



División Técnica de Desarrollo
Área Ingeniería de Transporte y Núcleo
Sector Desarrollo de Transporte
Unidad Desarrollo de Redes de Radio

Distintas configuraciones y capacidades de tráfico de los equipos de radio Ericsson Minilink (2024)

**Ing. Juan Carlos Sturzenegger
Marzo de 2024**

1. Introducción

El objetivo del presente documento es resumir algunas de las configuraciones principales de los equipos de radio Ericsson Minilink, y sus correspondientes capacidades de tráfico.

Antel, a través de la División Técnica de Desarrollo, ha adquirido equipos de este tipo y los ha instalado en los últimos años. Está previsto seguir trabajando con los mismos en el corto y mediano plazo.

Ericsson trabaja permanentemente en el desarrollo de las tecnologías involucradas, por lo que los equipos incorporan mejoras en sus prestaciones cada año. Esto se puede ver en los diferentes modelos que se describen en este documento.

En nuestro trabajo habitual dentro de la Unidad Desarrollo de Redes de Radio manejamos algunos elementos de estos equipos relacionados con configuraciones físicas, bandas radioeléctricas, propagación, modulaciones, etc., y sus correspondientes capacidades de tráfico. Esto puede ser de interés para otros integrantes de la gerencia, de hecho a veces se nos hacen consultas al respecto. Por ello consideramos que era útil hacer un resumen de los elementos más importantes.

Este documento es una cuarta edición ampliada de otro sobre el mismo tema que escribí en 2017, y sobre el que hice ediciones ampliadas en 2020 y 2022. En la presente revisión agregué información reciente sobre los nuevos modelos de radios Ericsson Minilink, algunos de los cuales ya se han empezado a instalar.

Este documento está pensado para el uso interno dentro de nuestra gerencia de Antel.

2. Equipos TN, LH, 6300, 6600

En los últimos años hemos trabajado en nuestra gerencia con equipos Ericsson Minilink del tipo TN (Traffic Node), los cuales tienen una configuración llamada split: constan de una unidad exterior denominada RAU y una unidad interior llamada AMM, comunicadas entre sí por cable. La modulación se realiza en las placas denominadas MMU instaladas en la unidad interior, y toda la parte de RF (radiofrecuencia) en la RAU. Como la RAU se encuentra junto a la antena o muy cerca de ella, las guías de onda son tramos muy cortos. Por tanto, una ventaja de esta configuración es que las pérdidas de RF que ocurren en el equipamiento son bajas.

Desde 2016 se han adquirido además equipos Ericsson Minilink del tipo LH (Long Haul), en los cuales en un rack interior se instalan los equipos, que se comunican directamente con la o las antenas por medio de guías de onda. Las pérdidas de RF son menores en los equipos TN que en los LH, pero la ventaja de éstos es que es más sencillo implementar más radiocanales (lo que significa mayor ancho de banda), o dicho de otra manera, se necesitan menos antenas por radiocanal. Hemos tenido instalados desde hace años equipos de radio similares a estos LH, pero de otros fabricantes.

Desde 2019 hemos comenzado a instalar equipos Ericsson Minilink del tipo 6363 (se trata de RAUs pertenecientes a la familia 6300), que forman parte de una nueva generación con tecnología renovada. Los mencionados 6363 pueden tomar el lugar de las RAUs 2X de la familia TN y funcionar en conjunto con unidades AMM previamente instaladas. Los equipos TN (RAUs y AMMs) ya no se instalan más, sólo quedan los previamente instalados.

Desde 2021 hemos comenzado a instalar equipos Ericsson Minilink de la familia 6600, los cuales sustituyen a las unidades interiores AMM de la familia TN. Son compatibles con las unidades RAU tanto de la familia TN como las nuevas 6363.

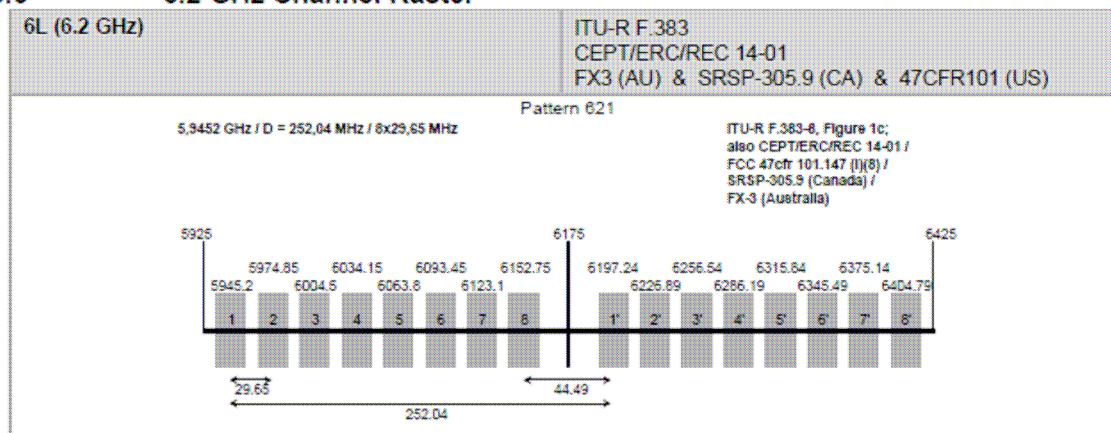
Desde 2024 hemos comenzado a instalar equipos Ericsson Minilink del tipo 6365 (nuevas RAUs dentro de la familia 6300) en la banda de 15 GHz.

3. Bandas radioeléctricas

Nuestra gerencia trabaja con las bandas radioeléctricas de 6 GHz denominadas 6L y 6U (con los equipos LH) y con la banda alta de 7 GHz (con TN y 6363). Las siguientes son las canalizaciones utilizadas. Cada banda tiene una subbanda inferior y una superior, cuyas frecuencias funcionan como Tx y Rx respectivamente.

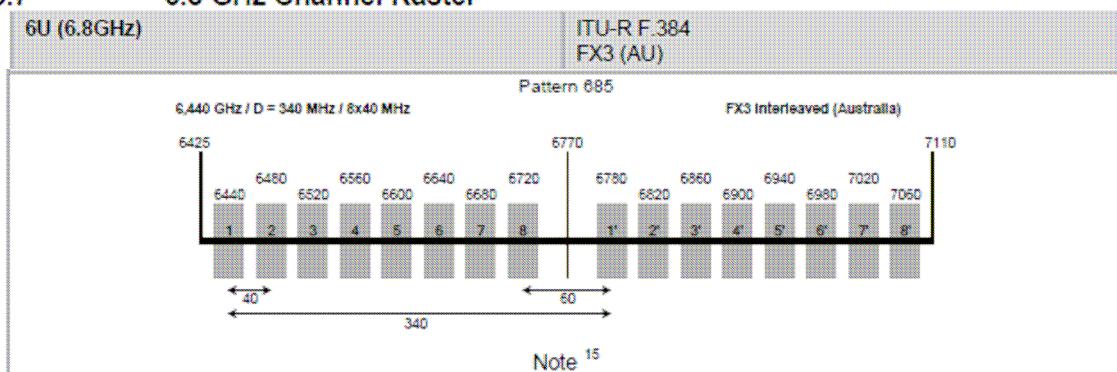
- Banda 6L (definida por la rec. ITU-R F.383), con canales de ancho de banda de 29,65 MHz (de los que se utilizan 28 MHz). En la siguiente figura se muestran los 8 canales con sus frecuencias centrales, en la subbanda inferior se denominan 1, 2, ... 8, y en la subbanda superior 1', 2', ... 8'.

8.5.6 6.2 GHz Channel Raster



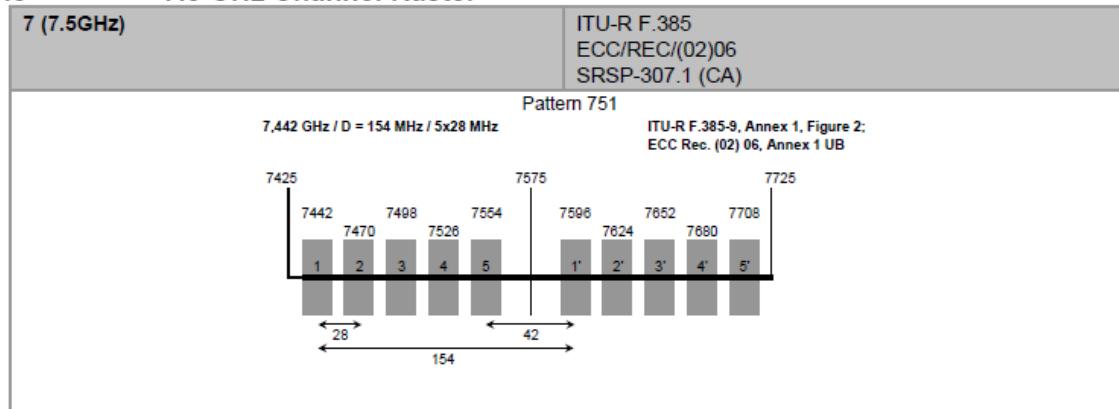
- Banda 6U (definida por la rec. ITU-R F.384), con canales de ancho de banda de 40 MHz. En la siguiente figura se muestran los 8 canales con sus frecuencias centrales, en la subbanda inferior se denominan 1, 2, ... 8, y en la subbanda superior 1', 2', ... 8'.

8.5.7 6.8 GHz Channel Raster

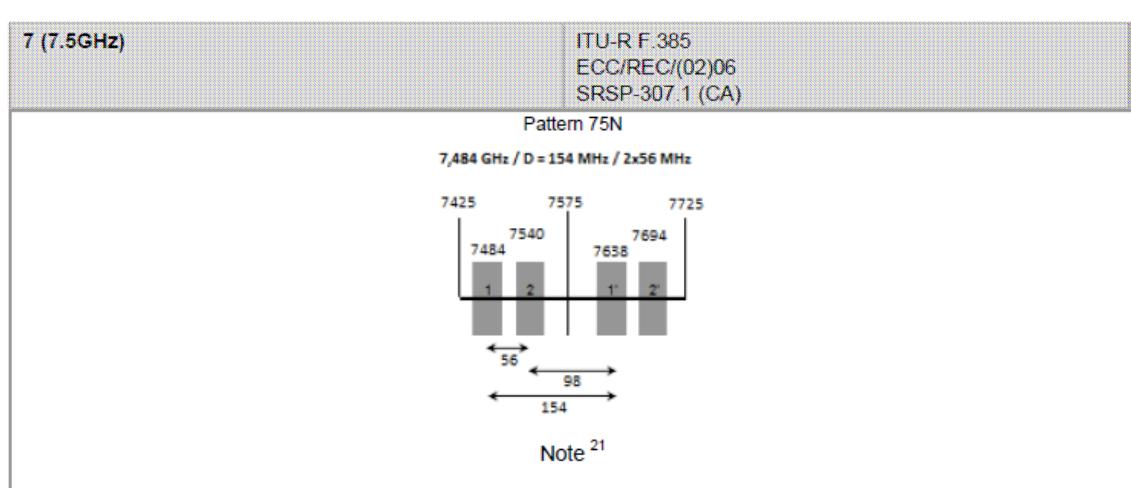


- Banda de 7 GHz (definida por la rec. ITU-R F.385), con canales de ancho de banda de 28 MHz. En la siguiente figura se muestran los 5 canales con sus frecuencias centrales, en la subbanda inferior se denominan 1, 2, ... 5, y en la subbanda superior 1', 2', ... 5'.

8.5.8 7.5 GHz Channel Raster



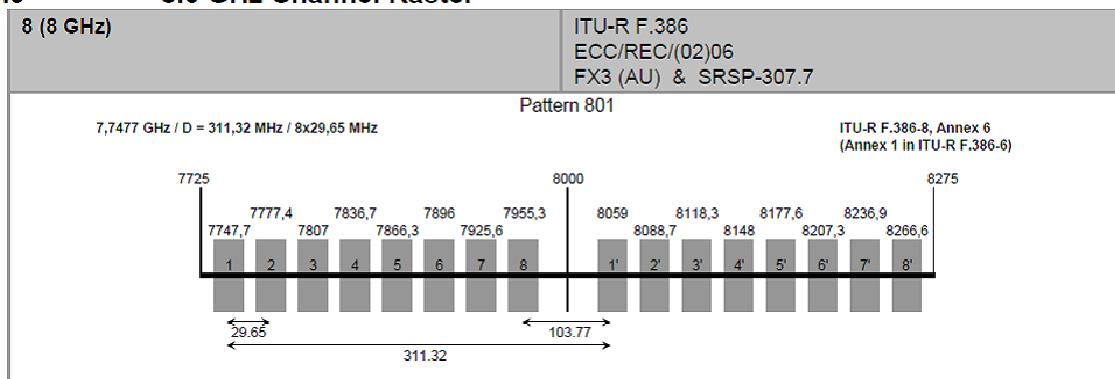
- Banda de 7 GHz (definida por la rec. ITU-R F.385), con canales de ancho de banda de 56 MHz. En la siguiente figura se muestran los canales con sus frecuencias centrales. En la siguiente figura se muestran los 2 canales con sus frecuencias centrales, en la subbanda inferior se denominan 1 y 2 (o B y D) y en la subbanda superior 1' y 2' (o B' y D').



Además de continuar trabajando con las bandas radioeléctricas de 6 GHz denominadas 6L y 6U y con la banda alta de 7 GHz, desde 2021 se utiliza también la banda de 8 GHz, y desde 2024 la banda de 15 GHz, las cuales ya habían sido usadas por equipos de nuestra gerencia en el pasado. Las siguientes son las canalizaciones utilizadas.

- Banda de 8 GHz (definida por la rec. ITU-R F.386), con canales de ancho de banda de 29,65 MHz (de los que se utilizan 28 MHz). En la siguiente figura se muestran los 8 canales con sus frecuencias centrales, en la subbanda inferior se denominan 1, 2, ... 8, y en la subbanda superior 1', 2', ... 8'.

8.5.9 8.0 GHz Channel Raster



También se pueden formar canales de ancho de banda 56 MHz o de 112 MHz (ver más adelante sección sobre la canalización de las distintas bandas).

- Banda de 15 GHz (definida por la rec. ITU-R F.636), con canales de ancho de banda de 28 MHz. También se pueden formar canales de ancho de banda 56 MHz o de 112 MHz (ver más adelante sección sobre la canalización de las distintas bandas).

