multiplexación, las cuatro entradas de la señal de banda base de 2 Mbit/s son recibidas y demultiplexadas. La información de reloj entrante es extraída y la información de la señal de tráfico es leída en un *buffer* de memoria. La carga los datos en el *buffer* de memoria es controlada mediante justificación positiva. Las cuatro señales sincronizadas son multiplexadas junto a un indicador de justificación y a los *bits* de información de trama que se encuentran dentro de la señal de 8 Mbit/s.

En la dirección de demultiplexación, se realiza el alineamiento de trama y las cuatro señales tributarias son enviadas a diferentes *buffer* de memoria después de ser estructuradas, el indicador de inicio de trama e indicador de paridad son removidos durante este proceso.

El controlador de cristal se encarga de establecer el ritmo de lectura de datos en los *buffer* de memoria, luego, estos datos son filtrados para eliminar el efecto *jitter*. Finalmente, la señal es codificada mediante la codificación de línea y transmitida.

#### **1.5.6. Multiplexor/demultiplexor de 8/34 Mbit/s**

Las cuatro señales de 8 Mbit/s son multiplexadas en una señal de 34 Mbit/s en el lado transmisor. La señal de 34 Mbit/s es demultiplexada en cuatro señales de 8 Mbit/s del lado receptor.

### **1.5.7. Control y supervisión**

Un microprocesador basado en un sistema de control y supervisión (CSS) está instalado en el AMM. Este realiza las funciones de recolección de alarmas, controles de ajuste y pruebas. Las fallas son indicadas en unos LED que se encuentran en la parte frontal de las unidades SMU.

El procesador de la SMU se comunica con otros procesadores en el AMM a través del puerto NCC. Además, este procesador se puede comunicar con una PC a través de la interfaz de operación y mantenimiento. El procesador de la SMU también controla el *switch* en la protección 1+1.

### **1.5.8. Convertidor DC/DC**

La SMU es energizada desde una o varias MMU. El convertidor DC/DC instalado en la SMU proporciona los voltajes secundarios para los componentes electrónicos instalados en esta tarjeta.

### **1.5.9. Protección 1+1**

En operación protegida, los controles lógicos de *switch* realizan la conmutación hacia la sección de radio que corresponde a la protección. La unidad *switch*-multiplexora (SMU) contiene dentro de su electrónica los circuitos lógicos de *switch* para los sistemas protegidos. La selección de la conmutación puede ser controlada y monitoreada de forma local o remota.

### 1.5.10. *Switcheo* del transmisor

La selección o conmutación del transmisor solamente aplica para sistemas denominados *hot stand-by*. La conmutación se basa en la información de las alarmas debidas a fallas en el equipo transmisor de la RAU o de la MMU. La conmutación también puede ser realizada manualmente desde la parte frontal de la MMU o desde una PC utilizando el *software* Mini-LinK E *Service Manager*. Una alarma clasificada como de alta prioridad anula una alarma de menor prioridad, por lo tanto, el transmisor que contenga la alarma de menor prioridad será el encargado de transmitir la señal.

Tabla I. **Criterios de *switcheo* del transmisor**

<b>Criterios de <i>switcheo</i></b>	<b>Prioridad</b>
Modo de <i>switcheo</i> manual.	1
Pérdida de comunicación en el NCC entre la SMU y la MMU, usualmente debido a la falta de MMU en el AMM.	2
Falla de CSS debido a: <ul style="list-style-type: none"><li>• detección de una falla en el procesador o EEPROM, de la RAU o MMU;</li><li>• pérdida de comunicación en el RCC entre la MMU y la RAU.</li></ul>	3
<ul style="list-style-type: none"><li>• el índice de modulación de la MMU, controlado por la MMU del otro extremo, está fuera del rango permitido;</li><li>• una degradación en el nivel de salida RF del transmisor;</li><li>• falla en la señal FI recibida desde la MMU hacia la RAU.</li></ul>	4
Falla en una entrada tributaria del modulador en la MMU.	5

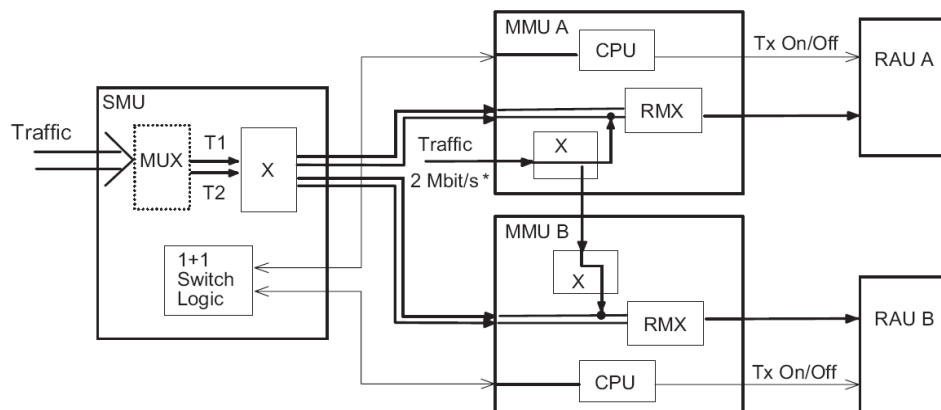
Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.32



La información de alarmas proveniente del transmisor es recolectada en el procesador de control y supervisión en cada MMU (CPU), luego, son enviadas al circuito de lógica de *switcheo* de la SMU (1+1 *switch* lógica) y una señal es devuelta por la SMU hacia el CPU para que este envíe una señal a la RAU para el control de las funciones de encendido/apagado del transmisor. El criterio de *switcheo* válido para el transmisor se presenta en la Tabla I.

En la Figura 16 se presenta el diagrama de bloques de la protección 1+1 para el *switcheo* en el transmisor.

Figura 16. **Protección de *switcheo* 1+1 en el transmisor**



MXU \_ Multiplexor

CPU \_ Procesador de control y supervisión

RMX \_ Multiplexor de trama de radio

X \_ Router

T1 \_ Canal de tráfico 1

T2 \_ Canal de tráfico 2

Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.33

### 1.5.11. *Switcheo* del receptor

Se tienen dos tipos de *switcheo* en el receptor: *Switcheo* por falla de equipo y protección *hitless* (libre de errores) por atenuación. Las funciones de *switcheo* son implementadas, físicamente, por dos diferentes tipos de *switch*, el *switch* RMX y un *switch* de *hardware*.

Tabla II. **Prioridades para el *switcheo* RMX en el receptor**

<b>Criterio de <i>switcheo</i></b>	<b>Prioridad</b>
<i>Switcheo</i> debido a falla de equipo	
Modo de <i>switcheo</i> manual.	1
Pérdida de comunicación en el NCC entre la SMU y la MMU, usualmente debido a la falta de MMU en el AMM.	2
Falla de CSS debido a: <ul style="list-style-type: none"><li>• Detección de una falla en el procesador o EEPROM, de la RAU o MMU.</li><li>• Pérdida de comunicación en el RCC entre la MMU y la RAU.</li></ul>	3
<ul style="list-style-type: none"><li>• El valor ajustado para la tasa de datos en el demultiplexor de la MMU no corresponde a la tasa de datos recibida.</li><li>• El tráfico que se recibe desde una RAU con un ID que no corresponde al establecido como ID del extremo opuesto en el ajuste Hop.</li><li>• La tasa de <i>bit</i> de error BER de la señal recibida excede <math>10^{-3}</math>.</li></ul>	4
El receptor no logro sincronizar con la cadena de <i>bits</i> recibida.	5
Detección de actividad FEC.	6
Bajo nivel de RF.	7

Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.34

La selección entre estos dos está basada en la información de alarmas desde la parte receptora de la RAU o de la MMU, de cualquier forma, el *switcheo hitless* es realizado por el *switch* RMX. La conmutación puede ser realizada en forma manual desde el panel frontal de la MMU o desde una PC. Una alarma de alta prioridad anula una alarma de menor prioridad. El receptor con la menor prioridad es el que recibe la señal.

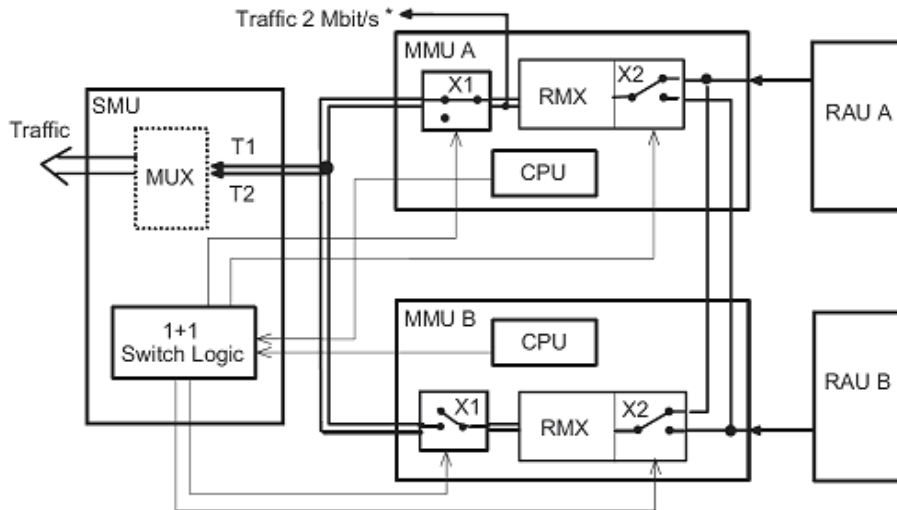
El tipo de conmutación que pone en fase los trenes de datos, previamente a la operación de conmutar, se denomina *hitless*. De esta forma, se asegura la conmutación en el mismo *bit* y se elimina el deslizamiento, consistente en la eliminación o la repetición de *bits*.

El *switcheo* RMX descrito en la Tabla II, está compuesto por *buffer* FIFO y *switches* de alta velocidad. El retraso en el *buffer* es controlado para que la diferencia de fase entre radios sea compensada. La información de alarmas provenientes del transmisor es recolectada en el procesador de control y supervisión en cada MMU (CPU) luego, son enviadas al circuito de lógica de *switcheo* de la SMU. La señal de control del circuito de lógica de *switcheo* controla el ruteo de tráfico de la señal compuesta de radio entre las dos MMU.

La señal de control del circuito de lógica de *switcheo* controla el *switcheo* de *hardware* localizado en la interfaz de tráfico de cada MMU. Los modos de *switcheo* son encendido/apagado.

En la Figura 17 se demuestra que la señal proveniente del canal fallado es apagada y la señal de los canales en espera es encendida. Después del *switcheo* de *hardware* sigue el *switcheo* del transmisor, entonces el mismo *hardware* (radio) es seleccionado del lado del transmisor y del lado del receptor. Independientemente, el *switch* RMX selecciona el mejor receptor.

Figura 17. Protección de *switcheo* 1+1 para el receptor



MXU \_ Multiplexor

CPU \_ Procesador de control y supervisión

RMX \_ Multiplexor de trama de radio

X1 \_ *Hardware Switch* (ubicado en el *Router*)

X2 \_ *RMX Switch* (ubicado en el demultiplexor de trama de radio)

T1 \_ Canal de tráfico 1

T2 \_ Canal de tráfico 2

Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.35

## 1.6. Desempeño del sistema

Tabla III. Desempeño del sistema

ITEM	7 GHz	8 GHz	13 GHz	15 GHz	18 GHz	23 GHz	26 GHz	VALOR GARANTIZADO
Frecuencias (GHz)	7.725	8.5	13.25	15.35	19.7	23.6		
Plan de Frecuencias ITU-R	385-5	1055-1	497-4	636-2	595-3 F.191	F637-2	F748-1	
Separación de Canal	3.5 MHz (4MB) / 7 MHz (8MB) / 14 MHz (17MB); 13.75 MHz y 20 Hz para 18 GHz) / 28 MHz (34 MB); 27.5 MHz para 18 GHz							
Separación (MHz) RF TX/RX	161	126	266	315 420	1008 1110	1008 1200	1008	
Potencia de Salida ODU (dBm) BER=10E-3	+27	+27	+25	+23	+23	+23	+20	±1.5 dB
4 MB	-90	-90	-90	-90	-89	-88	-87.5	+3 dB
8 MB	-87	-87	-87	-87	-86	-85	-84.5	+3 dB
17 MB	-84	-84	-84	-84	-83	-82	-81.5	+3 dB
34 MB	-81	-81	-81	-81	-80	-79	-78.5	+3 dB
BER=10E-6								
4 MB	-86.5	-86.5	-86.5	-86.5	-85.5	-84.5	-84	+3 dB
8 MB	-83.5	-83.5	-83.5	-83.5	-82.5	-81.5	-80	+3 dB
17 MB	-80.5	-80.5	-80.5	-80.5	-79.5	-78.5	-78	+3 dB
34 MB	-77.5	-77.5	-77.5	-77.5	-76.5	-75.5	-74.5	+3 dB
BER=10E-3								
4 MB	113.5	113.5	111.5	109.5	108.5	107.5	104	+4.5 dB
8 MB	110.5	110.5	108.5	106.5	105.5	104.5	101	+4.5 dB
17 MB	107.5	107.5	105.5	103.5	102.5	101.5	98	+4.5 dB
34 MB	104.5	104.5	102.4	100.5	99.5	98.5	95.5	+4.5 dB
BER=10E-6								
4 MB	110	110	108	106	105	104	100.5	+4.5 dB
8 MB	107	107	105	103	102	101	97.5	+4.5 dB
17 MB	104	104	102	100	99	98	94.5	+4.5 dB
34 MB	101	101	99	97	96	95	91.5	+4.5 dB
Consumo de Potencia								
Sistema 4 MB	aprox.: 103 Watts							
Sistema 8 MB	aprox.: 105 Watts							
Sistema 17 MB	aprox.: 107 Watts							
Sistema 34 MB	aprox.: 110 Watts							

Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.29

## **1.7. Unidad de acceso a servicio (SAU)**

La unidad de acceso a servicio (SAU) proporciona funciones adicionales como canales de servicio, entradas/salidas paralelas y acceso al canal externo de alarmas (EAC). En la Figura 22 se presentan las versiones de SAU con las que se cuenta:

- SAU básica
- SAU Exp1
- SAU Exp2
- SAU IP

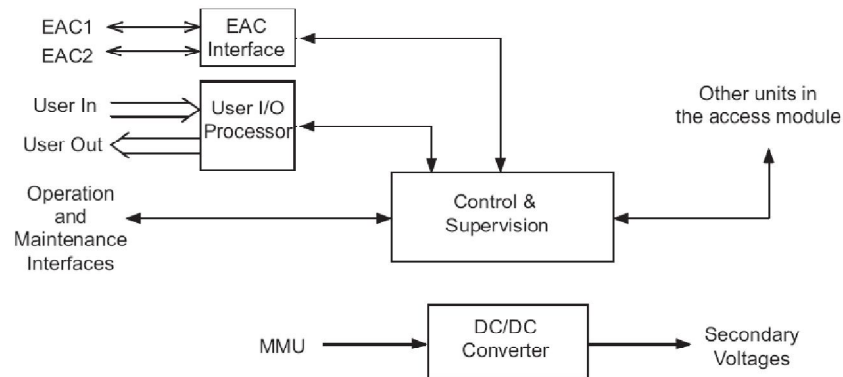
La diferencia entre los diferentes modelos de SAU se puede observar en el tipo de puertos que manejan, sin embargo, en la parte frontal de la unidad aparece escrito el modelo de la unidad.

### **1.7.1. SAU básica**

Los elementos que componen una SAU básica se muestran en la Figura 18:

- Dos puertos EAC
- Ocho puertos de entrada
- Cuatro puertos entrada/salida (selección individual)
- Procesador de Control y Supervisión
- Convertidor DC/DC

Figura 18. Diagrama de la SAU básica



Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.38

### 1.7.2. SAU Exp 1

El diagrama de una SAU Exp 1 se muestra en la Figura 24, adicional a los componentes de la SAU básica se tiene:

- Dos canales de servicio digitales por cada terminal de radio
- Dos puertos RAC

### 1.7.3. SAU Exp 2

El diagrama de una SAU Exp 2 adicional a los componentes de la SAU básica se tiene:

- Un canal de servicio digital por cada Terminal de radio
- Un canal de servicio análogo por cada Terminal de radio
- Servicio de teléfono
- Dos puertos RAC

#### **1.7.4. Puerto EAC**

El canal externo de alarmas (EAC) es usado para conectar alarmas e información para control desde y hacia otros módulos de acceso que se encuentren en el mismo sitio (encadenar con otros Mini-Link E) para la operación y mantenimiento de redes de microondas.

#### **1.7.5. Puertos de entrada/salida**

Los puertos de entrada son utilizados para conectar alarmas para supervisar la operación y mantenimiento de la red.

