

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL

TEMA:

**“PROPUESTA DE UN DISEÑO DE UNA RED WIRELESS LAN PARA MEJORAR
LA COBERTURA DEL ACCESO AL INTERNET PROPORCIONADO POR LOS ISP
EN UN HOGAR”**

KLEVER ROLANDO MEJÍA IBARRA

Quito - 2016

AUTORÍA

Yo, ***Klever Rolando Mejía Ibarra***, portador de la cédula de ciudadanía No. ***0201896172***, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se ha respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

Klever Rolando Mejía Ibarra

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	2
3. ANTECEDENTES.....	3
4. OBJETIVOS.....	4
5. DESARROLLO CASO DE ESTUDIO	5
5.1 Estado del Arte	5
5.1.1 Redes Locales Inalámbricas (WLAN).....	5
5.1.2 Definición WLAN	5
5.1.3 Ventajas y Desventajas de utilizar WLAN.....	6
5.1.4 Topologías de las Redes Inalámbricas.....	7
5.1.5 El estándar IEEE.....	8
5.1.6 Wi-Fi, WLAN o 802.11	9
5.1.7 Características Técnicas de la IEEE 802.11	10
5.1.8 Estándar Wi-Fi 802.11ac	16
5.1.8.1 <i>Beamforming</i>	17
5.1.9 Capa Física	20
5.1.9.1 <i>Número de Canal</i>	20
5.1.9.2 <i>Potencia de Transmisión</i>	25

5.1.9.3	<i>Tasa de Velocidad de Transmisión</i>	29
5.1.9.4	<i>Esquema de Codificación y Modulación MCS</i>	31
5.1.10	Capa de Enlace	34
5.1.10.1	<i>Modo de Operación</i>	34
5.1.10.2	<i>SSI (Service Set identifier)</i>	36
5.1.10.3	<i>Control de Acceso al Medio</i>	37
5.1.10.4	<i>Filtrado MAC</i>	38
5.1.10.5	<i>Encriptación (WEP, WPA)</i>	38
5.1.10.6	<i>WDS (Wireless Distribution Sytem)</i>	41
5.2	Alternativas Equipos Wireless	43
5.2.1	Introducción	43
5.2.2	Frecuencia	43
5.2.3	Puntos de Acceso, elección y ubicación.....	46
5.2.4	SSID y Arquitectura de Red.....	47
5.2.5	Componentes y alternativas de redes inalámbricas.....	48
5.2.5.1	<i>Placa de red inalámbrica</i>	48
5.2.5.2	<i>Antena Omnidireccional</i>	50
5.2.5.3	<i>Extensor Wi-Fi</i>	51
5.2.5.4	<i>PLC Power Line</i>	53
5.2.5.5	<i>Puntos de Acceso Inalámbrico</i>	55
5.2.5.6	<i>Routers Inalámbricos</i>	56
5.3	Estudio Comparativo de las Alternativas Wireless.....	60
5.3.1	Redes Wi-Fi y sus velocidades en hogares	60
5.3.1.1	<i>MCS en Wi-Fi N</i>	62
5.3.1.2	<i>Wi-Fi en los Hogares</i>	63

5.3.2	Dispositivos Wi-Fi	64
5.3.2.1	<i>Dispositivos de distribución o de red</i>	64
5.3.2.1.1	<i>Puntos de Acceso</i>	64
5.3.2.1.2	<i>Router Wi-Fi</i>	65
5.3.2.1.3	<i>Repetidores</i>	66
5.3.2.1.4	<i>Extensor</i>	68
5.3.2.1.5	<i>PLC Power Line</i>	69
5.3.2.2	<i>Dispositivo terminales</i>	71
5.3.2.2.1	<i>Tarjetas PCI para Wi-Fi</i>	71
5.3.2.2.2	<i>Adaptador USB Wireless</i>	72
5.3.2.2.3	<i>Antena SMA</i>	73
5.3.3	Cuadro comparativo de las alternativas Wi-Fi para hogares.....	74
5.3.4	Conclusiones	78
5.4	Diseño de una Red de Área Local Inalámbrica WLAN para el Hogar Ecuatoriano.....	80
5.4.1	Introducción	80
5.4.2	Consideraciones del Diseño	81
5.4.2.1	<i>La Frecuencia de Operación</i>	81
5.4.2.2	<i>Compatibilidad de Tecnología</i>	81
5.4.2.3	<i>Estado Actual</i>	82
5.4.2.3.1	<i>Áreas de Cobertura</i>	82
5.4.3	Diseño de la red WLAN para Domicilios	87
5.4.3.1	<i>Importancia y Requerimientos de la red Wi-Fi</i>	88
5.4.3.2	<i>Estructura de Red Wi-Fi</i>	89
5.4.3.3	<i>Descripción General de la Red Wi-Fi</i>	90

5.4.3.4	<i>Infraestructura del Domicilio</i>	90
5.4.3.5	<i>Distribución de los equipos</i>	93
5.4.3.5.1	<i>Conexión ADSL del ISP</i>	94
5.4.3.5.2	<i>Ubicación router 3bumen</i>	94
5.4.3.5.3	<i>Ubicación repetidor 3bumen</i>	95
5.4.3.5.4	<i>Software router 3bumen</i>	95
5.4.3.5.5	<i>Software repetidor 3bumen</i>	96
5.4.3.6	<i>Diseño de la red</i>	97
5.4.3.6.1	<i>Diseño de la red, segunda planta (áreas de cobertura)</i>	99
5.4.3.6.2	<i>Diseño de la red, primera planta (áreas de cobertura)</i>	100
5.4.3.7	<i>Obstrucción de propagación de señales</i>	101
5.5	PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA WLAN DISEÑADA	103
5.5.1	Nivel de potencia de la señal.....	103
5.5.2	Calidad de la señal wireless.....	113
5.5.2.1	<i>Relación Señal-Ruido</i>	114
5.5.3	Conclusiones.....	126
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	128
6.1	CONCLUSIONES.....	128
6.2	RECOMENDACIONES.....	129
	BIBLIOGRAFÍA	131
	ANEXOS	133
	ANEXO 1	134
	CONFIGURACIÓN DEL ROUTER INALÁMBRICO 3BUMEN	134

ANEXO 2	139
CONFIGURACIÓN DEL REPETIDOR 3BUMEN.....	139
ANEXO 3	143
PROFORMAS ADQUISICIÓN DE SOFTWARE EKAHAU SITE SURVEY....	143
ANEXO 4	146
PROFORMAS ADQUISICIÓN DE ACRYLIC WI-FI PROFESSIONAL.....	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tecnología inalámbrica y sus estándares	5
Figura 2. Topología estrella.....	8
Figura 3. Logo de Wi-Fi creado por Wi-Fi Alliance.....	10
Figura 4. Logo de Wi-Fi.....	10
Figura 5. Tecnología MIMO	12
Figura 6. Combinación antenas transmisión-recepción.....	13
Figura 7. Interferencia destructiva.....	17
Figura 8. Interferencia constructiva.....	18
Figura 9. Tecnología Beamforming	18
Figura 10. Generaciones Wi-Fi.....	19
Figura 11. Canales wireless 2.4 GHz	21
Figura 12. Canales de la Red Wi-Fi	22
Figura 13. Canales de una Red con estándar N	23
Figura 14. Canales de la banda 5 Ghz	25
Figura 15. Velocidad de transmisión 802.11b.....	30
Figura 16. Velocidad de transmisión 802.11g.....	30
Figura 17. Velocidad de transmisión 802.11b/g.....	31
Figura 18. Velocidad de transmisión 802.11n.....	31
Figura 19. Esquema de Codificación y Modulación MCS.....	32
Figura 20. Sistema de codificación de modulación, Flujos espaciales NSS=1 y NSS=2, MCS del 0 al 15	33
Figura 21. Sistema de codificación de modulación, Flujos espaciales NSS=1 y NSS=2, MCS del 16 al 31	33
Figura 22. SSID del ISP del domicilio	37
Figura 23. Encriptación router de un ISP Huawei hg531s	40

Figura 24. Modos WDS.....	42
Figura 25. Bandas 2.4 y 5 GHz de un router con doble banda.....	46
Figura 26. Adaptador PCIe doble banda	49
Figura 27. Adaptador USB Wireless de banda doble.....	49
Figura 28. Antena de escritorio omnidireccional 2.4 GHz de 8 dBi	50
Figura 29. Antena omnidireccional de 2.4 GHz de 9 dBi BIG 12	51
Figura 30. Extensor de alcance Wi-Fi TRENDnet TEW-822DRE	52
Figura 31. de alcance WiFi Linksys RE6500 AC1200	52
Figura 32. PLC wireless TRENDnet TPL-410AP y PLC TPL-406E	54
Figura 33. PLC wireless PLE400 y PLW400.....	54
Figura 34. PLC TRENDnet TPL-421E2K	55
Figura 35. Pack APs Ubiquiti UniFi AP-LR.....	56
Figura 36. Rompemuros 3 antenas c/u 5dBi	58
Figura 37. Rompemuros Repetidor	59
Figura 38. Modos MCS y Velocidades	61
Figura 39. Modo MCS máximo	62
Figura 40. Router Wi-Fi N	63
Figura 41. AP Ubiquiti-UniFi LR	65
Figura 42. Router Rompemuros 3bumen	66
Figura 43. Repetidor 3bumen.....	67
Figura 44. Extensor de Wi-Fi TEW-822DRE	69
Figura 45. PowerLine TPL-410AP y 1 TPL-406E.....	70
Figura 46. Adaptador PCIe wireless de banda doble TEW-807ECH.....	72
Figura 47. Adaptador USB Wireless de banda doble TEW-805UB	73
Figura 48. Antena SMA	74
Figura 49. Servicio de internet ISP	82
Figura 50. Análisis porcentaje de señal inalámbrica en el hogar, 2do piso.....	84
Figura 51. Análisis de señal inalámbrica en el hogar.....	85

Figura 52. Análisis porcentaje de señal inalámbrica en el hogar, primer piso	86
Figura 53. Instalación del ISP de la red del internet y telefonía.....	88
Figura 54. Ubicación domicilio, vía satélite.....	90
Figura 55. Fachada del domicilio	91
Figura 56. Patio delantero	91
Figura 57. Patio posterior	92
Figura 58. Plano arquitectónico, primera planta	92
Figura 59. Plano arquitectónico, segunda planta.....	93
Figura 60. Servicio de internet y telefonía del ISP.....	94
Figura 61. Router 3bumen ubicado en centro de la casa del segundo piso	94
Figura 62. Router 3bumen, conector PoE	95
Figura 63. Repetidor 3bumen ubicado en centro de la casa de la primera planta	95
Figura 64. Software router 3bumen, administración router.....	96
Figura 65. Software repetidor 3bumen, administración repetidor.....	96
Figura 66. Red del Proveedor de Servicio de Internet ISP	98
Figura 67. Nuevo diseño de la red para domicilios	98
Figura 68. Cobertura de las áreas del hogar con la red diseñada, 2da planta	99
Figura 69. Cobertura de las áreas del hogar con la red diseñada, 1ra planta.....	100
Figura 70. Medición RSS habitación 1 de la segunda planta	103
Figura 71. Medición RSSI habitación 2 de la segunda planta.....	104
Figura 72. Medición RSSI habitación 3 de la segunda planta.....	104
Figura 73. Medición RSSI habitación 4 de la segunda planta.....	105
Figura 74. Medición RSSI habitación 5 de la segunda planta.....	105
Figura 75. Medición RSSI habitación 6 de la segunda planta.....	106
Figura 76. Medición RSSI habitación 7 de la segunda planta.....	106
Figura 77. . Medición RSSI estudio, primera planta	107
Figura 78. Medición RSSI cocina, primera planta	107
Figura 79. Medición RSSI cuarto de lavado, primera planta	108

Figura 80. Medición RSSI habitación 8, primera planta	108
Figura 81. Medición RSSI sala de estar, primera planta	109
Figura 82. Medición RSSI patio delantero, primera planta.....	109
Figura 83. Medición RSSI patio posterior, primera planta	110
Figura 84. Medición RSSI patio lateral, primera planta.....	110
Figura 85. Medición estabilidad señal en un periodo de tiempo, entre la red del ISP y nueva red	113
Figura 86. Medición SNR habitación 1, segunda planta	114
Figura 87. Medición SNR habitación 2, segunda planta	115
Figura 88. Medición SNR habitación 3, segunda planta	115
Figura 89. Medición SNR habitación 4, segunda planta.....	116
Figura 90. Medición SNR habitación 5, segunda planta.....	116
Figura 91. Medición SNR habitación 6, segunda planta.....	117
Figura 92. Medición SNR habitación 7, segunda planta.....	117
Figura 93. Medición SNR estudio, primera planta	118
Figura 94. Medición SNR cocina, primera planta	118
Figura 95. Medición SNR cuarto de lavado, primera planta	119
Figura 96. Medición SNR sala de estar, primera planta	119
Figura 97. Medición SNR habitación 8, primera planta	120
Figura 98. Medición SNR patio delantero, primera planta.....	120
Figura 99. Medición SNR patio posterior, primera planta.....	121
Figura 100. Medición SNR patio lateral, primera planta.....	121
Figura 101. Cuadro comparativo de las áreas de cobertura router ISP y nueva red WLAN	123
Figura 102. Cuadro comparativo de SNR en el área de cobertura del router ISP y nueva red WLAN	124
Figura 103. Análisis del área de cobertura con un smartphone, habitación 5.....	125
Figura 104. Análisis del área de cobertura con un smartphone, habitación 6.....	125
Figura 105. Análisis del área de cobertura con un smartphone, cocina.....	126

Figura 106. Análisis del área de cobertura con un smartphone, habitación 8.....126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Reformas 802.11	14
Tabla 2. Estándares IEEE 802.11	15
Tabla 3. Canales disponibles banda 2.4 GHz	20
Tabla 4. Canales disponibles en la banda 5 GHz	23
Tabla 5. Límites de potencia para sistemas de modulación digital de banda ancha.....	28
Tabla 6. Resumen encriptación Wi-Fi.....	40
Tabla 7. Bandas de frecuencia para sistemas de modulación de banda ancha	44
Tabla 8. Bandas de frecuencia para banda ancha	44
Tabla 9. Versiones del estándar 802.11.....	60
Tabla 10. Cuadro comparativo de las diferentes alternativas para ampliar la red wireless del hogar	76
Tabla 11. Porcentaje de la señal inalámbrica en las áreas del hogar.....	83
Tabla 12. Obstrucciones de propagación	101
Tabla 13. Atenuación de materiales	101
Tabla 14. Medición RSSI de las áreas de cobertura del ISP	111
Tabla 15. Medición RSS de las áreas de cobertura nueva red WLAN	112
Tabla 16. Medición SNR de las áreas de cobertura de la nueva red WLAN.....	122
Tabla 17. Medición SNR de las áreas de cobertura de la red WLAN del ISP.....	123

1. INTRODUCCIÓN

Las redes inalámbricas como su nombre lo indica son aquellas que carecen de cables, el usuario consigue efectivamente trasladarse de un punto a otro y permanecer conectado a la red LAN y a sus diferentes recursos. Se puede decir que el entorno Wi-Fi es la solución idónea que unifica movilidad y conectividad en la transmisión de datos, tecnología que sin duda facilita la vida cotidiana de los individuos, puesto que gracias a esta, ya no dependen de un cable para poder utilizar los innumerables servicios en Internet.

En la mayoría de los hogares del país los ISPs dejan instalados routers Wi-Fi con tecnología ADSL, que suelen proporcionar conectividad en la banda de 2,4 GHz y con las conexiones ethernet disponibles, sean estas cuatro o solo una, son de tipo 10/100 Mbps. El problema se suscita cuando el alcance de la señal wireless no cumple las expectativas esperadas, ya sea por la excesiva distancia entre el router y el dispositivo que se desea conectar o por las interferencias que pueden presentarse de acuerdo al nivel de dificultad arquitectónica de la casa.

Con esto existe la necesidad de buscar una solución que primeramente permita que la señal inalámbrica se tenga en cada una de las áreas del domicilio, además de no utilizar cables de red, que al momento de instalarlos se necesita trabajos de albañilería. Necesidad que se analiza a través de esta investigación proporcionando diferentes alternativas para ampliar la cobertura de la señal wireless en todas las áreas de los hogares, permitiendo así que los usuarios utilicen sus dispositivos con Wi-Fi libremente por cada rincón de su casa.

2. JUSTIFICACIÓN

El uso de la red WiFi cambió la forma como vivimos, actualmente tenemos una fascinación por el uso del internet, la web social, streaming y mensajería, acceso a la red que se lo realiza con dispositivos inalámbricos que permiten alcanzar estos servicios desde casi cualquier lugar en que se encuentre el usuario, señal wireless que permite movilidad y flexibilidad, pero esta resulta tediosa si esta tiene poca, baja o nada de cobertura.

Los beneficios de las redes WLAN generan un impacto significativo en varias áreas del sistema económico; es así que mejora la productividad permitiendo a los usuarios acceder a la información desde cualquier punto de su hogar, sin necesidad de acercarse a la PC principal conectada a la red por medio de un cable ethernet RJ45.

En la actualidad vemos que la tecnología inalámbrica ha tomado significativamente el interés por parte de los hogares del país principalmente de los más jóvenes, puesto que presentan muchas ventajas; tecnología que ofrece fácil implementación y sobre todo la movilidad, particularidades que se ven mermadas por la débil cobertura brindada por el router del ISP cubriendo solo ciertas áreas de las casas.

A través de esta investigación se analiza diferentes alternativas para cubrir la señal Wi-Fi en todas las zonas del hogar con expansores de red, repetidores, integración de otro router, accesos inalámbricos o Power Line y así encontrar la mejor opción. Dispositivos que ayudan a ampliar la cobertura wireless por las zonas muertas de la casa y aprovechar así del servicio del internet en el lugar que se desee.

3. ANTECEDENTES

Esta investigación se centra en el análisis de las redes WLAN para hogares ecuatorianos bajo el estándar 802.11, domicilios que requieren mejorar la cobertura de la señal wireless en todas sus zonas. Usuarios que requieren tener acceso a la red inalámbrica en toda la casa.

En este estudio se realizará el análisis de cobertura de la red WLAN del hogar, para poder evaluar en una casa estándar la emisión de la señal inalámbrica brindada por el router del ISP. Con esto se determinará alternativas para extender la misma, y seleccionar la mejor opción.

Se efectuará el estudio del estado del arte de las redes inalámbricas locales en referencia los domicilios, enfocándonos en los problemas (paredes, ubicación, alcance y características) de la emisión de la señal wireless de los routers brindados por los proveedores del servicio de internet, para así seleccionar opciones adecuadas para la consecución de la señal inalámbrica en todo el hogar.

El presente trabajo investigativo también se enfoca en el diseño de una red wireless que con el análisis respectivo se plasme en los hogares ecuatorianos para así lograr cubrir la necesidad actual que es la deficiente señal inalámbrica.

4. OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer un diseño de una red Wireless LAN para mejorar la cobertura del acceso al internet en un hogar proporcionado por los diferentes ISP.

Objetivos Específicos

1. Realizar un estudio del estado del arte.
2. Estudiar las diferentes alternativas para mejorar la cobertura de una red wireless.
3. Efectuar un estudio comparativo de las alternativas para determinar la mejor opción para la mejora de la cobertura de una red wireless.
4. Diseñar una red de área local inalámbrica para el hogar ecuatoriano que cubra su señal en totalidad del mismo, para así mejorar la cobertura de la red inalámbrica del Wireless-Router proveído por los ISP.
5. Realizar las diferentes pruebas y resultados de la WLAN diseñada.
6. Elaborar un artículo referente a la propuesta de un diseño de una red wireless LAN para mejorar la cobertura del acceso al internet proporcionado por los ISP en un hogar.

5. DESARROLLO CASO DE ESTUDIO

5.1 ESTADO DEL ARTE

5.1.1 Redes Locales Inalámbricas (WLAN)

El término inalámbrico hace referencia a la tecnología sin cables que nos permite conectar dispositivos entre sí para formar una red. Se puede clasificar a las redes inalámbricas en 4 categorías como se muestra en la Figura 1, basándose en el alcance: redes WAN, redes MAN, redes LAN y redes PAN. Teniendo en mente la palabra alcance, se ve que las dos primeras categorías WAN/MAN abarcan las redes que cubren desde decenas hasta miles de kilómetros. La categoría LAN es la que está conformada por las redes que alcanzan hasta los 100 metros. La última es una nueva categoría llamada PAN, donde están las redes que tienen un alcance de hasta 30 metros.

Esta investigación se centra en la categoría LAN.

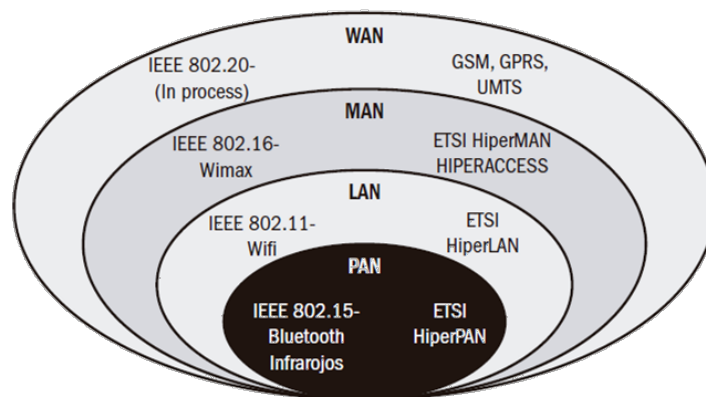


Figura 1. Tecnología inalámbrica y sus estándares

Fuente: Salvetti Diego, Redes Wireless, 2011

5.1.2 Definición WLAN

WLAN (Wireless Local Area Network) conocida por sus siglas en inglés se define como una red de alcance local que tiene como medio de transmisión el aire y que usa las ondas electromagnéticas para enlazar mediante un concentrador, los dispositivos de una red, reemplazando los cables de las redes LAN convencionales permitiendo flexibilidad y la

movilidad de las comunicaciones inalámbricas operando en las bandas 2.4 y 5 GHz respectivamente.

5.1.3 Ventajas y Desventajas de utilizar WLAN

Aquí se va describir algunas ventajas que obtenemos al usar una red inalámbrica comparándola con las redes cableadas clásicas:

- Movilidad, esta adquiere el usuario al utilizar estas redes. Cualquier dispositivo (laptop, smartphome, impresora, entre otros) puede acomodarse en cualquier punto dentro del área de cobertura de la red, no es necesario estar atado a un cable para imprimir documentos, compartir música o navegar por Internet.
- Portabilidad, es otro parámetro relevante de las redes inalámbricas, ya que permite a los usuarios moverse junto con los dispositivos conectados a la red wireless, tales como notebooks, tablets, sin perder el acceso a la red.
- Flexibilidad es otra ventaja de las redes sin cables. Se puede situar los dispositivos sobre la mesa del escritorio para luego desplazarlos hacia el dormitorio, sin tener que realizar el más mínimo cambio de configuración de la red.
- Escalabilidad, permite la facilidad de expandir la red luego de ser instalada. Si se lo contrasta con las redes cableadas, se necesitaría instalar un nuevo cableado para esa nueva PC, lo que implica pérdida de tiempo y dinero.
- Ahorro de costos que genera este tipo de redes, ya que no existe el gasto en diseñar e instalar, lo que se tiene en una red cableada.

Las redes inalámbricas también presentan ciertas desventajas, no todo es color de rosa cuando queremos utilizar estas redes. A continuación se muestra cuáles son los principales puntos en contra que se tienen.

- Menor velocidad, WiFi trabaja con velocidades menores comparada a la red cableada.

- Mayor inversión inicial, ya que el costo de los dispositivos de red inalámbricos es elevado al de los necesarios en la red cableada.
- Inseguridad de nuestra red, con esta red cualquier persona con una laptop o un smartphone puede intentar acceder a nuestra red tan solo estando en el área de cobertura.
- Alcance, una red inalámbrica está determinado por la potencia de los equipos y la ganancia de las antenas, si estos parámetros no son suficientes habrá puntos en los hogares u oficinas donde no se tenga cobertura, suele haber obstáculos que interfieren.

5.1.4 Topologías de las Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas para establecer una comunicación inalámbrica no se requiere de un medio (ya sea cables, aire, u otro similar), para ello se usan las ondas electromagnéticas. Por ende, cuando se traza una línea en los diagramas de topología para una red inalámbrica, eso representa una (posible) conexión que se está llevando a cabo. Se debe tomar en cuenta que la comunicación inalámbrica es siempre en dos sentidos, es bidireccional. Existen topologías para redes cableadas, de la misma manera existen topologías para las redes inalámbricas. A continuación se muestra cuáles topologías de red pueden aplicarse a las redes inalámbricas:

- La Topología Estrella como podemos ver en la Figura 2, es la topología estándar utilizada y es un modelo a seguir en una red inalámbrica en la cual existe un concentrador que vincula todos los nodos.
- Topología Bus, generalmente no es aplicable, ya que cada nodo se conecta con los demás nodos por un cable en común y para una red inalámbrica esto sería equivalente a una red Malla trabajando en un canal único.
- Topología Malla, si es utilizada pero la mayoría son malla parciales.
- La topología Árbol, es usada generalmente por los ISP¹ inalámbricos.

¹ *Internet Service Provider*; en español se traduciría como proveedores de servicio de Internet

- La topología Anillo, sería muy raro tratar de implementar en una red inalámbrica una de estas ya que en esta topología cada dispositivo debe funcionar correctamente para asegurar el funcionamiento de una red operativa. Estas redes existen, pero son muy difíciles de encontrar en el mundo real.

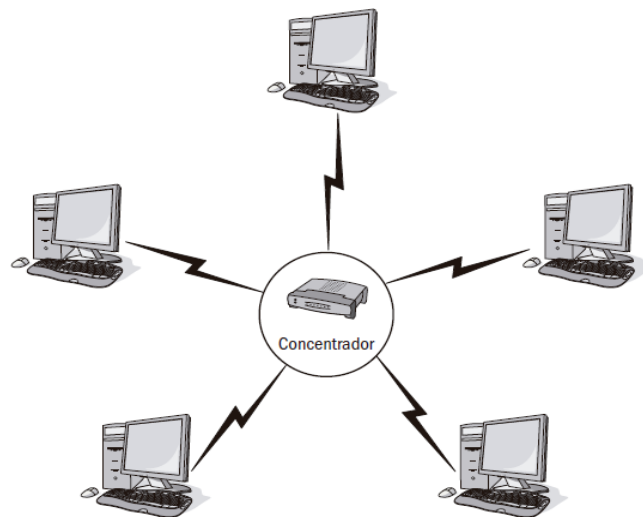


Figura 2. Topología estrella
Fuente: autor

5.1.5 El estándar IEEE

Es muy común escuchar sobre IEEE 802.11, se define como un conjunto de normas y recomendaciones técnicas que regula la realización de ciertos procesos o la fabricación de componentes para garantizar la interoperabilidad. Los estándares se utilizan por vendedores para darles garantías a sus clientes de la seguridad, la calidad y la consistencia de sus productos y a los clientes les permite no estar vinculados a un único vendedor.

En el ámbito de las telecomunicaciones, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE por sus siglas en inglés) es líder en promover estándares internacionales. Los estándares para redes LAN/MAN son unos de los productos más conocidos, en los que se incluyen el de redes cableadas (Ethernet IEEE 802.3) y el de redes inalámbricas (IEEE 802.11).

Este estándar IEEE 802.11, publicado en el año 1997, posee una tecnología clave que es el DSSS (Espectro de dispersión de secuencia directa), permite transmitir hasta 11 Mbps operando dentro del intervalo de 1 a 2 Mbps, si opera por encima de los 2 Mbps no se cumpliría con la norma. Se especifica como método de acceso al medio el CSMA/CA (Acceso múltiple por detección de portadora/Limitación de colisiones), similar al usado en las redes cableadas. El CSMA/CA es un método bastante ineficaz, ya que utiliza mucho ancho de banda para asegurar que la transmisión de datos sea confiable. El ancho de banda comparando como una cañería de agua de los hogares, donde el caudal interno que fluye son los datos. La cañería tiene una determinada capacidad (ancho de IEEE 802.11 también recibe el nombre de WiFi y hace referencia a los sistemas DSSS operando a 1, 2, 5.5 y 11 Mbps, donde todos cumplen con la norma de forma retrospectiva (o sea ofrecen compatibilidad con productos anteriores). Tener esta compatibilidad para atrás es importante, ya que permite actualizar alguna red existente sin necesidad de cambiar nada.

5.1.6 WiFi, WLAN o 802.11

La principal confusión en los nombres surge de afirmar que el término WiFi (que no posee un significado en sí) proviene de *Wireless Fidelity*. En el año 1999, las empresas Nokia y Symbol Technologies crearon una asociación llamada Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica (WECA, *Wireless Ethernet Compatibility Alliance*), que, luego en 2003, se pasó a llamar Wi-Fi Alliance. Tenía como objetivo crear una marca que permitiese fomentar de manera fácil la nueva tecnología inalámbrica y asegurar la compatibilidad. La WECA necesitaba de un logo o emblema para identificar y recordar su estándar. Entonces, contrató a Interbrand, una empresa de publicidad, para que le diera un nombre más llamativo que IEEE 802.11b de Secuencia Directa. Así nació el nombre Wi-Fi y el Style Logo del Ying Yang como podemos ver en la Figura 3, que es una marca exclusiva para identificar los productos que cumplen los requerimientos de interoperabilidad entre dispositivos basados en el estándar

IEEE 802.11, en otras palabras una red Wi-Fi es una red que cumple y se basa en los estándares IEEE 802.11 recomendados.



Figura 3. Logo de Wi-Fi creado por Wi-Fi Alliance

Fuente: extraído de <http://www.tecnomundo.net/2013/06/todo-esta-listo-para-la-nueva-generacion-de-wi-fi/>

Además es frecuente encontrar el término 802.11x, que se usa para referirse a todo el grupo de estándares (donde x puede ser b, a, g, etc.).

La Wi-Fi Alliance garantiza la interoperabilidad entre productos certificados con los logos que se aprecia en la Figura 4.



Figura 4. Logo de Wi-Fi

Fuente: Salvetti Diego, Redes Wireless, 2011

5.1.7 Características de la IEEE 802.11

Muchas reformas fueron realizadas desde la original IEEE 802.11 que define las redes inalámbricas, a continuación se analiza de forma resumida las mejoras en las enmiendas b, a, g, s y n.

- **802.11**

El protocolo IEEE 802.11 o Wi-Fi es un estándar de protocolo de comunicaciones de la IEEE, que puntualiza el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (capa física y de enlace de datos), definiendo sus normas de funcionamiento en una WLAN. En general, los protocolos de la rama 802.11x definen la tecnología de redes de área local.

- **802.11a**

Similar al estándar 802.11, usa la misma tecnología como base el estándar original, la importante diferencia está en que operamos en la banda de 5 GHz usando OFDM, lo que nos permite una tasa de transmisión máxima de 54 Mbit/s. La mayor velocidad de transmisión es una de las ventajas, así como la ausencia de interferencias en esta frecuencia de trabajo. Como desventaja nombramos la incompatibilidad con 802.11b, ya que opera en diferente frecuencia.

- **802.11b**

Aquí se mejoró, en comparación con el estándar original, la tasa de transmisión de datos, se la elevó hasta 11 Mbit/s, lo que representa una gran mejoría. Se puede decir que inicialmente soporta hasta 32 usuarios por AP si se utiliza este estándar.

- **802.11g**

Trabaja en la misma banda de 802.11b, con esto existe compatibilidad con dispositivos trabajando bajo este estándar. La tasa máxima de transferencia de datos es de 54 Mbit/s, ya que usamos la modulación OFDM. Se tiene similares capacidades que el 802.11b y se suma el incremento de la velocidad. De esta forma los estándares 802.11b y 802.11g difieren muy poco.

- **802.11s**

Estándar para redes malladas (*Mesh*), estas mezclan las topologías de redes ad-hoc e infraestructura. Norma 802.11s que trata de regular la interoperabilidad entre diferentes

fabricantes en cuanto a este protocolo, ya que cada uno tiene sus propios protocolos para la autoconfiguración de rutas entre APs. Esto extiende el estándar IEEE 802.11 con un protocolo y arquitectura totalmente nuevos.

- **802.11n**

Se presenta como la 4ta generación en los sistemas sin cables WiFi, compatible con estándares anteriores. Se desempeña en las frecuencias de 2.4 GHz y 5 GHz y ofrece una mejora relevante respecto a estándares anteriores, es el uso de varias antenas de transmisión y recepción, concepto llamado MIMO² (*Multiple Input, Multiple Output*) y extiende la tasa de transferencia de datos y el alcance. Lo importante es que MIMO como se puede ver en la Figura 5 aprovecha lo que otros estándares consideran un obstáculo, la multitrayectoria.

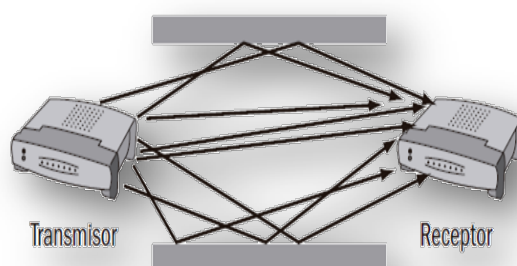


Figura 5. Tecnología MIMO

Fuente: El autor

MIMO es el acrónimo en inglés de Multiple-Input Multiple-Output (en español, Múltiple entrada múltiple salida) es una técnica relevante de 802.11n. Como se puede ver en la Figura 6, existen varias combinaciones que se pueden dar a partir del uso de las antenas en transmisión-recepción. Si la emisión-recepción se da con una sola antena, se lo denomina SISO (Simple Input-Simple Output). Si se tiene una única antena de recepción

² Múltiples Entradas Múltiples Salidas, permite una cobertura mayor en zonas de difícil acceso eliminando en lo posible la pérdida de paquetes de datos vía inalámbrica, mayor velocidad inalámbrica usar varias antenas de forma simultánea.

y varias para emisión se denominarán SIMO (Simple Input-Múltiples Output). Cuando es a la inversa, es decir varias antenas de recepción y una sola de emisión se tiene lo que se denomina MISO (Múltiple Input-Simple Output) y finalmente para varias antenas de recepción-emisión se tiene la denominación más conocida como MIMO.

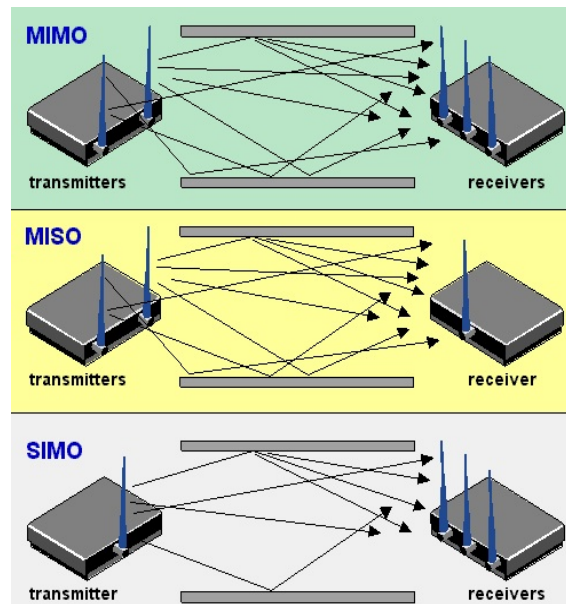


Figura 6. Combinación antenas transmisión-recepción

Fuente: extraído de <http://www.windowsnetworking.com/articles-tutorials/network-protocols/Evolution-future-Wi-Fi-Part2.html>

El sistema MIMO tiene muchas ventajas, pero de la misma manera mayor complejidad en cada una de las fases de transmisión y recepción, llegando a ser una de las tecnologías muy competente para alcanzar altas velocidades de transmisión, sin la necesidad de aumentar el ancho de banda ni la potencia.

A diferencia de lo que ocurre en los sistemas SISO (Simple Input Simple Output) tradicionales, en los sistemas MIMO la difracción, reflexión y dispersión contribuyen al aumento de las tasas de transmisión (Luques, 2009).

MIMO es una técnica que utiliza múltiples antenas en transmisión y en recepción, incrementando la confiabilidad y eficiencia de los sistemas inalámbricos; también permite obtener velocidades hipotéticas de hasta 600 Mbps. La tecnología MIMO se consigue

gracias al desfase de señal, de tal forma que los rebotes de la señal WiFi (reflexiones) en lugar de ser destructivas, sean constructivas y nos proporcionen mayor velocidad ya que al haber menor pérdida de datos, hacen falta menos retransmisiones.

MIMO (Múltiple-entrada múltiple-salida), permite a un sistema inalámbrico tener redundancia en recepción y transmisión gracias a las técnicas MRC (Combinación de Relación Máxima) y STBC (Codificación Espacio Temporal por Bloques), respectivamente; de la misma manera, permite alcanzar diversidad espacial debido a la técnica SDM (Multiplexación por División Espacial); y también, consigue mejorar la potencia de la señal a través de la técnica TxBF (formación de la haces de transmisión).

Para presentar un resumen de lo que se vio con anterioridad, se procede a realizar una comparación en la Tabla 1 entre las 4 reformas más importantes del 802.11 y luego un resumen de los estándares sobresalientes. Se considera según el nombre del estándar, su frecuencia, la técnica de modulación utilizada, la tasa de transmisión y el área de cobertura.

Tabla 1
Reformas 802.11

Estándar	Frecuencia	Técnica de Modulación	Tasa de Transmisión	Área de Cobertura (interno)
802.11a	5 GHz	OFDM	54 Mbit/s	50 metros aprox.
802.11b	2.4 GHz	DSSS, CCK	11 Mbit/s	100 metros aprox.
802.11g	2.4 GHz	OFDM, CCK, FSSS,	54 Mbit/s	100 metros aprox.
802.11n	2.4 y 5 GHz	OFDM	600 Mbit/s	250 metros aprox.

Fuente: El autor

A continuación se muestra en la Tabla 2 cada uno de los estándares IEEE 802.11 con sus principales mejoras o cambios dictados y realizados por El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica IEEE.

Tabla 2
Estándares IEEE 802.11

Estándar	Descripción
802.11	El original, tasas de 1 y 2 Mbit/s en 2.4GHz. Estándar de RF e IR (1997)
802.11a	54 Mbit/s, en 5 GHz (1999, los productos salen en 2001)
802.11b	Mejoras en 802.11 para soportar 5.5 y 11 Mbit/s (1999)
802.11c	Procedimientos en operación Puente, incluido en 802.11d (2001)
802.11d	Extensión del roaming internacional (país a país) (2001)
802.11e	Mejoras en Calidad de Servicio (QoS) (2005)
802.11f	Protocolo Inter-Access Point (2003)
802.11g	54 Mbit/s, en 2.4 GHz. Compatible para atrás con b. (2003)
802.11h	Manejo del espectro 802.11 ^a (5 GHz) para compatibilidad en Europa
802.11i	Mejora en seguridad (2004), TKIP, AES en WPA2
802.11j	Extensión para Japón (2004)
802.11k	Mejoras en la medición de recursos de radio (2007)
802.11l	(Reservada y no disponible para el uso)
802.11m	Mantenimiento del estándar
802.11n	Incremento de la tasa usando MIMO (2009), 2.4 y 5 GHz
802.11o	(Reservada y no disponible para el uso)
802.11p	WAVE (acceso inalámbrico para el automóvil) Intercambio de datos entre vehículos, 5GHz
802.11q	(Reservada y no disponible para el uso)
802.11r	Fast Roaming Working. Permite que el cambio de AP sea rápido. Importante en VoIP
802.11s	ESS Protocolo para redes Malla o Mesh
802.11T	WPP (Wireless Performance Prediction), mide rendimiento en WLAN
802.11u	Interoperabilidad con redes no 802 (por ejemplo, redes celulares)
802.11v	Configuración remota de dispositivos cliente
802.11w	Protección para redes a causa de sistemas externos, más seguridad 802.11i
802.11x	(Reservada y no disponible para el uso)
802.11y	Operación en banda de 3650 a 3700 MHz en USA
802.11ac	Técnica MIMO, publicada 2012, banda 80-160 MHz

Fuente: El autor

Finalmente se analiza que existen diferentes topologías de red que dependerán del objetivo que tenga la red. La topología define la distribución física y lógica en que se conectarán los nodos. Un estándar es muy relevante para los diferentes fabricantes así como para los consumidores, ya que asegura el correcto funcionamiento y la interoperabilidad entre

productos del mercado. También, asegura que un estándar favorezca al desarrollo y promueva la competencia entre empresas.

5.1.8 Estándar WiFi 802.11ac

Los diferentes estándares de las redes locales inalámbricas WLAN regulan la velocidad y el tipo de transmisión de datos por ondas de radio. En la actualidad el estándar que se usa en mayor número es el estándar n (802.11n), con velocidades de entre 150 y 600 Mbps. La nueva tecnología AC (802.11ac) aumenta la velocidad teórica hasta los 1.300 Mbps.

El estándar IEEE 802.11ac, basado y mejorado del IEEE 802.11n, publicada en el año 2012. El 802.11ac adopta muchas propiedades del 802.11n, como p.ej. la codificación de canal o los modos MIMO. También se añaden anchos de banda de 80 MHz y 160 MHz (802.11n 20 y 40 MHz), 256QAM³, hasta ocho antenas así como MIMO multiusuario para transmitir y recibir datos al mismo tiempo, e incluso enviar y recibir más de una señal de datos en el mismo canal de radio. El estándar 802.11ac emplea hasta 8 flujos MIMO y hasta 4 clientes multi-usuario MIMO, así como una modulación de más alta densidad, 256-QAM.

Estándar que usa el radioespectro 5 GHz y el direccionamiento de la señal, banda que está más vacía y además ofrece más caudal, permite un mayor número de conexiones simultáneas sin congestionar el ancho de banda, existe hasta 19 canales en lugar de los 3 del 802.11n.

Otra mejora del WiFi 802.11ac es el Beamforming, los router WiFi con tecnología N emite la señal inalámbrica de forma uniforme, señal que se ve frenada por paredes, puertas, escaleras, etc. Las barreras de madera son principalmente perjudiciales para el WiFi. Los routers Wireless AC o WiFi AC utilizan el Beamforming, que dirige la señal WiFi directamente al lugar donde se encuentran los dispositivos conectados.

