MUM – BOGOTA 2019

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

www.EKOINOS.com

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

Temario

- 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

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

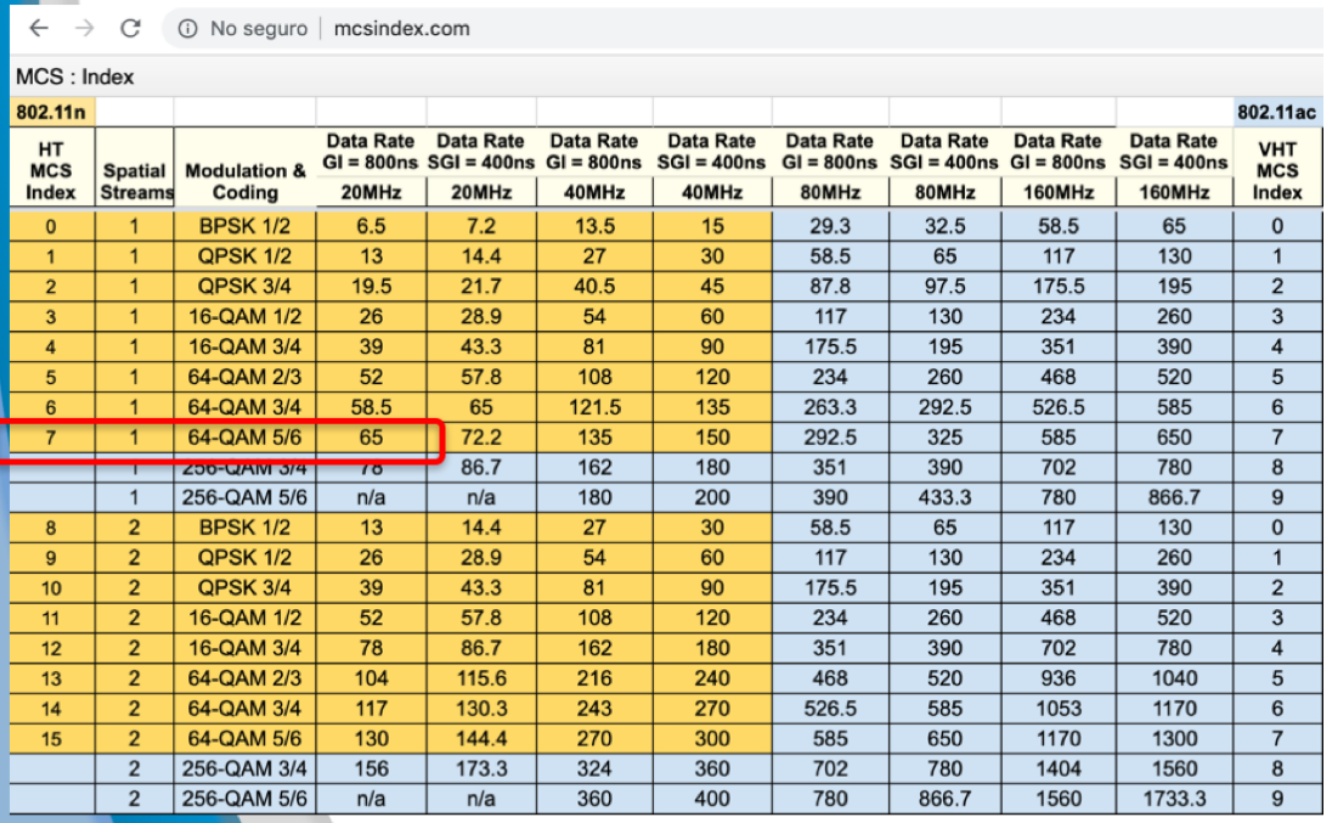
Poniéndonos en Contexto

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

MUM – BOGOTA 2019

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 GI = 800ns 20MHz	Data Rate SGI = 400ns 20MHz	Data Rate GI = 800ns 40MHz	Data Rate SGI = 400ns 40MHz	Data Rate GI = 800ns 80MHz	Data Rate SGI = 400ns 80MHz	Data Rate GI = 800ns 160MHz	Data Rate SGI = 400ns 160MHz	VHT MCS Index
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)

Típicamente 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

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

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

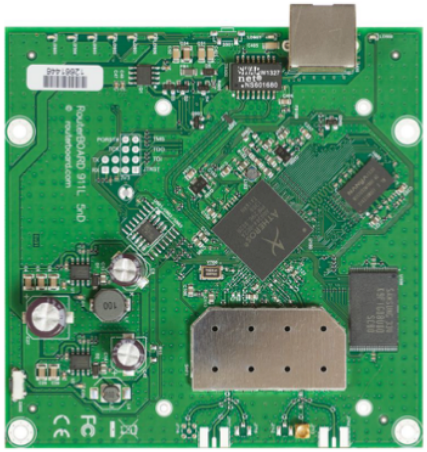
www.EKOINOS.com

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

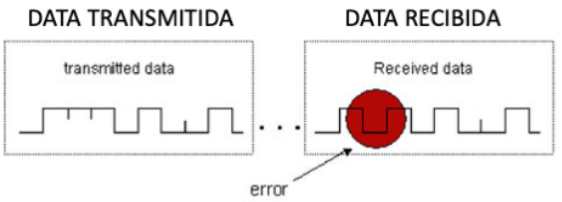
MCS7 18 -68

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.

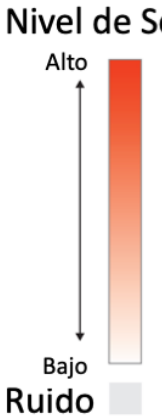
- El estándar 802.11 define la sensibilidad mínima del receptor en base a un BER (Bit Error Rate) de 10^{-5} Esto significa Perder 1 de cada 100.000 bits transmitidos

TIPICAMENTE 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)



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

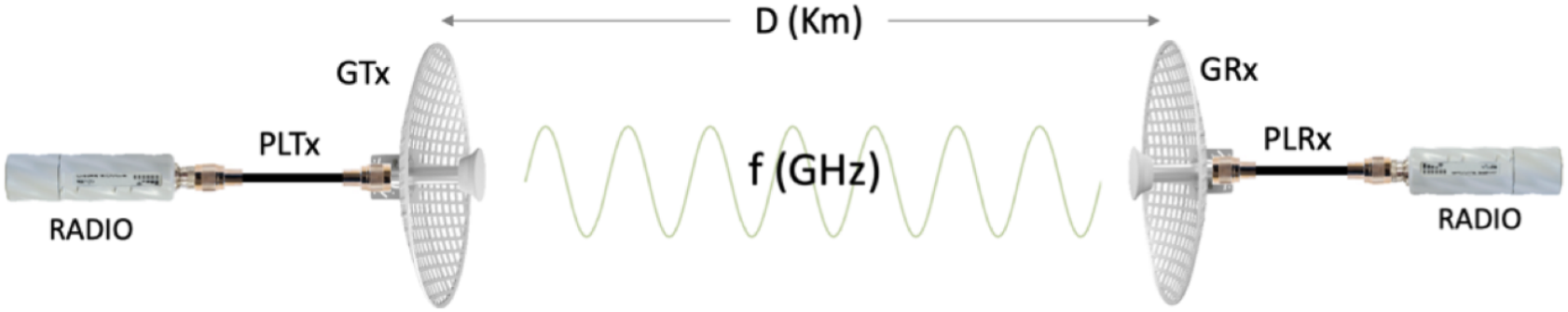
Un alto SNR permite la recuperación de la información transmitida. En otras palabras, comunicaciones exitosas

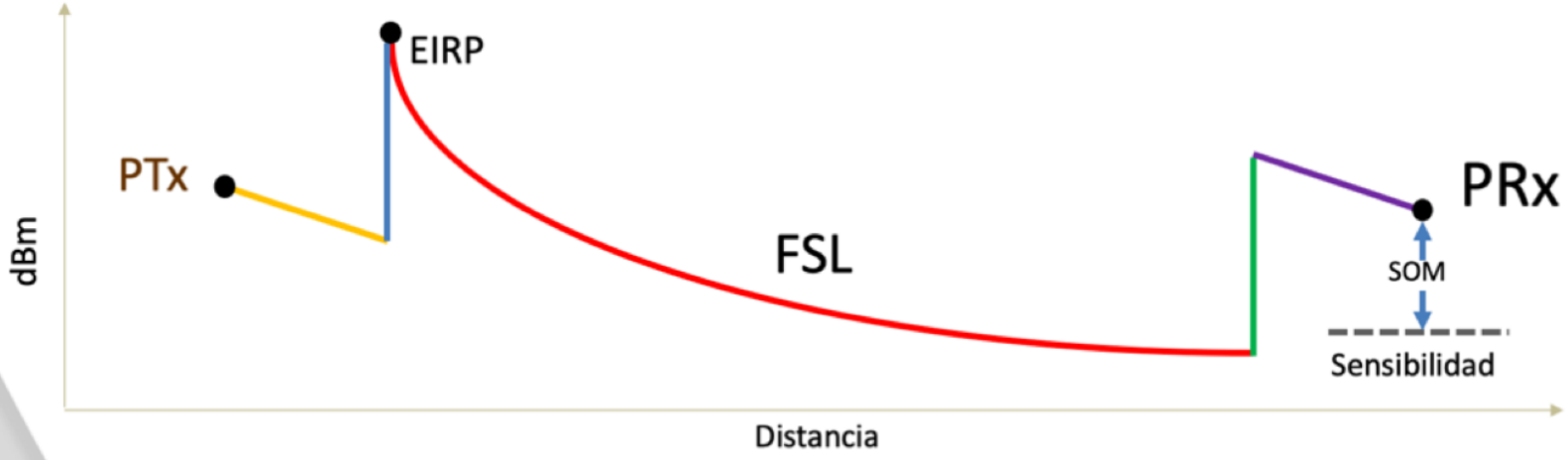


Desde Winbox podemos ver el SNR

MUM – BOGOTA 2019

Cálculo del Radioenlace





Cálculo del Radioenlace

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

En Kms — En GHz

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

SOM = PRx - 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 x 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: PTx = 18 dBm (MCS 7);

