

MUM – BOGOTA 2019 



Cálculo / Factibilidad de Enlace PtP con
Mikrotik 802.11n y Pruebas de
Aceptación / Certificación en un
Entorno Controlado

MUM – BOGOTA 2019 



Presentador: **Luis Aguilar**

Profesión: Ingeniero en Sistemas. Especialista en Telecomunicaciones
CTO en **Ekoinos**, Servicios y Consultorías Tecnológicas LTDA. Chile

- Mas de 15 años de experiencia y casos de éxito en la implementación de:
 - ✓ Radioenlaces PDH y SDH
 - ✓ Radioenlaces UHF/VHF para Telemetría
 - ✓ Radioenlaces Trunking UHF/VHF PTMP
 - ✓ Radioenlaces WLAN 802.11 / TDMA PTP y PTMP
 - ✓ Sistemas de Transmisión Satelital Fly Away
 - ✓ Redes Ethernet, Túneles VPN, Firewall, QoS, MPLS-VPLS
 - ✓ Monitoreo SNMP y Desarrollos para telecom. en LABVIEW
- Entrenamientos y/o experiencia con equipos para telecom de las marcas: Nokia - Siemens, Alcatel - Lucent, Nera, Dragonwave, Nortel, Satel, 4RF, Rad, Lanpro, Mimosa, Motorola, Advent Communications, Cisco, Huawei, Agilent, Acterna, Fluke, Tektronix
- Consultor Certificado Ubiquiti UBWA, UEWA / Trainer Ubiquiti
- **Consultor Certificado MikroTik MTCNA, MTCRE, MTCWE, MTCTCE, MTCUME, MTCINE, MTCSE**
- **Trainer (TR0493) Certificado MikroTik**

www.EKOINOS.com

MUM – BOGOTA 2019 🇨🇴

Que Ofrecemos en **EKOINOS**



Soluciones especializadas de **conectividad y movilidad** a través de **enlaces de microondas** punto a punto y punto multipunto (bandas libres y licenciadas), redes **WiFi** profesionales y túneles **VPN**. También ofrecemos soluciones integrales en redes de **datos IP**, **telefonía IP**, monitoreo y análisis de redes de telecomunicaciones, control y gestión de navegación y ancho de banda, seguridad perimetral, Video CCTV, entre otras.

www.EKOINOS.com



MUM – BOGOTA 2019 🇨🇴

Que Ofrecemos en EKOINOS



www.EKOINOS.com



- Modulaciones MCS y capacidad estimada en 802.11n
- Sensibilidad y BER (tasa de bits errados) en 802.11
- Cálculo de la Potencia de Recepción (PRx)
- Máscara de espectro RF e Interferencia Co-Canal
- Configuraciones de enlaces PtP y mejores prácticas para Mikrotik 802.11n
- Verificación de la máscara de espectro de RF en un entorno controlado con atenuadores variables y analizador de espectro
- Verificación de los niveles de señal recibida (PRx) versus las variaciones de modulación MCS en un entorno controlado con atenuadores variables

MUM – BOGOTA 2019 🇨🇴

Poniéndonos en Contexto



Cuando hablamos de Radioenlaces PtP, son innumerables las veces que hemos escuchado cosas como esta:

*Sujeto X: Ya el enlace está OK, quedó con un nivel de señal de **-65 dBm**.*

YO: Muy bien. Por cierto, ese nivel de señal coincide con el cálculo teórico ?

Sujeto X: Cual cálculo ?

*YO: **FIN DE LA CONVERSACIÓN***

Poniéndonos en Contexto



Mucho antes de implementar (Instalar y configurar) un radioenlace, debemos realizar (al menos) los siguientes pasos previos:

1. Conocer el requerimiento de nuestro cliente: **Saber cuantos megas necesita!**
2. Ubicar en la tabla de MCS (Visitar mcsindex.com), el data rate (y su equivalente en Throughput) necesario para satisfacer los megas del cliente. En pocas palabras, **pre-seleccionar la modulación** con que vamos a trabajar nuestro enlace.
3. Buscar en el Datasheet del radio los valores de sensibilidad para la modulación pre-seleccionada.
4. Realizar el Cálculo del radioenlace y comparar ese valor teórico con la **sensibilidad y piso de ruido** y así validar si es posible alcanzar la modulación requerida. Es decir, validar si es factible **antes** de ir a instalar

Modulaciones MCS y Capacidad Estimada en 802.11n



← → ↻ ⓘ No seguro | mcsindex.com

MCS : Index

802.11n											802.11ac
HT MCS Index	Spatial Streams	Modulation & Coding	Data Rate	Data Rate	Data Rate	Data Rate	Data Rate	Data Rate	Data Rate	Data Rate	VHT MCS Index
			GI = 800ns 20MHz	SGI = 400ns 20MHz	GI = 800ns 40MHz	SGI = 400ns 40MHz	GI = 800ns 80MHz	SGI = 400ns 80MHz	GI = 800ns 160MHz	SGI = 400ns 160MHz	
0	1	BPSK 1/2	6.5	7.2	13.5	15	29.3	32.5	58.5	65	0
1	1	QPSK 1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130	1
2	1	QPSK 3/4	19.5	21.7	40.5	45	87.8	97.5	175.5	195	2
3	1	16-QAM 1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260	3
4	1	16-QAM 3/4	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390	4
5	1	64-QAM 2/3	52	57.8	108	120	234	260	468	520	5
6	1	64-QAM 3/4	58.5	65	121.5	135	263.3	292.5	526.5	585	6
7	1	64-QAM 5/6	65	72.2	135	150	292.5	325	585	650	7
	1	256-QAM 3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780	8
	1	256-QAM 5/6	n/a	n/a	180	200	390	433.3	780	866.7	9
8	2	BPSK 1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130	0
9	2	QPSK 1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260	1
10	2	QPSK 3/4	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390	2
11	2	16-QAM 1/2	52	57.8	108	120	234	260	468	520	3
12	2	16-QAM 3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780	4
13	2	64-QAM 2/3	104	115.6	216	240	468	520	936	1040	5
14	2	64-QAM 3/4	117	130.3	243	270	526.5	585	1053	1170	6
15	2	64-QAM 5/6	130	144.4	270	300	585	650	1170	1300	7
	2	256-QAM 3/4	156	173.3	324	360	702	780	1404	1560	8
	2	256-QAM 5/6	n/a	n/a	360	400	780	866.7	1560	1733.3	9

mcsindex.com

Pensemos que queremos atender un cliente que requiere 30 Mb/s de Throughput (Capacidad real) con un radioenlace MikroTik 802.11n 1x1 (Ej: RB911-5Hn)

Épticamente perdemos un **30%** en las cabeceras (overhead) del protocolo

Throughput en PtP = Data Rate x **0,7**

Trabajando con MCS7 (64-QAM 5/6) puedo cubrir el requerimiento

$$65 \times 0,7 = 45,5 \geq 30$$

Este valor hay que multiplicarlo por el **CCQ**, para estimar el Throughput Real

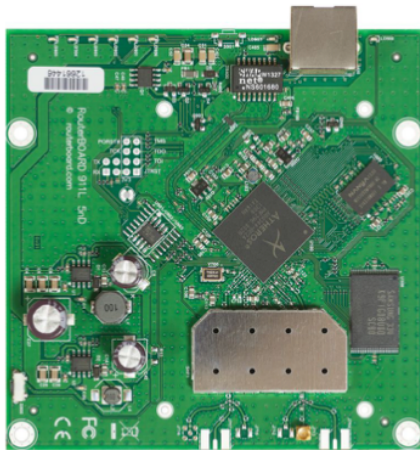
MUM – BOGOTA 2019 🇨🇴

Modulaciones MCS y Capacidad Estimada en 802.11n



Ahora ya sabemos que la modulación que debemos utilizar según el ejemplo anterior, es una **MCS7** (Modulation and Coding Scheme 7)

Debemos buscar en el Datasheet de nuestro radio, la **sensibilidad para MCS7**. Pensemos en el radio de la placa RB911-5Hn



Wireless specifications

5 GHz

	Transmit power (dBm)	Receive Sensitivity	Transmit power (mW)
6MBit/s	23	-93	200
54MBit/s	19	-74	79
MCS0	23	-93	200
MCS7	18	-68	63

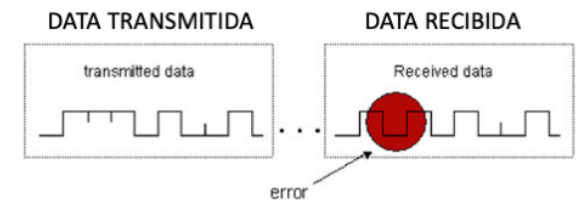
MCS7 18 **-68**

Sensibilidad del Receptor



- La sensibilidad de receptor (Receiver sensitivity) es el valor mínimo de potencia (expresado en dBm) a partir del cual el receptor no será capaz de reconocer (entender) la señal que proviene del transmisor. **Hay un valor de sensibilidad para cada modulación.**
- El estándar 802.11 define la sensibilidad mínima del receptor en base a un BER (Bit Error Rate) de 10^{-5} Esto significa Perder 1 de cada 100.000 bits transmitidos

TÍPICAMENTE CUANDO LA TASE DE BIT ERRADOS ES SUPERIOR A 10^{-4} (1 de cada 10,000) HABLAMOS DE DEGRACIÓN TOTAL DEL ENLACE!!

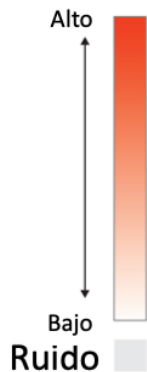


MUM – BOGOTA 2019 



Piso de Ruido y Relación Señal a Ruido (SNR)

Nivel de Señal



El ruido en el receptor de radio será la suma de:

Calculable

Ruido térmico + Figura de Ruido de los Componentes del Radio
+ Ruido causado por Fuentes de Interferencia en el sitio

SNR = Nivel de Señal - Piso de Ruido.