³ Modulación de más alta densidad que la 802.11n (64QAM)

5.1.8.1 *Beamforming*

Es una técnica que conforma diversos haces de señal como si fuera uno solo. Cuando existe más de una antena de transmisión, es factible coordinar los envíos de las señales de cada antena para que la señal en el receptor sea mejorada. Técnica generalmente utilizada para cuando el receptor tiene una sola antena y cuando hay pocos obstáculos o superficies reflectantes de ondas de radio. Para comprender esta transmisión (beamforming) se considera una señal de radio como una forma de onda, con una longitud de onda que es específica de la frecuencia de la señal. En el momento que dos señales de radio son enviados desde diferentes antenas, estas señales se suman en la antena del receptor.

Es muy posible que dependiendo de la distancia de cada señal de radio que viaja, estas lleguen al receptor desfasadas una de la otra. Esta diferencia en la fase en el receptor afecta a la señal recibida, conformando lo que se llama una Interferencia Destructiva Figura 7 que se indica a continuación.

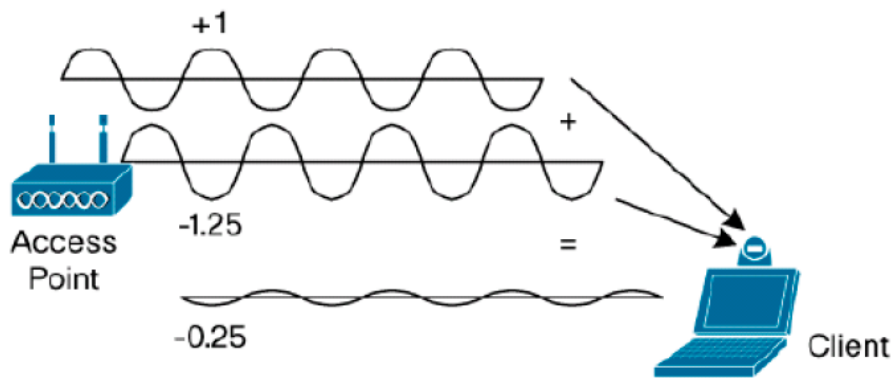


Figura 7. Interferencia destructiva
Fuente: Higinio Facchini, 2010

Pero, si cuidadosamente se realiza una adaptación de las fases de las señales de radio en el emisor, la señal recibida puede ser maximizada en el receptor (interferencia constructiva) como podemos ver en la Figura 8, lo que aumenta la SNR. Esto es lo que realiza beamforming.

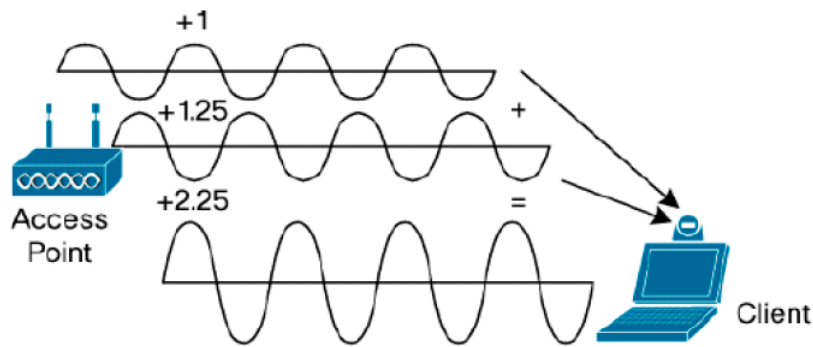


Figura 8. Interferencia constructiva
 Fuente: Higinio Facchini, 2010

La transmisión de beamforming no es algo que se puede hacer fácilmente en el transmisor sin información del receptor acerca de la señal recibida. Esta información está disponible sólo a partir de dispositivos 802.11n y 802.11ac, y no en dispositivos 802.11a/b/g. Para maximizar la señal en el receptor, información del receptor debe ser enviado al emisor a fin de que el transmisor pueda sintonizar cada señal que envía. Esta información no es inmediata y sólo es válida durante un corto período de tiempo. Cualquier movimiento físico realizado por el transmisor, receptor, o elementos en el medio ambiente rápidamente invalidan los parámetros utilizados para beamforming.

En 802.11n, beamforming como se aprecia en la Figura 9 permitirá que un AP enfoque su transmisión a un cliente en particular en el sentido de ese cliente (y viceversa para un cliente con múltiples antenas), lo que permite una mayor relación señal a ruido más altas y tasas de datos por lo tanto mayores.

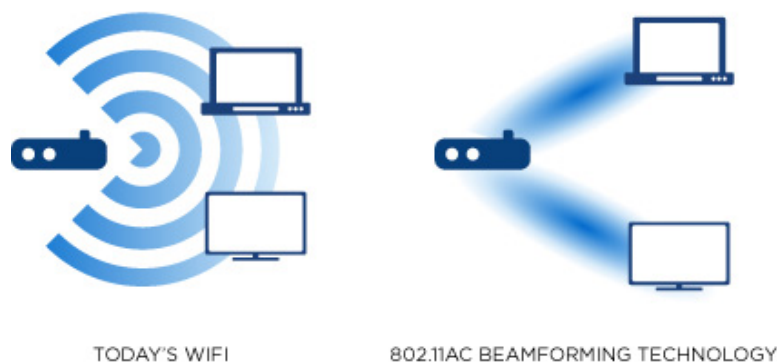


Figura 9. Tecnología Beamforming
 Fuente: extraído de <http://www.bizrate.com/wireless-internet-router-due-for-upgrade>

En conclusión, los estándares más comunes y utilizados se los describe a continuación, además de una ilustración donde se muestra en la Figura 10 las generaciones de Wi-Fi:

- **802.11b** a 2,4Ghz, con un BW⁴ de canal de 20Mhz, modulación DSSS y 11Mbps de velocidad máxima.
- **802.11a** a 5Ghz, 20Mhz de BW, modulación OFDM y 54Mbps. Utilizado más en América.
- **802.11g** a 2,4Ghz, 20Mhz de BW, modulación DSSS/OFDM y 54Mbps.
- **802.11n** que puede trabajar tanto a 2,4Ghz como a 5Ghz y con BW de 20 ó 40Mhz, emplea OFDM y en el caso de utilizar MIMO con 4 streams se pueden conseguir velocidades de hasta 600Mbps siendo más comunes los dispositivos que trabajan a 150Mbps.
- **802.11ac** que trabaja a 2.4 y 5 GHz, con un BW de 80 a 160Mhz, modulación más densa 256 QAM, velocidades de 1.3 Gbps, MIMO hasta 8 streams.

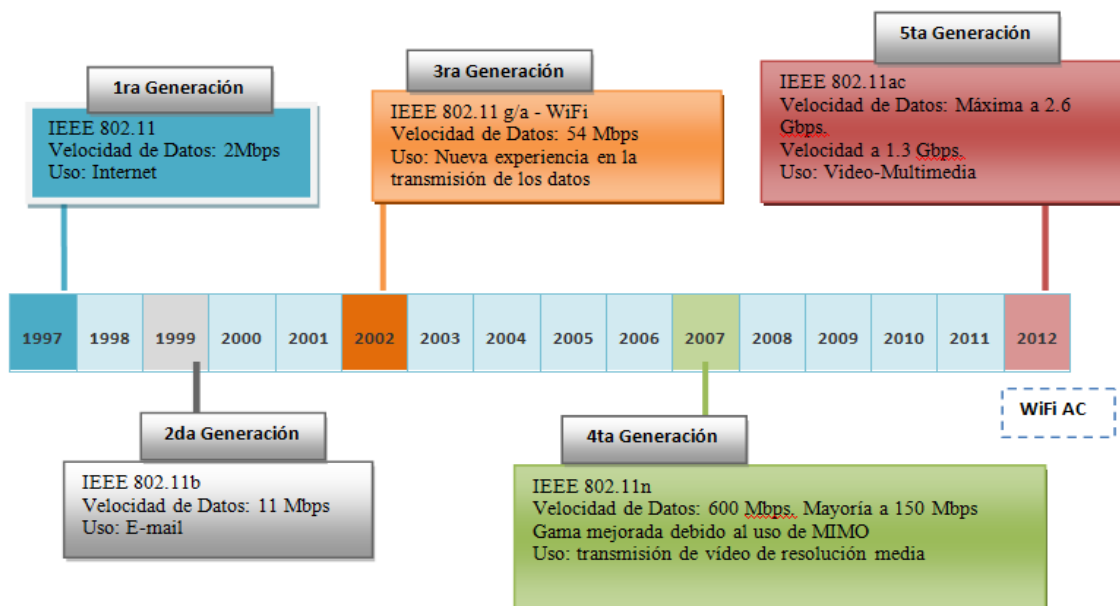


Figura 10. Generaciones Wi-Fi
Fuente: autor

⁴ Ancho de banda

5.1.9 Capa Física

Algunos de los parámetros básicos de esta capa son: el número de canal, la potencia de transmisión y la tasa de velocidad de transmisión. A continuación se muestra cada uno de estos parámetros.

5.1.9.1 Número de Canal

Seleccionar el canal que se va a utilizar implica fijar la gama de frecuencias en que operará el dispositivo. Estas frecuencias se especifican en GHz (*gigahercio*). Se puede realizar un escaneo de las frecuencias utilizadas por otras redes con algún software (inSSIDer⁵) que nos permiten ver la información de otras redes inalámbricas y así evitar el uso del mismo canal en nuestra red.

Esto reduce las posibilidades de interferencia en la red inalámbrica. Como información adicional, si se usa la norma IEEE 802.11b es recomendable utilizar los canales 1, 6 u 11 para así poder asegurar que exista suficiente separación de frecuencias entre los canales y evitar cualquier conflicto. Es muy común encontrar que ciertos productos nuevos en el mercado poseen la opción de auto en estas configuraciones de canal, si se selecciona esta opción, se seleccionará una frecuencia de forma automática según el resultado de un escaneo del espectro realizado por el mismo dispositivo. De esta forma se detectan las frecuencias más congestionadas y, este modo de configuración automática, las evita.

En la Tabla 3 se listan los canales disponibles en 2,4 GHz para nuestro país.

Tabla 3
Canales disponibles banda 2.4 GHz

Número de Canal	Frecuencia GHz
1	2,412
2	2,417
3	2,422
4	2,427

⁵ www.metageek.net/products/inssider

5	2,432
6	2,437
7	2,442
8	2,447
9	2,452
10	2,457
11	2,462

Fuente: El autor

Equipos Wi-Fi con estándares 802.11b y 802.11g, solo utilizan la banda de 2,4 GHz, mientras que los equipos con 802.11n y 802.11ac, consiguen dos bandas 2.4 y 5 GHz.

La banda de frecuencia de 2,4 GHz con canales superpuestos como se aprecia en la Figura 11, restringe el número de canales utilizables.

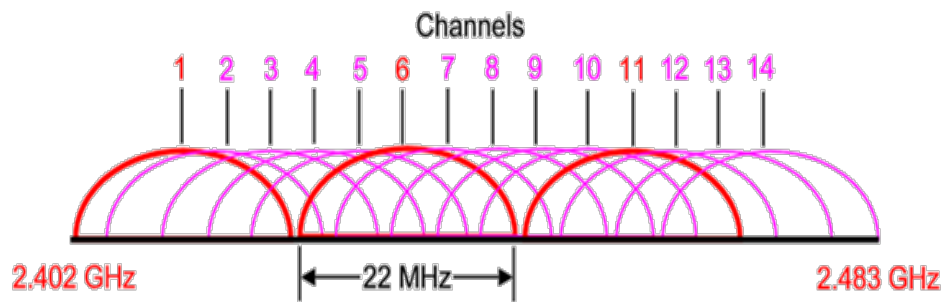


Figura 11. Canales wireless 2.4 GHz

Fuente: extraído de <http://www.dd-wrtenespanol.com/mejorando-la-senal-wireless/>

En esta imagen, los canales 1, 6 y 11 son los únicos que no se interfieren entre si y los más recomendados de utilizar. Para los que se encuentran en Europa pueden utilizar los canales 1,7 y 13 siendo este último el recomendado.

Cada canal necesita un ancho de banda de 22 Mhz para transmitir la información separados por 5MHz, por lo que se produce un inevitable solapamiento de varios canales contiguos. Para evitar interferencias en presencia de varios puntos de acceso cercanos, estos deberían estar en canales no solapables (tripletes). O sea, si se va a trabajar con 802.11b o 802.11g (2.4GHz) se debería utilizar canales que estén separados 5 puestos (1/6/11, 2/7/12 y 3/8/13).

La banda de frecuencia de 2,4 GHz tiene un total de 14 canales para Wi-Fi, pero en la práctica, por lo general hay solo un máximo de tres canales, mismos que no se solapan.

Para poder ver que canales está usando las conexiones Wi-Fi existen diferentes formas, una de aquellas hay que abrir la consola, se presiona Windows + r y se escribe cmd, y se escribe el siguiente código netsh wlan show all y se presenta la información requerida como se aprecia en la Figura 12.

```
=====
===== MOSTRAR MODE=BSSID DE REDES =====
=====
Nombre de interfaz : Conexión de red inalámbrica
Actualmente hay 1 redes visibles.

SSID 1 : MEJIA CNT
Tipo de red           : Infraestructura
Autenticación         : WPA2-Personal
Cifrado               : CCMP
BSSID 1              : 7c:7d:3d:ea:cb:a8
    Señal             : 83%
    Tipo de radio     : 802.11n
    Canal             : 11
Velocidades básicas <Mbps>: 1 2 5.5 11
Otras velocidades <Mbps>: 6 9 12 18 24 36 48 54

C:\Users\ROLANDITO>
```

Figura 12. Canales de la Red Wi-Fi

Fuente: autor

Los equipos Wi-Fi N tienen doble antena y pueden emitir por una antena usando un canal, dando como resultado un ancho de banda de 150 Mbps o por 2 antenas usando un canal por cada una de ellas, dando como resultado un ancho de banda de 300 Mbps teóricas. Es por eso que en algunos analizadores de banda, como Inssider, se verá una red N que marca, por ejemplo, algo como 11-7 como se indica en la Figura 13. Esto significa que transmite en dos canales a la vez (doble ancho de canal). N trabaja con 40 Mhz (se utilizan las 2 antenas) en cambio los inferiores trabajan con 20 Mhz (una antena).

Si el cliente está ubicado a pocos metros del AP WiFi, la calidad de la señal recibida posiblemente sea -25dBm, lo cual significa una pérdida muy pequeña, en cambio sí está por

encima de los 90 metros, muy probablemente la calidad obtenida sea de -80dBm. Un valor óptimo sería entre -75 dBm y 0 dBm (entre más cercano a 0, mejor).

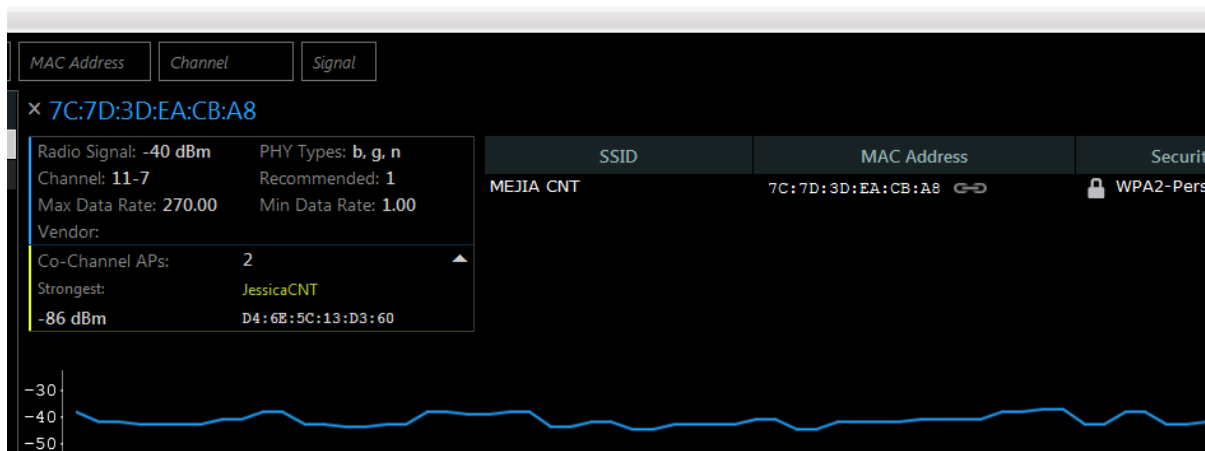


Figura 13. Canales de una Red con estándar N

Fuente: autor

Si se le asigna al AP1 el canal 1, el AP2 (que es el más cercano al AP1) se le asigna el canal 6. El AP3, (que está cerca del AP2, pero lejos del AP1) se le asigna el canal 1 y al AP4 (que está cerca del AP1 y AP2) se le asigna el canal 11. Con esto se evitará solapamiento de señal.

La frecuencia de 5GHz difiere de la 2.4GHz, puesto que brinda más espacio de frecuencia, hasta 25 canales viables. Lo que difiere notablemente es el esquema de numeración. Uno de los primeros canales de conexión Wi-Fi es del 36 y el último es el 165 como se aprecia en la Figura 14, con esto no quiere decir que todos los canales están disponibles.

A continuación se muestra la Tabla 4 donde se indica los canales disponibles para 5 GHz, de acuerdo a la regulación ecuatoriana.

Tabla 4
Canales disponibles en la banda 5 GHz

Banda	Número de Canal	Frecuencia (GHz)
U-NII 1	36	5,180
	40	5,200
	44	5,220
	48	5,240

U-NII 2	52	5,260
	56	5,280
	60	5,300
	64	5,320
U-NII 3	149	5,745
	153	5,765
	157	5,785
	161	5,805
5,8 ISM	165	5,825

Fuente: El autor

Las redes con banda de frecuencia de 5GHz llevan muchos años en el mercado, a partir del estándar 802.11a pero esta banda no es tan conocida como la de 2.4GHz (802.11b/g) debido sobre todo a los costes más altos de la infraestructura que funciona con la banda de 5GHz.

El estándar 802.11n soporta los 2 usuarios, tanto 2.4GHz como 5GHz. Para conseguir el mejor rendimiento del 802.11n, los 5GHz deberían ser tenidos en cuenta.

Los APs y dispositivos de red con banda Dual (5GHz y 2.4GHz) ya están disponibles en el mercado, y cada vez más dispositivos portátiles gozan de esta particularidad, con lo que cambiar de una a otra red será más fácil conforme transcurra el tiempo.

Con la característica de la ausencia de receptores de Wi-Fi con banda de 5GHz las hace más seguras debido a que todo el mundo intentará hackear redes a 2.4GHz. Las redes de 5GHz de frecuencia pueden ser un alivio para la saturación de la 2.4GHz. Tienen una señal más limpia y más canales que pueden ser combinados para mayor velocidad.



Figura 14. Canales de la banda 5 GHz

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

5.1.9.2 Potencia de Transmisión

La cantidad de energía recibida en un tiempo determinado se denomina potencia, cuya unidad de potencia es el vatio (W). En radio es más conveniente utilizar el milivatio (mW). Cuanto mayor sea la potencia de transmisión del punto de acceso, mayor será su rango de cobertura. De esta forma si se configura la potencia de transmisión con el parámetro máximo permitido vamos a obtener la mayor cobertura posible. Hay que tener en cuenta que en algunos países esto está regulado y existen valores máximos permitidos, en ciertos lugares este valor es 100 mW (20 dBm) y en otros, como EE.UU. o Canadá, el límite es 1 W.

De todas maneras no se debe hacer uso abusivo de este parámetro, ya que usar más potencia que la necesaria aumenta las posibilidades de interferir con otros usuarios. Algunos dispositivos no permiten cambiar la potencia de salida por estos motivos. Se debe tener en cuenta que la potencia máxima se debe calcular considerando la ganancia de nuestra antena (si se deja las antenas como vienen de fábrica el punto de acceso, esto no será necesario, lo implementaremos si se usa una antena diferente a la original). El cálculo de la suma de la potencia de salida en dBm y la ganancia de la antena en dBi es el parámetro que se conoce

como PIRE⁶. Esto se analiza más adelante en el estudio dedicado a las antenas. Si lo que se desea es aumentar la capacidad total de red inalámbrica y se agrega puntos de acceso uno cerca de otro, la potencia que se usa tendrá que establecerse en el valor más bajo posible. Se realiza así para disminuir el solapamiento y la interferencia. Cambiar la orientación de las antenas puede minimizar la interferencia entre puntos de acceso.

A continuación se muestran algunos puntos importantes a tomar en cuenta en relación a la potencia de transmisión, además del cálculo con valores en milivatios mW:

- La unidad de potencia es el vatio (W). En radio es más conveniente utilizar el milivatio (mW).
- La potencia P es de importancia primordial en radio (así como en otros campos): se necesita una cierta potencia mínima para que el receptor pueda discriminar la señal.
- Si se incrementa la amplitud de una onda electromagnética su potencia aumenta. Este aumento de potencia se llama ganancia.
- Si se disminuye la amplitud, su potencia decrece. Esta reducción de potencia se denomina pérdida.
- La referencia que relaciona la escala logarítmica en dB a la escala lineal en vatios, por ejemplo esta: 1 mW → 0 dBm, la m en dBm se refiere al hecho que la referencia es un mW, y por lo tanto la medida en dBm es una medida de la potencia absoluta referenciada a 1 mW. Las fórmulas y un ejemplo de cada una se indican a continuación se basan en la definición de dBm y permiten hacer la conversión de mW a dBm y viceversa:

Ejemplo: mW a dBm

$$P_{dBm} = 10 \log_{10} P_{mW}$$

Potencia del radio: 100mW

$$P_{dBm} = 10 \log_{10}(100)$$

$$100mW \rightarrow 20dBm$$

⁶ Potencia Isotrópica Radiada Equivalente o en inglés, EIRP

Ejemplo: dBm a mW

$$P_{mW} = 10^{P_{dBm}/10}$$

Medida de la señal: 17dBm

$$P_{mW} = 10^{17/10}$$

17dBm → 50 mW

- Se utiliza dB para simplificar el cálculo de ganancias y pérdidas y luego volver a convertir a milivatios cuando se necesite expresar el resultado en esta unidad.

$$1 \text{ mW} = 0 \text{ dBm}$$

$$2 \text{ mW} = 3 \text{ dBm}$$

$$4 \text{ mW} = 6 \text{ dBm}$$

$$8 \text{ mW} = 9 \text{ dBm}$$

$$10 \text{ mW} = 10 \text{ dBm}$$

$$20 \text{ mW} = 13 \text{ dBm}$$

$$50 \text{ mW} = 17 \text{ dBm}$$

$$100 \text{ mW} = 20 \text{ dBm}$$

$$200 \text{ mW} = 23 \text{ dBm}$$

$$500 \text{ mW} = 27 \text{ dBm}$$

$$1000 \text{ mW (1W)} = 30 \text{ dBm}$$

El concepto de PIRE como lo define wikipedia “La Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE) es la cantidad de potencia que emitiría una antena isotrópica teórica (es decir, aquella que distribuye la potencia exactamente igual en todas direcciones) para producir la densidad de potencia observada en la dirección de máxima ganancia de una antena. El PIRE tiene en cuenta las pérdidas de la línea de transmisión y en los conectores e incluye la ganancia de la antena. La PIRE se expresa habitualmente en decibelios respecto a una potencia de referencia emitida por una potencia de señal equivalente. La PIRE permite comparar emisores diferentes independientemente de su tipo, tamaño o forma. Conociendo la PIRE y la ganancia de la antena real es posible calcular la potencia real y los valores del campo electromagnético $PIRE = P_T - L_C + G_A$ ”⁷. Donde PIRE y P_T (potencia del

⁷ https://es.wikipedia.org/wiki/Potencia_Isotr%C3%B3pica_Radiada_Equivalente

transmisor) son dBm, las pérdidas del cable L_c están en dB, y la ganancia de la antena G_a) se expresa en dBi, relativos a la antena de referencia isotrópica.

Esto nos lleva a un punto relevante que es la elección del AP o Router, dispositivos que soporten todos los estándares actuales y que tengan una antena con la ganancia adecuada para brindar la cobertura deseada. Los parámetros técnicos más relevantes son P_{tx} (potencia del AP), Line loss (pérdida de la señal, que casi siempre es de 1dbm) y G_a (Ganancia de la antena). La potencia máxima de salida es la potencia máxima en vatios que entrega el transmisor en el conector de la antena en cualquier condición de modulación. La norma (Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010) especifica que:

- Para sistemas de secuencia directa y salto de frecuencia que operan en las bandas de 2.4GHz y 5.8GHz la potencia máxima es 1W.
- Sistemas punto a punto y punto multipunto que operen en la banda de 5.8GHz pueden utilizar antenas con más de 6dBi.
- Los demás sistemas que utilicen antenas direccionales, deben reducir la potencia máxima de transmisor de 1W, en 1dB por cada 3dB de ganancia de la antena que excedan a los 6dBi.

Se establecen los límites de potencia para cada una de las bandas de acuerdo con la siguiente Tabla 5.

Tabla 5

Límites de potencia para sistemas de modulación digital de banda ancha

Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha				
Tipo de Configuración del Sistema	Bandas de Operación (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)	P.I.R.E (mW)	Densidad de P.I.R.E (mW/MHz)
Punto-punto Punto-multipunto Móviles	902 - 928	500	----	----

Punto-punto				
Punto-multipunto	2400 – 2483.5	1000	----	----
Móviles				
Punto-punto				
Punto-multipunto	5150 – 5250	50 ⁱ	200	10
Móviles				
Punto-punto		----	200	10
Punto-multipunto	5250 – 5350	250 ⁱⁱ	1000	50
Móviles				
Punto-punto				
Punto-multipunto	5470 – 5725	250 ⁱⁱ	1000	50
Móviles				
Punto-punto				
Punto-multipunto	5725 – 5850	1000	----	----
Móviles				
	(i) 50 mW	dBm, la que sea menor		
	(ii) 250 mW	dBm, la que sea menor		

Fuente: Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010

5.1.9.3 Tasa de Velocidad de Transmisión

Gran parte de los puntos de acceso que se encuentran en el mercado poseen la opción para cambiar a nuestro gusto la tasa de transmisión deseada. Los valores varían según la norma que usemos. La IEEE 802.11b, los valores puede estar en 11, 5.5, 2 o 1 Mbps como podemos ver en la Figura 15; para la 802.11g como se indica en la Figura 16, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 o 54 Mbps, para 802.11b/g, 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48 o 54 Mbps este estándar se muestra en la Figura 17 y para IEEE 802.11n ya no viene este parámetro es automático, ver en la Figura 18. Se debe saber que si al momento de seleccionar nuestra norma usamos la opción mezcla, vamos a tener la posibilidad de ver en el menú donde seleccionamos la tasa de transmisión todos los valores disponibles para nuestra norma seleccionada, incluyendo que la selección se realice de forma automática con la opción auto.

Cuando se realiza el cambio de la tasa de transmisión valor, estamos modificando la técnica de modulación empleada para realizar la transmisión de datos. Es recomendable que se defina la mayor velocidad posible cuando configuremos este parámetro.

Se debe tener en cuenta que si la red inalámbrica va a extenderse sobre un área grande y sufre problemas de recepción, pérdida de datos, entre otros errores que veremos luego, podemos reducir la tasa de transmisión para lograr una señal que sea un poco más robusta y de mejor calidad.

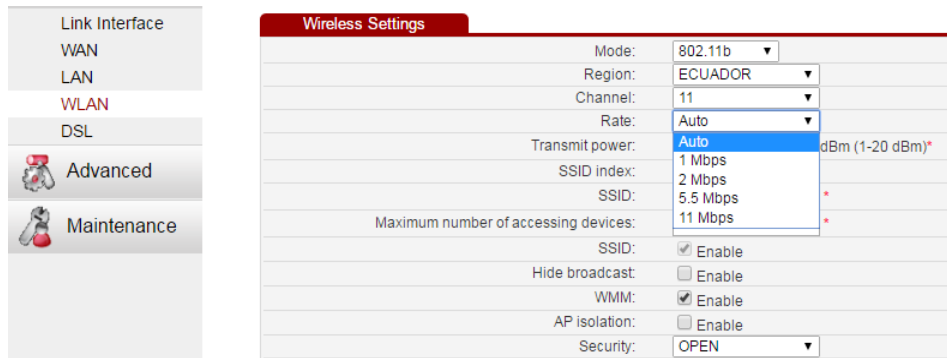


Figura 15. Velocidad de transmisión 802.11b
Fuente: autor

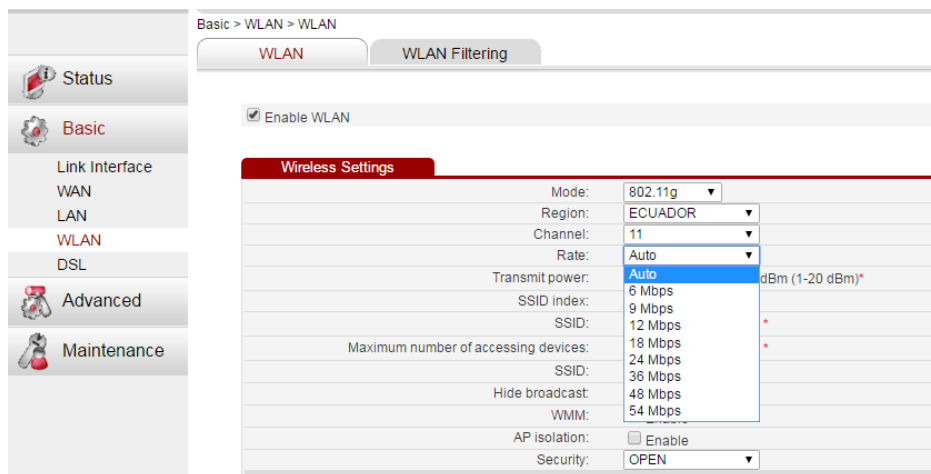


Figura 16. Velocidad de transmisión 802.11g
Fuente: autor

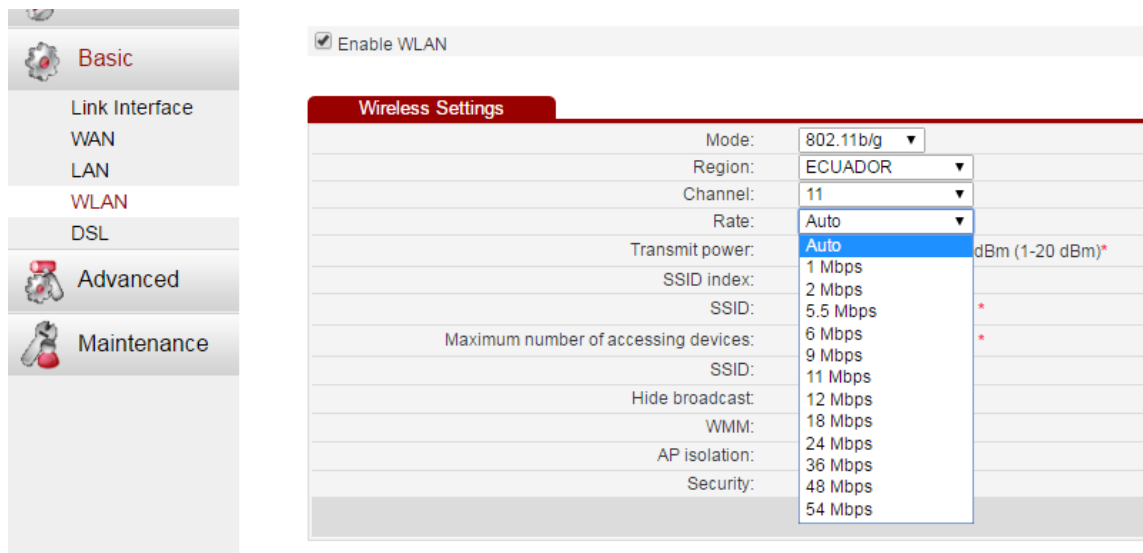


Figura 17. Velocidad de transmisión 802.11b/g
Fuente: autor

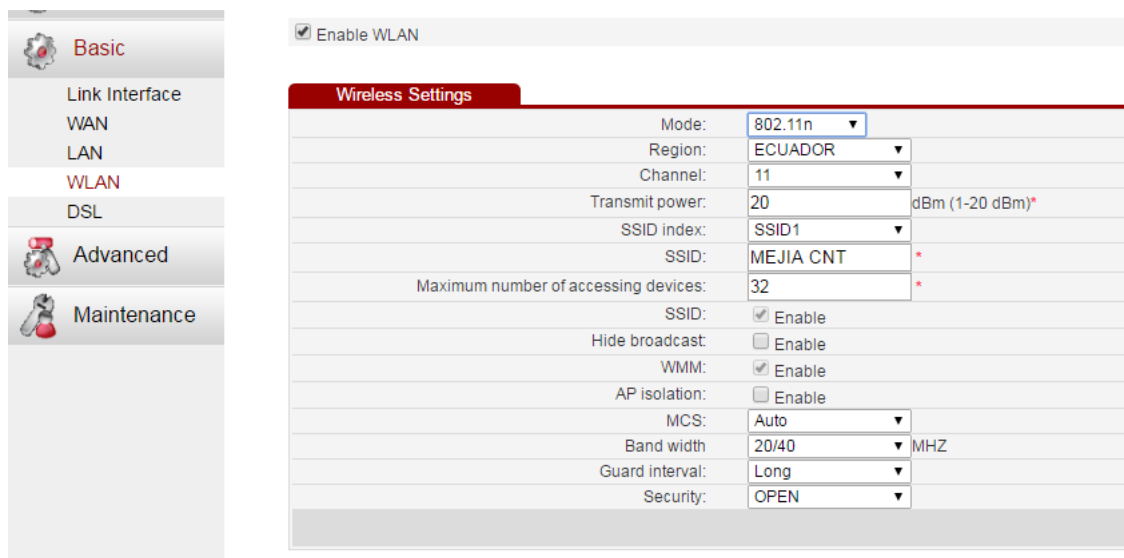


Figura 18. Velocidad de transmisión 802.11n
Fuente: autor

5.1.9.4 Esquema de Codificación y Modulación MCS

El MCS es un valor que determina la modulación, la codificación y el número de canales espaciales. Identificando los valores de MCS como se aprecia en la Figura 19 soportados por los dispositivos se puede determinar la velocidad de datos de la capa física real desde un mínimo de 6,5 Mbps a un máximo de 600 Mbps (cuando se logra la conjunción de todas las opciones posibles teóricas de 802.11n). Hay 77 MCS que se especifican en la norma IEEE

802.11n, de los cuales los primeros 16 son obligatorios para los dispositivos access points y solamente los primeros 8 son obligatorios para los clientes. Todos los demás son opcionales.

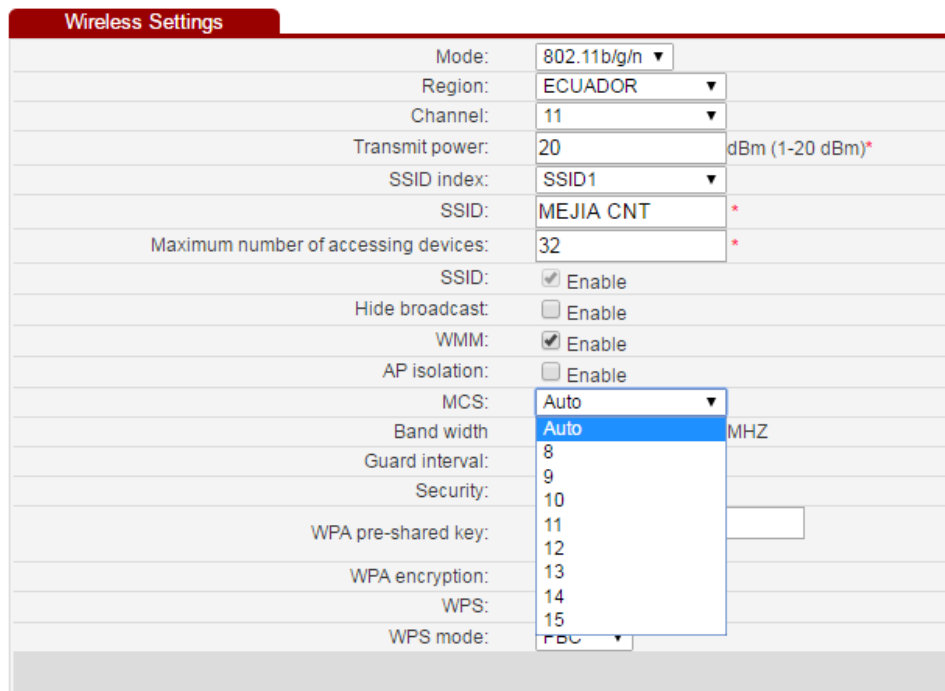


Figura 19. Esquema de Codificación y Modulación MCS

Fuente: autor

En la Figura 20 se muestran los modos de operación (Modulation and Coding Scheme, MCS) del MCS0 al MCS15 que establecen la comunicación entre dos nodos, en donde se considera los parámetros de: flujos espaciales, modulación, codificación y canales de transmisión; para dar lugar a la conformación de diferentes velocidades de transmisión. Parámetros para modo mandatorio 20MHz, modos NSS =1 y 2, y parámetros para modo opcional 40MHz, modos NSS =1 y 2

Elegir el modo de operación es de suma importancia, ya que su elección correcta asegura la estabilidad de los enlaces inalámbricos, para ello se describen los modos de operación que define el estándar para el caso de un sistema con un flujo o cadena espacial NSS (SISO 1x1) y un sistema con dos flujos o cadenas espaciales NSS (MIMO 2x2).

MCS index	Spatial streams	Modulation type	Coding rate	Data rate (Mbit/s)			
				20 MHz channel		40 MHz channel	
				800 ns GI	400 ns GI	800 ns GI	400 ns GI
0	1	BPSK	1/2	6.50	7.20	13.50	15.00
1	1	QPSK	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
2	1	QPSK	3/4	19.50	21.70	40.50	45.00
3	1	16-QAM	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
4	1	16-QAM	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
5	1	64-QAM	2/3	52.00	57.80	108.00	120.00
6	1	64-QAM	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
7	1	64-QAM	5/6	65.00	72.20	135.00	150.00
8	2	BPSK	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
9	2	QPSK	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
10	2	QPSK	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
11	2	16-QAM	1/2	52.00	57.80	108.00	120.00
12	2	16-QAM	3/4	78.00	86.70	162.00	180.00
13	2	64-QAM	2/3	104.00	115.60	216.00	240.00
14	2	64-QAM	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
15	2	64-QAM	5/6	130.00	144.40	270.00	300.00

Figura 20. Sistema de codificación de modulación, Flujos espaciales NSS=1 y NSS=2, MCS del 0 al 15

Fuente: extraído de http://www.digitalairwireless.com/files/mcsindexarge2_1347316988.jpg

Mientras que en la capa física se permite utilizar hasta cuatro flujos espaciales NSS=3 y NSS=4, con anchos de banda de canal de 20 MHz y 40 MHz; y la posibilidad de configurar intervalos de guarda de 800 ns y 400 ns. MCS16 al MCS31, parámetros para modo opcional 20 MHz, modos NSS =3 y 4 y parámetros para modo opcional 40 MHz, modos NSS =3 y 4, todo esto se indica que la Figura 21 que prosigue.

MCS index	Spatial streams	Modulation type	Coding rate	Data rate (Mbit/s)			
				20 MHz channel		40 MHz channel	
				800 ns GI	400 ns GI	800 ns GI	400 ns GI
16	3	BPSK	1/2	19.50	21.70	40.50	45.00
17	3	QPSK	1/2	39.00	43.30	81.00	90.00
18	3	QPSK	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
19	3	16-QAM	1/2	78.00	86.70	162.00	180.00
20	3	16-QAM	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
21	3	64-QAM	2/3	156.00	173.30	324.00	360.00
22	3	64-QAM	3/4	175.50	195.00	364.50	405.00
23	3	64-QAM	5/6	195.00	216.70	405.00	450.00
24	4	BPSK	1/2	26.00	28.80	54.00	60.00
25	4	QPSK	1/2	52.00	57.60	108.00	120.00
26	4	QPSK	3/4	78.00	86.80	162.00	180.00
27	4	16-QAM	1/2	104.00	115.60	216.00	240.00
28	4	16-QAM	3/4	156.00	173.20	324.00	360.00
29	4	64-QAM	2/3	208.00	231.20	432.00	480.00
30	4	64-QAM	3/4	234.00	260.00	486.00	540.00
31	4	64-QAM	5/6	260.00	288.80	540.00	600.00

Figura 21. Sistema de codificación de modulación, Flujos espaciales NSS=1 y NSS=2, MCS del 16 al 31

Fuente: http://www.digitalairwireless.com/files/mcsindexarge2_1347316988.jpg

5.1.10 Capa de Enlace

En esta capa de enlace se va analizar los siguientes parámetros: Modos de operación, SSID, Control de acceso al medio, Filtrado MAC, Encriptación (WEP, WPA) y WDS.

5.1.10.1 *Modo de Operación*

La relevancia que se menciona en este apartado hace referencia el modo de un punto de acceso o router, se refiere al tipo de tareas que este realiza. Un router o punto de acceso puede funcionar como un puente que vincula la red cableada y la inalámbrica. Se puede decir que funciona como puente (AP) si solamente realiza este vínculo y nada más. En cambio, si además, se llevan a cabo funciones como enrutamiento y enmascaramiento (NAT), decimos que se tiene un enrutador inalámbrico funcionando en una red. NAT⁸ es un mecanismo que hace de intermediario en una red, se lo conoce también como enmascaramiento de IP. En cuya técnica, las direcciones IP de origen o destino de la información enviada o recibida son reescritas, es decir sustituidas por otras (enmascaramiento) para los usuarios dentro de una LAN.

Los usuarios cuando están en una conexión a Internet exclusivamente poseen una única dirección IP pública que deber ser compartida. De esta manera los usuarios dentro de una red LAN utilizan direcciones IP⁹ reservadas para uso privado y será necesario un dispositivo que se encargue de traducir las direcciones privadas a esa única dirección pública de salida a Internet. De esta forma, la información recibida por esa dirección pública será distribuida al usuario interno que la solicitó. Las direcciones IP privadas se seleccionan en rangos prohibidos para uso en Internet como: 192.68.x.x, 10.x.x.x, 172.16x.x, para nombrar algunos ejemplos. La utilización de NAT es muy común en hogares o instituciones con varias computadoras en red y con un solo acceso a Internet.

⁸ Network address translation o traducción de direcciones de red

⁹ El protocolo de internet (IP, Internet Protocol), número que identifica a una interfaz de cualquier dispositivo de red.