GTx y GRx = 30 dBi

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

FSL= 92.4 + 20*log[10](14) +20*log[10](5,8) = **130,59 dB**

PRx = 18 + 30 + 30 – 130,59 – 3 (Pérdida en Línea) = **-55,6 dBm.**

SOM = -55,6 – (- 68) = 12,4 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

MUM – BOGOTA 2019

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

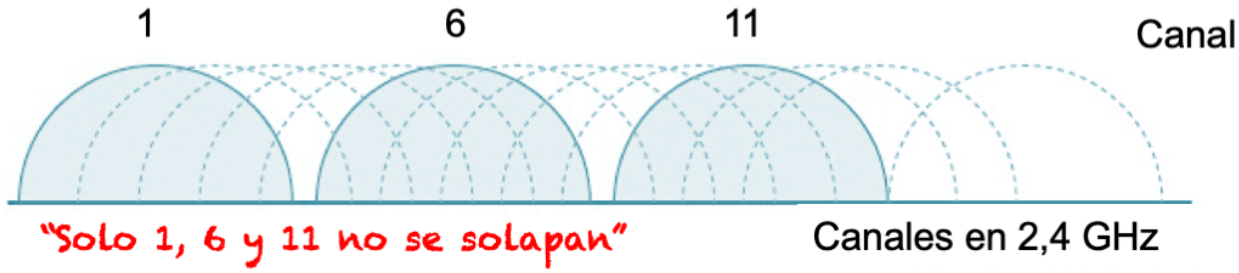
http://www.revolutionwifi.net/revolutionwifi/2014/09/wi-fi-snr-to-mcs-data-rate-mapping.html

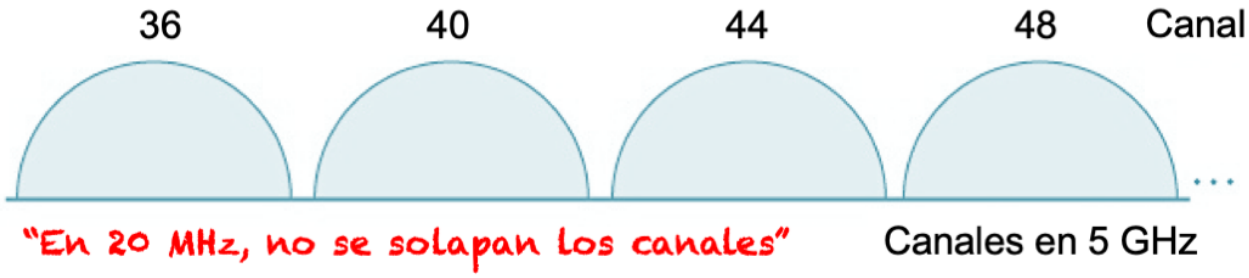
Regresemos al Inicio

*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).*

Espectro / Máscara de Transmisión

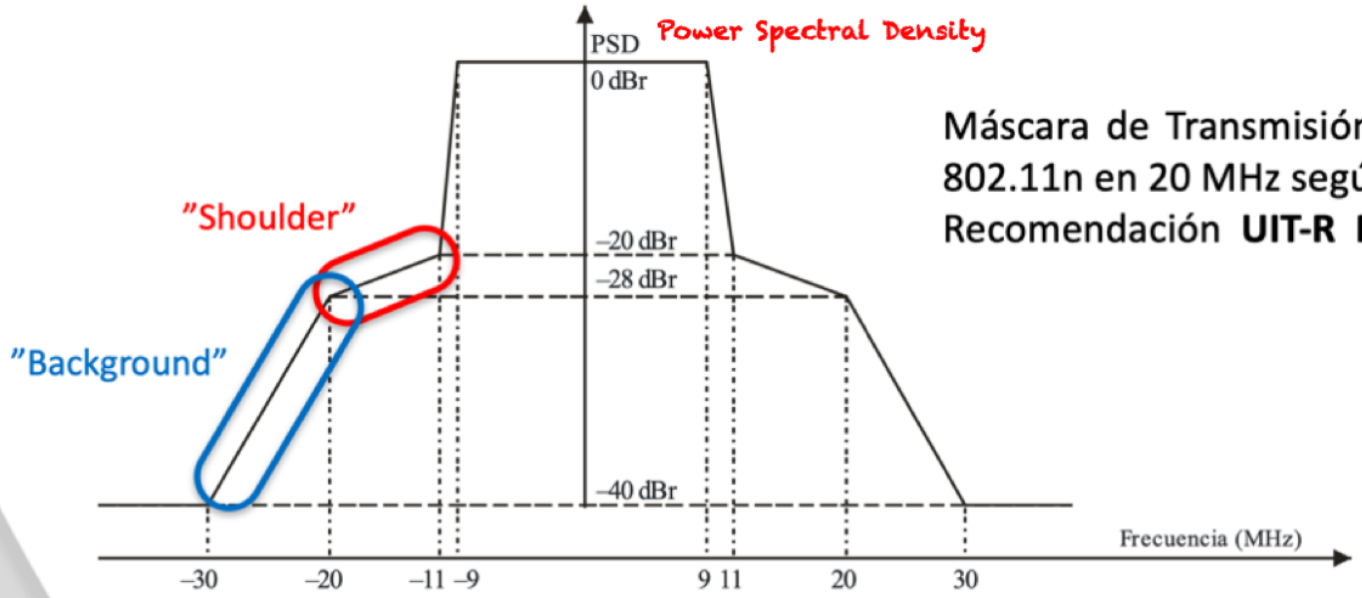
Esto lo conseguimos en Google. Será Verdad ??





Espectro / Máscara de Transmisión

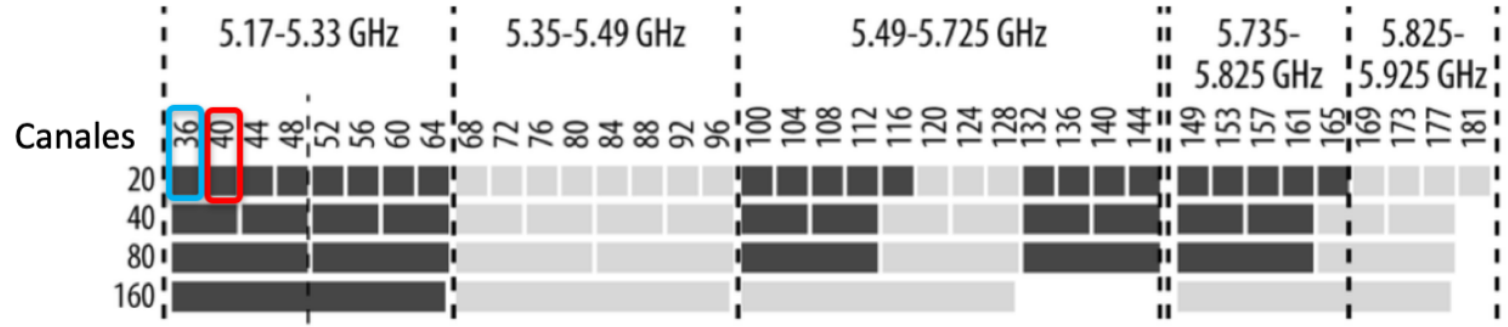
El espectro de una señal es el conjunto de frecuencias que la constituyen. La forma de representar gráficamente este espectro es, asignando el valor de las frecuencias al eje de abscisas y dibujando la amplitud de los mismos en el eje de ordenadas.



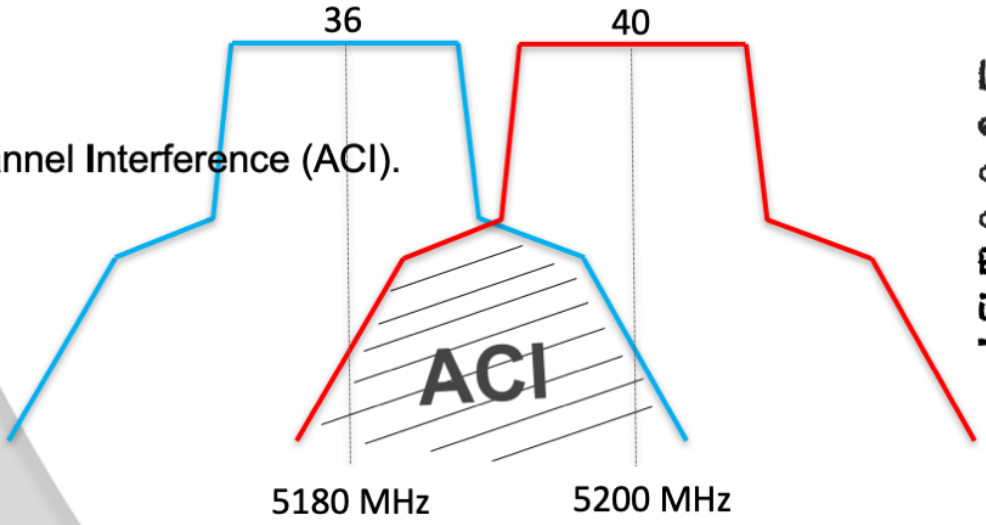
Máscara de Transmisión de un radio 802.11n en 20 MHz según la Recomendación **UIT-R M.1450-5**

