



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Proyecto de renovación de la red LAN
inalámbrica del Hotel Holiday Inn Express
Puebla

Informe de Actividad Profesional
que para obtener el título de
Ingeniero en Telecomunicaciones

Presenta:

Josafat Amaury González Subias



Asesor: M.I. Juventino Cuellar González

México, D.F.

Junio de 2014

Dedico este trabajo en memoria de mi "carnal" Arturo Subías Romero.

Agradecimientos

A la institución

La mayor parte de mi existencia tengo la sensación de libre albedrío y creo que he podido elegir un camino con base en mis decisiones, sin embargo durante momentos clave percibo algunos toques determinísticos que me hacen dudar.

Te agradezco ampliamente querida Universidad Nacional Autónoma de México por lo que soy en todo sentido. Confieso que eres cómplice de mi creación ya que en tus aulas se forjaron dos jóvenes que se conocieron en el CELE y años más tarde me dieron vida. Con las profesiones que les brindaste pude tener un techo, comida, y sobre todo un par de excelentes maestros. Me viste crecer jugando fútbol en tus pastos desde antes de saber leer y fuiste testigo de cómo mi voz ya no sonaba como la Goya de los sábados anteriores. Me enseñaste Filosofía, Matemáticas, Biología, Física, Literatura y muchas cosas más mientras aún no terminaba de crecer y todavía no me salía barba. Me diste amigos para toda la vida y un refugio cuando alguna chica me rompía el corazón, imprimiste la gaceta donde leí a Neri Vela y decidí estudiar ingeniería en telecomunicaciones, me moldeaste con cada minuto que pasé en tus salones, bibliotecas, gimnasios, espacios culturales y estadio. Con todas y cada una de tus lecciones dentro y fuera del aula me enseñaste como vivir, me diste la posibilidad de conocer a la veracruzana que me dio el regalo más bello en la vida y no conforme con ello me sigues dando lecciones, ya sea en aplicando tus enseñanzas en mi trabajo o en las clases de francés... *Je me rends compte que tu ne cesseras jamais de m'instruire!*

A mi familia

Doy gracias a dios por brindarme unos papás como Jesús y Ana María que a pesar de mis múltiples tropiezos nunca dejan de creer en mí y siguen apoyándome, una hermana como Yare que sabe ser una buena cómplice en la vida, mis dos pares de abuelos que me han brindado su cariño incondicional (Lupita, Pedro, Goya y Arturo), una compañera como Cinthia que sabe tolerar mis excentricidades, un hijo como Diego Alexander que vino a revolucionar mi mundo (*es el oasis en mi desierto*) y por resto de mi familia que aún dispersa sabe apoyar en momentos difíciles.

A mis asesores

Un agradecimiento especial a mi amigo el Ingeniero Fernando Hernández ya que sin su apoyo no hubiera logrado realizar este trabajo y seguir creciendo en lo profesional. De igual forma mi gratitud infinita por su valioso tiempo y disposición al Profesor Juventino Cuellar y demás sinodales.

Proyecto de renovación de la red LAN inalámbrica del Hotel Holiday Inn Express Puebla

Índice

1.	Objetivo.....	1
2.	Definición y análisis del problema	2
3.	Antecedentes.....	4
4.	Marco teórico.....	7
	4.1 El espectro electromagnético y las telecomunicaciones.....	7
	4.1.1 Políticas del espectro electromagnético.....	10
	4.2 Redes LAN inalámbricas.....	12
	4.2.1 Arquitectura de una red LAN inalámbrica.....	13
	4.2.2 Estándares para redes LAN inalámbricas y su relación con el modelo OSI.....	15
	4.2.2.1 El estándar 802.11 y la capa física.....	16
	4.2.2.2 El estándar 802.11 y la subcapa MAC.....	21
5.	Metodología.....	27
6.	Resultados y aportaciones.....	32
	6.1 Simulación de la red LAN Inalámbrica.....	32
	6.2 Estudio de sitio.....	47
	6.3 Evaluación y análisis de datos.....	64
	6.4 Propuesta.....	76
7.	Participación profesional.....	80
8.	Conclusiones.....	84
9.	Referencias consultadas.....	86
10.	Anexo.....	87

1. Objetivo

Elaborar una propuesta de diseño para el proyecto de renovación de la red LAN inalámbrica del Hotel Holiday Inn Express Puebla, mediante un estudio de sitio que identifique los requerimientos necesarios de la solución y sirva como marco de referencia para la instalación y configuración de equipos, así como también la puesta en marcha del servicio de Internet inalámbrico (*Wi-Fi*)¹ para huéspedes y empleados del hotel.