Los puertos de salida se utilizan para control de algunas funciones en otros elementos Mini-Link E que formen parte de la red de microondas, así como para llevar las alarmas del módulo de acceso AMM hacia el sistema de supervisión.

#### **1.7.6. Control y supervisión**

Un microprocesador basado en un sistema de control y supervisión (CSS) está instalado en el AMM. Éste realiza las funciones de recolección de alarmas, controles de ajuste y pruebas. Las fallas son indicadas en unos LED que se encuentran en la parte frontal de las unidades.

El procesador de la SAU se comunica con otros procesadores en el módulo de acceso a través del canal de comunicación de nodo. Este procesador también se puede comunicar con una PC por medio de la interfaz de mantenimiento.



El procesador de la SAU controla los puertos de entrada/salida y el ruteo del canal de servicio. El procesador se comunica con otros Mini-Link E a través del canal externo de alarmas (EAC) o por el canal remoto de alarmas (RAC).

#### **1.7.7. Canal de servicio digital**

Los canales de servicio digital proporcionan canales de datos extras. Por ejemplo, estos pueden ser usados para intercambiar datos con otros equipos que no se encuentren instalados en el AMM.

Los canales de servicio están disponibles en la parte frontal de la SAU y son interconectados a la MMU a través del *backplane* en el módulo de acceso, sin necesidad de ningún cable.

#### **1.7.8. Convertidor DC/DC**

El convertidor de DC/DC instalado en la SAU es energizado desde la MMU a través del módulo de acceso. Este proporciona los voltajes secundarios para la circuitería de la SAU.

#### **1.7.9. Canal remoto de alarmas (RAC)**

El canal remoto de alarmas (RAC) es utilizado cuando terminales de Mini-Link E instaladas en otros sitios no pueden ser alcanzadas por el aire (microondas). El RAC tiene dos puertos, cada uno con interfaces RS 232C.

### **1.7.10. Canal de servicio analógico**

El canal de servicio analógico es utilizado para la comunicación entre terminales instaladas en sitios opuestos.

El canal de servicio se conecta desde el teléfono de servicio hasta las terminales del AMM, dicha conexión se controla desde el MSM y se distribuye hasta los sitios remotos a través de las MMU y RAU.

### **1.7.11. Teléfono de servicio**

La versión SAU Exp 2 está desarrollada con servicio de teléfono de dos hilos. Los dos dígitos a marcar para utilizar el teléfono son establecidos en el MSM. Una llamada puede ser, simultáneamente, realizada con todos los teléfonos o con un teléfono específico.

## **1.8. SAU IP**

La SAU IP proporciona la asignación de la ruta para los datos DCN IP desde las terminales del Mini-Link E, utilizando canales digitales de 64 kbit/s. Esta unidad puede ser instalada, al igual que los otros modelos de SAU, en un AMM 2U-3 O AMM 4U.

En esta tarjeta se encuentran disponibles las siguientes interfaces:

- Dos conectores Ethernet 10/100BASE-T, implementados como un hub, los cuales proporcionan la posibilidad de conectarnos a un sitio a través de una conexión LAN, obteniendo acceso a la gestión local del equipo;

- Puertos I/O los cuales proporcionan las mismas funciones que los tipos de SAU mencionados anteriormente:
  - Ocho puertos de entrada para conectar las alarmas, como pueden ser alarmas de puerta, contra incendios, energía, etc;
  - Cuatro puertos individuales ajustables como de entrada o salida. Los puertos de salida pueden ser utilizados para el control de distintas funciones desde un sitio remoto;
- El servidor terminal proporciona la posibilidad del tunneling de datos para ser accesados desde otro puerto de un servidor terminal que no se encuentre dentro de la red.

### **1.8.1. Servicios IP**

Los servicios soportados por la SAU IP son:

- Todos los relojes, por ejemplo los utilizados para las alarmas de tiempo y eventos, pueden ser sincronizados con el protocolo de tiempo de red NTP;
- El protocolo de transferencia de archivos FTP se utiliza como un mecanismo de transferencia de archivos para actualizaciones de *software*, y para realizar *backups* o restauraciones en la configuración del sistema;
- Nombre de servidor de dominio (DNS) se usa para habilitar nombres de *host*;
- Protocolos de configuración de *host* dinámicos (DHCP) son utilizados para destinar direcciones IP en el DCN.

### **1.8.2. Descripción del funcionamiento**

El terminal servidor implementa una interfaz V.24 configurado como un equipo de comunicación de datos (DCE).

Éste convierte los datos seriales V.24/RS 232 a tráfico sobre IP, para ser enviados por el *router* hacia las interfaces Ethernet. El tráfico IP entrante es manejado en la dirección inversa.

Las interfaces del *router* son 2x64 canales digitales de servicio por MMU que se encuentran en el *backplane*. Los datos desde la MMU son enviados hacia la RAU, a través del link de radio y viceversa. Cuando utilizamos la SAU IP, todos los canales de servicio en el AMM son utilizados para tráfico DCN IP. Ocho puertos de entrada y cuatro puertos entrada/salida se encuentran disponibles. Los puertos de entrada pueden ser configurados como normalmente abiertos o normalmente cerrados. Los puertos de salida pueden ser controlados por la severidad de la alarma o por un operador. La SAU IP es energizada desde la MMU a través del *backplane*.

### **1.8.3. Sistema de gestión**

El ajuste y configuración del sistema de gestión se realiza desde el *Local Craft Terminal* (LCT), este consiste en una PC con un buscador Web para acceder al EMM. El EMM proporciona las herramientas para instalación en el sitio, configuración de la gestión, gestión de alarmas, gestión para el desempeño y actualizaciones del *software*.

El EMM es accesible, localmente conectando una PC directamente en un puerto Ethernet, utilizando un cable Ethernet cruzado.

El EMM también puede ser accesado de forma remota a través del DCN, simplemente, ingresando una dirección IP (o el nombre del *host* si se está usando) como un URL desde el buscador de web. El EMM es lanzado en el administrador del Mini-Link E para la gestión desde el centro O&M.

La SAU IP se maneja como un elemento de gestión separado y no aparece como parte del módulo de acceso en el MSM como sucede con las otras versiones de SAU. Un agente SNMP (v1, v2 o v3) habilita, fácilmente, la integración con cualquier SNMP basado en el sistema de gestión.

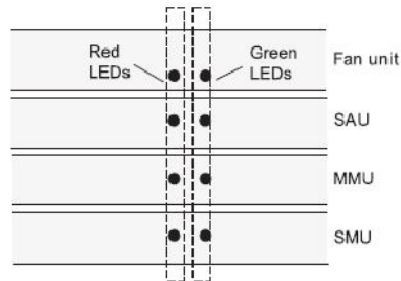
La interfaz SNMP está, principalmente, concentrada para detección de fallas. La SAU IP también proporciona una interfaz de línea de comando (CLI), una herramienta de configuración basada en texto similar a la utilizada para configuración de *routers*. La misma está dedicada para configuraciones específicas tales como localización y resolución de problemas en los parámetros del ruteo IP. Además, se puede acceder a la misma desde la ventana del *prompt* usando Telnet.

El *software* puede ser actualizado, localmente o remotamente utilizando un servidor FTP para distribuir el *software*. Las nuevas versiones de *software* son activadas realizando un reinicio del sistema, el cual no tendrá impacto en el tráfico. El reinicio puede ser instantáneo o programado para después. El FTP también es utilizado para cargar archivos de configuración, como puede ser un *backup* de la configuración del sistema, o, un restablecimiento del sistema.

#### **1.8.4. Supervisión local de las interfaces**

Los LED de la MMU, SMU, SAU y unidad FAN indican el estado actual de cada una de las unidades como se muestra en la Figura 19 y Tabla IV.

Figura 19. LED para alarmas de la unidad FAN, SAU, MMU y SMU



Fuente: Ericsson AB. MLE ANSI *Indoor Installation Manual*. p.120

TABLA IV. Estado de los LED en la unidad FAN, SAU, MMU y SMU

	LED Rojo		LED Verde
	<i>Encendido</i>	<i>Flasheando</i>	<i>Flasheando</i>
Unidad FAN	Falla de la unidad FAN		
SAU	Falla de la SAU		Alarma NCC, EAR o RAC
MMU	Alarma A o B	Alarma Exp NCC	Alarma NCC
SMU	Falla de la SMU		Alarma NCC

Fuente: Ericsson AB. MLE ANSI *Indoor Installation Manual*. p.120

Alarmas en la MMU:

- A Indicativo de disturbios en el tráfico, solicitando inmediata intervención
- B Indicativo de riesgo de disturbios en el tráfico

## **1.9. Accesorios**

### **1.9.1. Unidad de distribución de DC (DDU)**

La unidad de distribución de DC se utiliza para distribuir el suministro de energía, hasta un total de cinco unidades para interiores (MMU). La DDU se conecta al suministro de energía primaria a través de un cable blindado de batería. El suministro de energía primaria debe tener un fusible para proteger la DDU y el cable de batería. Cada salida en la DDU debe estar protegida por un fusible tipo automático de 6 A combinado con un *switch* encendido/apagado.

Se tienen dos versiones de DDU:

Tierra negativa: Para +24 V DC. El polo positivo se conecta a la DDU y el polo negativo se conecta a tierra.

Tierra positiva: Para -48 VDC. El polo negativo se conecta a la DDU y el polo positivo se conecta a tierra.

### **1.9.2. Unidad FAN**

Para garantizar el enfriamiento necesario en las unidades *plug-in*, la unidad FAN de la Figura 31 se instala sobre el AMM. El aire de enfriamiento ingresa por el frente del AMM, circula entre las unidades y sale a través de los agujeros en la parte de atrás del AMM.



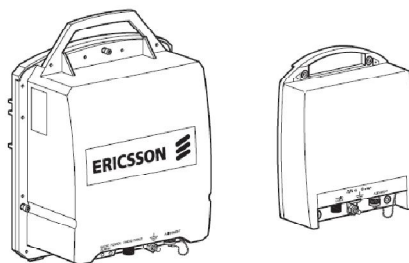


## 2. UNIDAD PARA EXTERIORES (ODU)

### 2.1. Unidad de radio (RAU)

La función básica de la unidad de radio (RAU) es generar y recibir la señal de RF y convertirla al formato de señal del cable de radio que conecta la MMU con la RAU. Ésta puede ser combinada con una amplia gama de antenas para una instalación separada o integrada. La RAU se conecta a la antena a través de la interfaz de guía de onda. La desconexión y reemplazo de la RAU puede ser realizado sin afectar el alineamiento de la antena. La energía de DC hacia la RAU es proporcionada por la MMU a través del cable de radio. La RAU está protegida de las inclemencias del tiempo (lluvia, polvo, viento, rayos solares, etc.) por medio de una caja metálica pintada de color gris claro, la cual viene con un mango para levantarla o sostenerla. Se tienen, también, dos ganchos que se utilizan durante la instalación para lograr que la RAU encaje en la antena. Se tienen dos tipos de diseños mecánicos, RAU1 y RAU2 mostrados en la Figura 20.

Figura 20. Diseños mecánicos para la RAU1 y RAU2



Fuente: Ericsson AB. *Ptp Outdoor Installation Manual*. p.12

La RAU consta de una cubierta, la unidad de microondas, la tarjeta con los circuitos de control y la unidad de filtro. La RAU es independiente de la capacidad de tráfico, la frecuencia de operación depende de la RAU, únicamente y se ajusta en el sitio de instalación. Esta función se realiza con el MSM o, bien, con el interruptor de palanca de la MMU (aplica solamente para C-QPSK). El arreglo de los canales de frecuencia está disponible de acuerdo con las recomendaciones de la ITU-R y ETSI.

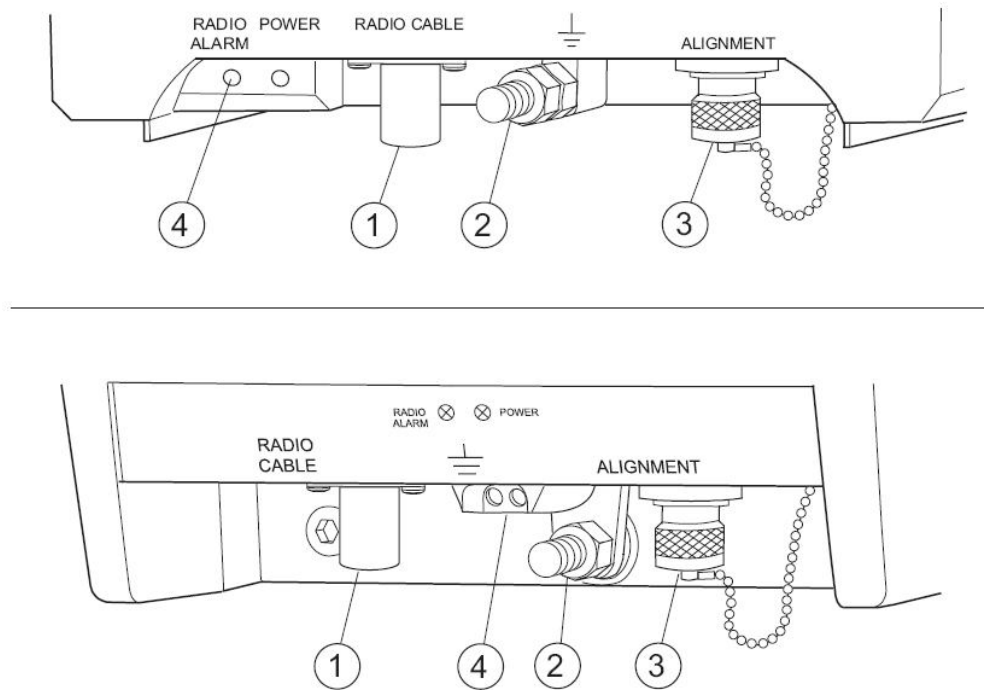
### **2.1.1. Modelos de RAU**

La RAU está diseñada como RAUX Y F, por ejemplo RAU2 M 23, cuando es solicitado al fabricante, se puede agregar información referente a la sub-banda de frecuencia y potencia de salida. El significado de cada letra es el siguiente:

- X indica el diseño mecánico 1 o 2.
- Y indica la compatibilidad con la MMU.
  - “En blanco”, por ejemplo RAU2 23, indica compatibilidad con MMU para C-QPSK.
  - M, por ejemplo RAU2 M 23, indica compatibilidad con MMU para C-QPSK y 16 QAM.
  - N, POR EJEMPLO RAU2 N 23, indica compatibilidad con MMU para C-QPSK y 16 QAM.
- F indica la banda de frecuencia.

### 2.1.2. Descripción

Figura 21. Diseño mecánico de las interfaces de la RAU1 y RAU2

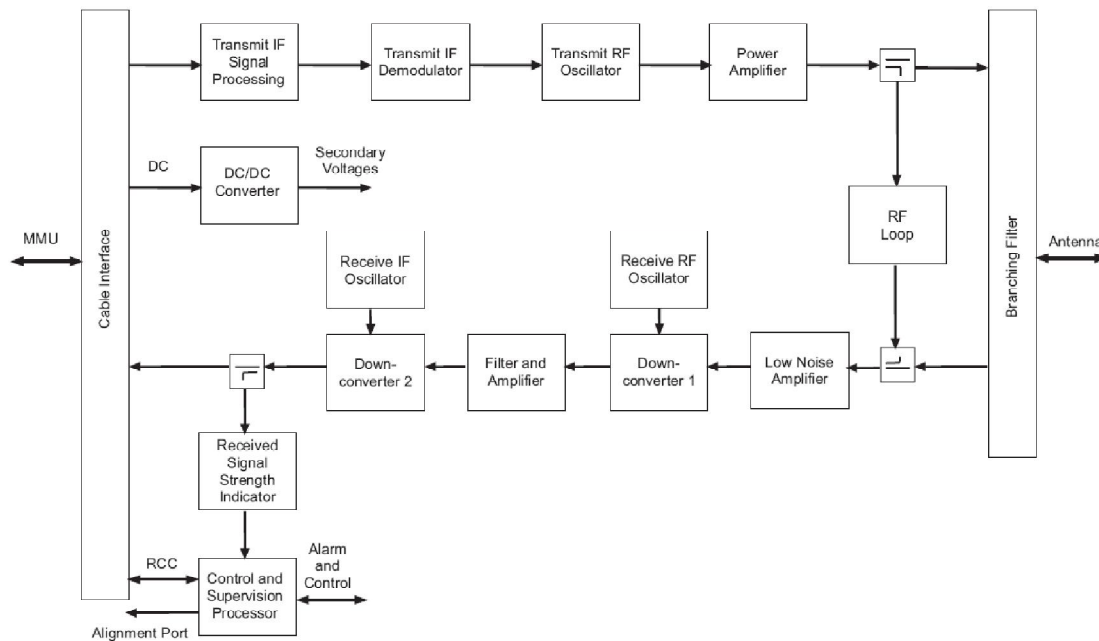


1. Conexión del cable de radio hacia la MMU. Conector tipo N 50  $\Omega$ . El conector está equipado con tubos de gas de descarga para proteger contra las descargas atmosféricas.
2. Punto de protección de tierra, para conectarse con el sistema de tierras.
3. Puerto de prueba, para pruebas de alineamiento de antenas.
4. LED rojo: Unidad de alarma.

Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.49

En la Figura 22 se presenta el diagrama de bloques de las funciones internas y externas para los diferentes modelos de RAU.

Figura 22. Diagrama de bloques de la RAU1 y RAU2



Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.51

### 2.1.3. Procesamiento de la señal FI transmitida

El amplificador de entrada es controlador de ganancia automática, por lo tanto, no es necesario realizar ninguna compensación con la longitud del cable que conecta el equipo para interiores (IDU) con el equipo para exteriores (ODU). Este nivel es usado para generar una alarma, indicando que el nivel de FI transmitida está demasiado bajo debido a excesivas pérdidas en el cable.

#### **2.1.4. Interfaz de cable**

La señal compuesta proveniente de la MMU es demultiplexada en la interfaz de cable y reenviadas para luego ser procesadas en la RAU. Las señales son:

- Señal FI transmitida, Una señal modulada con una frecuencia nominal de 350 MHz.
- Señal de control con una frecuencia nominal de 6.5 MHz.
- Suministro de voltaje a la RAU.

Similarmente, las señales que salen de la RAU son multiplexadas en la interfaz de cable:

- Señal FI recibida, con una frecuencia nominal de 4.5 MHz.
- Señal de control con una frecuencia nominal de 4.5 MHz.

Adicionalmente, la interfaz de cable incluye un circuito para protección de sobrevoltaje.

#### **2.1.5. Demodulador FI transmitida**

La señal FI transmitida es amplificada, limitada y demodulada. La señal demodulada es adherida al oscilador transmisor de RF dentro de la portadora de RF.

### **2.1.6. Oscilador FI transmitida**

La frecuencia del transmisor es controlada por un PLL (*Phase Locked Loop*) y un oscilador controlado por voltaje (VCO). Un loop desbloqueado en el VCO genera una alarma de frecuencia en el transmisor.

### **2.1.7. Filtro y amplificador**

La señal convertida es amplificada y filtrada en un filtro pasa-banda.

### **2.1.8. Convertidor de subida 1**

La señal FI transmitida es convertida a una segunda frecuencia intermedia FI de, aproximadamente, 2 GHz.

### **2.1.9. Oscilador de RF transmitida**

El oscilador implementado es el mismo que se utiliza para el oscilador FI.

### **2.1.10. RF loop**

El loop de RF es utilizado para propósitos de prueba únicamente. Cuando el loop es ajustado, la frecuencia del transmisor se ajusta a la frecuencia de recepción y la señal del transmisor en el filtro Branching se transfiere al lado del receptor.

### **2.1.11. Convertidor de subida 2**

La señal FI es amplificada y convertida a la frecuencia de radio seleccionada para el enlace.

### **2.1.12. Amplificador de potencia**

La potencia de salida del amplificador es controlada por medio del ajuste de la ganancia en el amplificador. La potencia de salida se ajusta en pasos de 1 dB a través del MSM, si está disponible, también es posible apagar o encender el transmisor utilizando el amplificador de potencia. El nivel de potencia de salida es monitoreado habilitando una alarma.

### **2.1.13. Filtro Branching**

Del lado del transmisor, la señal es acoplada a la antena a través de la salida del filtro Branching. La señal que entra por la antena es acoplada hacia el lado del receptor a través de la entrada del otro filtro Branching. La antena y ambos filtros Branching se conectan con una impedancia de unión T.

### **2.1.14. Amplificador de bajo ruido**

La señal recibida desde la entrada del filtro Branching es muy pequeña y debe ser aumentada por un amplificador de bajo ruido antes de ser procesada para extraer de ella la señal principal.

Los amplificadores de bajo ruido proporcionan esa amplificación, y son los dispositivos de amplificación que menos ruido añaden de todos los existentes en el mundo.

### **2.1.15. Oscilador RF recibida**

La frecuencia en el receptor es controlada por un PLL, incluyendo el VCO. Un loop en el VCO genera una alarma de la frecuencia recibida.

### **2.1.16. Convertidor de bajada 1**

La señal FI transmitida es convertida a una segunda frecuencia intermedia FI de, aproximadamente, 1 GHz.

### **2.1.17. Oscilador FI recibida**

El oscilador es utilizado para una segunda conversión de frecuencia hasta 140 MHz, este oscilador es un PLL, incluyendo el VCO.

El VCO también se utiliza para el ajuste de la señal recibida de 140 MHz. Una señal de error de frecuencia desde la MMU es utilizada para cambiar el oscilador receptor para facilitar el control automático de frecuencia.

### **2.1.18. Indicador de fuerza en la señal recibida (RSSI )**

Una porción de la señal de 140 MHz es acoplada a un detector calibrado en el RSSI para proporcionar una medida del nivel de señal recibida. El nivel medido está representado como un voltaje analógico en el puerto de alineamiento o en dBm desde el *software* de mantenimiento.



### **2.1.19. Procesador de control y supervisión**

El procesador de control y supervisión tiene las siguientes funciones principales:

- Recolecta las alarmas y las señales que indican el estado de la RAU son enviadas al procesador de la MMU. Un resumen del estado de la RAU se logra visualizar con LED en la RAU.
- Los comandos de la unidad para interiores son ejecutadas, estos comandos incluyen la activación o desactivación del transmisor, ajustes del canal de frecuencia, ajustes en la potencia de salida.
- El procesador controla los procesamientos y bucles internos de la RAU.

### **2.2. Protección mediante conmutación**

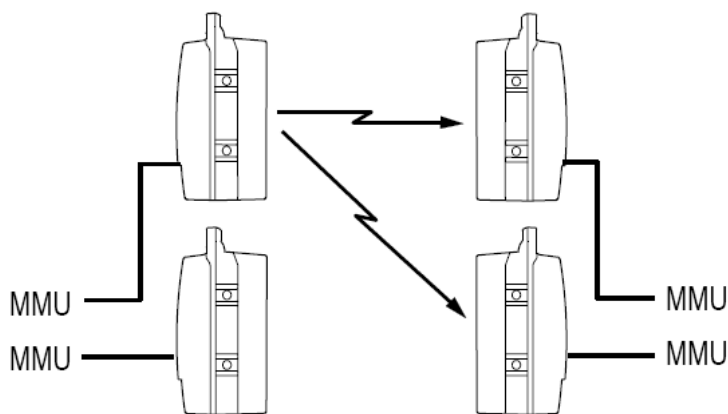
La conmutación de canales con la misma banda base digital se requiere como mecanismo de protección para contrarrestar las fallas de equipos y la mala propagación de la señal. Existen 2 grandes tipos de mecanismos de conmutación:

- *Hot stand-by.*
- *Working stand-by.*

En una conexión de radio, enlaces *hot stand-by*, transmiten una sola frecuencia, por lo tanto, existe una conmutación de transmisores a nivel de radiofrecuencia. En recepción se tiene una conmutación en banda base con un circuito separador para los dos receptores en radiofrecuencia.

La conmutación es efectuada con base en una lógica de alarmas del equipo de recepción, que toma en cuenta, entre otras, la alarma de tasa de error BER. En la Figura 23 se presenta un sistema *hot stand-by*.

Figura 23. **Sistema Mini-Link E *hot stand-by***

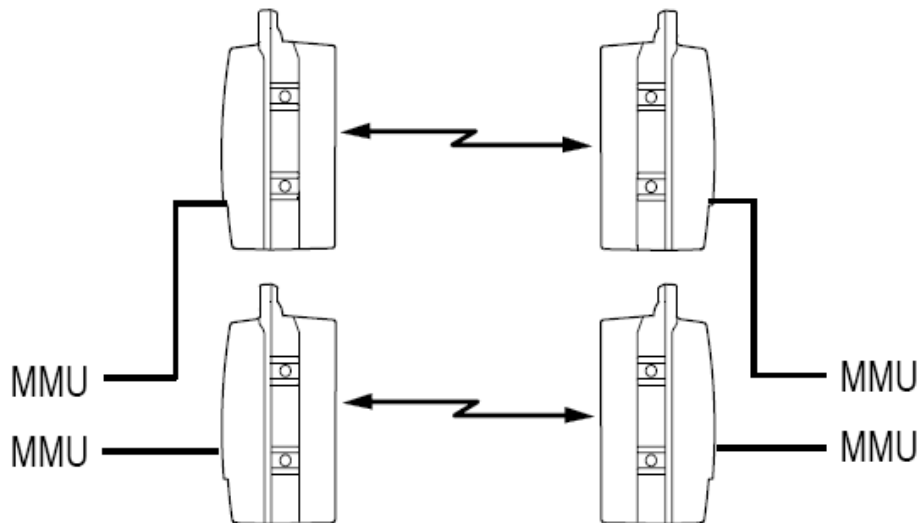


Fuente: Ericsson AB. Ptp *Outdoor Installation Manual*. p.107

En una conexión de diversidad de frecuencia o de espacio se transmiten dos frecuencias o caminos distintos desde el transmisor y la conmutación se realiza en la banda base de recepción.

Como las frecuencias sufren distinto retardo en el vínculo, la relación de fase entre los *bits* antes de la conmutación es variable y, por ello, se requiere de un circuito desfasador, también variable que ponga en fase los dos trenes de datos antes de la conmutación. El sistema *working stand-by* para el Mini-Link E se muestra en la Figura 24.

Figura 24. **Sistema Mini-Link E modo *working stand-by***



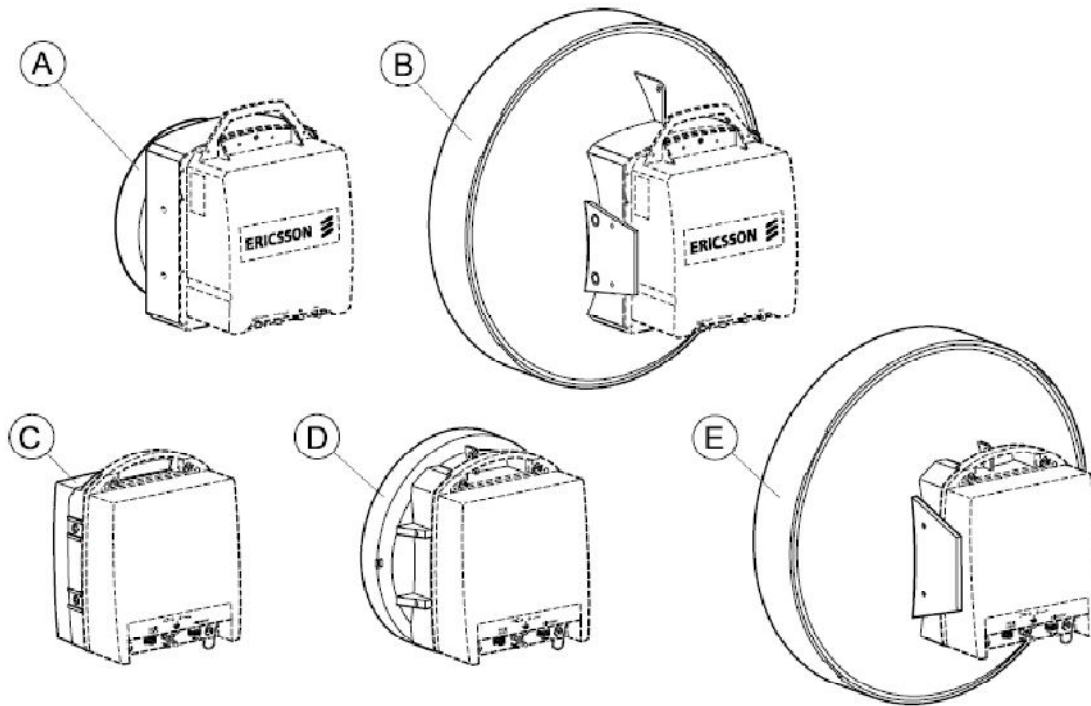
Fuente: Ericsson AB. *Ptp Outdoor Installation Manual*. p.107

## 2.3. Antenas

### 2.3.1. Descripción

El rango de antenas comprende desde 0.2 m hasta 3.7 m de diámetro, en versión simple o de doble polarización. Todas las antenas son “compactas”, esto se refiere a un diseño compacto de perfil bajo. Las antenas arriba de 1.8 m de diámetro pueden ser fabricadas de tal manera que está sea integrada a la unidad de radio (RAU). En la Figura 24, se muestran los modelos de RAU1 y RAU2 acopladas con diferentes modelos de antenas.

Figura 25. RAU 1 y RAU2 con diferentes antenas



Descripción:

- A Antena de 0.3 m con RAU1
- B Antena de 0.6 m con RAU1
- C Antena de 0.2 m con RAU2
- D Antena de 0.3 m con RAU2
- E Antena de 0.6 m con RAU2

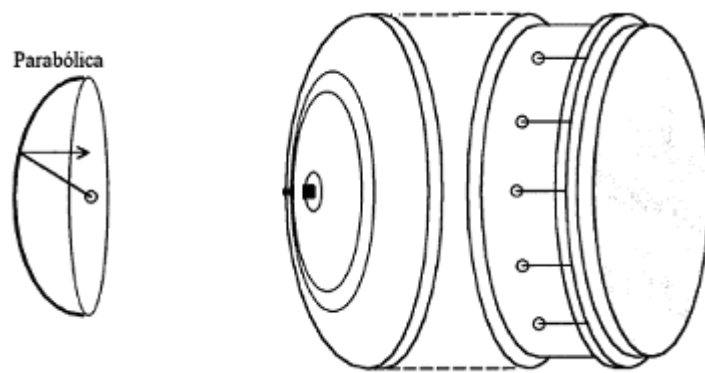
Fuente: Ericsson AB. *Ptp Outdoor Installation Manual*. p.13

Las antenas utilizadas por los radios Mini-Link E corresponden a antenas tipo parábola, las cuales se fabrican de aluminio y son pintadas de color gris claro.

Se cuenta con cinco diferentes tipos de antenas, las cuales se acoplan directamente, en la unidad de radio RAU, éstas son: la antena de 0.2 m, 0.3 m, 0.6 m, 1.2 m y 1.8 m. Todas las antenas pueden ser instaladas de forma separada de la unidad de radio RAU; para este tipo de conexión es necesario emplear una guía de onda flexible.

Además, una vez acoplada la antena a la RAU y realizado el alineamiento de la misma, ya no es necesario desmontarla para realizar el mantenimiento. Todas las antenas cumplen con el estándar IEC 154 tipo B con una interfaz de guía de onda que puede ser ajustada para polarización horizontal o vertical.

Figura 26. **Reflector de la antena parabólica**



Fuente:

<http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/profesores/jruiz/jairocd/texto/usm/cd/documento5.pdf>

En una antena parabólica típica, una onda esférica procede del alimentador de la antena el cual actúa de fuente primaria y es transformada en una onda plana tras el paso por el reflector. El problema reside en iluminar el reflector desde el foco del mismo como se observa en la Figura 26.

En los enlaces radioelétricos terrestres por problemas de interferencias se requieren reflectores adicionales de alto rendimiento y ancho de banda. Se han adoptado viseras recubiertas de material absorbente que disminuyen los campos difusos.

El reflector de la antena debe cumplir la condición de entregar una onda plana a la salida del mismo. En teoría el alimentador es una fuente puntual que alimenta al reflector que está situado en el foco de la parábola.

En la práctica ocupa un espacio y no satisface el diagrama direccional. La energía radiada por el alimentador desborda al reflector y produce una emisión espuria que crea lóbulos laterales.

Una solución es colocar una superficie absorbente y otra es reducir la irradiación del iluminador sobre el borde de la parábola con lo cual se reduce tanto el lóbulo lateral como se incrementa la ganancia total del reflector. Los sistemas comunes de reflectores e iluminadores son el alimentador en el foco de una parábola.

La Parábola tiene la ventaja de que el bloqueo por parte del iluminador de la abertura de la antena es reducido y la bocina alimentadora es reducida y pequeña. Sin embargo, requiere de tramos de cable coaxial o guía de onda larga. Es la antena típica usada para radioenlaces terrestres.