Ejemplo = -65 dBm – (- 93 dBm) = **28 dB**

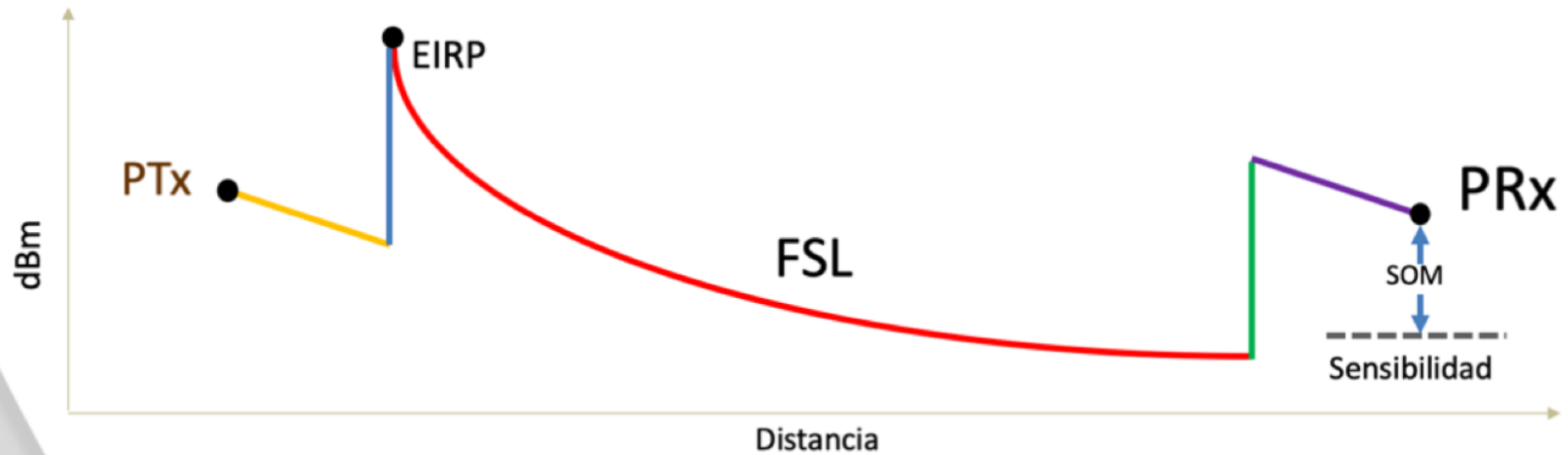
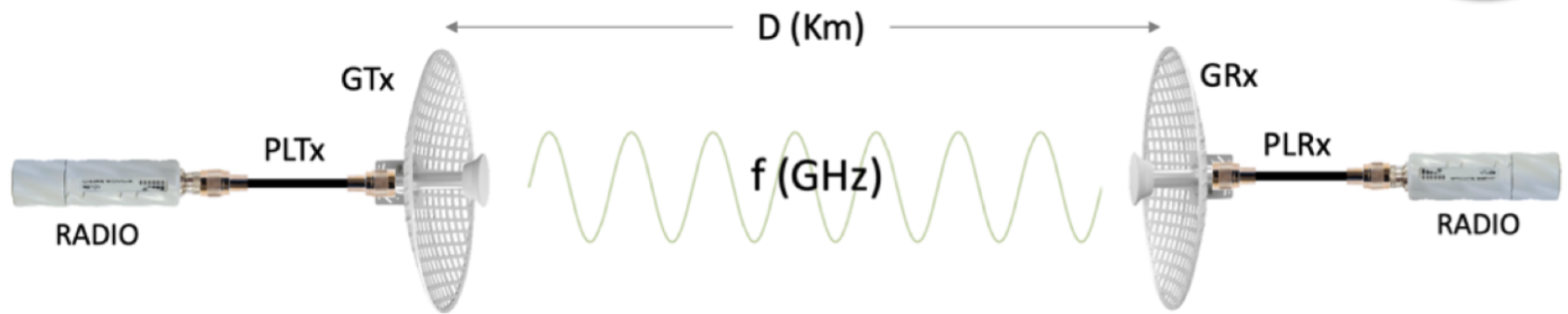
Un alto SNR permite la recuperación de la información transmitida. En otras palabras, comunicaciones exitosas

Radio Name	MAC Address	Interface	Uptime	Last Activi...	Tx/Rx Signal Strength (dBm)	Signal To Noise (dB)	Tx Rate	Rx Rate
STA_BAU...	CC:2D:E0:53:48:59	wlan1	5d 18:04...	0.000	-68/-74	28	8Mbps	57.7Mbps...

Desde Winbox podemos ver el **SNR**

Signal To Noise (dB)
28

Cálculo del Radioenlace



Cálculo del Radioenlace



$$\text{FSPL} = 92.4 + 20 * \log^{10}(D) + 20 * \log^{10}(f)$$

En Kms En GHz

$$\text{PRx} = \text{PTx} + \text{GTx} + \text{GRx} - \text{FSL} - \text{PLTx} - \text{PLRx}$$

$$\text{SOM} = \text{PRx} - \text{Sensibilidad}$$

Un radioenlace (para trabajar en una determinada modulación) es factible, cuando el SOM (System Operating Margin) o umbral de corte, es superior a la sensibilidad del receptor y se cumple el requerimiento de SNR.

Línea de Transmisión



Pérdida de Línea de Transmisión (PL) = Atenuación de la señal por cada 100 metros de la línea. Se expresa en dB / 100. Viene dado por el fabricante.

EJEMPLO = CABLE COAXIAL LMR-600

Frequency (MHz)	30	50	150	220	450	900	1500	1800	2000	2500	5800
Attenuation dB/100 ft	0.4	0.5	1.0	1.2	1.7	2.5	3.3	3.7	3.9	4.4	7.3
Attenuation dB/100 m	1.4	1.8	3.2	3.9	5.6	8.2	10.9	12.1	12.8	14.5	23.8
Avg. Power kW	5.51	4.24	2.41	1.97	1.35	0.93	0.70	0.63	0.59	0.52	0.32

Si por ejemplo tenemos una línea de transmisión de 15 metros la pérdida será de: $(15 \times 23,8) / 100 = 3,57$ dB

A esta pérdida se debe sumar, las pérdidas por conectores.
Apróx. 0,5 dB por cada uno

MUM – BOGOTA 2019 🇨🇴

Cálculo del Radioenlace – Ejemplo con RB911-5Hn



El requerimiento del cliente coincide con MCS7

Según el Datasheet: $P_{Tx} = 18$ dBm (MCS 7);

G_{Tx} y $G_{Rx} = 30$ dBi

Datos del enlace: $D = 14$ Km; $f = 5,875$ GHz

$$FSL = 92.4 + 20 \cdot \log^{10}(14) + 20 \cdot \log^{10}(5,8) = \mathbf{130,59 \text{ dB}}$$

$$PRx = 18 + 30 + 30 - 130,59 - 3 \text{ (Pérdida en Línea)} = \mathbf{-55,6 \text{ dBm.}}$$

$$SOM = -55,6 - (-68) = \mathbf{12,4 \text{ dBm}}$$

Piso de Ruido = -98 dB

Se debe medir en sitio

*El enlace es **factible** porque según el Datasheet la sensibilidad del receptor para MCS7 es de -68 dBm y la SNR es de 42,4 dB*



Relación Señal a Ruido (SNR) vs Modulación

SNR in dB		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
802.11b	20MHz	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3
802.11a/g	20MHz	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7
802.11n	20MHz	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7
802.11n	40MHz	MCS 5	MCS 5	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 7	MCS 7	MCS 7
802.11ac	20MHz	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 8	MCS 8
802.11ac	40MHz	MCS 5	MCS 5	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 7	MCS 7	MCS 7
802.11ac	80MHz	MCS 4	MCS 4	MCS 4	MCS 5	MCS 5	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 6
802.11ac	160MHz	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 4	MCS 4	MCS 4	MCS 5	MCS 5	MCS 6	MCS 6

SNR in dB		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
802.11b	20MHz	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3	MCS 3
802.11a/g	20MHz	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7
802.11n	20MHz	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7
802.11n	40MHz	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7
802.11ac	20MHz	MCS 9	MCS 9	MCS 9	MCS 9	MCS 9	MCS 9	MCS 9	MCS 9	MCS 9	MCS 9
802.11ac	40MHz	MCS 7	MCS 8	MCS 8	MCS 9	MCS 9	MCS 9	MCS 9	MCS 9	MCS 9	MCS 9
802.11ac	80MHz	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 8	MCS 8	MCS 9	MCS 9	MCS 9	MCS 9
802.11ac	160MHz	MCS 6	MCS 6	MCS 6	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 7	MCS 8	MCS 8	MCS 9

Valor mínimo de SNR requerido para poder trabajar en MCS7, en un canal de 20 MHz en 802.11 n

Regresemos al Inicio



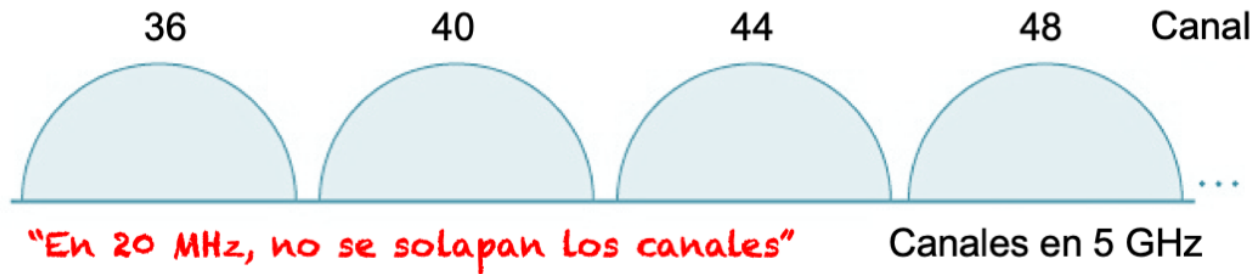
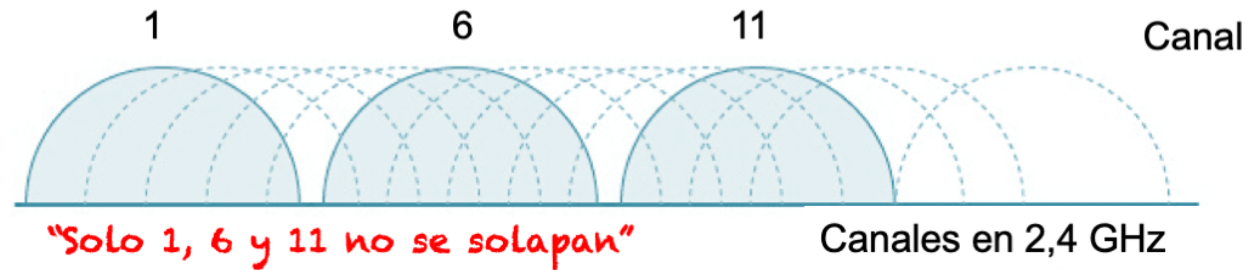
*Si en nuestro ejemplo inicial con una PRx de **-65 dBm** en el enlace, hacemos la medición del piso de ruido en ambos sitios (interconectados) y este nos da un valor de **-80 dB**. Tendríamos una **SNR de 15 dB**. Con ese valor **NO** podríamos obtener la máxima capacidad (asumiendo que no tenemos interferencia).*