Con el propósito de brindar conectividad y movilidad a los usuarios de dispositivos móviles, como portátiles o teléfonos inteligentes, el diseño de la nueva red LAN inalámbrica debe garantizar el acceso adecuado a Internet con calidad óptima del servicio en todas las habitaciones y áreas comunes que conforman el inmueble.

¹ Wi-Fi es un mecanismo de interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos.

2. Definición y análisis del problema

El mundo evoluciona y sigue transformándose vertiginosamente, las formas de interacción e inclusive de entretenimiento son distintas a las de hace tan sólo una década, estar conectado a Internet en todo momento y en cualquier lugar desde algún dispositivo móvil es una necesidad para muchas personas. Por otra parte, el aumento en la disponibilidad de terminales inteligentes, aplicaciones novedosas y servicios en línea, hacen que los usuarios permanezcan más tiempo conectados, empleando mayor capacidad en las redes y por tanto incrementando cada vez más el tráfico de datos a través de las mismas.

Nadie está exento de cambios y menos si éstos se refieren al ámbito tecnológico. En éste caso, el Hotel Holiday Inn Express Puebla inaugurado en el año 2003, es una prueba de ello, desde sus inicios implementó una red LAN inalámbrica para brindar servicio de Internet a sus huéspedes y después de 10 años de operación, la infraestructura y diseño originales de la red resultaban insuficientes para cubrir las necesidades actuales del inmueble. Constantemente se reportaban problemas de conectividad en algunas áreas del hotel, y a pesar de múltiples intentos para resolver las fallas, los incidentes se presentaban continuamente.

La cadena hotelera Holiday Inn tiene sus propios integradores tecnológicos. Sin embargo para el caso del proyecto de renovación en Puebla dicho personal no contaba con los conocimientos específicos para realizar un rediseño integral de la

red inalámbrica, que pudiera garantizar niveles de operación óptimos; tales como por ejemplo, el alcance de la cobertura deseada y calidad en la señal. Por tal motivo, la labor del integrador en este proyecto fue proponer, proveer e instalar el equipo necesario para la solución, y el diseño de la nueva red inalámbrica quedó en manos de la empresa Roland Consulting de México.

La necesidad de renovar la red inalámbrica del Holiday Inn Express Puebla es una clara muestra de la gran importancia que han tomado *“las comunicaciones sin cables”* en nuestros días. Bajo esta premisa, el hotel no sólo obtuvo la posibilidad de mejorar su servicio de Internet, sino que también abrió la ventana a un mundo nuevo en las telecomunicaciones modernas donde computadoras, televisores y diversos dispositivos se pueden comunicar entre sí a través del aire.

3. Antecedentes

A raíz del surgimiento de Internet diversos paradigmas entorno al desarrollo tecnológico de las telecomunicaciones modernas evolucionaron, y hoy en día se puede hablar de convergencia de servicios de voz, video y datos dentro de una misma red. Como resultado de esas transformaciones estamos inmersos en la era de la *sociedad de la información*², donde cada día surgen más personas que por diversos motivos necesitan estar todo el tiempo en línea. Para estos adeptos a la información, la comunicación a través de cables no es una alternativa ya que necesitan obtener datos desde su computadora portátil, tableta, teléfono inteligente y cualquier otro dispositivo que tenga acceso a Internet sin estar atados a alguna infraestructura de comunicaciones en particular, para dichos usuarios móviles la comunicación inalámbrica es la respuesta.

Según sea el caso, la tecnología inalámbrica puede ofrecer algunas ventajas notables, inclusive en dispositivos fijos. Un ejemplo de ello es el hecho de que la comunicación digital inalámbrica moderna se iniciara en las islas de Hawaii, donde debido a las condiciones geográficas un sistema telefónico cableado era ineficaz.

Sin hacer un análisis muy complejo es sencillo percatarse de la creciente popularidad de las redes inalámbricas. En la Ciudad de México, por ejemplo, basta

² La noción del término “*sociedad de información*” fue introducida por primera vez en 1973 por el sociólogo estadounidense Daniel Bell en su libro *El advenimiento de la sociedad post-industrial*, sin embargo la expresión reapareció y obtuvo fuerza en los años 90, en el contexto del desarrollo de Internet y las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación). (Torres, 2005)

con darle un vistazo a prácticamente cualquier rincón y con certeza podemos encontrar alguna persona conectada a este tipo de redes. Actualmente cada vez más hogares, oficinas, medios de transporte, escuelas, restaurantes, y muchos otros sitios públicos se están equipando con redes LAN inalámbricas para comunicar múltiples dispositivos entre sí y brindar acceso a Internet.