4. Rangos de frecuencias de las RAUs

Cada RAU 2X de los equipos TN no funciona en toda la banda de 7 GHz mencionada, sino en determinado rango de la misma. Hay distintos tipos de RAUs que se identifican por índices denominados CD. Habitualmente trabajamos con los radiocanales 2, 3, 4 y 5 de 28 MHz, y los tipos de RAU correspondientes se denominan CD12, CD16, CD14 y CD18, y sus rangos de frecuencias se ilustran en la siguiente tabla:

RAU1 7 [HP], RAU2 7

Index / Duplex (MHz)	Lowest/Highest Tx frequency (MHz)			
	3.5 MHz	7 MHz	14 MHz	28 MHz
11 / 154	7420.76 / 7482.26	7431.60 / 7480.60	7436.00 / 7477.00	7442.00 / 7470.00
15 / 154	7583.75 / 7636.25	7585.50 / 7634.50	7589.00 / 7631.00	7596.00 / 7624.00
12 / 154	7457.75 / 7510.25	7459.50 / 7508.50	7463.00 / 7505.00	7470.00 / 7498.00
16 / 154	7611.75 / 7684.25	7613.50 / 7682.50	7617.00 / 7659.00	7624.00 / 7652.00
13 / 154	7185.76 / 7639.26	7187.50 / 7636.60	7191.00 / 7633.00	7198.00 / 7626.00
1 / 154	/839.75 / /892.25	/841.50 / /890.50	/845.00 / /887.00	/852.00 / /880.00
14 / 154	7513.75 / 7566.25	7515.50 / 7564.50	7519.00 / 7561.00	7526.00 / 7554.00
18 / 154	7687.75 / 7720.25	7689.50 / 7718.50	7693.00 / 7715.00	7698.00 / 7708.00

Se trata de la canalización que tiene diferencia entre subbandas inferior y superior de 154 MHz.

- Con fondo amarillo están indicados los CD12 y CD16, que abarcan la subbanda baja y alta de los radiocanales 2 y 3 de 28 MHz.
- Con fondo celeste están indicados los CD14 y CD18, que abarcan la subbanda baja y alta de los radiocanales 4 y 5 de 28 MHz.

Para radiocanales de 56 MHz también se utilizan los tipos de RAU CD12, CD16, CD14 y CD18, y sus rangos de frecuencias se ilustran en la siguiente tabla:

RAU1 N 7 (max CS 28 MHz), RAU2 X/Xu 7 [HP]

Index / Duplex (MHz)	Transmitter frequency Information			Receiver frequency Information		
	Tx Lower edge	Tx Upper edge	Tx Bw (MHz)	Rx Lower edge	Rx Upper edge	Rx Bw (MHz)
01 196	7107.00	7163.00	56.00	7303.00	7359.00	56.00
05 196	7303.00	7359.00	56.00	7107.00	7163.00	56.00
02 196	7163.00	7219.00	56.00	7309.00	7415.00	56.00
08 196	7359.00	7415.00	56.00	7180.00	7219.00	56.00
03 196	7191.00	7247.00	56.00	7387.00	7443.00	56.00
07 196	7387.00	7443.00	56.00	7191.00	7247.00	56.00
11 154	7428.00	7484.00	56.00	7582.00	7638.00	56.00
15 154	7582.00	7638.00	56.00	7428.00	7484.00	56.00
12 154	7456.00	7512.00	56.00	7610.00	7666.00	56.00
10 104	7010.00	7000.00	0.00	7400.00	7512.00	0.00
13 154	7181.00	7610.00	56.00	7638.00	7804.00	56.00
17 154	7838.00	7804.00	56.00	7484.00	7540.00	56.00
14 154	7512.00	7568.00	56.00	7686.00	7722.00	56.00
18 154	7686.00	7722.00	56.00	7612.00	7568.00	56.00

- Con fondo amarillo están indicados los CD12 y CD16, que abarcan la subbanda baja y alta del radiocanal B (o 1) de 56 MHz.
- Con fondo celeste están indicados los CD14 y CD18, que abarcan la subbanda baja y alta del radiocanal D (o 2) de 56 MHz.

Los nuevos equipos exteriores (RAUs) 6363 ya están siendo instalados en nuestra red utilizando la banda de 7 GHz (como los equipos TN) y en la de 8 GHz, pero además se podrán usar en el futuro las bandas de 6 GHz. Los rangos de frecuencias de dichos equipos son los siguientes.

Banda 6L:

- a. Índices 11L / 11H: canales 1, 2 y 3 de 28 MHz, permite también dos canales de 56 MHz (1-2 y 2-3).
- b. Índices 12L / 12H: canales 4, 5 y 6 de 28 MHz, permite también dos canales de 56 MHz (4-5 y 5-6).
- c. Índices 13L / 13H: canales 6, 7 y 8 de 28 MHz, permite también dos canales de 56 MHz (6-7 y 7-8).
- d. Índices 14L / 14H: canales 3 y 4 de 28 MHz, permite también un canal de 56 MHz (3-4).

MINI-LINK 6363 6L

Index / Duplex (MHz)	Transmitter frequency information			Receiver frequency information			Telecom Standard
	Tx Lower edge	Tx Upper edge	Tx Bw (MHz)	Rx Lower edge	Rx Upper edge	Rx Bw (MHz)	
11L	5925.000	6020.250	95.250	6177.050	6277.000	99.950	ETSI/ANSI
11H	6177.050	6277.000	99.950	5925.000	6020.250	95.250	ETSI/ANSI
12L	6011.000	6110.250	99.250	6270.050	6362.300	92.250	ETSI/ANSI
12H	6270.050	6362.300	92.250	6011.000	6110.250	99.250	ETSI/ANSI
13L	6078.500	6173.250	94.750	6330.550	6425.300	94.750	ETSI/ANSI
13H	6330.550	6425.300	94.750	6078.500	6173.250	94.750	ETSI/ANSI
14L	5989.325	6049.350	60.025	6241.350	6301.375	60.025	ETSI/ANSI
14H	6241.350	6301.375	60.025	5989.325	6049.350	60.025	ETSI/ANSI

Banda 6U:

- a. Índices 21L / 21H: canales 2 y 3 de 40 MHz, permite también un canal de 80 MHz.
- b. Índices 22L / 22H: canales 5 y 6 de 40 MHz, permite también un canal de 80 MHz.
- c. Índices 23L / 23H: canales 7 y 8 de 40 MHz, permite también un canal de 80 MHz.
- d. Índices 24L / 24H: canal 4 de 40 MHz.

MINI-LINK 6363 6U

Index / Duplex (MHz)	Transmitter frequency information			Receiver frequency information			Telecom Standard
	Tx Lower edge	Tx Upper edge	Tx Bw (MHz)	Rx Lower edge	Rx Upper edge	Rx Bw (MHz)	
21L	6430.000	6565.000	135.000	6770.000	6905.000	135.000	ETSI/ANSI
21H	6770.000	6905.000	135.000	6430.000	6565.000	135.000	ETSI/ANSI
22L	6550.000	6685.000	135.000	6890.000	7025.000	135.000	ETSI/ANSI
22H	6890.000	7025.000	135.000	6550.000	6685.000	135.000	ETSI/ANSI
23L	6635.000	6765.000	130.000	6975.000	7105.000	130.000	ETSI/ANSI
23H	6975.000	7105.000	130.000	6635.000	6765.000	130.000	ETSI/ANSI
24L	6520.000	6600.000	80.000	6860.000	6940.000	80.000	ETSI/ANSI
24H	6860.000	6940.000	80.000	6520.000	6600.000	80.000	ETSI/ANSI

Banda de 7 GHz:

- Índices 11L / 11H: canales 1 y 2 de 28 MHz, permite también un canal de 56 MHz.
- Índices 12L / 12H: canales 2 y 3 de 28 MHz, permite también un canal de 56 MHz.
- Índices 13L / 13H: canales 3 y 4 de 28 MHz, permite también un canal de 56 MHz.
- Índices 14L / 14H: canales 4 y 5 de 28 MHz, permite también un canal de 56 MHz.

MINI-LINK 6363 7

Index / Duplex (MHz)	Transmitter frequency information			Receiver frequency information			Telecom Standard
	Tx Lower edge	Tx Upper edge	Tx Bw (MHz)	Rx Lower edge	Rx Upper edge	Rx Bw (MHz)	
01L	7107.000	7163.000	56.00	7303.000	7359.000	56.00	ETSI
01H	7303.000	7359.000	56.00	7107.000	7163.000	56.00	ETSI
02L	7163.000	7219.000	56.00	7359.000	7415.000	56.00	ETSI
02H	7359.000	7415.000	56.00	7163.000	7219.000	56.00	ETSI
03L	7191.000	7247.000	56.00	7387.000	7443.000	56.00	ETSI
03H	7387.000	7443.000	56.00	7191.000	7247.000	56.00	ETSI
11L	7414.000	7485.000	71.00	7575.000	7645.000	70.00	ETSI/ANSI
11H	7575.000	7645.000	70.00	7414.000	7485.000	71.00	ETSI/ANSI
12L	7442.000	7515.000	73.00	7610.000	7673.000	63.00	ETSI/ANSI
12H	7610.000	7673.000	63.00	7442.000	7515.000	73.00	ETSI/ANSI
13L	7470.000	7540.000	70.00	7638.000	7701.000	63.00	ETSI/ANSI
13H	7638.000	7701.000	63.00	7470.000	7540.000	70.00	ETSI/ANSI
14L	7498.000	7568.000	70.00	7665.000	7729.000	64.00	ETSI/ANSI
14H	7665.000	7729.000	64.00	7498.000	7568.000	70.00	ETSI/ANSI

Banda de 8 GHz:

- Índices 11L / 11H: canales 1, 2 y 3 de 28 MHz, permite también dos canales de 56 MHz (1-2 y 2-3).
- Índices 12L / 12H: canales 3, 4, 5 y 6 de 28 MHz, permite también tres canales de 56 MHz (3-4, 4-5, 5-6) y un canal de 112 MHz (3-4-5-6).

- c. Índices 14L / 14H: canales 5, 6, 7 y 8 de 28 MHz, permite también tres canales de 56 MHz (5-6, 6-7, 7-8) y un canal de 112 MHz (5-6-7-8).

MINI-LINK 6363 8

Index / Duplex (MHz)	Transmitter frequency information			Receiver frequency information			Telecom Standard
	Tx Lower edge	Tx Upper edge	Tx Bw (MHz)	Rx Lower edge	Rx Upper edge	Rx Bw (MHz)	
01L	7744.750	7793.750	49.000	7893.000	7942.250	49.250	ETSI
01H	7893.000	7942.250	49.250	7744.750	7793.750	49.000	ETSI
02L	7779.750	7828.750	49.000	7928.000	7977.250	49.250	ETSI
02H	7928.000	7977.250	49.250	7779.750	7828.750	49.000	ETSI
11L	7718.050	7837.000	118.950	8025.000	8147.975	122.975	ETSI/ANSI
11H	8025.000	8147.975	122.975	7718.050	7837.000	118.950	ETSI/ANSI
12L	7777.000	7910.775	133.775	8085.000	8222.100	137.100	ETSI/ANSI
12H	8085.000	8222.100	137.100	7777.000	7910.775	133.775	ETSI/ANSI
14L	7835.000	7970.075	135.075	8135.000	8281.400	146.400	ETSI/ANSI
14H	8135.000	8281.400	146.400	7835.000	7970.075	135.075	ETSI/ANSI

Los nuevos equipos exteriores (RAUs) 6364 ya están disponibles para la venta, aunque por ahora no se prevé instalados en nuestra red. Funcionan en las bandas de 13 GHz, 15 GHz y 18 GHz. Tienen la gran ventaja de que cubren todo el rango de frecuencias de cada una de esas tres bandas, o sea, se necesita sólo un modelo de RAU para la subbanda baja y otro para la subbanda alta.

3.2.5.1 MINI-LINK 6364 13 GHz Band

Table 44 MINI-LINK 6364 13

Sub-band	Transmitter (MHz)			Receiver (MHz)			Telecom Standard
	Tx Lower edge	Tx Upper edge	Tx Bw	Rx Lower edge	Rx Upper edge	Rx Bw	
W01L	12751.00	12975.00	224.00	13017.00	13241.00	224.00	ETSI
W01H	13017.00	13241.00	224.00	12751.00	12975.00	224.00	ETSI

Sub-bands W01L/H (Duplex 266 MHz) are valid for 7, 14, 28, 56, and 112 MHz.

3.2.5.2 MINI-LINK 6364 15 GHz Band

Table 45 MINI-LINK 6364 15

Sub-band	Transmitter (MHz)			Receiver (MHz)			Telecom Standard
	Tx Lower edge	Tx Upper edge	Tx Bw	Rx Lower edge	Rx Upper edge	Rx Bw	
W01L	14397.75	14933.50	535.75	14865.00	15375.00	510.00	ETSI
W01H	14865.00	15375.00	510.00	14397.75	14933.50	535.75	ETSI

Sub-bands W01L/H (Duplex 420, 470, 490, and 735 MHz) are valid for CS 7, 14, 28, 56, and 112 MHz.

3.2.5.3 MINI-LINK 6364 18 GHz Band

Table 46 MINI-LINK 6364 18

Sub-band	Transmitter (MHz)			Receiver (MHz)			Telecom Standard
	Tx Lower edge	Tx Upper edge	Tx Bw	Rx Lower edge	Rx Upper edge	Rx Bw	
W01L	17700.00	18690.00	990.00	18590.00	19700.00	1110.00	ETSI
W01H	18590.00	19700.00	1110.00	17700.00	18690.00	990.00	ETSI

Sub-bands W01L/H (Duplex 1010 and 1560 MHz) are valid for CS 7, 13.75/14, 27.5/28, 55/56, 110/112, and 220/224 MHz.

Los nuevos equipos exteriores (RAUs) 6365 ya están disponibles en todas las bandas de 6 GHz a 42 GHz, y ya los estamos instalando en la banda de 15 GHz.