MUM – BOGOTA 2019 🇨🇴

Espectro / Máscara de Transmisión



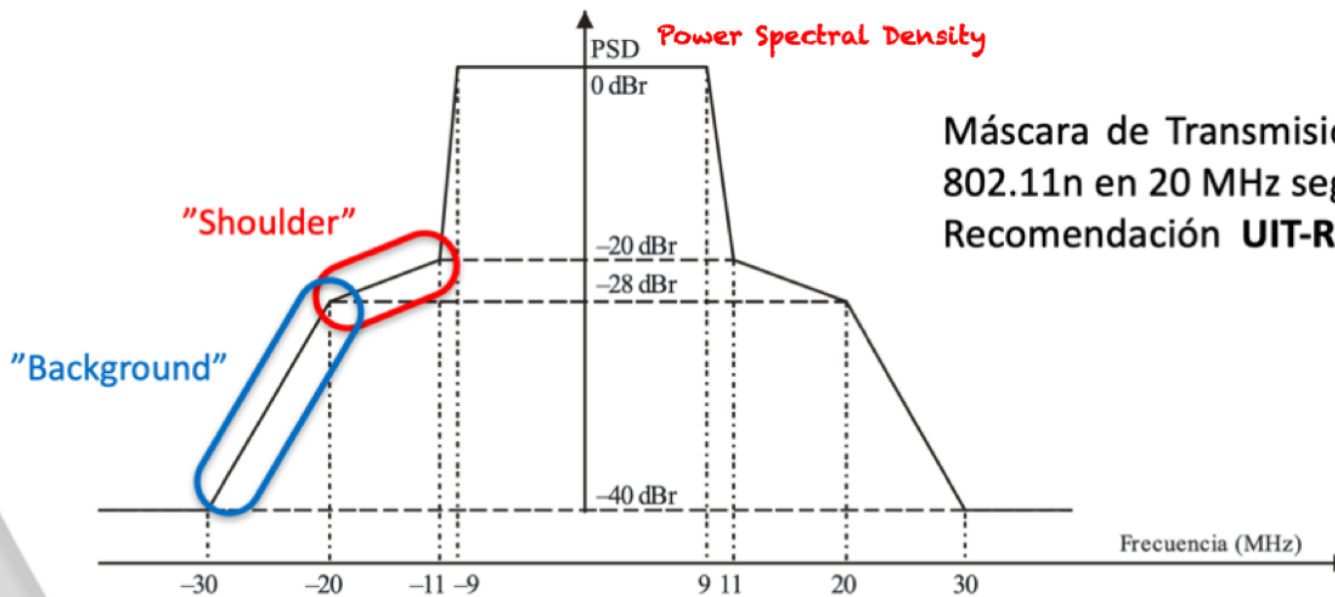
Esto lo conseguimos en Google. *Será Verdad ??*





Espectro / Máscara de Transmisión

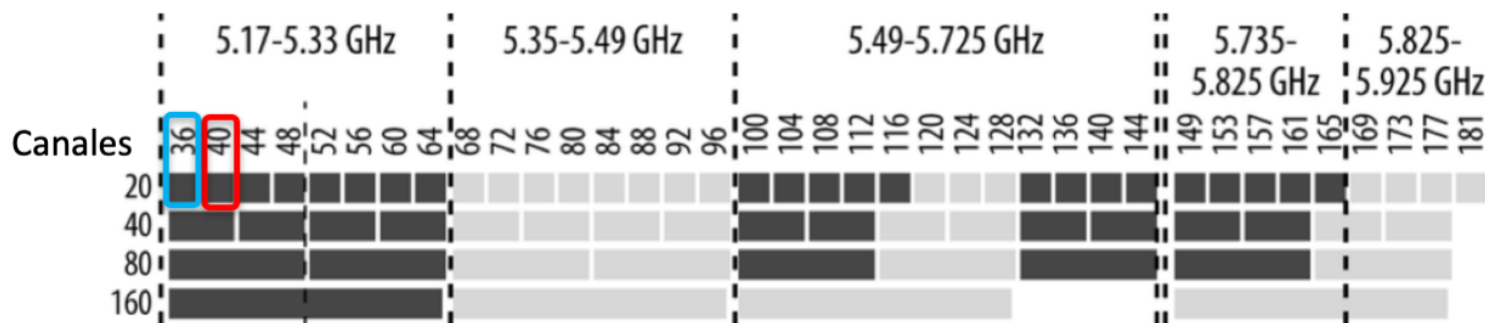
El espectro de una señal es el conjunto de frecuencias que la constituyen. La forma de representar gráficamente este espectro es, asignando el valor de las frecuencias al eje de abscisas y dibujando la amplitud de los mismos en el eje de ordenadas.



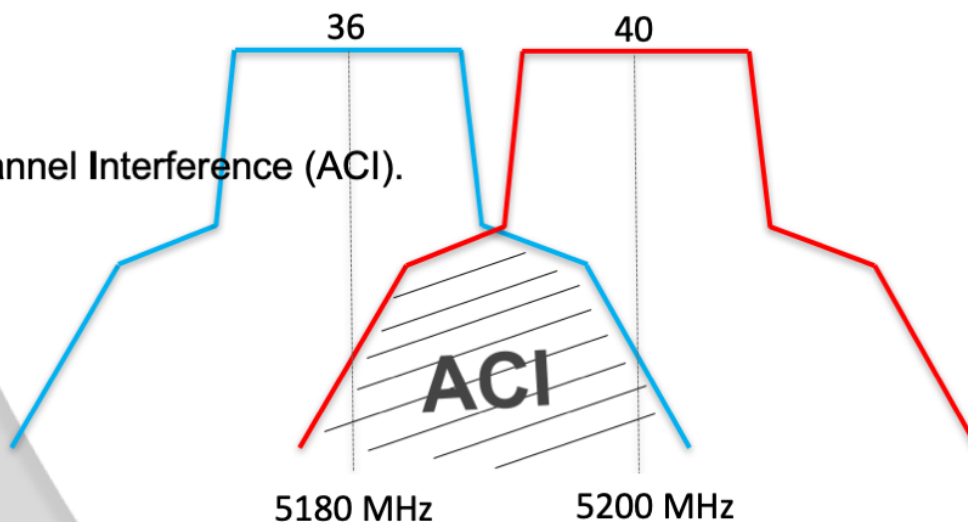
Máscara de Transmisión de un radio 802.11n en 20 MHz según la Recomendación **UIT-R M.1450-5**



Máscara de Transmisión – Interferencia Co-Canal



Adjacent Channel Interference (ACI).



La interferencia hace que todo el paquete se retransmita, lo que obliga a otros a esperar a que el medio esté disponible. Esto causará pérdida de información. Reducción del Throughput

Interferencia Co-Canal



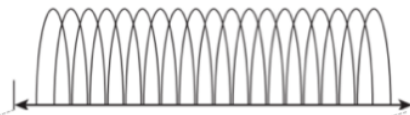
=

D
E
L
A
Y

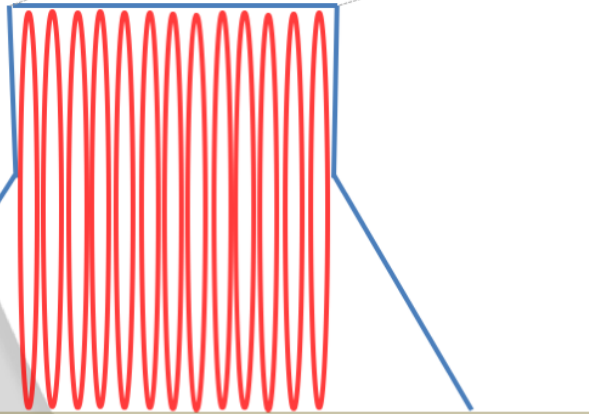


Subportadoras OFDM

64 Sub-portadoras por
20 MHz (48 portadoras con datos)



20 MHz



5240

5250





5260

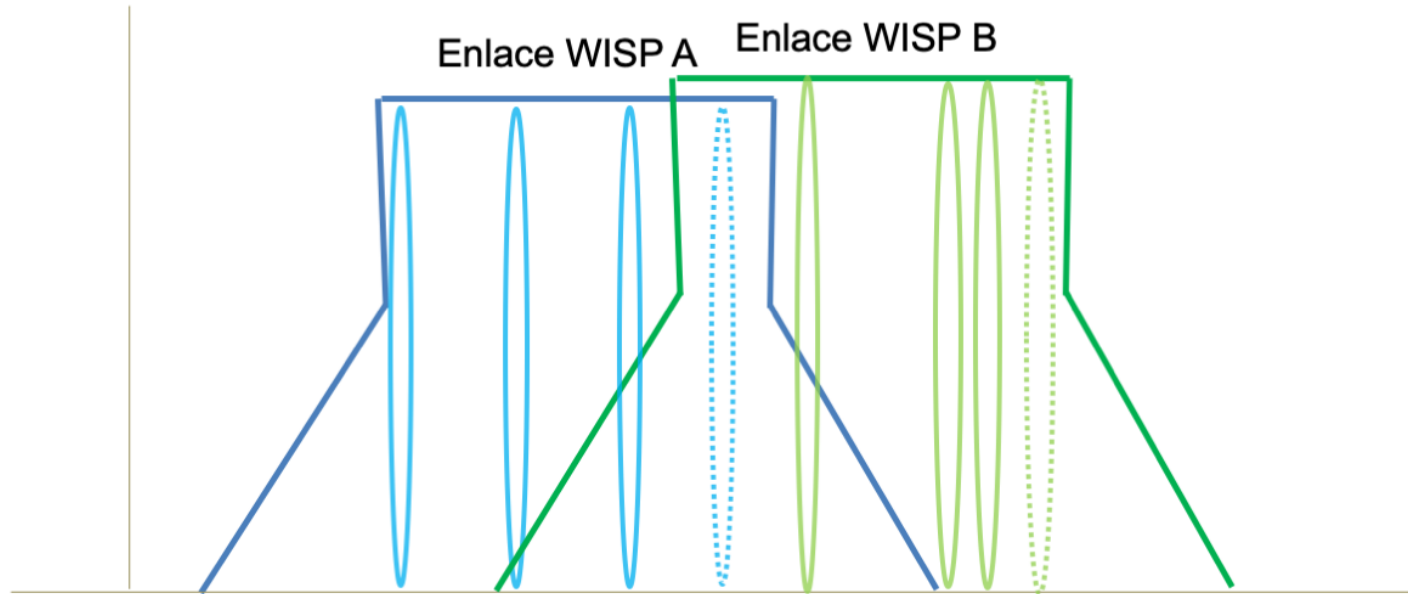
802.11 utiliza la multiplexación OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access), con **múltiples sub-portadoras** cercanas que son utilizadas para la transmisión en paralelo de datos, dentro de una **portadora principal**.