En una red LAN inalámbrica, como en todo sistema de comunicación que emplea un medio de transmisión no guiado, es muy complicado predecir la propagación de las ondas de radio y detectar la presencia de señales de interferencia sin el uso de alguna herramienta especializada. Aun empleando antenas de propagación omnidireccional, las ondas de radio no viajan la misma distancia en todas las direcciones. Prácticamente cualquier objeto puede ser causa de atenuación en la señal y provocar que los patrones de radiación sean irregulares e impredecibles. Ante tal escenario es preciso realizar un estudio o análisis de sitio (*en inglés Wireless LAN Site Survey*) para entender lo mejor posible el comportamiento de las ondas de radio en un área determinada y así poder establecer un diseño de red adecuado antes de adquirir e instalar equipos y demás elementos de una LAN inalámbrica.

El objetivo principal de un estudio de sitio para una red LAN inalámbrica es proporcionar la información suficiente para establecer la cantidad y ubicación de puntos de acceso que provean una cobertura adecuada dentro de un área específica. Un análisis así, también estudia la presencia de señales de interferencia que puedan degradar el rendimiento de la red, ya sean generadas por traslape de frecuencias (*en inglés overlapping*) dentro y fuera de la misma, o

por señales producidas debido a otras fuentes de radiofrecuencia que operan en la misma banda de frecuencias, como es el caso de los hornos de microondas, teléfonos celulares e inalámbricos, bluetooth, y muchas otras tecnologías.

En un área grande como por ejemplo edificios de oficinas, hoteles o campus universitarios, se requiere un estudio de sitio detallado. Sin una correcta planeación de la red LAN inalámbrica, los usuarios probablemente experimentarían falta de cobertura en la señal, problemas de conectividad o en el mejor de los escenarios tasas de transmisión bajas.

Debido a las constantes problemáticas con el servicio de Wi-Fi, el Hotel Holiday Inn Express Puebla decidió invertir en la renovación de su red LAN inalámbrica. Por lo tanto, mediante los servicios de consultoría que brinda Roland Consulting de México, se efectuó un estudio de sitio en las instalaciones del hotel para determinar el tipo, la ubicación y la cantidad de equipamiento necesario para modernizar su red LAN inalámbrica y operarla satisfactoriamente.

Durante la visita a la Ciudad de Puebla se detectó que los problemas con la red LAN inalámbrica del hotel eran causados principalmente por los puntos de acceso existentes, ya que además de obsoletos, algunos equipos no estaban operando adecuadamente. En la mayoría de los casos era insuficiente la cantidad de puntos de acceso en relación a las áreas de cobertura. La arquitectura de la red inalámbrica hacía que la administración de los equipos fuera impráctica y no había un esquema de asignación de canales, así que la red estaba expuesta a posibles problemas de interferencia.

4. Marco teórico

4.1 El espectro electromagnético y las telecomunicaciones.

Las ondas electromagnéticas son generadas por el movimiento de los electrones y pueden propagarse por el espacio libre. En 1865, el físico inglés James Clerk Maxwell predijo la existencia de estas ondas y en 1887 el físico alemán Heinrich Hertz comprobó su existencia a través de experimentación. En una onda electromagnética, la frecuencia es el número de oscilaciones por segundo y su unidad de medición es el Hertz [Hz]. La distancia entre dos puntos máximos o mínimos consecutivos se llama longitud de onda y se representa con la letra griega λ (lambda).

Al flujo saliente de energía de una fuente en forma de ondas electromagnéticas se le denomina radiación electromagnética. Esta radiación puede ser de origen natural o artificial. El espectro electromagnético es el conjunto de todas las frecuencias que producen radiación electromagnética.

Con el adecuado tratamiento y su respectiva modulación; en amplitud, frecuencia o fase, porciones de radio, microondas, infrarrojo y luz visible del espectro; pueden servir para transmitir información. Las telecomunicaciones modernas emplean ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias para la transmisión de información a través de diversos medios. Las frecuencias utilizadas en cada caso

dependen del comportamiento de las mismas en los diferentes materiales empleados como medios de transmisión, así como también de la tasa de transmisión deseada.