Entonces los modos dependerán de si el router o punto de acceso funciona simplemente como un puente o vínculo entre redes o si actúa como enrutador/NAT. A continuación se nombran algunos modos típicos que se encuentran en la mayoría de los puntos de acceso o router:

- Punto de acceso: Access Point Bridging / Access Point Mode en inglés. En este modo, el punto de acceso es un puente totalmente transparente no se realiza mayor configuración en el medio y los datos pasan tal cual se envían con esto se vincula el enrutador y los clientes inalámbricos de la red.
- Pasarela o Gateway: en este modo el dispositivo funciona como un enrutador inalámbrico (router) entre una red LAN y los clientes inalámbricos se establece tareas de enrutamiento y enmascaramiento (NAT) para esos clientes. Aquí el dispositivo puede obtener del proveedor de acceso a la Red (ISP u otro) una dirección IP a través del protocolo DHCP¹⁰ que permite a clientes de una red obtener de forma automática sus parámetros de configuración dirección IP, máscara de red, etc. DHCP es un protocolo que permite al administrador de la red monitorear y distribuir de forma centralizada las direcciones IP necesarias.
- Puente punto a punto: algunos dispositivos lo tienen como parámetro, Point-to Point bridge/Repeater mode, término en inglés. Configuración que se usa para dos puntos de acceso para hacer un puente entre dos redes cableadas, aquí se puede seguir conectando usuarios al punto de acceso ya sea por medio de un cable o de forma inalámbrica sin embargo se debe recordar que con esta configuración se extiende el área de cobertura de red de forma considerable y los datos pasan sin sufrir modificación alguna en su camino.

¹⁰ Dynamic Host Configuration Protocol, Protocolo de configuración dinámica de Host

- Enrutamiento punto a punto: algunos equipos permiten usar el punto de acceso como un enrutador inalámbrico entre dos redes LAN que se encuentren separadas. Se lo encuentra como Point-to-Point routing/Wireless Bridge Link.
- Adaptador inalámbrico Ethernet: el propósito de este modo es lograr usar un punto de acceso como una placa inalámbrica para aquellas computadoras donde no soporten placas PCI, USB o PCMCIA por algún motivo. Se puede conectar la PC al punto de acceso a través del puerto USB o Ethernet para así reconocerlo como un dispositivo y usarlo como si fuese una placa inalámbrica.

5.1.10.2 SSI (*Service Set identifier*)

Es el nombre que se le asigna a la red LAN inalámbrica, el cual también se incluye en todos los paquetes baliza (*beacon*) que envía el punto de acceso o router. El término baliza es un paquete de información que se envía desde un dispositivo conectado a todos los demás dispositivos para anunciar su disponibilidad. Sencillamente se define al SSID como una cadena de texto que diferencia las letras minúsculas de las mayúsculas, admite hasta 32 caracteres alfanuméricos y además es usada en el proceso de asociación a una red inalámbrica, esta asociación es como conectarnos al dispositivo. Si existen usuarios que desean comunicarse con un punto de acceso o router wireless, pues deberán usar el SSID que se indica en la Figura 22, que es detectado por los dispositivos inalámbricos.

Si el dispositivo (AP o Router Wireless) no posee medidas de seguridad para autorizar a los usuarios conectarse utilizando WPA, filtro MAC, entre otros, cualquiera puede asociarse al punto de acceso y conectarse a la red de forma fácil y rápida.

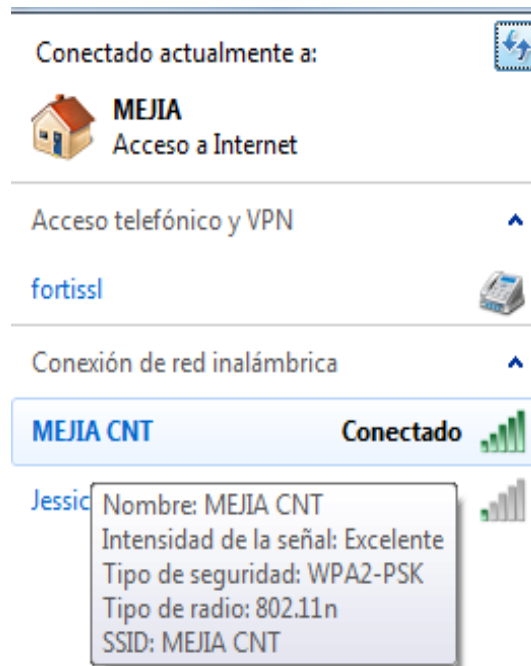


Figura 22. SSID del ISP del domicilio

Fuente: autor

5.1.10.3 Control de Acceso al Medio

Hay varias opciones avanzadas que pueden ser muy útiles cuando la red esta congestionada, es decir con mucho tráfico de datos. A continuación se indica ciertos parámetros como intervalos de beacon y fragmentación entre otros.

- Intervalo de beacon: es la cantidad de tiempo que existe entre la transmisión de un beacon y otro en un punto de acceso, se usa habitualmente 10 ms (milisegundos), así en cada segundo se envían 10 beacons. Si se están moviendo dentro de un domicilio, con estos beacons se va a tener conocimiento de la existencia del punto de acceso sin ningún problema.
- Fragmentación: el IEEE 802.11 tiene una característica opcional que permite a las placas de red inalámbricas y los puntos de acceso fragmentar los datos enviados en pequeñas piezas para tratar de mejorar el rendimiento cuando existen interferencias. Este valor de fragmentación usualmente está entre 256 y 2048 bytes y puede ser cambiado por el usuario.

5.1.10.4 Filtrado MAC

MAC¹¹ es a un identificador de 48 bits que está grabado en las todas las placas de red y que sirve para identificar físicamente a la placa, valor que se encuentra grabado de fábrica y que cada dirección MAC es otro según el fabricante. De este modo el filtrado MAC significa que solo un grupo limitado de direcciones MAC conocidas pueden conectarse al punto de acceso. Esta es una forma de seguridad que se puede usar de forma combinada con otras.

5.1.10.5 Encriptación (WEP, WPA)

Wi-Fi (Wireless Fidelity) es una tecnología que está liderando en la comunicación inalámbrica, y el soporte para Wi-Fi se está incorporando cada vez más en aparatos como: laptops, PDAs o smartphones, y con esto existe un aspecto que en demasiadas ocasiones pasa desapercibido, la seguridad. A continuación se analiza con más detalle el nivel de seguridad de los métodos actuales de encriptación, ver Figura 23, utilizados por la tecnología Wi-Fi:

- WEP: fue parte del estándar IEEE 802.11 original del año 1999. Su propósito era darles a las redes inalámbricas un nivel de seguridad, la vida de WEP fue demasiado corta, un diseño malo y poco transparente desencadenó ataques muy efectivos a su implantación. Después de algunos meses después de que WEP fuera publicado, se consideró a este protocolo como obsoleto. Este método llamado WEP¹² utiliza una clave compartida de 40-bits para encriptar los datos entre el AP y el usuario, la clave debe ingresarse en los Access Point así como en cada uno de los usuarios. En el momento que se habilita este método, los usuarios no pueden asociarse con el AP hasta que utilicen la clave correcta. Un fisgón oyendo una red con WEP igual puede ver el tráfico y las direcciones MAC, pero los mensajes de los datos de cada paquete están encriptados. Esto provee a la red de un buen mecanismo de autenticación, además de darle un poco de privacidad.

¹¹ Media access control, en español: Control de acceso al medio

¹² Privacidad equivalente a la cableada (del inglés Wired Equivalent Privacy)

- WPA: este método emplea el cifrado de clave dinámico, lo que constituye que la clave está cambiando constantemente y hacen que las invasiones en la red inalámbrica sean más difíciles que con WEP. WPA¹³ técnica que es considerada como una de las más altas a nivel de seguridad inalámbrica para su red, es el método que recomiendan si su dispositivo es compatible con este tipo de cifrado. Los password se insertan como dígitos alfanuméricos, sin restricción de longitud, en la que se recomienda utilizar caracteres especiales, números, mayúsculas y minúsculas, y palabras difíciles de asociar entre ellas o con información personal.
- WPA-PSK, esta técnica usa una autenticación de clave previamente compartida con cifrado TKIP (Temporal Key Integrity Protocol, Protocolo de integridad de clave temporal), denominado en adelante WPA-PSK/TKIP¹⁴. Según la descripción de Microsoft, WPA-PSK proporciona una sólida protección mediante codificación para los usuarios domésticos de dispositivos inalámbricos. Por medio de un proceso llamado cambio automático de claves, conocido asimismo como TKIP, las claves de codificación cambian con tanta rapidez que a un pirata informático le es bastante difícil reunir suficientes datos con la suficiente rapidez como para descifrar el código.
- WPA2: es la segunda generación de WPA y está actualmente disponible en los AP más modernos del mercado. WPA2¹⁵ creado para corregir las vulnerabilidades detectadas en WPA, y es compatible con los productos anteriores que son compatibles con WPA. La principal diferencia entre WPA original y WPA2 es que la segunda necesita el estándar avanzado de cifrado (AES) para el cifrado de los datos, mientras que WPA original emplea TKIP (ver arriba). AES aporta la seguridad necesaria para cumplir los máximos estándares de nivel de muchas de las agencias del gobierno

¹³ Wi-Fi protected access o Acceso protegido Wi-Fi

¹⁴ Wi-Fi Protected Access Pre-Shared Key, Acceso protegido de fidelidad inalámbrica con clave previamente compartida

¹⁵ <https://es.wikipedia.org/wiki/WPA2>

federal. Al igual que WPA original, WPA2 será compatible tanto con la versión para la empresa como con la doméstica.

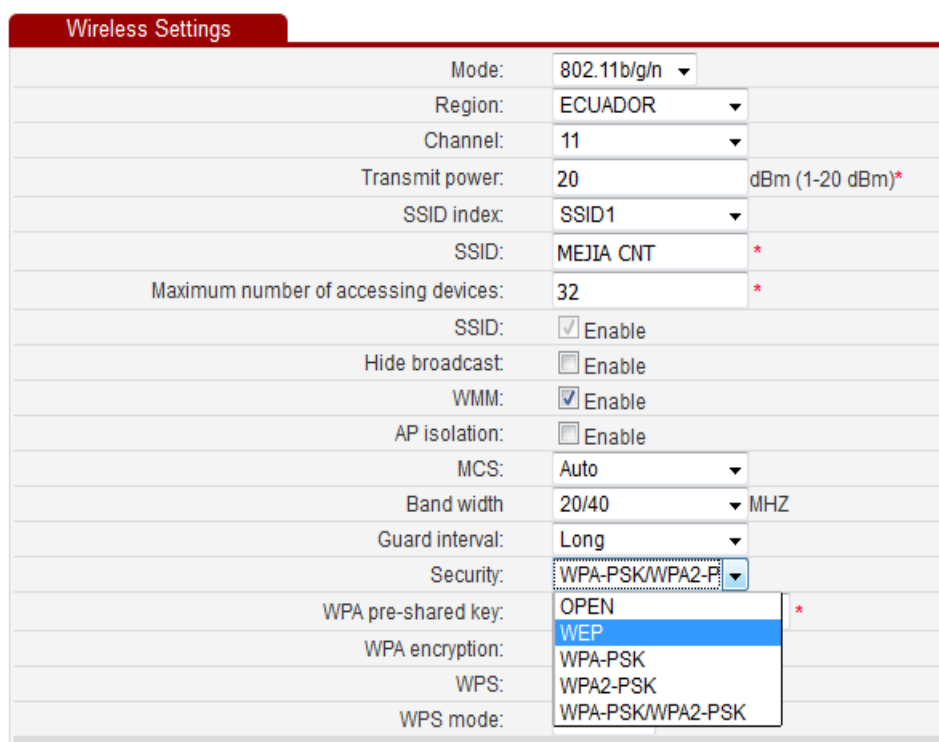


Figura 23. Encriptación router de un ISP Huawei hg531s

Fuente: autor

A continuación se muestra la Tabla 6 donde se generaliza las diferentes encriptaciones de un router o AP:

Tabla 6
Resumen encriptación Wi-Fi

Encriptación	Descripción
Abiertas (riesgo)	Las redes Wi-Fi abiertas no tienen contraseña, por lo que queda claro que no se aconseja de ninguna forma.
WEP de 64 (riesgo)	El viejo estándar de encriptación WEP es vulnerable y no se debe utilizar.
WEP de 128 (riesgo)	WEP con un cifrado de mayor tamaño, pero igual inseguro.
WPA-PSK (TKIP)	Este es básicamente el cifrado estándar WPA o WPA1. Se ha superado y no es seguro.

WPA-PSK (AES)	Este elige el protocolo inalámbrico WPA con el cifrado más moderno AES. Los dispositivos que soportan AES casi siempre soportarán WPA2, mientras que los dispositivos que requieran WPA1 casi nunca admitirán el cifrado AES. Esta opción tiene muy poco sentido.
WPA2-PSK (TKIP)	Se utiliza el estándar WPA2 con cifrado TKIP. Esta opción no es segura, sin embargo, es la mejor opción si se tienen dispositivos antiguos que no soportan una red WPA2-PSK (AES).
WPA2-PSK (AES)	Esta es la opción más segura. Utiliza WPA2, el último estándar de encriptación Wi-Fi, y el más reciente protocolo de encriptación AES. Se debe utilizar esta opción. En los routers con interfaces menos confusas, la opción marcada “WPA2” o “WPA2-PSK” probablemente solo utilice AES.
WPAWPA2-PSK (TKIP / AES)	Esto permite tanto WPA y WPA2 con TKIP y AES. Esto proporciona la máxima compatibilidad con todos los dispositivos antiguos, sin embargo, aunque sea una opción habitualmente predeterminada por los routers para evitar problemas con los dispositivos.

Fuente: El autor

5.1.10.6 WDS (*Wireless Distribution System*)

Este parámetro de capa de enlace es un sistema de distribución inalámbrica o WDS que permite la conexión inalámbrica entre puntos de acceso en una red IEEE 802.11. Con esto la red inalámbrica puede ser ampliada mediante múltiples APs sin necesidad de un cable que los vincule. Este método se lo realiza mediante el puenteo a nivel de la capa 2 del modelo OSI entre todas las estaciones registradas (usuarios) en los APs que están conectados mediante WDS.

Un access point puede comportarse como AP o como puente, y así se consigue que la red se extienda fácilmente. Todos los APs de la red WDS deben configurarse para usar el mismo canal de radiofrecuencia y compartir las claves WEP o WPA en caso de implementarlas. Esta conexión de los usuarios se hace en la capa 2, ya que se utilizan las direcciones MAC de las placas inalámbricas de origen y destino, las cuales gracias a WDS se guardan en dos campos

de los datos que son transferidos. Se puede utilizar WDS para proveer dos modos de conexión inalámbrica entre puntos de acceso como podemos ver en la Figura 24; un puente inalámbrico que solo nos permita la comunicación entre dos APs o sin posibilidad de que otro cliente de la red pueda acceder a la red y un repetidor inalámbrico que nos permita que un AP se comunique con otros puntos de acceso y clientes inalámbricos.

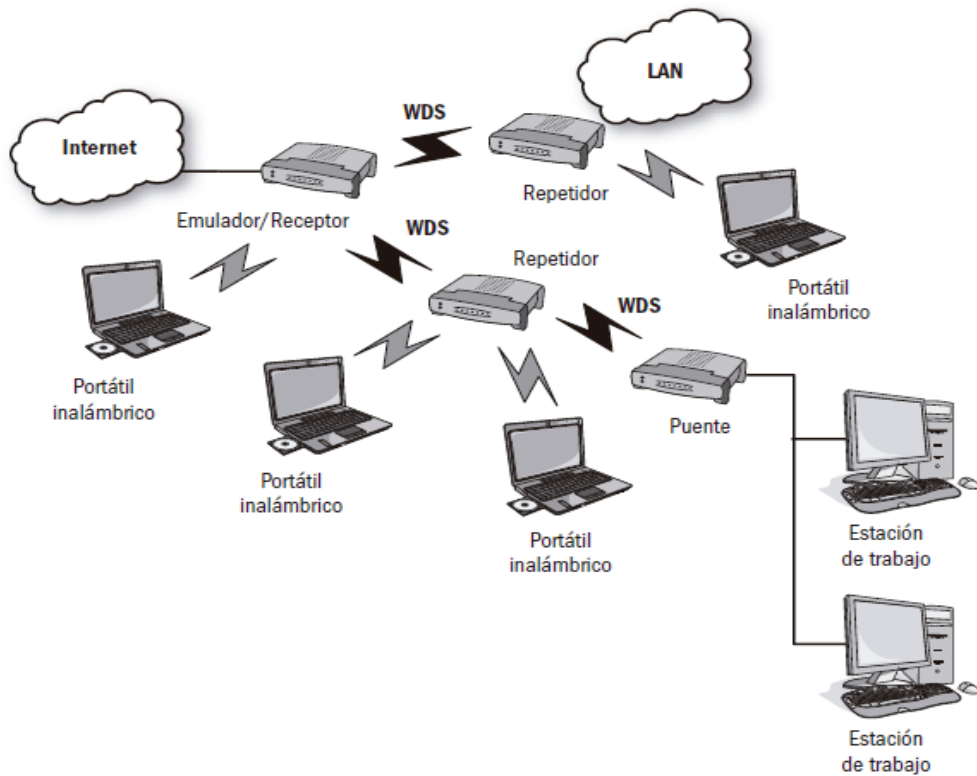


Figura 24. Modos WDS
Fuente: Salvetti Diego, Redes Wireless, 2011

5.2 ALTERNATIVAS EQUIPOS WIRELESS

5.2.1 Introducción

En la actualidad existe disponibilidad de diferentes dispositivos wireless tales como puntos de acceso, routers, repetidores, entre otros a bajo precio y la proliferación de equipos portátiles (notebooks, smartphones, tablets, iPads) que usan conexión inalámbrica. Wi-Fi se ha convertido en el estándar de las comunicaciones inalámbricas para redes de interiores en empresas, escuelas y hogares. En este capítulo se va a tratar las diferentes alternativas inalámbricas a utilizar cuando se tenga que instalar redes Wi-Fi para hogares.

5.2.2 Frecuencia

Existen tres divisiones primordiales en el espectro de frecuencias, las bandas particulares, las bandas licenciadas y las bandas libres.

Las frecuencias de libre uso son aquellas donde cualquier individuo puede transmitir sin necesidad de tener un permiso. Se indica particularmente las bandas en 2,4 GHz y 5 GHz por ser utilizadas para aplicaciones de banda ancha y usadas prácticamente en todo el mundo. Wi-Fi es la aplicación más popular en estas bandas, cualquier persona puede tener en su hogar un equipo de Wi-Fi transmitiendo en estas frecuencias sin tener que pedir permisos para ello o sin causar problemas a los demás. Por supuesto para que esto sea posible es necesario cumplir con ciertas reglas que están contempladas en la regulación de estas bandas. Las más importantes tienen que ver con la potencia máxima y mecanismos para evitar interferencias. En nuestro país existe una norma, expedida mediante resolución TEL-560-18-CONATEL-2010 del 24 de septiembre de 2010 y publicada en el Registro Oficial No 305 de 21 de octubre de 2010, que tiene por objeto regular la instalación y operación de sistemas de radiocomunicaciones (incluyendo radiodifusión sonora) que utilizan técnicas de modulación digital de banda ancha en los rangos de frecuencias que determine el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL. Estos sistemas pueden operar en configuraciones punto-

punto, punto-multipunto y sistemas móviles, en las bandas de frecuencias indicadas en la Tabla 7.

Tabla 7

Bandas de frecuencia para sistemas de modulación de banda ancha

BANDA (MHz)
902 – 928
2400 – 2483.5
5150 – 5250
5250 – 5350
5470 – 5725
5725 - 5850

Fuente: Resolución TEL-560-18-CONATEL-2010

Las bandas ICM¹⁶ e INI¹⁷ que se muestran en la Tabla 8 son definidas como bandas no licenciadas, es decir que su uso no requiere de una licencia. En el Ecuador se requiere de un título habilitante para su uso, el objetivo del mismo, es mantener el orden y el control de acuerdo al crecimiento tecnológico, siempre respetando la libre competencia. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) define las bandas ICM como reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica.

Tabla 8

Bandas de frecuencia para banda ancha

Banda (MHz)	Asignación
902 – 928	ICM
2400 – 2483.5	ICM
5150 – 5250	INI

¹⁶ Industrial, Científico, Médico

¹⁷ Infraestructura Nacional de Información

5250 – 5350	INI
5470 – 5725	INI
5725 - 5850	ICM, INI

Fuente: Resolución 430-15-CONATEL 2005

Las bandas particulares son bandas de uso privativo usualmente adquiridas al organismo nacional regulador de las telecomunicaciones y exclusivamente su dueño puede usarlas. El ejemplo distintivo son las frecuencias de telefonía móvil donde estas empresas tienen el uso exclusivo de estas bandas para dar el servicio requerido.

Las bandas licenciadas se usan comúnmente para enlaces punto a punto de gran capacidad. Para poder utilizarlas se requiere un permiso dado por la agencia reguladora del espectro en cada país y la licencia se da por enlace. El pago es bajo, sobre todo si lo comparamos con las bandas particulares y depende de la longitud del enlace, situación y ancho de banda requerido.

Las frecuencias inalámbricas 2.4 GHz y 5 GHz difieren en diferentes aspectos relevantes. La banda de 2.4 GHz tiene un mayor alcance y una menor atenuación y se emplea más en los dispositivos Wi-Fi. En esta banda 2.4 GHz el gran defecto es que hay únicamente 3 canales que no se solapan, lo que restringe bastante el número de APs que pueden colocarse en un área determinada. Esto es una dificultad ya que hacer celdas más pequeñas hacen que los APs transmitan con menos potencia y rendimiento se deteriora rápido cuando hay solapamiento de canales (interferencia co-canal). La banda de 5 GHz, tiene el rango más corto comparado con la de 2.4 GHz, pero en la mayor parte del mundo tiene 20 canales, lo que hace más fácil las instalaciones sin la interferencia desde los canales adyacentes. Es mejor para redes de alta densidad y alto rendimiento. Además cuando se quiere limitar la cobertura de cada punto de acceso a un área pequeña y bien definida, la atenuación de la señal causada por paredes, etc. es más bien una ventaja que un problema. Es muy importante también considerar la

utilización de 2.4 GHz para la mayoría de los dispositivos en combinación con 5 GHz par los dispositivos primordiales como podemos ver en la Figura 25.

The image shows a web interface for configuring a router's wireless settings. The page is titled "Inalámbrica" and has a sub-header "Ver y modificar los parámetros del router". There are three tabs: "Inalámbrica", "Filtrado de MAC", and "Wi-Fi Protected Setup". The "Inalámbrica" tab is active. The interface is divided into two sections for 2.4 GHz and 5 GHz bands. Each section has a "Nombre de la red:" field with the value "CS-BALSAPAMBA", a "Red:" toggle switch, a "Contraseña:" field with the value "tics02d03r3", a "Difusión de SSID:" dropdown menu set to "Sí", a "Canal:" dropdown menu set to "Automático", a "Modo de seguridad:" dropdown menu set to "WPA2/WPA Personal", a "Modo de red:" dropdown menu set to "Mixto", and an "Ancho de canal:" dropdown menu set to "Automático".

Figura 25. Bandas 2.4 y 5 GHz de un router con doble banda
Fuente: autor

5.2.3 Puntos de Acceso, elección y ubicación

Para elegir los puntos de acceso (APs) para redes inalámbricas en interiores hay que enfocarse básicamente en dos opciones de arquitectura:

- Clientes pesados: Estos son APs autónomos que incorporan toda la inteligencia para manejar una red Wi-Fi (escoger las SSID, métodos de cifrado, enrutar/conmutar, doble banda, escalabilidad, etc.).
- La solución basada en controlador: Tiene APs con una funcionalidad mínima para el servicio inalámbrico junto con un controlador central común, para todos los puntos de acceso del área. El controlador central tiene toda la inteligencia y maneja todo el tráfico que le dirige el AP.

Estas dos arquitecturas es una elección entre costo, facilidad de manejo y escalabilidad. Generalmente se analiza que a mayor complejidad del ambiente y a mayor tamaño de la red, más llamativa se hace la solución basada en controlador.

Los puntos de acceso se deben comúnmente ubicarse en las áreas con una alta densidad de usuarios; la señal va a expandirse lo suficiente como para servir también las áreas menos densas, con esto el rendimiento general del sistema va a estar determinado más que todo por los clientes, no por la ubicación del AP. La ubicación del AP es relevante, pero no puede añadir mucho al rendimiento global del sistema.

De la misma manera también es posible usar antenas externas para mejorar el rendimiento, existen antenas omnidireccionales que son las más comunes que dan un área de cobertura casi circular alrededor del AP.

Cuando estos dispositivos no están en el centro del área que se debe cubrir, la alternativa son las antenas direccionales, estas se colocan en las esquinas de áreas grandes y abiertas para proporcionar una cobertura en paraguas de grandes espacios.

Estos equipos inalámbricos pueden acoplarse en el techo, en las paredes o en muebles y cada elección va a tener diferentes características. La posición en el techo va a ofrecer una buena cobertura tipo manta; en las paredes vamos a tener el acceso inalámbrico más cerca de los usuarios.

5.2.4 SSID y Arquitectura de Red

Cuando se considera el SSID hay que hacer una buena planificación, tomando en cuenta que la SSID define el dominio de transmisión en Capa 2 de la red. La planificación de su SSID implica jugar con la arquitectura de Capa 3 de su red. Si se pretende que los usuarios transiten sin interrupción por toda el área de su red, entonces todos los accesos inalámbricos deberían tener la misma SSID. Los diferentes usuarios que permanecen dentro de una SSID no van a requerir o a solicitar nuevo contrato DHCP, así que tendrá que acomodar todos los usuarios dentro de una sola subred Capa 3. El código consiste en un máximo de 32 caracteres que la mayoría de las veces son alfanuméricos, aunque el estándar no lo especifica. Es

importante mencionar que los dispositivos inalámbricos que intentan realizar una comunicación entre sí deben compartir la SSID.

5.2.5 Componentes y alternativas de redes inalámbricas

En este apartado se tratará los diferentes dispositivos que son necesarios en las redes inalámbricas en interiores, equipos y accesorios que ayudarán a la implementación de una WLAN en los hogares, mismos que ayudan a expandir la red; para así lograr una cobertura total de las áreas de la casa.

5.2.5.1 Placa de red inalámbrica

Esta placa recoge y remite la información entre los ordenadores de la red, es una parte indispensable para realizar la conexión de forma inalámbrica. Estos dispositivos se hallan de diferentes velocidades, desde 54 Mbps, estas cuentan con antenas externas o internas generalmente de poca (baja) ganancia, a la que se le puede realizar un cambio por otra de más ganancia para mejorar la conexión (con excepciones). Si se posee una notebook o algún smartphone, la placa viene integrada. Hay tres ejemplares de adaptadores para utilizar en las redes: PCI, utilizados en las computadoras de escritorio, PCMCIA/Pccard, utilizados en las primeras laptops o notebooks, y USB, que son muy comunes hoy en día para notebooks o netbooks.

A continuación se pone como ejemplo un modelo de PCIe y USB los cuales son un referente a utilizar para las PCs que desean tener más acceso a la cobertura de la red inalámbrica de los hogares, emitida por el AP o router wireless:

- PCIe Wireless de banda doble y potencia AC1200 de TRENDnet, modelo TEW-807ECH como se aprecia en la Figura 26, permite que un ordenador de torre estándar o de perfil bajo disfrute de una red wireless AC1200 (banda 2.4 y 5 GHz). Con este dispositivo se conecta con rapidez a una red wireless AC a 867 Mbps o a una red wireless N a 300 Mbps (velocidades teóricas). Contiene 2 antenas

desmontables de 5 dBi, mismas que aumentan la cobertura wireless y un cable alargador de 1 m (3.3 pies) y la base de montaje magnético ofrecen gran flexibilidad de montaje.



Figura 26. Adaptador PCIe doble banda

Fuente: extraído de <http://www.trendnet.com/langsp/products/wifi/AC-adapters/AC1200/TEW-807ECH>

- El Adaptador USB Wireless como se indica en la Figura 27 de banda doble AC1200 (banda 2.4 y 5 GHz) dispositivo que se alimenta por el puerto USB del equipo, y se conecta a una red wireless AC a la velocidad de 867 Mbps o a una red N hasta 300 Mbps (velocidades teóricas). También expande la cobertura con la tecnología MIMO, compatible con el estándar IEEE 802.11ac y 802.11n y versiones anteriores.



Figura 27. Adaptador USB Wireless de banda doble

Fuente: <http://www.trendnet.com/langsp/products/wifi/AC-adapters/AC1200/TEW-805UB>

5.2.5.2 Antena Omnidireccional

Este dispositivo es una antena que por su forma de irradiar la energía electromagnética se la considera omnidireccional, que irradian ondas electromagnéticas en todas las direcciones. Misma que nos permite transformar la señal eléctrica en ondas electromagnéticas. Se considera que la antena forma parte del 50% de la calidad de conexión para un dispositivo de la red, de esta forma necesitamos que la antena sea buena o superior.

A continuación se muestra una alternativa de antena de escritorio omnidireccional 2.4 GHz de 8 dBi para interiores TL-ANT2408C, ver Figura 28 que contiene un conector macho RP-SMA y trabaja con dispositivos con conector RP-SMA hembra, con un cable de extensión de 130 cm que permite una ubicación flexible y mayores prestaciones. Permite la sustitución de la antena Wi-Fi para aumentar el alcance y la potencia de la señal inalámbrica, con esto se puede hacer un reemplazo directo para la antena que viene con el router.



Figura 28. Antena de escritorio omnidireccional 2.4 GHz de 8 dBi

Fuente: extraído de http://www.tp-link.ec/products/details/cat-4765_TL-ANT2408C.html

Se tiene también otros dispositivos similares que ayudan a extender las señales inalámbricas en los equipos Wi-Fi, que son fáciles de instalar y con un conector hembra RP-SMA, ver Figura 29. Vienen con una ganancia de 9 dBi que incrementa significativamente la

cobertura y nivel de la señal inalámbrica, además trabajan en la frecuencia 2.4 GHz compatible con 802.11b/g/n y se puede reemplazar directamente a la antena estándar que incorpora de fábrica su routers, access point o tarjetas de red de cualquier marca.



Figura 29. Antena omnidireccional de 2.4 GHz de 9 dBi BIG 12

Fuente: extraído de http://www.3bumen.com/es/iproductos/ver/24/antena_9dbi_big_12_3bumen/

5.2.5.3 Extensor Wi-Fi

Es un dispositivo electrónico que recibe una señal débil o de bajo nivel y la retransmite a una potencia o nivel más alto, de tal modo que se puedan cubrir distancias más largas. Tienen la particularidad de propagar la señal Wi-Fi recibida por parte de un emisor comúnmente por un router. De este modo dentro del ámbito de los espacios cerrados se ocupa de recibir la señal que emite el router y la propaga con el fin de cubrir las áreas donde la señal no llega. Para que cumpla con dicha funcionalidad, el repetidor Wi-Fi debe estar dentro del rango de la señal emitida por el router para poder recibirla y replicarla. El proceso de instalación es bastante sencillo y se simplifica conectando el amplificador en un enchufe para posteriormente realizar la sincronización. Normalmente este proceso se realiza de forma automática, aunque en ocasiones puede precisar de configuraciones adicionales.

En este aspecto se analiza dos alternativas de extensores Wi-Fi que se encuentra en el mercado con muy buenas características para utilizarlo en la red de los hogares del país:

- Extensor de alcance Wi-Fi AC1200

Este equipo que se aprecia en la Figura 30 se conecta a un router Wi-Fi AC o N y amplía sus redes concurrentes en los estándares 802.11ac y n hasta una zona con cobertura reducida o nula. Transmite redes concurrentes de velocidades teóricas de Wi-Fi AC a 867 Mbps +

WiFi N a 300 Mbps. Poseen tecnología MIMO y Beamforming. Cada antena tiene una ganancia de 2dBi en la banda 2.4 GHz y 3dBi en la banda 5GHz. Existe compatibilidad con los estándares 802.11 a/b/g/n/ac.



Figura 30. Extensor de alcance Wi-Fi TRENDnet TEW-822DRE

Fuente: extraído de <http://www.trendnet.com/langsp/products/wifi/AC-range-extenders-bridges/AC1200/TEW-822DRE#tabs-solution02>

También existen dispositivos como el de la Figura 31 con características similares y especiales que hoy en día ayudan mucho a las jóvenes y profesionales, por ejemplo en el trabajo con multimedia, juegos, streaming, etc.



Figura 31. Extensor de alcance WiFi Linksys RE6500 AC1200

Fuente: extraído de <http://www.linksys.com/ec/p/P-RE6500/#product-features>

5.2.5.4 *PLC Power Line*

Estos dispositivos PLC¹⁸ aprovechan la red eléctrica para convertirla en una línea digital de alta velocidad de transmisión de datos, permitiendo, entre otras cosas, el acceso a Internet mediante banda ancha.

Para establecerse una conexión con los PowerLine hacen falta como mínimo dos de adaptadores que, después de conectar cada uno a un enchufe, realizan una conexión física entre los dos, como si se hubiera instalado un cable de red entre los dos. Mencionados adaptadores cuentan con diversas conexiones RJ45, mediante las cuales se conectarán a un router, un ordenador, una consola de videojuegos, un reproductor multimedia con capacidad de conexión a Internet, etc.

Vienen también diversos modelos de adaptadores PowerLine PLC, algunos cuentan con conexión Wi-Fi propia para poder extender la capacidad inalámbrica de la red, y su costo no suele ser muy elevado contrastado con las facilidades que aportan a los hogares. Sin embargo hay algo muy importante a tener en cuenta, la calidad de la conexión que se establece depende de la bondad de la propia red eléctrica. Si la instalación es más antigua, es posible que los cables eléctricos no estén muy bien aislados del entorno, lo cual puede provocar interferencias en la comunicación. A continuación se describe algunas alternativas de PLC que se encuentran en el mercado, mismos que pueden presentar la opción de wireless o conexiones ethernet:

- PLC wireless

Con estos dispositivos como se indica en las Figuras 32 y 33 se pueden conectar el primer PLC en red a un router y luego conecte el segundo PLC inalámbrico a una toma del sistema eléctrico para ampliar una red wireless de muy buen rendimiento. Se conecta por cable una

¹⁸ Comunicaciones mediante línea de potencia

televisión inteligente, una consola de juegos o un reproductor multimedia a los puertos Ethernet del PLC wireless.

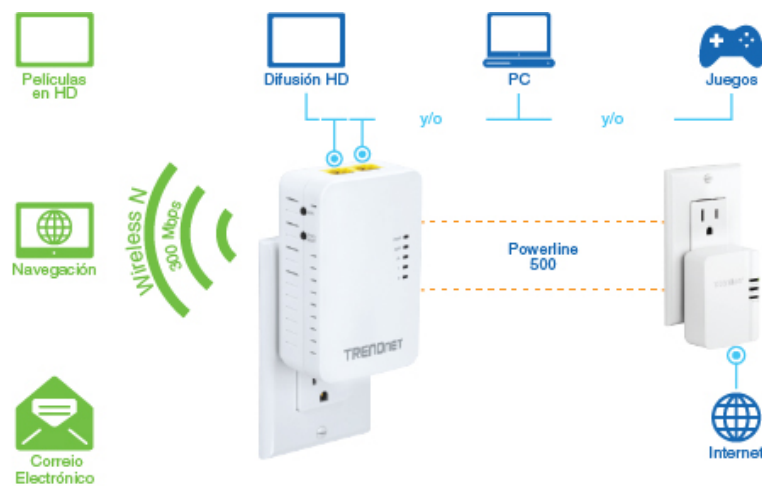


Figura 32. PLC wireless TRENDnet TPL-410AP y PLC TPL-406E

Fuente: extraído de <http://www.trendnet.com/langsp/products/powerline-500-wifi/TPL-410APK#tabsolution02>



Figura 33. PLC wireless PLE400 y PLW400

Fuente: extraído de <http://www.linksys.com/ec/p/P-PLWK400/>

- PLC con cable

Estos equipos incluyen dos adaptadores PowerLine como se aprecia en la Figura 34 para crear una red de muy buen rendimiento a partir de un sistema eléctrico existente. Se enchufa el primer adaptador y se conecta en red al router existente. Se enchufa otros adaptadores al mismo sistema eléctrico y se conectarán automáticamente con el primer adaptador para ofrecerle un acceso a Internet.

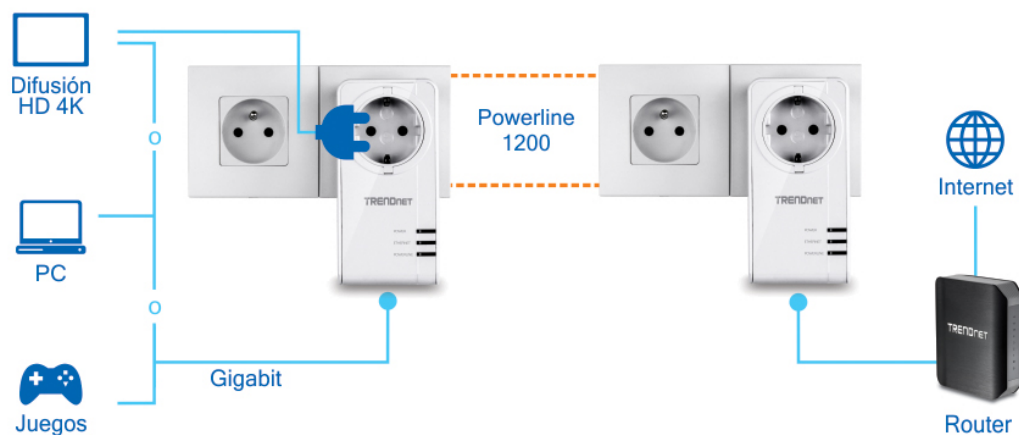


Figura 34. PLC TRENDnet TPL-421E2K

Fuente: extraído de <http://www.trendnet.com/langsp/products/powerline-1200/TPL-421E2K#tabs-solution01>

5.2.5.5 Puntos de Acceso Inalámbrico

Estos dispositivos de red interconectan equipos de comunicación inalámbricos, esto establece una red inalámbrica que interconecta terminales portátiles o tarjetas de red inalámbricas. Los puntos de acceso se utilizan en redes inalámbricas domésticas, empresariales, institucionales (educativas, públicas), etc. Las redes domésticas suelen tener sólo un AP para conectar todos los dispositivos de una casa, en su mayoría son enrutadores inalámbricos, es decir, dispositivos convergentes que incluyen el AP, un router y, a menudo, un conmutador Ethernet.

Los AP trabajan en velocidades de 54 Mbps a 300 Mbps, existen diferentes equipos donde la antena se encuentra en la parte interna y substituir no es posible. También cuentan con una seguridad con encriptación con claves WEP, WPA y WPA2, de igual manera con filtros por MAC o incluso utilizan y tienen el servidor Radius. Constan de dos características significativas en un Access Point: la potencia de su transmisor y la sensibilidad del receptor. La potencia se refiere a cuan potente la señal es irradiada hacia el equipo y se la mide en dBm, es la unidad de medida de potencia o mW (miliwatts). La sensibilidad del receptor se refiere a cuan débiles pueden llegar a ser las señales que detecta el Access Point, en esta característica se utiliza el dBm para medirla.

Aquí en la Figura 35 se considera un equipo AP recomendable que tiene buena potencia de salida y buena sensibilidad de recepción, además tiene un potente hardware. Como ejemplo se analiza los puntos de acceso UniFi que cuentan con la actual tecnología MIMO Wi-Fi 802.11n, capaz de alcanzar velocidades de 300Mbps, 6W y 27 dBm con un alcance de hasta 500 pies (152m), con escalabilidad ilimitada, antenas integradas (soporta modo MIMO 2x2 con diversidad espacial), incluye alimentador PoE, Estándar: Wi-Fi 802.11 b/g/n, rango de frecuencias 2.4Gzh.



Figura 35. Pack APs Ubiquiti UniFi AP-LR

Fuente: extraído de

http://www.norrc.com/index.php?option=com_content&view=article&id=220&Itemid=375

5.2.5.6 *Routers Inalámbricos*

Estos dispositivos han obtenido gran auge en los últimos años, equipos de red que han llevado la experiencia de las conexiones a un nivel alto, puesto que han eliminado el sistema de cableado en muchos lugares, ofreciendo conexión de red a un ordenador o a un grupo de ordenadores y aportando libertad y movilidad a los equipos informáticos conectados en red.

Algunos tipos de routers (ADSL e inalámbricos) reciben la señal de banda ancha mediante un cable DSL, para luego procesarla y enviarla mediante ondas radioeléctricas, luego son distribuidas a todo el perímetro de influencia del dispositivo, llegando la señal a cualquier equipo que se encuentre dentro de la rango de esta. Luego de forma inversa, cuando un equipo conectado de manera inalámbrica envía información, ésta llega al router en forma de

señal radioeléctrica y es procesada dentro del dispositivo, hasta ser convertida en una señal digital, que es enviada al servidor mediante un cable DSL. Todo esto son procesos sumamente rápidos y ocurren en microsegundos.

Estos equipos están compuestos por una entrada de cable RJ11 que los conecta a la red, comúnmente 4 puertos RJ45 y un sistema de antena que realiza el enlace inalámbrico de los equipos que se requiere conectar al servicio de Internet o, a la red interna de una empresa, institución u hogar, según sea el caso.

Existe una amplia variedad de modelos de equipos de red inalámbricos, los cuales varían según las características técnicas de cada uno de ellos. Al optar por un modelo, es primordial tener claro el uso que se le va a dar y la cantidad de equipos que se van a conectar. De este modo, se logrará obtener un dispositivo de alto rendimiento que se acomode a sus necesidades y que le ofrezca la fuerza de señal requerida. Entre las principales marcas de routers inalámbricos que podemos encontrar en el mercado, tenemos: TP-Link, Belkin, Netgear, TRENDnet, Linksys y 3bumen. A continuación se pone en consideración un router que tiene muchas ventajas:

- Router 3Bumen, Rompemuros

Es un dispositivo inalámbrico compatible con los estándares 802.11b/g/n, se lo usa con redes o adaptadores Wi-Fi 802.11 N, alcanza velocidades de hasta 300 Mbps gracias al uso de la tecnología MIMO 2T2R, tiene 3 antenas SMA de 5dBi desmontable como se indica en la Figura 36, banda 2.4 GHz, trabaja como router, access point y repetidor. Se puede conectar el Xbox 360 u otro equipo con los puertos de red RJ45 e inalámbricamente a tu red Wi-Fi existente.

También tiene la función de un dispositivo repetidor, ver Figura 37, si se activa el modo repetidor, aumenta la cobertura de una red ya existente repitiéndola, así el SSID que se desee

y es muy usado para conectar el BlueRay, smart TV o similares inalámbricamente a internet o la red conectándolos a cualquiera de los puertos RJ45 del router.