Bandas de 7 GHz y 8 GHz:

3.2.6.2 MINI-LINK 6365 7/8 GHz Band

Table 48 MINI-LINK 6365 7/8

Sub-band	Transmitter (MHz)			Receiver (MHz)			Telecom Standard
	Tx Lower edge	Tx Upper edge	Tx Bw	Rx Lower edge	Rx Upper edge	Rx Bw	
A01L	7107.000	7219.000	112.000	7303.000	7415.000	112.000	ETSI
A01H	7303.000	7415.000	112.000	7107.000	7219.000	112.000	ETSI
A03L	7163.000	7247.000	84.000	7359.000	7443.000	84.000	ETSI
A03H	7359.000	7443.000	84.000	7163.000	7247.000	84.000	ETSI
A11L	7414.000	7515.000	101.00	7575.000	7673.000	98.00	ETSI/ANSI
A11H	7575.000	7673.000	98.00	7414.000	7515.000	101.00	ETSI/ANSI
A13L	7470.000	7568.000	98.00	7635.000	7729.000	94.00	ETSI/ANSI
A13H	7635.000	7729.000	94.00	7470.000	7568.000	98.00	ETSI/ANSI
A21L	7426.500	7569.750	143.250	7671.500	7814.750	143.250	ETSI
A21H	7671.500	7814.750	143.250	7426.500	7569.750	143.250	ETSI
A23L	7510.250	7653.750	143.500	7755.250	7898.750	143.500	ETSI
A23H	7755.250	7898.750	143.500	7510.250	7653.750	143.500	ETSI
A31L	7107.000	7212.000	105.00	7275.000	7373.000	98.00	ETSI/ANSI
A31H	7275.000	7373.000	98.00	7107.000	7212.000	105.00	ETSI/ANSI
A33L	7163.000	7268.000	105.00	7331.000	7429.000	98.00	ETSI/ANSI
A33H	7331.000	7429.000	98.00	7163.000	7268.000	105.00	ETSI/ANSI
A81L	7249.50	7337.00	87.50	7410.50	7498.00	87.50	ETSI
A81H	7410.50	7498.00	87.50	7249.50	7337.00	87.50	ETSI
A83L	7305.50	7393.00	87.50	7466.50	7554.00	87.50	ETSI
A83H	7466.50	7554.00	87.50	7305.50	7393.00	87.50	ETSI
A94L	7527.000	7583.000	56.00	7695.000	7751.000	56.00	ETSI/ANSI
A94H	7695.000	7751.000	56.00	7527.000	7583.000	56.00	ETSI/ANSI
B01L	7744.750	7793.750	49.000	7893.000	7942.250	49.250	ETSI
B01H	7893.000	7942.250	49.250	7744.750	7793.750	49.000	ETSI
B02L	7779.750	7828.750	49.000	7928.000	7977.250	49.250	ETSI
B02H	7928.000	7977.250	49.250	7779.750	7828.750	49.000	ETSI
B11L	7718.050	7851.500	133.450	8016.500	8162.800	146.300	ETSI/ANSI
B11H	8016.500	8162.800	146.300	7718.050	7851.500	133.450	ETSI/ANSI
B12L	7777.000	7911.000	134.000	8073.000	8222.250	149.250	ETSI/ANSI
B12H	8073.000	8222.250	149.250	7777.000	7911.000	134.000	ETSI/ANSI
B14L	7835.000	7985.000	150.000	8128.500	8281.500	153.000	ETSI/ANSI
B14H	8128.500	8281.500	153.000	7835.000	7985.000	150.000	ETSI/ANSI
B21L	8279.000	8328.000	49.000	8398.000	8450.500	52.500	ETSI
B21H	8398.000	8450.500	52.500	8279.000	8328.000	49.000	ETSI
B23L	8324.500	8377.000	52.500	8447.000	8496.000	49.000	ETSI
B23H	8447.000	8496.000	49.000	8324.500	8377.000	52.500	ETSI
B42L	8307.000	8349.000	42.000	8426.000	8475.000	49.000	ETSI
B42H	8426.000	8475.000	49.000	8307.000	8349.000	42.000	ETSI

Banda de 15 GHz:

3.2.6.5 MINI-LINK 6365 15 GHz Band

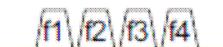
Table 51 MINI-LINK 6365 15

Sub-band	Transmitter (MHz)			Receiver (MHz)			Telecom Standard
	Tx Lower edge	Tx Upper edge	Tx Bw	Rx Lower edge	Rx Upper edge	Rx Bw	
A01L	14495.75	14781.00	285.25	15033.00	15348.00	315.00	ETSI
A01H	15033.00	15348.00	315.00	14495.75	14781.00	285.25	ETSI
A11L	14397.75	14669.00	271.25	14865.00	15135.00	270.00	ETSI/ANSI
A11H	14865.00	15135.00	270.00	14397.75	14669.00	271.25	ETSI/ANSI
A12L	14501.00	14739.00	238.00	14919.25	15229.00	309.75	ETSI/ANSI
A12H	14919.25	15229.00	309.75	14501.00	14739.00	238.00	ETSI/ANSI
A13L	14669.00	14933.50	264.50	15117.00	15375.00	258.00	ETSI/ANSI
A13H	15117.00	15375.00	258.00	14669.00	14933.50	264.50	ETSI/ANSI
A21L	14698.75	14828.50	129.75	15006.75	15145.00	138.25	ETSI
A21H	15006.75	15145.00	138.25	14698.75	14828.50	129.75	ETSI

5. Configuraciones de radiocanales

Cuando se utiliza más de un radiocanal adyacente en un radioenlace, las configuraciones posibles son las siguientes:

- ACCP (Adjacent Channel Co-Polarization) Canales adyacentes con la misma polarización, por ejemplo: 1V, 2V, etc. Esos canales pueden pasar por una antena de simple polarización. En la figura se representan los canales con polarización V sobre la línea horizontal:



- ACAP (Adjacent Channel Alternate Polarized) Canales adyacentes con polarizaciones alternadas, por ejemplo: 1V, 2H, etc. Si se quiere que esos canales pasen por la misma antena, la misma debe ser de doble polarización. En la figura se representan los canales con polarización V sobre la línea horizontal, y los canales con polarización H bajo dicha línea:



- CCDP (Co-Channel Dual Polarized) Configuración co-canal con polarización dual, por ejemplo: 1V, 1H, etc. Es necesario el uso de XPIC. Si se quiere que esos canales pasen por la misma antena, la misma debe ser de doble polarización. En la figura se representan los canales con polarización V sobre la línea horizontal, y los canales con polarización H bajo dicha línea:

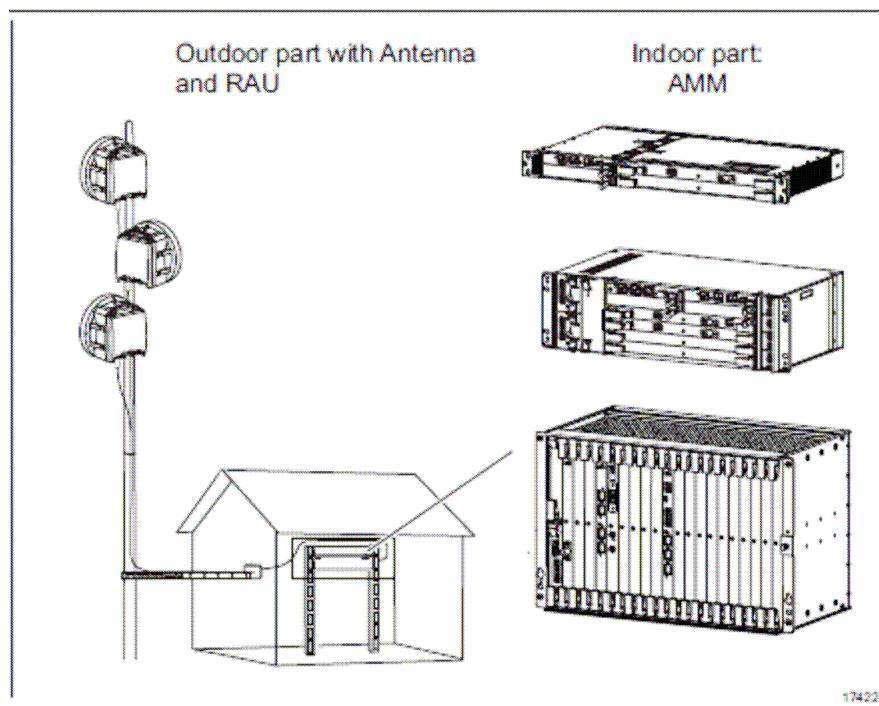


XPIC significa Cross-Polar Interference Canceller (Cancelador de interferencia de polarización cruzada), es una prestación de los equipos que sirve para minimizar la interferencia que ocasiona un canal con determinada polarización (por ejemplo, H) sobre el canal (tipo cocanal) con la polarización opuesta (por ejemplo, V).

6. Configuraciones de equipos TN y antenas

Los equipos Ericsson Minilink del tipo TN (Traffic Node) constan de una unidad exterior denominada RAU y una unidad interior llamada AMM, comunicadas entre sí por cable. La modulación se realiza en placas denominadas MMU instaladas en la unidad interior, y toda la parte de RF (radiofrecuencia) en la RAU.

En la nueva generación tecnológica, el lugar de las unidades RAU lo toman los equipos de la familia 6300, y el lugar de las unidades AMM lo toman los equipos de la familia 6600.



Las configuraciones que hemos utilizado en los equipos TN instalados hasta ahora son las siguientes:

- Configuración 1+1 Hot Standby, sin diversidad de espacio. Se tiene una sola antena en cada extremo del radioenlace. A cada antena se conectan dos RAUs, una en estado working y la otra en estado standby, con lo que se tiene protección de hardware solamente. El radioenlace maneja un solo radiocanal: la frecuencia inferior (por ejemplo, 2) será la de Tx en un extremo y la superior (por ejemplo, 2') será la de Tx en el otro. Las antenas pueden ser de simple polarización. Ver la figura siguiente.

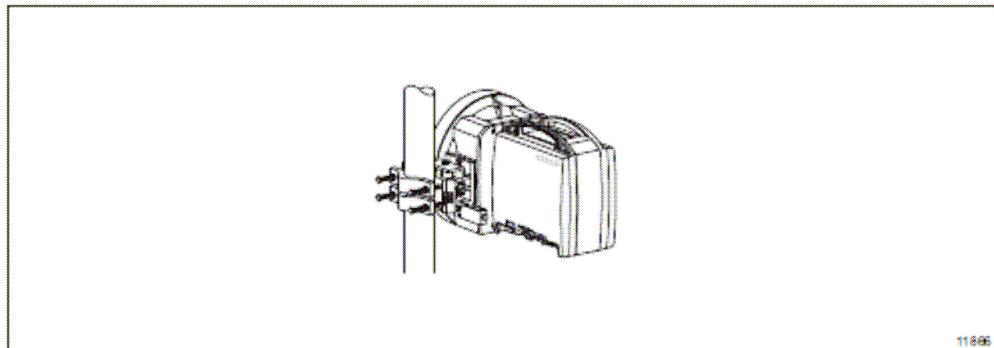
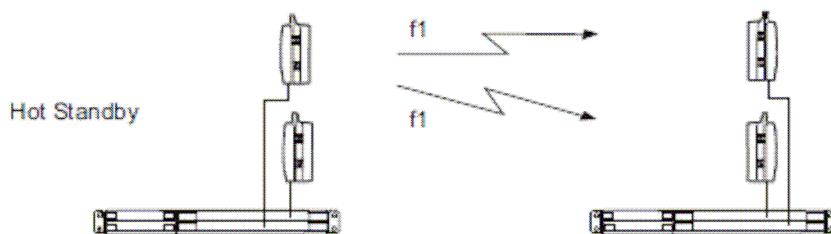


Figure 21 1+1 Radio Terminal Protection

- Configuración 1+1 Hot Standby, con diversidad de espacio. Se tienen dos antenas en cada extremo del radioenlace, y a cada antena se conecta una RAU. Las dos RAUs en recepción reciben señal permanentemente, la que es monitoreada por las placas MMU de la unidad interior. En general se toma como válida la señal recibida por la antena superior (antena principal), pero en caso de que dicha señal tenga una tasa de error por encima de determinado valor crítico, se conmuta a la señal recibida por la antena inferior. El radioenlace maneja un solo radiocanal: la frecuencia inferior (por ejemplo, 2) será la de Tx en un extremo y la superior (por ejemplo, 2') será la de Tx en el otro. Las antenas pueden ser de simple polarización. Ver la figura siguiente.



- Configuración 2 x (1+0), sin diversidad de espacio. Se tiene una sola antena en cada extremo del radioenlace. A cada antena se conectan dos RAUs, cada una corresponde a un radiocanal. No se tiene protección de hardware ni de diversidad. El radioenlace maneja dos radiocanales: las frecuencias inferiores (por ejemplo, 2 y 3) serán las de Tx en un extremo y las superiores (por ejemplo, 2' y 3') serán las de Tx en el otro.

Las antenas pueden ser de simple polarización en el caso de que los canales sean ACCP (por ejemplo, 2H y 3H), pero deberán ser de doble polarización en el caso de que los canales sean ACAP (por ejemplo, 2H y 3V) o CCDP (por ejemplo, 2H y 2V). Para este último caso, se necesita además XPIC. Ver la figura siguiente.

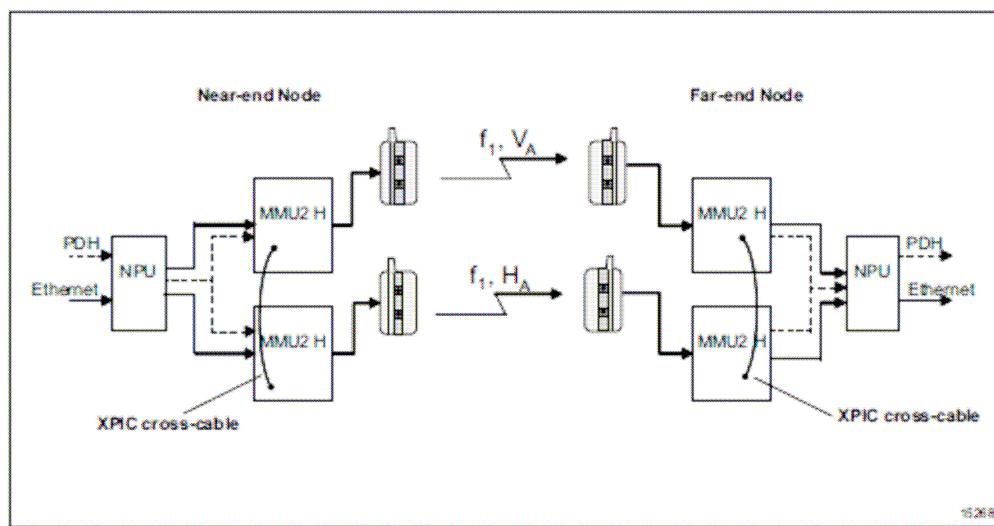


Figure 35 2+0 XPIC Configuration

Las configuraciones mencionadas tienen en común que requieren cuatro RAUs por radioenlace (dos RAUs en cada extremo). Existen otras posibles configuraciones con mayor número de RAUs.