Sin importar cuál sea su frecuencia, en el vacío, todas las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad, aproximadamente $c=3 \times 10^8$ [m/s]. Dicho valor es conocido como la velocidad de la luz y es el límite máximo de velocidad ya que ningún objeto o señal puede moverse más rápido que la luz. En un medio de transmisión como el cobre o la fibra óptica, la velocidad disminuye aproximadamente dos terceras partes en relación a la velocidad en el vacío y se vuelve ligeramente dependiente de la frecuencia. La relación fundamental entre frecuencia f [Hz], longitud de onda λ [m] y velocidad en el vacío c [m/s] es, $c=\lambda f$.

En el caso de que la propagación de ondas electromagnéticas se realice particularmente por medios no guiados (*comúnmente aire o vacío*) se le denomina radiocomunicación o comunicación inalámbrica. Es por ello que se conoce como espectro radioeléctrico a la parte del espectro electromagnético empleada principalmente para radiocomunicaciones. En México, la Ley Federal de Telecomunicaciones define al espectro radioeléctrico como *“el espacio que permite la propagación sin guía artificial de ondas electromagnéticas cuyas bandas de frecuencias se fijan convencionalmente por debajo de los 3, 000 gigahertz;”* (Camára de Diputados, 2013)³

El principio de toda comunicación inalámbrica se basa en el hecho de que cuando se conecta una antena de tamaño adecuado a un circuito eléctrico, las ondas

³ Ley Federal de Telecomunicaciones

electromagnéticas pueden propagarse y ser captadas por un receptor a determinada distancia.

Las bandas que se encuentran en la parte inferior de la *figura 1* son los nombres oficiales de la ITU y se basan en longitudes de onda. Los términos LF, MF y HF se refieren a las frecuencias baja, media y alta, se asignaron esos nombres porque en su momento no se esperaba que se emplearan frecuencias más altas para la comunicación, sin embargo con el tiempo si se usaron y se les nombró bandas VHF (frecuencia muy alta), UHF (frecuencia ultra alta), EHF (frecuencia extremadamente alta) y THF (frecuencia tremendamente alta).