MUM – BOGOTA 2019

Máscara de Transmisión – Interferencia Co-Canal



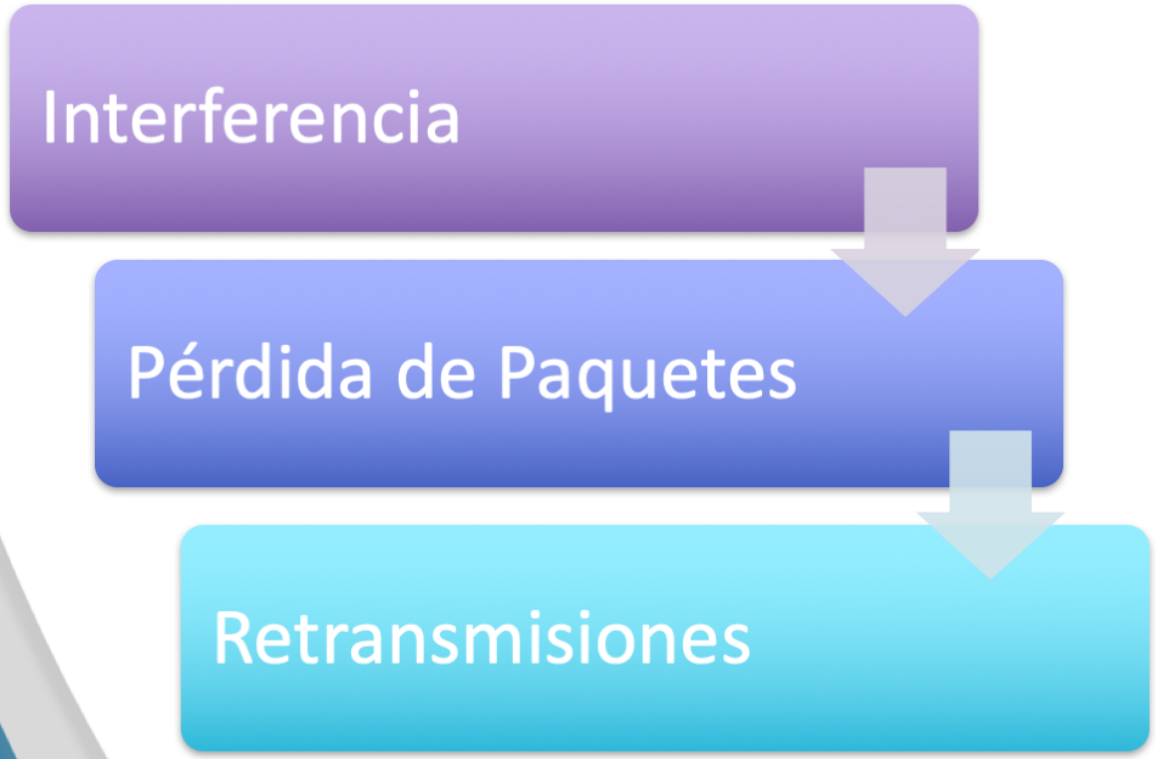
Adjacent **C**hannel **I**nterference (ACI).



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

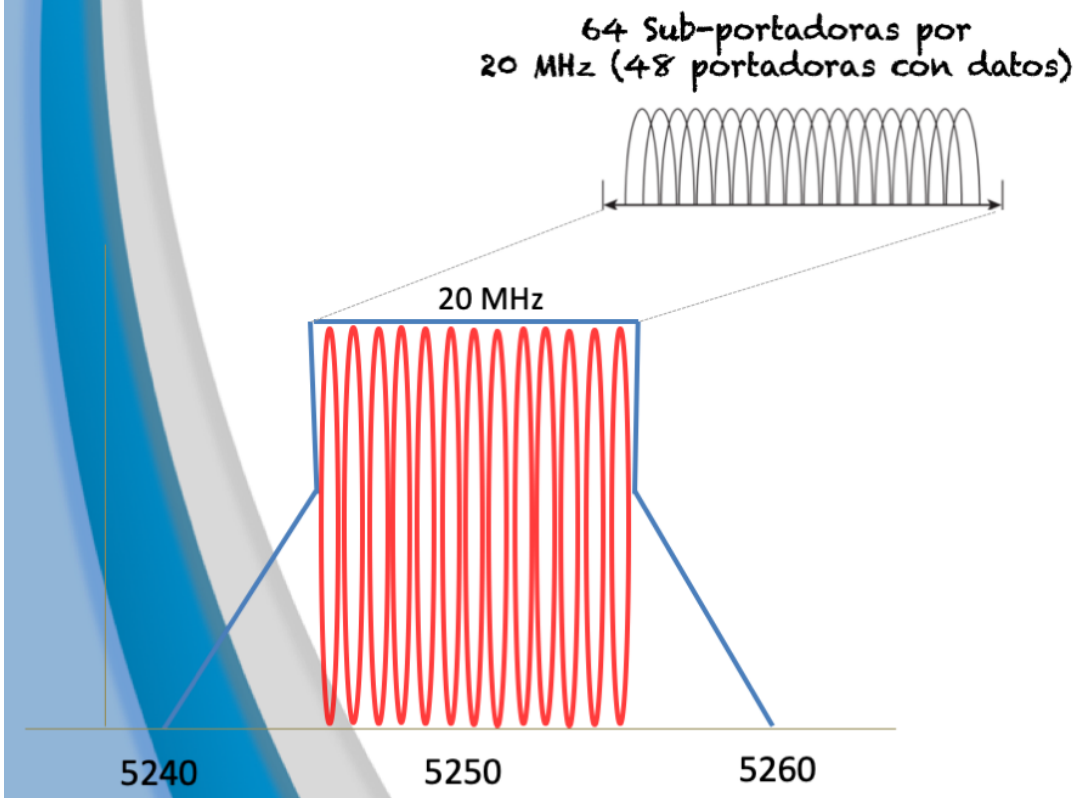
MUM – BOGOTA 2019

Interferencia Co-Canal



= DELAY

Subportadoras OFDM



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.

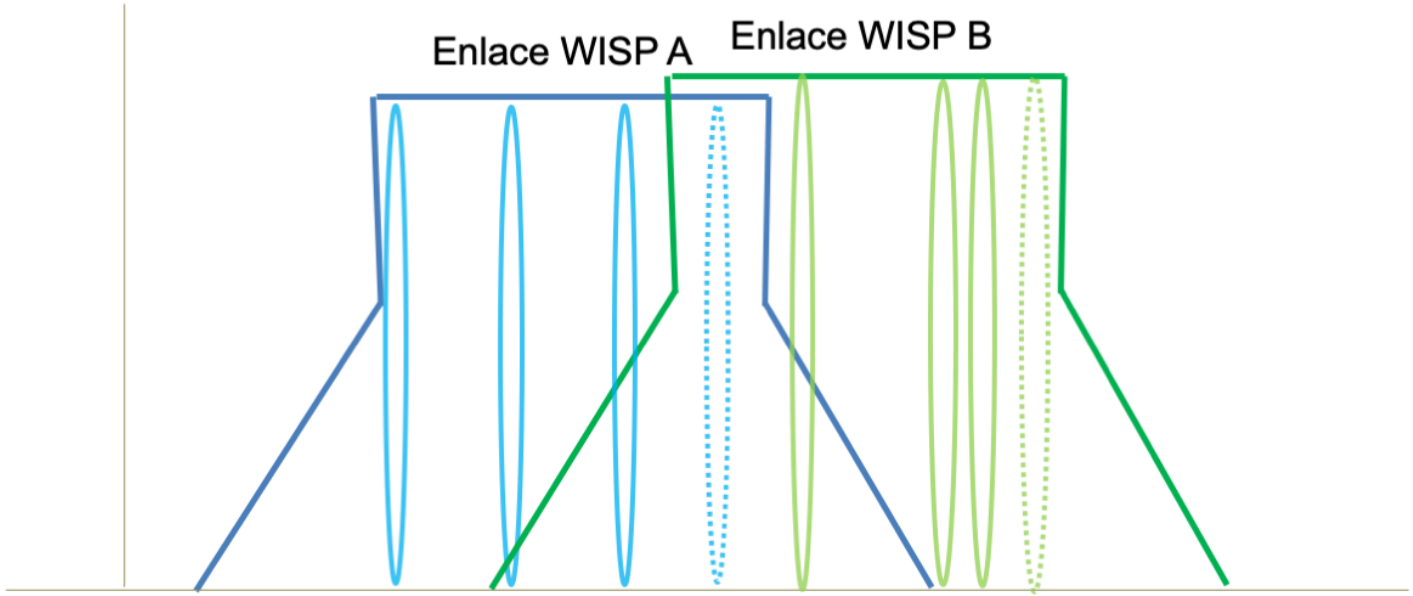
CCQ= Porcentaje de tramas retransmitidas

- Debemos certificar la calidad de nuestro enlace con una prueba de Throughput (Por ejemplo BTEST)