- Un enlace con bajo tráfico, generará pocas subportadoras y un valor de **CCQ** no representativo. **CCQ** = Porcentaje de tramas retransmitidas
- Debemos certificar la calidad de nuestro enlace con una prueba de Throughput (Por ejemplo BTEST) www.EKOINOS.com



Subportadoras OFDM





-  Trama del Protocolo 802.11 (Beacon)
-  Trama con ICMP (Ping)
-  Trama del Protocolo 802.11 (Beacon)
-  Trama con ICMP (Ping)

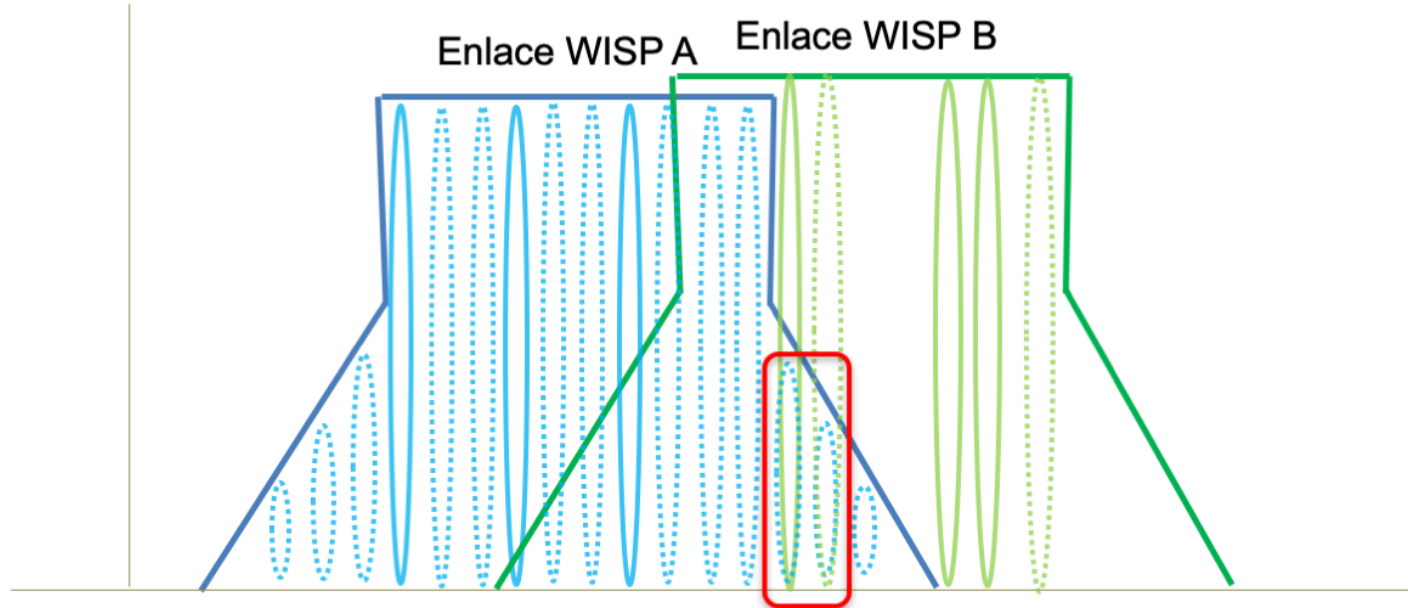


Ambos enlaces con Poco Tráfico. No coinciden las subportadoras. **CCQ > 90%**



Subportadoras OFDM





-  Trama del Protocolo 802.11 (Beacon)
-  Trama con Datos
-  Trama del Protocolo 802.11 (Beacon)
-  Trama con ICMP (Ping)

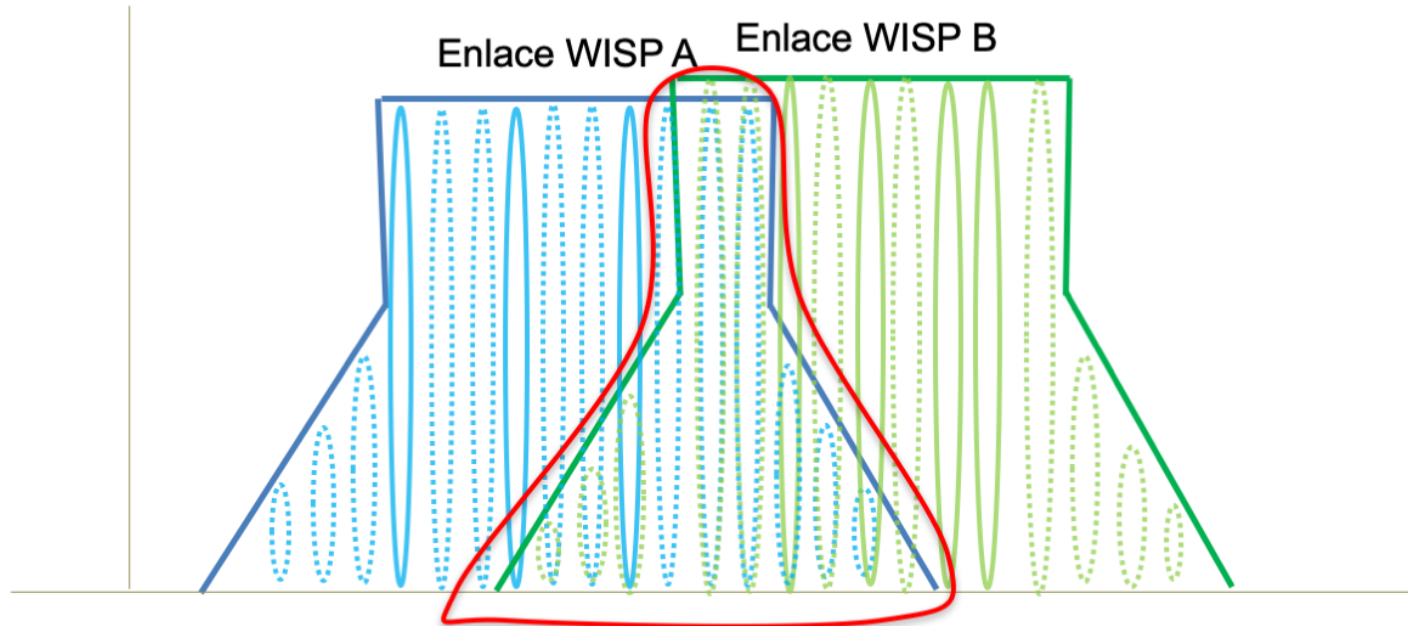


Solo Enlace WISP A con mucho Tráfico. Algunas subportadoras se solapan. CCQ < 50%



Subportadoras OFDM

-  Trama del Protocolo 802.11 (Beacon)
-  Trama con Datos
-  Trama del Protocolo 802.11 (Beacon)
-  Trama con ICMP (Ping)



Ambos enlaces con mucho Tráfico. Solapamiento de muchas subportadoras. $CCQ < 15\%$

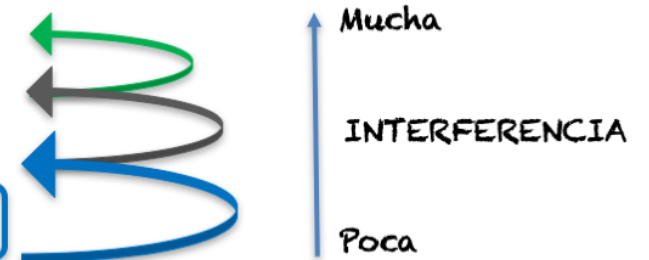


Efecto de la Interferencia – Tasa Adaptativa

HT MCS Index	Spatial Streams	Modulation & Coding	Data Rate GI = 800ns	Data Rate SGI = 400ns
			20MHz	20MHz
0	1	BPSK 1/2	6.5	7.2
1	1	QPSK 1/2	13	14.4
2	1	QPSK 3/4	19.5	21.7
3	1	16-QAM 1/2	26	28.9
4	1	16-QAM 3/4	39	43.3
5	1	64-QAM 2/3	52	57.8
6	1	64-QAM 3/4	58.5	65
7	1	64-QAM 5/6	65	72.2

MCS Index

El algoritmo de 802.11n (Mimo RA) permite usar una modulación de orden inferior cuando la tasa de paquetes entregados está disminuyendo (Retransmisiones), y usar una mayor modulación cuando la tasa de paquetes entregados permanece igual o en aumento.