Estos equipos inalámbricos pueden ayudar de una manera significativa para implementar una red propia en los hogares, puesto que al instalar a la par del router del ISP se puede obtener control de la red. Con esto se adquiere la libertad en configuración, ubicación, implementación de más dispositivos wireless y en general la administración del servicio de internet.



Figura 36. Rompemuros 3 antenas c/u 5dBi

Fuente: extraído de http://www.3bumen.com/es/iproductos/ver/95/rompemuros_2014_3_antenas/



Figura 37. Rompemuros Repetidor

Fuente: autor

5.3 ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS WIRELESS

5.3.1 Redes Wi-Fi y sus velocidades en hogares

Por los años 1999 diferentes representativos productores de soluciones inalámbricas crearon una organización llamada WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance, Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica) cuyo objetivo conseguir promover la compatibilidad de los equipos inalámbricos desarrollados bajo dicho estándar. Algunos años después, esta organización WECA renova su nombre a Wi-Fi Alliance. Los diferentes equipos que cumplen con la norma IEEE 802.11 son comercializados con la denominación Wi-Fi (no es una abreviatura de Wireless Fidelity, solo es un nombre comercial) lo que certifica la compatibilidad con los demás dispositivos que se encuentran en el mercado.

Desde aquellos tiempos se han publicado diversas versiones con varias mejoras hasta conseguir en la actualidad el estándar IEEE 802.11ac publicada en el mes de enero de 2014. A continuación en la Tabla 9 se hace un resumen de todas las versiones.

Tabla 9

Versiones del estándar 802.11

Estándar	Nombres Comerciales	Año	Velocidad Máxima Teórica
IEEE 802.11	-	1997	2 Mbps
IEEE 802.11a	802.11a	1999	54 Mbps
IEEE 802.11b	802.11B, Wi-Fi B	1999	11 Mbps
IEEE 802.11g	802.11G, Wi-Fi G	2003	54 Mbps
IEEE 802.11n	802.11N, Wi-Fi N	2009	600 Mbps (4x4 MIMO, 2.4 o 5 GHz)
IEE 802.11ac	802.11AC, Wi-Fi AC	2014	1.3 Gbps

Fuente: autor

En este apartado se efectúa un análisis de la versión más conocida en la actualidad, misma que comercialmente se le denomina como Wi-Fi N. Esta versión aumenta considerables características en relación al anterior estándar 802.11G que pueden lograr un notable rendimiento de las WLAN. Lo sustancial de todo esto se conoce como MCS (Modulation and Coding Scheme, Esquema de Modulación y Codificación). Esta técnica especifica el valor de

varios parámetros de la transmisión que intervienen de forma directa en la velocidad máxima alcanzada, es decir, en el rendimiento de las conexiones Wi-Fi.

Como vimos en el apartado 5.1.10.4 la parte técnica sobre esta característica, aquí se va a simplificar acerca del estándar IEEE 802.11n que define hasta 77 MCS, es decir, 77 modos de operación diferentes y cada uno de ellos brinda hasta 4 velocidades máximas teóricas, claro esto depende del ancho del canal utilizado y del GI¹⁹. Esto llevando a la práctica sólo se han aplicado 32 de esos modos, comenzando por el modo más bajo el 0, este modo proporciona una velocidad máxima teórica de 6.50 Mbps (canal de 20 MHz y un GI de 800ns). Con respecto al modo más alto, el 31, brinda una velocidad teórica máxima de 600 Mbps (canal de 40 MHz y GI de 400ns), la velocidad de 600 Mbps se considera la máxima de la norma IEEE 802.11N como se aprecia en la Figura 38.

Sólo los 16 primeros modos del MCS son exigidos en los APs o routers inalámbricas. Y tan solo los 8 primeros son necesarios para los equipos cliente, tales como computadoras portátiles, teléfonos inteligentes, tabletas, etc. Todos los demás modos son opcionales.

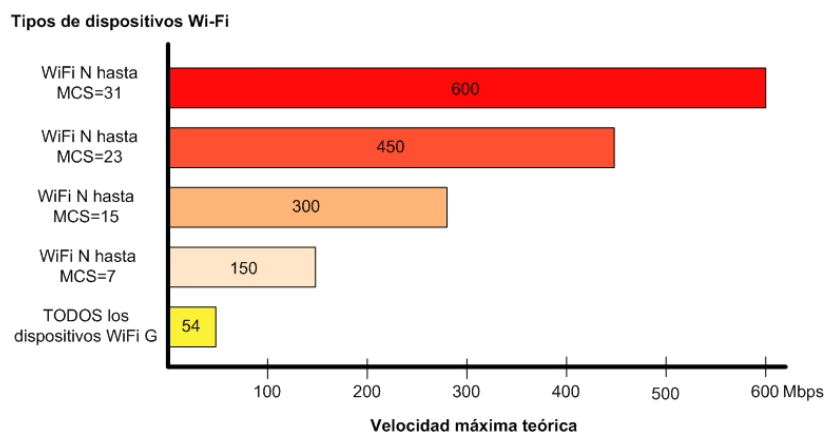


Figura 38. Modos MCS y Velocidades

Fuente: extraído de <http://redestelematicas.com/wp-content/uploads/2014/08/Figura-01.-Tabla-comparativa-g-y-modos-n.jpg>

En la figura anterior se muestra un análisis comparativo de la velocidad de los diferentes dispositivos Wi-Fi G y N, de igual manera se analiza que para Wi-Fi G existe una sola posible configuración, mientras que para Wi-Fi N se puede determinar hasta 4

¹⁹ Intervalo de Guarda

configuraciones diferentes, cada MCS con unas velocidades máximas definidas en función de los modos implementados. Únicamente el equipo Wi-Fi N que implemente todos los modos operativos, del 0 al 31, podrá utilizar la velocidad máxima teórica de 600 Mbps.

5.3.1.1 MCS en Wi-Fi N

Una vez que se realice la comunicación entre un router inalámbrico o un access point y un dispositivo cliente Wi-Fi, lo hacen a través de una negociación del MCS máximo que admiten las condiciones de transmisión y las características de los equipos, empieza con el más alto MCS posible. Cuando esa operación se da, existe un inconveniente que puede reducirse el MCS debido a las condiciones de transmisión, tales como la distancia, obstáculos, interferencias, etc. entre los dispositivos.

El esquema de modulación y codificación máximo utilizado en una comunicación Wi-Fi N, en diferentes entornos, con obstáculos, interferencias óptimas y distancia viene marcado por el dispositivo con el MCS más bajo. Si se intenta realizar las comunicaciones con un access point o router inalámbrico que implemente el MCS máximo, el 31 y que alcance hasta 600 Mbps, con un cliente Wi-Fi N (teléfono inteligente) que implemente hasta el MCS 7, la velocidad máxima teórica de esa comunicación será tan solo de 150 Mbps, que es la que proporciona un MCS de 7, ver Figura 39.



Figura 39. Modo MCS máximo

Fuente: extraído de <http://redestelematicas.com/wp-content/uploads/2014/08/Figura-02.-Transmision-con-diferentes-modos-wifi-N.jpg>

5.3.1.2 Wi-Fi N en los Hogares

Como se vio anteriormente los beneficios de las redes Wi-Fi N dependen de las especificaciones técnicas implementadas en los dispositivos. El MCS utilizado en una comunicación Wi-Fi lo establecerá el dispositivo con menores prestaciones.

En la mayoría de los hogares del país con redes Wi-Fi N son llevadas a cabo mediante routers inalámbricos de gama baja, los proveedores de servicios de internet conocidos como ISP dejan instalados a sus clientes. Esto implica que implementan el mínimo número de modos MCS exigido por el estándar, que como hemos visto, es de 15, ver Figura 40. En consecuencia, la velocidad máxima teórica que permiten la mayoría de los routers residenciales brindados por los proveedores es de 300 Mbps. De la misma manera ocurre con los dispositivos inalámbricos clientes, como laptops, smartphones, tablets, etc. los cuales en su mayoría implementan de forma similar, el mínimo número de modos MCS exigido en el estándar, que en este caso es de 8. Con estas evaluaciones, llevado a la práctica restringe las velocidades máximas teóricas en las conexiones Wi-Fi N de los hogares a 150 Mbps.

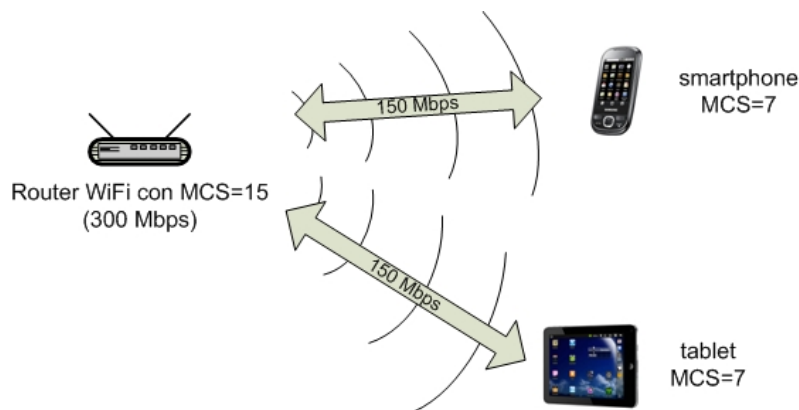


Figura 40. Router Wi-Fi N

Fuente: extraído de <http://redestelematicas.com/wp-content/uploads/2014/08/Figura-03.-Entorno-residencial-modos-wifi-N.jpg>

Adicionalmente del modo MCS utilizado en las comunicaciones Wi-Fi, el ancho de banda del canal es otro parámetro que interviene de forma significativa en la velocidad máxima teórica. La norma IEEE 802.11n permite usar dos anchos de banda, tanto de 20 como de 40 MHz, el ancho de 20 MHz se utilizaba en el estándar Wi-Fi G y el ancho de 40 MHz fue

agregado en Wi-Fi N y admite velocidades de transferencia mayores para el mismo MCS, no obstante, en la práctica se utiliza pocas veces debido a que primeramente no es obligatoria su implementación y algunos dispositivos Wi-Fi no lo implementan, y otra que un canal de 40 MHz es más sensible a sufrir interferencias, principalmente en entornos residenciales donde puede existir más redes Wi-Fi cercanas.

5.3.2 Dispositivos Wi-Fi

En la actualidad existen diversos dispositivos Wi-Fi, mismos que se los puede dividir en dos grupos: dispositivos de distribución o de red (enrutadores o routers, puntos de acceso APs, repetidores, extensores y PLC) y los dispositivos terminales (tarjetas receptoras internas PCI o USB) para conectar a la computadora personal.

5.3.2.1 Dispositivos de distribución o de red

5.3.2.1.1 Puntos de Acceso

Estos equipos permiten conectar dispositivos de forma inalámbrica a una red existente, generando así un set de servicio (red Wi-Fi), y además se puede añadir más APs a esa red para formar redes de cobertura más extensas, o también se puede conectar antenas con especificaciones altas que amplifiquen la señal. A continuación se describe algunas de las características técnicas de un AP importante para lograr cobertura en un área determinada (oficinas, domicilios), por ejemplo, AP Ubiquiti-UniFi LR que se aprecia en la Figura 41:

- Es una solución Wi-Fi escalable para empresas, hogares grandes, fácil de implementar y administrar
- Tiene 2 Antenas Integradas de 3dBi (soporta modo MIMO 2x2 con diversidad espacial)
- Max TX Power 27 dBm
- Potencia de 501.187 mW
- Estándar 802.11 b/g/n

- Banda de operación 2.4 GHz
- Alcanza velocidades de 300Mbps y enlaces de hasta 400 pies (120m)
- BSSID hasta 4 por radio
- Seguridad inalámbrica WEP, WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i
- Tasas de transferencias soportadas (Mbps)
 - 802.11n MCS0 - MCS15 (6.5 Mbps to 300 Mbps), HT 20/40
 - 802.11b 1, 2, 5.5, 11
 - 802.11g 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54
- Fuente de Alimentación POE 24V, 0.5A



Figura 41. AP Ubiquiti-UniFi LR

Fuente: extraído de <https://www.ubnt.com/enterprise/#unifi>

5.3.2.2 Router Wi-Fi

Los routers inalámbricos son equipos compuestos, especialmente diseñados para redes pequeñas, hogares o pequeñas oficinas. Dispositivos compuestos que incluyen, un enrutador que interconecta redes, por ejemplo, la red de un domicilio con Internet y un AP. Conmutador que admite conectar varios equipos vía cable, mediante Ethernet y USB, que cumple una función relevante, la de tomar la conexión a Internet y brindar a través de ella acceso a todos los dispositivos que se conecte, sea de forma física o inalámbrica. A continuación se describe algunas de las características técnicas de un router inalámbrico importante para lograr cobertura en un área determinada (oficinas, domicilios), router inalámbrico Wi-Fi 3bumen se indica en la Figura 42:

- 3 antenas desmontables de 5dBi cada una con conector SMA
- Potencia de 1000mW (con modificación de frecuencia).
- Con Modo Repetidor y de fácil configuración.
- Con tecnología 802.11n, compatible hacia atrás con 802.11b/g.
- Alcanza velocidades de hasta 300Mbps
- Banda de operación 2.4 GHz
- Soporta y gestiona el nuevo protocolo de direccionamiento IPv6
- Soporta varios sistemas de seguridad: WEP, WPA, WPA2, WPA2-PSK, WPA2-AES, RADIUS y WPS.
- Opera como Router, Access Point o como Cliente Inalámbrico.
- Tiene 4 Redes inalámbricas programables.
- Tecnología P.O.E (Power Over Ethernet)
- 4 Puertos LAN 10/100 Mbps Ethernet
- 1 Puerto WAN 10/100 Mbps Ethernet



Figura 42. Router Rompemuros 3bumen

Fuente: extraído de http://www.3bumen.com/es/iproductos/ver/95/rompemuros_2014_3_antenas/

5.3.2.3 Repetidores

Estos dispositivos inalámbricos se utilizan para extender la cobertura de una red inalámbrica, equipos que utilizan una red existente que presentan una señal más débil y luego

permite crear una señal limpia que conecta otros equipos dentro de su alcance. Ciertos repetidores también cuentan con la función de AP. A continuación se describe algunas de las características técnicas de un repetidor, dispositivo que logra extender la cobertura en un área determinada (oficinas, domicilios), por ejemplo, Router-Repetidor Rompemuros 3bumen se muestra en la Figura 43:

- Cuenta con 1 o 2 antenas desmontables de 5dBi cada una con conector SMA
- Potencia de 1000mW (modificación de Frecuencia).
- Repetidor de fácil configuración.
- Con tecnología 802.11n y es compatible con 802.11b/g.
- Alcanza velocidades de hasta 300Mbps
- Banda de operación 2.4 GHz
- Soporta y gestiona el nuevo protocolo de direccionamiento IPv6
- Soporta varios sistemas de seguridad: WEP, WPA, WPA2, WPA2-PSK, WPA2-AES, RADIUS y WPS.
- Tecnología P.O.E (Power Over Ethernet)
- 4 Puertos LAN 10/100 Mbps Ethernet
- 1 Puerto WAN 10/100 Mbps Ethernet



Figura 43. Repetidor 3bumen

Fuente: autor

5.3.2.4 *Extensor*

Los extensores inalámbricos son dispositivos que utilizan frecuencias de radio para transmitir datos. Un equipo como el router inalámbrico transmite los datos a un dispositivo conectado a la red, como una laptop, tablet, smartphone o una impresora preparada para la red. Estas señales de radiofrecuencia emitidas por el router poseen una distancia máxima que pueden viajar, pero si el dispositivo se encuentra lejos del router, no va a poder alcanzar la señal wireless. Los extensores inalámbricos se colocan entre el router y el dispositivo para capturar las señales, estas se amplifican y retransmiten a la red. Este proceso permite una mayor área de la red sin necesidad de cableado físico. A continuación se describe algunas de las características técnicas de un extensor, dispositivo que logra repetir y ampliar la cobertura en un área determinada (oficinas, domicilios), por ejemplo, Extensor de alcance WiFi TEW-822DRE, ver Figura 44:

- Extensor de alcance (repetidor) y punto de acceso
- Tecnología de antenas MIMO, Beamforming
- 2 antenas dipolo de banda dual de 2dBi; 5G: 3 dBi; 2.4G: 2 dBi
- IEEE 802.11ac (hasta 867 Mbps)
IEEE 802.11b
IEEE 802.11g
IEEE 802.11n (hasta 300 Mbps)
- Hasta 4 SSID adicionales
- IPv6 (Link local, estático, SLAAC/DHCPv6)
- Encriptación wireless: WEP, WPA/WPA2-PSK, WPA/WPA2-RADIUS
- Puerto Gigabit Ethernet



Figura 44. Extensor de Wi-Fi TEW-822DRE

Fuente: extraído de <http://www.trendnet.com/langsp/products/wifi/AC-range-extenders-bridges/AC1200/TEW-822DRE#tabs-solution01>

5.3.2.5 PLC Power Line

Los dispositivos PLC son una tecnología en la que se puede usar el cableado eléctrico doméstico como medio de transmisión de señales. Las tecnologías HomePlug y HomePlug AV, son los dos estándares más populares empleados en los domicilios, sin necesidad de instalar cableado adicional. Como la red eléctrica ya está implementada, no es necesario ningún tipo de obra civil, la mayor parte del cableado existente puede aprovecharse, y solamente es necesario su reemplazo si las redes están deterioradas, los cables se encuentran en mal estado o tienen empalmes mal hechos. A continuación se describe algunas de las características técnicas de un PLC TRENDnet, dispositivo que logra repetir y ampliar la cobertura en un área determinada (oficinas, domicilios), PLC Kit wireless 500 PowerLine TPL-410APK, 1 TPL-410AP y 1 TPL-406E, ver Figura 45:

- 2 puertos 10/100 Mbps (TPL-410AP)
- Estándares (TPL-410AP)

IEEE 802.3

IEEE 802.3u

IEEE 802.3x

IEEE 802.3az

IEEE 802.11b

IEEE 802.11g

IEEE 802.11n (hasta 300 Mbps) IEEE 1901/HomePlug® AV (TPL-410AP)

- PowerLine: Un hogar de hasta 465 m² o una distancia lineal de 300 m a través de las líneas de alimentación eléctrica ** (TPL-410AP)
- Cifrado wireless hasta WPA2, cifrado PowerLine: 128-bit AES (Encriptación avanzada estándar) (TPL-410AP)
- Ganancia de la antena 2.4 GHz: 2 x 3 dBi (TPL-410AP)
- Estándares (TPL-406E)

IEEE 802.3

IEEE 802.3u

IEEE 802.3x

IEEE 1901/HomePlug® AV

- 1 Puerto 10/100 Mbps (TPL-406E)
- 128-Bit AES (Encriptación avanzada estándar) (TPL-406E)
- Certificación CEF, CC



Figura 45. PowerLine TPL-410AP y 1 TPL-406E

Fuente: extraído de http://www.trendnet.com/langsp/products/proddetail?prod=185_TPL-410APK#tabs-solution02

5.3.2.2 *Dispositivos terminales*

Estos dispositivos abarcan: tarjetas PCI, USB y antenas.

5.3.2.2.1 *Tarjetas PCI para Wi-Fi*

Estos dispositivos vienen de fábrica o se agregan a los ordenadores de sobremesa. Dentro de este grupo también pueden agregarse las tarjetas MiniPCI que vienen integradas en casi cualquier computador portátil disponible hoy en el mercado. Son tarjetas para expansión de capacidades que sirven para enviar y recibir datos sin la necesidad de cables en las redes inalámbricas de área local WLAN, esto es entre redes inalámbricas de computadoras. La tarjeta de red se inserta dentro de las ranuras de expansión ó slots integradas en la tarjeta principal Motherboard y se atornilla al gabinete para evitar movimientos y por ende fallas.

A continuación se describe algunas de las características técnicas de una tarjeta PCI TRENDnet, dispositivo que permite una buena recepción de datos de la red, así como para su envío desde una PC (oficinas, domicilios), adaptador PCIe wireless de banda doble, ver Figura 46:

- Estándares
 - PCI Express 1.0a
 - IEEE 802.11a
 - IEEE 802.11b
 - IEEE 802.11g
 - IEEE 802.11n (hasta 300 Mbps)
 - IEEE 802.11ac (hasta 867 Mbps)
- 2 conectores de antena RP-SMA
- Encriptación wireless: WEP, WPA/WPA2-PSK, WPA/WPA2-RADIUS
- Frecuencia
 - 2.4 GHz: (FCC) 2.412 – 2.462 GHz, (ETSI) 2.412 – 2.472 GHz

5 GHz: (FCC) 5.745 - 5.825 GHz, (ETSI) 5.150 – 5.250 GHz/5.260 – 5.320 GHz/5.500 – 5.700 GHz

- 2.4 GHz/5 GHz: 2 de 5 dBi (máx.) de banda dual externa/desmontable
- Cable alargador de 1 m (3.3 pies)
- Compatible con ranura PCI Express (PCIe)



Figura 46. Adaptador PCIe wireless de banda doble TEW-807ECH

Fuente: extraído de http://www.trendnet.com/images/products/photos/TEW-807ECH/tew-807ech_d04_2.jpg

5.3.2.2.2 Adaptador USB Wireless

Estos dispositivos Wi-Fi son los más comunes que existen en los locales tecnológicos y es muy fácil de conectar a una computadora de escritorio o laptop, aprovechando importantes ventajas que tiene la tecnología USB. Actualmente se puede encontrar tarjetas USB con el estándar 802.11N y 802.11ac que es el último estándar liberado para redes inalámbricas.

A continuación se describe algunas de las características técnicas de una tarjeta USB TRENDnet, dispositivo que permite una buena recepción de datos de la red, así como para su envío desde una PC o laptop, para oficinas y domicilios, adaptador USB Wireless de banda doble TEW-805UB, ver Figura 47:

- Estándar USB 3.0, 2.0, 1.1
- Antena interna de 2
- Encriptación

64/128-bit WEP, WPA / WPA2-RADIUS, WPA / WPA2-PSK (AES/TKIP)

- Transmisión de datos (auto fallback)

802.11a: Hasta 54 Mbps

802.11b: Hasta 11 Mbps

802.11g: Hasta 54 Mbps

802.11n: Hasta 300 Mbps (tanto para 2.4 como 5 GHz)

802.11ac: Hasta 867 Mbps



Figura 47. Adaptador USB Wireless de banda doble TEW-805UB

Fuente: extraído de <http://www.trendnet.com/langsp/products/wifi/AC-adapters/AC1200/TEW-805UB#tabs-solution03>

5.3.2.2.3 Antena SMA

Este dispositivo es una antena que utiliza un conector SMA y es compatible con la mayoría de Routers, Access Point o Tarjetas de Red de cualquier marca. Es una antena de escritorio omnidireccional comúnmente opera en la banda de 2.4-2.5 GHz que en gran medida amplía la cobertura inalámbrica y ofrece un rendimiento inalámbrico mucho mejor. Con esta se realiza la sustitución de la antena Wi-Fi y aumentará el alcance y la potencia de la señal Wi-Fi con el reemplazo directo por la antena que viene con el router (tener en cuenta que el aumento de la intensidad de la señal depende sobre todo de su router o adaptador, esto ayuda, pero no puede transmitir o recibir el poder que su módem o adaptador no tiene). A continuación se describe algunas de las características técnicas de la antena SMA 3bumen,

dispositivo que permite una buena recepción de datos de la red, así como para su envío, por ejemplo, antena BIG 12 3bumen, ver Figura 48:

- Ganancia: 9dBi
- Conector SMA
- Frecuencia: 2400MHz ~ 2500MHz
- Impedancia: 50 Ohms
- Polarización: Lineal, Vertical
- Compatible con 802.11b/g/n
- ROHS Compliant



Figura 48. Antena SMA

Fuente: extraído de

<http://www.pagegear.co/es/dominios/3bumen/upload/contents/images/Productos/big12/antbig12.jpg>

5.3.3 Cuadro comparativo de las alternativas Wi-Fi para hogares

En este punto del trabajo ya se cuenta con varios dispositivos importantes que son necesarios para tener y realizar una comparación entre las diferentes alternativas Wi-Fi para los domicilios del país, para así lograr extender la señal wireless por todas las áreas de la casa. También se pone a consideración aspectos como:

- Fundamentos de los estándares Wi-Fi
- Medio físico (con o sin cable) para extender la señal
- Ganancia de las antenas
- Puertos
- Sistemas de seguridad
- Modos de Operación

- Redes disponibles SSID
- Velocidades de transmisión

Estos aspectos serán considerados en el momento del diseño de una red WLAN para los domicilios, en la que cuyo objetivo será la de dar cobertura de la red inalámbrica a todas sus áreas.

En la siguiente tabla se realiza una comparativa de las características principales de las tecnologías para WLAN mencionadas anteriormente:

Tabla 10

Cuadro comparativo de las diferentes alternativas tecnológicas para ampliar la red wireless del hogar

	PLC POWER LINE		EXTENSOR DE WIRELESS		ANTENAS INALÁMBRICAS				AP PUNTO DE ACCESO	ROUTER ROMPEMUROS
Características	CISCO	TRENDnet	CISCO	TRENDnet	TRENDnet Adaptador PCIe wireless	TRENDnet Adaptador. USB Wireless	TP-LINK Omnidireccional para interior de 8 dBi (Router o PC)	3BUMEN Omnidireccional para interior de 8 dBi (Router o PC)	UBIQUITI	3BUMEN
INTERFACES	1 puerto (10/100) Mbps	2 puertos 10/100 Mbps	4 puertos Gigabit Ethernet	1 Puerto Gigabit Ethernet	PCI Express x1, se conecta a slots de PCs	Estándar USB 3.0, 2.0, 1.1	RP-SMA conector macho, trabaja con conector RP-SMA hembra	RP-SMA conector macho	1 puerto 10/100 Mbps	4 puertos LAN y 1 puerto WLAN (10/100 Mbps)
ESTÁNDAR	HOMEPLUG AV, IEEE 802.11B 802.11G 802.11N 802.3 802.3U	IEEE 802.3 IEEE 802.3u IEEE 802.3x IEEE 802.3az IEEE 802.11b IEEE 802.11g IEEE 802.11n IEEE 802.11n 1901/HomePlug® AV	IEEE 802.11a IEEE 802.11b IEEE 802.11g IEEE 802.11n IEEE 802.11ac	IEEE 802.3 IEEE 802.3u IEEE 802.3ab IEEE 802.3az IEEE 802.11a IEEE 802.11ac IEEE 802.11b IEEE 802.11n	IEEE 802.11a IEEE 802.11b IEEE 802.11g IEEE 802.11n IEEE 802.11ac	IEEE 802.11a, IEEE 802.11ac (draft) IEEE 802.11b IEEE 802.11g IEEE 802.11n	RoHS, WEEE 802.11b 802.11g 802.11n	802.11b 802.11g 802.11n	Estándar Wi-Fi 802.11 b 802.11g 802.11n*	Estándar Wi-Fi 802.11 b 802.11g 802.11n
GANANCIA DE LA ANTENA	2,4 GHz	2.4 GHz: 2 x 3 dBi Banda de frecuencia 2-68 MHz	2,4 - 5 GHz	2 antenas dipolo de banda dual de 2dBi 5G: 3 dBi 2.4G: 2 dBi	2.4-5 GHz: 2 de 5 dBi (máx.) de banda dual externa/desmontable	2.4 GHz 5 GHz Antena interna de 2	Antena omnidireccional de 8 dBi, rango frecuencia 2.4~2.4835GHz	Frecuencia: 2400MHz ~ 2500MHz	2 antenas integradas de 3dBi, 2x2 MIMO	3 antenas desmontables de 5dBi,

VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	HomePlug AV 200Mbps, 802.11N	802.11b 11Mbps 802.11g 54Mbps 802.11n 300Mbps	802.11ac (hasta 867 Mbps)	IEEE 802.11ac (867 Mbps) IEEE 802.11n (hasta 300 Mbps)	IEEE 802.11n (hasta 300)	802.11b 11Mbps 802.11g 54Mbps 802.11n 300Mbps 802.11ac 867Mbps	Depende del dispositivo wireless	Depende del dispositivo wireless	802.11b 11Mbps 802.11g 54Mbps 802.11n 300Mbps	802.11n, alcanza velocidades de hasta 300Mbps
MEDIO FÍSICO	Energía eléctrica, Conectividad inalámbrica y con cable	Energía eléctrica, Conectividad inalámbrica y con cable	Inalámbrico, tener al 50 % de la señal Wi-Fi del router a extender	Inalámbrico, tener al 50 % de la señal Wi-Fi del router a extender	Se conecta a red wireless AC y N Antena con cable de 1m	Conexión con el equipo mediante puerto USB 3.0	Se conecta a router y PC Antena con cable de 1.30 m	Se conecta a router y PC Antena desmontable	Conexión vía cable cobre, puerto RJ45 desde switch o router	Conexión vía cable cobre, inalámbrica, puerto RJ45 desde switch o router

Fuente: autor

5.3.4 Conclusiones

La cobertura de una conexión Wi-Fi doméstica depende del tipo de router, punto de acceso o repetidor a utilizar. A continuación se hace mención algunos factores que determinan el rango de la utilización de los diferentes dispositivos Wi-Fi:

- Los dispositivos PLC son una opción bastante aceptable en sus características técnicas y físicas para su implementación en los hogares y así expandir la señal inalámbrica, pero depende del estado de las conexiones eléctricas y además es propenso el equipo a sufrir daños por la subida y bajada de tensión eléctrica, puesto que no cuenta con un regulador de voltaje.
- Un extensor inalámbrico se podría implementar en la red del domicilio para expandir la señal wireless, pero depende del router del ISP para su funcionamiento es decir no mantiene una independencia de red, configuración y ubicación.
- La utilización de adaptadores USB en las laptops y PCIe en las PCs son una alternativa bastante significativa en el momento de captar la señal inalámbrica y así aumentarla. Estos dispositivos se los utilizaría en lugar de las tarjetas de red inalámbrica que vienen instalados por defecto en las computadoras portátiles o instalarlas en las computadoras de escritorio.
- Los puntos de acceso inalámbrico en una opción bastante importante en la creación de una nueva red inalámbrica en los hogares del país, muchos de ellos incluso son escalables que trabajan con la misma SSID, pero sus costos son elevados y deben ser conectados mediante cables a sus puertos ethernet. Además de igual manera que los extensores estos equipos dependen de los router de los ISP en configuración y red.

- El router inalámbrico es una alternativa loable en la implementación de una nueva red inalámbrica en los domicilios, puesto que presenta autonomía en la creación de una nueva red wireless, con esto se logra independencia en la configuración, ubicación y en sí la red. Además presenta diferentes especificaciones técnicas que se debe tomar en cuenta al momento de su instalación tales como: interfaces del dispositivo, estándares, potencia de transmisión, modos de operación y funcionamiento, tecnología y ganancia de las antenas, bandas de operación, entre otros. Junto a este dispositivo se puede utilizar un extensor de señal inalámbrica, cuyo conjunto de equipos lograría cubrir de la red wireless todas las áreas del hogar.

5.4 DISEÑO DE UNA RED DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICA WLAN PARA EL HOGAR ECUATORIANO

5.4.1 Introducción

La mayoría de los hogares ecuatorianos tienen generalmente los equipos que dejan instalados los proveedores del servicio de internet ISP, tecnología ADSL, router inalámbrico con el estándar 802.11n, que suele proporcionar conectividad en la banda de 2,4 GHz y las conexiones ethernet disponibles con uno o cuatro puertos, estos suelen ser de tipo 10/100 Mbps. Este router inalámbrico emite una señal wireless de radio promedio, dispositivo que si se encuentra situado en un lugar alejado, los receptores (laptops, smartphone, tablets, etc.) que requieran de su señal no van a poder conectarse, puesto que la intensidad de la señal wireless será muy baja. Con esto los usuarios que requieran conectarse a la red tendrán que acercarse lo suficiente al equipo emisor de las ondas electromagnéticas para poder navegar.

El presente capítulo a desarrollarse tiene como objetivo principal lo siguiente:

- Elaborar una solución de infraestructura de red inalámbrica de manera que se logre cubrir con las áreas físicas del hogar.
- Llegar a cada usuario del domicilio con buen servicio de internet y datos según sus requerimientos, dentro de un entorno acogedor y confiable en el que puedan trabajar todos/as en un medio seguro.
- Dar las seguridades necesarias a la red para que personas no autorizadas no puedan tener acceso inalámbrico sin los debidos permisos necesarios.
- Brindar las seguridades de bloquear accesos a páginas web no permitidas, por ejemplo a menores de edad a páginas web de adultos, facebook, etc.
- Realizar la instalación del Router y repetidor Wi-Fi en lugares adecuados sin interferencias (bluetooth, microondas), con análisis de la emisión de la calidad de la señal inalámbrica y seguridad de los equipos en cuanto a la tensión eléctrica.

5.4.2 Consideraciones del Diseño

Para el diseño de una WLAN se deben tomar en consideración algunos factores que son bastante pertinentes.

5.4.2.1 La Frecuencia de Operación

En este apartado tenemos la frecuencia de operación de los router inalámbricos instalados en los hogares por los proveedores ISP, mismos que trabajan en la banda de frecuencia 2.4 GHz, con los canales del 1 al 13, de los cuales los canales que no producen solapamiento entre si son tres, 1 (2412 MHz) ,6 (2437MHz) y 11 (2462MHz). El canal que dejan por defecto seleccionado es el canal 11 (2462 MHz).

La banda de frecuencia 2.4 GHz que no tiene licencia se ha tornado en estos últimos tiempos bastante ruidosa especialmente en zonas urbanas, puesto que existe una alta penetración de las WLAN y otros equipos que utilizan similar rango de frecuencia, dispositivos como teléfonos inalámbricos, dispositivos Bluetooth y hornos de microondas. La ventaja que brinda la banda de 5 GHz es la de tener menos interferencia, pero también tiene algunos problemas debido a su naturaleza. Las ondas en este rango son de alta frecuencia por ende son más sensibles a la absorción que las ondas de baja frecuencia. Las ondas en los 5 GHz tienen características particulares como la sensibilidad al agua, u otros objetos, debido a la alta absorción en este rango. Por ende, una red con el estándar 802.11a es más restrictiva en lo que se refiere a la línea de la vista y se hace necesario más APs para cubrir la misma área que una red con el estándar 802.11b. Para la misma potencia de transmisión las celdas resultantes son más pequeñas.

5.4.2.2 Compatibilidad de Tecnología

El router instalado por los ISP en el hogar debe ser compatible con el router que se va implementar para el nuevo diseño de la red domiciliaria. Si el dispositivo proveído por el ISP es con tecnología N, el router inalámbrico, APs o extensor a instalar debe cumplir con los

estándares de esta tecnología, debe ser de igual manera N. En este estudio se va a implementar un router inalámbrico y un repetidor de señal wireless con estándar 802.11 n.

5.4.2.3 Estado Actual

Un hogar estándar del país cuenta comúnmente con dos pisos. El ISP deja instado el servicio de internet con tecnología ADSL router inalámbrico como se aprecia en la Figura 49, en el sitio que el usuario requiera no es analizado la arquitectura del domicilio para la ubicación adecuada del router y así tratar de cubrir más áreas.



Figura 49. Servicio de internet ISP
Fuente: autor

5.4.2.3.1 Áreas de Cobertura

Habitualmente cuando se aumenta la frecuencia el rango de cobertura de la señal disminuye, de manera que la frecuencia de operación de 5 Ghz generalmente tiene menor rango de cobertura que la de 2.4 Ghz. Con esto si se utiliza el estándar 802.11a se requiere un número mayor de AP's para extender la cobertura y esto implica un mayor costo. Por otro lado, el estándar 802.11b tiene una mayor cobertura, aunque con un menor ancho de banda. Tomando en cuenta que el Access Point o router inalámbrico se va instalar en interiores, el rango de cobertura en cubículos cerrados es de 20 metros, en cubículos abiertos de 30 metros. En pasillos y corredores de hasta 45 metros. El uso de antenas con mayor ganancia aumentará considerablemente la cobertura. Además se debe considerar los obstáculos que se presenten en la transmisión de la señal, se habla entonces de diversos materiales tales como: madera, ladrillo, tabla y roca. Ciertos materiales reflejan las señales sin problema como la madera y la

tabla y roca, lo cual puede extender la cobertura de la WLAN. Otros materiales como el concreto con varilla, acero y cemento absorben o atenúan la potencia de la señal disminuyendo la cobertura.

A continuación en las Figuras 50, 51 y 52 se realiza un análisis de la cobertura de la red wireless del router brindado por el ISP en cual se demuestra que no cubre todas las áreas del hogar con un porcentaje de una señal aceptable (0: señal ideal, difícil de lograr en la práctica, -40 a -60: señal idónea, -60: enlace bueno, -70: enlace normal –bajo, -80: es la señal mínima aceptable para establecer la conexión con caídas). Este análisis se realiza en cada habitación del domicilio mediante la ejecución del código en la CMD (línea de comandos que se usa en Windows) netsh wlan show all y la utilización de una aplicación Xirrus Wi-Fi Inspector que emiten datos como podemos ver en la Tabla 11 que nos proporcionan de la señal inalámbrica del router del ISP.