MUM – BOGOTA 2019

Subportadoras OFDM

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

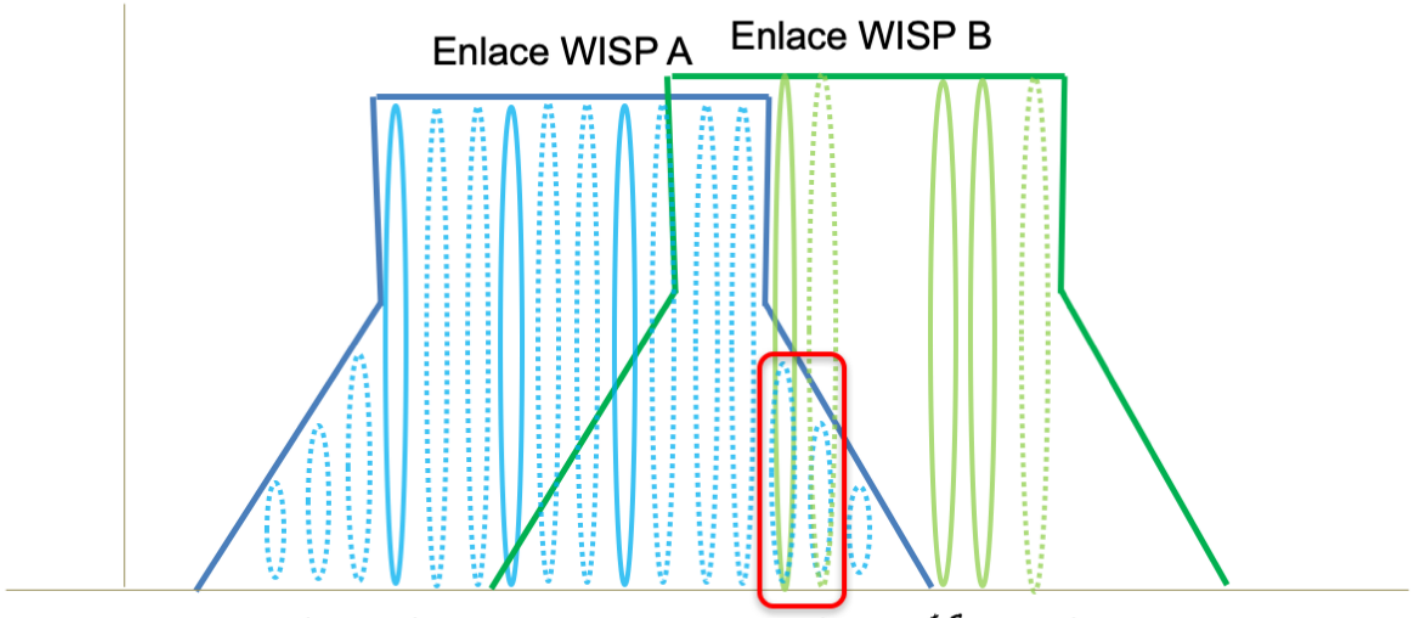


Ambos enlaces con Poco Tráfico. No coinciden las subportadoras. CCQ > 90%

MUM – BOGOTA 2019

Subportadoras OFDM

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

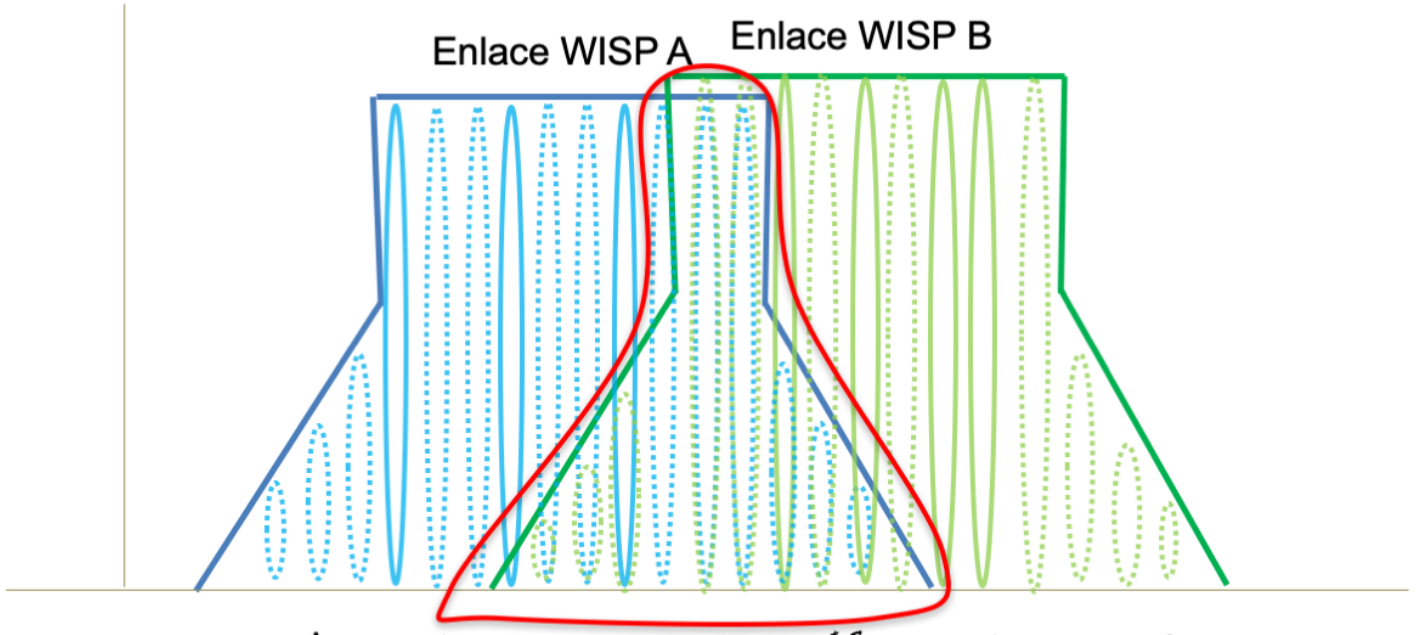


Solo Enlace WISP A con mucho Tráfico. Algunas subportadoras se solapan. CCQ < 50%