## 2.4. Desempeño de la ODU

Tabla V. Desempeño y características de la ODU

ITEM	7 GHz	8 GHz	13 GHz	15 GHz	18 GHz	23 GHz	26 GHz	VALOR GARANTIZADO
Rango Frecuencias (GHz)	7,125-7,725	8,275-8,5	12,75-13,25	14,5-15,35	17,7-19,7	21,2-23,6	24,5-26,5	
Plan de Frecuencias ITU-R	385-5	1055-1	497-4	636-2	595-3 F.191	F637-2	F748-1	
Separación de Canal	3.5 MHz (4MB) / 7 MHz (8MB) / 14 MHz (17MB; 13.75 MHz y 20 MHz para 18 GHz) / 28 MHz (34 MB); 27.5 MHz para 18 GHz							
Separación (MHz) RF TX/RX	161	126	266	315 420	1008 1110	1008 1200	1008	
Potencia de Salida ODU (dBm)	+27	+27	+25	+23	+23	+23	+20	±1,5 dB
Control de Potencia	0 a 10 dB, en pasos de 1 dB, variable, 0/10/20 dB son fijados con una exactitud de ±1 dB							±1,0 dB
Estabilidad de Frecuencia	± 5 ppm							±10 ppm
Figura de Ruido Recibida	4,0 dB	4,0 dB	4,0 dB	4,0 dB	5,0 dB	6,0 dB	7,0 dB	+2 dB: (7/13/15/18 GHz)
Máximo Nivel de Entrada	-15 dBm				-20 dBm			
Tx:	850 MHz							
Rx:	70 MHz							
Entrada:	45 dBm a 0 dBm, varía con la longitud del cable (longitud máxima del cable 300 m)							
Salida:	0 dBm nominal							
Componente de DC	-43 V DC							
Monitoreo y Control de la frecuencia de la señal	10 MHz, ASK							
Impedancia	50 Ω, desbalanceada							
Tipo Conector RF	SMA	SMA o N	SMA o N	SMA o N	SMA o N	SMA o N	PBR - 260	
Dimensiones	7 / 8 GHz: 264.3 ancho x 316.9 alto x 141 largo (mm) 13-26 GHz: 264.3 ancho x 316.9 alto x 96 largo (mm)							
Peso	7/8 GHz: aprox.: 8 kg 13-26 GHz: aprox.: 6 kg							
Operación	-33 °C hasta 55°C							
No operación	-33 °C hasta 70°C							

Fuente: Ericsson AB. MINI-LINK E *Technical Description*. p.45





### 3. INSTALACIÓN

Mini-Link E es un sistema modular para interiores con capacidad de tráfico de hasta 17x2 (34+2) Mbit/s. El sistema modular permite agregar nuevas unidades (MMU, SMU o SAU) al magazine mientras el sistema se encuentra en operación sin ocasionar afectación de tráfico (siempre que la terminal pertenezca a un sistema protegido 1+1).

La inserción de nuevas unidades *plug-in* y la actualización automática del *software* asegura que el tráfico se mantenga operacional durante el reemplazo y la actualización funcional del *software*.

El *software* controlador del ruteo de tráfico minimiza el cableado, alcanzando un sistema en donde se ha minimizado la cantidad de cables utilizados reduciendo, así, los puntos de falla.

Esta sección describe el procedimiento recomendado para la instalación y puesta en servicio de las unidades descritas en el capítulo anterior que componen las unidades para interiores y para exteriores.

El magazine donde se instalan las unidades *plug-in* está diseñado para ser instalado en un rack de 19", según las normas ETSI.

A continuación, se lista el procedimiento recomendado para el montaje e instalación de un sistema Mini-Link E.

- Paso 1. Leer las instrucciones de seguridad;
- Paso 2. Instalación de las unidades para interiores;
- Paso 3. Instalación del cable para interiores;
- Paso 4. Instalación de las unidades para exteriores;
- Paso 5. Instalación del cable de radio para exteriores;
- Paso 6. Instalación del cable de radio para interiores;
- Paso 7. Configuraciones iniciales;
- Paso 8. Alineación de la antena;
- Paso 9. Configuración del radioenlace;
- Paso 10. Pruebas funcionales;
- Paso 11. Puesta en servicio del sistema.

### **3.1. Herramientas**

Las herramienta que se utilizaran durante la instalación de las unidades para interiores son:

- Llaves de tuercas 13mm, 18mm y 19mm
- Destornillador Phillips No.1
- Destornillador Torx TX10, TX20, TX25 y TX30
- Ponchadora para conectores IDC D-sub
- Crimper para cable Micro coaxial y conector DC
- Alicata cortador

Herramienta que se utilizarán durante la instalación de las unidades para exteriores.

- Llaves de tuercas 10mm, 16mm, 19mm y 24mm
- Llaves de Carraca 10mm, 16mm, 19mm y 24mm
- Destornillador Phillips No.2
- Destornillador Torx TX20
- Llave hexagonal con manecilla tipo T
- Palanca
- Multímetro Digital
- Brújula

### **3.2. Instalación de unidades para interiores**

- Paso 1. Asegurarse que todas las herramientas, unidades y accesorios se encuentran disponibles;
- Paso 2. Instalar el panel para el cable de radio;
- Paso 3. Instalar la unidad DDU;
- Paso 4. Instalar la unidad FAN;
- Paso 5. Instalar el AMM;
- Paso 6. Instalar la tapadera frontal;
- Paso 7. Insertar las unidades *plug-in*.

### **3.2.1. Instalación del panel para el cable de radio**

- Paso 1. Encajar las tuercas del panel en el rack;
- Paso 2. Encajar el panel para el cable de radio de interiores y el cable de tierra en el rack, luego, apretar los tornillos;
- Paso 3. Conectar el otro extremo del cable de tierra al punto de tierra más cercano.

### **3.2.2. Instalación de la unidad DDU**

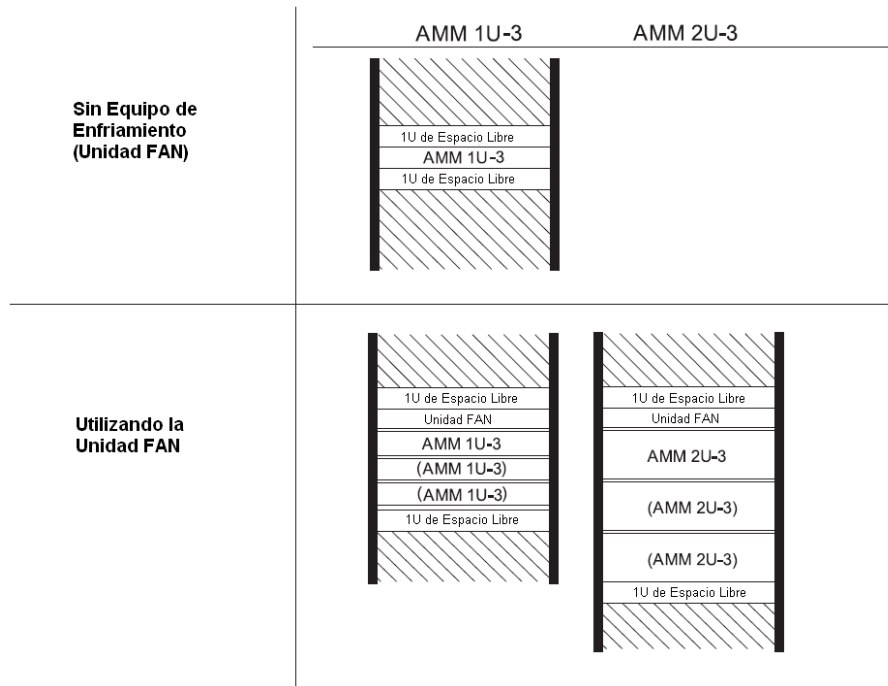
- Paso 1. Encajar las tuercas en el rack;
- Paso 2. Encajar la DDU en el rack, luego apretar los tornillos;
- Paso 3. Conectar el cable de tierra a la DDU. Conectar el otro extremo del cable de tierra al punto de tierra más cercano.

### **3.2.3. Instalación de la unidad FAN**

Si en el lugar donde se instalará el equipo para interiores se cuenta con ventilación forzada a través del magazine, generada por un sistema de aire acondicionado con un volumen de salida de, por lo menos, 350 m<sup>3</sup>/h o 45 Gal/min, ningún otro sistema de enfriamiento será necesario.

La unidad FAN siempre debe ser instalada sobre el AMM, según se muestra en la Figura 27. Siempre asegurarse de dejar 1U (44 mm) de espacio libre por encima de la unidad FAN y el AMM. Para cubrir este espacio libre se pueden utilizar tapaderas.

Figura 27. **Sistema de enfriamiento para el AMM 1U-3 y el AMM 2U-3**



Fuente: Ericsson AB. MLE ANSI *Indoor Installation Manual*. p.28

- Paso 1. Encajar las tuercas en el rack;
- Paso 2. Encajar la unidad FAN en el rack y apretar los cuatro tornillos.

Asegurarse de dejar, al menos, 1U de espacio libre por encima de la unidad FAN, como se muestra en la Figura 26.

### 3.2.3.1. Aterrizar la unidad FAN

- Paso 1. Insertar el cable de tierra dentro de la unidad FAN;
- Paso 2. Conectar y apretar el cable de tierra a la unidad FAN;
- Paso 3. Conectar el otro extremo del cable de tierra en el punto de tierra más cercano.

### **3.2.4. Instalación del AMM**

Esta sección aplica para los AMM 1U-3 y AMM 2U-3. En general, el procedimiento de instalación para el AMM 2U-3 es similar al descrito a continuación:

#### **3.2.4.1. Aterrizar el AMM**

El cable de tierra puede ser conectado en el lado opuesto de la parte de atrás del AMM.

#### **3.2.4.2. Encajar el AMM**

- Paso 1. Encajar las cuatro tuercas en el rack;
- Paso 2. Encajar en el rack el AMM vacío debajo de la unidad FAN (cuando aplica), luego, apretar los cuatro tornillos. Asegurarse que el AMM se ha colocado en la posición correcta. Las flechas del AMM deben apuntar hacia arriba;
- Paso 3. Instalar el panel frontal y girar la tapadera 90° en dirección de las agujas del reloj para cerrarlo;
- Paso 4. Conectar el cable de tierra del AMM al punto de tierra más cercano.

### **3.2.5. Instalar la tapadera frontal**

- Paso 1. Encajar las cuatro tuercas en el rack.
- Paso 2. Encajar la tapadera en el rack y apretar los cuatro tornillos.

### 3.2.6. Insertar y remover unidades *plug-in*

Las posiciones para las unidades *plug-in* en el AMM 1U-3 y AMM 2U-3 se aprecian en la Figura 28. La MMU siempre debe ser insertada en la posición 3 en el AMM 2U-3 para una configuración 1+0.

Figura 28. Posiciones de las unidades *plug-in* en el AMM



Fuente: Ericsson AB. MLE ANSI *Indoor Installation Manual*. p.36

#### 3.2.6.1. Insertar las unidades *plug-in*

- Paso 1. Abrir el panel frontal del AMM. Remover el panel frontal durante la inserción si la última posición (Pos. 1) será utilizada;
- Paso 2. Remover las tapaderas de protección de las posiciones a utilizar;
- Paso 3. Aflojar los dos tornillos de las unidades *plug-in* hasta que la ranura de los tornillos se encuentre alineada con la cara frontal de las unidades *plug-in*;
- Paso 4. Empujar la unidad *plug-in* en dirección del AMM. Asegurarse que la flecha dibujada en la cara frontal de la unidad *plug-in* apunte hacia arriba;
- Paso 5. Apretar los tornillos hasta el fondo. Asegúrese que la cabeza de los tornillos no sobresalen más allá de la cara frontal de la unidad *plug-in*.

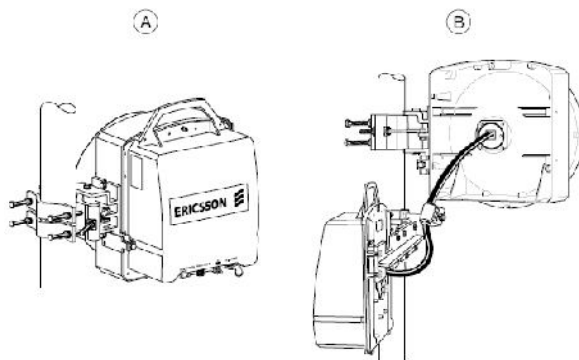
### 3.2.6.2. Remover las unidades *plug-in*

- Paso 1. Remover el panel frontal del AMM;
- Paso 2. Aflojar los dos tornillos de la unidad *plug-in*;
- Paso 3. Remover la unidad *plug-in* utilizando las herramientas adjuntas en el interior del panel frontal.

### 3.3. Instalación de unidades para exteriores

Esta sección describe el procedimiento recomendado para la instalación de la unidad para exteriores. En la Figura 29, se observa que existen dos formas de instalar la unidad de radio a la antena:

Figura 29. **Procedimiento de instalación para interiores**



- A La instalación de la unidad de radio integrada a la antena
- B La instalación de la unidad de radio separada de la antena

Fuente: Ericsson AB. *Ptp Outdoor Installation Manual*. p.35



- Paso 1. Asegurarse que todas las herramientas, unidades y accesorios se encuentran disponibles;
- Paso 2. Ensamblar la antena;
- Paso 3. Instalar la montura de la antena;
- Paso 4. Instalar el *feeder* en la antena;
- Paso 5. Instalar la antena en la montura;
- Paso 6. Instalar unidad de radio “A” o “B”;
- Paso 7. Realizar ajustes finales;
- Paso 8. Instalar brazo de suspensión (opcional);
- Paso 9. Instalar cable de radio.

### **3.3.1. Ensamble de la antena**

- Paso 1. Coloque la armazón de madera que contiene la antena y el *radome* sobre el suelo (la parte de atrás del plato de la antena apuntando hacia arriba);
- Paso 2. Remover la parte de atrás de la armazón sin retirar los cuatro separadores de esponja. Retirar la caja que contiene el *feeder* y la montura de la antena;
- Paso 3. Levantar de la armazón el plato que trae adjunto el *radome* y girarlo 180 grados;
- Paso 4. Remover el *radome* del plato;
- Paso 5. Encajar los dos paneles protectores al plato, utilizando arandelas y tornillos, apretando estos con la mano. Asegúrese que la marca del panel protector está colocado sobre la marca del plato de la antena;
- Paso 6. Colocar los dos sujetadores de acero sobre las juntas de los paneles protectores.;
- Paso 7. Encajar los dos paneles protectores, utilizando arandelas y tornillos, apretando estos con la mano;

- Paso 8. Apretar los tornillos colocados al borde del plato y luego proceder a apretar los tornillos de las juntas de los paneles protectores;
- Paso 9. Sujetar el *radome* con 16 tornillos y arandelas;
- Paso 10. Girar la antena sobre una superficie limpia, plana y remover los separadores. Los tornillos ya no se usarán por lo que se podrán poner aparte.

### **3.4. Ensamble de la montura de la antena**

- Paso 1. Sujetar la montura a la antena utilizando los tornillos. Apretar los tornillos con el torque adecuado;
- Paso 2. Remover el ajuste de elevación de la montura;
- Paso 3. Sujetar el ajuste de elevación a la montura en la posición correcta, apretar el tornillo más largo del ajuste de elevación con la mano.
- Paso 4. Remover el ajuste de azimut del soporte angular.
- Paso 5. Sujetar el ajuste de azimut al soporte angular en la posición correcta.

### **3.5. Instalación del *feeder***

- Paso 1. Sujetar el *feeder* a la antena;
- Paso 2. Decidir la polarización de la antena.

- Polarización vertical.
- Polarización horizontal.

Nota: no remover la cinta protectora de la guía de onda del *feeder*.

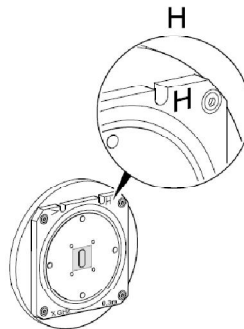
### 3.5.1. Polarización vertical

Colocar el *feeder* de tal forma que la letra “V” se lea correctamente cuando se vea por detrás de la antena, además, el agujero en forma de óvalo del plato de polarización debe apuntar hacia la letra “V”, Sujetar el *feeder* con los cuatro tornillos.

### 3.5.2. Polarización horizontal

- Paso 1. Colocar el *feeder* de tal forma que la letra “H” se lea correctamente cuando se vea por detrás de la antena, Sujetar el *feeder* con los cuatro tornillos;
- Paso 2. Aflojar dos de los tornillos, manteniendo el plato de polarización del *feeder* en su posición;
- Paso 3. Rotar el plato de polarización 45 grados en dirección de las agujas del reloj. Asegúrese que el agujero en forma de óvalo del plato de polarización apunta hacia la letra “H”. Sujetar el plato de polarización con los dos tornillos retirados anteriormente.