- Configuración MIMO (Multiple-Input Multiple-Output). La misma puede ser utilizada de dos formas:
 - 1) para aumentar la confiabilidad del radioenlace, a través del aumento de ganancia introducido por el uso de múltiples antenas, lo cual es usualmente denominado diversidad de espacio.
 - 2) Para aumentar la eficiencia espectral o capacidad del radioenlace, transmitiendo múltiples flujos de datos por el canal, lo cual es usualmente denominado multiplexación espacial.

La primera forma (diversidad de espacio) ha sido utilizada habitualmente en nuestros radioenlaces.

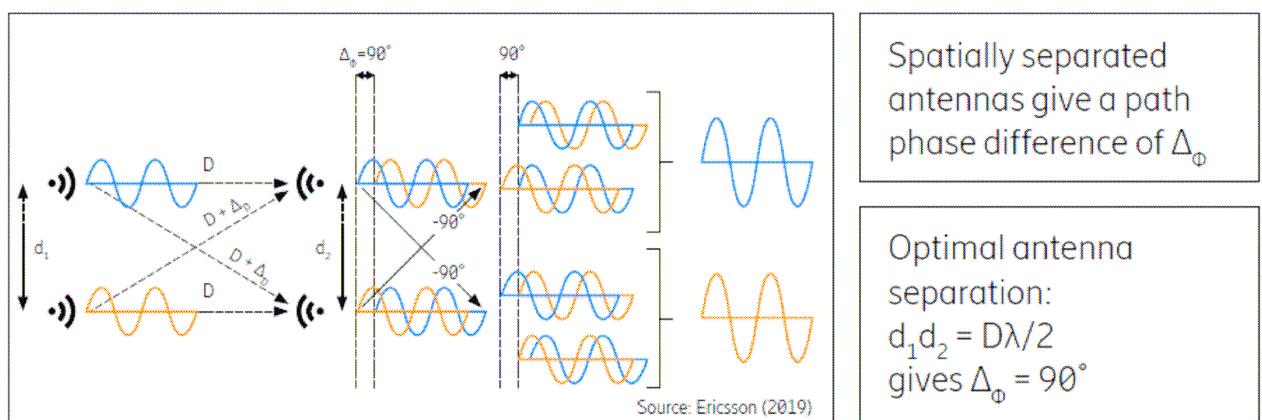
La segunda forma (multiplexación espacial) ha sido utilizada por primera vez por nosotros en 2023 para duplicar la capacidad de un radioenlace (MIMO 2x2), por lo que es una alternativa que podrá ser repetida en el futuro. Tiene como particularidad: que la performance del radioenlace es dependiente de

la separación entre las antenas, existe una separación óptima que puede ser calculada, y que es función de la longitud del radioenlace y de la frecuencia. Puede ocurrir que dicha separación sea demasiado grande, y no pueda implementarse en algunos radioenlaces sin que el mismo quede obstruido.

La tecnología MIMO es soportada por las RAUs 6363, 6364 y 6365.

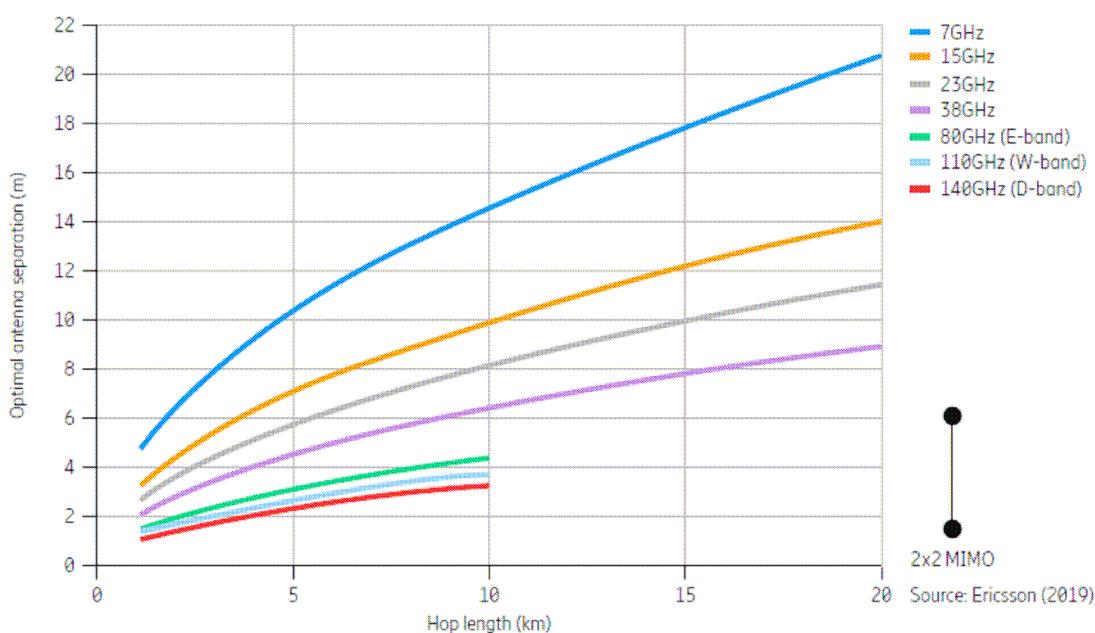
A continuación se puede ver un esquema de funcionamiento para MIMO 2x2 (existen otras alternativas, MIMO 4x4, etc.), y un diagrama de las separaciones óptimas de antenas para distintas bandas de frecuencias y longitudes de radioenlaces.

Figure 12: MIMO for microwave transmission – the principle



Principle of MIMO for microwave transmission where the spatially separated antennas give a path length difference of $\Delta\phi$, which corresponds to a phase difference of 90deg between the direct path and the cross path. By phase shifting 90deg and summing the received signal, the two data streams are restored perfectly and without any losses.

Figure 13: Optimal antenna separations for a 2x2 MIMO system



7. Configuraciones de equipos LH y antenas

En los equipos LH los equipos se alojan en un rack interior. Ver figura siguiente. En el rack se encuentra una unidad como la AMM antes mencionada (indicada como TN en la figura) en la que se instalan los modems MMU. Las señales generadas por éstos pasan a los transceptores ubicados en la unidad TRX, que generan las señales de RF. Estas señales pasan luego a la unidad de branching CBN (que contienen los filtros y combinadores). Finalmente todas esas señales (tanto las de Tx como las de Rx) comparten la misma guía de onda hasta la antena, en caso de que ésta sea de simple polarización.

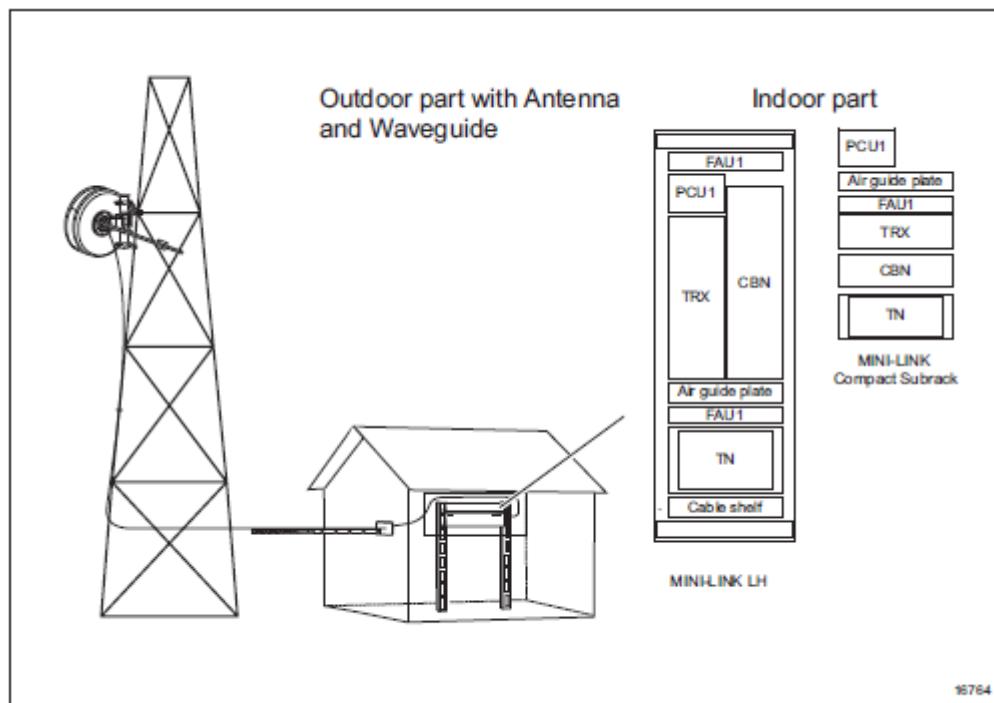


Figure 3 *Outdoor and Indoor Parts*

La descripta es la configuración básica. Existen otras configuraciones que permiten aumentar la capacidad de tráfico o mejorar el desempeño del radioenlace. Por ejemplo:

- Uso de antenas de doble polarización. Éstas se pueden conectar a dos guías de onda, que transportan desde la unidad CBN las señales que serán transmitidas por las polarizaciones H y V. Se soportan así configuraciones de radiocanales ACAP o CCDP.

- Diversidad de frecuencia N+1. Se usa especialmente con canales SDH. Por ejemplo, se tienen N canales con tráfico SDH y se agrega un canal de reserva. En caso de que la señal de recepción de alguno de los N canales tenga una tasa de error por encima de determinado valor crítico, dicho canal se conmuta al de reserva. Con esta estrategia se bajan las tasas de error y se mejora el desempeño del radioenlace.
- Diversidad de espacio. Ya mencionada para los equipos TN, consiste en utilizar dos antenas en cada extremo. Las antenas superior e inferior se denominan respectivamente principal y de diversidad. Cada radiocanal transmitido se recibe en las dos antenas de un extremo, en general se toma como señal válida la recibida en la antena principal, pero en caso de que la misma tenga una tasa de error por encima de determinado valor crítico, se conmuta a la señal de diversidad. Con esta estrategia se bajan las tasas de error y se mejora el desempeño del radioenlace.

Existen otras configuraciones, por ejemplo combinaciones de diversidad de espacio y frecuencia.

8. Nuevas familias Minilink 6300 (outdoor) y 6600 (indoor)

En la nueva generación tecnológica de los equipos Ericsson Minilink, el lugar de las unidades exteriores RAU lo toman los equipos de la familia 6300, y el de las unidades interiores AMM lo toman los equipos de la familia 6600.

En la figura siguiente se pueden ver algunos equipos de la familia 6300. El 6363 ya lo estamos instalando en sustitución de RAUs 2X de equipos Minilink TN previamente instalados. Otros integrantes de esta familia son el 6351 (para la banda V, de 60 GHz), el 6352 (para la banda E, de 70-80 GHz) y el 6366 (que permite una instalación tanto tipo split como totalmente outdoor, pues la unidad que habitualmente es indoor puede ir adosada a la unidad de radio).

En la figura se puede ver también el equipo PT 2020, que no pertenecería a la familia 6300, pero podría ser una opción útil en algunos casos. El mismo es un equipo compacto, que permite una instalación totalmente outdoor. Existen también los modelos PT 3060 para la banda V y PT 6020 para la banda E.



Model	Capacity	Mounting Flexibility
MINI-LINK 6363	600 Mbps	World's smallest high power radio unit
MINI-LINK PT 2020	600 Mbps	Compact outdoor solution
MINI-LINK 6366	2.5 Gbps over 2 carriers	Flexible outdoor solution for integrated- or split mount
MINI-LINK 6352	10 Gbps	Multi-band Booster
MINI-LINK 6351	1 Gbps	1 Gbps capacity in V-band

En la figura siguiente se pueden ver equipos de la familia 6600, con algunas de sus prestaciones. El 6651 es un equipo compacto, que tiene todas sus funciones integradas (incluida la de módem) por lo que no se le agregan placas. Los demás son equipos modulares, permiten en ellos la instalación de distintas placas, entre ellas las de módem (que pueden ser los modelos MMU 1001 o MMU 1002). Desde 2021 ya hemos instalado equipos 6692 y 6694.



	MINI-LINK 6651	MINI-LINK 6654 MINI-LINK 6655	MINI-LINK 6691	MINI-LINK 6693	MINI-LINK 6694	MINI-LINK 6692
Multi-band booster	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Radio link bonding	1+0 2+0	4+0	4+0	4+0	4+0	4+0
1G interfaces*	6	6	5	5	5	5
10G interface	-	2	2	2	2	2
Backplane slot capacity	-	2x2.5 Gbps	4x10Gbps**	4x10Gbps**	4x10Gbps**	4x10Gbps**
1G interfaces using 1x ETU100x	-	2	4	4	4	4
N x10G interface using ETU 1002	-	-	1	1	1	2 (2xETU 1002)
NPU board protection	-	-	-	-	YES	YES
NPU board protection extended port 1x10G 3x1G	-	-	-	-	YES	YES
Power measurement	-	-	YES	YES	YES	YES

*No 10G interface configured
** HW prepared for 4x10Gbps

Como se mencionó anteriormente, los nuevos equipos (outdoor) 6364 ya están disponibles a la venta, aunque por ahora no se prevé instalados en nuestra red. Funcionan en las bandas de 13 GHz, 15 GHz y 18 GHz. Tienen la gran ventaja de que cubren todo el rango de frecuencias de cada una de esas tres bandas, o sea, se necesita sólo un modelo de RAU para la subbanda baja y otro para la subbanda alta.

Los nuevos equipos (outdoor) 6365 ya están disponibles en todas las bandas de 6 GHz a 42 GHz, y ya los estamos instalando desde 2024 en la banda de 15 GHz.