MUM – BOGOTA 2019

Subportadoras OFDM

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

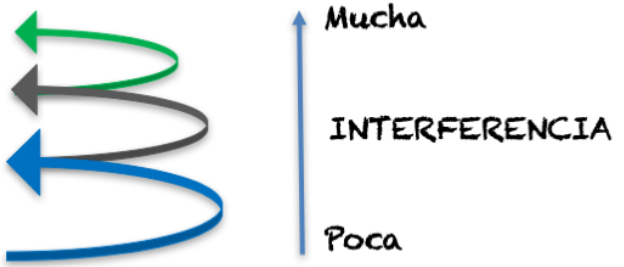


Efecto de la Interferencia – Tasa Adaptativa

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

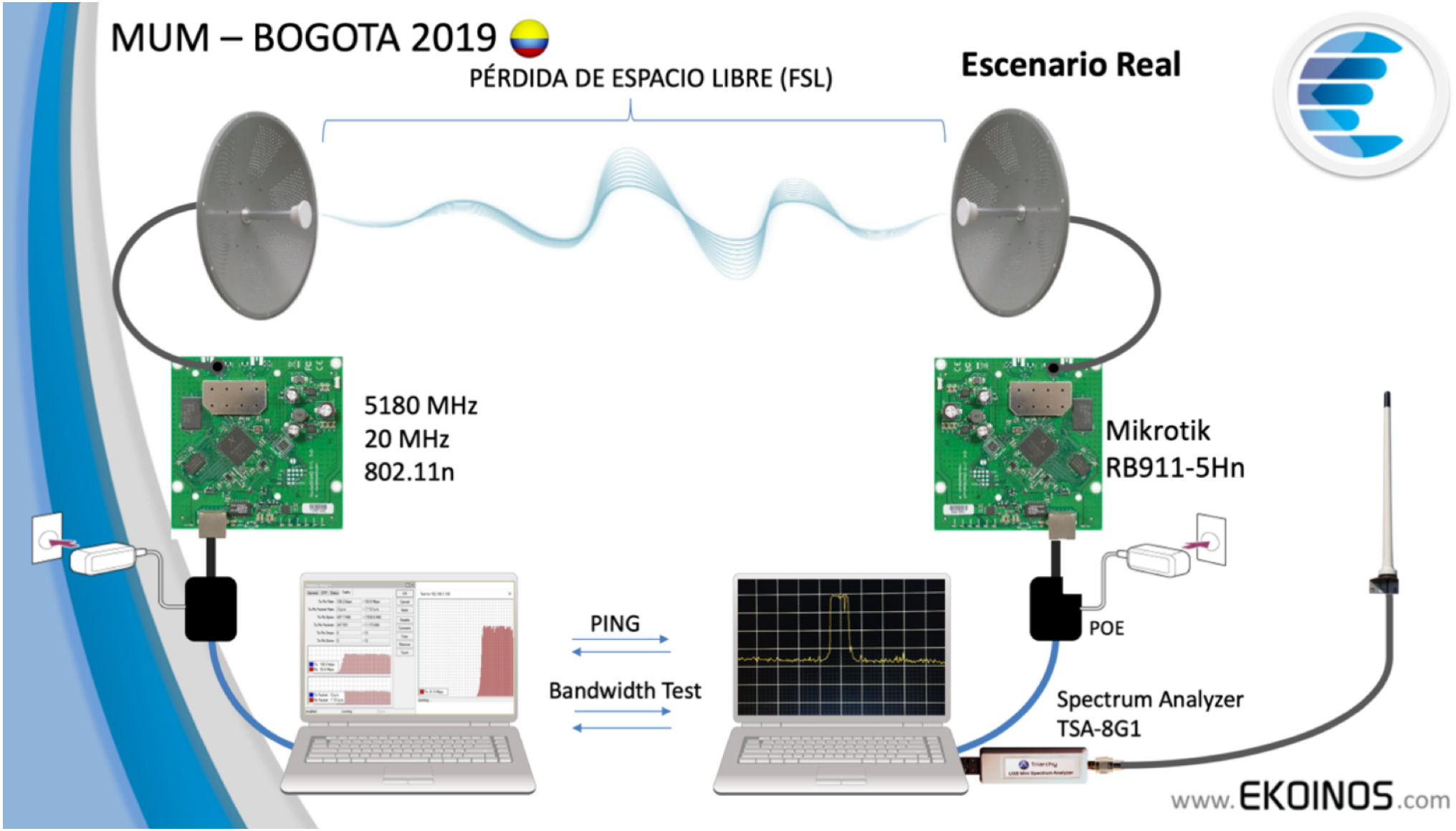
www.EKOINOS.com

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



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



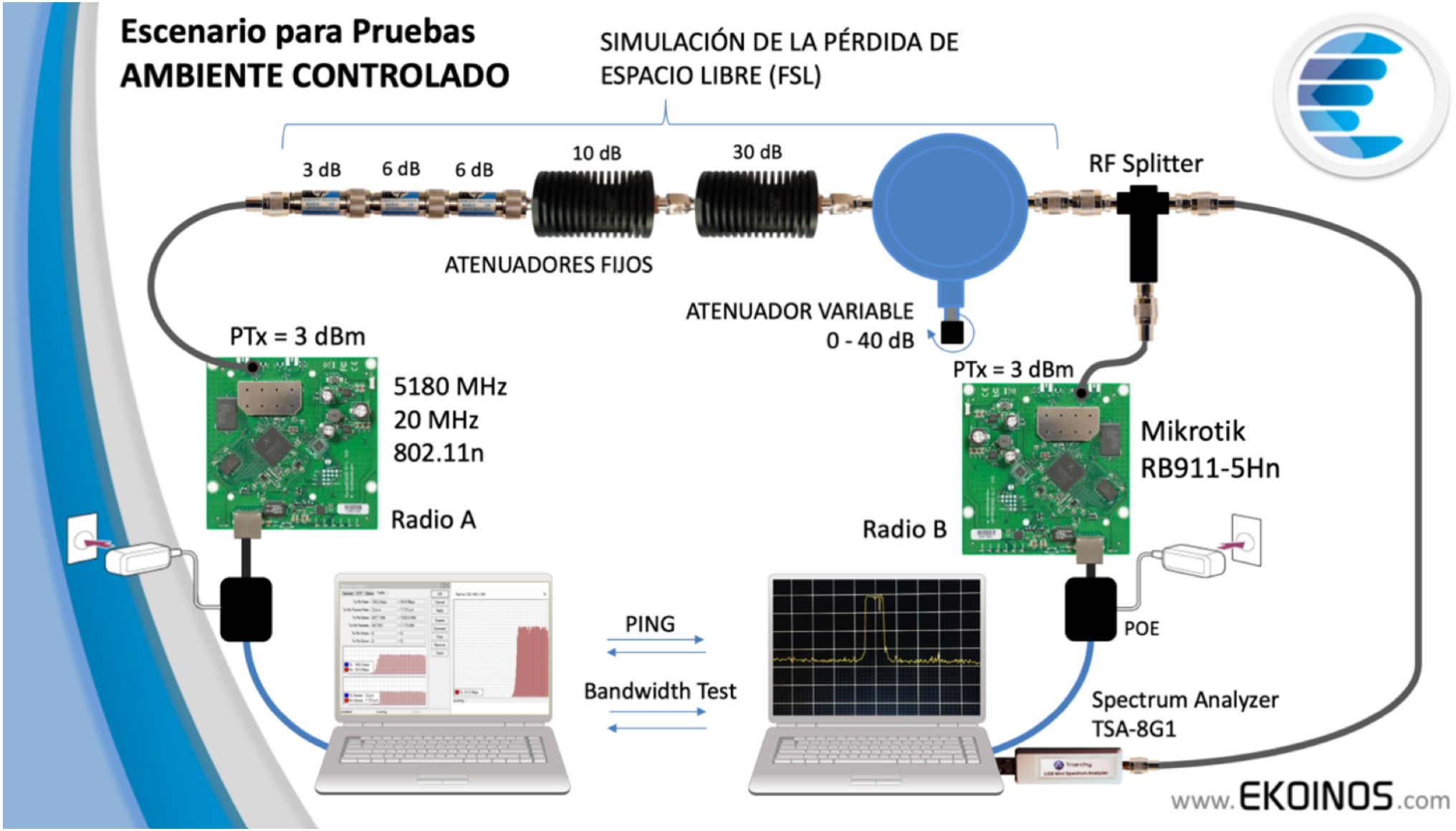
RB911-5Hn



USB Mini Spectrum Analyzer TSA8G1

www.EKOINOS.com

Escenario para Pruebas
AMBIENTE CONTROLADO

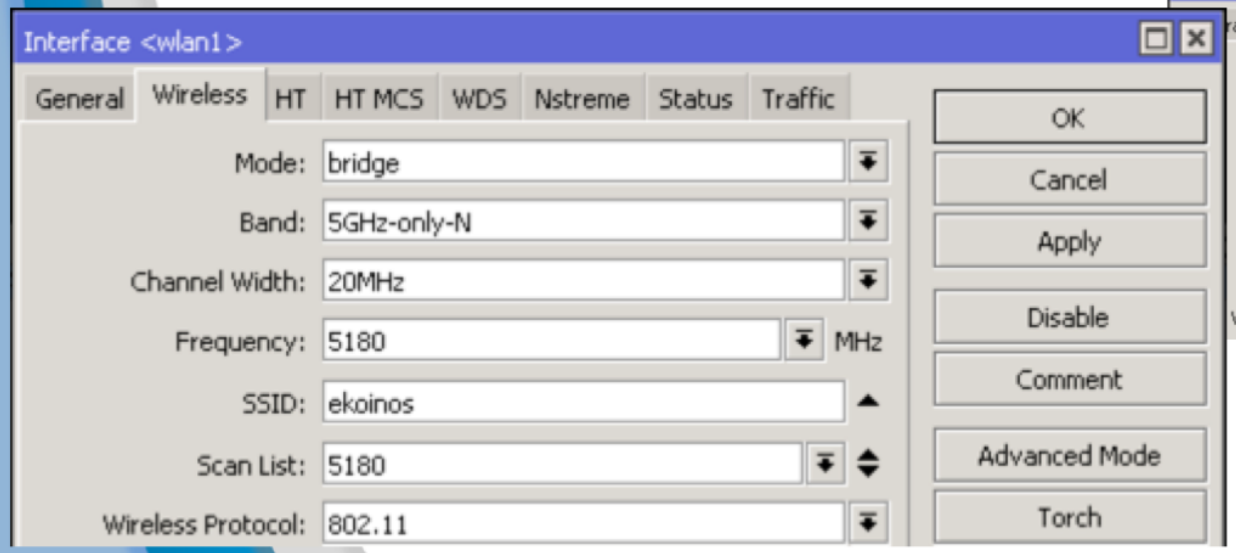


MUM – BOGOTA 2019

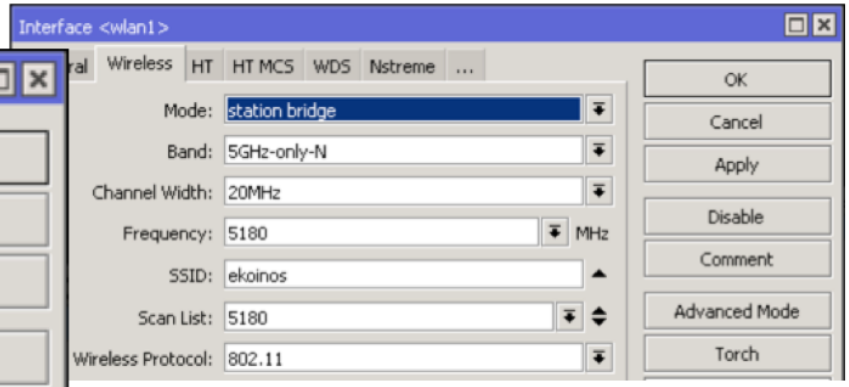
Configuración del Enlace en 802.11n

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

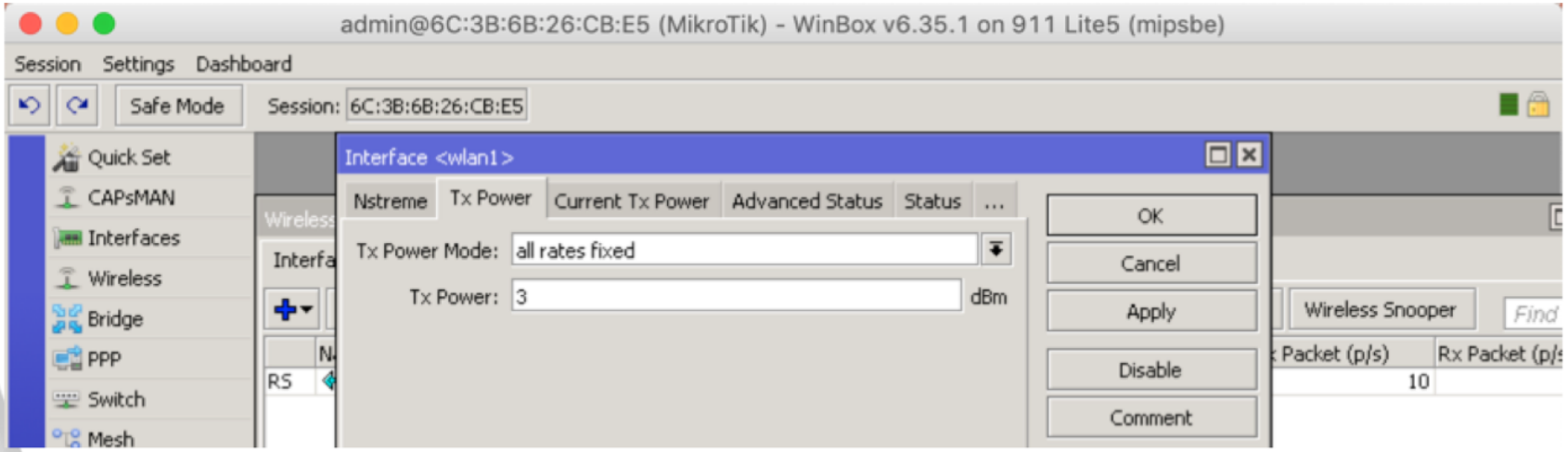


RADIO B



MUM – BOGOTA 2019

Configuración del Enlace en 802.11n

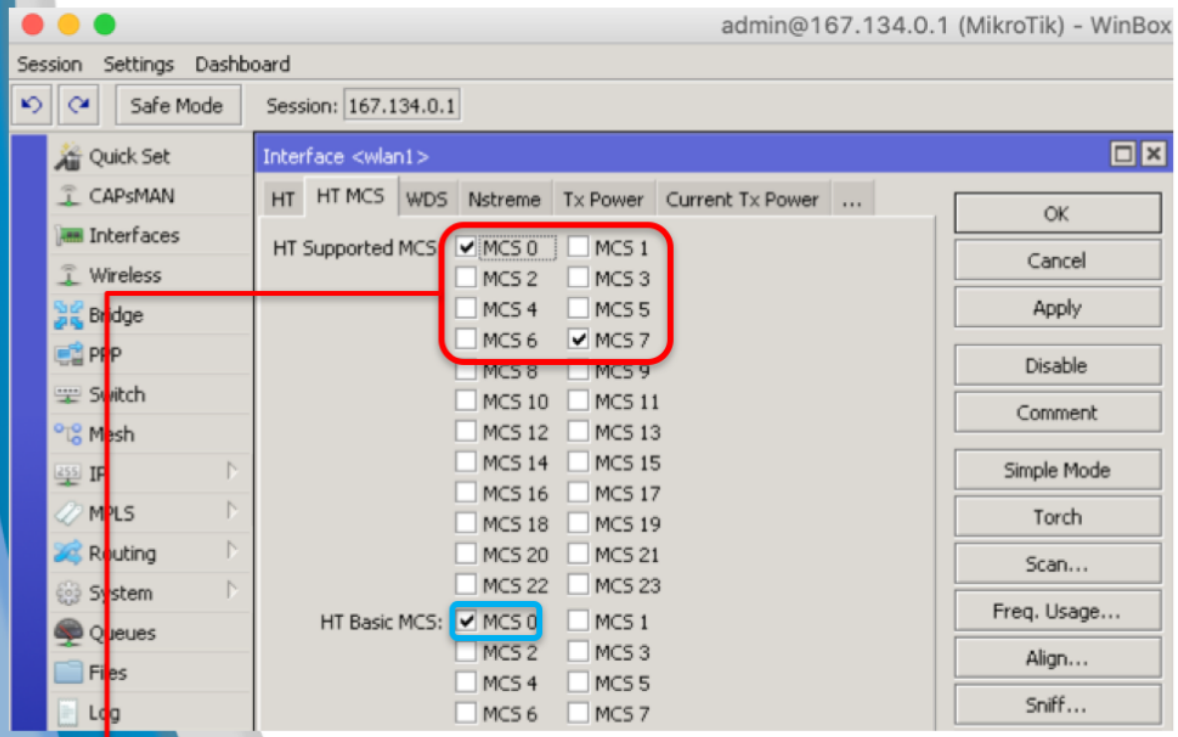