Figura 30. **Marca para polarización horizontal**



Fuente: Ericsson AB. *Ptp Outdoor Installation Manual*. p.52

### **3.6. Instalación de la antena**

- Paso 1. Localizar el punto de referencia utilizando una brújula para determinar la dirección a la cual la antena debe apuntar. Esta acción debe realizarse estando en el suelo ya que el metal de la torre puede afectar el funcionamiento de la brújula. Las coordenadas a las cuales debe apuntar la antena son proporcionadas por el cliente;
- Paso 2. Determinar la altura a la cual se debe instalar la antena basándose en los datos proporcionados por el cliente;
- Paso 3. Sujetar el perno al soporte angular alrededor del poste justo debajo de donde se instalará la antena. Apretar los tornillos con la mano;
- Paso 4. Alinear el perno basándonos en el punto de referencia. La parte cerrada del perno debe estar 90 grados en dirección de las agujas del reloj respecto de la posición a la cual apuntará la antena;
- Paso 5. Apretar el perno proporcionando el torque adecuado;
- Paso 6. Levantar la antena hasta la altura especificada utilizando una polea instalada en la estructura de la torre;
- Paso 7. Colocar la montura de la antena sobre el perno, previamente, instalado. Asegure la antena al poste utilizando los dos pernos restantes. Apretar los tornillos con la mano;
- Paso 8. Asegure el ajuste de azimut "H" a la montura de la antena. Apriete el tornillo del ajuste de azimut aplicando el torque adecuado;

Para evitar que la antena caiga se asegura el cable (o lazo) a la antena enganchando la misma a través de un gancho de acero.

Nota: nunca caminar por debajo de cargas que están siendo levantadas.

### **3.7. Encajando la unidad de radio**

#### **3.7.1. Unidad de radio integrada a la antena**

- Paso 1. Remover la cinta protectora de la guía de onda de la unidad de radio y del plato de polarización de la antena;
- Paso 2. Montar la unidad de radio a la antena, asegurándose que los agujeros de la antena encajen con los agujeros de la unidad de radio;
- Paso 3. Fijar la unidad de radio con los cuatro tornillos.

#### **3.7.2. Unidad de radio separada de la antena**

- Paso 1. Instalar el soporte angular que sujetará la unidad de radio RAU al poste de la torre. Aplicar a los tornillos el torque adecuado;
- Paso 2. Montar en el soporte angular la unidad de radio RAU. Apretar los tornillos con el torque recomendado;
- Paso 3. Fijar el sujetador de la guía de onda al poste de la torre;
- Paso 4. Instalar la guía de onda flexible, conectando uno de los extremos a la unidad de radio, mientras que el otro extremo se conecta al *feeder* de la antena. Sujetar la guía de onda a través del sujetador de guía de onda. La longitud de la guía de onda debe ser especificada por el cliente. La manera de asegurar la guía de onda al *feeder* de la antena y a la unidad de radio se hace a través de cuatro tornillos en ambos extremos.

Aspectos a tomar en cuenta con el manejo de la guía de onda:

- Transportar la guía de onda en su paquete original hasta el momento de la instalación;
- Asegurar que la guía de onda nunca soporte ningún peso;
- No mantener los extremos de la guía de onda sin protección, aun cuando estos no han sido conectados;
- No estirar la guía de onda si ésta no cubre la distancia requerida;
- No retorcer la guía de onda;
- No realizar dobleces a la guía de onda que sobrepasen los radios mínimos permitidos por el fabricante.

### **3.8. Ajustes finales**

- Asegurar los tornillos del ajuste de elevación;
- Asegurar los tornillos del ajuste de azimut.
- Asegurar los 8 tornillos de los pernos;
- Asegurar los 3 tornillos de la montura de la antena.

### **3.9. Instalación del brazo de suspensión**

Paso 1. Asegurar la abrazadera al poste de la torre, directamente, detrás de la antena y apretar los tornillos a mano;

Paso 2. Fijar el brazo de suspensión a la antena y apretar los tornillos con la mano;

Paso 3. El brazo de suspensión debe ser fijado apuntando, directamente, detrás de la antena que simule un cono de 25 grados;

Paso 4. Fijar el otro extremo del brazo de suspensión a la abrazadera.

## 4. CABLEADO

Un cableado estructurado se define como el sistema colectivo de cables, canalizaciones, conectores, etiquetas, espacios y demás dispositivos que deben ser instalados para establecer una infraestructura de telecomunicaciones genérica en un edificio o caseta.

Las características e instalación de estos elementos se deben hacer en cumplimiento de estándares para que califiquen como cableado estructurado. El tendido de cable para una red de telecomunicaciones tiene cierta complejidad, en este sentido hay que tener en cuenta las limitaciones de diseño que impone la tecnología de red de área local que se desea implantar:

- La segmentación del tráfico de red;
- La longitud máxima de cada segmento de red;
- La presencia de interferencias electromagnéticas.

### 4.1. Cableado para interiores

Esta sección describe el procedimiento recomendado para la instalación de los cables que interconectan las unidades instaladas en el AMM.

- Paso 1. Asegurarse que todas las herramientas y accesorios se encuentran disponibles;
- Paso 2. Instalar cable DC para DDU;
- Paso 3. Instalar cable distribución DC;
- Paso 4. Instalar cable Tráfico;

- Paso 5. Instalar cable Alarma FAN;
- Paso 6. Instalar cable DC para FAN y MMU;
- Paso 7. Instalar cable I/O;
- Paso 8. Instalar cable de radio;
- Paso 9. Instalar cable canal de servicio digital.

Tabla VI. **Conexión de los pines para el conector DC**

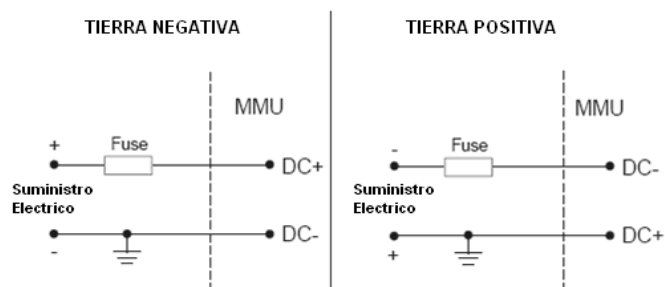
Pin no.	Señal	Cable
A1	DC +	Rojo
A2	DC -	Negro

Fuente: Ericsson AB. MLE ANSI *Indoor Installation Manual*. p.49

Los fusibles que se pueden instalar en la DDU son:

- Fusible cerámico tipo F de 4 A - 100 V
- Fusible cerámico tipo F de 5 A - 100 V

Figura 31. **Cómo se deben instalar los fusibles**



Fuente: Ericsson AB. MLE ANSI *Indoor Installation Manual*. p.54



El suministro eléctrico debe ser de, voltaje DC entrada: 24 – 60 V nominal (20.4 – 72.0 V incluyendo tolerancias). Los cables de DC de la unidad FAN y de la MMU se reemplazan por los cables de distribución de DC cuando la unidad DDU es utilizada.

#### **4.1.1. Instalación el cable de radio para interiores**

El cable de radio se utiliza para interconectar la MMU con la unidad de radio RAU. El cable de radio normalmente se conecta a la estación de radio por medio de una repisa, pero también se puede utilizar un panel que permite conectar varios cables de radios.

Paso 1. Conectar un cable de 10 mm utilizando la repisa;

Paso 2. Conectar un cable de 10 mm utilizando el panel.

##### **4.1.1.1. Conexión del cable de radio a la repisa**

Paso 1. Sujetar al rack la repisa con los dos tornillos y las dos tuercas;

Paso 2. Conectar y apretar el cable de tierra a la repisa. Conectar el otro extremo del cable de tierra al punto de conexión más cercano;

Paso 3. Sujetar el adaptador a la repisa con la arandela y la tuerca;

Paso 4. Conectar el cable de radio de la MMU y el cable de radio de la RAU en la repisa a través del adaptador;

Paso 5. Sujetar el cable de radio, apropiadamente, con cinchos plásticos al rack;

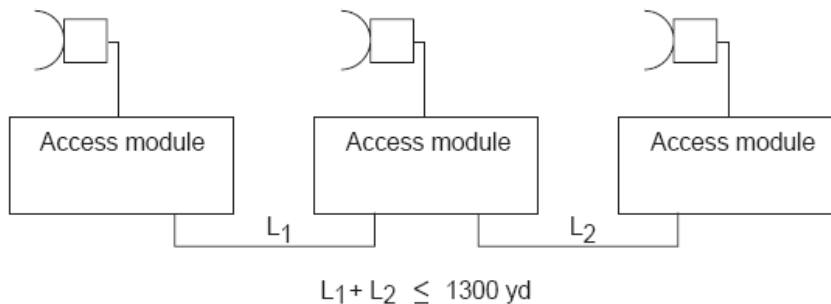
Paso 6. Conectar el otro extremo del cable de radio en la MMU.

#### 4.1.1.2. Conexión del cable de radio al panel

- Paso 1. Sujetar el adaptador a la repisa con la arandela y la tuerca;
- Paso 2. Conectar el cable de radio de la MMU y el cable de radio de la RAU en el panel a través del adaptador;
- Paso 3. Sujetar el cable de radio, apropiadamente, con cinchos plásticos al rack;
- Paso 4. Conectar el otro extremo del cable de radio en la MMU.

La distancia máxima que se puede cubrir por terminal en un sitio con cables de este tipo corresponde a 1200 m. Un máximo de 32 terminales pueden ser interconectadas en un mismo sitio.

Figura 32. Restricciones en cuanto a la longitud del cableado



Fuente: Ericsson AB. MLE ANSI *Indoor Installation Manual*. p.64

#### 4.1.2. Interconexión de puertos NCC

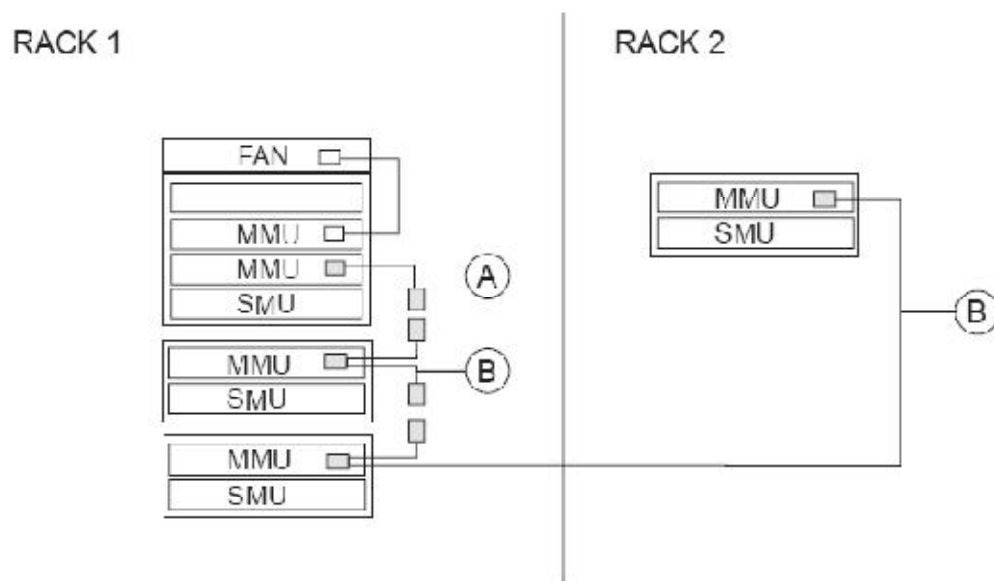
El AMM puede ser interconectado utilizando:

- Un puerto NCC por AMM
- Dos puertos NCC por AMM

#### 4.1.2.1. Un puerto NCC disponible por AMM

La Figura 33 muestra como interconectar cuatro AMM en un mismo sitio utilizando, únicamente, un puerto NCC por AMM. Los cables tienen que ser preparados, manualmente.

Figura 33. Ejemplo de una conexión utilizando el puerto NCC



- A Cable NCC
- B Cable NCC Plus

Fuente: Ericsson AB. MLE ANSI *Indoor Installation Manual*. p.85

Conectar los AMM a través del puerto NCC de las MMU utilizando el Cable NCC y el cable NCC Plus.

#### 4.1.2.2. Dos puertos NCC disponibles por AMM

La Figura 34 muestra como interconectar cuatro AMM en un mismo sitio utilizando dos puertos NCC por AMM. Los cables tienen que ser preparados manualmente.

En la Tabla VII se muestran los pines de conexión para el cable NCC *Plus*.

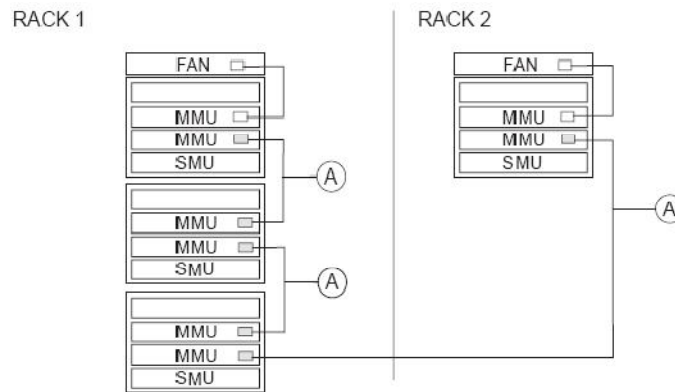
Tabla VII. **Pines de conexión para el cable NCC *Plus***

NCC/NCC <i>Plus</i>	
Pin No.	Señal
5	<i>Jumper</i> conectado al pin 6
6	NCC DATA B
7	NCC DATA A
8	
9	<i>Jumper</i> conectado al pin 5

Fuente: Ericsson AB. MLE ANSI *Indoor Installation Manual*. p.91

Conectar los AMM a través de los puertos NCC de las MMU utilizando el Cable NCC.

Figura 34. **Ejemplo de una conexión utilizando los dos puertos NCC**



Fuente: Ericsson AB. MLE ANSI *Indoor Installation Manual*. p.87

#### 4.2. **Instalación del cable de radio de la unidad para exteriores**

Las distancias máximas que se pueden cubrir con el cable de radio varían según el diámetro del cable utilizado, como se describe en la Tabla VIII:

Tabla VIII. **Datos del cable de radio**

<b>Diámetro del cable de radio</b>	<b>Distancia máxima</b>
10 mm	200 m
16 mm	400 m
28 mm	700 m

Fuente: Ericsson AB. MLE ANSI *Indoor Installation Manual*. p.103

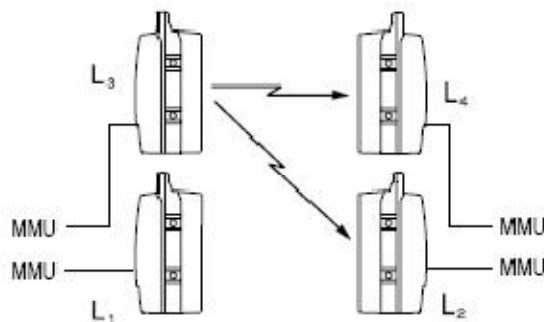
Otro parámetro que restringe la longitud del cable de radio es la configuración del sistema (*hot stand-by* o *working stand-by*) como se describe en la Tabla IX:

Tabla IX. Restricciones en la longitud del cable de radio

Configuración 1+1	Diferencia máxima en la longitud del cable
<i>Hot Stand-by</i>	$L_4 - L_2 \leq 20 \text{ m}$ , $L_3 - L_1 \leq 20 \text{ m}$
<i>Working Stand-by</i>	$(L_3 + L_4) - (L_1 + L_2) \leq 20 \text{ m}$

Fuente: Ericsson AB. *Ptp Outdoor Installation Manual*. p.107

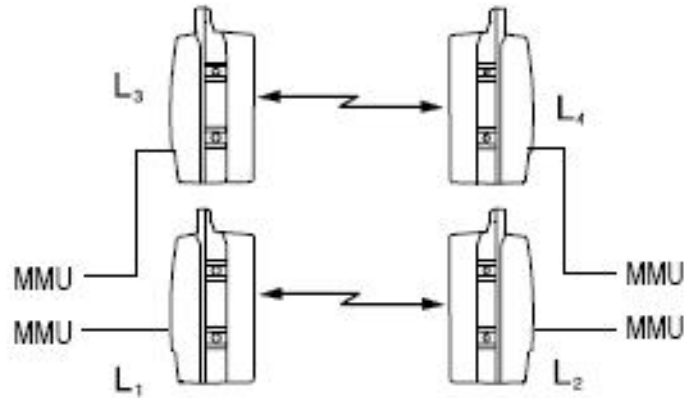
Figura 35. Protección *hot stand-by*



Fuente: Ericsson AB. *Ptp Outdoor Installation Manual*. p.107

El cable de radio no puede sufrir fuerzas mecánicas que estén por encima de las recomendadas por el fabricante, además, tampoco debe tener dobleces muy agudos que puedan ocasionar daños mecánicos en el cable. Por lo tanto se recomienda mantener los dobleces dentro los parámetros descritos en la Tabla XVII.