9. Multi-band booster

Los equipos de las nuevas familias 6300 y 6600 ofrecen una forma de funcionamiento denominada “Multi-band booster”, que consiste en combinar de manera flexible la capacidad de tráfico de dos radioenlaces (funcionando en paralelo en el mismo vano) que utilicen bandas radioeléctricas distintas. Como es sabido, las bandas bajas permiten radioenlaces más largos pero capacidades de tráfico menores, y las bandas altas permiten capacidades de tráfico mayores pero radioenlaces más cortos. Dicho de otra manera, para determinada longitud de un radioenlace, en bandas altas las tasas de error y los tiempos de indisponibilidad son mayores. La estrategia con Multi-band booster consiste en enviar el tráfico de mayor prioridad por el radioenlace en la banda baja, que tiene tiempos de indisponibilidad menores, mientras que el radioenlace en la banda alta cursa la mayor parte del tráfico, aunque éste variará dependiendo de las condiciones de propagación. En la siguiente ilustración se muestran dos ejemplos: un vano de 15 Km, con dos radioenlaces en las bandas de 13 GHz y 32 GHz, y un vano de 5 Km, con dos radioenlaces en las bandas de 23 GHz y 80 GHz.

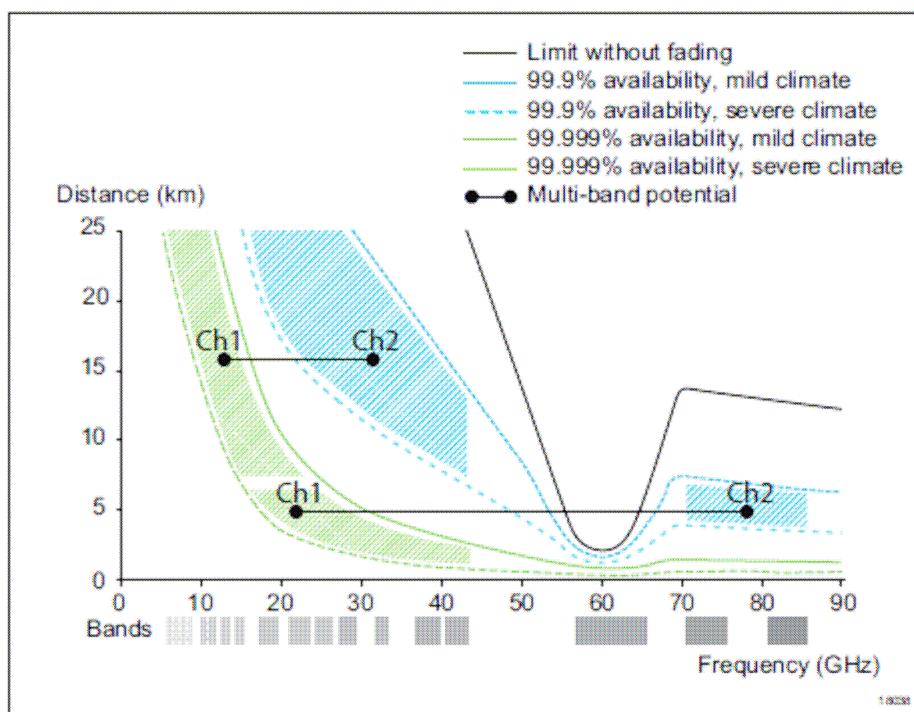
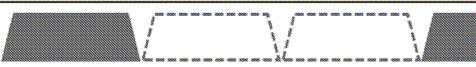
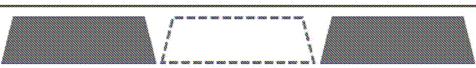
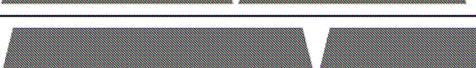


Figure 15 Relevant Distances and Frequency Bands for Multi-band Booster

Si bien en lo inmediato no tenemos previsto el uso del Multi-band booster, es posible que lo utilicemos en el mediano o largo plazo.

10. Carrier aggregation

“Carrier aggregation” es una funcionalidad soportada por las RAUs 6364 y 6365 que permite sumar el ancho de banda de distintos carriers (o sea, distintas señales) en un mismo radioenlace, aumentando el ancho de banda total. Existen algunas limitaciones en el tipo de carriers que pueden ser agregados, según la posición que ocupen en la banda: En la siguiente figura se muestran las separaciones máximas en frecuencia soportadas, para las RAUs 6365:

ETSI	2x 28 MHz	≤ 4 empty gaps	
	2x 40 MHz	≤ 2 empty gaps ⁽¹⁾	
	2x 56 MHz	≤ 1 empty gaps ⁽¹⁾	
	2x 80 MHz	Adjacent	
	2x 112 MHz	Adjacent	
ANSI	2x 28 MHz	≤ 4 empty gaps	
	2x 30 MHz	≤ 4 empty gaps	
	2x 40 MHz	≤ 2 empty gaps	
	2x 50 MHz	≤ 2 empty gaps	
	2x 56 MHz	≤ 1 empty gaps	
	2x 60 MHz	≤ 1 empty gaps	
	2x 80 MHz	Adjacent	
	2x 112 MHz	Adjacent	

11. Radio link bonding

“Radio link bonding” (radio link = radioenlace) es una funcionalidad de los equipos Minilink que permite el transporte transparente de tramas Ethernet sobre varios “Packet Links” paralelos. En esta tabla se puede ver el número máximo de links vinculados, y la máxima capacidad correspondiente:

Table 5 Radio Link Bonding

Radio Link bonding	MMU 1002 MMU 1004	MMU 1001	MINI-LINK 6651 ⁽¹⁾	MINI-LINK 6366 MINI-LINK 6371	PNM 1002
Max number of bonded links	4	2	2	2	2
Max capacity for bonded links	2.5 Gbit/s	2.5 Gbit/s	2.5 Gbit/s	2.5 Gbit/s	2.5 Gbit/s

(1) Not applicable for MINI-LINK 6651/3

Con el “Hierarchical Radio Link Bonding” (hRLB) existe la posibilidad de incrementar tanto el número de links vinculados cuanto la capacidad agregada de los mismos. El hRLB es soportado por las placas NPU 1005 y MMU 1002, o por la placa MMU 1004. También por los MINI-LINK 6651/4 y 6371. Características principales:

Table 6 hRLB capacity

	NPU 1005	MINI-LINK 6651/4 and MINI-LINK 6371
hRLB capacity in total	10 Gbps	17 Gbps
Maximum hRLB group capacity	10 Gbps	10 Gbps
Maximum number of hRLB groups	2	2
Maximum number of hRLB members in total, per group	4	2
Maximum number of carriers in total	16	6 ⁽¹⁾

12. Antenas

Las antenas son parte fundamental de los radioenlaces (en nuestro caso, se trata de radioenlaces punto a punto y antenas parabólicas). En cada radioenlace se debe elegir la antena adecuada, en función de sus parámetros, los cuales se pueden consultar en los manuales de antenas. Algunos de los parámetros eléctricos fundamentales son el tipo de antena, banda, ganancia, HPBW, XPD, VSWR, front to back ratio, patrón de radiación, etc. Deben ser tenidos en cuenta también los parámetros mecánicos para evaluar la carga que representan las antenas para las estructuras portantes (torres, mástiles, etc.): dimensiones, peso, fuerza y torque provocados por el viento, etc.

Las antenas que se adquieren a Ericsson se clasifican además en distintas familias, según la compatibilidad con las diferentes generaciones de equipos Ericsson Minilink. Si bien no profundizaremos más en el tema antenas en este documento, presentamos a continuación un cuadro en que se muestran los distintos tamaños disponibles de antenas (dados por sus diámetros) para cada banda radioeléctrica.

Table 227 Antenna Size versus Frequency

Antenna Size	Frequency [GHz]														
	4	5	6	7/8	10/11	13	15	18	23	24/26	28	32	38	42	80
0.1 m (5 in)											X	X	X	X	X
0.2 m (9 in)									X	X	X	X	X	X	X
0.3 m (1 ft)						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
0.6 m (2 ft)				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
0.9 m (3 ft)			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
1.2 m (4 ft)			X	X	X	X	X	X	X	X					
1.8 m (6 ft)	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
2.4 m (8 ft)	X	X	X	X	X	X	X								
3.0 m (10 ft)	X	X	X	X	X										
3.7 m (12 ft)	X	X	X	X											

13. Parámetros de los equipos

Los equipos Ericsson Minilink, del mismo modo que otros equipos de radio, tienen varios parámetros que pueden ser elegidos de manera de obtener las características deseadas en cada radioenlace particular. Algunos de los parámetros más importantes son:

- Banda radioeléctrica de trabajo. Está determinada por la RAU en los equipos TN o por los transceptores en los equipos LH. Las bandas utilizadas por nosotros son: 6L, 6U (ambas para los equipos LH), 7 GHz y 8 GHz (para los equipos TN y 6363) y 15 GHz (para los equipos 6365).
- Potencia de transmisión (P_{Tx}). Está determinada por la RAU en los equipos TN y 6363 o por los transceptores en los equipos LH. Existen dos tipos de RAU: una de alta potencia, con P_{Tx} igual o menor que 30 dBm, y una de potencia media, con P_{Tx} igual o menor que 26 dBm. Además, P_{Tx} depende de la modulación usada. En la banda de 15 GHz, P_{Tx} es menor.
- Ancho de banda del radiocanal. Los utilizados por nosotros son: 28 MHz en la banda 6L; 40 MHz en la banda 6U; 28 MHz y 56 MHz en la banda de 7 GHz, 56 MHz y 112 MHz en las bandas de 8 GHz y 15 GHz.
- Modulación. Algunas de las modulaciones utilizadas son 4QAM, 16 QAM, 128 QAM, 256 QAM, 512 QAM, 1024 QAM. Los nuevos equipos de las familias 6300 y 6600 permiten también 2048 QAM y 4096 QAM.
- Versión del modo físico (Physical Mode Version): v0, v1, v2, etc. Para un mismo ancho de banda de radiocanal y una misma modulación, se tienen distintas capacidades de tráfico (en Mbps) según la versión del modo físico sea v0, v1 o v2, etc. Los modos físicos de los nuevos equipos 6363 tienen otras denominaciones (light, strong, etc.).
- Potencia umbral de recepción (P_{th}). Es la potencia mínima con la que el equipo receptor garantiza una determinada tasa de error (BER), por ejemplo, de 10^{-6} . Depende del ancho de banda del radiocanal, de la modulación y de la versión del modo físico. P_{th} es un parámetro fundamental en el cálculo del radioenlace, cuanto mayor sea requerirá una mayor potencia de recepción y por tanto, antenas mayores.

Se intenta que las antenas tengan tamaños lo menores que sea posible, para minimizar la carga sobre las estructuras portantes (torres y mástiles). Una vez determinados los parámetros de los equipos, con las configuraciones de diversidad (de frecuencia o de espacio) mencionadas en las secciones anteriores se puede reducir el tamaño de las antenas necesarias.

En cambio, algunas de las configuraciones que permiten más capacidad de tráfico (uso de XPIC, uso de radiocanales de 56 MHz en vez de 28 MHz, uso de modulaciones altas) pueden significar la necesidad de antenas mayores.

En el siguiente cuadro se pueden ver las potencias de transmisión (P_{Tx}) máximas en las bandas bajas (hasta 8 GHz) para las RAUs tanto del tipo 2X (de los equipos TN) como del tipo 6363.

Radio Type	P _{max} (dBm) versus Modulation (QAM)										P _{min} (dBm)
	4	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	
RAU2 X 5 HP	30	30	30	30	30	29	29	28	27 ²⁾	26 ²⁾	-10
RAU2 X 6L	29	27	27	26	26	25	25	24	23 ²⁾	22 ²⁾	-10
RAU2 X 6L HP	30	30	30	30	30	29	29	28	27 ²⁾	26 ²⁾	-10
MINI-LINK 6363 6L	30	30	30	30	30	29	29	28	28	27	-10
RAU2 X 6U	29	27	27	26	26	25	25	24	23 ²⁾	22 ²⁾	-10
RAU2 X 6U HP	30	30	30	30	30	29	29	28	27 ²⁾	26 ²⁾	-10
MINI-LINK 6363 6U	30	30	30	30	30	29	29	28	28	27	-10
RAU2 X 7	29	27	27	26	26	25	25	24	23 ²⁾	22 ²⁾	-10
RAU2 X 7 HP	30	30	30	30	30	29	29	28	27 ²⁾	26 ²⁾	-10
MINI-LINK 6363 7	30	30	30	30	30	29	29	28	28	27	-10
RAU2 X 8	29	27	27	26	26	25	25	24	23 ²⁾	22 ²⁾	-10
RAU2 X 8 HP	30	30	30	30	30	29	29	28	27 ²⁾	26 ²⁾	-10
MINI-LINK 6363 8	30	30	30	30	30	29	29	28	28	27	-10

En el siguiente cuadro (que abarca ésta y dos páginas más) se pueden ver las potencias umbrales de recepción (P_{th}) de los equipos de la nueva familia 6600 funcionando en conjunto con RAUs tanto del tipo 2X (de los equipos TN) como del tipo 6363. Se presentan los valores para tasas de error (BER) de 10^{-6} y de 10^{-9} .