En base a la atenuación que disponemos (Atenuadores variables + Atenuador Fijo), debemos trabajar con un nivel de Potencia de Transmisión (PTx) en ambos radios que no sature al receptor

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.

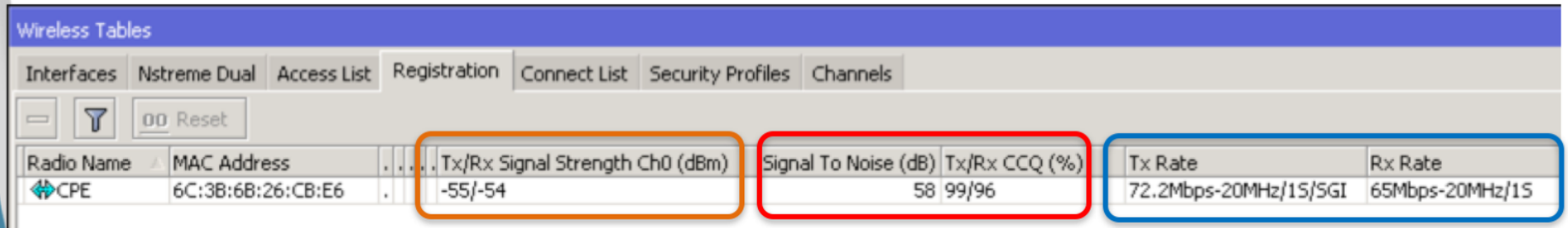
- **HT Supported MCS**

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.

MUM – BOGOTA 2019

Estadísticas del Enlace en 802.11n

Enlace con poco tráfico



Máximo nivel de señal para nuestra prueba. Aun sin atenuar

Relación SNR y CCQ. Como estamos en una ambiente contralado, 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 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

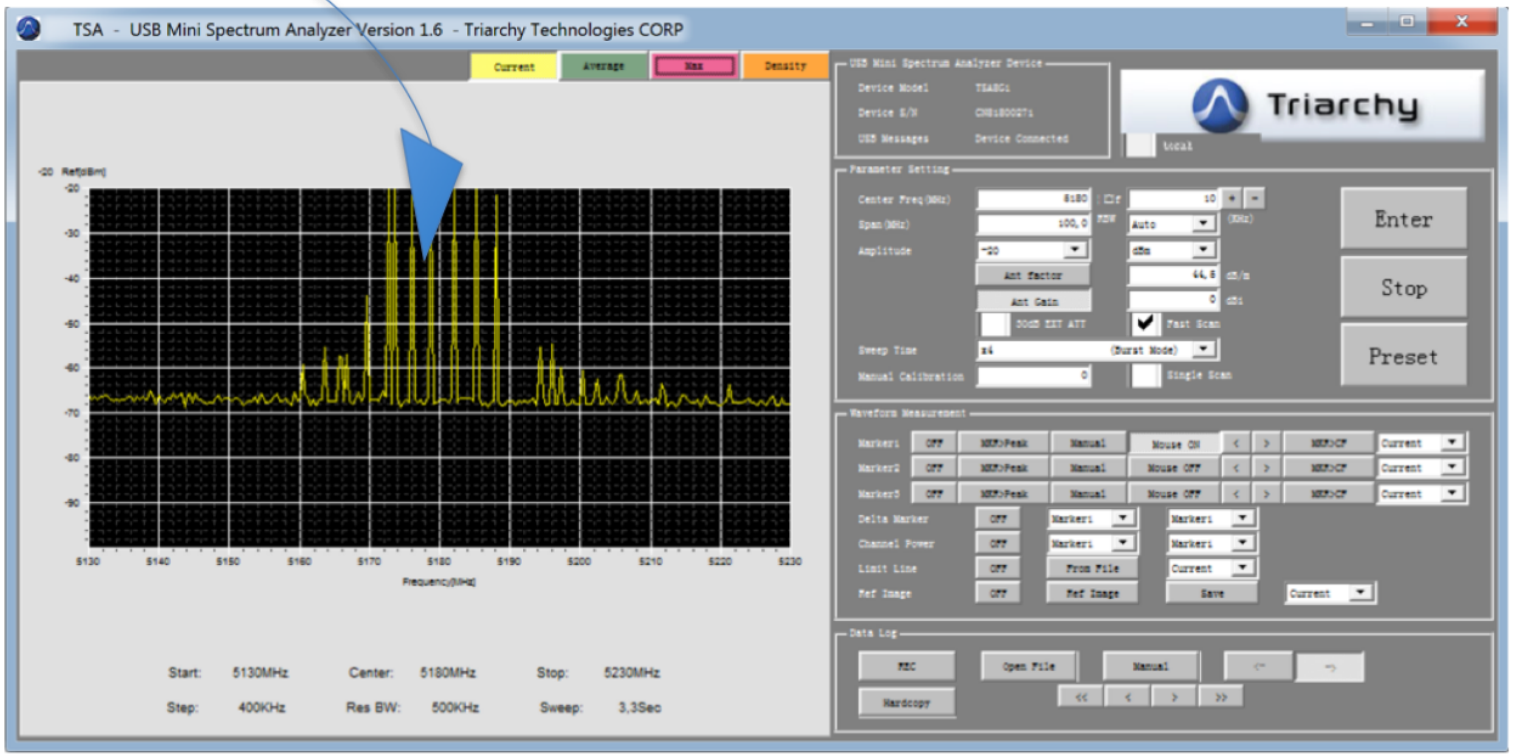
MCS Index

MUM – BOGOTA 2019

Resultados – Máscara de RF con poco Tráfico

Sub portadoras OFDM

Enlace con poco tráfico

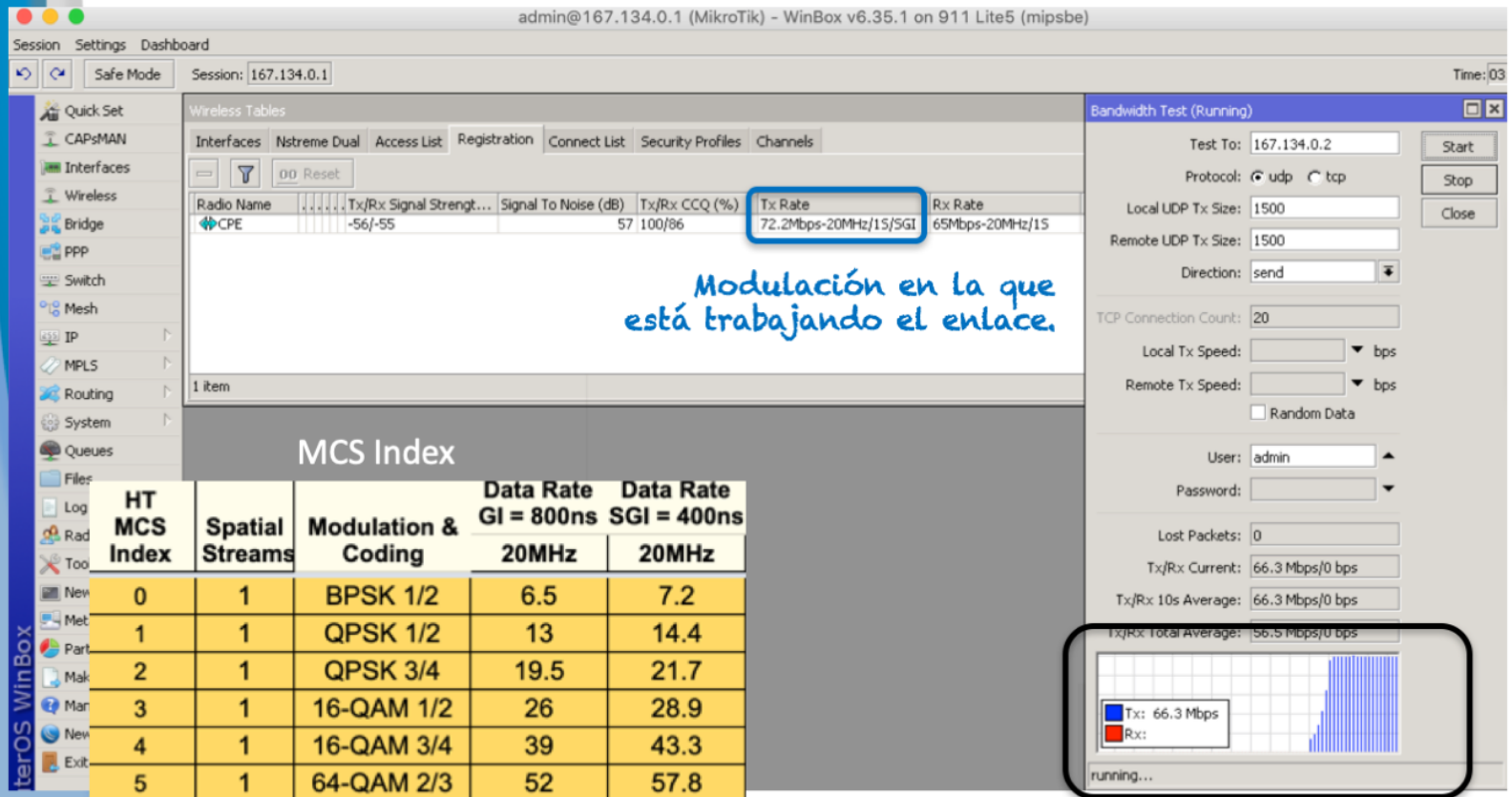


La figura muestra la medición típica de una señal 802.11n con un ancho de banda de 20 MHz.
Enlace con bajo tráfico