Tabla 11

Porcentaje de la señal inalámbrica en las áreas del hogar

Área	Porcentaje Signal	-dBm Signal	Distancia (m)
Habitación 1 (segunda planta)	85 %	-52	5
Habitación 2 (segunda planta)	84 %	-53	8
Habitación 3 (segunda planta)	82 %	-54	7
Habitación 4 (segunda planta)	75 %	-60	12
Habitación 5 (segunda planta)	65 %	-64	11
Habitación 6 (segunda planta)	48 %	-71	16
Habitación 7 (segunda planta)	58 %	-66	17
Pasillo (segunda planta)	96 %	-43	3
Estudio (primera planta)	50 %	-70	16
Cuarto de Lavado (primera planta)	51 %	-68	15
Cocina (primera planta)	62 %	-63	18
Habitación 8 (primera planta)	38 %	-74	16
Sala (primera planta)	41 %	-72	17
Patio (primera planta)	40 %	-73	25

Fuente. El autor

ARQUITECTURA DE UNA CASA CONVENCIONAL CON ADSL PROVEÍDO POR EL ISP (2DA PLANTA)

■ % Señal Wireless router inalámbrico ISP (código netsh wlan show all) laptop

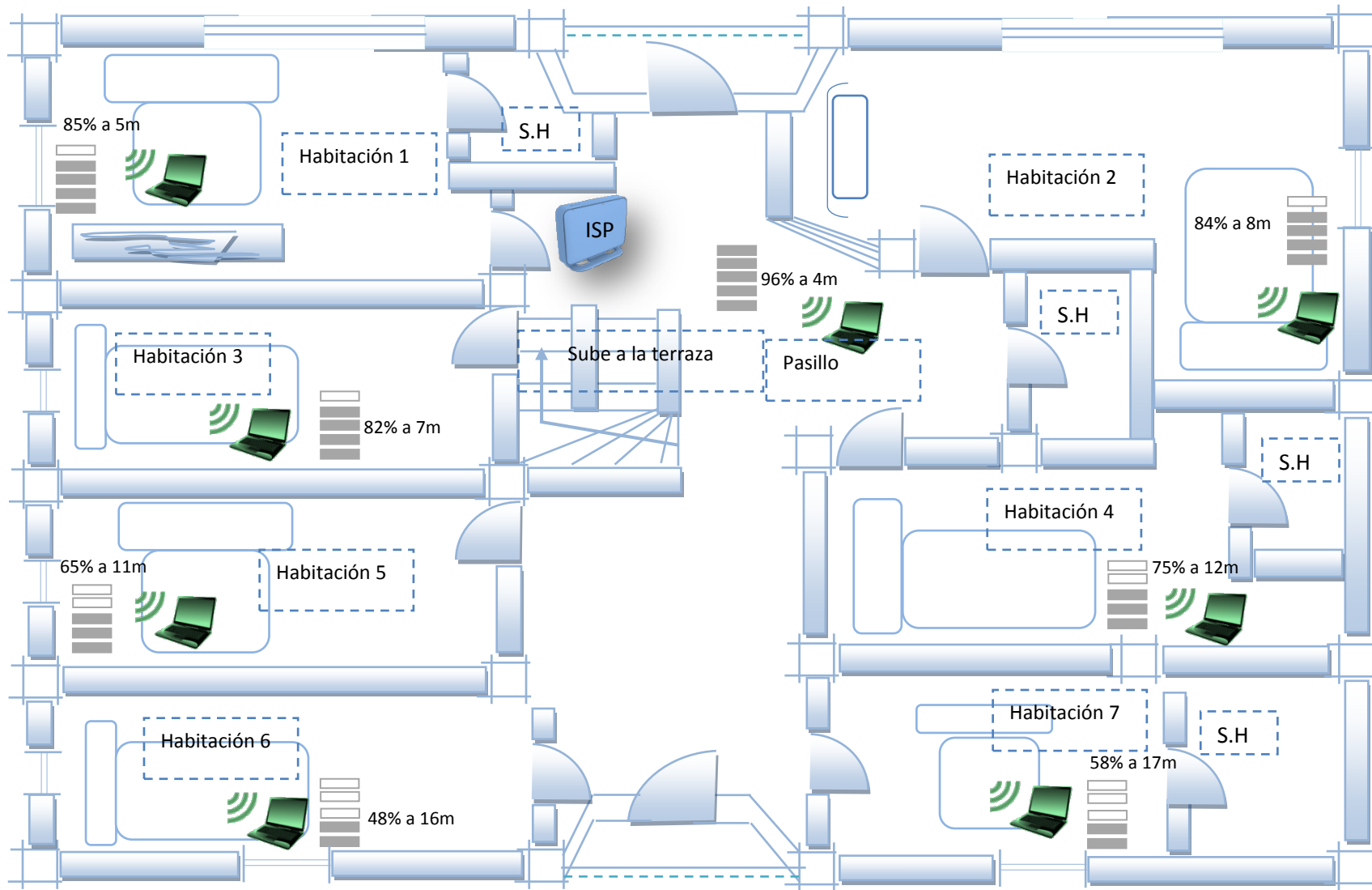


Figura 50. Análisis porcentaje de señal inalámbrica en el hogar, 2do piso

Fuente: autor

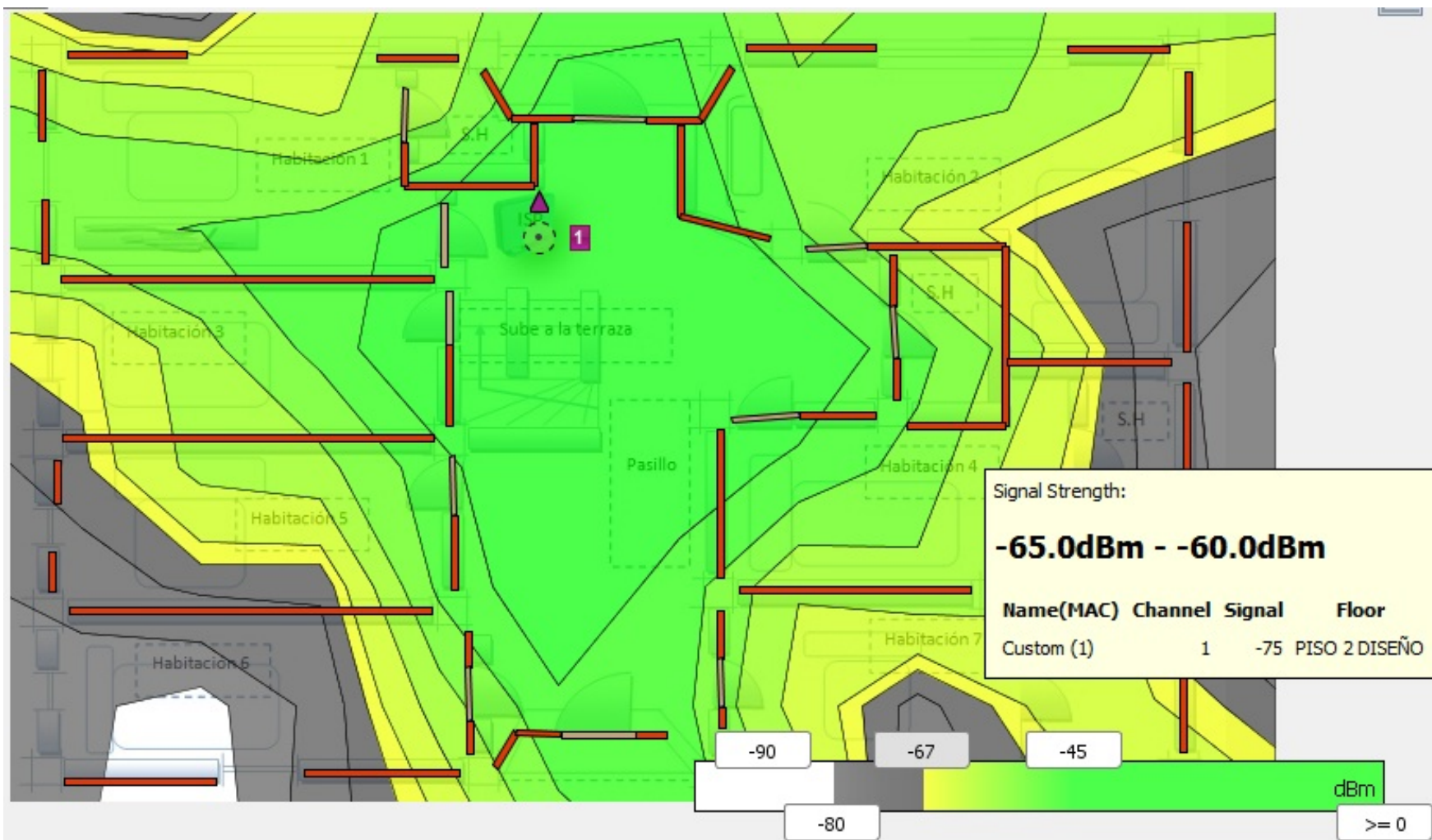


Figura 51. Análisis de señal inalámbrica en el hogar
 Fuente: Ekahau Site Survey

ARQUITECTURA DE UNA CASA CONVENCIONAL CON ADSL PROVEÍDO POR EL ISP (1RA PLANTA)

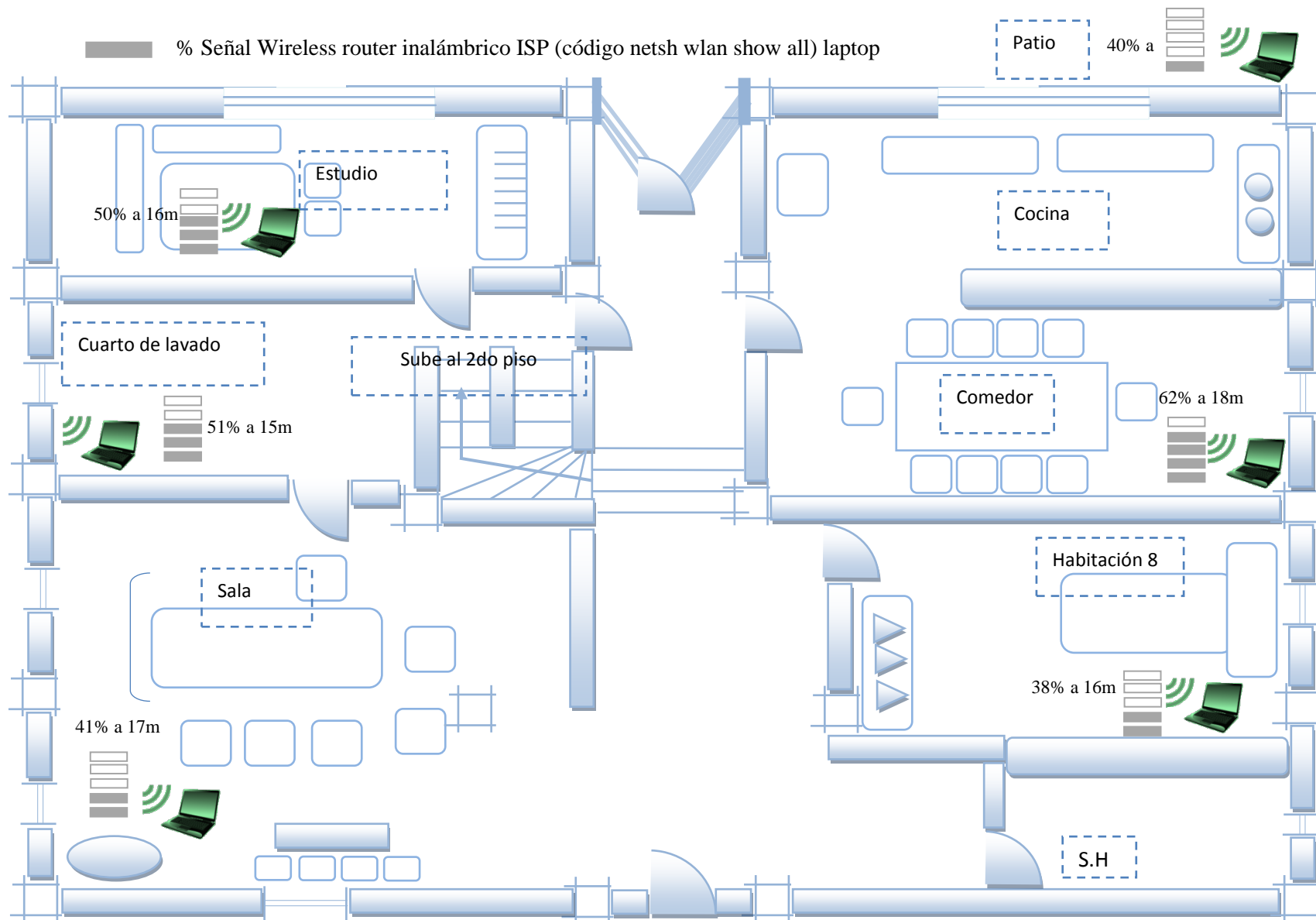


Figura 52. Análisis porcentaje de señal inalámbrica en el hogar, primer piso
Fuente: autor

5.4.3 Diseño de la red WLAN para Domicilios

Actualmente las instalaciones de un hogar cuentan con una estructura de red alámbrica e inalámbrica en una o dos computadoras de escritorio y/o portátiles, con todos los servicios que brindan ésta: internet, correo electrónico, redes sociales, juegos, etc. El inconveniente surge cuando un usuario con su equipo portátil (laptop, smartphone, tablet) se dirige a otro sitio lejano de la casa y del router que provee el servicio de internet ISP, pues aquí este servicio no es proporcionado debido a la distancia entre el emisor y receptor; por esta razón se puede implementar una nueva infraestructura de red inalámbrica para así lograr tener acceso a este servicio en todas las áreas del domicilio.

Adicionalmente a esto, existen otras áreas de mayor demanda para el servicio inalámbrico y de mayor necesidad, como son: la biblioteca, sala de estar y patios. Estos lugares se encuentran casi sin servicio debido a la baja cobertura inalámbrica por lo cual es indispensable que se les de conectividad y los servicios mencionados anteriormente.

Debido a las diferencias en la configuración y colocación de los equipos de red y entorno físico de los domicilios, cada infraestructura de red es una instalación única. Para realizar la instalación de los equipos de red, se debe realizarse una inspección de emplazamiento (instalaciones, locaciones) para determinar el uso óptimo de los componentes de red y para maximizar el alcance, la cobertura y el rendimiento de la infraestructura.

Las siguientes son algunas de las condiciones operativas y ambientales que se debe tener en consideración al momento de realizar la implementación de una red WLAN en los domicilios:

- Entornos físicos

Las áreas despejadas o abiertas proporcionan un mejor alcance de la radio del dispositivo que las áreas cerradas.

- Obstáculos

Una obstrucción física, como una estantería o un pilar, puede entorpecer el rendimiento de cualquier dispositivo WLAN. No se deben colocar dispositivos WLAN cerca de las superficies metálicas u otras superficies reflexivas.

- Materiales de construcción

El material utilizado en la construcción influye mucho en la penetración de la señal de radio.

5.4.3.1 *Importancia y Requerimientos de la red Wi-Fi*

La implementación de una red Wi-Fi es de suma importancia debido a las facilidades que brindaría este sistema para todos los usuarios del domicilio, una de esas facilidades, es su fácil acceso de forma inalámbrica desde cualquier área de la casa. Según el estudio de la red y de sus usuarios, se ve la necesidad de acceso a la red Wi-Fi y a todos sus servicios. En un enfoque general, la red actual proveída por el ISP presenta deficiencias, tales como:

- Ubicación del router inadecuada en el domicilio, sin análisis previo.
- No brinda un análisis de diseño para lograr el alcance máximo de la red inalámbrica.
- Colocación de los cables de red y telefonía sin orden, se aprecia en la Figura 53.



Figura 53. Instalación del ISP de la red del internet y telefonía
Fuente: autor

5.4.3.2 Estructura de Red Wi-Fi

La red Wi-Fi a diseñarse va a contener un router y un repetidor de señal, mismos que van a brindar el servicio de la red wireless en todas la áreas del hogar tales como:

Segunda Planta

- Habitación 1
- Habitación 2
- Habitación 3
- Habitación 4
- Habitación 5
- Habitación 6
- Habitación 7
- Pasillo

Aquí las diferentes paredes de las habitaciones, la sala y los baños son de bloque con cemento, puertas de madera, pisos de madera y cerámica y ventanas de vidrio.

Primera Planta

- Estudio
- Cocina
- Sala
- Habitación 8
- Comedor
- Cuarto de Lavado
- Patio frontal
- Patio posterior

Este piso se encuentra dividido con paredes de ladrillo con cemento, pisos de cerámica, techo de concreto y ventanas de vidrio.

5.4.3.3 Descripción General de la Red Wi-Fi

- La red Wi-Fi a diseñar, tendrá un alcance de 180 m², es decir cubrirá toda el área del domicilio (hogar a realizar el diseño y pruebas respectivas).
- Además cubrirá otras áreas adicionales como el patio delantero (15m) y trasero (40m), extremo derecho (10m) y extremo izquierdo (10 m). Cubriendo un área total de 2016 m².
- El router y el repetidor wireless que serán instalados deberán ser instaladas según el área que se pretenda cubrir, y en los sitios que mejor expandan la red.
- El Proveedor del Servicio de Internet con tecnología ADSL (internet y telefonía), contiene un router inalámbrico con 4 puertos ethernet.

5.4.3.4 Infraestructura del Domicilio

El domicilio a estudiar comprende un área de 180 m² el cual se encuentra en la provincia Bolívar, Cantón Guaranda, Parroquia Guanujo, vía a Echeandía, se aprecia en la Figura 54.



Figura 54. Ubicación domicilio, vía satélite
Fuente: Google Earth

La casa comprende 2 plantas como se muestra en la Figura 55.



Figura 55. Fachada del domicilio

Fuente: autor

El diseño se basa en colocar un router en un punto céntrico de la segunda planta y un repetidor en la primera planta de la casa con la ayuda de los planos arquitectónicos y mediante una computadora portátil y así verificar en cada punto de trabajo de la infraestructura los siguientes parámetros:

- Áreas de cobertura
- Velocidad de transmisión
- Fuerza de la señal
- Calidad de la señal

Patio delantero, ver Figura 56.



Figura 56. Patio delantero

Fuente: autor

Patio posterior, ver Figura 57.



Figura 57. Patio posterior
Fuente: autor

Plano arquitectónico de la primera planta, se indica en la Figura 58.

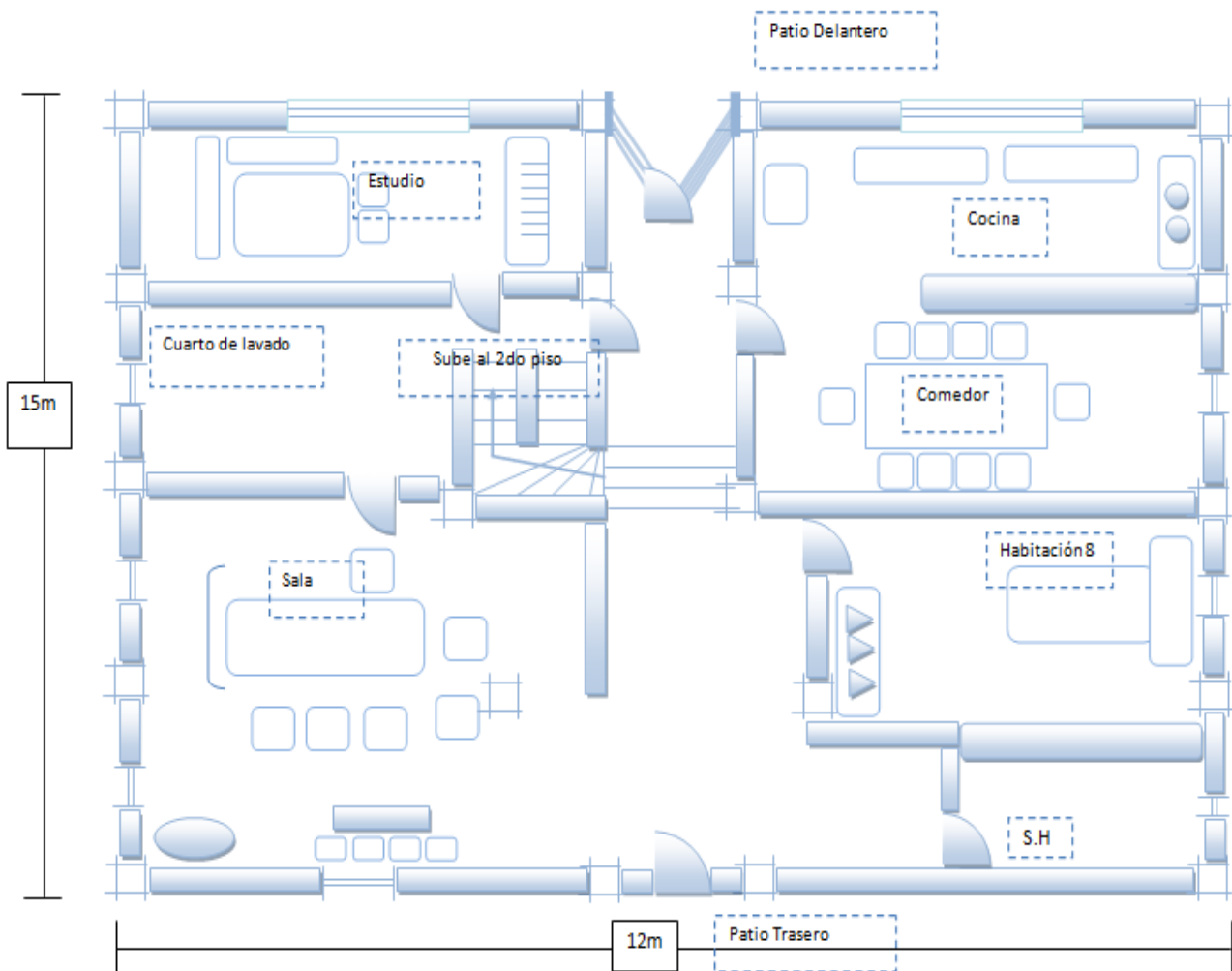


Figura 58. Plano arquitectónico, primera planta
Fuente: autor

Plano arquitectónico de la segunda planta, ver Figura 59.

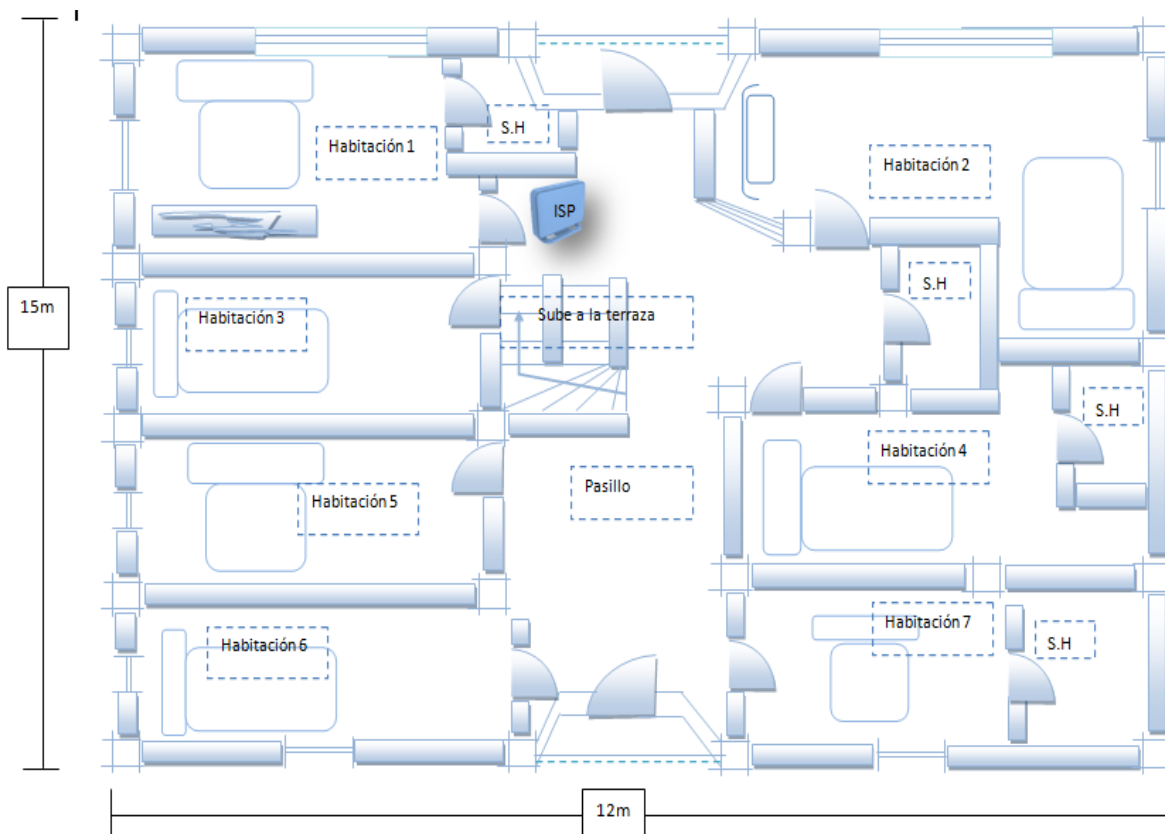


Figura 59. Plano arquitectónico, segunda planta

Fuente: autor

5.4.3.5 Distribución de los equipos

Esta arquitectura de red tiene cinco componentes:

- Conexión ADSL del ISP, router inalámbrico ubicado en el segundo piso, cerca a la entrada de la primera habitación (ubicación dejada por el proveedor del servicio del internet).
- 1 Router 3bumen de tres antenas se ubica en el centro del área del segundo piso (en el pasillo).
- 1 Repetidor 3bumen de una antena se ubica en el centro del área de la primera planta (entrada a la sala).
- Software del router 3bumen, administración de la red inalámbrica.
- Software del repetidor 3bumen, administración repetición red inalámbrica.

5.4.3.5.1 *Conexión ADSL del ISP*

El ISP deja instalando el servicio de internet y telefonía como se observa en la Figura 60 donde el usuario requiera su ubicación, servicio que se va a utilizar para la conexión de la red a diseñar.

A la instalación del router del ISP se le realizó una adecuada colocación de cables en canaletas (sin cables sueltos), teléfono inalámbrico alejado de este equipo de red, puesto que este dispositivo se encontraba sin un orden adecuado.

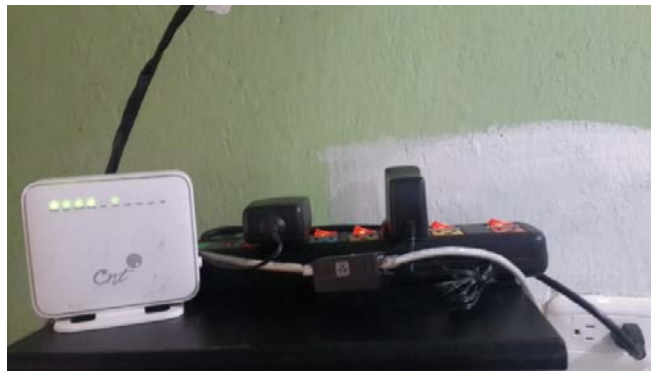


Figura 60. Servicio de internet y telefonía del ISP

Fuente: autor

5.4.3.5.2 *Ubicación router 3bumen*

Este componente es el que se va a utilizar para tener control en la red, equipo que se ubica en un lugar pertinente de la casa (segundo piso, centro de la casa) que tiene tres antenas de 5 dBi, desmontables con conectores SMA como se aprecia en la Figura 61.



Figura 61. Router 3bumen ubicado en centro de la casa del segundo piso

Fuente: autor

Además este equipo cuenta la alimentación eléctrica mediante el mismo cable de red (inyector P.O.E, Power Over Ethernet, ver Figura 62) que disminuye la utilización de cables.



Figura 62. Router 3bumen, conector PoE
Fuente: autor

5.4.3.5.3 *Ubicación repetidor 3bumen*

Este componente es el que se va a utilizar para repetir la red inalámbrica, equipo que se ubica en un lugar pertinente de la casa (primera planta, centro de la casa) que tiene una antena de 5 dBi, desmontable con conector SMA se muestra en la Figura 63 y que no necesita el cable ethernet para realizar la función de repetir la red inalámbrica.



Figura 63. Repetidor 3bumen ubicado en centro de la casa de la primera planta
Fuente: autor

5.4.3.5.4 *Software router 3bumen*

Este componente es el que se va a utilizar para tener control en la red, mismo que tiene un software como se aprecia en la Figura 64 que permite la administración, monitoreo y gestión en la WLAN.



Figura 64. Software router 3bumen, administración router
Fuente: autor

5.4.3.5.5 Software repetidor 3bumen

Equipo que tiene un software como se muestra en la Figura 65 que permite la administración, monitoreo y gestión en la red inalámbrica repetida.



Figura 65. Software repetidor 3bumen, administración repetidor
Fuente: autor

5.4.3.6 *Diseño de la red*

Los equipos a utilizar sin contar con el router ADSL inalámbrico proveído por el ISP, comprende lo siguiente:

Router

- Router inalámbrico 3bumen
- 4 puertos ethernet
- 1 Puerto WAN 10/100 Mbps Ethernet
- Con tecnología 802.11n y es compatible con 802.11b/g.
- Cuenta con 3 antenas desmontables de 5dBi cada una con conector SMA.
- Alcanza velocidades de hasta 300Mbps
- Control Paternal con filtro web por palabras claves o restricción por horarios
- Modos de operación, Router, Access Point o como Cliente Inalámbrico.
- Alimentación de 12V usando P.O.E o el adaptador incluido.

Repetidor

- Modo repetidor y de fácil configuración.
- Alcanza velocidades de hasta 300Mbps
- 4 Puertos LAN 10/100 Mbps Ethernet
- 1 Puerto WAN 10/100 Mbps Ethernet
- Cuenta con 1 antena desmontable de 5dBi con conector SMA.
- Alimentación de 12V
- Utiliza tecnología 802.11n y es compatible con 802.11b/g.

Básicamente la red inalámbrica establecida por el ISP, ver Figura 66, comprende la instalación de un router ADSL inalámbrico en el lugar que el usuario requiera, brinda cuatro puertos ethernet y señal inalámbrica (área de cobertura limitada).

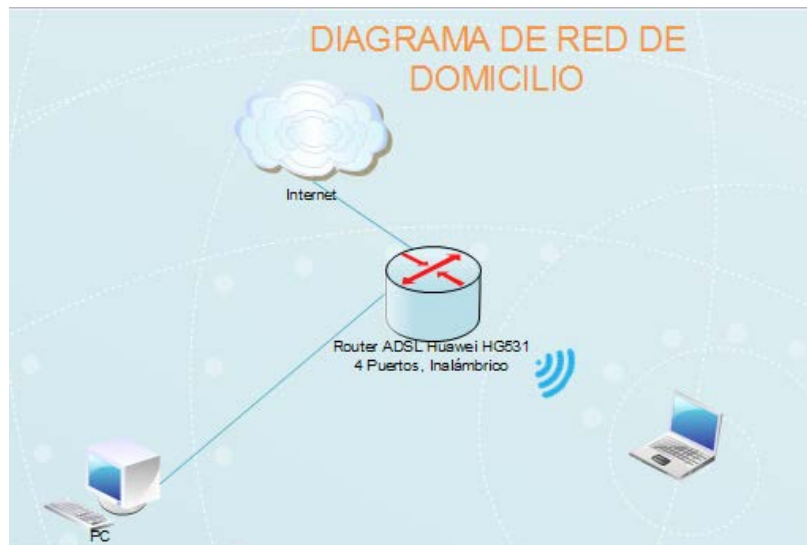


Figura 66. Red del Proveedor de Servicio de Internet ISP
Fuente: autor

Este nuevo diseño que se aprecia por medio de la Figura 67 se realiza debido a la dependencia que el usuario tiene con el operador de servicio (ISP), como en configuración, ubicación, restricciones, etc., además de la poca capacidad de cobertura de la señal inalámbrica en varias áreas del domicilio. En este diseño comprende un router inalámbrico con prestaciones relevantes para la administración respectiva, además de más capacidad de cobertura. También cuenta con un repetidor que ayuda a que la red inalámbrica del router se repita y así se pueda llegar a todas las áreas del domicilio.

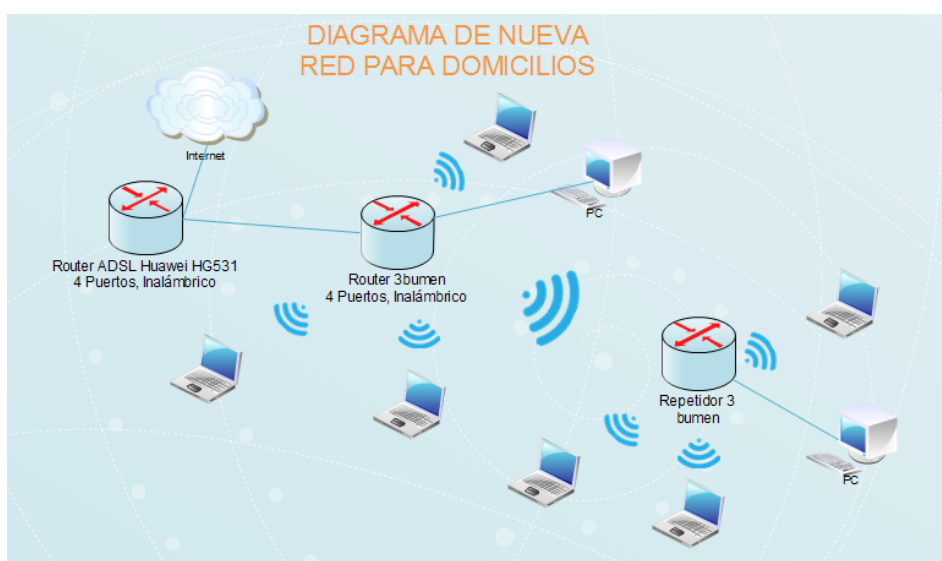
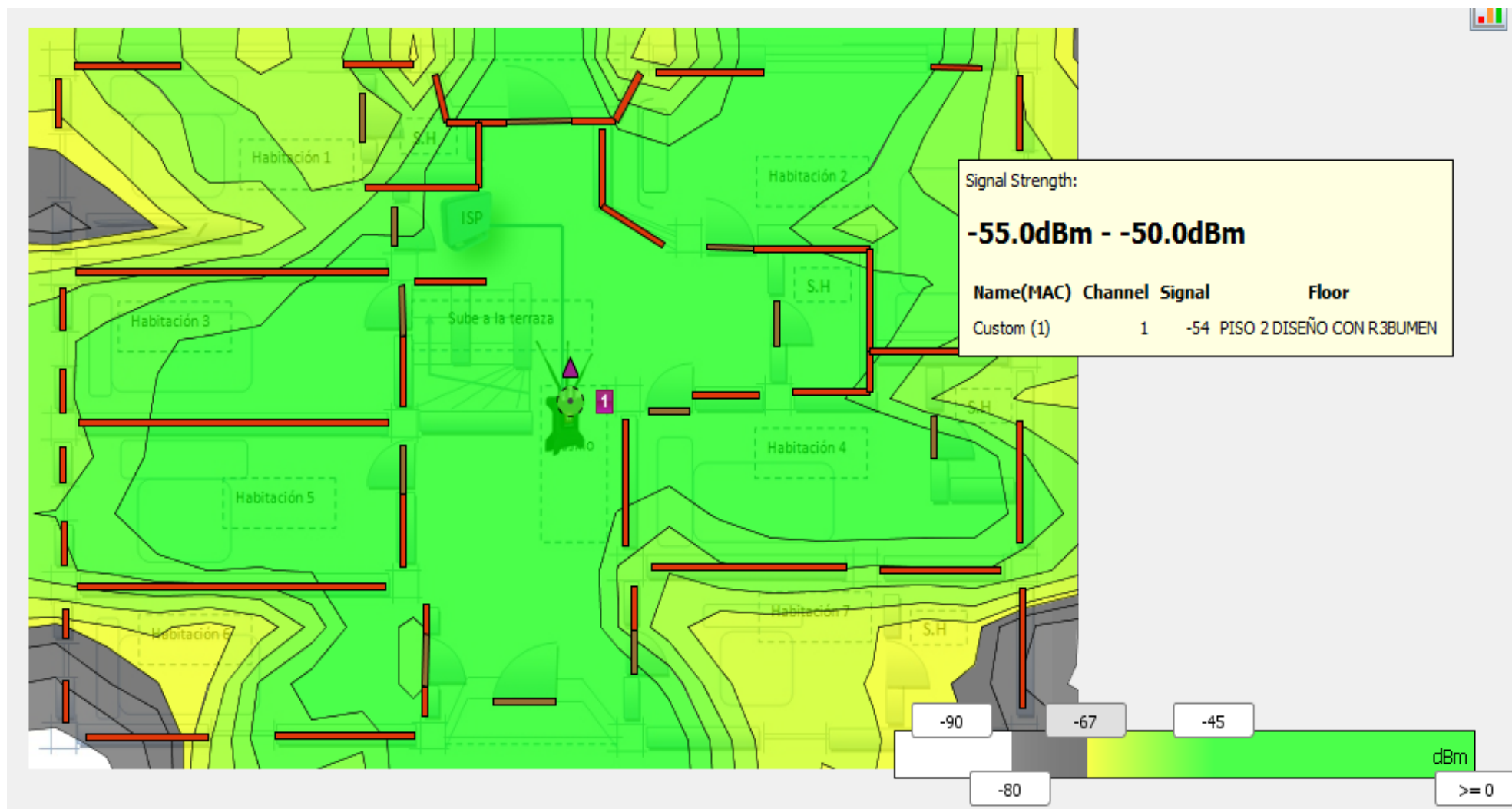


Figura 67. Nuevo diseño de la red para domicilios
Fuente: autor

5.4.3.6.1 Diseño de la red, segunda planta (áreas de cobertura, ver Figura 68)



- Pared de ladrillo
- Puerta de madera

Figura 68. Cobertura de las áreas del hogar con la red diseñada, 2da planta
Fuente: Ekahau Site Survey

5.4.3.6.2 Diseño de la red, primera planta (áreas de cobertura, ver Figura 69)

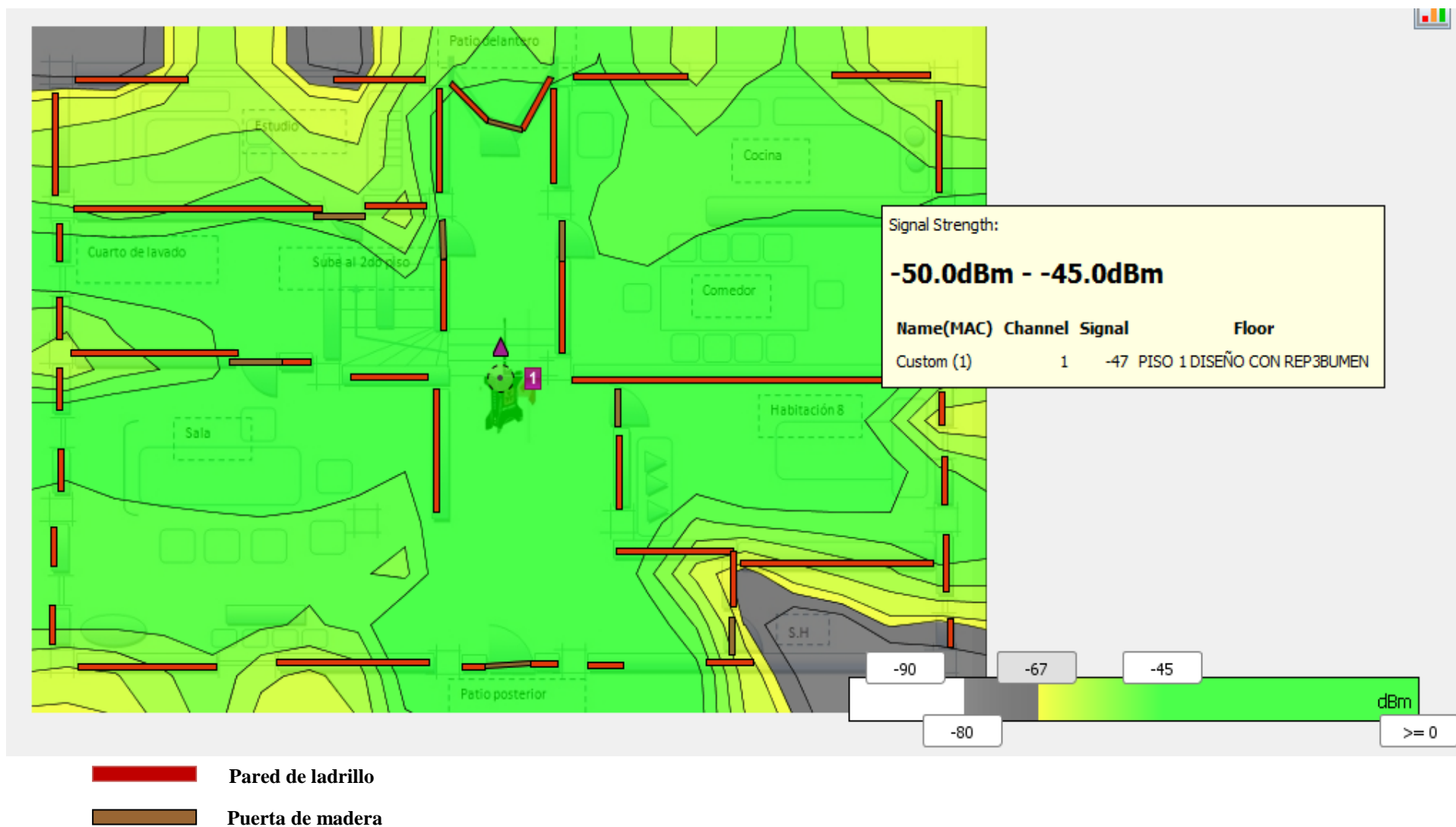


Figura 69. Cobertura de las áreas del hogar con la red diseñada, 1ra planta
 Fuente: Ekahau Site Survey

5.4.3.7 Obstrucción de propagación de señales

Para llevar a cabo la implementación se considera algunos parámetros como se muestra en la Tabla 12, el nivel de atenuación de las paredes internas y externas de la casa, cuan más lejos las señales viajen depende de los materiales de construcción de las paredes, divisiones y otros objetos.

Tabla 12

Obstrucciones de propagación

Barrera	Nivel de Atenuación	Ejemplos
Cartón, Yeso	Bajo	Paredes internas
Madera, material sintético	Bajo	Divisiones
Asbesto	Bajo	Techo
Vidrio	bajo	Ventanas
Ladrillo, mármol	Medio	Interiores u otras paredes
Concreto	alto	Pisos
Metal	Muy alto	Cabinas de acero

Fuente: Ekahau Site Survey

También se tiene en cuenta los valores de atenuación que se indica en la Tabla 13 que tienen los diferentes tipos de paredes. Así:

Tabla 13

Atenuación de materiales

Material	Atenuación
Estante para libros	2.0 dB
Cubículo	1.0 dB
Puerta, madera hueca	4.0 dB
Puerta, interior de oficina	4.0 dB
Puerta, de madera maciza	6.0 dB
Puerta, acero y de salida	13.0 dB

Puerta, delgada	2.0 dB
Mármol	6.0 dB
Estante, venta al por menor	5.0 dB
Estante, Almacén	27.0 dB
Pared de ladrillo	10.0 dB
Pared, concreto	12.0 dB
Pared seca	3.0 dB
Pared hueca seca	2.0 dB
Ventana interior	1.0 dB
Ventana de espesor	3.0 dB

Fuente: Ekahau Site Survey

5.5 PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA WLAN DISEÑADA

5.5.1 Nivel de potencia de la señal

Para la adquisición de los datos del rango de cobertura de la nueva red WLAN, con el router inalámbrico y repetidor instalado, el procedimiento a seguir fue moverse con una laptop, con su tarjeta inalámbrica (software instalado Acrylic Wi-Fi Professional), y un smartphone (Wifi Analyzer) a diferentes distancias e irse alejando de los puntos inalámbricos dentro del ambiente y de esta manera obtener el máximo rango de cobertura. Se tuvo en cuenta los obstáculos como paredes de concreto y ladrillo, puertas de madera, pisos reforzados, obstáculos que pueden detener la señal y reducir el rango de cobertura.

Las mediciones que se muestran en las siguientes figuras se realizaron para medir la intensidad de la potencia de la señal a distintas distancias y así poder verificar rangos de coberturas de equipos inalámbricos. Este análisis se realizó para irradiación de señal de manera horizontal en todas las áreas del domicilio tanto en la primera como en la segunda planta.

Segunda Planta, habitación 1, distancia a 7 metros, ver Figura 70.

- SSID 3BMEJIA, RSSI -59 dBm

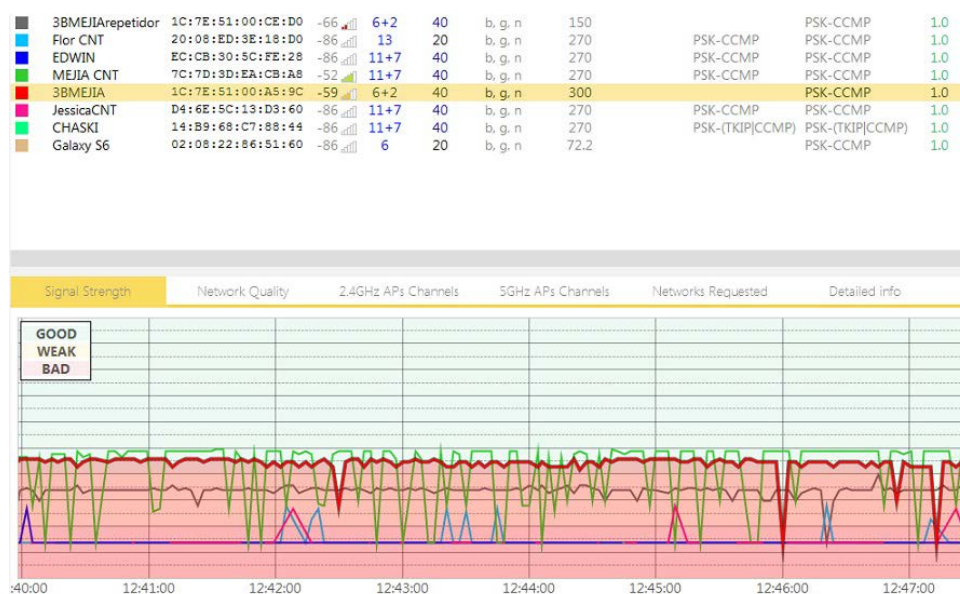


Figura 70. Medición RSSI habitación 1 de la segunda planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Segunda Planta, habitación 2, distancia a 10 metros, ver Figura 71.