Figura 36. **Protección *working stand-by***



Fuente: Ericsson AB. *Ptp Outdoor Installation Manual*. p.107

Esta sección describe como instalar el cable de radio, el cual deberá ser conectado desde la unidad de radio RAU hasta la MMU. Se asume que el usuario es capaz de armar el conector tipo N o SMA del cable de radio.

Tabla X. **Restricciones en el radio para los dobleces del cable**

<b>Diámetro del cable de radio</b>	<b>Radio mínimo permitido</b>
10 mm	100 mm
16 mm	125 mm
28 mm	250 mm

Fuente: Ericsson AB. *Ptp Outdoor Installation Manual*. p.107

### Procedimiento para ensamblar el conector del cable de Radio.

- Paso 1. Remover de la unidad de radio RAU la cubierta protectora del conector para el cable de radio, luego conectar el cable de radio;
- Paso 2. Aplicar una capa de cinta aislante alrededor del conector del cable de radio para protegerlo de la humedad y de la corrosión;
- Paso 3. Aplicar en forma de espiral alrededor de la capa de cinta aislante previamente aplicada varias capas de cinta vulco desde el principio del conector del cable de radio hasta el mismo;
- Paso 4. Aplicar en forma de espiral alrededor de la capa de cinta vulco, una capa de cinta aislante;
- Paso 5. Introducir el cable de radio dentro de las grapas y asegurar las grapas atravesando el tornillo a través de la grapa;
- Paso 6. Colocar cinchos plásticos a través de la grapa de tal manera que la grapa quede sujeta al poste de la torre. Apretar los cinchos plásticos hasta asegurarse que la grapa no cede ante ningún movimiento;
- Paso 7. Conectar el cable de tierra en la unidad de radio RAU. Conectar el otro extremo del mismo cable a la red de tierras;
- Paso 8. Etiquetar el cable de radio de la RAU. La etiqueta indica la identificación del cable, la etiqueta "B" corresponde a la etiqueta de DC. Asegurar la etiqueta al cable con cinchos plásticos. Mientras no se conecte el cable de radio a la RAU colocarle el protector.



## 5. ALINEACIÓN

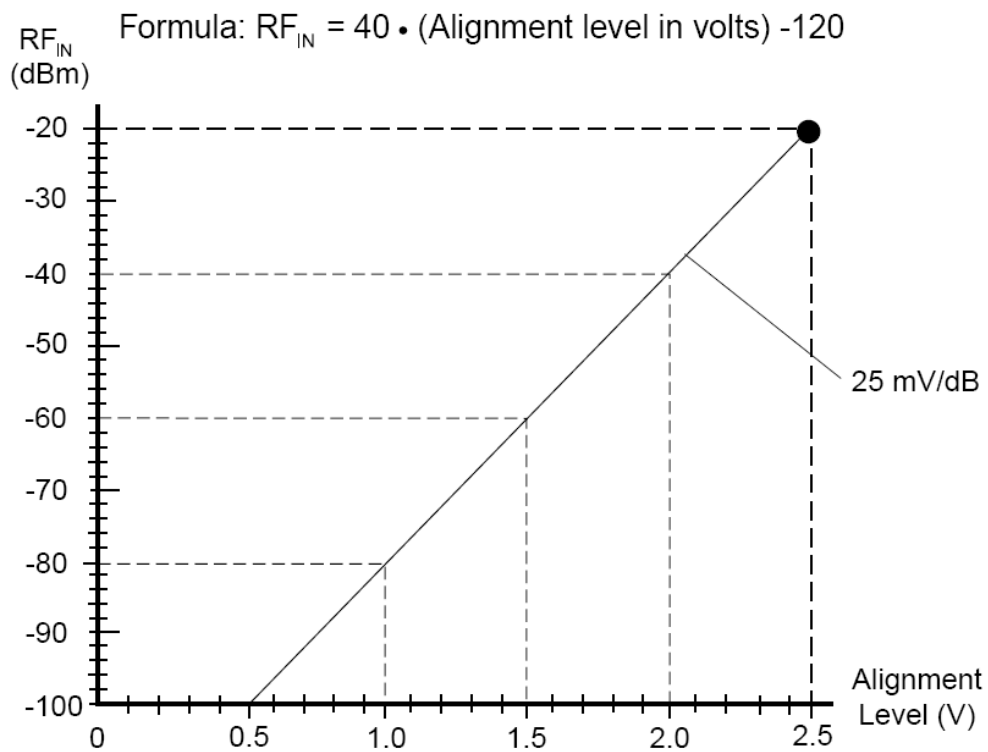
### 5.1. Procedimiento para alineación de antenas

Esta sección describe el procedimiento a seguir para la alineación de la antena.

- Paso 1. Aflojar los tres tornillos de la montura de la antena;
- Paso 2. Aflojar las tuercas de la abrazadera del ajuste de elevación y del ajuste vertical de la antena hasta que el máximo valor de alineamiento sea alcanzado. La antena puede ser ajustada a  $\pm 15$  grados de elevación, se puede rotar hasta donde sea posible para encontrar el lóbulo principal. Los lóbulos laterales pueden alcanzar su valor pico sin necesidad de haber encontrado el valor máximo de alineación;
- Paso 3. Apretar las tuercas del ajuste de elevación con la mano;
- Paso 4. Aflojar las tuercas de las abrazaderas del ajuste de azimut y del ajuste horizontal de la antena hasta que el máximo valor de alineación sea alcanzado;
- Paso 5. Apretar las tuercas del ajuste de azimut con la mano;
- Paso 6. Medir el valor de alineación y guardar los datos;
- Paso 7. Repetir los pasos del 3 – 6 hasta que el máximo valor de alineación sea alcanzado. La antena puede ser ajustada a  $\pm 15$  grados de elevación, se puede rotar hasta donde sea posible para encontrar el lóbulo principal. Los lóbulos laterales pueden alcanzar su valor pico sin necesidad de haber encontrado el valor máximo de alineación;
- Paso 8. Transformar el valor de alineación a niveles de entrada de RF;

Paso 9. Comparar los niveles de RF con los datos asignados para el sistema por el cliente. Los niveles de RF pueden ser comparados utilizando la curva de alineación que se muestra en la Figura 37.

Figura 37. **Curva de alineación**



Fuente: Ericsson AB. 1.2 m Compact Antenna Installation Instruction. p.38

## 6. PRUEBAS

El propósito de las pruebas funcionales es verificar si la instalación del sistema se ha realizado correctamente.

### 6.1. Preparativos

Los AMM y las unidades de radio deben haber sido instalados en ambos lados y las antenas haber sido alineadas con el máximo nivel de recepción posible antes de realizar estas pruebas.

### 6.2. Equipo de prueba

- PC con el *software* MSM
- Analizador de BER
- Multímetro digital
- Medidor de potencia RF

### 6.3. Pruebas generales

Llevar a cabo las siguientes pruebas en las terminales del extremo cercano y del extremo lejano. Almacenar los datos obtenidos durante las pruebas.

### **6.3.1. Prueba No.1: configuración de parámetros**

Propósito: verificar que se están utilizando los parámetros correctos.

Revisar, utilizando una PC con el *software* MSM, que todos los parámetros de configuración corresponden a los especificados por el sistema.

### **6.3.2. Prueba No.2: suministro DC**

Propósito: verificar que el cable DC está energizando correctamente a la MMU.

Medir el voltaje DC en el cable DC, que se conecta a la MMU utilizando un multímetro digital. Archivar estos datos.

### **6.3.3. Prueba No.3: potencia de salida del transmisor**

Propósito: verificar que la potencia de salida corresponde al valor especificado por el departamento de Ingeniería.

- Si la potencia de salida no ha sido modificada durante la instalación, archivar los valores de prueba proporcionados por fábrica;
- Si la potencia de salida ha sido modificada a través de MSM, archivar ese valor. (Ninguna medición es necesaria);
- Si la potencia de salida ha sido modificada mediante el ajuste manual del atenuador variable de la unidad de radio RAU, medir el nivel de potencia utilizando un medidor de potencia de RF. Archivar estos datos.

#### **6.3.4. Prueba No.4: nivel recibido de RF**

Propósito: verificar que el nivel de potencia recibida corresponde al valor especificado por el departamento de Ingeniería.

- Leer el valor de RF recibido, utilizando una PC con el *software* MSM. El departamento de Ingeniería es el encargado de proporcionar los niveles para ambos radios en un sistema 1+1;
- Comparar los niveles de recepción de RF con los niveles calculados durante el diseño del enlace.

Para un sistema 1+1, el nivel de potencia recibida en cada radio deberá ser medido dos veces. La primera vez con la señal recibida del radio 1 del extremo lejano, y la segunda vez con la señal recibida por el radio 2 del extremo lejano.

#### **6.3.5. Prueba No.5: interferencias**

Propósito: verificar que no se tienen interferencias causadas por otras señales, las cuales pueden degradar el desempeño del sistema.

- Acceder a la terminal del extremo lejano a través del programa MSM y apagar remotamente el transmisor. Si el sistema es 1+1, apagar ambos transmisores;
- Leer el nivel de potencia RF recibido. Si el nivel es  $> -90$  dBm, consultar con el departamento de Ingeniería. Después de haber realizado esta prueba, activar los transmisores de nuevo y restablecer la comunicación entre terminales.

### **6.3.6. Prueba No.6: revisión de alarmas**

Propósito: verificar que tanto la unidad para interiores y la unidad para exteriores se encuentran operando, apropiadamente.

Revisar en el MSM que no se tienen alarmas activas en las terminales.

### **6.3.7. Prueba No.7: pruebas de conexión**

Propósito: verificar que los cables de tráfico y las demás conexiones se encuentran funcionando, además, el tráfico debe circular sin ningún *bit* errado.

- Conectar el Analizador de BER al tributario DS1 que será medido, preferiblemente, si el cable del tráfico de información está conectado al tributario;
- Configurar un bucle en el extremo lejano y activar la alarma de tributario para este mismo;
- Verificar en el MSM que la alarma de tributario desaparezca;
- Revisar que la señal de tráfico de información está en bucle en el extremo lejano y que no presente ningún indicador de *bits* errados. Agitar el cable de tráfico de información durante la prueba;
- Remover el bucle del extremo lejano.

### **6.3.8. Prueba No.8: conmutación en sistemas 1+1**

Propósito: verificar el funcionamiento de la redundancia en MMU, radios y SMU.

- Para realizar esta prueba, asegurarse que el radio 1 “Ra1” del transmisor y del receptor están activos y que el modo de *switcheo* está ajustado en automático. Conectar el Analizador de BER en uno de los tributarios y correr la prueba;
- Desconectar la energía de la MMU “Ra1” y verificar, en la ventana Terminal del MSM, que el sistema conmutó al radio 2 “Ra2”, tanto en el transmisor como en el receptor. Revisar en el Analizador de BER que el tráfico se recupera después de haber conmutado del “Ra1” al “Ra2”;
- Repetir la prueba de conmutación para el radio 2.

### **6.3.9. Prueba No. 9: desempeño**

Propósito: verificar después de un periodo de tiempo y bajo condiciones normales que la calidad en el desempeño del sistema no ha sufrido degradación.

- Reiniciar los datos que muestran el desempeño del sistema en ambos lados utilizando la PC con el programa MSM. Leer los datos del desempeño del sistema en ambas terminales, al menos, 24 horas después;
- Si el desempeño ha sufrido degradación, dejar otras 24 horas de prueba. Si el sistema está, considerablemente degradado, revisar la trayectoria y la instalación.

## **6.4. Pruebas de gestión**

### **6.4.1. Prueba No1: EAC, RAC Y NCC**

Propósito: verificar la conexión de la red de supervisión.

Conectar la PC con el MSM al puerto O&M de la SAU y realizar un *scan* de la red, seleccionando "*Scan local*" en el menú "*Network*" de la ventana principal. Revisar que todas las terminales EAC, RAC y "*Expanded NCC*" están presentes en la ventana de Red del MSM.

## **6.5. Puesta en servicio del sistema**

Utilizar el MSM para llevar a cabo las siguientes instrucciones en ambos extremos del enlace:

- Reiniciar el historial de alarmas y el desempeño del sistema a través de la ventana de administración de terminal;
- Reiniciar las alarmas de *switch*, si el sistema es 1+1.



## **7. PROTOCOLO DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN**

El protocolo de pruebas de aceptación tiene por objeto establecer pautas para la verificación y recepción después de la instalación de un radioenlace punto a punto de microonda PDH Mini-Link E *hot stand-by* en la banda de 7 – 38 GHz.

Este documento sirve de guía al contratista ejecutor respecto de los requisitos mínimos exigidos por la empresa solicitante en la recepción de los radioenlaces punto a punto de microonda PDH Mini-Link E *hot stand-by* en la banda de 7 – 38 GHz . La empresa solicitante podrá llevar a cabo durante la recepción cualquier otra prueba no incluida en este documento que considere necesaria para su propia satisfacción y que no exceda de los regímenes prescritos en las normas generales de los equipos.

### **7.1. Definiciones**

#### **7.1.1. Protocolo de pruebas de aceptación**

Es un documento en que se detalla el resultado, conclusiones y observaciones de la inspección y pruebas realizadas en la instalación de un radioenlace punto a punto de microonda PDH Mini-Link E *hot stand-by* en la banda de 7 – 38 GHz.

### **7.1.2. Aprobación**

La palabra “probación”, “aceptación” u otras de significado análogo, designarán una constancia suscrita firmada por el representante de la empresa solicitante en que se indique que cualquier instalación, diseño, etc., que requiera ser aprobado, es satisfactorio y ha sido aprobado por él.

### **7.1.3. Contratista**

Es la persona jurídica, sociedad, compañía, corporación o consorcio que suscribe el contrato con la empresa solicitante; para ejecutar el trabajo de instalación de conformidad con las especificaciones descritas en el documento proporcionado por el departamento de ingeniería de la empresa solicitante para suministrar la mano de obra, los materiales, herramientas, maquinarias y los equipos requeridos en dichas especificaciones o necesarios para completar los trabajos, materia del contrato.

### **7.1.4. Equipo de Prueba**

Término que incluye artefactos, dispositivos, accesorios y aparatos usados para efectuar mediciones y/o comprobaciones a una instalación, parte de ella o elemento de la misma.

### **7.1.5. Inspección**

Es la acción de examinar o verificar con atención las condiciones técnicas de la instalación de un radioenlace punto a punto de microonda PDH Mini-Link E comparadas con el proyecto elaborado, el mismo que ha sido aprobado por la empresa solicitante respectiva para dicho fin, y, de acuerdo con las normas de la ITU-T, La superintendencia de telecomunicaciones y disposiciones legales vigentes.

### **7.1.6. Instalación**

Todas las instalaciones especificadas, indicadas o contempladas por el contrato, incluyendo los equipos y servicios suministrados por la empresa, el suministro por parte del contratista de todos los materiales, equipos, mano de obra, métodos de construcción, procesos, equipos y materiales de construcción, herramientas, plantas de energía, agua, transporte y todos los elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto de acuerdo con el contrato.

## **7.2. Durante la ejecución de las obras**

La empresa solicitante deberá vigilar las obras durante su ejecución y objetar todo el material o procedimiento que no esté conforme a lo estipulado, en el proyecto aprobado.

El contratista o ejecutor deberá realizar la obra de acuerdo con el proyecto aprobado por la empresa solicitante respectiva; cualquier modificación de la obra se efectuará en coordinación con la empresa solicitante y se comunicará al departamento de ingeniería cuando la modificación sea sustancial o cuando se pretenda instalar materiales o equipos que no son normalmente utilizados por la empresa o autoproducción.

### **7.3. A la terminación de las obras**

El contratista deberá efectuar todas las verificaciones y pruebas necesarias, a fin de subsanar los posibles errores, antes de comunicar a la empresa solicitante sobre la conclusión de las obras.

### **7.4. Durante la recepción**

El contratista o ejecutor deberá:

- Presentarse a la obra a la hora acordada;
- Tener las instalaciones preparadas para las pruebas;
- Disponer del personal, equipo y herramientas necesarias que ayuden a realizar las conexiones de los equipos de pruebas;
- Firmar el protocolo de pruebas de aceptación que se presenta a continuación.

## **7.4.1. Inspección durante la recepción**

### **7.4.1.1. Características de los equipos**

Se comprobará las características de todos y cada uno de los equipos suministrados, tomando como referencia las características anotadas en las placas de los mismos, para comprobarlas a las especificadas y ofrecidas.

### **7.4.1.2. Montaje de los equipos**

Se realizará una inspección ocular sobre el montaje de todos los equipos y materiales utilizados para determinar posibles errores u omisiones ocurridas durante la ejecución de la obra.

## **7.5. Responsabilidades**

Los resultados de las pruebas no liberan al contratista o ejecutor de las responsabilidades de cualquier defecto que, posteriormente, a la fecha de las pruebas, y, dentro de los plazos de garantía puedan aparecer en los equipos probados.