MUM – BOGOTA 2019

Estadísticas del Enlace en 802.11n

Enlace con mucho tráfico



MCS Index

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

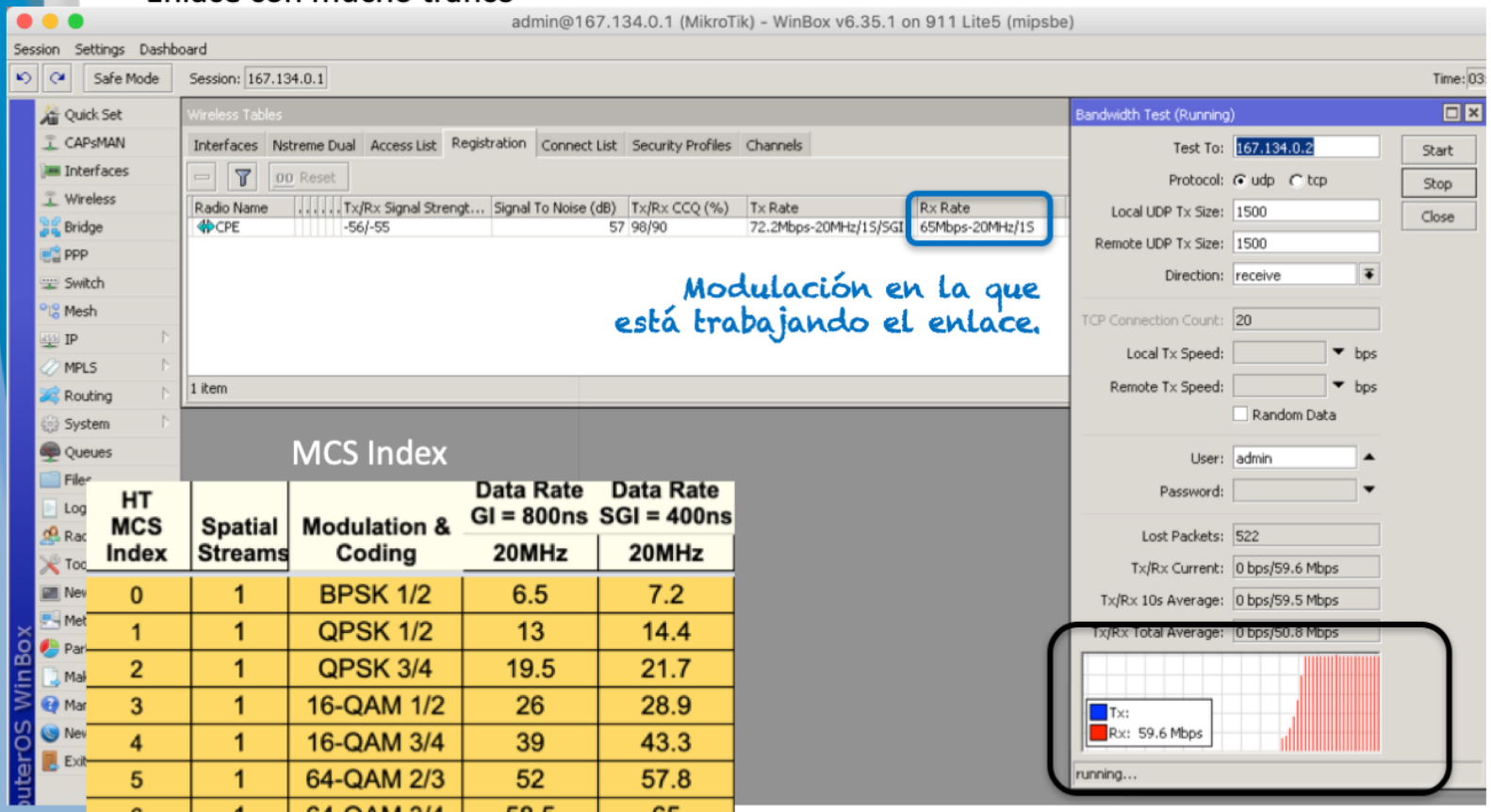
Prueba de BTEST
Enviando a B

66,3 Mb/s

MUM – BOGOTA 2019

Estadísticas del Enlace en 802.11n

Enlace con mucho tráfico



MCS Index

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

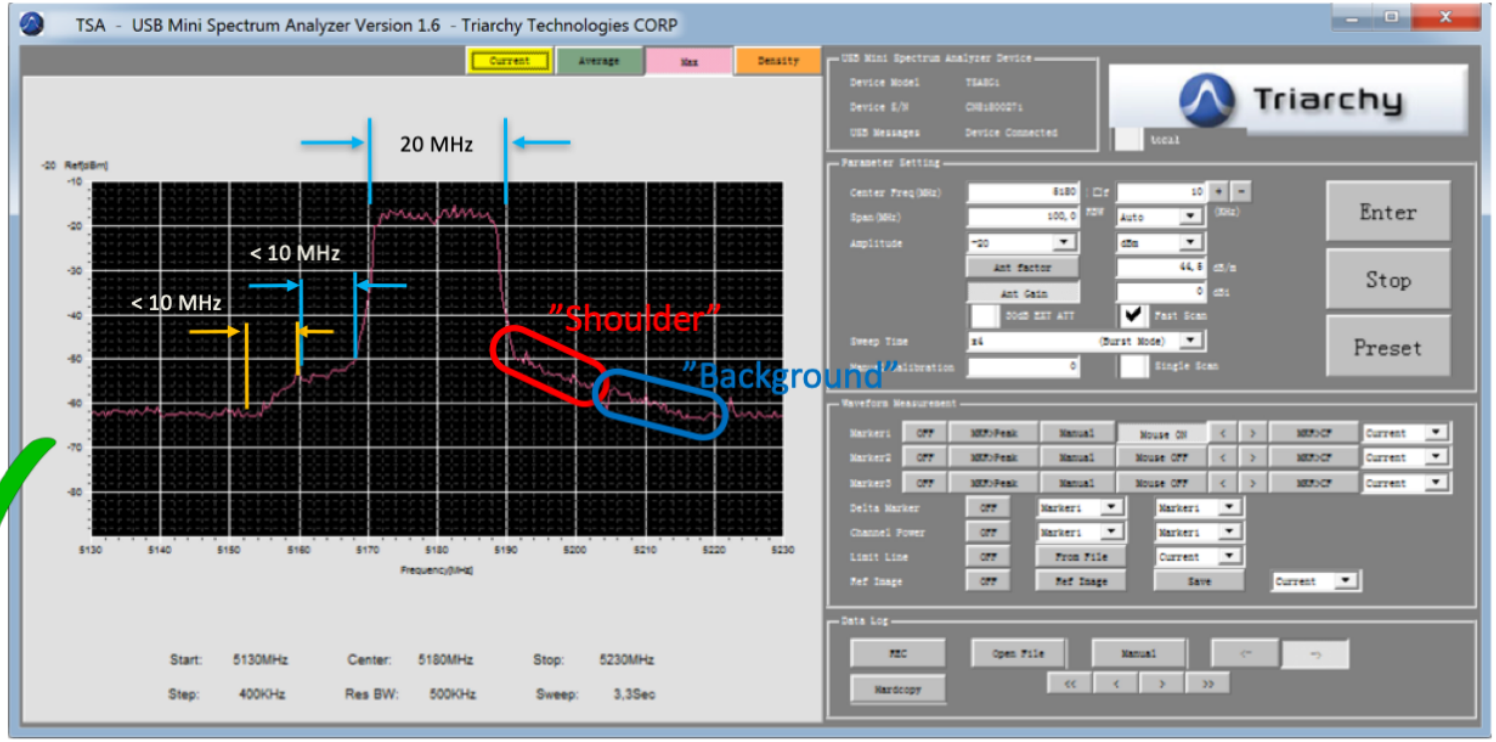
59,6 Mb/s

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

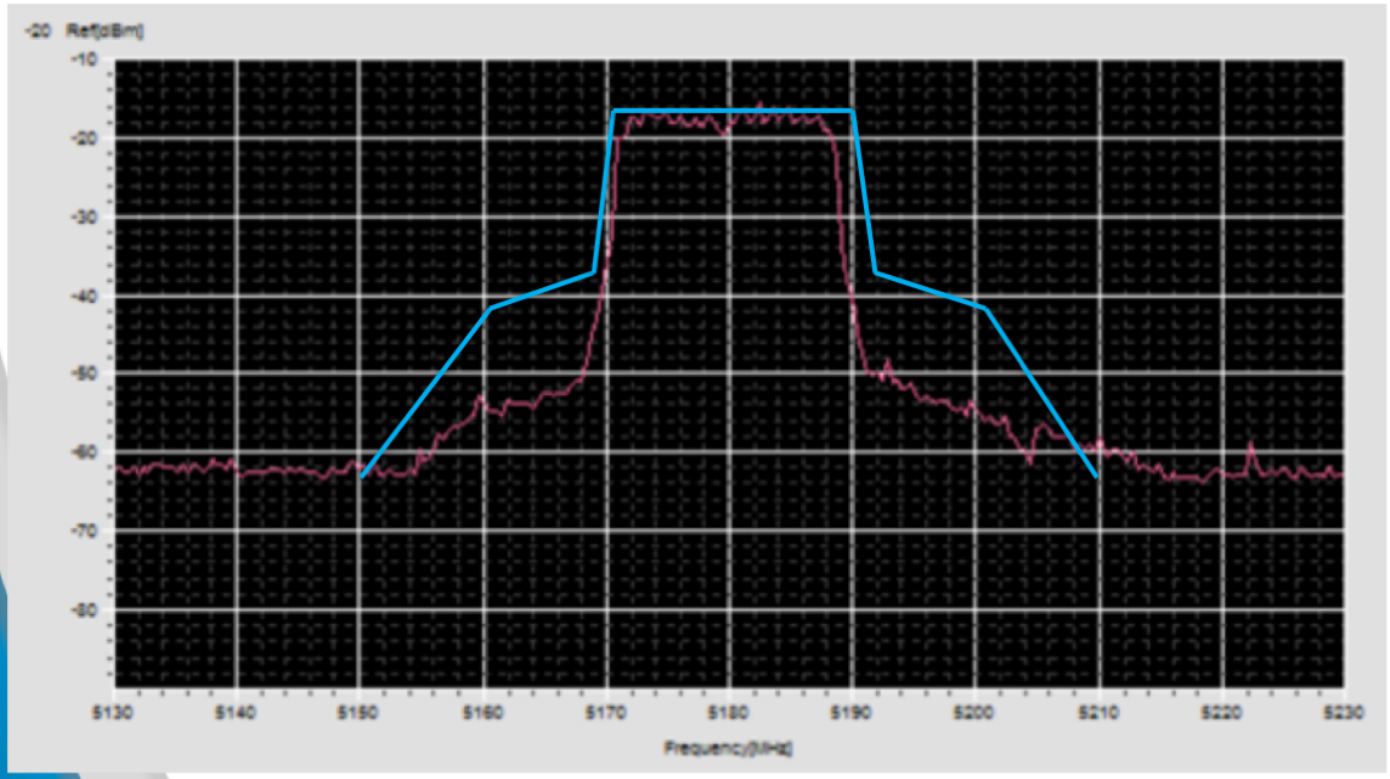