- SSID 3BMEJIA, RSSI -54 dBm

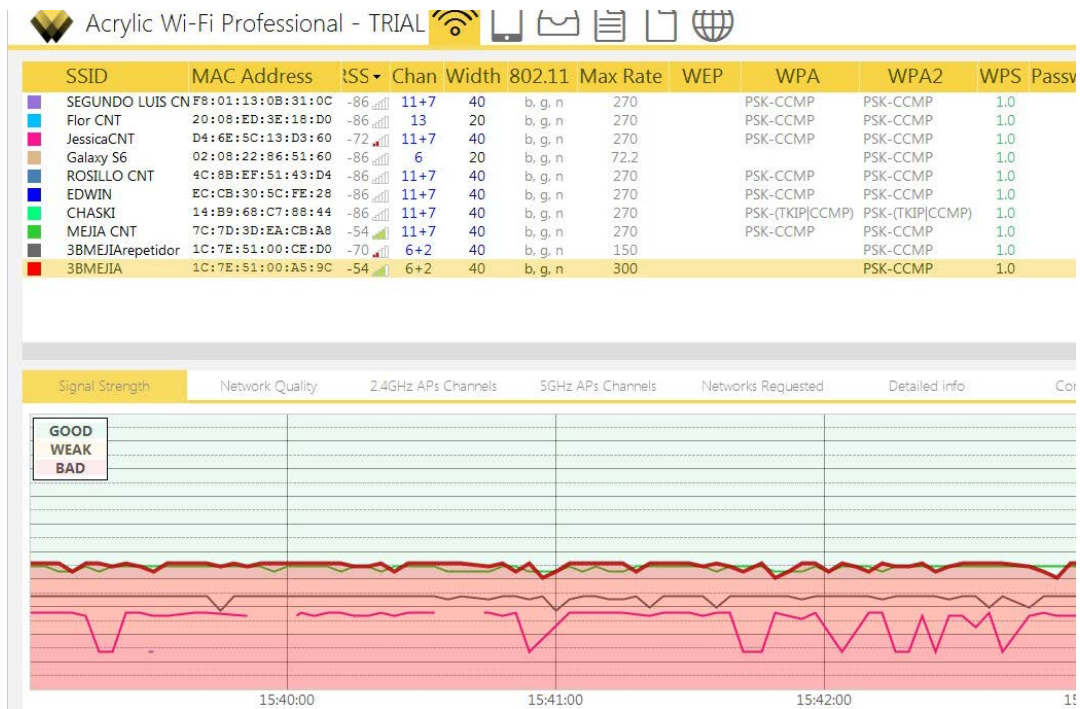


Figura 71. Medición RSSI habitación 2 de la segunda planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Segunda Planta, habitación 3, distancia a 7 metros, ver Figura 72.

- SSID 3BMEJIA, RSSI -52 dBm

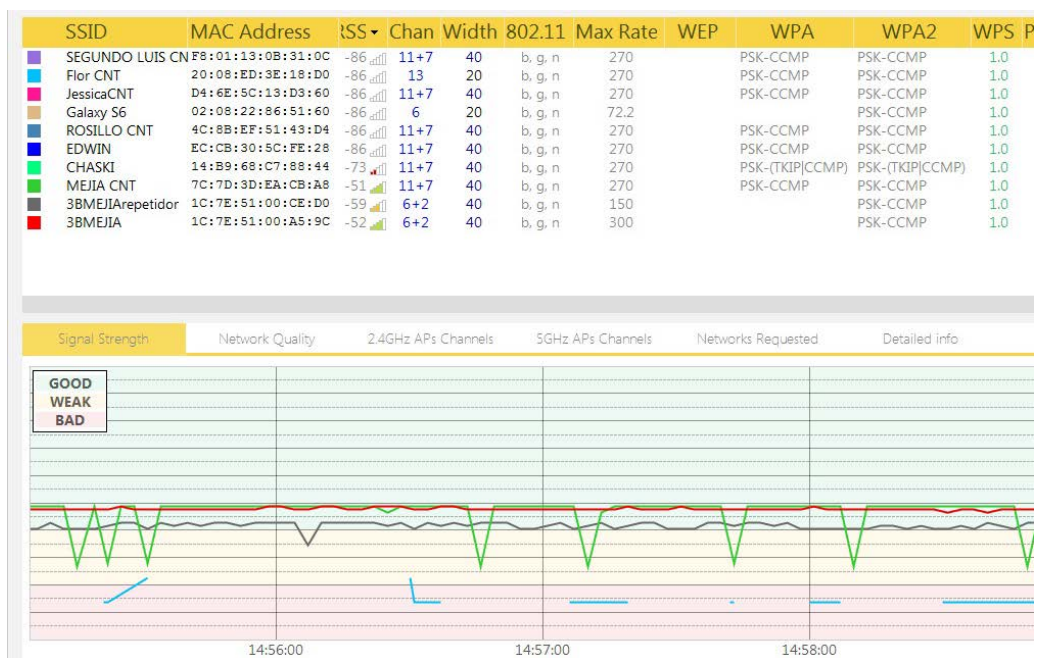


Figura 72. Medición RSSI habitación 3 de la segunda planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Segunda Planta, habitación 4, distancia a 8 metros, ver Figura 73.

- SSID 3BMEJIA, RSSI -52 dBm

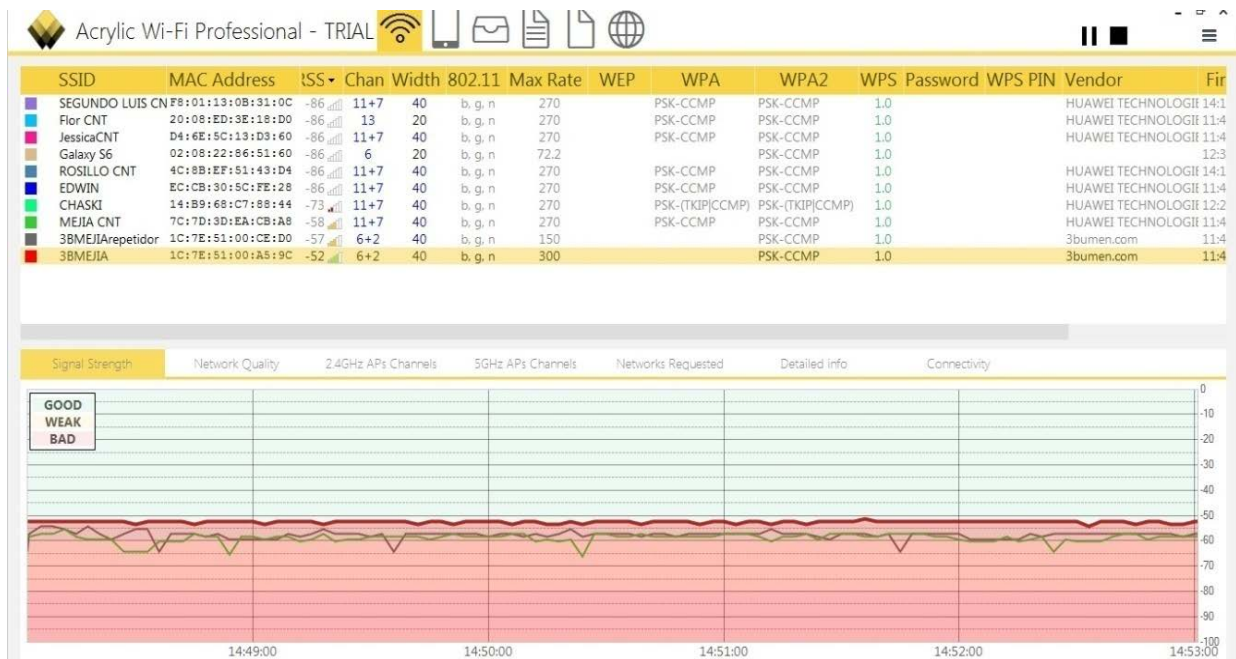


Figura 73. Medición RSSI habitación 4 de la segunda planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Segunda Planta, habitación 5, distancia a 6 metros, ver Figura 74.

- SSID 3BMEJIA, RSSI -51 dBm

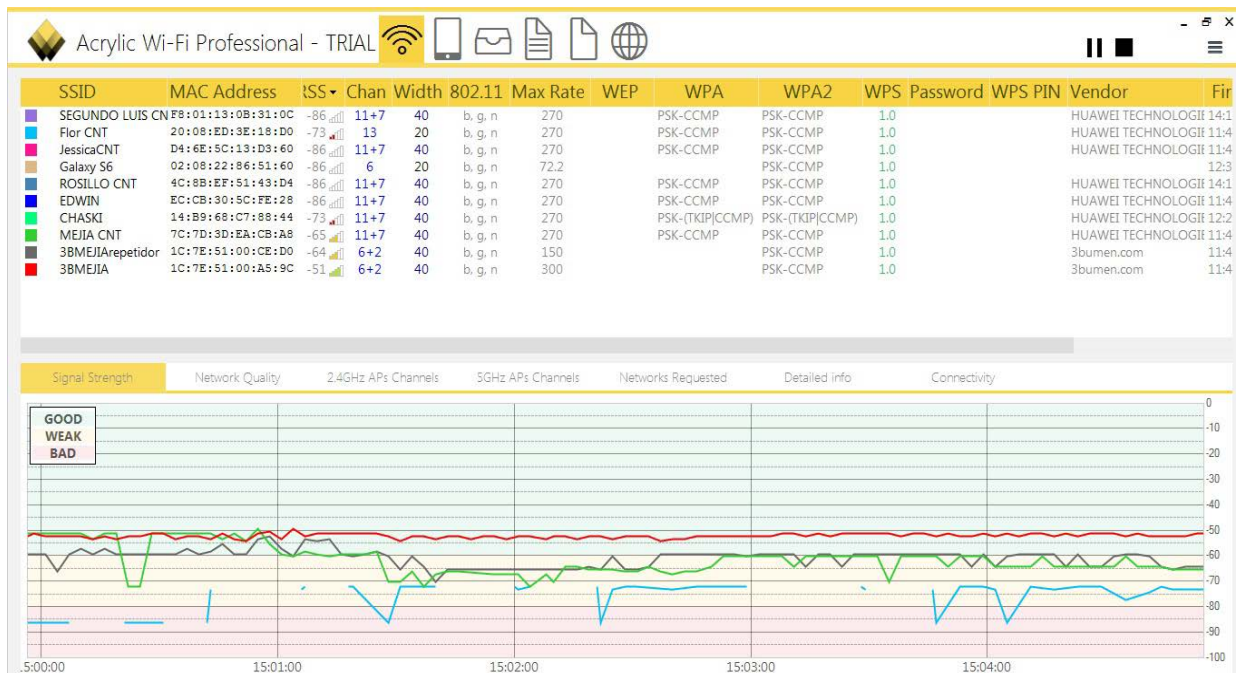


Figura 74. Medición RSSI habitación 5 de la segunda planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Segunda Planta, habitación 6, distancia a 11 metros, ver Figura 75.

- SSID 3BMEJIA, RSSI – 54 dBm

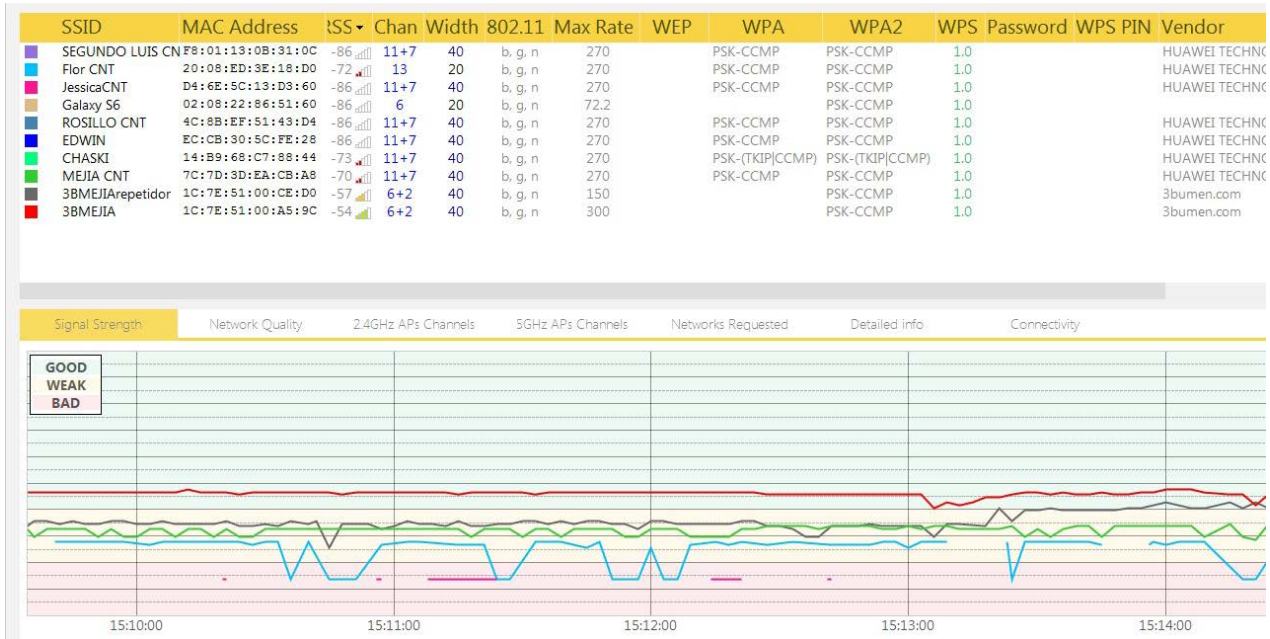


Figura 75. Medición RSSI habitación 6 de la segunda planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Segunda Planta, habitación 7, distancia a 11 metros, ver Figura 76.

- SSID 3BMEJIA, RSSI – 53 dBm

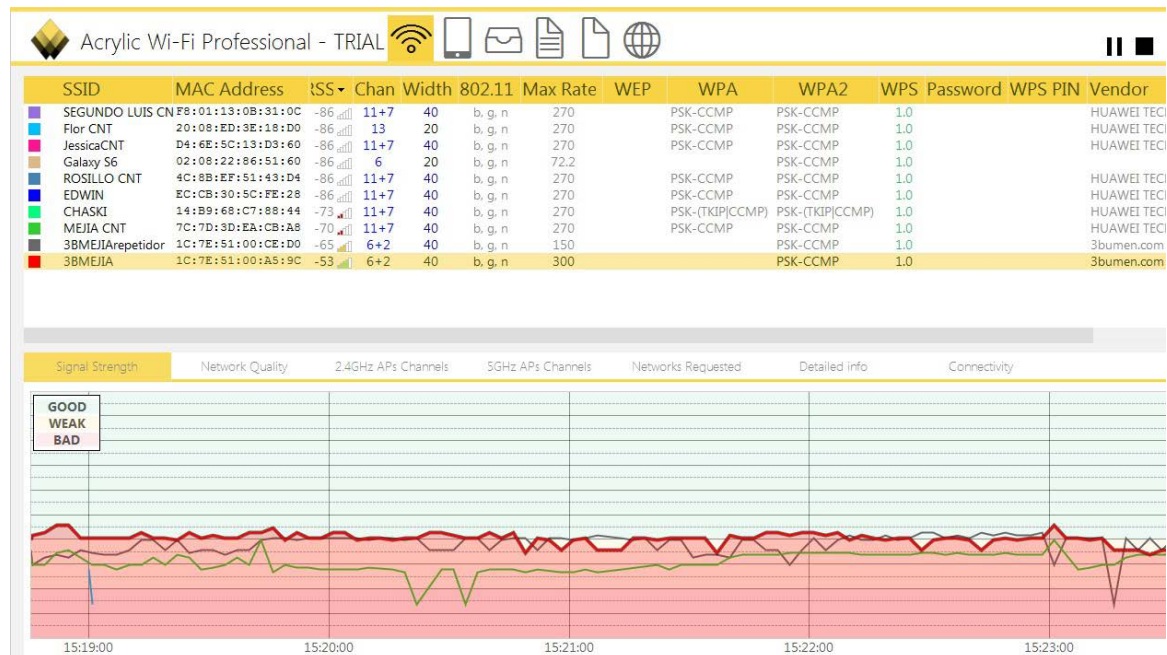


Figura 76. Medición RSSI habitación 7 de la segunda planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, estudio, distancia a 9 metros, ver Figura 77.

- SSID 3BMEJIArepetidor, RSSI – 55 dBm

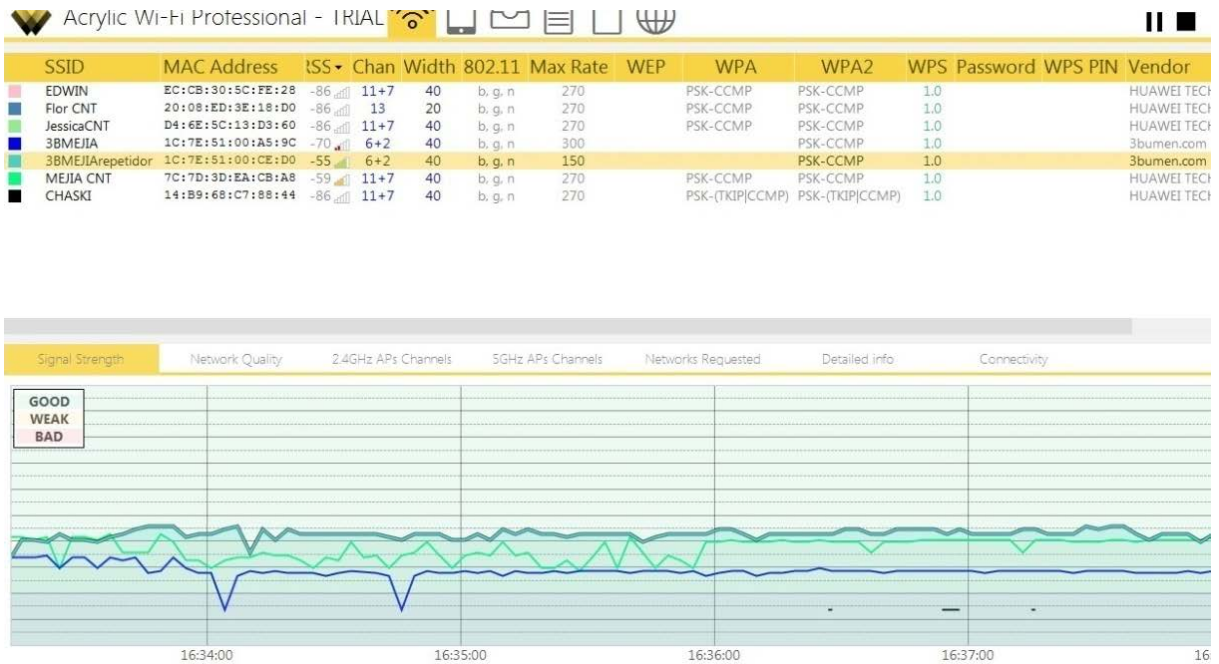


Figura 77. Medición RSSI estudio, primera planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, cocina, distancia a 11 metros, ver Figura 78.

- SSID 3BMEJIArepetidor, RSSI – 51 dBm

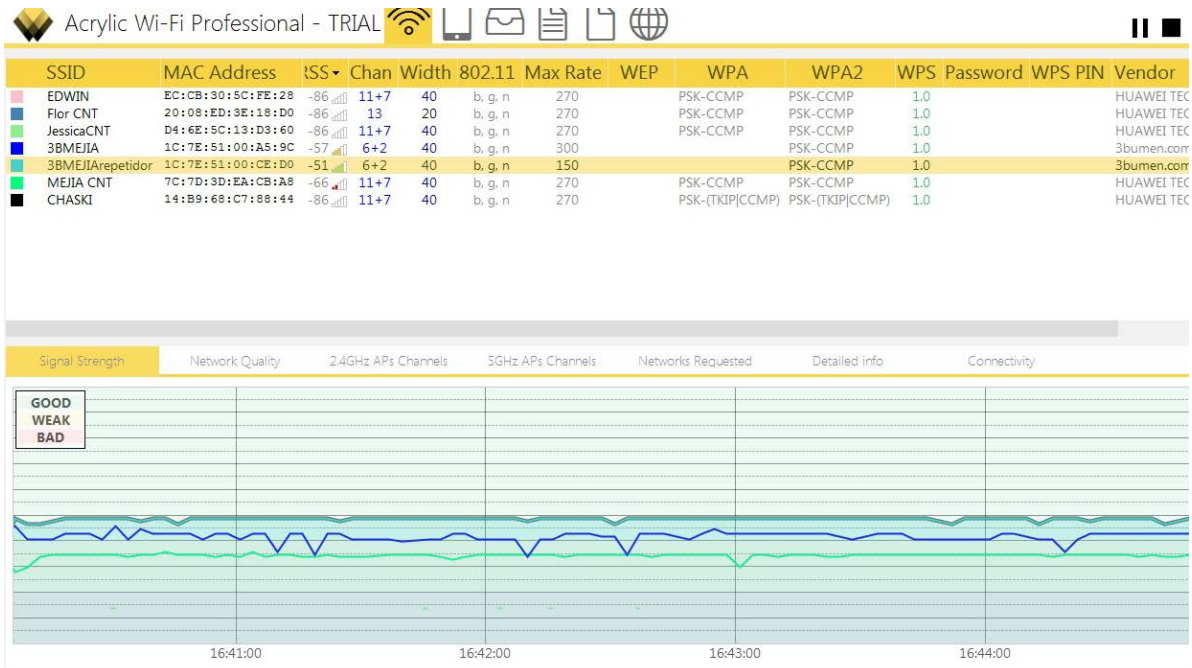


Figura 78. Medición RSSI cocina, primera planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, cuarto de lavado, distancia a 6 metros, ver Figura 79.

- SSID 3BMEJIArepetidor, RSSI – 55 dBm

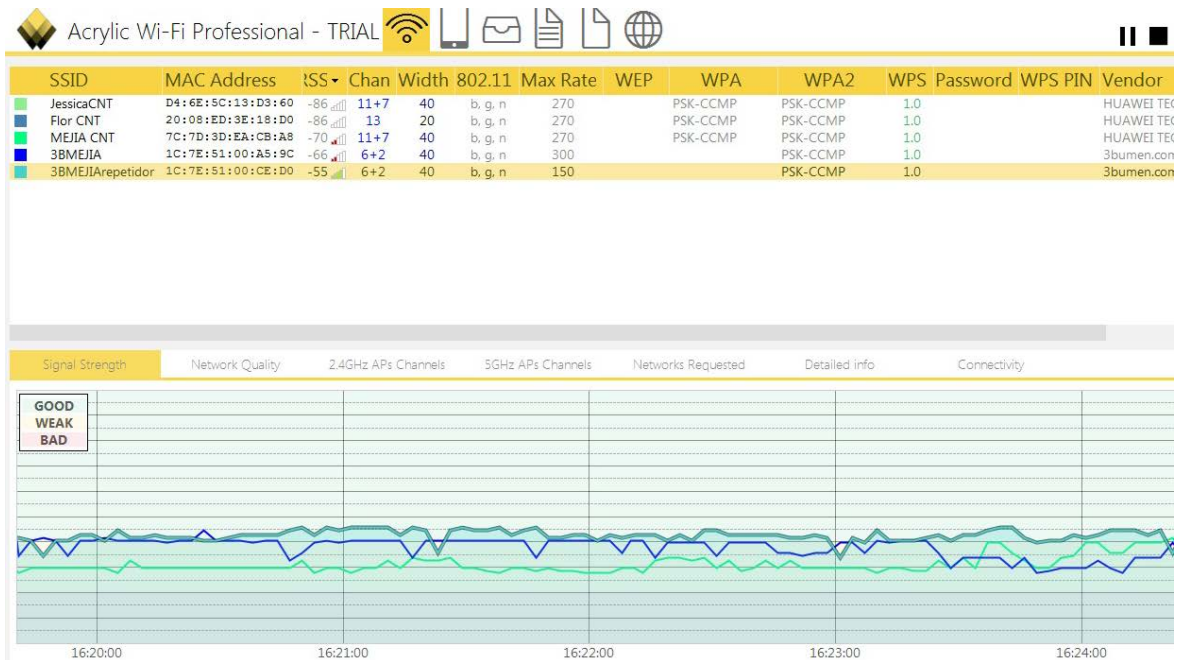


Figura 79. Medición RSSI cuarto de lavado, primera planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, habitación 8, distancia a 6 metros, ver Figura 80.

- SSID 3BMEJIArepetidor, RSSI – 54 dBm

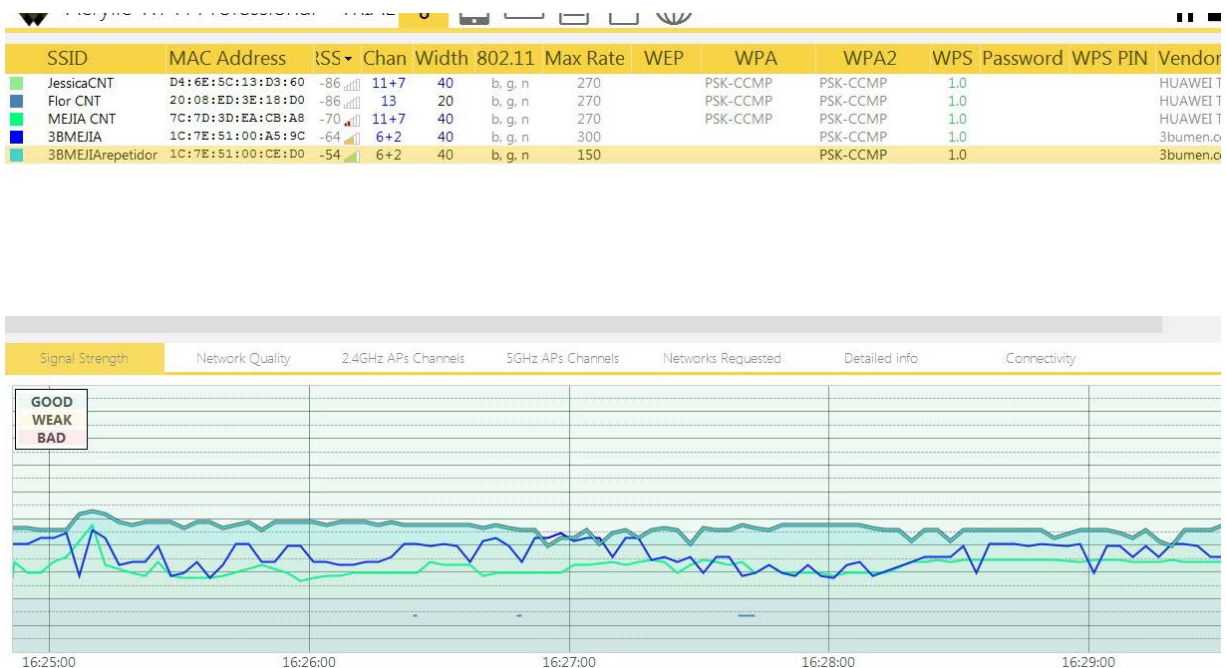


Figura 80. Medición RSSI habitación 8, primera planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, sala de estar, distancia a 5 metros, ver Figura 81.

- SSID 3BMEJIArepetidor, RSSI – 49 dBm

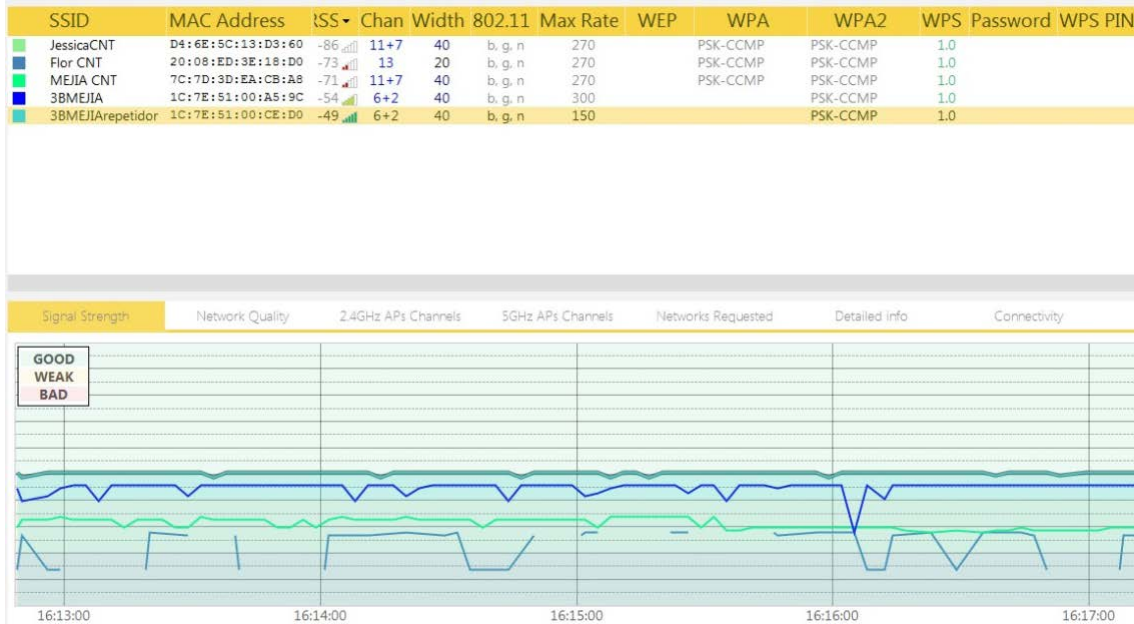


Figura 81. Medición RSSI sala de estar, primera planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, patio delantero, distancia a 23 metros, ver Figura 82.

- SSID 3BMEJIArepetidor, RSSI – 55 dBm

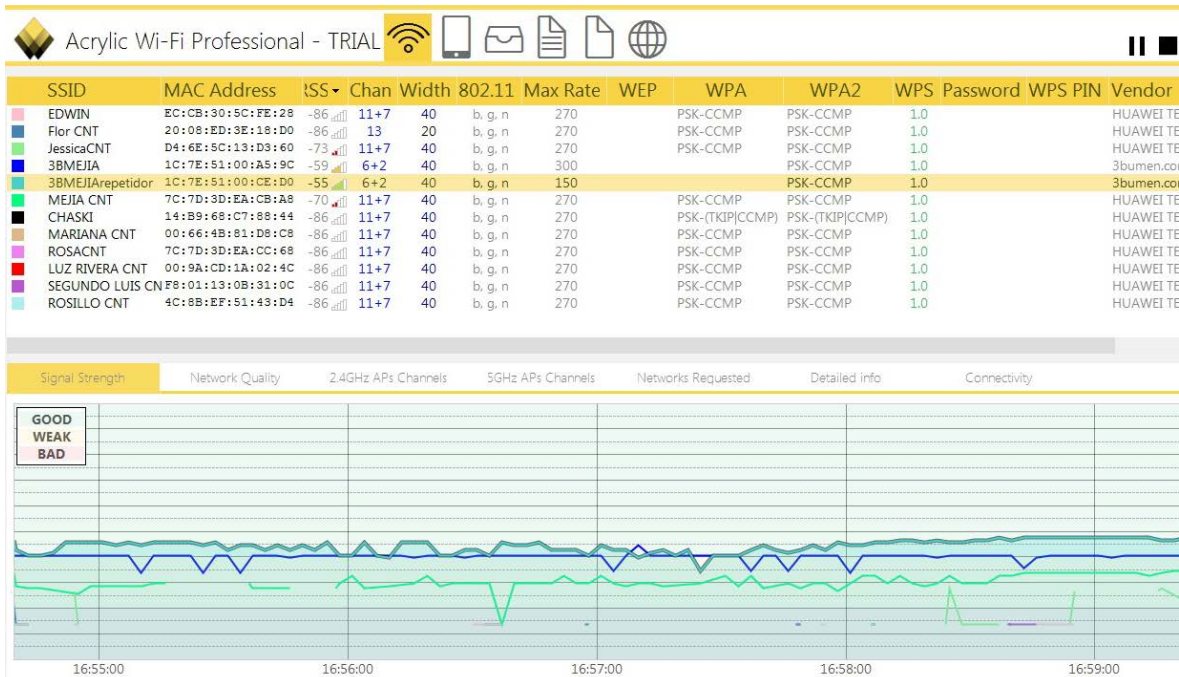


Figura 82. Medición RSSI patio delantero, primera planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, patio posterior, distancia a 40 metros, ver Figura 83.

- SSID 3BMEJIArepetidor, RSSI – 64 dBm

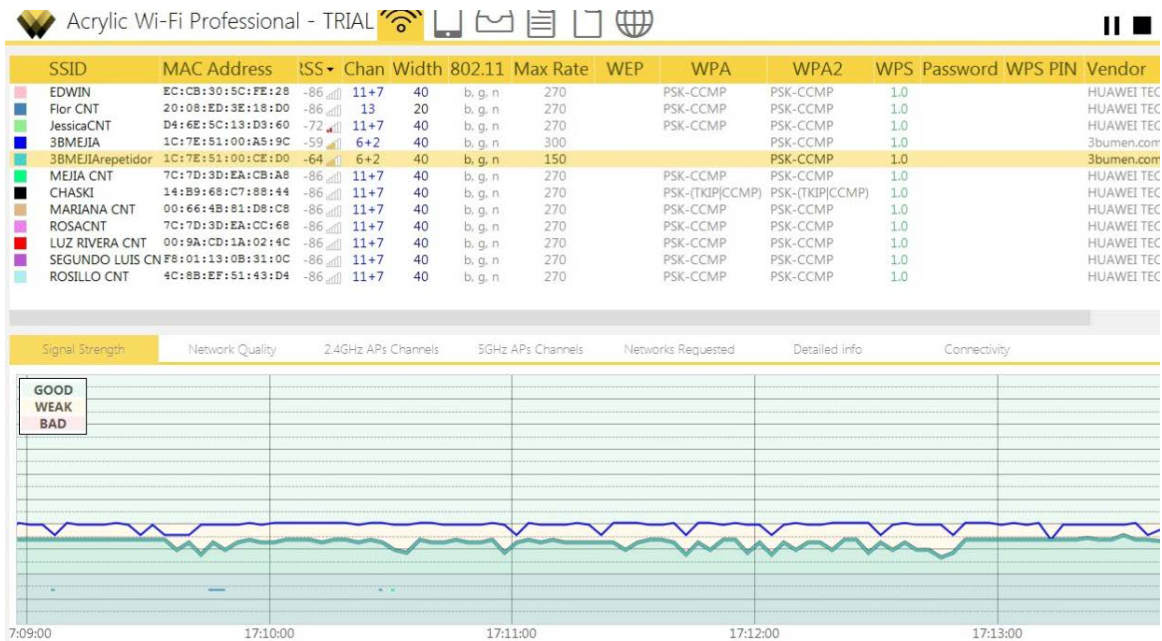


Figura 83. Medición RSSI patio posterior, primera planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, patio lateral, distancia a 16 metros, ver Figura 84.

- SSID 3BMEJIArepetidor, RSSI – 57 dBm

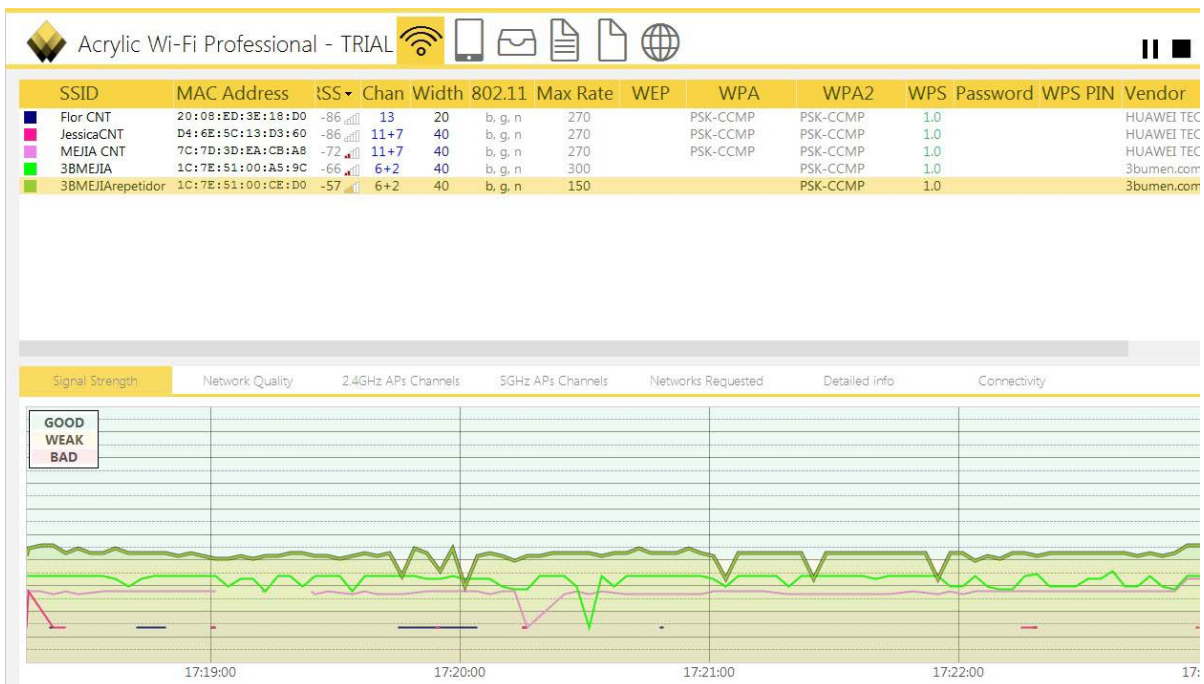


Figura 84. Medición RSSI patio lateral, primera planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

A continuación se indica la Tabla 14 (campos con colores de nivel de propagación de la señal wireless) donde se resume varias de las muestras realizadas en el domicilio con la red del ISP, donde se demuestra que existen zonas donde la cobertura de su señal wireless es prácticamente nula o es muy baja para mantener una adecuada conexión, estos datos se adquirieron en un día normal claro con una aplicación instalada (Acrylic Wi-Fi Professional) en una Computadora Portátil.

Tabla 14

Medición RSSI de las áreas de cobertura del ISP

ÁREA	SSID	RSSI SIGNAL	DISTANCIA
Segunda Planta, habitación 1	MEJIA CNT	-52 dBm	5 metros
Segunda Planta, habitación 2	MEJIA CNT	-54 dBm	8 metros
Segunda Planta, habitación 3	MEJIA CNT	-51 dBm	7 metros
Segunda Planta, habitación 4	MEJIA CNT	- 58 dBm	12 metros
Segunda Planta, habitación 5	MEJIA CNT	- 65 dBm	11 metros
Segunda Planta, habitación 6	MEJIA CNT	- 70 dBm	16 metros
Segunda Planta, habitación 7	MEJIA CNT	- 70 dBm	17 metros
Primera Planta, estudio	MEJIA CNT	- 59 dBm	16 metros
Primera Planta, cocina	MEJIA CNT	- 66 dBm	18 metros
Primera Planta, cuarto de lavado	MEJIA CNT	- 70 dBm	15 metros
Primera Planta, habitación 8	MEJIA CNT	- 70 dBm	16 metros
Primera Planta, sala de estar	MEJIA CNT	- 71 dBm	17 metros
Primera Planta, patio delantero	MEJIA CNT	- 70 dBm	25 metros
Primera Planta, patio posterior	MEJIA CNT	- 86 dBm	45 metros
Primera Planta, patio lateral	MEJIA CNT	- 72 dBm	16 metros

Fuente: autor

Para una conexión adecuada existen los parámetros preestablecidos, mismos que se da a conocer:

- 0: señal ideal, difícil de lograr en la práctica.
- -40 a -60: señal idónea con tasas de transferencia estables.
- -60 a -66: enlace bueno.
- -67 a -70: enlace normal -bajo; es una señal baja, sufre caídas
- -80: es la señal mínima aceptable para establecer la conexión; ocurre caídas, que se traducen en corte de comunicación.

A continuación se indica la Tabla 15 donde se resume varias de las muestras realizadas con la nueva red WLAN diseñada, donde se demuestra que la misma cubre con su señal todas las áreas del domicilio con intensidades de señal wireless idóneas entre los -40 a -60 dBm de RSSI.

Tabla 15
Medición RSS de las áreas de cobertura nueva red WLAN

ÁREA	NUEVA SSID	RSSI SIGNAL	DISTANCIA
Segunda Planta, habitación 1	3BMEJIA	-59 dBm	7 metros
Segunda Planta, habitación 2	3BMEJIA	-54 dBm	10 metros
Segunda Planta, habitación 3	3BMEJIA	-52 dBm	7 metros
Segunda Planta, habitación 4	3BMEJIA	- 52 dBm	8 metros
Segunda Planta, habitación 5	3BMEJIA	- 51 dBm	6 metros
Segunda Planta, habitación 6	3BMEJIA	- 54 dBm	11 metros
Segunda Planta, habitación 7	3BMEJIA	- 53 dBm	11 metros
Primera Planta, estudio	3BMEJIArepetidor	- 55 dBm	9 metros
Primera Planta, cocina	3BMEJIArepetidor	- 51 dBm	11 metros
Primera Planta, cuarto de lavado	3BMEJIArepetidor	- 55 dBm	6 metros
Primera Planta, habitación 8	3BMEJIArepetidor	- 54 dBm	6 metros
Primera Planta, sala de estar	3BMEJIArepetidor	- 49 dBm	5 metros
Primera Planta, patio delantero	3BMEJIArepetidor	- 55 dBm	23 metros
Primera Planta, patio posterior	3BMEJIArepetidor	- 64 dBm	40 metros
Primera Planta, patio lateral	3BMEJIArepetidor	- 57 dBm	16 metros

Fuente: autor

Además se indica que la intensidad de señal del ISP en un período de tiempo de cinco minutos es muy inestable como se aprecia en la Figura 85 sufriendo caídas en su comunicación (signal strength color rojo-SSID MEJIA CNT) en comparación con la nueva red WLAN (router 3bumen-signal strength color celeste-SSID 3BMEJIA) que mantiene una estabilidad bastante idónea. A continuación se presenta una muestra tomada en la habitación 1, cuyo router del ISP se encuentra a una distancia más cercana en comparación a la del router de la nueva red diseñada.