Cualquier defecto de montaje o equipo defectuoso que se haya comprobado, así, durante las pruebas, debe ser reparado por el contratista o ejecutor dentro del lapso que se indique, en el *punch list*.

Si por defectos de montaje comprobados durante la prueba de equipos, se hace necesaria la repetición de ésta, en parte o en todo, el contratista correrá con los gastos de utilización y traslado del equipo de prueba y el tiempo de permanencia del representante de la empresa o autoproducer durante la realización de la repetición de las pruebas.

#### **7.5.1. Protocolo de pruebas de aceptación**

El siguiente documento corresponde al protocolo de pruebas de aceptación y reúne las pruebas que pueden realizarse durante la recepción, contiene sólo la relación de ellas para considerar con las mínimas exigencias la aceptación de las instalaciones; la empresa solicitante seleccionará las pruebas de acuerdo con el tipo de instalaciones que se reciben, pudiendo ampliar el número de ellas, según lo considere necesario.

Una vez finalizado este protocolo se evalúan los resultados de las pruebas, analizando las incidencias recibidas y comprobando que se han llevado a cabo todos los casos de pruebas establecidas en el documento. Dicha evaluación consiste en:

- Comprobar los resultados obtenidos con los esperados;
- Identificar el origen de cada problema y determinar que acciones o medidas correctoras es preciso llevar a cabo para resolverlo de manera satisfactoria;
- Indicar qué pruebas se deben de volver a realizar.

**Datos sitio A:**

**Datos generales:**

1 Nombre:

2 Dirección:

3 ID:

4 Longitud:

5 Latitud:

6 Azimuth:

**Datos unidad para interiores (IDU)**

7 Modelo AMM:  1U-3  2U-3  4U

8 Serie AMM:

9 Modelo MMU:  2X2  4X2/8  2X8  34+2  2X2 - 34+2

10 Serie MMU:

11 Modelo MMU B:  2X2  4X2/8  2X8  34+2  2X2 - 34+2

12 Serie MMU:

13 Modelo SMU:  Sw  8X2  16X2

14 Serie SMU:

15 Modelo SAU:  Basic  Exp 1  Exp 2  SAU

16 Serie SAU:

17 Serie DDU:

18 Serie FAN:

19 Instalación:  Rack  Gabinete Tx

**Datos unidad para exteriores (ODU)**

20 Modelo RAU A:  RAU 1  RAU 2

21 Serie RAU A:

22 Modelo RAU B:  RAU 1  RAU 2

23 Serie RAU B:

24 Marca antena A:

25 Modelo antena A:

26 Serie antena A:

27 Diámetro antena A (m):

28 Marca antena B:

29 Modelo antena B:

30 Serie antena B:

31 Diámetro antena B (m):

32 Feeder instalado.  si  no

33 Longitud Feeder A (m):

34 Longitud Feeder B (m):

**Voltajes de alimentación DDU:**

35 Voltaje alimentación DDU (V):

36 Capacidad de interruptor térmico conectado a DDU (A):

37 Voltaje alimentación MMU A (V):

38 Capacidad de interruptor térmico conectado a MMU A (A):

39 Voltaje alimentación MMU B (V):

40 Capacidad de interruptor térmico conectado a MMU B (A):

41 Voltaje alimentación FAN (V):

42 Capacidad de interruptor térmico conectado a FAN (A):

43 Todos los interruptores térmicos están etiquetados.  si  no

**Datos sitio B:**

**Datos generales:**

1 Nombre:

2 Dirección:

3 ID:

4 Longitud:

5 Latitud:

6 Azimuth:

**Datos unidad para interiores (IDU)**

7 Modelo AMM:  1U-3  2U-3  4U

8 Serie AMM:

9 Modelo MMU:  2X2  4X2/8  2X8  34+2  2X2 - 34+2

10 Serie MMU:

11 Modelo MMU B:  2X2  4X2/8  2X8  34+2  2X2 - 34+2

12 Serie MMU:

13 Modelo SMU:  Sw  8X2  16X2

14 Serie SMU:

15 Modelo SAU:  Basic  Exp 1  Exp 2  SAU

16 Serie SAU:

17 Serie DDU:

18 Serie FAN:

19 Instalación:  Rack  Gabinete Tx

**Datos unidad para exteriores (ODU)**

20 Modelo RAU A:  RAU 1  RAU 2

21 Serie RAU A:

22 Modelo RAU B:  RAU 1  RAU 2

23 Serie RAU B:

24 Marca antena A:

25 Modelo antena A:

26 Serie antena A:

27 Diámetro antena A (m):

28 Marca antena B:

29 Modelo antena B:

30 Serie antena B:

31 Diámetro antena B (m):

32 Feeder instalado.  si  no

33 Longitud Feeder A (m):

34 Longitud Feeder B (m):

**Voltajes de alimentación DDU:**

35 Voltaje alimentación DDU (V):

36 Capacidad de interruptor térmico conectado a DDU (A):

37 Voltaje alimentación MMU A (V):

38 Capacidad de interruptor térmico conectado a MMU A (A):

39 Voltaje alimentación MMU B (V):

40 Capacidad de interruptor térmico conectado a MMU B (A):

41 Voltaje alimentación FAN (V):

42 Capacidad de interruptor térmico conectado a FAN (A):

43 Todos los interruptores térmicos están etiquetados.  si  no

**Datos sitio A:**

**Antena**

44 Polarización:

45 Altura de instalación (m):

46 Altura de instalación de antena acorde con ingeniería.

<input type="text"/>	
si	no

47 Azimuth de antena (°):

<input type="text"/>	
----------------------	--

48 Azimuth de antena acorde con ingeniería.

si	no
----	----

49 Montura de la antena asegurada.

si	no
----	----

50 Antena asegurada a la montura.

si	no
----	----

51 Ajustes de azimuth asegurados a la montura.

si	no
----	----

52 Ajustes de elevación asegurados a la montura.

si	no
----	----

**Brazo de suspensión:**

53 Brazo de suspensión asegurados a la montura.

si	no
----	----

54 Brazo de suspensión asegurados a la estructura.

si	no
----	----

**unidad de radio integrada a la antena:**

55 unidad de radio (RAU 1) asegurada a la antena.

si	no
----	----

56 unidad de radio (RAU 2) asegurada a la antena.

si	no
----	----

**unidad de radio separada de la antena:**

57 unidad de radio (RAU 1) asegurada a soporte.

si	no
----	----

58 unidad de radio (RAU 2) asegurada a soporte.

si	no
----	----

59 Longitud de guía de onda flexible RAU 1 (m):

<input type="text"/>	
----------------------	--

60 Guía de onda flexible (RAU 1) asegurada correctamente.

si	no
----	----

61 Guía de onda flexible (RAU 1) aislada correctamente.

si	no
----	----

62 Guía de onda flexible (RAU 1) instalada correctamente.

si	no
----	----

63 Longitud de Guía de onda flexible RAU 2 (m):

<input type="text"/>	
----------------------	--

64 Guía de onda flexible (RAU 2) asegurada correctamente.

si	no
----	----

65 Guía de onda flexible (RAU 2) aislada correctamente.

si	no
----	----

66 Guía de onda flexible (RAU 2) instalada correctamente.

si	no
----	----

**Conexión a tierra de unidad de radio RAU 1**

67 Cable de conexión a tierra asegurado a barra de tierra.

si	no
----	----

68 Calibre de cable de conexión a la barra de tierra > 8 mm.

si	no
----	----

69 Cable de conexión a tierra sin trayectoria ascendente.

si	no
----	----

**Conexión a tierra de unidad de radio RAU 2**

70 Cable de conexión a tierra asegurado a barra de tierra.

si	no
----	----

71 Calibre de cable de conexión a la barra de tierra > 8 mm.

si	no
----	----

72 Cable de conexión a tierra sin trayectoria ascendente.

si	no
----	----

**Conexión del cable de radio**

73 Repisa instalada en rack.

si	no
----	----

74 Repisa tiene conexión a tierra.

si	no
----	----

75 Cable de radio asegurado a la repisa.

si	no
----	----

76 Cable de radio asegurado a la unidad de radio.

si	no
----	----

77 Cable de radio asegurado a la unidad MMU.

si	no
----	----

78 Cable de radio aislado en los puntos de unión.

si	no
----	----

79 Cable de radio instalado correctamente.

si	no
----	----

80 Cable de radio sujeto a la escalerilla.

si	no
----	----

81 Cable de radio instalado a través del pasamuros.

si	no
----	----

82 Orificio de entrada del pasamuros se encuentra sellado.

si	no
----	----

**Datos sitio B:**

**Antena**

44 Polarización:

45 Altura de instalación (m):

46 Altura de instalación de antena acorde con ingeniería.

<input type="text"/>	
si	no

47 Azimuth de antena (°):

<input type="text"/>	
----------------------	--

48 Azimuth de antena acorde con ingeniería.

si	no
----	----

49 Montura de la antena asegurada.

si	no
----	----

50 Antena asegurada a la montura.

si	no
----	----

51 Ajustes de azimuth asegurados a la montura.

si	no
----	----

52 Ajustes de elevación asegurados a la montura.

si	no
----	----

**Brazo de suspensión:**

53 Brazo de suspensión asegurados a la montura.

si	no
----	----

54 Brazo de suspensión asegurados a la estructura.

si	no
----	----

**unidad de radio integrada a la antena:**

55 unidad de radio (RAU 1) asegurada a la antena.

si	no
----	----

56 unidad de radio (RAU 2) asegurada a la antena.

si	no
----	----

**unidad de radio separada de la antena:**

57 unidad de radio (RAU 1) asegurada a soporte.

si	no
----	----

58 unidad de radio (RAU 2) asegurada a soporte.

si	no
----	----

59 Longitud de guía de onda flexible RAU 1 (m):

<input type="text"/>	
----------------------	--

60 Guía de onda flexible (RAU 1) asegurada correctamente.

si	no
----	----

61 Guía de onda flexible (RAU 1) aislada correctamente.

si	no
----	----

62 Guía de onda flexible (RAU 1) instalada correctamente.

si	no
----	----

63 Longitud de guía de onda flexible RAU 2 (m):

<input type="text"/>	
----------------------	--

64 Guía de onda flexible (RAU 2) asegurada correctamente.

si	no
----	----

65 Guía de onda flexible (RAU 2) aislada correctamente.

si	no
----	----

66 Guía de onda flexible (RAU 2) instalada correctamente.

si	no
----	----

**Conexión a tierra de unidad de radio RAU 1**

67 Cable de conexión a tierra asegurado a barra de tierra.

si	no
----	----

68 Calibre de cable de conexión a la barra de tierra > 8 mm.

si	no
----	----

69 Cable de conexión a tierra sin trayectoria ascendente.

si	no
----	----

**Conexión a tierra de unidad de radio RAU 2**

70 Cable de conexión a tierra asegurado a barra de tierra.

si	no
----	----

71 Calibre de cable de conexión a la barra de tierra > 8 mm.

si	no
----	----

72 Cable de conexión a tierra sin trayectoria ascendente.

si	no
----	----

**Conexión del cable de radio**

73 Repisa instalada en rack.

si	no
----	----

74 Repisa tiene conexión a tierra.

si	no
----	----

75 Cable de radio asegurado a la repisa.

si	no
----	----

76 Cable de radio asegurado a la unidad de radio.

si	no
----	----

77 Cable de radio asegurado a la unidad MMU.

si	no
----	----

78 Cable de radio aislado en los puntos de unión.

si	no
----	----

79 Cable de radio instalado correctamente.

si	no
----	----

80 Cable de radio sujeto a la escalerilla.

si	no
----	----

81 Cable de radio instalado a través del pasamuros.

si	no
----	----

82 Orificio de entrada del pasamuros se encuentra sellado.

si	no
----	----



**PROTOCOLO DE PRUEBAS DE ACEPTACION**  
**RADIOENLACE PUNTO A PUNTO DE MICROONDA PDH MINILINK E HOT STAND-BY EN LA BANDA DE 7 - 38 GHz**

Hoja No. 3

**Datos sitio A:**

83 Cable de radio etiquetado correctamente en unidad MMU 1.	si	no
84 Cable de radio etiquetado correctamente en unidad RAU 1.	si	no
85 Cable de radio etiquetado correctamente en unidad MMU 2.	si	no
86 Cable de radio etiquetado correctamente en unidad RAU 2.	si	no
87 Cable de radio equipado con kits de tierra.	si	no
88 Kits de tierra instalados correctamente.	si	no

**Cableados**

89 Cable DC instalado correctamente en unidad MMU 1.	si	no
90 Cable DC etiquetado correctamente en unidad MMU 1.	si	no
91 Cable DC instalado correctamente en unidad MMU 2.	si	no
92 Cable DC etiquetado correctamente en unidad MMU 2.	si	no
93 Cable DC instalado correctamente en unidad FAN.	si	no
94 Cable DC etiquetado correctamente en unidad FAN.	si	no
95 Cables IDC-Sub instalado correctamente en unidad SMU.	si	no
96 Cables IDC-Sub etiquetado correctamente en unidad SMU.	si	no
97 Cable EAC 1 instalado correctamente en unidad SAU.	si	no
98 Cable EAC 1 etiquetado correctamente en unidad SAU.	si	no
99 Cable EAC 2 instalado correctamente en unidad SAU.	si	no
100 Cable EAC 2 etiquetado correctamente en unidad SAU.	si	no
101 Cable RAC 1 instalado correctamente en unidad SAU.	si	no
102 Cable RAC 1 etiquetado correctamente en unidad SAU.	si	no
103 Cable RAC 2 instalado correctamente en unidad SAU.	si	no
104 Cable RAC 2 etiquetado correctamente en unidad SAU.	si	no
105 Cable NCC instalado correctamente en unidad MMU 1.	si	no
106 Cable NCC etiquetado correctamente en unidad MMU 1.	si	no
107 Cable NCC instalado correctamente en unidad MMU 2.	si	no
108 Cable NCC etiquetado correctamente en unidad MMU 2.	si	no
109 Cable O&M instalado correctamente en unidad MMU.	si	no
110 Cable O&M etiquetado correctamente en unidad MMU.	si	no

**Instalación unidad para interiores (IDU)**

111 Unidad DDU asegurada al rack.	si	no
112 Unidad DDU aterrizada.	si	no
113 Unidad FAN asegurada al rack.	si	no
114 Unidad FAN aterrizada.	si	no
115 Unidad AMM asegurada al rack.	si	no
116 Unidad AMM aterrizada.	si	no
117 Unidad MMU 1 instalada correctamente en AMM.	si	no
118 Unidad MMU 2 instalada correctamente en AMM.	si	no
119 Unidad SMU instalada correctamente en AMM.	si	no
120 Unidad SAU instalada correctamente en AMM.	si	no
121 Rack aterrizado correctamente.	si	no

**Datos planta rectificadora**

122 Marca:	<input type="text"/>
123 Modelo:	<input type="text"/>
124 Capacidad instalada (KVA):	<input type="text"/>
125 Sistema de banco de baterías instalado.	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
126 Capacidad del banco de baterías instalada (Ah):	<input type="text"/>

**Datos sitio B:**

83 Cable de radio etiquetado correctamente en unidad MMU 1.	si	no
84 Cable de radio etiquetado correctamente en unidad RAU 1.	si	no
85 Cable de radio etiquetado correctamente en unidad MMU 2.	si	no
86 Cable de radio etiquetado correctamente en unidad RAU 2.	si	no
87 Cable de radio equipado con kits de tierra.	si	no
88 Kits de tierra instalados correctamente.	si	no

**Cableados**

89 Cable DC instalado correctamente en unidad MMU 1.	si	no
90 Cable DC etiquetado correctamente en unidad MMU 1.	si	no
91 Cable DC instalado correctamente en unidad MMU 2.	si	no
92 Cable DC etiquetado correctamente en unidad MMU 2.	si	no
93 Cable DC instalado correctamente en unidad FAN.	si	no
94 Cable DC etiquetado correctamente en unidad FAN.	si	no
95 Cables IDC-Sub instalado correctamente en unidad SMU.	si	no
96 Cables IDC-Sub etiquetado correctamente en unidad SMU.	si	no
97 Cable EAC 1 instalado correctamente en unidad SAU.	si	no
98 Cable EAC 1 etiquetado correctamente en unidad SAU.	si	no
99 Cable EAC 2 instalado correctamente en unidad SAU.	si	no
100 Cable EAC 2 etiquetado correctamente en unidad SAU.	si	no
101 Cable RAC 1 instalado correctamente en unidad SAU.	si	no
102 Cable RAC 1 etiquetado correctamente en unidad SAU.	si	no
103 Cable RAC 2 instalado correctamente en unidad SAU.	si	no
104 Cable RAC 2 etiquetado correctamente en unidad SAU.	si	no
105 Cable NCC instalado correctamente en unidad MMU 1.	si	no
106 Cable NCC etiquetado correctamente en unidad MMU 1.	si	no
107 Cable NCC instalado correctamente en unidad MMU 2.	si	no
108 Cable NCC etiquetado correctamente en unidad MMU 2.	si	no
109 Cable O&M instalado correctamente en unidad MMU.	si	no
110 Cable O&M etiquetado correctamente en unidad MMU.	si	no