Se cumple con la Recomendación **UIT-R M.1450-5**



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

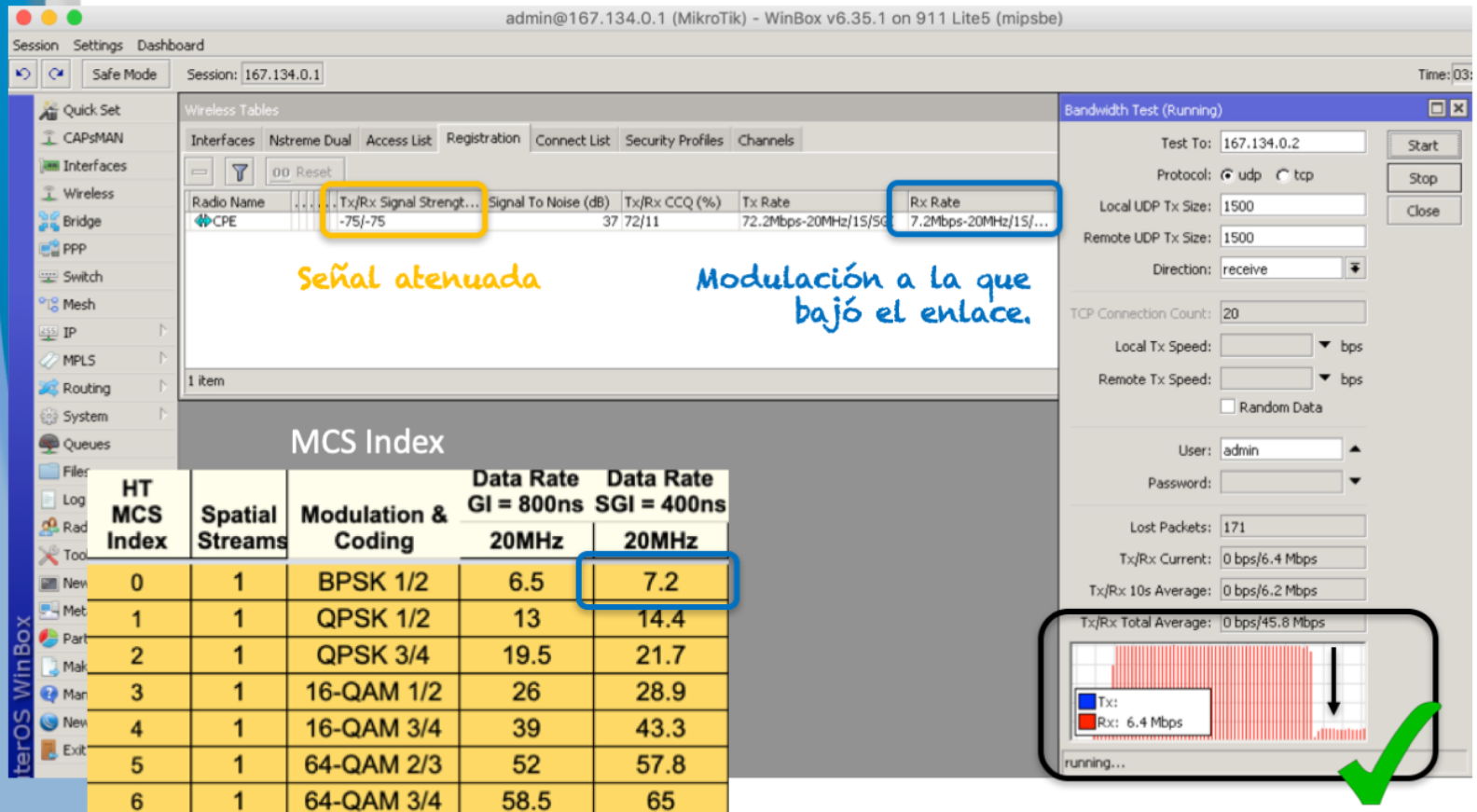


La máscara de RF real al compararla con la teórica, CUMPLE con la recomendación del UIT-R

MUM – BOGOTA 2019

Estadísticas del Enlace en 802.11n

Enlace con mucho tráfico



MCS Index

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

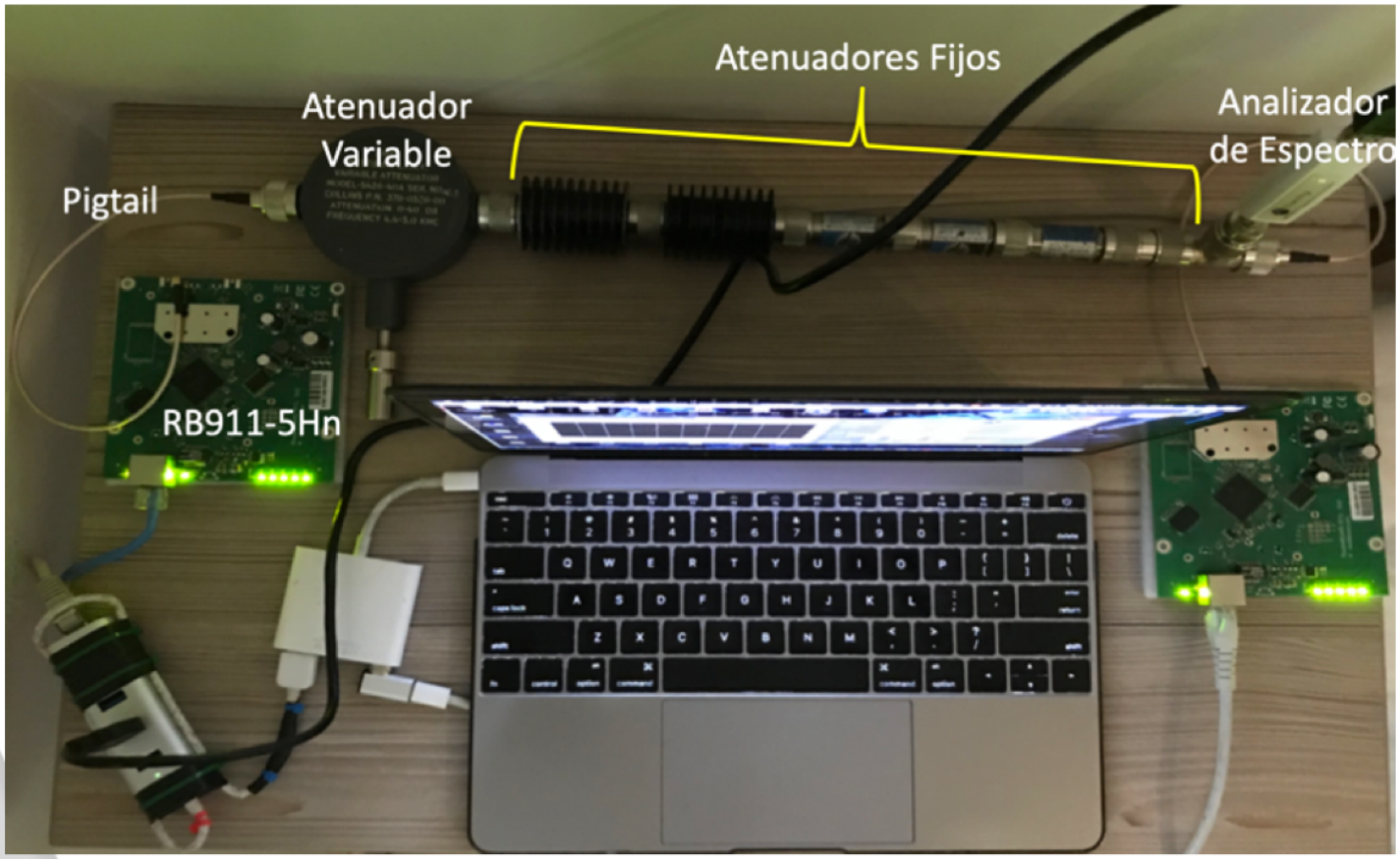
La capacidad equivalente a un MCS7 (59,6 Mb/s) bajo al equivalente de MCS0 (6,4 Mb/s)

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