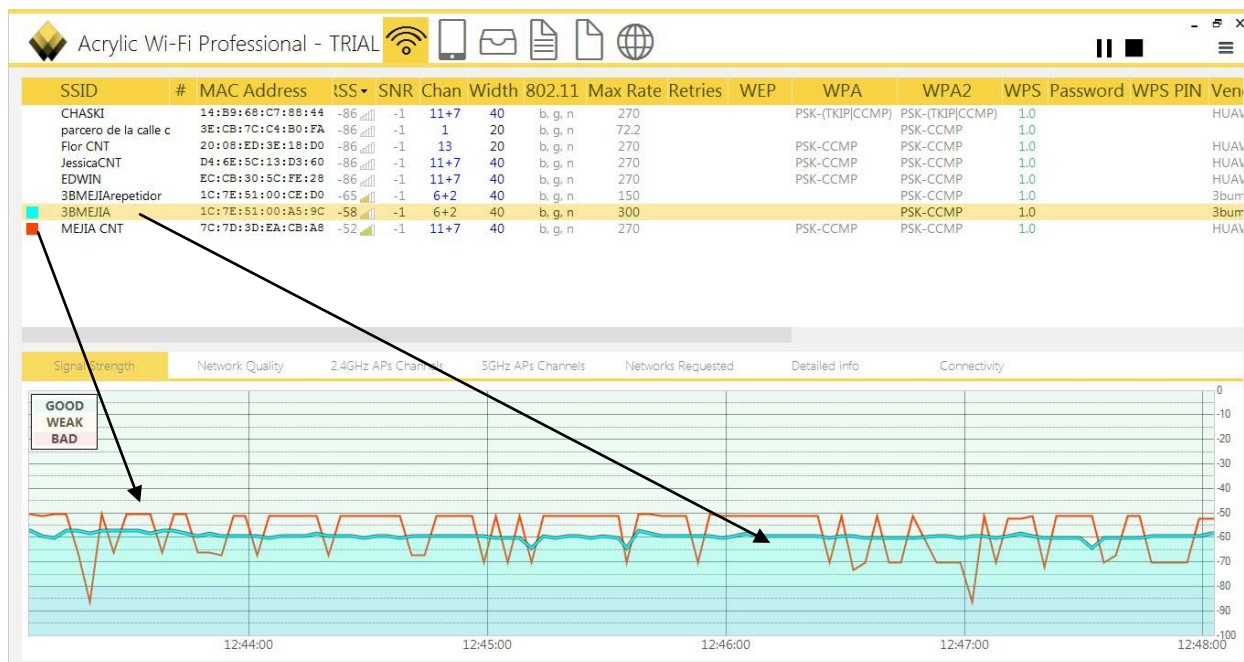


Figura 85. Medición estabilidad señal en un periodo de tiempo, entre la red del ISP y nueva red

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

5.5.2 Calidad de la señal wireless

Los problemas que continuamente afecta la transmisión confiable de las señales inalámbricas en un sistema de comunicaciones WLAN, es el deterioro que estas presentan por causa de agentes como son: la distancia, el ancho de banda utilizado, la interferencia electromagnética producida por microondas, motores, teléfonos inalámbricos, etc., diferentes obstáculos (paredes, ventanas, pisos) y el medio de transmisión utilizado (espacio libre). La disminución de la señal puede presentarse como una atenuación o pérdida de potencia debido a la distancia que separa el transmisor de su receptor, o por causa de señales eléctricas aleatorias que se encuentran en el ambiente conocidas como ruido.

En este apartado se realiza un análisis de la relación entre la potencia de la señal y la potencia del ruido (SNR) en la nueva red Wi-Fi diseñada, tanto en los interiores como exteriores del domicilio, por medio de la herramienta Acrylic Wi-Fi Professional. Se toma las muestras en las distintas áreas del hogar y se constata que la SNR está con los datos idóneos para una correcta conexión entre el emisor (router inalámbrico-repetidor) y los receptores

(laptops, tablets, smartphones), así mantendrán una comunicación sin caídas de señal y con la confiabilidad que amerita.

5.5.2.1 Relación Señal-Ruido

Para obtener los datos de potencia de la señal y de la potencia del ruido y análisis de SNR, se hicieron diferentes mediciones en la nueva red WLAN con un router inalámbrico y repetidor 3bumen, en una laptop, con una tarjeta PCI-E NIC Realtek RTL8191SE Wireless LAN 802.11n, los dispositivos trabajan con el estándar IEEE 802.11n. Los datos de la señal y ruido están en dBm para interiores y exteriores se tomaron a diferentes distancias (mts); para interiores se tuvo en cuenta obstáculos como paredes, puertas y pisos.

Para realizar el análisis de los datos proporcionados se utiliza la herramienta Acrylic Wi-Fi Professional se tomaron varias muestras tanto de la potencia de la señal como de la potencia del ruido en dBm durante un periodo de 5 minutos, a diferentes distancias. Considerando que la SNR (relación señal -ruido) medido en dB utiliza para comparar la señal recibida y el ruido de fondo. El valor más alto es el mejor.

Segunda Planta, habitación 1, distancia a 7 metros, ver Figura 86.

- SSID 3BMEJIA, SNR 81 dB

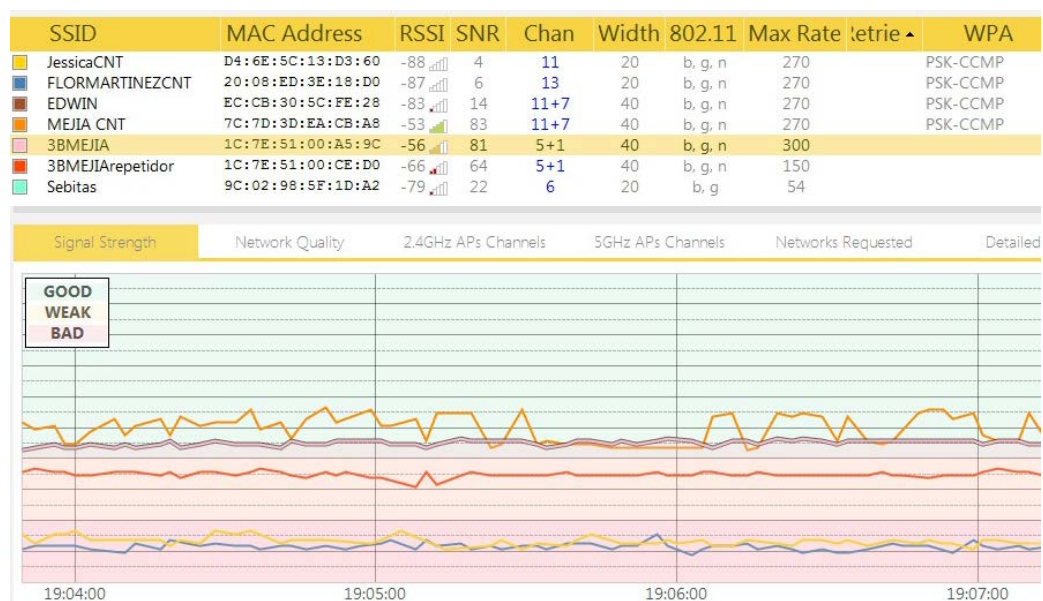


Figura 86. Medición SNR habitación 1, segunda planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Segunda Planta, habitación 2, distancia a 10 metros, ver Figura 87.

- SSID 3BMEJIA, SNR 82 dB

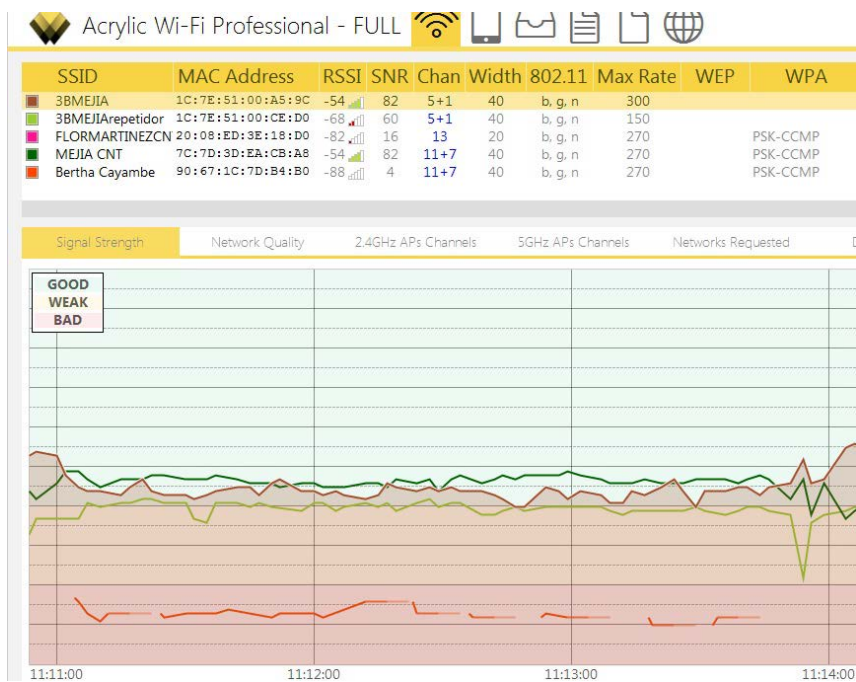


Figura 87. Medición SNR habitación 2, segunda planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Segunda Planta, habitación 3, distancia a 7 metros, ver Figura 88.

- SSID 3BMEJIA, SNR 83 dB

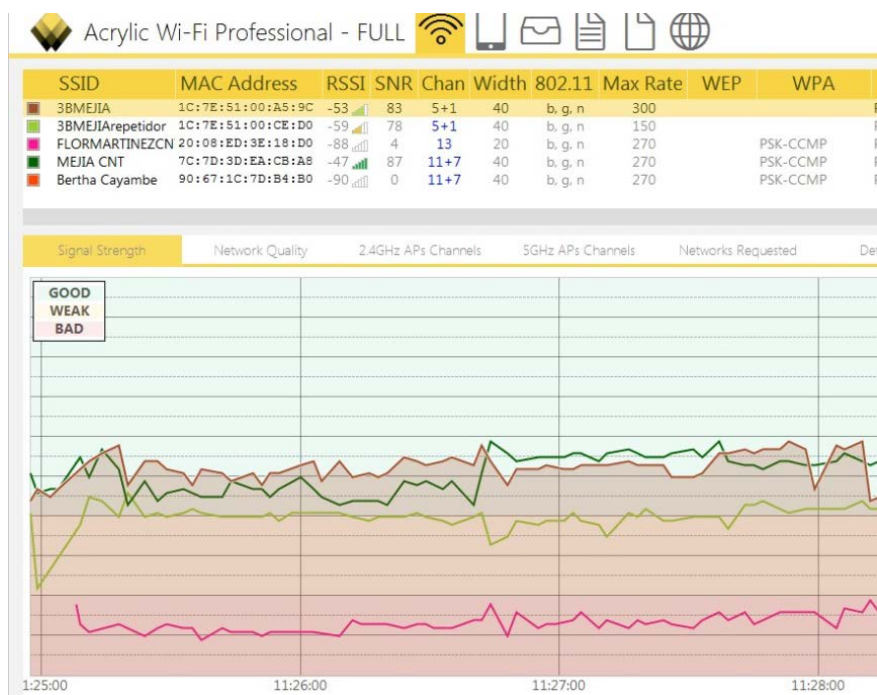


Figura 88. Medición SNR habitación 3, segunda planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Segunda Planta, habitación 4, distancia a 8 metros, ver Figura 89.

- SSID 3BMEJIA, SNR 85 dB

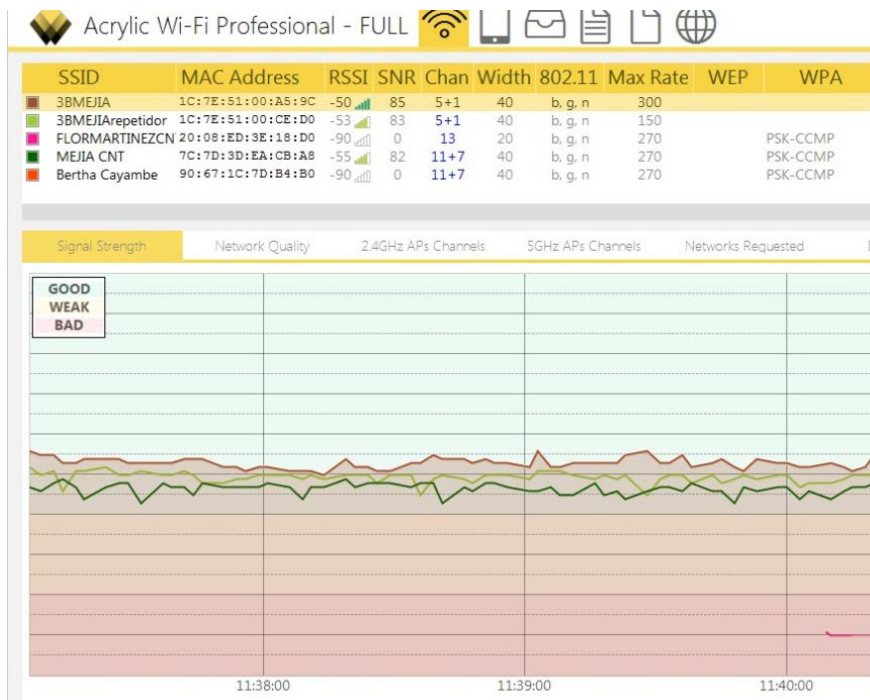


Figura 89. Medición SNR habitación 4, segunda planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Segunda Planta, habitación 5, distancia a 6 metros, ver Figura 90.

- SSID 3BMEJIA, SNR 92 dB

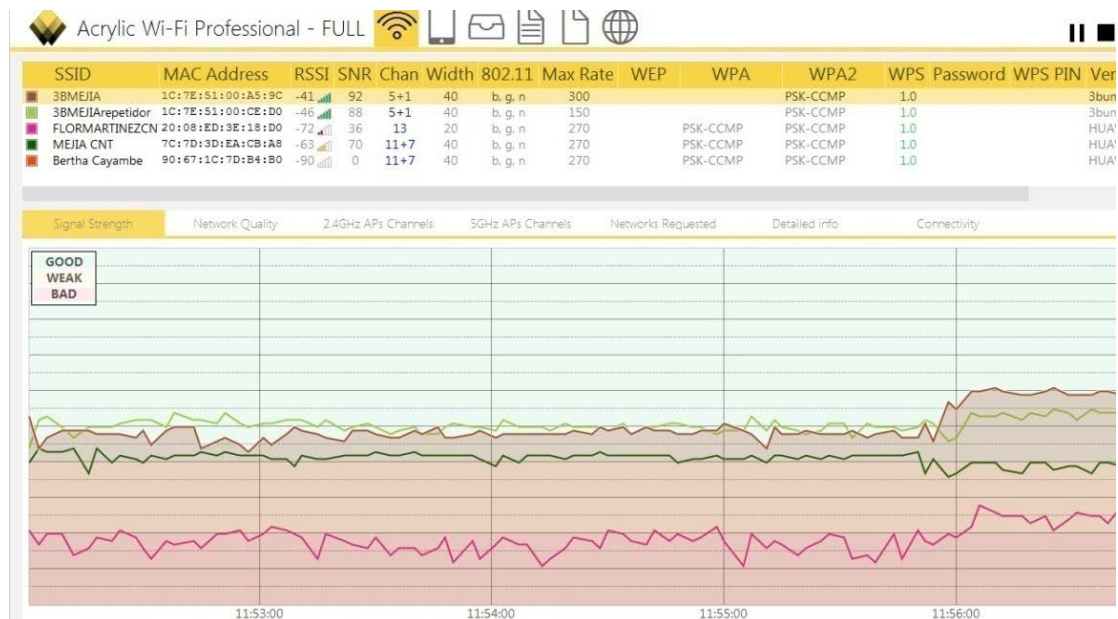


Figura 90. Medición SNR habitación 5, segunda planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Segunda Planta, habitación 6, distancia a 11 metros, ver Figura 91.

- SSID 3BMEJIA, SNR 89 dB

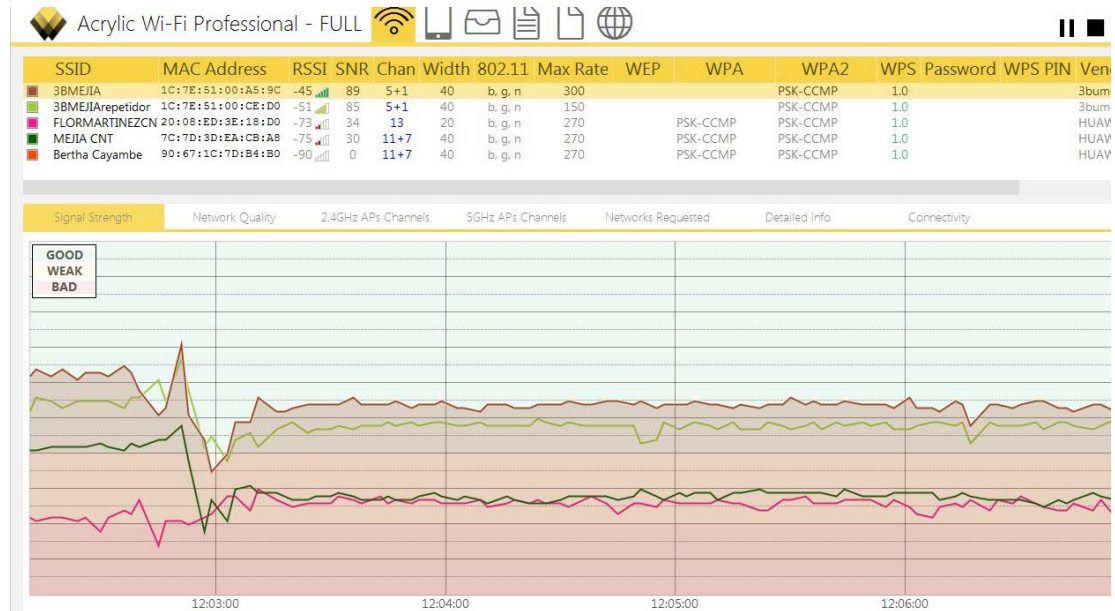


Figura 91. Medición SNR habitación 6, segunda planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Segunda Planta, habitación 7, distancia a 11 metros, ver Figura 92.

- SSID 3BMEJIA, SNR 82 dB

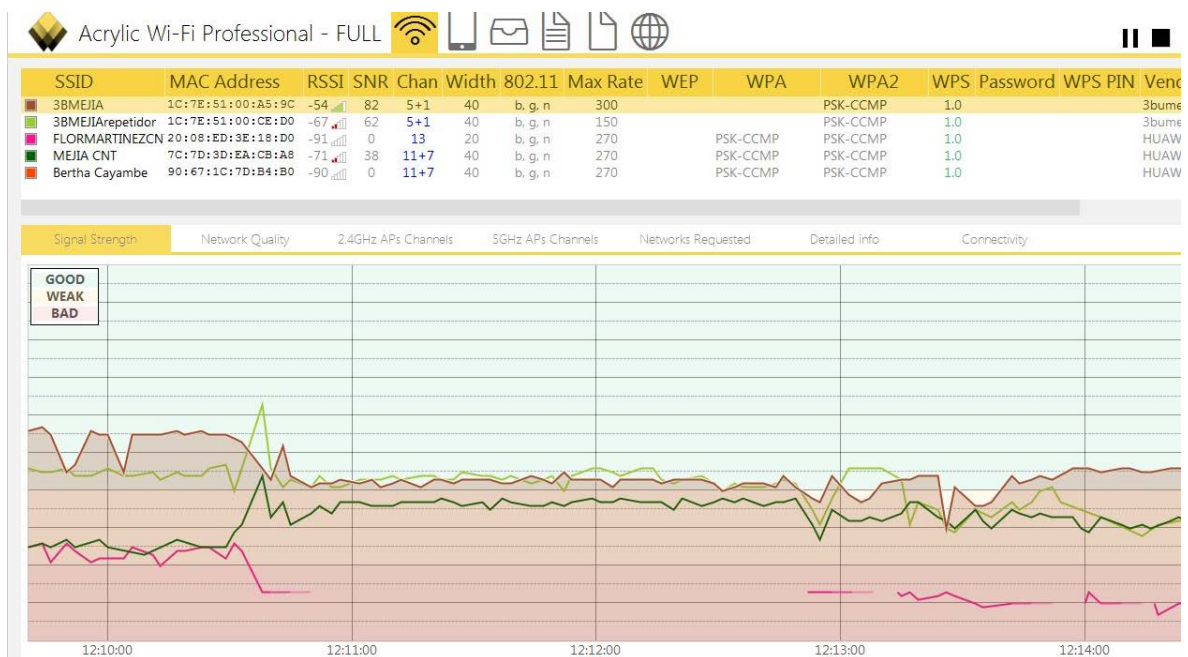


Figura 92. Medición SNR habitación 7, segunda planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, estudio, distancia a 9 metros, ver Figura 93.

- SSID 3BMEJIArepetidor, SNR 82 dB

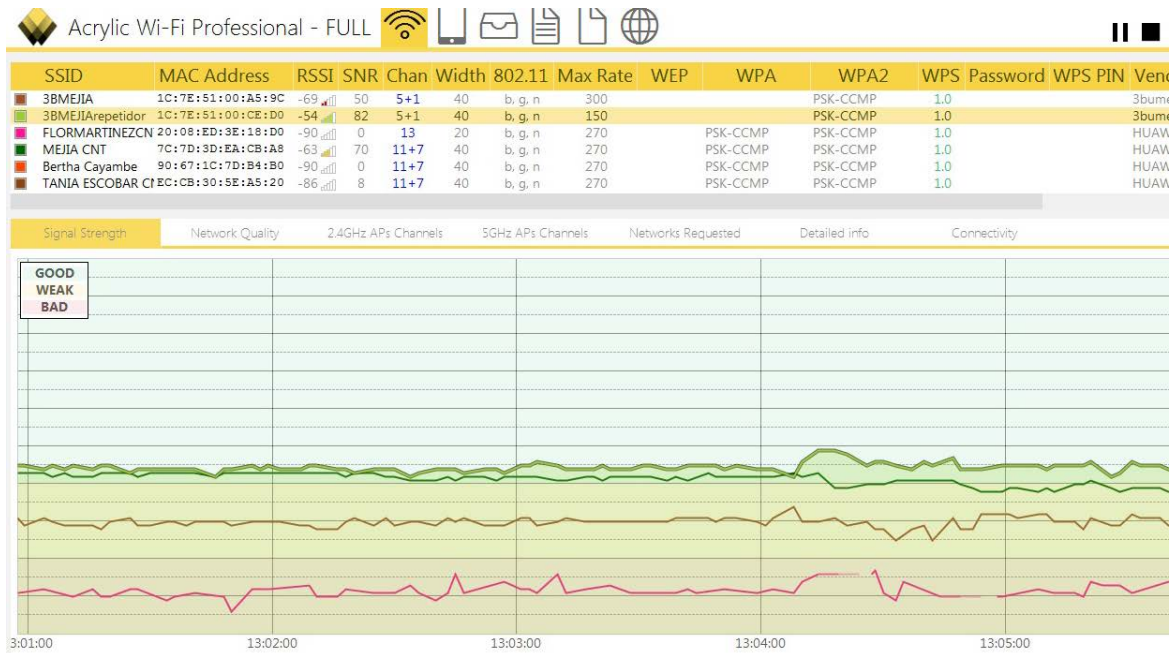


Figura 93. Medición SNR estudio, primera planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, cocina, distancia a 11 metros, ver Figura 94.

- SSID 3BMEJIArepetidor, SNR 92 dB

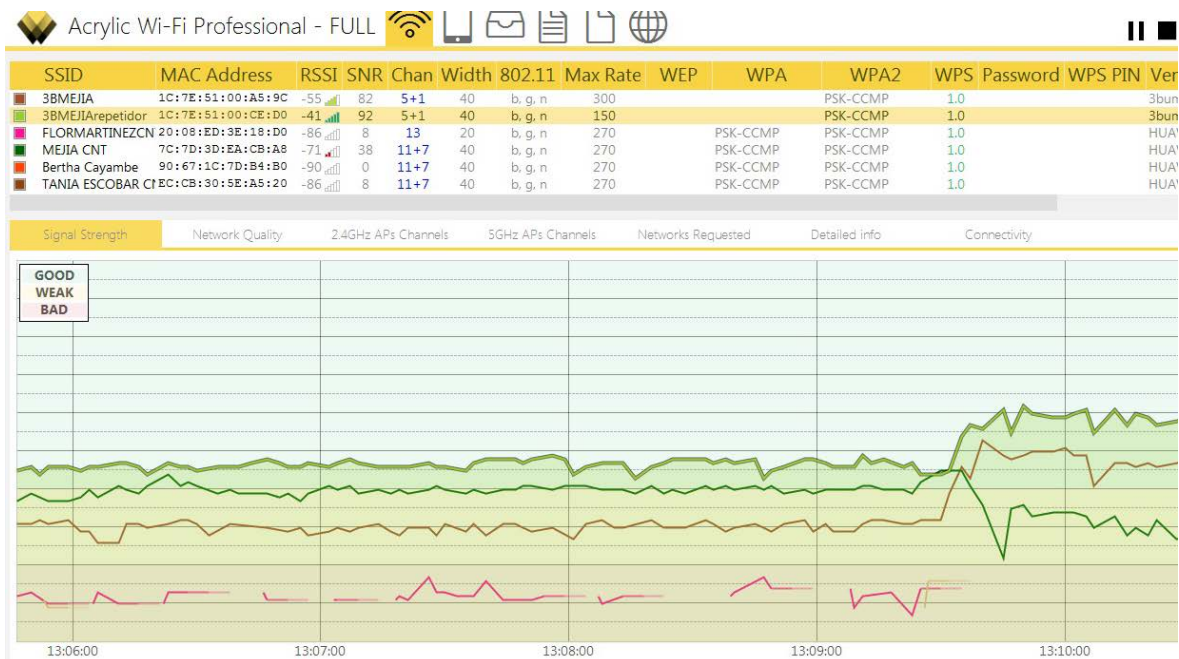


Figura 94. Medición SNR cocina, primera planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, cuarto de lavado, distancia a 6 metros, ver Figura 95.

- SSID 3BMEJIArepetidor, SNR 85 dB

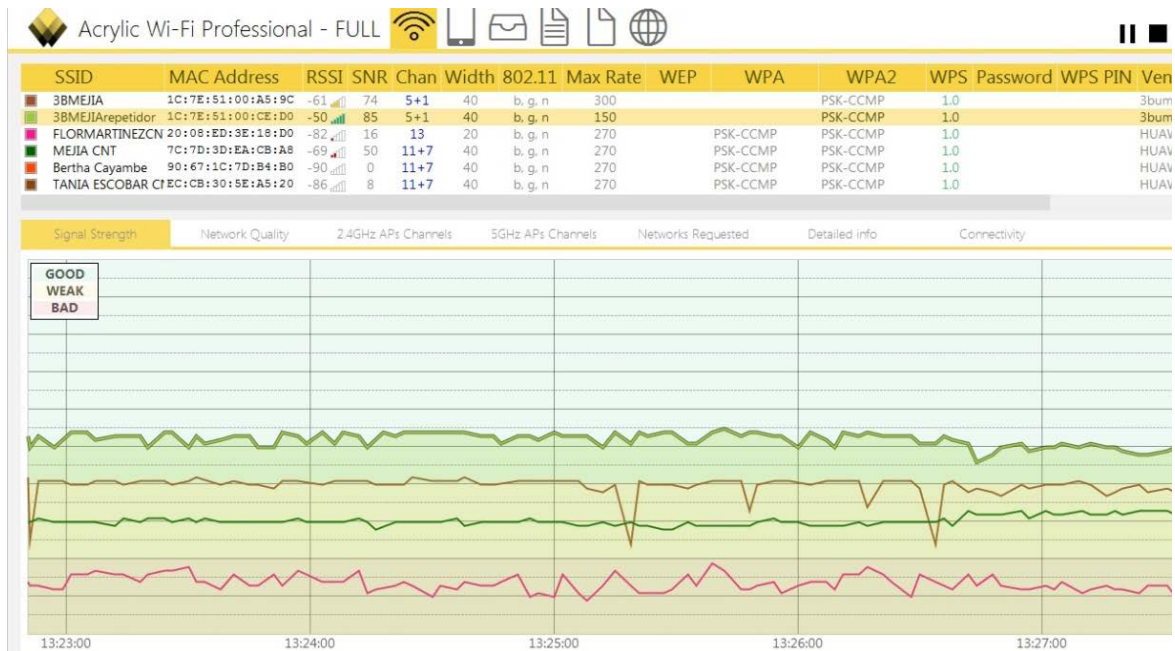


Figura 95. Medición SNR cuarto de lavado, primera planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, sala de estar, distancia a 5 metros, ver Figura 96.

- SSID 3BMEJIArepetidor, SNR 95 dB

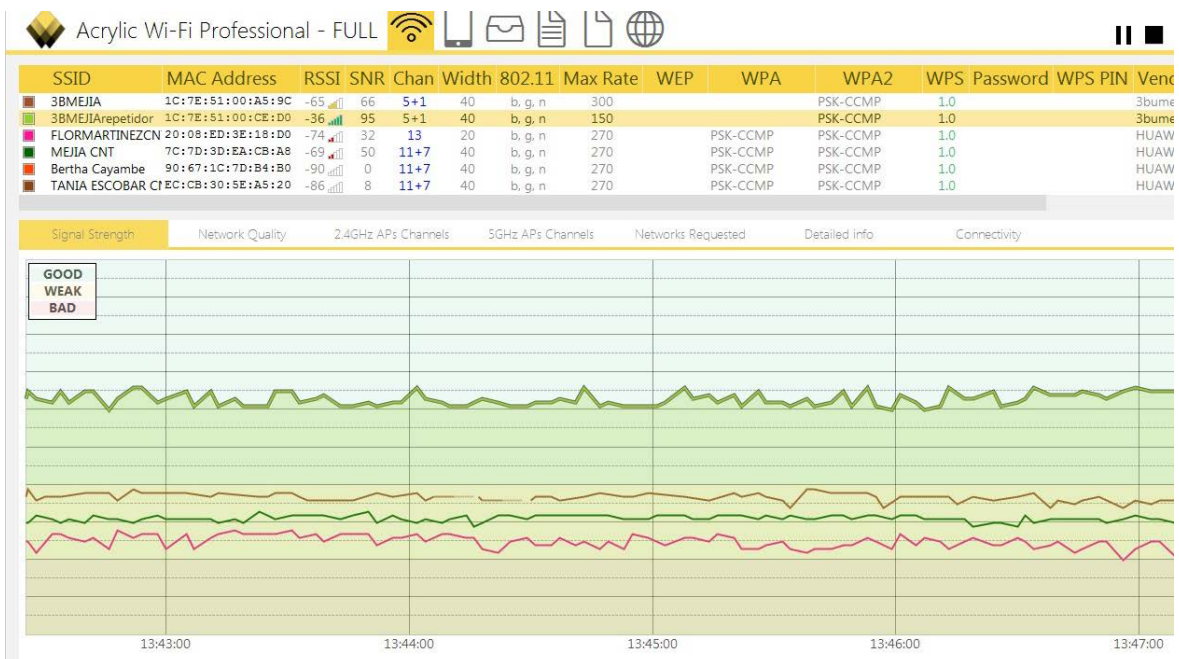


Figura 96. Medición SNR sala de estar, primera planta

Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, habitación 8, distancia a 6 metros, ver Figura 97.

- SSID 3BMEJIArepetidor, SNR 93 dB

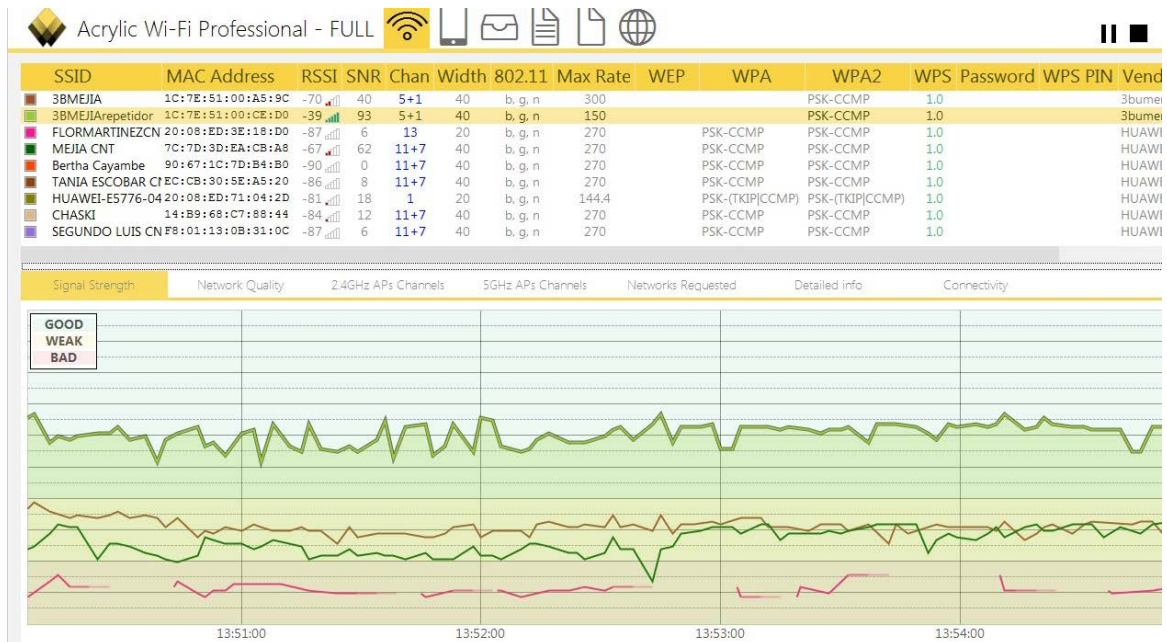


Figura 97. Medición SNR habitación 8, primera planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, patio delantero, distancia a 23 metros, ver Figura 98.

- SSID 3BMEJIArepetidor, SNR 82 dB

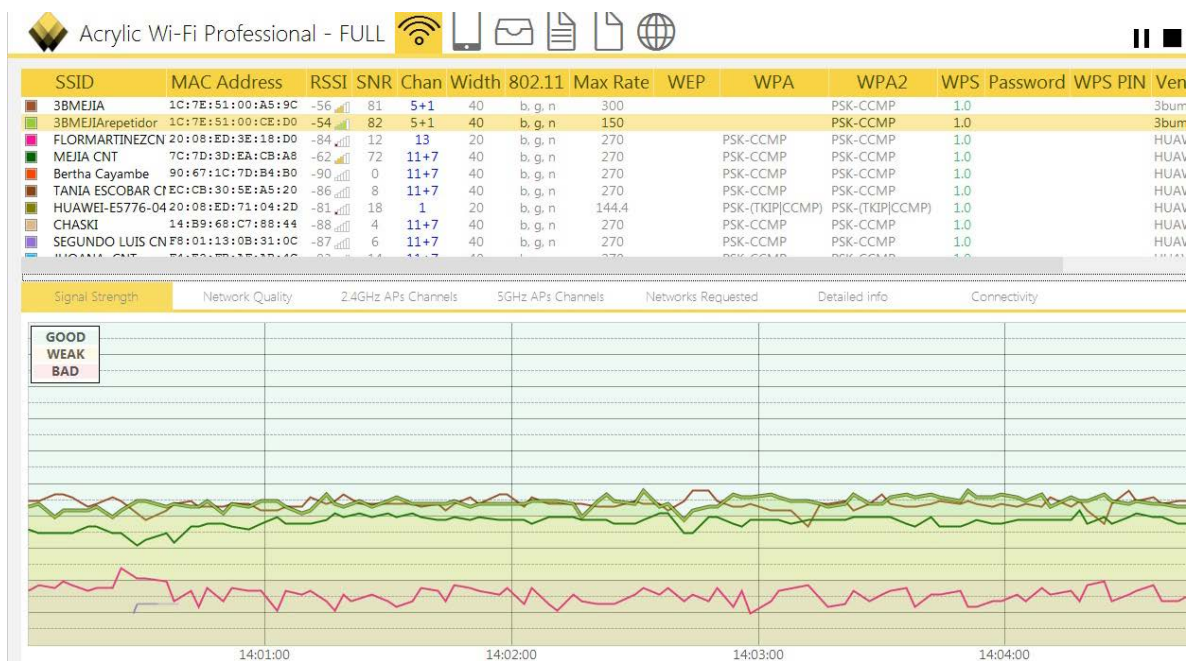


Figura 98. Medición SNR patio delantero, primera planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, patio posterior, distancia a 25 metros, ver Figura 99.

- SSID 3BMEJIArepetidor, SNR 82 dB

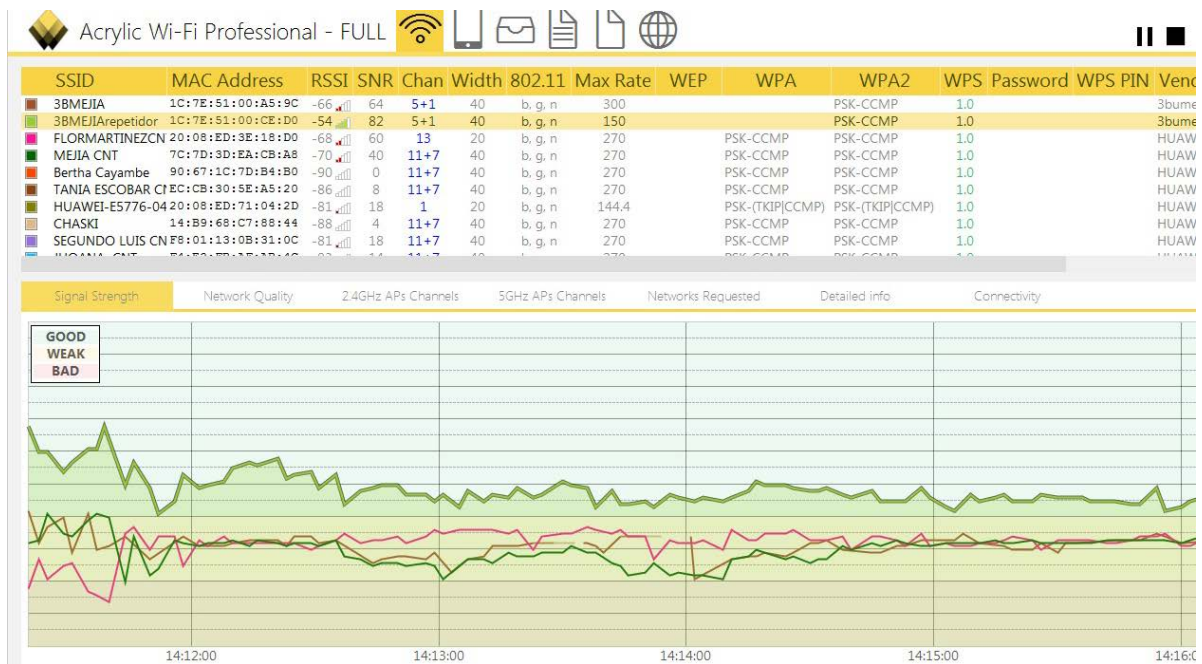


Figura 99. Medición SNR patio posterior, primera planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

Primera Planta, patio lateral, distancia a 16 metros, ver Figura 100.

- SSID 3BMEJIArepetidor, SNR 85 dB

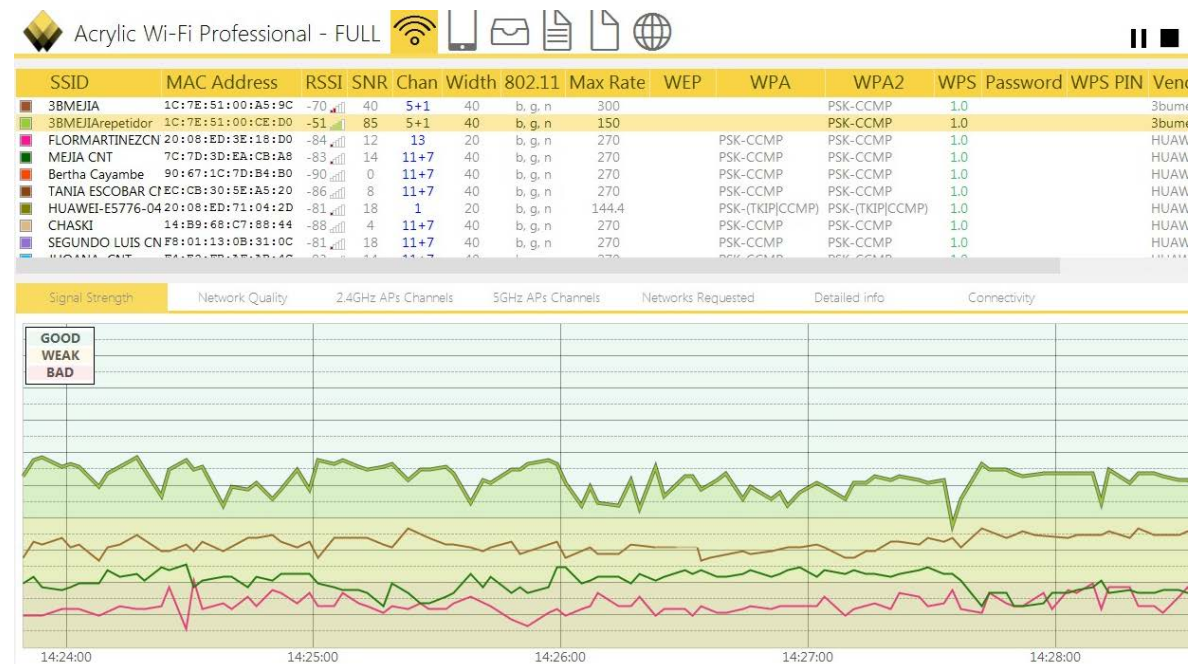


Figura 100. Medición SNR patio lateral, primera planta
Fuente: Software Acrylic Wi-Fi Professional

A continuación se indica la Tabla 16 donde se resume todas las muestras realizadas con la nueva red WLAN diseñada, donde se demuestra que esta cubre todas las áreas del domicilio con intensidades de señal wireless idóneas de RSSI y de SNR. La relación señal/ruido (en inglés Signal to noise ratio SNR o S/N) se define como la proporción existente entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Este margen es medido en decibelios y mientras mayor sea es mejor la calidad de la señal.

Tabla 16
Medición SNR de las áreas de cobertura de la nueva red WLAN

ÁREA	NUEVA SSID	RSSI SIGNAL	SNR	DISTANCIA
Segunda Planta, habitación 1	3BMEJIA	- 56 dBm	81 dB	7 metros
Segunda Planta, habitación 2	3BMEJIA	- 52 dBm	82 dB	10 metros
Segunda Planta, habitación 3	3BMEJIA	- 53 dBm	83 dB	7 metros
Segunda Planta, habitación 4	3BMEJIA	- 50 dBm	85 dB	8 metros
Segunda Planta, habitación 5	3BMEJIA	- 41 dBm	92 dB	6 metros
Segunda Planta, habitación 6	3BMEJIA	- 45 dBm	89 dB	11 metros
Segunda Planta, habitación 7	3BMEJIA	- 54 dBm	82 dB	11 metros
Primera Planta, estudio	3BMEJIAre petidor	- 54 dBm	82 dB	9 metros
Primera Planta, cocina	3BMEJIAre petidor	- 41 dBm	92 dB	11 metros
Primera Planta, cuarto de lavado	3BMEJIAre petidor	- 50 dBm	85 dB	6 metros
Primera Planta, habitación 8	3BMEJIAre petidor	- 39 dBm	93 dB	6 metros
Primera Planta, sala de estar	3BMEJIAre petidor	- 36 dBm	95 dB	5 metros
Primera Planta, patio delantero	3BMEJIAre petidor	- 54 dBm	82 dB	23 metros
Primera Planta, patio posterior	3BMEJIAre petidor	- 54 dBm	82 dB	25 metros
Primera Planta, patio lateral	3BMEJIAre petidor	- 51 dBm	85 dB	16 metros

Fuente: autor

A continuación mediante la Tabla 17 se resume varias de las muestras realizadas con la red WLAN del ISP, en donde se analizó la relación Señal/Ruido SNR. Este parámetro es bastante relevante en cuanto a la calidad de la red.