Radio Type	Channel spacing (MHz) (Frame ID's)	Modulation	BER 10 ⁻⁶ threshold (dBm)		BER 10 ⁻⁹ threshold (dBm)	
			Typ.	Guar.	Typ.	Guar.
RAU2 X 5		4QAM S	-95,5	-93,5	-93,5	-91,5
RAU2 X 6L		4QAM	-94	-92	-92	-90
RAU2 X 6U	7 (256, 356)	16QAM S	-89	-87	-87	-85
RAU2 X 7		16QAM	-87,5	-85,5	-85,5	-83,5
RAU2 X 8		32QAM	-84	-82	-82	-80
RAU2 X 10		64QAM	-81,5	-79,5	-79,5	-77,5
(Dupl. > 168MHz)		128QAM	-78,5	-76,5	-76,5	-74,5
RAU2 X 11		256QAM	-75,5	-73,5	-73,5	-71,5
RAU2 X 13		512QAM	-72,5	-70,5	-70,5	-68,5
RAU2 X 15		512QAM L ¹	-71	-69	-69	-67
MINI-LINK 6363 6L		1024QAM	-69,5	-67,5	-67,5	-65,5
MINI-LINK 6363 6U		1024QAM L ²	-68	-66	-66	-64
MINI-LINK 6363 7	14 (257, 357)	4QAM S	-92,5	-90,5	-90,5	-88,5
MINI-LINK 6363 8		4QAM	-91	-89	-89	-87
MINI-LINK 6363 10		16QAM S	-86	-84	-84	-82
(Dupl. > 168MHz)		16 QAM	-84,5	-82,5	-82,5	-80,5
MINI-LINK 6363 11		32QAM	-81	-79	-79	-77
MINI-LINK 6363 13		64QAM	-78,5	-76,5	-76,5	-74,5
MINI-LINK 6363 15		128QAM	-75,5	-73,5	-73,5	-71,5
MINI-LINK 6363/2 13						
MINI-LINK 6363/2 15						

Radio Type	Channel spacing (MHz) (Frame ID's)	Modulation	BER 10 ⁻⁶ threshold (dBm)		BER 10 ⁻³ threshold (dBm)	
			Typ.	Guar.	Typ.	Guar.
28 (258, 358)	256QAM	256QAM	-72,5	-70,5	-70,5	-68,5
		512QAM	-69,5	-67,5	-67,5	-65,5
		512QAM L ¹	-68	-66	-66	-64
		1024QAM	-66,5	-64,5	-64,5	-62,5
		1024QAM L ²	-65	-63	-63	-61
		2048 QAM	-63	-61	-61	-59
		2048 QAM L	-61,5	-59,5	-59,5	-57,5
	4QAM S	4QAM S	-89,5	-87,5	-87,5	-85,5
		4QAM	-88	-86	-86	-84
		16QAM S	-83	-81	-81	-79
		16 QAM	-81,5	-79,5	-79,5	-77,5
		32QAM	-78	-76	-76	-74
		64QAM	-75,5	-73,5	-73,5	-71,5
		128QAM	-72,5	-70,5	-70,5	-68,5
		256QAM	-69,5	-67,5	-67,5	-65,5
		512QAM	-66,5	-64,5	-64,5	-62,5
40 (259, 359)	512QAM L ¹	512QAM L ¹	-65	-63	-63	-61
		1024QAM	-63,5	-61,5	-61,5	-59,5
		1024QAM L ²	-62	-60	-60	-58
		2048 QAM	-60	-58	-58	-56
		2048 QAM L	-58,5	-56,5	-56,5	-54,5
		4096 QAM	-56,5	-54,5	-54,5	-52,5
		4096 QAM L	-55	-53	-53	-51
	4QAM S	4QAM S	-88	-86	-86	-84
		4QAM	-86,5	-84,5	-84,5	-82,5
		16QAM S	-81,5	-79,5	-79,5	-77,5
		16 QAM	-80	-78	-78	-76
		32QAM	-76,5	-74,5	-74,5	-72,5
		64QAM	-74	-72	-72	-70
		128QAM	-71	-69	-69	-67
		256QAM	-68	-66	-66	-64
		512QAM	-65	-63	-63	-61
56/62,5 (260, 360)	512QAM L ¹	512QAM L ¹	-63,5	-61,5	-61,5	-59,5
		1024QAM	-62	-60	-60	-58
		1024QAM L ²	-60,5	-58,5	-58,5	-56,5
	4QAM S	2048 QAM	-58,5	-56,5	-56,5	-54,5
		2048 QAM L	-57	-55	-55	-53
	4QAM	4096 QAM	-55	-53	-53	-51
		4096 QAM L	-53,5	-51,5	-51,5	-49,5

Radio Type	Channel spacing (MHz) (Frame ID's)	Modulation	BER 10^{-6} threshold (dBm)		BER 10^{-3} threshold (dBm)	
			Typ.	Guar.	Typ.	Guar.
		16 QAM	-78,5	-76,5	-76,5	-74,5
		32QAM	-75	-73	-73	-71
		64QAM	-72,5	-70,5	-70,5	-68,5
		128QAM	-69,5	-67,5	-67,5	-65,5
		256QAM	-66,5	-64,5	-64,5	-62,5
		512QAM	-63,5	-61,5	-61,5	-59,5
		512QAM L ¹	-62	-60	-60	-58
		1024QAM	-60,5	-58,5	-58,5	-56,5
		1024QAM L ²	-59	-57	-57	-55
		2048 QAM	-57	-55	-55	-53
		2048 QAM L	-55,5	-53,5	-53,5	-51,5
		4096 QAM	-53,5	-51,5	-51,5	-49,5
		4096 QAM L	-52	-50	-50	-48
		80 (303, 403)	-85	-83	-83	-81
		4QAM S	-83,5	-81,5	-81,5	-79,5
		4QAM	-83,5	-81,5	-81,5	-79,5
		16QAM S	-78,5	-76,5	-76,5	-74,5
		16 QAM	-77	-75	-75	-73
		32QAM	-73,5	-71,5	-71,5	-69,5
		64QAM	-71	-69	-69	-67
		128QAM	-68	-66	-66	-64
		256QAM	-65	-63	-63	-61
		512QAM	-62	-60	-60	-58
		512QAM L ¹	-60,5	-58,5	-58,5	-56,5
		1024QAM	-59	-57	-57	-55
		1024QAM L ²	-57,5	-55,5	-55,5	-53,5
		2048 QAM	-55,5	-53,5	-53,5	-51,5
		2048 QAM L	-54	-52	-52	-50
		4096 QAM	-52	-50	-50	-48
		112/125 (261, 361)	-83,5	-81,5	-81,5	-79,5
		4QAM S	-82	-80	-80	-78
		4QAM	-77	-75	-75	-73
		16QAM S	-75,5	-73,5	-73,5	-71,5
		16 QAM	-72	-70	-70	-68
		32QAM	-69,5	-67,5	-67,5	-65,5
		64QAM	-66,5	-64,5	-64,5	-62,5
		128QAM	-63,5	-61,5	-61,5	-59,5
		256QAM	-60,5	-58,5	-58,5	-56,5
		512QAM L ¹	-59	-57	-57	-55
		1024QAM	-57,5	-55,5	-55,5	-53,5
		1024QAM L ²	-56	-54	-54	-52
		2048 QAM	-54	-52	-52	-50

En el siguiente cuadro se pueden ver las potencias de transmisión (P_{Tx}) máximas para las RAUs del tipo 6365.

Table 59 MINI-LINK 6365 Output Power

Radio Type	Pmax (dBm) versus Modulation (QAM)										P_{min} (dBm)
	4	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	
MINI-LINK 6365 6	30	30	30	30	30	29	29	28	28	27	-10
MINI-LINK 6365 7/8	30	30	30	30	30	29	29	28	28	27	-10
MINI-LINK 6365 10/11	30	30	30	29	29	28	28	27	27	26	-10
MINI-LINK 6365 13	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	-10
MINI-LINK 6365 15	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	-10
MINI-LINK 6365 18 ⁽¹⁾	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	-10
MINI-LINK 6365 23 ⁽²⁾	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20	-10
MINI-LINK 6365 32 ⁽²⁾	22	21	21	20	20	19	19	18	18	17	-10
MINI-LINK 6365 6 CA mode	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0
MINI-LINK 6365 7/8 CA mode	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	+3
MINI-LINK 6365 10/11 CA mode	21	21	21	21	21	21	21	21	21	20	+3
MINI-LINK 6365 13 CA mode	21	20	20	19	19	18	18	17	17	16	+3
MINI-LINK 6365 15 CA mode	21	20	20	19	19	18	18	17	17	16	+3
MINI-LINK 6365 18 CA mode	19	19	19	18	18	17	17	16	16	15	0
MINI-LINK 6365 23 CA mode	19	18	18	17	17	16	16	15	15	14	-5
MINI-LINK 6365 32 CA mode	16	15	15	14	14	13	13	12	12	11	-5

(1) For CS 220 MHz, maximum output power is 3 dB lower and P_{min} is 3 dBm.

(2) For CS 224 MHz, maximum output power is 3 dB lower and P_{min} is -2 dBm.

En las últimas ediciones (releases) de las RAUs (por ejemplo, del tipo 6365) está disponible la modulación 8192 QAM para algunos anchos de banda (28 MHz y 40 MHz).

14. Modulación adaptativa

En los equipos de radio se utilizaba hace algunos años solamente una estrategia de modulación estática: una vez determinada en la etapa de cálculo, la modulación de un radioenlace no se cambiaba. Se tenía que garantizar una capacidad de tráfico determinada (por ejemplo, expresada en número de E1s) y se elegían los parámetros del radioenlace de manera de garantizar una determinada calidad.

Sin embargo, los equipos de radio desde hace algún tiempo permiten además de la modulación estática, la llamada modulación adaptativa. Esta estrategia consiste en fijar una modulación mínima y otra máxima (por ejemplo, 128 QAM y 4096 QAM) entre las que el equipo puede variar. Si la señal en recepción es buena, el equipo trabaja en una modulación alta (en el ejemplo, 4096 QAM) que permitirá una capacidad de tráfico alta. Si la señal en recepción empeora debido a malas condiciones de propagación en el radioenlace, el equipo trabajará en una modulación baja (en el ejemplo, 128 QAM) que permitirá una capacidad de tráfico menor.

La modulación adaptativa es especialmente adecuada cuando se tiene un tráfico que se puede subdividir en porciones de mayor y menor prioridad. Por ejemplo, un tráfico PDH en E1s de alta prioridad y un tráfico Ethernet de menor prioridad. Se diseña el radioenlace a una modulación baja para garantizar la capacidad de tráfico de mayor prioridad, y se permite escalar con modulación adaptativa para permitir mayores capacidades cuando las condiciones de propagación del radioenlace son buenas.

En la página siguiente se pueden ver dos diagramas ilustrando el funcionamiento de la modulación adaptativa en dos equipos, la modulación máxima en el primero es 512 QAM y en el segundo 4096 QAM. Se grafica la señal recibida en función del tiempo, y se muestra cuando la señal baja de nivel cómo el equipo conmuta a modulaciones de menor nivel, y cómo en esos casos la capacidad del tráfico en Mbps también desciende, indicando la disponibilidad correspondiente como porcentaje del tiempo.

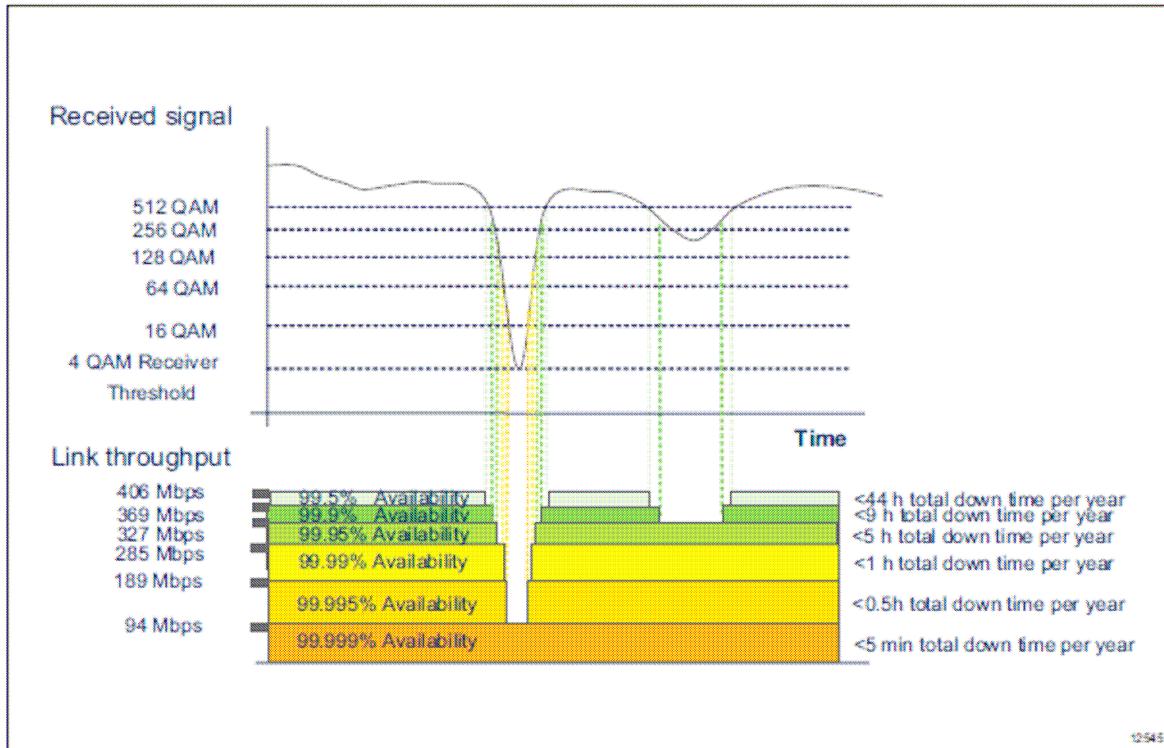
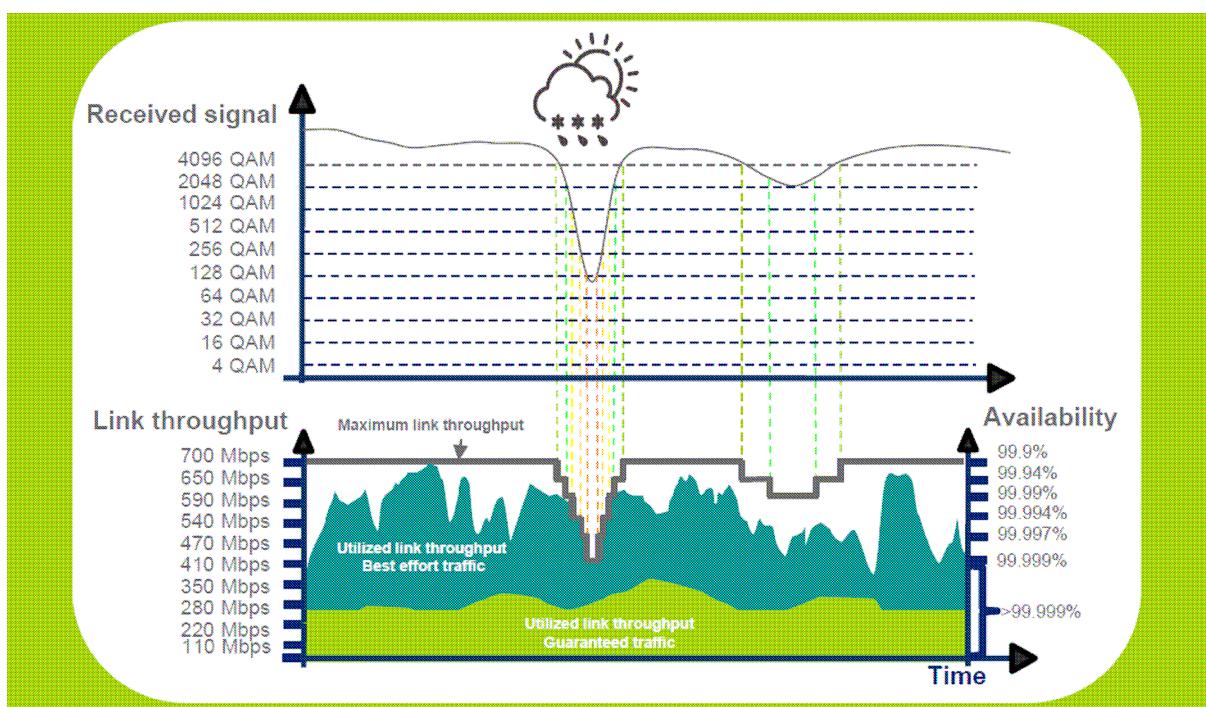