MUM – BOGOTA 2019 🇨🇴



Evaluar mediante Pruebas de Aceptación una placa RouterBOARD RB911-5H

www.EKOINOS.com

Pruebas de Aceptación

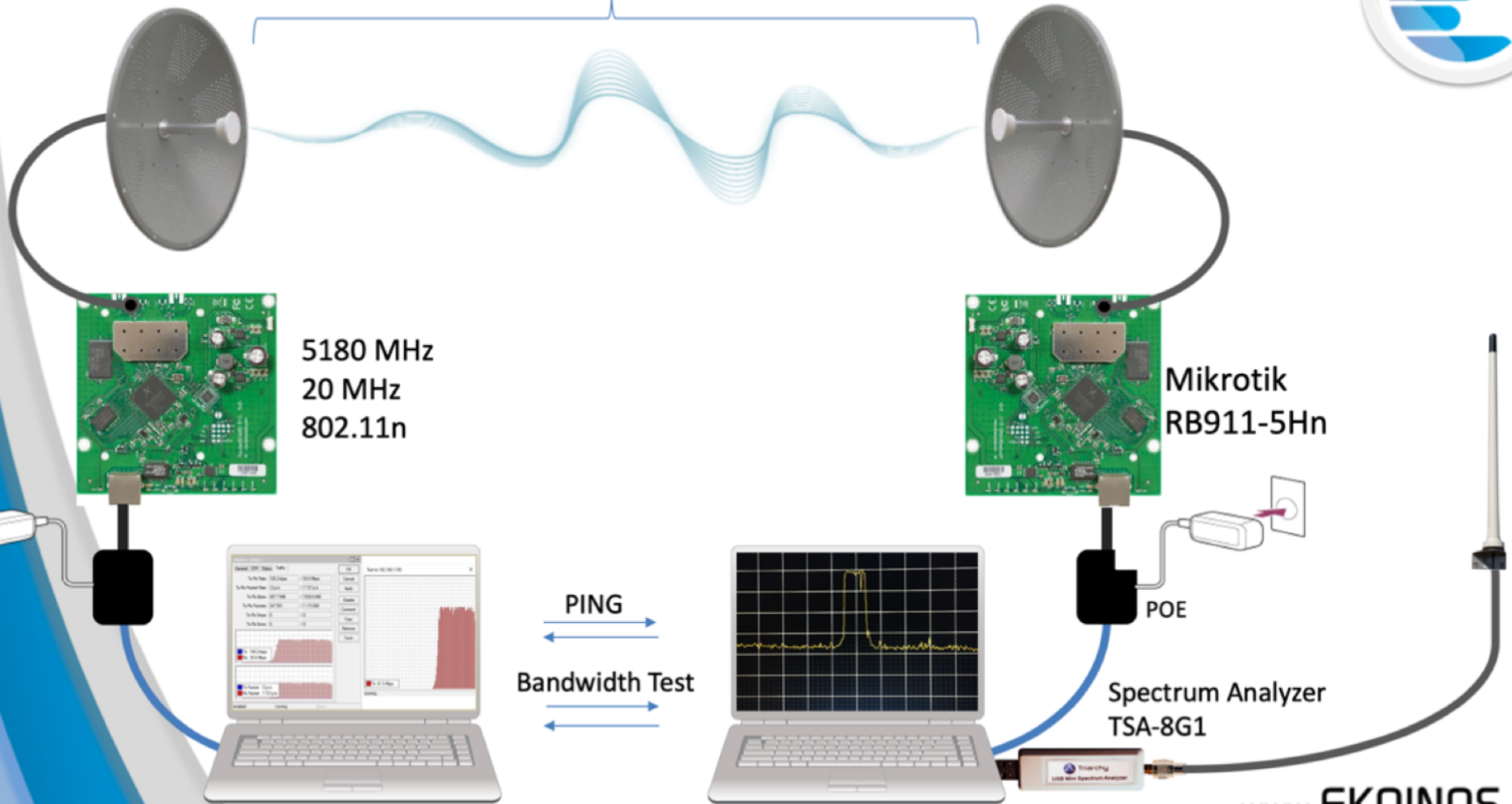


- ✓ **Máscara de transmisión:** Comprobar si el espectro de emisión de los equipos RouterBOARD RB911-5H se adecua correctamente al estándar (UIT-R M.1450-5)
- ✓ **Throughput:** Comprobar que si se alcanza el valor de sensibilidad para una modulación MCS7 en una placa RB911-5Hn, el enlace pasa a la modulación inferior disponible.

MUM – BOGOTA 2019

PÉRDIDA DE ESPACIO LIBRE (FSL)

Escenario Real





Pruebas de Aceptación – Como lo hacemos ?

Problemas:

- Un radioenlace de 5 GHz en el espacio libre es afectado por interferencias variables. No podríamos ver la máscara de RF sin señales indeseadas.
- Lograr disminuciones (atenuaciones) del nivel de señal (PRx) en pasos de 1 dB en un radioenlace real, ubicado en un espacio confinado y de bajas dimensiones, es decir, dentro de una oficina o laboratorio, es muy complejo e inexacto. Sería muy difícil trabajar con los umbrales de sensibilidad.

Solución:

- **Establecer el enlace en un ambiente controlado (Simulando lo que sería una cámara anecoica), en donde mediante el uso de atenuadores (fijos y variables), se puede simular el medio de transmisión y la pérdida de espacio libre (FSL).**

MUM – BOGOTA 2019 

Pruebas de Aceptación – Equipos y Materiales



Atenuador Fijo



Atenuador Variable



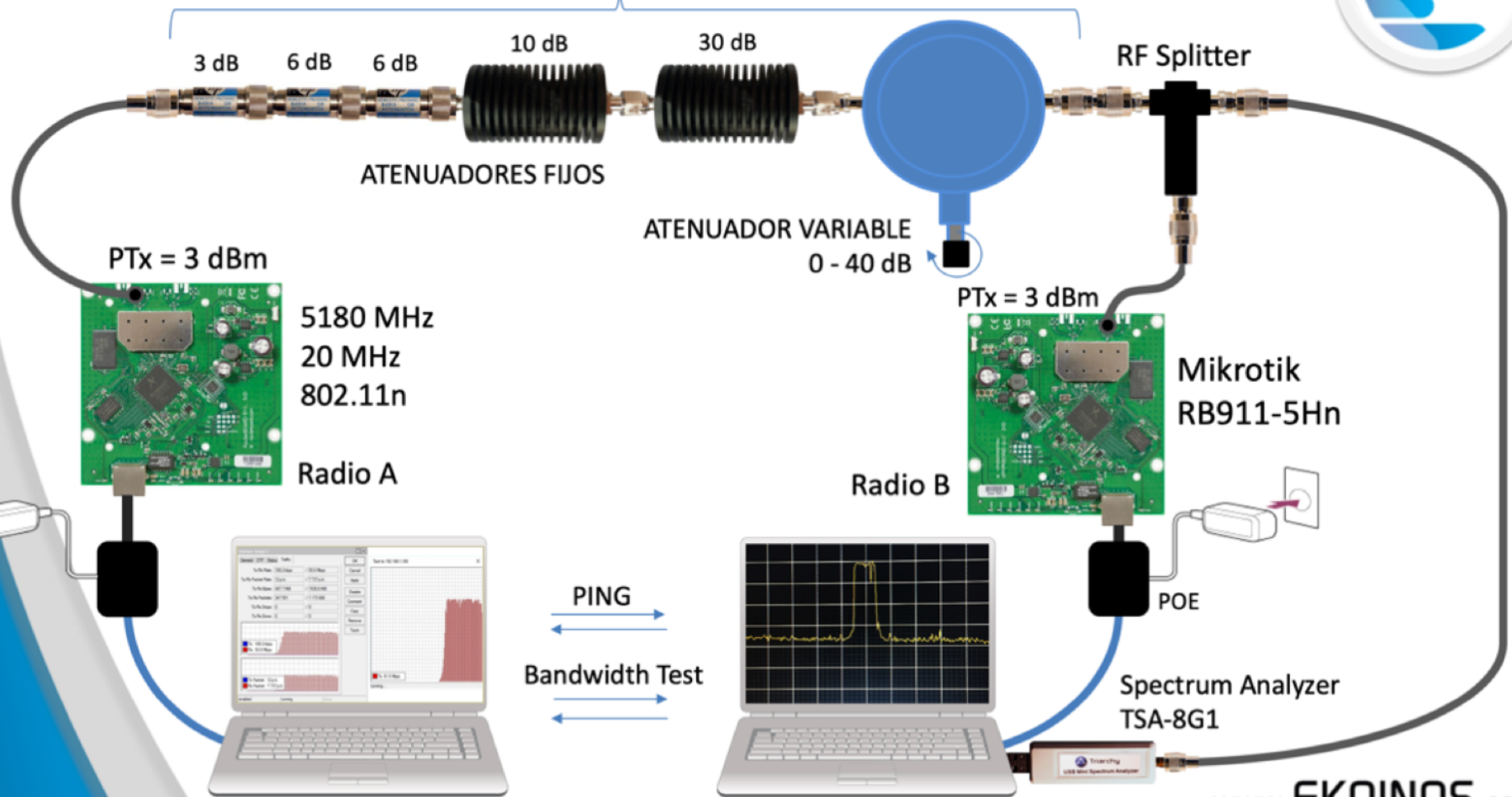
USB Mini Spectrum Analyzer TSA8G1



RB911-5Hn

Escenario para Pruebas AMBIENTE CONTROLADO

SIMULACIÓN DE LA PÉRDIDA DE
ESPACIO LIBRE (FSL)



MUM – BOGOTA 2019 🇨🇴

Configuración del Enlace en 802.11n



Configuramos el enlace para que solo trabaje bajo el estándar 802.11n en una canal de 20 MHz. Frecuencia central de 5180 MHz

RADIO A

Interface <wlan1>

General Wireless HT HT MCS WDS Nstreme Status Traffic

Mode: bridge

Band: 5GHz-only-N

Channel Width: 20MHz

Frequency: 5180 MHz

SSID: ekoinos

Scan List: 5180

Wireless Protocol: 802.11

OK
Cancel
Apply
Disable
Comment
Advanced Mode
Torch

RADIO B

Interface <wlan1>

General Wireless HT HT MCS WDS Nstreme ...