Tabla 17

Medición SNR de las áreas de cobertura de la red WLAN del ISP

ÁREA	SSID ISP	RSSI SIGNAL	SNR	DISTANCIA
Segunda Planta, habitación 1	MEJIA CNT	- 53 dBm	83 dB	7 metros
Segunda Planta, habitación 2	MEJIA CNT	- 54 dBm	82 dB	10 metros
Segunda Planta, habitación 3	MEJIA CNT	- 47 dBm	87 dB	7 metros
Segunda Planta, habitación 4	MEJIA CNT	- 55 dBm	82 dB	8 metros
Segunda Planta, habitación 5	MEJIA CNT	- 63 dBm	70 dB	6 metros
Segunda Planta, habitación 6	MEJIA CNT	- 75 dBm	30 dB	11 metros
Segunda Planta, habitación 7	MEJIA CNT	- 71 dBm	38 dB	11 metros
Primera Planta, estudio	MEJIA CNT	- 63 dBm	70 dB	9 metros
Primera Planta, cocina	MEJIA CNT	- 71 dBm	38 dB	11 metros
Primera Planta, cuarto de lavado	MEJIA CNT	- 69 dBm	50 dB	6 metros
Primera Planta, habitación 8	MEJIA CNT	- 67 dBm	62 dB	6 metros
Primera Planta, sala de estar	MEJIA CNT	- 69 dBm	50 dB	5 metros
Primera Planta, patio delantero	MEJIA CNT	- 62 dBm	72 dB	23 metros
Primera Planta, patio posterior	MEJIA CNT	- 70 dBm	40 dB	25 metros
Primera Planta, patio lateral	MEJIA CNT	- 83 dBm	14 dB	16 metros

Fuente: autor

Seguidamente se presenta un gráfico comparativo del indicador de fuerza de la señal recibida (RSSI por las siglas en inglés Received Signal Strength Indicator) entre la nueva red diseñada y la red del ISP en el domicilio. Como podemos apreciar la calidad de la señal RSSI datos proporcionados por la aplicación Acrylic Wi-Fi Professional es mucho mejor de la nueva red diseñada en comparación a la red del ISP como se aprecia en la Figura 101.

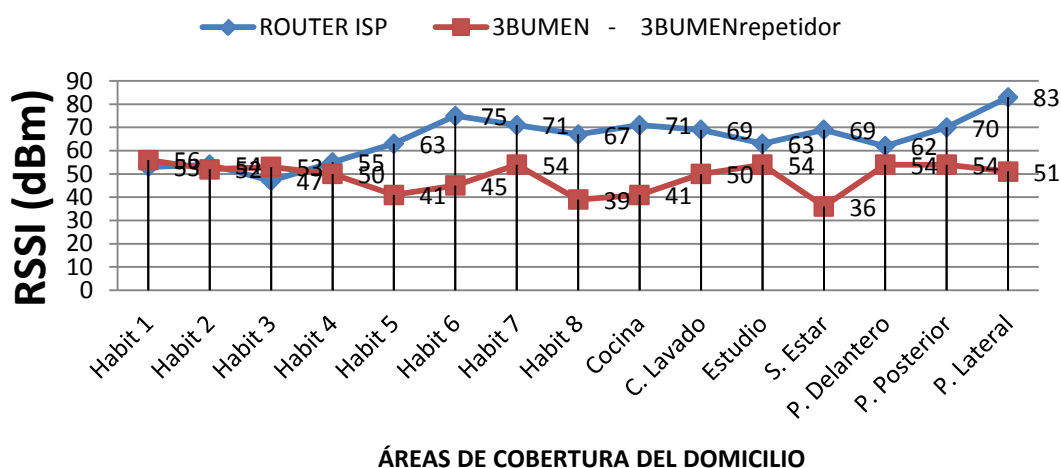


Figura 101. Cuadro comparativo de las áreas de cobertura router ISP y nueva red WLAN

Fuente: autor

A continuación se presenta un gráfico comparativo de la relación señal/ruido (en inglés Signal to noise ratio SNR o S/N) entre la nueva red diseñada y la red del ISP en el domicilio. Como podemos apreciar la calidad de la señal en relación señal/ruido proporcionado por la aplicación Acrylic Wi-Fi Professional es mucho mejor de la nueva red diseñada en comparación a la red del ISP como se indica en la Figura 102.

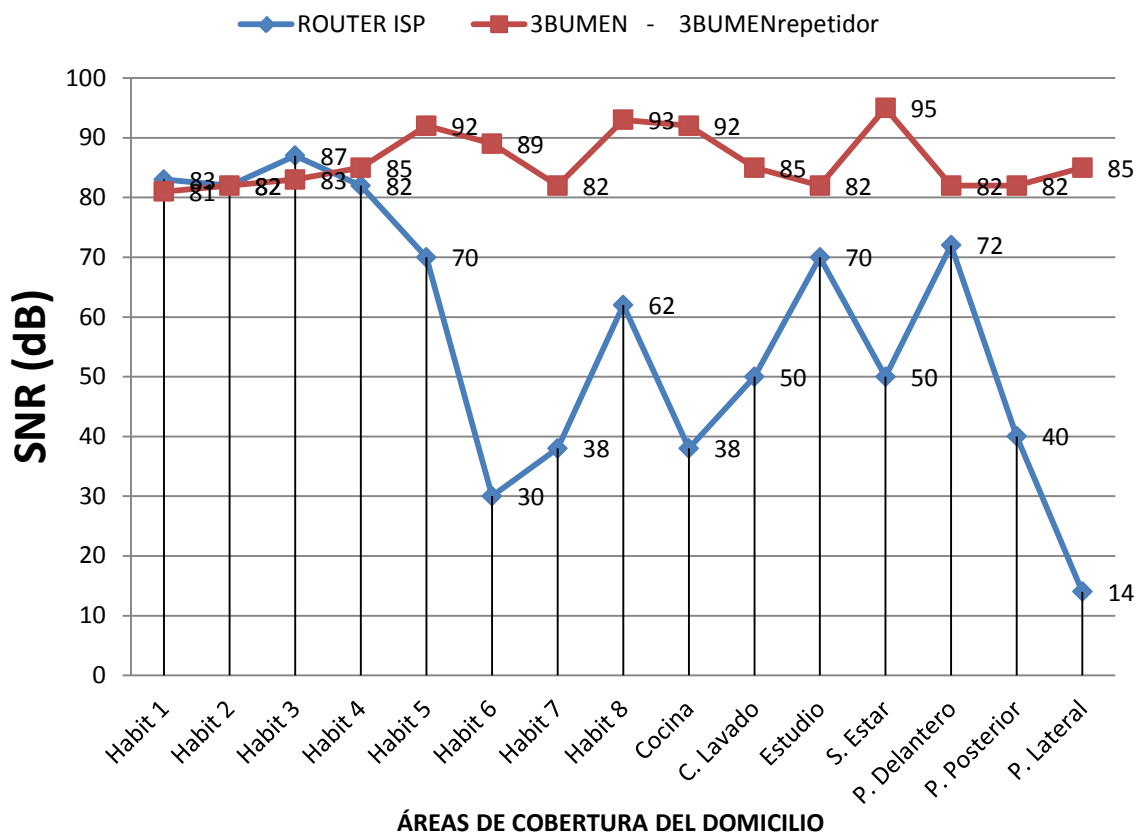


Figura 102. Cuadro comparativo de SNR en el área de cobertura del router ISP y nueva red WLAN

Fuente: autor

A continuación se tomaron algunas muestras con un smartphone Samsung Galaxy S4 que se instaló una aplicación (Wifi Analyzer) que realiza el análisis de la red, con esto se efectuará una comparativa entre la red inalámbrica de ISP (MEJIA CNT) y la nueva red diseñada (3BMEJIA).

Segunda Planta, habitación 5, ver Figura 103.

- Distancia 11 m, SSID MEJIA CNT, RSSI -74 dBm

- Distancia 6 m, SSID 3BMEJIA, RSSI -53 dBm

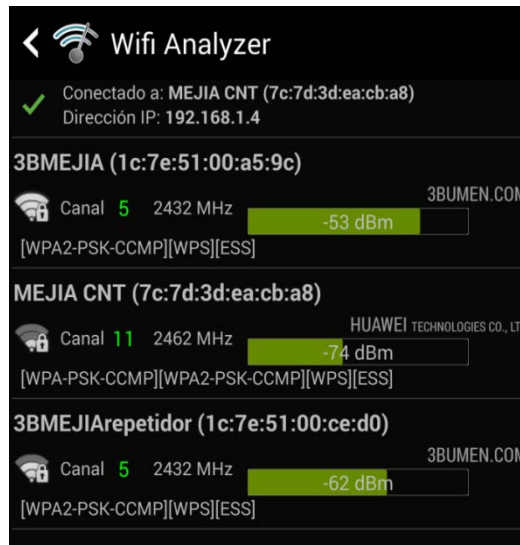


Figura 103. Análisis del área de cobertura con un smartphone, habitación 5

Fuente: autor

Segunda Planta, habitación 6, ver Figura 104.

- Distancia 16 m, SSID MEJIA CNT, RSSI -88 dBm
- Distancia 11 m, SSID 3BMEJIA, RSSI -53 dBm

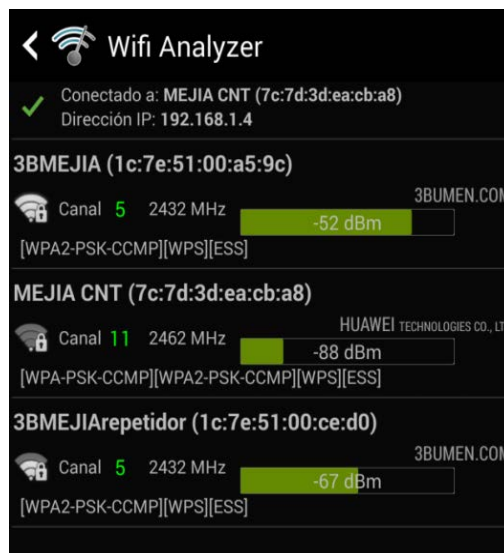


Figura 104. Análisis del área de cobertura con un smartphone, habitación 6

Fuente: autor

Primera Planta, cocina, ver Figura 105.

- Distancia 18 m, SSID MEJIA CNT, RSSI -82 dBm
- Distancia 11 m, SSID 3BMEJIArepetidor, RSSI -58 dBm

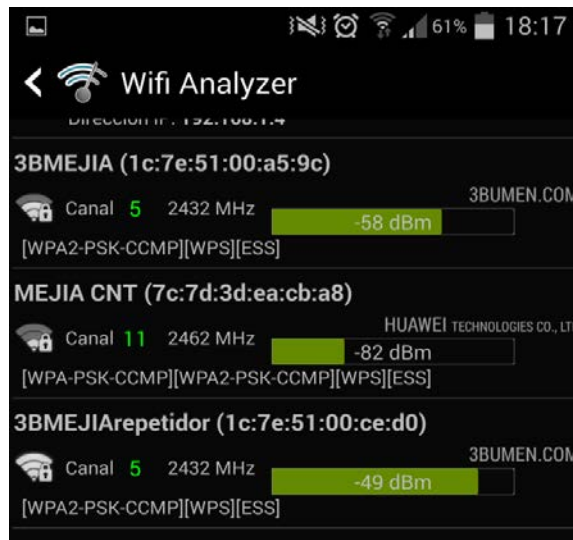


Figura 105. Análisis del área de cobertura con un smartphone, cocina
Fuente: autor

Primera Planta, Habitación 8, ver Figura 106.

- Distancia 16 m, SSID MEJIA CNT, RSSI -91 dBm
- Distancia 6 m, SSID 3BMEJIArepetidor, RSSI -43 dBm

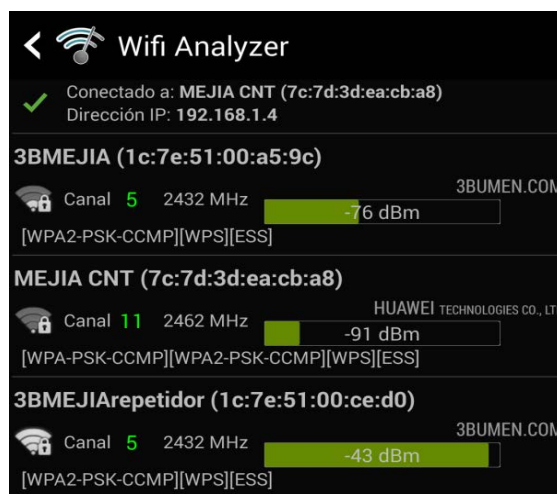


Figura 106. Análisis del área de cobertura con un smartphone, habitación 8
Fuente: autor

5.5.3 Conclusiones

- Cuando se aumenta paulatinamente la distancia entre el enrutador inalámbrico y los equipos portátiles (laptops, smartphones, tablets, etc) la potencia de la señal disminuye y lo mismo que la SNR.

- En las áreas internas de un domicilio, la señal tiene una mayor atenuación debido a los obstáculos (paredes, puertas, ventanas, pilares) que se encuentran entre los dispositivos que hacen parte de la red inalámbrica, ya que parte de la señal se reflexiona y dispersa en estos obstáculos. También se mencionan las frecuencias no deseadas (bluetooth, teléfonos inalámbricos, microondas) que se encuentran en el medio y se mezclan con la señal de información.
- Una de las herramientas utilizadas para estas mediciones es Acrylic Wi-Fi Professional pero esta no posee una base de datos donde los almacenen los datos para luego ser analizados detalladamente. Los datos de las pruebas se tomaron manualmente durante un lapso de 5 minutos a diferentes distancias varias áreas del domicilio.
- Con la nueva red WLAN diseñada se cubre todas las áreas del domicilio, con una idónea calidad de señal wireless. Así la cobertura de la nueva red inalámbrica abarca la totalidad del hogar tanto de la primera planta como de la segunda planta, con niveles de RSSI y SNR que permiten una comunicación eficiente entre el emisor y respectivos receptores.
- Las pruebas de cobertura de la Red Inalámbrica diseñada y del ISP permitieron diagnosticar la calidad de los enlaces en los ambientes internos y externos y el rango de cobertura que los routers inalámbricos tenían.
- Para realizar el análisis de la red a través de un smartphone se utilizó la herramienta Wifi Analyzer, con la que se demostró que la nueva red es muy funcional, recogiendo datos con calidad de señal idóneos para una navegación adecuada.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La propuesta de un diseño de una WLAN para los hogares ecuatorianos presenta la fortaleza de brindar la cobertura total de la red inalámbrica para todas las áreas del domicilio, manteniendo en paralelo la importancia de la calidad de señal tanto en RSSI (-dBm) como en SNR (dB).
- Se ha realizado la configuración respectiva de los equipos de comunicación, con protocolos de seguridad como autenticación basada en clave pre-compartida PSK y cifrado WPA2/AES con una contraseña segura, además se comprobó el correcto funcionamiento de las conexiones inalámbricas en el hogar tanto del router como del repetidor y su interacción con la red del ISP.
- La utilización de una aplicación (Acrylic Wi-Fi Professional) para el análisis de la potencia de las señales recibidas, estándares, velocidades de transferencia, canales, RSSI, SNR, entre otros y en general el rendimiento de la red inalámbrica en cada área del hogar, ayuda de una forma relevante a la correcta ubicación del router y repetidor, basándonos en los indicadores de señal.
- Los dispositivos wireless analizados para la mejora de la cobertura de la señal inalámbrica en el hogar, concluyen de que el router y el repetidor son la mejor opción tanto para brindar la independencia de red del ISP como en la ubicación, configuración, alcance y estética. Además estos equipos cuentan con adaptadores de alimentación eléctrica y conectores P.O.E para una mejor protección del componente a sufrir daños por la subida y bajada de tensión eléctrica. Además presenta diferentes especificaciones técnicas que se debe tomar en cuenta al momento de su instalación tales como: interfaces del dispositivo, estándares, potencia de transmisión, modos de

operación y funcionamiento, tecnología y ganancia de las antenas, bandas de operación, entre otros.

- La aplicación Ekahau Site Survey es una herramienta práctica para la simulación de la intensidad de la señal de las redes inalámbricas WLAN, con esto se obtiene las áreas de cobertura que abarca determinado Access Point y/o Router inalámbrico, también mide el alcance (cobertura) y la potencia del Wi-Fi, además se encuentra el mejor sitio para colocar el dispositivo para así lograr la mejor velocidad de navegación.
- La funcionalidad de cobertura y calidad de señal brindada por este diseño requerida por la mayoría de los usuarios en sus domicilios, presenta relevantes ventajas tales como confiabilidad, eficiencia y eficacia en la red wireless en todas sus áreas, permitiendo además control de la misma. La red inalámbrica instalada por el ISP no ofrecía estas características.

6.2 RECOMENDACIONES

- La fuerza de la señal emitida por el dispositivo inalámbrico medida en dBm que fluctúa en condiciones óptimas entre los -35 a -60, ayudará a decidir si se debe ubicar el equipo en determinado lugar, para así navegar con una velocidad idónea.
- Se debe implementar la autenticación de usuario por medio del cifrado de las normas WPA2/AES, con esto se previene cualquier acceso no autorizado a la red y equipos.
- Establecer las claves de acceso a la red SSID tanto del router como del repetidor, con más de ocho caracteres entre mayúsculas, minúsculas, caracteres y números, para una establecer una mayor seguridad y realizar cambios de la mismas cada determinado tiempo.

- Es conveniente la utilización de una aplicación confiable y amigable al usuario para el monitoreo de la red, usuarios conectados, intensidad de señal, etc. para mantener el control de la red WLAN.
- No se debe colocar dispositivos electrónicos como teléfonos inalámbricos, microondas y televisores (LCD, plasma, smart tv) cerca de los equipos de red, puesto que estos interfieren con la señal de los dispositivos de red.
- Los dispositivos de red a utilizar para la nueva red WLAN deben cumplir con el estándar (IEEE 802.11n) del equipo del ISP, puesto que se debe trabajar con la misma tecnología.
- Las frecuencias en los canales 1,6 y 11 no presentan solapamiento, por lo que se procura que al activar 3 o más puntos de acceso o enrutadores inalámbricos en un área específica, cada uno de estos dispositivos se configure en uno de estos canales.
- Los equipos de red necesitan de un regulador de voltaje o UPS para garantizar el no sufrir daños por la subida y bajada de tensión eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Salvetti, D. (2011). Redes Wireless. Buenos Aires: Fox Andina.
- [2] Pietrosevoli, E., Zennaro, M., Fonda, C., Okay, S., Aichele, C., Büttrich, S., Forster, J., Wierenga, K., Vyncke, E., Baikie, B., Hosman, L., Ginguld, M., & Togo, E. (2013). Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo: Jane Butler.
- [3] Pascual, J. (2015). WiFi AC, el WiFi más rápido que el cable. Recuperado en marzo de 2016 de: <http://computerhoy.com/noticias/internet/wifi-ac-wifi-mas-rapido-que-cable-conoces-25517>
- [4] De la Luz, S. (2012). 802.11ac todo lo que debes saber sobre el nuevo estándar Wi-Fi. Recuperado en enero de 2016 de: <http://www.redeszone.net/2012/03/29/802-11ac-todo-lo-que-debes-saber-sobre-el-nuevo-estandar-wi-fi>.
- [5] Anónimo. (2016). Cómo elegir el mejor canal WiFi - Redes Wifi. Recuperado en abril de 2016 de: <http://www.redes.org/blog/mejor-canal-wifi/>
- [6] Anónimo. (2016). List of WLAN channels. Recuperado en Noviembre de 2015 de: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_WLAN_channels
- [7] Aguilar, Q. (2015). ¿Cómo configurar los canales wifi para un mejor rendimiento de la red?. Recuperado en enero de 2016 de: <https://revistaitnow.com/como-configurar-los-canales-wifi-para-un-mejor-rendimiento-de-la-red/>
- [8] Ermanno. Rob. (2010). Materiales de apoyo para entrenadores en redes inalámbricas. Recuperado en febrero de 2016 de: http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/02-Matematicas_con_dB-es-v1.12-notes.pdf
- [9] Anónimo. (2014). Diferencias entre WEP y WPA2-PSK ENTRE WEP Y WPA2-PSK. Recuperado en Noviembre de 2015 de: <http://www.adslzone.net/tutorial-44.18.html>
- [10] 3bumen. (2015). Router Rompemuros 3 antenas. Recuperado de: <http://www.3bumen.com/es/ibuscador/local/rompemuros/> González, M. (2014). Velocidad de

- las redes WiFi N en entornos residenciales. Recuperado de:
<http://redestelematicas.com/velocidad-de-las-redes-wifi-n-en-entornos-residenciales/>
- [11] Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2013). LECCIÓN 32. CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LAS ANTENAS. Recuperado de:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208019/MODULO%20ANTENAS%20Y%20PROPAGACION-2011/leccin_32_caractersticas_esenciales_de_las_antenas.html
- [12] Ubiquiti Networks. (2016). Indoor 802.11n Access Point UAP-LR. Recuperado de:
<https://www.ubnt.com/unifi/unifi-ap/>
- [13] Martínez Cordero, S. (2005). Análisis de la calidad de señal en una red wifi con la herramienta netstumbler. Bogotá.
- [14] Linksys. (2016). EXTENSOR DE ALCANCE INALÁMBRICO DE DOBLE BANDA LINKSYS RE6500 AC1200. Recuperado de: <http://www.linksys.com/ec/p/P-RE6500/#product-features>
- [15] Trendnet. (2016). Extensor de alcance WiFi AC1200. Recuperado de:
<http://www.trendnet.com/langsp/products/wifi/AC-range-extenders-bridges/AC1200/TEW-822DRE#tabs-solution02>
- [16] Linksys. (2016). KIT DE EXPANSIÓN POWERLINE DE RED POR CABLE E INALÁMBRICA LINKSYS PLWK400. Recuperado de: <http://www.linksys.com/ec/p/P-PLWK400/>
- [17] TP-LINK. (2016). 2.4 GHz 8 dBi Antena de escritorio omnidireccional para interiores TL-ANT2408C. Recuperado de: http://www.tp-link.ec/products/details/cat-4765_TL-ANT2408C.html
- [18] TRENDnet. (2016). Adaptador PCIe wireless de banda doble y alta potencia AC1200. Recuperado de: <http://www.trendnet.com/langsp/products/wifi/AC-adapters/AC1200/TEW-807ECH>

ANEXOS

ANEXO 1

CONFIGURACIÓN DEL ROUTER INALÁMBRICO 3BUMEN

Conectarse a la red que emite el equipo, luego se procede al ingreso al router con la IP asignada automáticamente 192.168.0.1, clave y usuario *3bumen*.

Configuración Básica de la Red Inalámbrica, ingresamos a Múltiple AP

Se procede a deshabilitar las redes adicionales que no se necesitan en esta configuración.

Configuración de Múltiples Redes Inalámbricas (APs)

Esta página muestra y actualiza la configuración inalámbrica para una instalación con múltiples APs (Access Points). Recuerda que el SSID es el nombre configurar desde este equipo. Turbo Multimedia WI-FI es una función especial de los Router y soluciones CPE de 3bumen High Power que mejora Multimedia en la red inalámbrica.

Tips: En acceso permitido, se entenderá por WAN cuando se tiene acceso a Internet y LAN cuando se tiene acceso a la red local. De esta forma, si se tengan acceso a Internet pero que no tengan acceso los computadores de la red local, se elegirá LAN. La opción LAN+WAN dará acceso a la red local y a

No.	Habilitar	Banda	SSID	Velocidad	Mostrar Nombre de Red	Turbo Multimedia WI-FI	Accesos Permitidos de la Red	Clientes Conectados
AP1	<input type="checkbox"/>	2.4 GHz (B+G+N)	3Bumen High Po	Auto	Habilitado	Habilitado	LAN+WAN	Mostrar
AP2	<input type="checkbox"/>	2.4 GHz (B+G+N)	3Bumen High Po	Auto	Habilitado	Habilitado	LAN+WAN	Mostrar
AP3	<input type="checkbox"/>	2.4 GHz (B+G+N)	3Bumen High Po	Auto	Habilitado	Habilitado	LAN+WAN	Mostrar

Aplicar Cambios Restaurar

Configuración de la Potencia del equipo

Configuración Avanzada de la Red Inalámbrica

En caso de que el espacio donde este ubicado este dispositivo sea muy cerrado y experimente interferencia o inestabilidad en la señal, RECOMI Output Power ó Potencia del Rompemuros.

Las otras configuraciones son únicamente para usuarios avanzados. Te recomendamos no modificarlas a menos que sepas que pueden afectar.

Puedes ver videos de configuración en tu idioma en www.youtube.com/3bumen y realizar consultas avanzadas en nuestro foro www.3bumen.com

Fragment Threshold: (256-2346)
 RTS Threshold: (0-2347)
 Beacon Interval: (20-1024 ms)
 Preamble Type: Long Preamble Short Preamble
 IAPP: Habilitado Deshabilitado
 Protection: Habilitado Deshabilitado
 Aggregation: Habilitado Deshabilitado
 Short GI: Habilitado Deshabilitado
 WLAN Partition: Habilitado Deshabilitado
 STBC: Habilitado Deshabilitado
 20/40MHz Coexist: Habilitado Deshabilitado
 RF Output Power: (Potencia del Rompemuros): 100% 70% 50% 35% 15%

Aplicar Cambios Restaurar

Configuración de los parámetros de seguridad

The screenshot shows the 'Configuración de Claves y Tipos de Cifrado para las Redes Inalámbricas' page. The left sidebar contains a navigation menu with options like 'kanji High Power', 'Asistente de Config.', 'Modo de Operación', 'Wireless', 'Configuración Básica', 'Configuración Avanz.', 'Seguridad', 'Control de Acceso', 'Configuración WDS', 'Escanear Redes', 'Configuración WPS', 'Calendario', 'Configuración TCP/IP', 'IPv6', 'Firewall', 'QoS', 'Administración', and 'Salir'. The main content area has a red header with the 3bumen logo and 'High Power' text. Below the header, there is a title 'Configuración de Claves y Tipos de Cifrado para las Redes Inalámbricas'. The text explains that this page allows configuring security for wireless networks and provides tips for WPA2 usage. It also mentions the IEEE 802.1X standard. At the bottom, there are configuration options: 'Selecciona la red:' with a dropdown set to 'Root AP - 3Bumen High Power', 'Aplicar cambios', and 'Restaurar' buttons. The 'Cifrado:' dropdown is set to 'WPA2'. Under 'Modo de Autenticación:', 'Enterprise (RADIUS)' is unselected and 'Personal (Clave Pre-Compartida)' is selected. Under 'WPA2 Cipher Suite:', 'TKIP' is unselected and 'AES' is selected. The 'Formato de Clave Precompartida:' dropdown is set to 'Frase'. The 'Clave Pre-Compartida:' field contains a series of dots.

Se ingresa a la configuración básica para cambiar la información, modo, SSID, Canal, etc.

The screenshot shows the 'Configuración Básica' page. The left sidebar is the same as in the previous image. The main content area has a red header with the 3bumen logo and 'High Power' text. Below the header, there is a title 'Configuración Básica'. The text explains that this page allows changing basic network information and provides a link to configuration videos. At the bottom, there are configuration options: 'Desactivar la interfaz de red Inalámbrica' (unchecked), 'Banda:' dropdown set to '2.4 GHz (B+G+N)', 'Modo:' dropdown set to 'AP' with a 'Múltiple AP' button, 'Tipo de Red:' dropdown set to 'Infraestructura', 'SSID:' text field containing '3BMEJIA', 'Tamaño del canal:' dropdown set to '40MHz', 'Control de Banda Lateral:' dropdown set to 'Superior', 'Numero de Canal:' dropdown set to '6', 'SSID Visible:' dropdown set to 'Habilitado', 'Turbo Multimedia Wi-Fi 3bumen:' dropdown set to 'Habilitado', 'Velocidad de Transmisión:' dropdown set to 'Auto', 'Clientes Asociados:' button 'Mostrar Clientes Activos', 'Habilitar Clonación de MAC' (unchecked), 'Habilitar Modo de Repetidor Universal' (unchecked), and 'Nombre SSID de la Red que Deseas Repetir:' text field. At the bottom, there are 'Aplicar Cambios' and 'Restaurar' buttons.

Se configura la IP local para que no haya conflictos de IP con el router del ISP.

The screenshot shows the configuration interface for a 3bumen Repeater. The browser address bar shows the URL `192.168.5.1/home.htm`. The page title is "Repeater". The left sidebar contains a navigation menu with the following items: kanji High Power, Asistente de Config., Modo de Operación, Wireless, Configuración Básica, Configuración Avanz., Seguridad, Control de Acceso, Configuración WDS, Escanear Redes, Configuración WPS, Calendario, Configuración TCP/IP, Configuración LAN (highlighted), Configuración WAN, IPv6, Firewall, QoS, Administración, and Salir. The main content area contains the following configuration fields:

- Dirección IP:
- Máscara de Subred:
- Puerta de Enlace:
- DHCP:
- Rango en Donde el Router Asignará Direcciones: -
- DHCP:
- DHCP Lease Time: (1 ~ 10080 minutes)
- Configurar Direcciones DHCP Estáticas:
- Nombre de Dominio:
- 3bumen Spanning Tree Protocol:
- Clonar Dirección MAC:

At the bottom of the configuration area are two buttons: and .

Se aplica los cambios y se reinicia el equipo.

The screenshot shows the configuration interface for a 3bumen High Power device. The browser address bar shows the URL `192.168.0.1/home.htm`. The page title is "High Power". The left sidebar contains a navigation menu with the following items: kanji High Power, Asistente de Config., Modo de Operación, Wireless, Configuración Básica, Configuración Avanz., Seguridad, Control de Acceso, Configuración WDS, Escanear Redes, Configuración WPS, Calendario, Configuración TCP/IP, Configuración LAN, Configuración WAN, IPv6, Firewall, QoS, Administración, and Salir. The main content area displays a success message:

Change setting successfully!

Do not turn off or reboot the Device during this time.

Porfavor Espere 24 Segundos ...

ANEXO 2

CONFIGURACIÓN DEL REPETIDOR 3BUMEN

Estar conectado a la red a la que vamos a repetir

Configuración de Claves y Tipos de Cifrado para las Redes Inalámbricas

Esta página te permite configurar la seguridad en cada red inalámbrica de este dispositivo High Power 3bumen. Activar el cifrado WEP o WPA previenen cualquier acceso no autorizado a tu red y equipos.

Tips: Si estas utilizando WPA2 y hay equipos que no se pueden conectar, como un teléfono celular, una cámara, o un PC viejo, intenta utilizar WEP, quizás el dispositivo no soporta este tipo de cifrado

La IEEE 802.1X es una norma de la IEEE para el control de acceso a red basada en puertos. Es parte del grupo de protocolos IEEE 802 (IEEE 802.1). Permite la autenticación de dispositivos conectados a un puerto LAN, estableciendo una conexión punto a punto o previniendo el acceso por ese puerto si la autenticación falla. Es utilizado en algunos puntos de acceso inalámbricos cerrados y se basa en el protocolo de autenticación extensible (EAP# RFC 2284) Los usuarios windows pueden encontrar más información en este link: [Aqui](#) para profesionales con otros sistemas operativos pueden visitar [Aqui](#) Por favor, comparte tus experiencias en [www.3bumen.com](#)

Selecciona la red: **Root AP - 3BMEJIA** [Aplicar cambios] [Restaurar]

Cifrado: **WPA2**

Modo de Autenticación: Enterprise (RADIUS) Personal (Clave Pre-Compartida)

WPA2 Cipher Suite: TKIP AES

Formato de Clave Precompartida: **Frase**

Clave Pre-Compartida:

Conectado actualmente a: **3BMEJIA** Acceso a Internet

Acceso telefónico y VPN

fortissl

Conexión de red inalámbrica

3BMEJIA Conectado

3Bumen Repetidor Nombre: 3BMEJIA
Intensidad de la señal: Excelente

MEJIA CNT Tipo de seguridad: WPA2-PSK
Tipo de radio: 802.11n

Fior CNT SSID: 3BMEJIA

SEGUNDO LUIS CNT

Abrir Centro de redes y recursos compartidos

Configuración de la zona horaria del repetidor

2. Configuración de Zona Horaria y Reloj del Rompemuros

Este paso es simple, basta con que elijas la zona horaria y cualquiera de los servidores de hora descritos (NTP), así cuando tengas internet, el Rompemuros sincronizará la hora de forma automática. Si su País no tiene un sistema horario especial en verano, no active esta casilla.

Permitir actualización NTP automática
 Ajuste automático a Hora de Verano

Selección de Zona Horaria: **(GMT-05:00) Bogotá, Lima, Quito**

Servidor NTP: **192.5.41.41 - Sur América**

[Cancelar] <<Regresar [Siguiente>>

Configuración de la interfaz LAN

3. Configuración de la Interfaz LAN

En esta página podrás configurar los parámetros para la red local (LAN). En otras palabras, podrás dar una dirección IP local al Rompemuros. Aquí puedes cambiar los datos de la dirección IP y Máscara de Red. Recuerda, este equipo cuenta con 4 puertos LAN y un puerto WAN (El cual soporta Power Over Ethernet POE). Los puertos LAN conectan la red local y el Puerto WAN gestiona la conexión a Internet, la red inalámbrica también esta dentro de tu red LAN.

Dirección IP: **192.168.5.1**

Máscara de Subred: **255.255.255.0**

[Cancelar] <<Regresar [Siguiente>>

Configuración de la interfaz WAN

The screenshot shows the configuration page for the WAN interface. The page title is "4. Configuración de la Interfaz WAN". It contains several paragraphs of text explaining the WAN port's capabilities, such as supporting PoE and DHCP. There are three main sections of text: a general note about the port's special features, instructions on how to configure internet parameters, and a note about using DHCP versus a static IP. At the bottom, there is a dropdown menu for "Tipo de Conexión WAN:" set to "Cliente DHCP". Navigation buttons include "Cancelar", "<<Regresar", and "Siguiente>>".

Configuración básica de la red inalámbrica

The screenshot shows the configuration page for basic wireless network settings. The page title is "5. Configuración Básica de la Red Inalámbrica". It includes a brief description of the page's purpose. The configuration fields are: "Banda:" set to "2.4 GHz (B+G+N)", "Modo:" set to "Cliente", "Tipo de Red:" set to "Infraestructura", "SSID:" set to "3BMEJIArepetidor", "Tamaño del Canal:" set to "40MHz", "Control de Banda Lateral:" set to "Superior", and "Canal:" set to "11". There is an unchecked checkbox for "Habilitar Clonación de MAC (Un Solo Cliente Ethernet Conectado)". Navigation buttons include "Cancelar", "<<Regresar", and "Siguiente>>".

Configuración de la seguridad de la red inalámbrica

The screenshot shows the configuration page for wireless network security. The page title is "6. Configuración de Seguridad de la Red Inalámbrica". It includes a brief description of the page's purpose. The configuration fields are: "Cifrado:" set to "WPA2(AES)", "Formato de la Clave Pre-Compartida:" set to "Frase", and "Clave Pre-Compartida:" set to "mejaRibarra2". Navigation buttons include "Cancelar", "<<Regresar", and "Terminado".

Buscamos a la red que queremos repetir, en este caso 3BMEJIA

The screenshot shows the 3bumen Repeater configuration page. The left sidebar contains a menu with options like 'kanji High Power', 'Asistente de Config.', 'Modo de Operación', 'Wireless', 'Configuración Básica', 'Configuración Avanz.', 'Seguridad', 'Control de Acceso', 'Configuración WDS', 'Escanear Redes', 'Configuración WPS', 'Calendario', 'Configuración TCP/IP', 'IPv6', 'Firewall', 'QoS', 'Administración', and 'Salir'. The main content area is titled 'Buscador High Power de Redes Inalámbricas.' and contains the following text:

Esta página te permite escanear/buscar las redes inalámbricas disponibles ó que estén dentro del alcance del equipo 3bumen. Si algún A forma manual, siempre y cuando este dispositivo esté activado en modo cliente.

Tips: Cuatro datos importantes a observar en esta página son: El nombre de la red, el canal, el cifrado y la intensidad. Para repetir una red existen muchas redes en un mismo canal, es mejor que elijas uno diferente para tu red, la interferencia genera caídas de la red inalámbrica.

Cuando se va a utilizar el Rompemuros como repetidor, es muy importante que estés seguro del tipo de cifrado y clave, no basta con t cifrado, por ejemplo, en WPA2 pueden existir 2 tipos TKIP y AES.

Puedes ver videos de configuración en www.youtube.com/3bumen . comparte tus experiencias en los foros de www.3bumen.com

Para conectarte desde aquí a una red, primero debes haber configurado el modo repetidor, el nombre de la red a la que te conectaras, el c de "Configuración Básica" y "Seguridad".

Below the text is a button labeled 'Escanear Redes' and a table with the following data:

SSID	BSSID	Channel	Type	Encrypt	Signal	Select
3BMEJIA	1c:7e:51:00:a5:9c	6 (B+G+N)	AP	WPA2-PSK	28	<input type="radio"/>
MEJIA CNT	7c:7d:3d:ea:cb:a8	11 (B+G+N)	AP	WPA-PSK/WPA2-PSK	22	<input type="radio"/>

At the bottom right of the table area is a button labeled 'Next>>'.

Aplicamos cambios y reiniciamos y listo

The screenshot shows the 3bumen Repeater configuration page after a successful change. The left sidebar is the same as in the previous screenshot. The main content area is titled 'Cambios Aplicados Exitosamente!' and contains the following text:

Los cambios han sido guardados. El router tiene que ser reiniciado para que los cambios hagan efecto. Puede reiniciar ahora, o puede continuar haciendo otros cambios y reiniciar luego.

Below the text are two buttons: 'Reiniciar Ahora' and 'Reiniciar Luego'.

ANEXO 3

PROFORMAS ADQUISICIÓN DE SOFTWARE EKAHAU SITE SURVEY

Acuity RF Solutions

15800 PINES BLVD
SUITE # 3065
PEMBROKE PINES, FL
33027 Tax ID#: 46-4258202
(954) 362-5018
salesteam@acuityrf.com
www.acuityrf.com



ADDRESS
Customer
Acuity RF Solutions
12937 SW 28th CT
Miramar, FL 33027
United States

SHIP TO
Customer
Acuity RF Solutions
12937 SW 28th CT
Miramar, FL 33027
United States

ESTIMATE COTIZACION 14100008

DATE 12/31/2015

EXPIRATION DATE 12/31/2016

CUSTOMER
REF.
PROMO

PRODUCT	DATE	QTY	RATE	AMOUNT
ESS-STD-8X Ekahau Site Survey 8.X Standard Edition Standard edition of ESS.	12/31/2015	1	2,295.00	2,295.00
ESS-SUP-8X-STD Maintenance and Support for Ekahau Site Survey 8.X Std, valid for 1 Year after the purchase	12/31/2015	1	413.00	413.00

Discount approved for LATAM Partners USB NIC 300 included with license Shipping direct!

SUBTOTAL	2,708.00
DISCOUNT 10%	-270.80
SHIPPING	35.00

TOTAL \$2,472.20

Accepted By

Accepted Date

Payment by Wire or ACH | (Pago por transferencia Electronica / Transferência Eletrônica)
Wells Fargo | 14701 MIRAMAR PKWY MIRAMAR, FL, 33027 | 954-885-1590
Account number: 2784695500

ACUITY RF SOLUTIONS LLC | TAX ID # 46-4258202
For Direct Deposit use Routing Number (RTN): 063107513 | For Wire Transfers use | Routing Number (RTN): 121000248 SWIFT: WFBUS6S

Acuity RF Solutions

15800 PINES BLVD
SUITE # 3065
PEMBROKE PINES, FL
33027 Tax ID#: 46-4258202
(954) 362-5018
salesteam@acuityrf.com
www.acuityrf.com



ADDRESS
Customer
Acuity RF Solutions
12937 SW 28th CT
Miramar, FL 33027
United States

SHIP TO
Customer
Acuity RF Solutions
12937 SW 28th CT
Miramar, FL 33027
United States

ESTIMATE COTIZACION 14100008

DATE 12/31/2015

EXPIRATION DATE 12/31/2016

CUSTOMER
REF.
PROMO

PRODUCT	DATE	QTY	RATE	AMOUNT
ESS-PRO-8X Ekahau Site Survey 8.X Professional Edition ESS standard plus reporting, automated network planning, GPS Assisted Outdoor Site Surveys.	12/31/2015	1	4,495.00	4,495.00
ESS-SUP-8X-PRO Maintenance and Support for Ekahau Site Survey 8.X Pro, valid for 1 Year after the purchase	12/31/2015	1	809.00	809.00

Discount approved for LATAM Partners USB NIC 300 included with license Shipping directl

SUBTOTAL	5,304.00
DISCOUNT 10%	-530.40
SHIPPING	35.00

TOTAL \$4,808.60

Accepted By

Accepted Date

Payment by Wire or ACH | (Pago por transferencia Electronica / Transferência Eletrônica)
Wells Fargo | 14701 MIRAMAR PKWY MIRAMAR, FL, 33027 | 954-885-1590
Account number: 2784695500

ACUITY RF SOLUTIONS LLC | TAX ID # 46-4258202
For Direct Deposit use Routing Number (RTN): 063107513 | For Wire Transfers use | Routing Number (RTN): 121000248 SWIFT: WFBUS6S

ANEXO 4

PROFORMA ADQUISICIÓN DE SOFTWARE ACRYLIC WI-FI PROFESSIONAL

Acrylic WiFi - Sales quotation



PROFESSIONAL
ACRYLIC
WiFi

TARLOGIC SECURITY S.L.

CIF: B-70306998
TRAVESÍA DE MONTOUTO,1 BAJO
15894 TEO (LA CORUÑA) - SPAIN
EMAIL:sales@acrylicwifi.com



Quotation ID	AWP-2016100673	Date	06/10/2016
---------------------	----------------	-------------	------------

Customer information

Company	N/A
VAT Number	N/A
Country	N/A
Contact name	Rolando Mejia
Email address	byehot@gmail.com

Products	Units	Price per Unit
Acrylic WiFi Professional (Perpetual License)	10	\$39.95
SUBTOTAL:		\$399.50
VAT:		0%
TOTAL:		\$399.50

Quotation valid for 15 days.

BANK TRANSFER: ES20 2104 3230 4191 6292 4097 - BIC/SWIFT: CSSOES2S
BANK NAME: CAJA DE AHORROS DE SALAMANCA Y SORIA (CAJA DUERO)