Figure 25 Example of Hitless Adaptive Modulation



15. Tipos de placas moduladoras MMU

Las placas MMU, que se instalan en las unidades interiores de los equipos Ericsson Minilink, son las responsables de llevar a cabo la modulación. Las siguientes son algunas de las versiones de placas MMU para equipos Minilink TN adquiridas por Antel en los últimos años, mostrando su evolución en prestaciones. Las cinco primeras no se instalan más, últimamente sólo se instalan placas MMU4A:

- MMU2B: Para tráfico PDH, incluyendo Ethernet sobre PDH. Capacidad hasta 16 E1s.
- MMU2C: Para tráfico PDH, incluyendo Ethernet sobre PDH. Capacidad hasta 32 E1s.
- MMU2D: Para tráfico Ethernet nativo y Ethernet sobre PDH.
- MMU2H: Para tráfico Ethernet nativo y Ethernet sobre PDH. Incluye soporte para XPIC y modulación adaptativa. Modulación máxima: 512 QAM. Anchos de banda máximos: 28 MHz, 40 MHz, 56 MHz.
- MMU3A: Para tráfico Ethernet nativo y Ethernet sobre PDH. Incluye soporte para XPIC y modulación adaptativa. Modulación máxima: 1024 QAM. Anchos de banda máximos: 28 MHz, 40 MHz, 56 MHz.
- MMU4A: Placa con prestaciones similares a las de las placas MMU 1001 y MMU 1002 de los equipos 6600 (que se mencionarán a continuación), pero diseñada para los equipos Minilink TN. Modulación máxima: 4096 QAM. Anchos de banda máximos: 80 MHz y 112 MHz.

Para los equipos Minilink LH:

- MMU3B: Para tráfico Ethernet nativo y SDH. Incluye soporte para modulación adaptativa. Modulación máxima: 1024 QAM. Anchos de banda máximos: 28 MHz, 40 MHz, 56 MHz.

Los equipos Minilink de la nueva familia 6600 tienen propiedades adicionales a los anteriormente mencionados: dos niveles más de modulación: 2048 QAM y 4096 QAM, y dos anchos de banda más: 80 MHz y 112 MHz.

- Minilink 6651: Este equipo es compacto, y tiene la función de módem incorporada.
- MMU 1001
- MMU 1002

16. Capacidades de tráfico en distintas configuraciones

Después de haber visto las configuraciones utilizadas de equipos y antenas y de haber mencionado los parámetros fundamentales de los equipos, estamos en condiciones de ver las capacidades de tráfico disponibles. En los cuadros siguientes se presentan las capacidades de tráfico expresadas en Mbps, dependiendo del tipo de modulación, del ancho de banda del canal, de la versión del modo físico v0, v1, v2, light, strong, etc. Utilizando el XPIC se puede duplicar aproximadamente las capacidades indicadas.

- Cuadro de capacidades de tráfico que se pueden conseguir con la placa MMU2H (para equipos Minilink TN):

Table 51 Aggregated PDH and Ethernet Capacity for MMU2 H Adaptive Physical Modes

Modulation	Capacity in Mbps and Modulation						
	Channel Bandwidth						
	7 MHz (v0)	14 MHz (v0)	14 MHz (v1)	28 MHz (v0)	28 MHz (v1)	40 MHz (v0)	56 MHz (v0)
4 QAM	10 ⁽¹⁾	21	21 ⁽¹⁾	45 ⁽¹⁾	48 ⁽¹⁾	66 ⁽¹⁾	94 ⁽¹⁾
16 QAM	21 ⁽¹⁾	43	44 ⁽¹⁾	91 ⁽¹⁾	94 ⁽¹⁾	133 ⁽¹⁾	189 ⁽¹⁾
32 QAM			54 ⁽¹⁾		115 ⁽¹⁾	167 ⁽¹⁾	237 ⁽¹⁾
64 QAM	31 ⁽¹⁾	63	84 ⁽¹⁾	134 ⁽¹⁾	138 ⁽¹⁾	197 ⁽¹⁾	285 ⁽¹⁾
128 QAM	35	72	74 ⁽¹⁾	154 ⁽¹⁾	159 ⁽¹⁾	229 ⁽¹⁾	326 ⁽¹⁾
256 QAM	41	80	84 ⁽¹⁾	171 ⁽¹⁾	179 ⁽¹⁾	257 ⁽¹⁾	369 ⁽¹⁾
512 QAM			95		200 ⁽¹⁾	286 ⁽¹⁾	406 ⁽¹⁾

(1) XPIC supported.

- Cuadro de capacidades de tráfico que se pueden conseguir con la placa MMU3A (para equipos Minilink TN):

Table 45 Aggregated PDH and Ethernet Capacity for MMU3 A Adaptive Physical Modes

Modulation	Capacity in Mbps and Modulation											
	Channel Bandwidth											
	7 MHz (v0)	7 MHz (v2)	14 MHz (v0)	14 MHz (v1)	14 MHz (v2)	28 MHz (v0)	28 MHz (v1)	28 MHz (v2)	40 MHz (v0)	40 MHz (v2)	56 MHz (v0)	56 MHz (v2)
4 QAM	10 ⁽¹⁾	10	21	21 ⁽¹⁾	22	45 ⁽¹⁾	46 ⁽¹⁾	46 ⁽¹⁾	66 ⁽¹⁾	66 ⁽¹⁾	94 ⁽¹⁾	93 ⁽¹⁾
16 QAM	21 ⁽¹⁾	21	43	44 ⁽¹⁾	44	91 ⁽¹⁾	94 ⁽¹⁾	92 ⁽¹⁾	133	133	189	189
32 QAM		28		54 ⁽¹⁾	55		115	114	187	187	237	236
64 QAM	31 ⁽¹⁾	32	63	64 ⁽¹⁾	66	134	138	137	197	196	285	281
128 QAM	35	37	72	74 ⁽¹⁾	77	164	159	160	229	228	326	326
256 QAM	41	42	80	84 ⁽¹⁾	87	171	179	183	257	259	369	370
512 QAM		46		95	97		200	204	286	290	406	413
1024 QAM					107			225		317		456

(1) XPIC supported.

- Cuadro de capacidades de tráfico que se pueden conseguir con la placa MMU3B (para equipos Minilink LH):

Table 40 Ethernet Capacity for MMU3 B Adaptive Physical Modes

Modulation	Capacity in Mbps and Modulation		
	Channel Bandwidth		
	28 MHz	40 MHz	56 MHz
4 QAM	42 ⁽¹⁾	59 ⁽¹⁾	82 ⁽¹⁾
16 QAM	85 ⁽¹⁾	119 ⁽¹⁾	163 ⁽¹⁾
32 QAM	105 ⁽¹⁾	150 ⁽¹⁾	204 ⁽¹⁾
64 QAM	127 ⁽¹⁾	178 ⁽¹⁾	245 ⁽¹⁾
128 QAM	148 ⁽¹⁾	206 ⁽¹⁾	284 ⁽¹⁾
256 QAM	168 ⁽¹⁾	236 ⁽¹⁾	324 ⁽¹⁾
512 QAM	186 ⁽¹⁾	261 ⁽¹⁾	362 ⁽¹⁾
1024 QAM	206 ⁽¹⁾	285 ⁽¹⁾	403 ⁽¹⁾

(1) XPIC supported.

- Cuadro de capacidades de tráfico que se pueden conseguir con la nueva familia de equipos Minilink 6600. Los equipos de esta familia tienen propiedades adicionales a los anteriormente mencionados: dos niveles más de modulación: 2048 QAM y 4096 QAM, y dos anchos de banda más: 80 MHz y 112 MHz, todo lo cual permite conseguir capacidades de tráfico mayores. Se presenta el cuadro correspondiente a las placas módem MMU 1002, que es igual al cuadro de las placas MMU 1001, al de los equipos compactos 6651 y al de las placas MMU4A de los equipos TN. Existe además la opción de canales de 80 MHz, la cual no se muestra en el cuadro.

Table 25 Aggregated PDH and Ethernet Capacity for MMU 1002 Adaptive Physical Modes (ETSI)

Modulation	Capacity in Mbps					
	Channel Bandwidth					
	7 MHz	14 MHz	28 MHz	40 MHz	56 MHz	112 MHz
4 QAM STRONG	8	18	37	53	75	150
4 QAM	10	21	43	62	87	175
16 QAM STRONG	17	37	74	106	150	301
16 QAM	20	43	87	124	175	351
32 QAM	26	54	109	156	220	441
64 QAM	32	68	136	195	276	553
128 QAM	38	80	161	231	326	653
256 QAM	44	92	186	266	377	754
512 QAM	47	99	198	284	402	804
512 QAM LIGHT	50	105	211	302	427	854
1024 QAM	53	110	221	316	447	895
1024 QAM LIGHT	56	116	233	334	472	945
2048 QAM	-	121	243	347	491	983
2048 QAM LIGHT	-	127	256	365	516	1033
4096 QAM	-	-	264	377	533	1067
4096 QAM LIGHT	-	-	276	395	558	-

17. Canalización de algunas bandas radioeléctricas

- Radiocanales de la banda 6L (28 MHz de ancho de banda)

Canal 1 low o 1

Límite inferior = 5931,20 MHz

Frecuencia central = 5945,20 MHz

Límite superior = 5959,20 MHz

Canal 2 low o 2

Límite inferior = 5960,85 MHz

Frecuencia central = 5974,85 MHz

Límite superior = 5988,85 MHz

Canal 3 low o 3

Límite inferior = 5990,50 MHz

Frecuencia central = 6004,50 MHz

Límite superior = 6018,50 MHz

Canal 4 low o 4

Límite inferior = 6020,15 MHz

Frecuencia central = 6034,15 MHz

Límite superior = 6048,15 MHz

Canal 5 low o 5

Límite inferior = 6049,80 MHz

Frecuencia central = 6063,80 MHz

Límite superior = 6077,80 MHz

Canal 6 low o 6

Límite inferior = 6079,45 MHz

Frecuencia central = 6093,45 MHz

Límite superior = 6107,45 MHz

Canal 7 low o 7

Límite inferior = 6109,10 MHz

Frecuencia central = 6123,10 MHz

Límite superior = 6137,10 MHz

Canal 8 low u 8

Límite inferior = 6138,75 MHz

Frecuencia central = 6152,75 MHz

Límite superior = 6166,75 MHz

Canal 1 high o 1'

Límite inferior = 6183,24 MHz

Frecuencia central = 6197,24 MHz

Límite superior = 6211,24 MHz

Canal 2 high o 2'

Límite inferior = 6212,89 MHz

Frecuencia central = 6226,89 MHz

Límite superior = 6240,89 MHz

Canal 3 high o 3'

Límite inferior = 6242,54 MHz

Frecuencia central = 6256,54 MHz

Límite superior = 6270,54 MHz

Canal 4 high o 4'

Límite inferior = 6272,19 MHz

Frecuencia central = 6286,19 MHz

Límite superior = 6300,19 MHz

Canal 5 high o 5'

Límite inferior = 6301,84 MHz

Frecuencia central = 6315,84 MHz

Límite superior = 6329,84 MHz

Canal 6 high o 6'

Límite inferior = 6331,49 MHz

Frecuencia central = 6345,49 MHz

Límite superior = 6359,49 MHz

Canal 7 high o 7'

Límite inferior = 6361,14 MHz

Frecuencia central = 6375,14 MHz

Límite superior = 6389,14 MHz

Canal 8 high u 8'

Límite inferior = 6390,79 MHz

Frecuencia central = 6404,79 MHz

Límite superior = 6418,79 MHz

- Radiocanales de la banda 6U (40 MHz de ancho de banda)

Canal 1 low o 1

Límite inferior = 6420 MHz

Frecuencia central = 6440 MHz

Límite superior = 6460 MHz

Canal 2 low o 2

Límite inferior = 6460 MHz

Frecuencia central = 6480 MHz

Límite superior = 6500 MHz

Canal 3 low o 3

Límite inferior = 6500 MHz

Frecuencia central = 6520 MHz

Límite superior = 6540 MHz

Canal 4 low o 4

Límite inferior = 6540 MHz

Frecuencia central = 6560 MHz

Límite superior = 6580 MHz

Canal 5 low o 5

Límite inferior = 6580 MHz

Frecuencia central = 6600 MHz

Límite superior = 6620 MHz

Canal 6 low o 6

Límite inferior = 6620 MHz

Frecuencia central = 6640 MHz

Límite superior = 6660 MHz

Canal 7 low o 7

Límite inferior = 6660 MHz

Frecuencia central = 6680 MHz

Límite superior = 6700 MHz

Canal 8 low u 8

Límite inferior = 6700 MHz

Frecuencia central = 6720 MHz

Límite superior = 6740 MHz

Canal 1 high o 1'

Límite inferior = 6760 MHz

Frecuencia central = 6780 MHz

Límite superior = 6800 MHz

Canal 2 high o 2'

Límite inferior = 6800 MHz

Frecuencia central = 6820 MHz

Límite superior = 6840 MHz

Canal 3 high o 3'

Límite inferior = 6840 MHz

Frecuencia central = 6860 MHz

Límite superior = 6880 MHz

Canal 4 high o 4'