Mode: station bridge

Band: 5GHz-only-N

Channel Width: 20MHz

Frequency: 5180 MHz

SSID: ekoinos

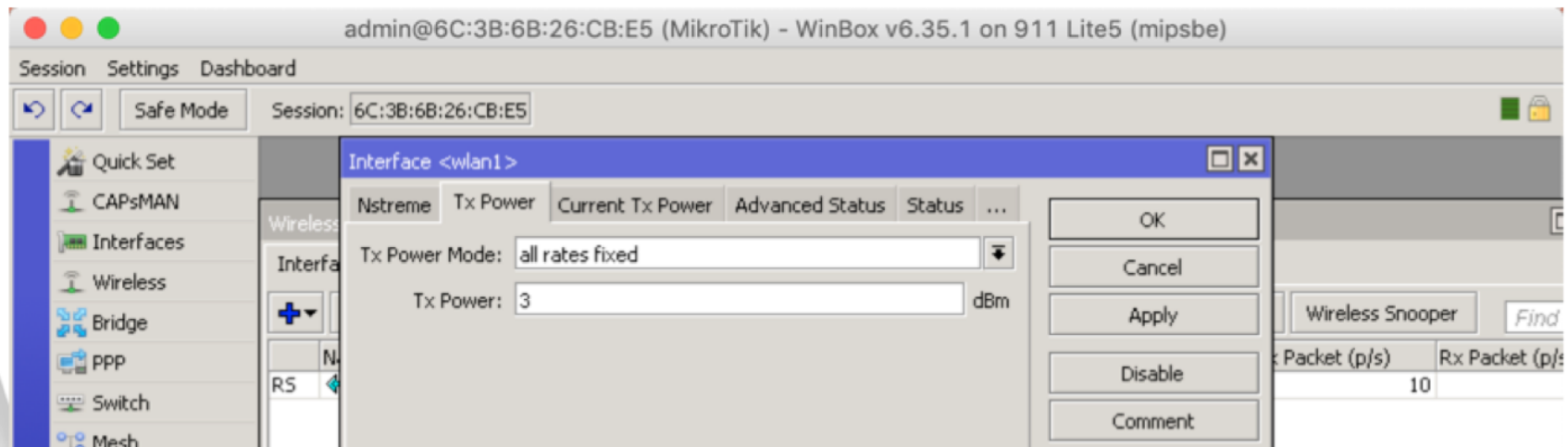
Scan List: 5180

Wireless Protocol: 802.11

OK
Cancel
Apply
Disable
Comment
Advanced Mode
Torch

MUM – BOGOTA 2019 🇨🇴

Configuración del Enlace en 802.11n



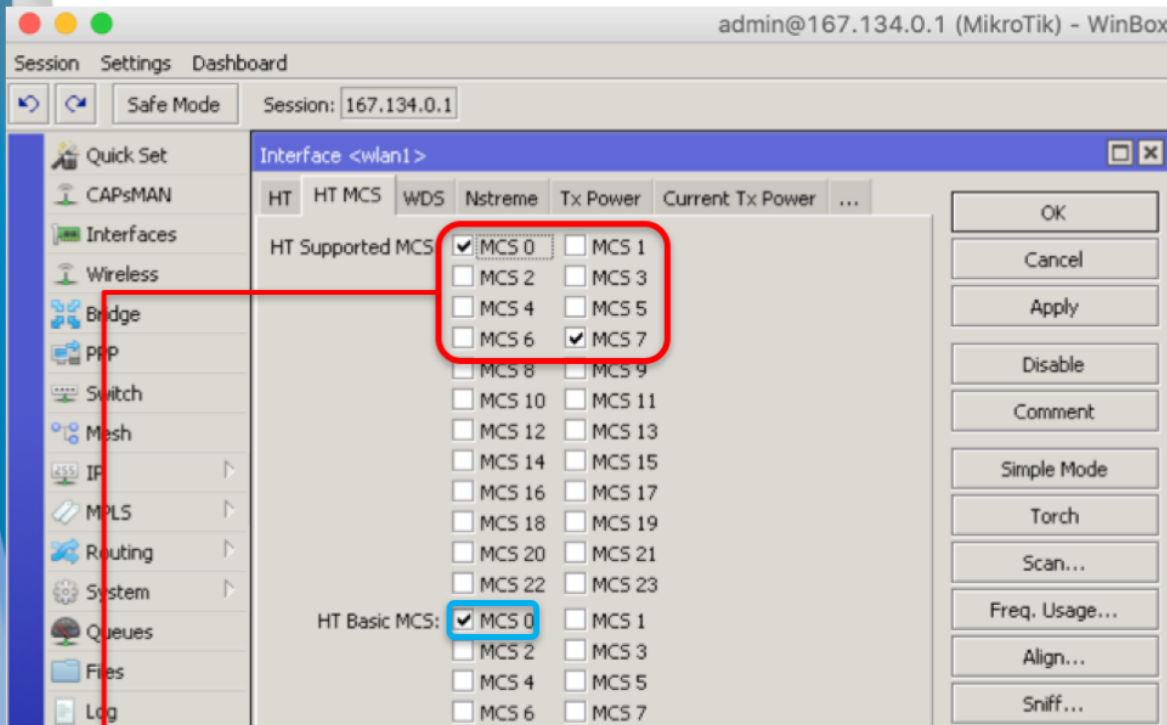
En base a la atenuación que disponemos (Atenuadores variables + Atenuador Fijo), debemos trabajar con un nivel de Potencia de Transmisión (PTx) en ambos radios que no sature al receptor

MUM – BOGOTA 2019 

Configuración del Enlace en 802.11n



Configuración Aplicada en RADIO A y RADIO B



Al seleccionar únicamente MCS0 y MSC7, el enlace en condiciones ideales buscará mantenerse en MCS7, pero si se alcanza la sensibilidad o desmejora la SNR, pasará a una modulación inferior, en este caso, MCS0

○ HT Basic MCS

Es utilizado para la negociación y las tramas de administración que permiten establecer la comunicación inicial entre los equipos. Seleccionamos **MCS0**, ya que es suficiente para que exista el intercambio de tramas Beacon.

○ HT Supported MCS

Es la tasa en la cual se transmitirán los datos en el radioenlace. Acá selecciono en base al requerimiento del cliente y al comportamiento que requiero en el enlace.

Estadísticas del Enlace en 802.11n



Enlace con poco tráfico

Radio Name	MAC Address	Tx/Rx Signal Strength Ch0 (dBm)	Signal To Noise (dB)	Tx/Rx CCQ (%)	Tx Rate	Rx Rate
CPE	6C:3B:6B:26:CB:E6	-55/-54	58	99/96	72.2Mbps-20MHz/15/5GI	65Mbps-20MHz/15

Máximo nivel de señal para nuestra prueba. Aun sin atenuar

Relación SNR y CCQ. Como estamos en una ambiente controlado, el valor será excelente

Max. Modulación soportada por el enlace. Al igual que el CCQ, sin tráfico no es un valor representativo

HT MCS Index	Spatial Streams	Modulation & Coding	Data Rate	Data Rate
			GI = 800ns 20MHz	SGI = 400ns 20MHz
0	1	BPSK 1/2	6.5	7.2
1	1	QPSK 1/2	13	14.4
2	1	QPSK 3/4	19.5	21.7
3	1	16-QAM 1/2	26	28.9
4	1	16-QAM 3/4	39	43.3
5	1	64-QAM 2/3	52	57.8
6	1	64-QAM 3/4	58.5	65
7	1	64-QAM 5/6	65	72.2

MCS Index

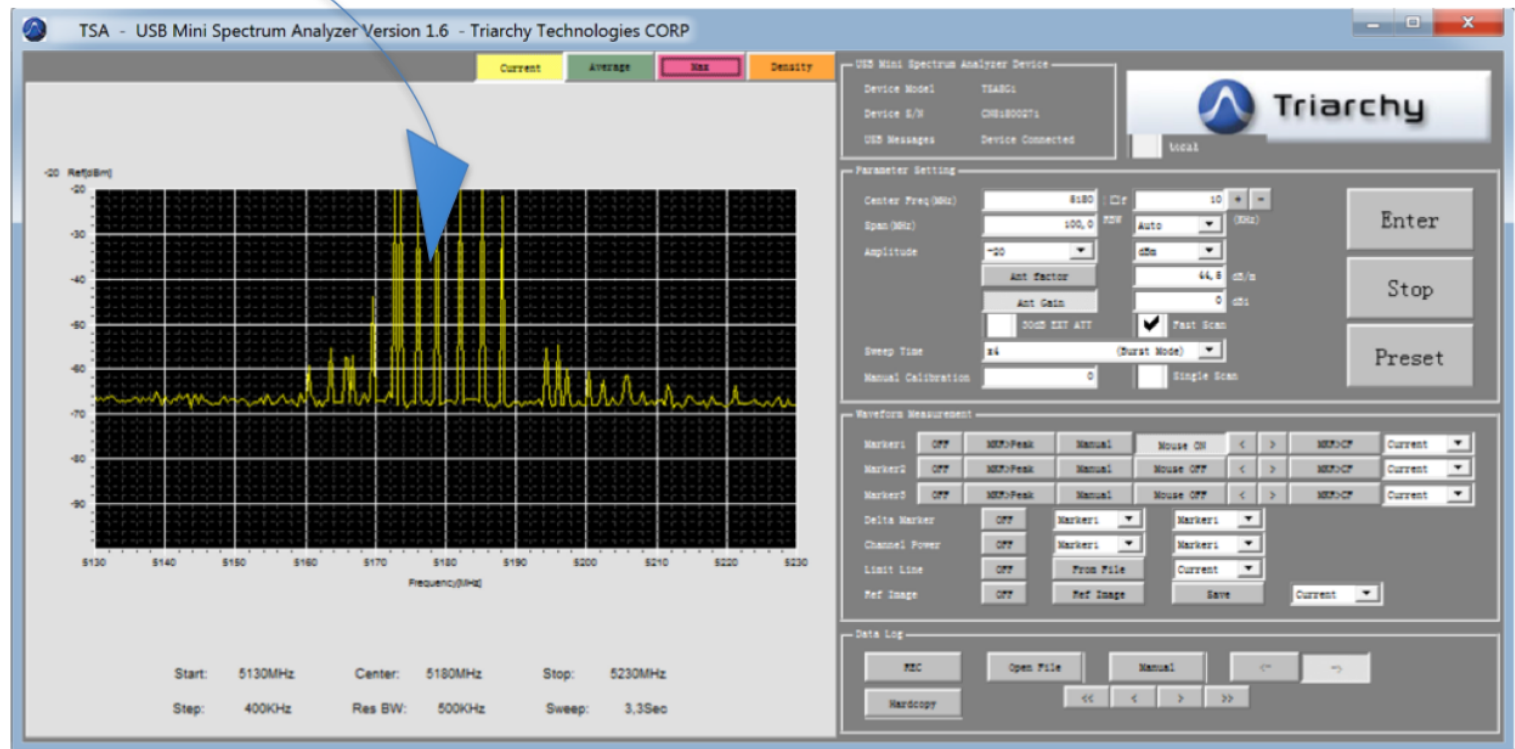
MUM – BOGOTA 2019 

Resultados – Máscara de RF con poco Tráfico



Sub portadoras
OFDM

Enlace con poco tráfico



La figura muestra la medición típica de una señal 802.11n con un ancho de banda de 20 MHz.