**Instalación unidad para interiores (IDU)**

111 Unidad DDU asegurada al rack.	si	no
112 Unidad DDU aterrizada.	si	no
113 Unidad FAN asegurada al rack.	si	no
114 Unidad FAN aterrizada.	si	no
115 Unidad AMM asegurada al rack.	si	no
116 Unidad AMM aterrizada.	si	no
117 Unidad MMU 1 instalada correctamente en AMM.	si	no
118 Unidad MMU 2 instalada correctamente en AMM.	si	no
119 Unidad SMU instalada correctamente en AMM.	si	no
120 Unidad SAU instalada correctamente en AMM.	si	no
121 Rack aterrizado correctamente.	si	no

**Datos planta rectificadora**

122 Marca:	<input type="text"/>
123 Modelo:	<input type="text"/>
124 Capacidad instalada (KVA):	<input type="text"/>
125 Sistema de banco de baterías instalado.	<input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no
126 Capacidad del banco de baterías instalada (Ah):	<input type="text"/>

**PROTOCOLO DE PRUEBAS DE ACEPTACION**  
**RADIOENLACE PUNTO A PUNTO DE MICROONDA PDH MINILINK E HOT STAND-BY EN LA BANDA DE 7 - 38 GHz**

Hoja No. 4

**Datos sitio A:**

**Configuraciones de software**

127 Valor Tx Frecuency (MHz):

128 Valor Rx Frecuency (MHz):

129 Valor Output Power (dBm):

130 ID MMU 1:

131 ID MMU 2:

132 ID SAU:

133 ID Check habilitado.  si  no

134 Near End ID:

135 Far End ID:

136 ATPC habilitado.  si  no

137 Valor Max Output Power (dBm):

138 Valor Target Input Power (dBm):

139 Valor de RF recibido, medido en RAU 1 (V):

140 Valor de RF recibido, medido en RAU 2 (V):

141 Valor de RF recibido en RAU 1, utilizando el MSN (dBm):

142 Valor de RF recibido en RAU 2, utilizando el MSN (dBm):

143 Se tienen alarmas activas.  si  no

**Descripción de alarmas activas**

144 Input E(x):(y) Alarm  RF Input Level Alarm

145 Input BB(x) Alarm  Configuration Alarm

146 Tx IF Input Alarm  Rem Tx Switch Over Alarm

147 NCC Ext Alarm  Tx Switch Over Alarm

148 Rx AFC Alarm  ATPC Capability Alarm

149 Rx Frecuency Alarm  AGC Threshold Alarm

150 Rx IF Input Alarm  Frame E(x):(y) Alarm

151 HCC Alarm  ATPC Capability Alarm

**Pruebas**

152 Pruebas de conmutación satisfactorias.  si  no

153 Pruebas de desempeño satisfactorias.  si  no

154 Pruebas de BER satisfactoria.  si  no

156 Duración de prueba de BER (hrs).

**Datos sitio B:**

**Configuraciones de software**

127 Valor Tx Frecuency (MHz):

128 Valor Rx Frecuency (MHz):

129 Valor Output Power (dBm):

130 ID MMU 1:

131 ID MMU 2:

132 ID SAU:

133 ID Check habilitado.  si  no

134 Near End ID:

135 Far End ID:

136 ATPC habilitado.  si  no

137 Valor Max Output Power (dBm):

138 Valor Target Input Power (dBm):

139 Valor de RF recibido, medido en RAU 1 (V):

140 Valor de RF recibido, medido en RAU 2 (V):

141 Valor de RF recibido en RAU 1, utilizando el MSN (dBm):

142 Valor de RF recibido en RAU 2, utilizando el MSN (dBm):

143 Se tienen alarmas activas.  si  no

**Descripción de alarmas activas**

144 Input E(x):(y) Alarm  RF Input Level Alarm

145 Input BB(x) Alarm  Configuration Alarm

146 Tx IF Input Alarm  Rem Tx Switch Over Alarm

147 NCC Ext Alarm  Tx Switch Over Alarm

148 Rx AFC Alarm  ATPC Capability Alarm

149 Rx Frecuency Alarm  AGC Threshold Alarm

150 Rx IF Input Alarm  Frame E(x):(y) Alarm

151 HCC Alarm  ATPC Capability Alarm

**Pruebas**

152 Pruebas de conmutación satisfactorias.  si  no

153 Pruebas de desempeño satisfactorias.  si  no

154 Pruebas de BER satisfactoria.  si  no

156 Duración de prueba de BER (hrs).

OBSERVACIONES:

---



---



---

SE TIENEN PENDIENTES SIN RESOLVER  si  no

Fecha de resolución del último pendiente: \_\_\_\_\_

**INSTALACIÓN APROBADA**

**INSTALACIÓN NO APROBADA**

Aceptación preliminar es otorgada ya que se encontró que el suministro cumple con las especificaciones y los pendientes resueltos.

El suministro no cumple con las especificaciones y/o no está lista para su implementación.

Empresa solicitante:

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Contratista:

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_





## CONCLUSIONES

1. La etapa de instalación de un radioenlace Mini-Link E es una fase muy importante en el ciclo de vida del equipo, y sin duda va a condicionar el rendimiento, la disponibilidad y por supuesto, su mantenimiento; pero es evidente que un buen diseño de la instalación, una correcta elección de equipos y una buena ejecución del proyecto son aspectos absolutamente básicos para que esta nueva instalación pueda alcanzar los valores de rendimiento y disponibilidad que se espera de ella.
2. Los errores de instalación se reducen cuando el contratista encargado de realizar el trabajo de instalación tiene claramente estructurado todo el proceso y una idea muy clara de todas y cada una de las pruebas y ajustes que necesita hacer antes de dar por finalizada la instalación.
3. Se alcanza una disponibilidad del 97% cuando el radioenlace Mini-Link E se instala con un sistema de protección 1+1, aunque ninguna de las dos formas de protección 1+1 *hot stand-by* o *working stand-by* es mejor que la otra.
4. La realización del protocolo de pruebas de aceptación para un radioenlace Mini-Link E por parte de la empresa solicitante, obliga al contratista a cumplir con nuevos estándares de instalación que aumentan los estándares de calidad de la red de microondas.



## RECOMENDACIONES

1. Es responsabilidad del supervisor local, asegurarse el cumplimiento de las instrucciones de seguridad, para evitar lesiones del personal y evitar daños en los materiales empleados.
2. En caso de conflictos entre las instrucciones de seguridad descritas en este documento y las regulaciones locales, las regulaciones locales deben prevalecer, si éstas fueran obligatorias. Si las regulaciones locales no son obligatorias, las instrucciones de seguridad de este manual deben prevalecer.
3. No utilizar ningún componente de instalación que no cumpla con las especificaciones recomendadas por el fabricante.
4. Los niveles máximos de exposición a las microondas alrededor y enfrente de la antena, no deben exceder los niveles de seguridad especificados por las recomendaciones internacionales UIT-T K.52.
4. El transmisor debe ser apagado antes de desmontar el equipo y no se debe trabajar enfrente de la antena, ya que se puede interrumpir la señal.
6. El *feeder* de la antena no se debe tocar, mientras, la antena se encuentre en operación.





## BIBLIOGRAFÍA

1. BEHROUZ, Forouzan. *Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 850 p. ISBN: 8448133900
2. Ericsson AB. *1.2 m Compact Antenna Instruction*. EN/LZT 712 0095 R2G. Suecia: Ericsson AB, 2006. 62 p.
3. \_\_\_\_\_. *MINI-LINK E Technical Description*. EN/LZT 712 0210 R1A. Suecia: Ericsson AB, 2005. 110 p.
4. \_\_\_\_\_. *Ptp Outdoor Installation Manual*. EN/LZT 712 0015 R2D. Suecia: Ericsson AB, 2006. 188 p.
5. \_\_\_\_\_. *TMR 9301 Installation Manual*. EN/LZT 712 0178 R2A. Suecia: Ericsson AB, 2005. 146 p.
6. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Guía orientativa para la selección y utilización de EPI contra caídas de altura*. España: 2006. [ref. de 22 de junio de 2010]. Disponible en Web: <[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentación/TextosOnline/Guias/Guias\\_Orientativas\\_EPI/Ficheros/caidas\\_de\\_altura.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentación/TextosOnline/Guias/Guias_Orientativas_EPI/Ficheros/caidas_de_altura.pdf)>.
7. ITU-T. *ITU-T Recommendations*. USA: 1993. [ref. de 03 de julio de 2010]. Disponible en Web: <<http://www.itu.int/rec/T-REC/en>>.

8. ROSAS FERNÁNDEZ, José Bernardo. *Sistemas de Transmisión SDH*. Colombia: NEC América INC, 2004. vol EB-IBC-97004/MDG, p. 102-117.

## ANEXOS

### Norma UIT-T G.703

Esta recomendación especifica, las características físicas y eléctricas recomendadas de las interfaces a las velocidades binarias jerárquicas como se describe en la recomendación G.702. Las interfaces se definen en términos de características generales, especificaciones en los puertos de salida y puertos de entrada y/o puntos de transconexión, puesta a tierra del conductor exterior o del blindaje y reglas de codificación.

La norma G.703 se creó, originalmente, para la transmisión de voz y datos a través de redes digitales. Se trata de una recomendación de la UIT (antes CCITT) que está relacionada con la norma PCM, según la cual, la conversión de voz analógica a datos digitales requiere un ancho de banda de 64 kbit/s ( $\pm 100$  ppm), lo que se traduce en la unidad básica para la norma G.703 mediante multiplexación, esto produce un E1 de 2,048 Mbit/s. Los límites de señal para una señal de 2,048 Mbit/s.

Esta norma define los aspectos: mecánico y eléctrico de la siguiente forma:

- Mecánico: se conecta mediante cable coaxial de 75  $\Omega$  o empleando par simétrico de 120  $\Omega$ .
- Eléctrico: impulsos rectangulares con codificación HDB3 y tensiones de 2.37 V sobre coaxial y 3 V, en par simétrico.

## **Norma UIT-T G.704**

En esta recomendación se especifican las características funcionales de las interfaces asociadas a:

- Nodos de la red, en especial, equipos multiplex digitales síncronos y centrales digitales en redes digitales integradas para telefonía;
- Equipo de multiplexación MIC.

La cláusula 2 trata las estructuras de trama básica y da detalles sobre la longitud de trama, las señales de alineación de trama, los procedimientos de verificación por redundancia cíclica y otras informaciones fundamentales. Las cláusulas 3 a 6 contienen una información más específica sobre la manera en que ciertos canales a 64 kbit/s y a otras velocidades binarias van contenidos en las estructuras de trama básica descritas en la cláusula 2.

## **Norma UIT-T G.775**

Esta recomendación expone los criterios recomendados para la detección y liberación de defectos de pérdida de señal y de señal de indicación de alarma en interfaces intra-estación conforme a la recomendación G.703 y que operan a las velocidades binarias indicadas en la recomendación G.702. Los criterios expuestos en esta recomendación deben aplicarse a los nuevos diseños de equipo.

La presente recomendación identifica el modelo de información para las operaciones y la gestión de elementos de red de procesamiento de señal.

### **Norma UIT-T G.796**

Esta recomendación describe las características de un equipo de transconexión síncrono para uso en una red digital sincronizada que realiza la transconexión de intervalos de tiempo a 64 kbit/s o  $n * 64$  kbit/s hacia o desde puertos de acceso a 2 048 kbit/s.

### **Norma UIT-T G.832**

Esta recomendación define estructuras de trama y disposiciones de multiplexión para el transporte de elementos SDH por redes de transporte PDH existentes que operan a las velocidades jerárquicas de la recomendación G.702 de 34368 kbit/s, 44736 kbit/s, 97728 kbit/s y 139264 kbit/s. Se prevé que estas estructuras de trama puedan utilizarse, a menos que se indique otra cosa, para el transporte de otras señales (por ejemplo, células ATM).

### **Norma UIT-T K.52**

La finalidad de la presente recomendación es facilitar el cumplimiento por las instalaciones de telecomunicación de los límites de seguridad de la exposición de las personas a los campos electromagnéticos producidos por equipo de telecomunicaciones en la gama de frecuencias de 9 kHz a 300 GHz.

La presente recomendación presenta técnicas y procedimientos para evaluar la gravedad de la exposición a estos campos y para limitar la exposición de los operarios y del público en general a estos campos si se sobrepasan estos límites.

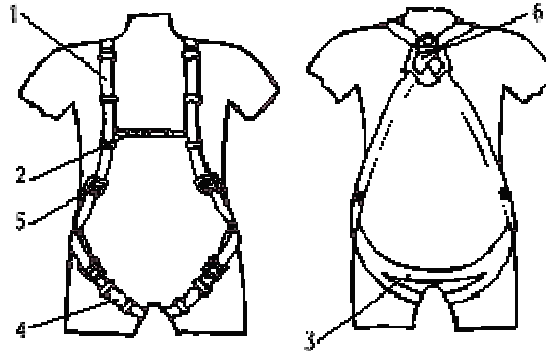
## **Protección anticaídas**

Un sistema de protección individual contra caídas de altura (sistema anticaídas) garantiza la parada segura de una caída, de forma que: la distancia de caída del cuerpo sea mínima, la fuerza de frenado no provoque lesiones corporales, la postura del usuario, una vez producido el frenado de la caída, sea tal que permita al usuario, dado el caso, esperar auxilio. Un sistema anticaídas está formado por: un arnés anticaídas, una conexión para unir el arnés anticaídas a un punto de anclaje seguro. Esta conexión puede efectuarse utilizando un dispositivo anticaídas o un absorbedor de energía. Hay que recalcar que un cinturón no protege contra las caídas de altura y sus efectos.

## **Arnés anticaídas**

Dispositivo de prensión del cuerpo destinado a parar las caídas. El arnés anticaídas puede estar constituido por bandas, elementos de ajuste y de enganche y otros elementos, dispuestos y ajustados de forma adecuada sobre el cuerpo de una persona para sujetarla durante una caída y después de la parada de ésta. La Figura 38 muestra los elementos que componen un arnés anticaídas.

Figura 38. **Elementos de un arnés**



1. Tirante
2. Banda secundaria
3. Banda subglútea
4. Banda de muslo
5. Elemento de ajuste
6. Elemento de enganche

Fuente: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias\\_Orientativas\\_EPI/Ficheros/caidas\\_de\\_altura.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias_Orientativas_EPI/Ficheros/caidas_de_altura.pdf)

### **Dispositivo anticaídas retráctil**

Equipo provisto de una función de bloqueo automático y un mecanismo automático de tensión y de retroceso para el elemento de amarre retráctil. Dicho elemento de amarre retráctil puede ser un cable metálico, una banda o una cuerda de fibras sintéticas. El dispositivo anticaídas retráctil puede llevar incorporado un elemento de disipación de energía, bien en el propio dispositivo anticaídas o en el elemento de amarre retráctil.

## **Absorbedor de energía**

Equipo que, mediante su deformación o destrucción, absorbe una parte importante de la energía desarrollada en la caída.

## **Dispositivo anticaídas deslizante**

Dispositivo provisto de una función de bloqueo automático y un elemento de guía. El dispositivo anticaídas deslizante se desplaza a lo largo de la línea de anclaje, acompaña al usuario sin requerir intervención manual durante los cambios de posición hacia arriba o hacia abajo y se bloquea, automáticamente, sobre la línea de anclaje cuando se produce una caída.

## **Dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje rígida**

Equipo formado por una línea de anclaje rígida y un dispositivo anticaídas deslizante con bloqueo automático que está unido a la línea de anclaje rígida. Dicha línea de anclaje rígida puede ser un riel o un cable metálico y se fija en una estructura de forma que queden limitados los movimientos laterales de la línea. Un elemento de disipación de energía puede estar incorporado en el dispositivo anticaídas deslizante o en su línea de anclaje.

## **Dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible**

Equipo formado por una línea de anclaje flexible y un dispositivo anticaídas deslizante con bloqueo automático que está unido a la línea de anclaje flexible. Dicha línea de anclaje flexible puede ser una cuerda de fibras sintéticas o un cable metálico y se fija a un punto de anclaje superior.



Un elemento de disipación de energía puede estar incorporado en el dispositivo anticaídas deslizante o en su línea de anclaje.

### **Conector**

Equipo que permite unir entre sí los diferentes componentes que forman el sistema anticaídas y a este sistema con el punto de anclaje estructural. Dispone de cierre automático y de bloqueo manual o automático.