Límite inferior = 6880 MHz

Frecuencia central = 6900 MHz

Límite superior = 6920 MHz

Canal 5 high o 5'

Límite inferior = 6920 MHz

Frecuencia central = 6940 MHz

Límite superior = 6960 MHz

Canal 6 high o 6'

Límite inferior = 6960 MHz

Frecuencia central = 6980 MHz

Límite superior = 7000 MHz

Canal 7 high o 7'

Límite inferior = 7000 MHz

Frecuencia central = 7020 MHz

Límite superior = 7040 MHz

Canal 8 high u 8'

Límite inferior = 7040 MHz

Frecuencia central = 7060 MHz

Límite superior = 7080 MHz

- Radiocanales de la banda de 7 GHz (28 MHz de ancho de banda)

Canal 1 low o 1

Límite inferior = 7428 MHz

Frecuencia central = 7442 MHz

Límite superior = 7456 MHz

Canal 1 high o 1'

Límite inferior = 7582 MHz

Frecuencia central = 7596 MHz

Límite superior = 7610 MHz

Canal 2 low o 2

Límite inferior = 7456 MHz

Frecuencia central = 7470 MHz

Límite superior = 7484 MHz

Canal 2 high o 2'

Límite inferior = 7610 MHz

Frecuencia central = 7624 MHz

Límite superior = 7638 MHz

Canal 3 low o 3

Límite inferior = 7484 MHz

Frecuencia central = 7498 MHz

Límite superior = 7512 MHz

Canal 3 high o 3'

Límite inferior = 7638 MHz

Frecuencia central = 7652 MHz

Límite superior = 7666 MHz

Canal 4 low o 4

Límite inferior = 7512 MHz

Frecuencia central = 7526 MHz

Límite superior = 7540 MHz

Canal 4 high o 4'

Límite inferior = 7666 MHz

Frecuencia central = 7680 MHz

Límite superior = 7694 MHz

Canal 5 low o 5

Límite inferior = 7540 MHz

Frecuencia central = 7554 MHz

Límite superior = 7568 MHz

Canal 5 high o 5'

Límite inferior = 7694 MHz

Frecuencia central = 7708 MHz

Límite superior = 7722 MHz

- Radiocanales de la banda de 7 GHz (56 MHz de ancho de banda)

Canal B low o B

Límite inferior = 7456 MHz

Frecuencia central = 7484 MHz

Límite superior = 7512 MHz

Canal B high o B'

Límite inferior = 7610 MHz

Frecuencia central = 7638 MHz

Límite superior = 7666 MHz

Canal D low o D

Límite inferior = 7512 MHz

Frecuencia central = 7540 MHz

Límite superior = 7568 MHz

Canal D high o D'

Límite inferior = 7666 MHz

Frecuencia central = 7694 MHz

Límite superior = 7722 MHz

- Radiocanales de la banda de 8 GHz (28 MHz de ancho de banda)

Canal 1 low o 1

Límite inferior = 7733,70 MHz

Frecuencia central = 7747,70 MHz

Límite superior = 7761,70 MHz

Canal 1 high o 1'

Límite inferior = 8045,02 MHz

Frecuencia central = 8059,02 MHz

Límite superior = 8073,02 MHz

Canal 2 low o 2

Límite inferior = 7763,35 MHz

Frecuencia central = 7777,35 MHz

Límite superior = 7791,35 MHz

Canal 2 high o 2'

Límite inferior = 8074,67 MHz

Frecuencia central = 8088,67 MHz

Límite superior = 8102,67 MHz

Canal 3 low o 3

Límite inferior = 7793,00 MHz

Frecuencia central = 7807,00 MHz

Límite superior = 7821,00 MHz

Canal 3 high o 3'

Límite inferior = 8104,32 MHz

Frecuencia central = 8118,32 MHz

Límite superior = 8132,32 MHz

Canal 4 low o 4

Límite inferior = 7822,65 MHz

Frecuencia central = 7836,65 MHz

Límite superior = 7850,65 MHz

Canal 4 high o 4'

Límite inferior = 8133,97 MHz

Frecuencia central = 8147,97 MHz

Límite superior = 8161,97 MHz

Canal 5 low o 5

Límite inferior = 7852,30 MHz

Frecuencia central = 7866,30 MHz

Límite superior = 7880,30 MHz

Canal 5 high o 5'

Límite inferior = 8163,62 MHz

Frecuencia central = 8177,62 MHz

Límite superior = 8191,62 MHz

Canal 6 low o 6

Límite inferior = 7881,95 MHz

Frecuencia central = 7895,95 MHz

Límite superior = 7909,95 MHz

Canal 6 high o 6'

Límite inferior = 8193,27 MHz

Frecuencia central = 8207,27 MHz

Límite superior = 8221,27 MHz

Canal 7 low o 7

Límite inferior = 7911,60 MHz

Frecuencia central = 7925,60 MHz

Límite superior = 7939,60 MHz

Canal 7 high o 7'

Límite inferior = 8222,92 MHz

Frecuencia central = 8236,92 MHz

Límite superior = 8250,92 MHz

Canal 8 low u 8

Límite inferior = 7941,25 MHz

Frecuencia central = 7955,25 MHz

Límite superior = 7969,25 MHz

Canal 8 high u 8'

Límite inferior = 8252,57 MHz

Frecuencia central = 8266,57 MHz

Límite superior = 8280,57 MHz

- Radiocanales de la banda de 8 GHz (56 MHz de ancho de banda)

Canal 34 low o 34

Límite inferior = 7793,825 MHz

Frecuencia central = 7821,825 MHz

Límite superior = 7849,825 MHz

Canal 56 low o 56

Límite inferior = 7853,125 MHz

Frecuencia central = 7881,125 MHz

Límite superior = 7909,125 MHz

Canal 78 low o 78

Límite inferior = 7912,425 MHz

Frecuencia central = 7940,425 MHz

Límite superior = 7968,425 MHz

Canal 34 high o 34'

Límite inferior = 8105,15 MHz

Frecuencia central = 8133,15 MHz

Límite superior = 8161,15 MHz

Canal 56 high o 56'

Límite inferior = 8164,45 MHz

Frecuencia central = 8192,45 MHz

Límite superior = 8220,45 MHz

Canal 78 high o 78'

Límite inferior = 8223,75 MHz

Frecuencia central = 8251,75 MHz

Límite superior = 8279,75 MHz

- Radiocanales de la banda de 8 GHz (112 MHz de ancho de banda)

Canal 3456 low o 3456

Límite inferior = 7795,475 MHz

Frecuencia central = 7851,475 MHz

Límite superior = 7907,475 MHz

Canal 3456 high o 3456'

Límite inferior = 8106,80 MHz

Frecuencia central = 8162,80 MHz

Límite superior = 8218,80 MHz

Canal 5678 low o 5678

Límite inferior = 7854,770 MHz

Frecuencia central = 7910,770 MHz

Límite superior = 7966,770 MHz

Canal 5678 high o 5678'

Límite inferior = 8166,09 MHz

Frecuencia central = 8222,09 MHz

Límite superior = 8278,09 MHz

- Radiocanales de la banda de 15 GHz (28 MHz de ancho de banda)

Canal 1 low o 1

Límite inferior = 14501 MHz
Frecuencia central = 14515 MHz
Límite superior = 14529 MHz

Canal 1 high o 1'

Límite inferior = 14921 MHz
Frecuencia central = 14935 MHz
Límite superior = 14949 MHz

Canal 2 low o 2

Límite inferior = 14529 MHz
Frecuencia central = 14543 MHz
Límite superior = 14557 MHz

Canal 2 high o 2'

Límite inferior = 14949 MHz
Frecuencia central = 14963 MHz
Límite superior = 14977 MHz

Canal 3 low o 3

Límite inferior = 14557 MHz
Frecuencia central = 14571 MHz
Límite superior = 14585 MHz

Canal 3 high o 3'

Límite inferior = 14977 MHz
Frecuencia central = 14991 MHz
Límite superior = 15005 MHz

Canal 4 low o 4

Límite inferior = 14585 MHz
Frecuencia central = 14599 MHz
Límite superior = 14613 MHz

Canal 4 high o 4'

Límite inferior = 15005 MHz
Frecuencia central = 15019 MHz
Límite superior = 15033 MHz

Canal 5 low o 5

Límite inferior = 14613 MHz
Frecuencia central = 14627 MHz
Límite superior = 14641 MHz

Canal 5 high o 5'

Límite inferior = 15033 MHz
Frecuencia central = 15047 MHz
Límite superior = 15061 MHz

Canal 6 low o 6

Límite inferior = 14641 MHz
Frecuencia central = 14655 MHz
Límite superior = 14669 MHz

Canal 6 high o 6'

Límite inferior = 15061 MHz
Frecuencia central = 15075 MHz
Límite superior = 15089 MHz

Canal 7 low o 7

Límite inferior = 14669 MHz
Frecuencia central = 14683 MHz
Límite superior = 14697 MHz

Canal 7 high o 7'

Límite inferior = 15089 MHz
Frecuencia central = 15103 MHz
Límite superior = 15117 MHz

Canal 8 low u 8

Límite inferior = 14697 MHz
Frecuencia central = 14711 MHz
Límite superior = 14725 MHz

Canal 8 high u 8'

Límite inferior = 15117 MHz
Frecuencia central = 15131 MHz
Límite superior = 15145 MHz

Canal 9 low o 9	Canal 9 high o 9'
Límite inferior = 14725 MHz	Límite inferior = 15145 MHz
Frecuencia central = 14739 MHz	Frecuencia central = 15159 MHz
Límite superior = 14753 MHz	Límite superior = 15173 MHz
Canal 10 low o 10	Canal 10 high o 10'
Límite inferior = 14753 MHz	Límite inferior = 15173 MHz
Frecuencia central = 14767 MHz	Frecuencia central = 15187 MHz
Límite superior = 14781 MHz	Límite superior = 15201 MHz
Canal 11 low u 11	Canal 11 high u 11'
Límite inferior = 14781 MHz	Límite inferior = 15201 MHz
Frecuencia central = 14795 MHz	Frecuencia central = 15215 MHz
Límite superior = 14809 MHz	Límite superior = 15229 MHz
Canal 12 low o 12	Canal 12 high o 12'
Límite inferior = 14809 MHz	Límite inferior = 15229 MHz
Frecuencia central = 14823 MHz	Frecuencia central = 15243 MHz
Límite superior = 14837 MHz	Límite superior = 15257 MHz
Canal 13 low o 13	Canal 13 high o 13'
Límite inferior = 14837 MHz	Límite inferior = 15257 MHz
Frecuencia central = 14851 MHz	Frecuencia central = 15271 MHz
Límite superior = 14865 MHz	Límite superior = 15285 MHz
Canal 14 low o 14	Canal 14 high o 14'
Límite inferior = 14865 MHz	Límite inferior = 15285 MHz
Frecuencia central = 14879 MHz	Frecuencia central = 15299 MHz
Límite superior = 14893 MHz	Límite superior = 15313 MHz
Canal 15 low o 15	Canal 15 high o 15'
Límite inferior = 14893 MHz	Límite inferior = 15313 MHz
Frecuencia central = 14907 MHz	Frecuencia central = 15327 MHz
Límite superior = 14921 MHz	Límite superior = 15341 MHz

18. Conclusiones

En la sección 16 hemos visto las capacidades de tráfico disponibles. Éste suele ser el dato de partida en el diseño del radioenlace, es la característica que se requiere. El diseño del radioenlace tiene como objetivo lograr esa capacidad de tráfico, y consiste en elegir la configuración más adecuada en cada caso. Para ello hay que basarse en las propiedades de los equipos resumidas en este documento, y en el cálculo del radioenlace.

Nuestra red de radio consta hoy de radioenlaces implementados con equipos Ericsson Minilink del tipo TN (Traffic Node) y LH (Long Haul), algunas de cuyas características fundamentales hemos descripto en este documento. En 2019 hemos empezado a instalar equipos Ericsson Minilink del nuevo tipo 6363, desde 2021 estamos instalando también equipos de la nueva familia 6600, y desde 2024, equipos 6365.

Todo ello permite continuar aumentando la capacidad de tráfico de nuestros radioenlaces.

19. Referencias

1. MINI-LINK TN R5 Technical Description (Ericsson 2013)
2. MINI-LINK TN R5 Technical Description (Ericsson 2015)
3. MINI-LINK TN R5 Product Specification (Ericsson 2015)
4. MINI-LINK LH ETSI Technical Description (Ericsson 2015)
5. MINI-LINK LH ETSI Product Specification (Ericsson 2015)
6. MINI-LINK The Network Node (Ericsson 2017)
7. MINI-LINK Product Catalog (Ericsson 2017)
8. MINI-LINK Indoor Units (Ericsson 2017)
9. MINI-LINK PT Product Presentation (Ericsson 2017)
10. MINI-LINK 6600 Technical Description (Ericsson 2017)
11. MINI-LINK 6600 and MINI-LINK 6366 Product Specification (Ericsson 2019)
12. MINI-LINK The ultimate microwave toolbox (Ericsson 2019)
13. Microwave Antennas Product Specification (Ericsson 2019)
14. Demystifying MIMO for microwave (Ericsson 2019)
15. Simple path planning guideline for MIMO hops (Ericsson 2020)
16. MINI-LINK TN R6 Product Specification (Ericsson 2021)
17. MINI-LINK 6600 and MINI-LINK 6366 Product Specification (Ericsson 2021)
18. MINI-LINK 6600 (Ericsson 2023)

Índice

1.	Introducción.....	2
2.	Equipos TN, LH, 6300, 6600	3
3.	Bandas radioeléctricas	4
4.	Rangos de frecuencias de las RAUs	7
5.	Configuraciones de radiocanales	14
6.	Configuraciones de equipos TN y antenas.....	15
7.	Configuraciones de equipos LH y antenas	19
8.	Nuevas familias Minilink 6300 (outdoor) y 6600 (indoor).....	21
9.	Multi-band booster.....	23
10.	Carrier aggregation.....	24
11.	Radio link bonding	25
12.	Antenas.....	26
13.	Parámetros de los equipos	27
14.	Modulación adaptativa	32
15.	Tipos de placas moduladoras MMU	34
16.	Capacidades de tráfico en distintas configuraciones	35
17.	Canalización de algunas bandas radioeléctricas	39
18.	Conclusiones	46
19.	Referencias.....	47
	Índice.....	48