Enlace con bajo tráfico

www.EKOINOS.com

MUM – BOGOTA 2019



Estadísticas del Enlace en 802.11n

Enlace con mucho tráfico



The screenshot shows the Mikrotik WinBox interface. The main window displays the 'Wireless Tables' section with a table of radio statistics. A blue box highlights the 'Tx Rate' column, showing a value of 72.2Mbps-20MHz/1S/SGI. A handwritten note in blue says 'Modulación en la que está trabajando el enlace.' Below this is an 'MCS Index' table. To the right, a 'Bandwidth Test (Running)' window is open, showing a current speed of 66.3 Mbps. A legend in the bandwidth test window indicates 'Tx: 66.3 Mbps' and 'Rx: 66.3 Mbps'.

HT MCS Index	Spatial Streams	Modulation & Coding	Data Rate GI = 800ns 20MHz	Data Rate SGI = 400ns 20MHz
0	1	BPSK 1/2	6.5	7.2
1	1	QPSK 1/2	13	14.4
2	1	QPSK 3/4	19.5	21.7
3	1	16-QAM 1/2	26	28.9
4	1	16-QAM 3/4	39	43.3
5	1	64-QAM 2/3	52	57.8
6	1	64-QAM 3/4	58.5	65
7	1	64-QAM 5/6	65	72.2

Prueba de BTEST
Enviando a B

66,3 Mb/s

MUM – BOGOTA 2019

Estadísticas del Enlace en 802.11n



Enlace con mucho tráfico

The screenshot shows the Mikrotik WinBox interface. The main window displays the 'Wireless Tables' section with a table of radio statistics. A blue box highlights the 'Rx Rate' column, which shows '65Mbps-20MHz/15'. A handwritten note in blue says 'Modulación en la que está trabajando el enlace.' Below this, a table titled 'MCS Index' is shown, with the value '65' in the 'Data Rate' column for '20MHz' highlighted by a blue box. To the right, a 'Bandwidth Test (Running)' window is open, showing a test to '167.134.0.2' with a 'Tx/Rx Current' of '0 bps/59.6 Mbps'. A graph at the bottom of this window shows a red bar representing the receive rate, with a handwritten note '59,6 Mb/s' next to it.

HT MCS Index	Spatial Streams	Modulation & Coding	Data Rate GI = 800ns 20MHz	Data Rate SGI = 400ns 20MHz
0	1	BPSK 1/2	6.5	7.2
1	1	QPSK 1/2	13	14.4
2	1	QPSK 3/4	19.5	21.7
3	1	16-QAM 1/2	26	28.9
4	1	16-QAM 3/4	39	43.3
5	1	64-QAM 2/3	52	57.8
6	1	64-QAM 3/4	58.5	65
7	1	64-QAM 5/6	65	72.2

Prueba de BTEST
Recibiendo de B


59,6 Mb/s

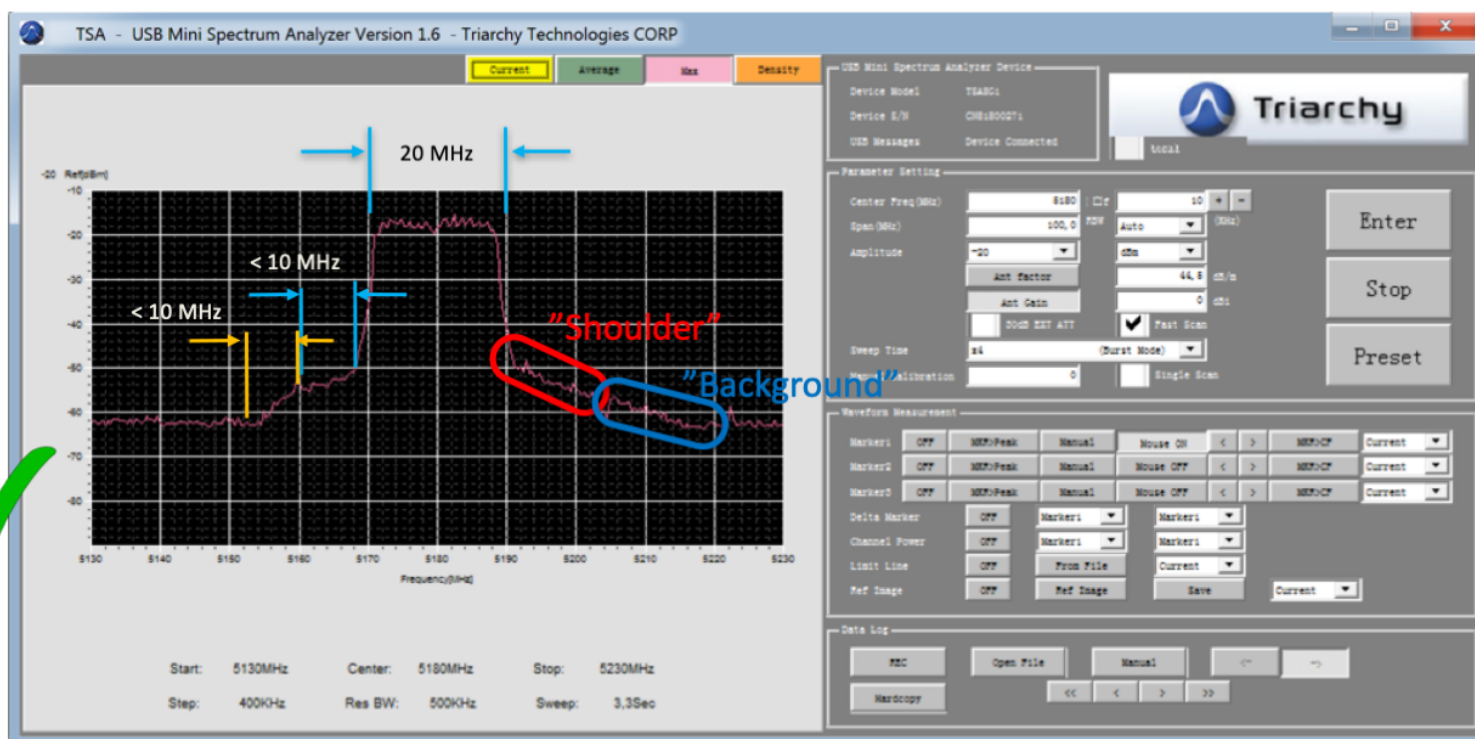
MUM – BOGOTA 2019 

Resultados – Máscara de RF con mucho Tráfico



Todas las Sub portadoras OFDM funcionando, formando “el marco lógico” de la máscara de RF para 20 MHz

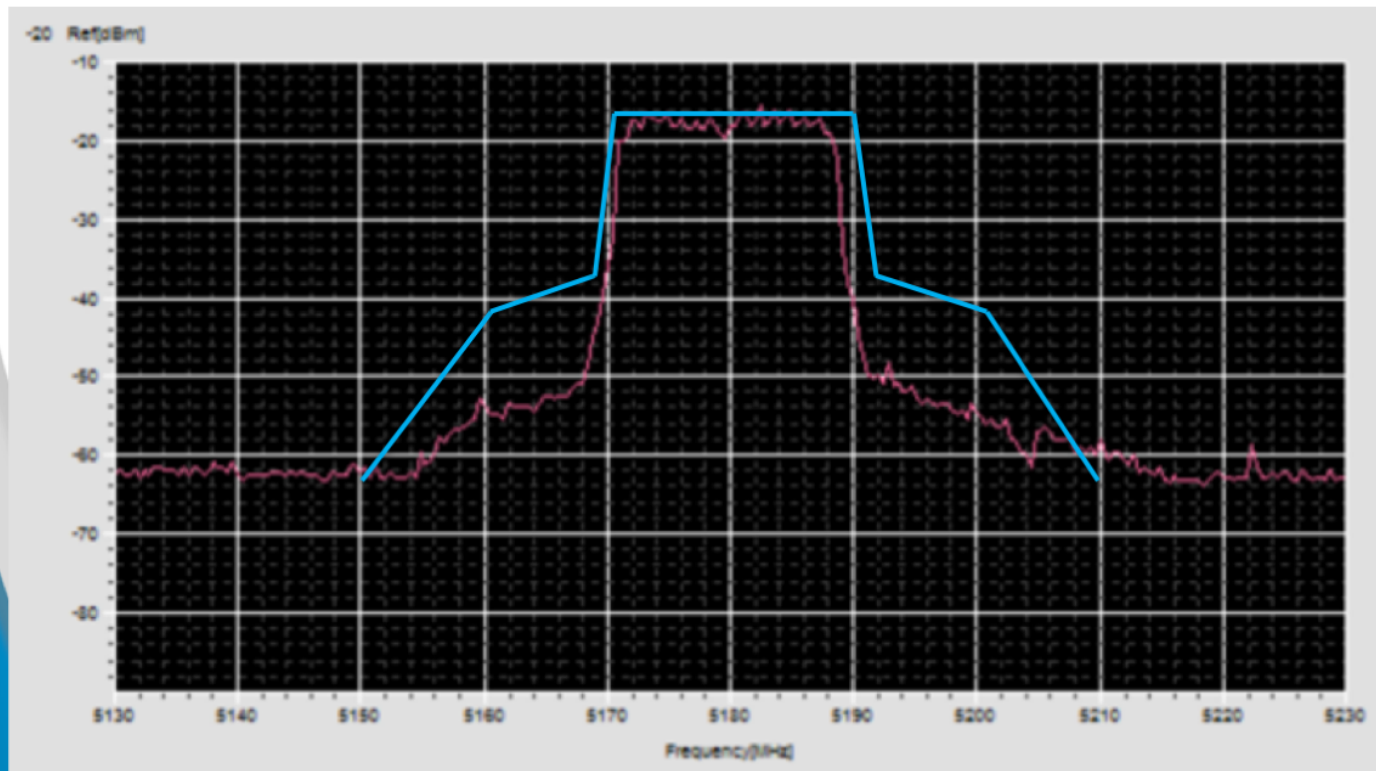
Se cumple con la Recomendación UIT-R M.1450-5 



La figura muestra la medición típica de una señal 802.11n con un ancho de banda de 20 MHz.
Enlace con alto tráfico

MUM – BOGOTA 2019 🇨🇴

Resultados – Máscara de RF **con mucho** Tráfico



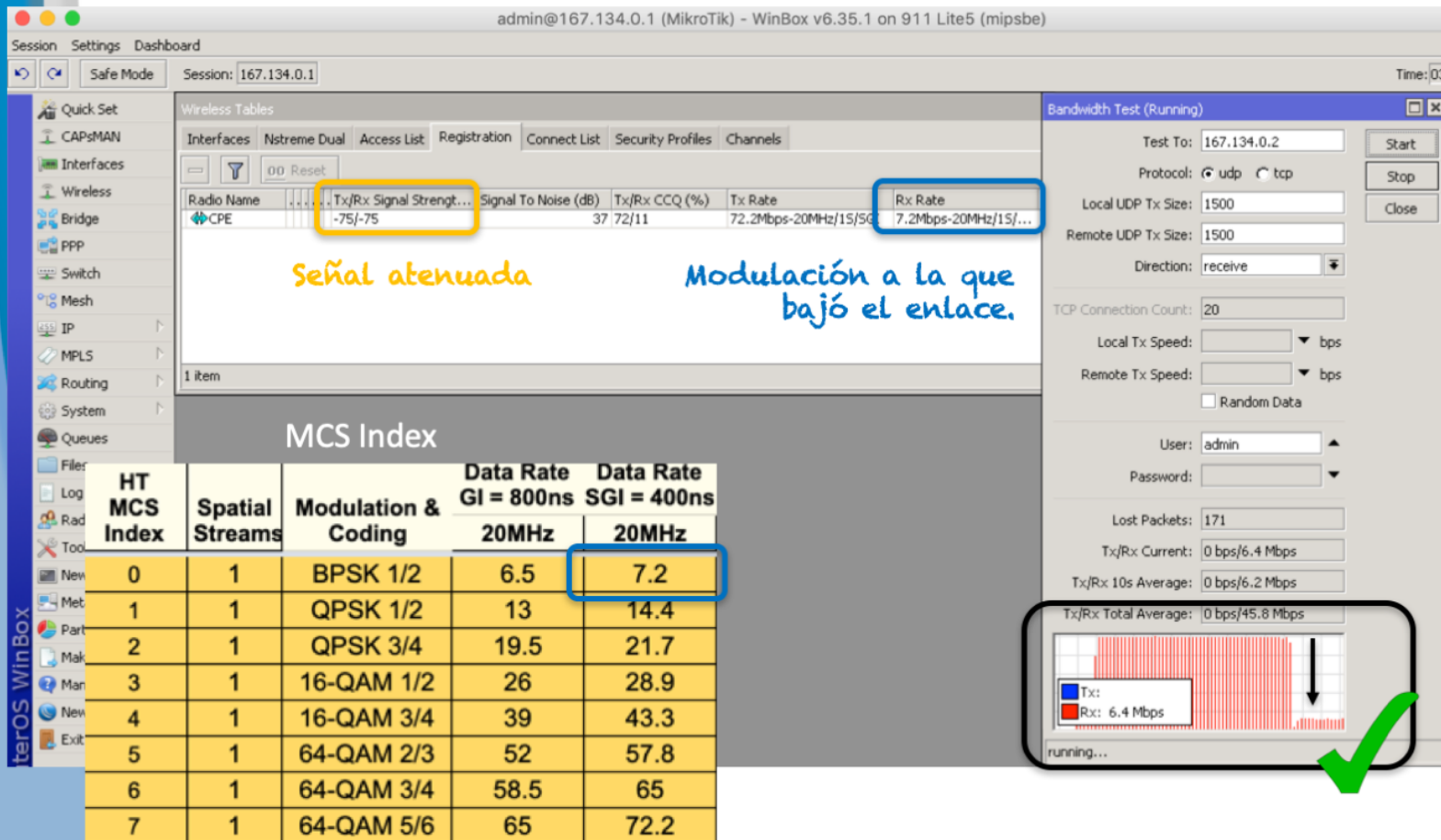
La máscara de RF **real** al compararla con **la teórica**, CUMPLE con la recomendación del UIT-R

MUM – BOGOTA 2019 

Estadísticas del Enlace en 802.11n



Enlace con mucho tráfico



The screenshot shows the Mikrotik WinBox interface. The 'Wireless Tables' section displays the following data for the CPE radio:

Radio Name	Tx/Rx Signal Strength (dBm)	Signal To Noise (dB)	Tx/Rx CCQ (%)	Tx Rate	Rx Rate
CPE	-75/-75	37	72/11	72.2Mbps-20MHz/15/50	7.2Mbps-20MHz/15/...

Handwritten notes in Spanish: "Señal atenuada" (attenuated signal) next to the signal strength, and "Modulación a la que bajó el enlace." (modulation to which the link dropped) next to the Rx Rate.

The 'MCS Index' table is also visible:

HT MCS Index	Spatial Streams	Modulation & Coding	Data Rate GI = 800ns 20MHz	Data Rate SGI = 400ns 20MHz
0	1	BPSK 1/2	6.5	7.2
1	1	QPSK 1/2	13	14.4
2	1	QPSK 3/4	19.5	21.7
3	1	16-QAM 1/2	26	28.9
4	1	16-QAM 3/4	39	43.3
5	1	64-QAM 2/3	52	57.8
6	1	64-QAM 3/4	58.5	65
7	1	64-QAM 5/6	65	72.2

The 'Bandwidth Test (Running)' window shows the following statistics:

- Test To: 167.134.0.2
- Protocol: udp
- Local UDP Tx Size: 1500
- Remote UDP Tx Size: 1500
- Direction: receive
- TCP Connection Count: 20
- Local Tx Speed: [] bps
- Remote Tx Speed: [] bps
- User: admin
- Password: []
- Lost Packets: 171
- Tx/Rx Current: 0 bps/6.4 Mbps
- Tx/Rx 10s Average: 0 bps/6.2 Mbps
- Tx/Rx Total Average: 0 bps/45.8 Mbps

A graph at the bottom of the bandwidth test window shows Tx (blue) and Rx (red) rates. The Rx rate is highlighted with a green checkmark and labeled as 6.4 Mbps.

Prueba de BTEST
Enviando a B

La capacidad equivalente a un MCS7 (59,6 Mb/s) bajo al equivalente de MCS0 (6,4 Mb/s)

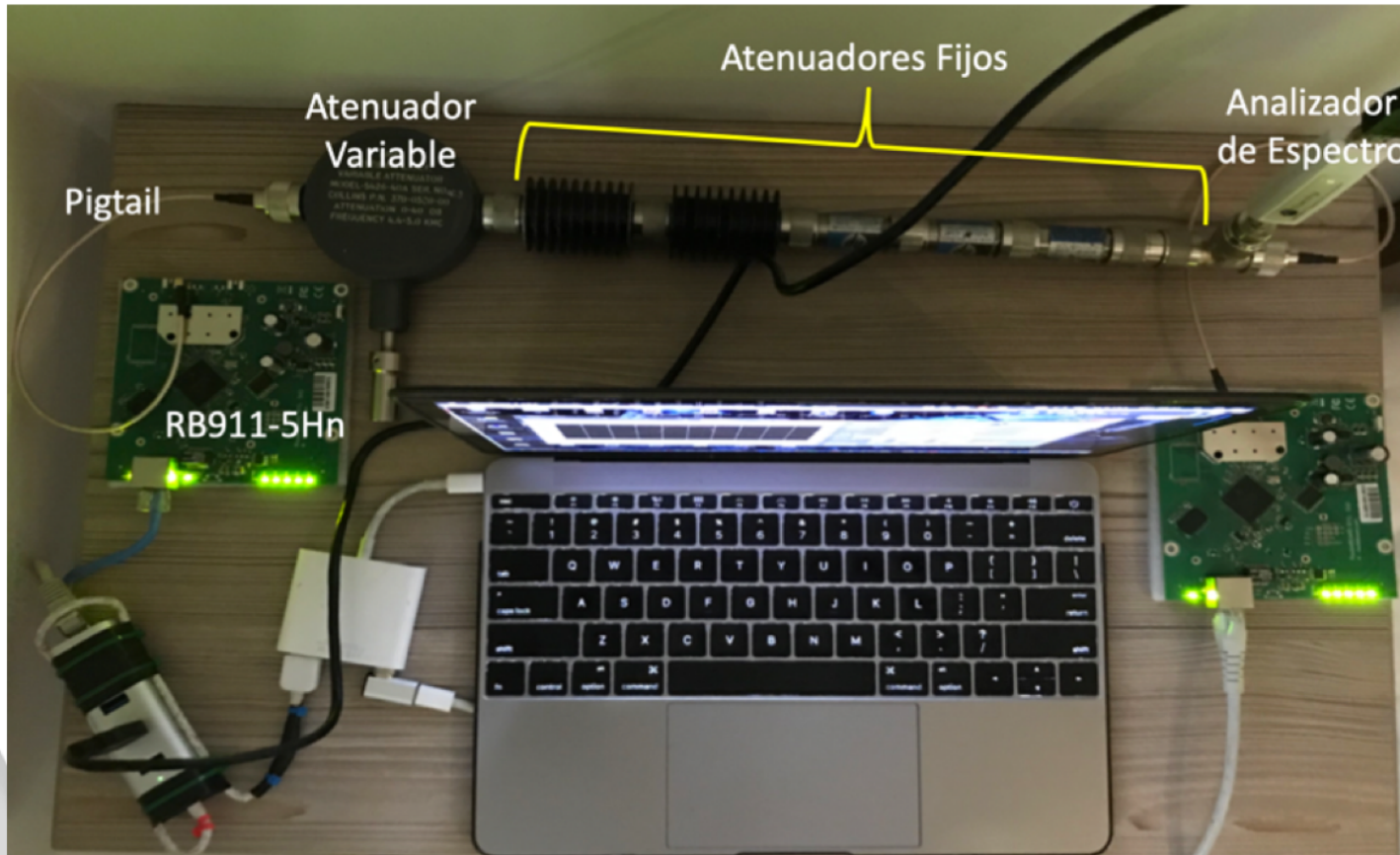
Conclusiones



- La tarjeta Wireless de la placa RouterBOARD RB911-5Hn cumple con el estándar 802.11n en cuanto a velocidad y modulación adaptativa. ✓
- La tarjeta Wireless de la placa RouterBOARD RB911-5Hn cumple con la Recomendación **UIT-R M.1450-5** en lo que respecta a la mascara espectral de RF ✓

MUM – BOGOTA 2019 🇨🇴

Así se ve un ambiente de pruebas





Gracias por su atención!

Preguntas ?



MUM – BOGOTA 2019 🇨🇴

Nuestro Contacto



+ 56 944322112 / +58 4122239963



ventas@ekoinos.com



@ekoinos



ekoinos1



www.EKOINOS.com