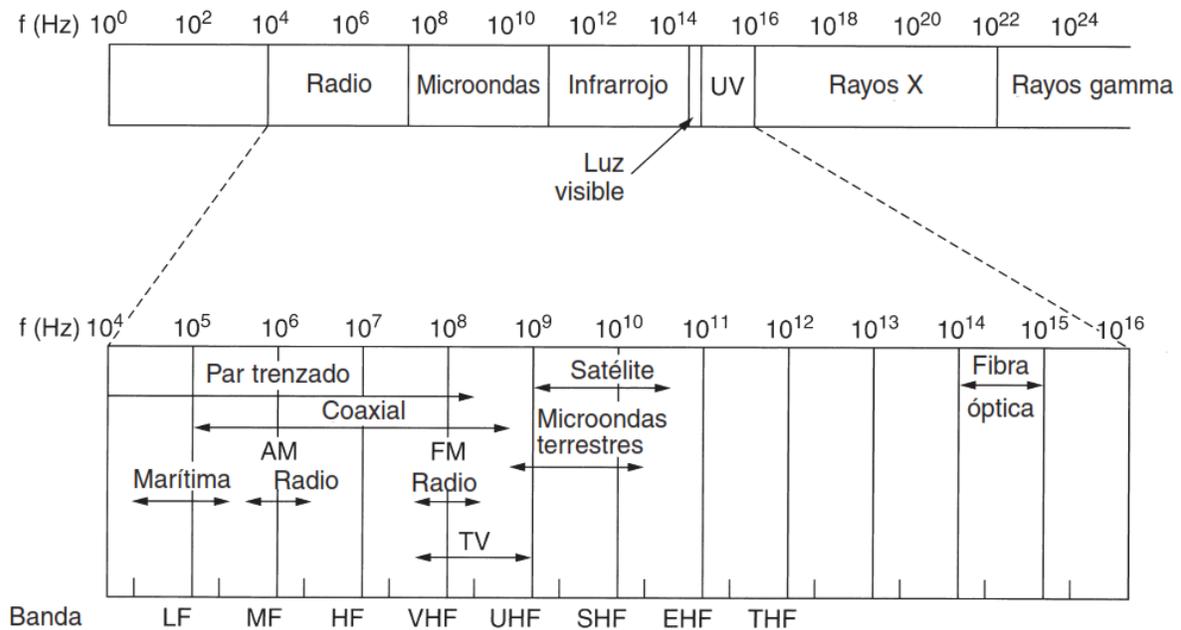


Figura 1. Espectro electromagnético

4.1.1 Políticas del espectro electromagnético

El espectro electromagnético es un recurso finito y por ende es muy valioso, entre más espectro se tenga se puede transmitir datos con mayores tasas de transmisión. Cada nación tiene la libertad explotar el espectro según sus necesidades e intereses, sin embargo con la finalidad de establecer un orden, existen acuerdos nacionales e internacionales en cuanto a quién puede emplear determinadas frecuencias. Los gobiernos nacionales asignan el espectro para la radio AM y FM, la televisión y los teléfonos móviles, así como para las compañías telefónicas, la policía, el ejército, el gobierno y muchos otros usuarios. A nivel mundial, la ITU-R trata de coordinar esta asignación de modo que se puedan fabricar dispositivos que funcionen en diferentes países.

Aun teniendo asignado una parte del espectro para cierto uso, se debe establecer quién puede utilizar esas frecuencias. Dependiendo de cada país, esta decisión puede ser tomada mediante una asignación directa del gobierno, un concurso de méritos (*beauty contest*), un sorteo, subastas y en algunos casos simplemente no asignarla, en vez de ello únicamente regularla.

El enfoque de permitir que todos transmitan a voluntad consiste en que los usuarios de las bandas de frecuencias de uso libre regulen la potencia utilizada de modo que las estaciones tengan un rango de alcance tan corto que no interfieran entre sí. Derivado de ello, la mayoría de los gobiernos alrededor del mundo han reservado ciertas bandas de frecuencia, generalmente llamadas bandas ISM (*Industriales, Científicas, Médicas, del inglés Industrial, Scientific, Medical*), para

un uso sin necesidad de licencia. Teléfonos inalámbricos, juguetes de radiocontrol y muchos electrodomésticos inalámbricos utilizan las bandas ISM. Para minimizar la interferencia entre estos dispositivos, la FCC exige que todos los dispositivos en las bandas ISM limiten su potencia de transmisión y hasta hace pocos años era necesario utilizar técnicas para dispersar sus señales a través de un determinado rango de frecuencias.

La ubicación de estas bandas depende de cada país. En el caso de México, según el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, la banda de 2.4 GHz (2400 a 2483.5 MHz) es de uso libre y a pesar de estar sujeta a interferencias de telefonía móvil, hornos de microondas y otros dispositivos que operan entorno a esas frecuencias, es ampliamente utilizada por los estándares 802.11 b/g/n de redes LAN inalámbricas y 802.15 de Bluetooth. Parte del espectro correspondiente a los 5 GHz también es de uso libre en México, pertenece a las bandas de 5150 a 5250 MHz, 5250 a 5350 MHz y 5725 a 5850 MHz, en general esos intervalos de frecuencia tienen poco desarrollo pero, debido a que poseen mayor ancho de banda y parte de esos intervalos son utilizadas por los estándares 802.11a/n están ganando relevancia en el terreno de las redes inalámbricas.

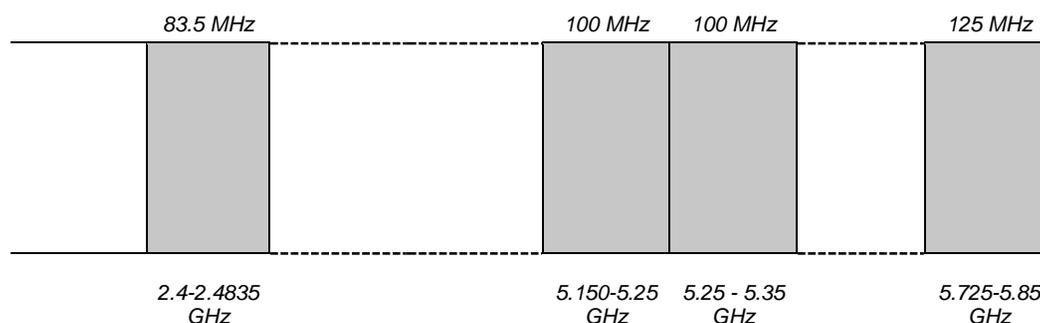


Figura 2. Bandas de frecuencia de uso libre en México

Las bandas sin licencia han tenido gran éxito en los últimos años. La posibilidad de utilizar el espectro con libertad ha desencadenado una gran innovación en las redes inalámbricas, sin embargo para continuar con este desarrollo se necesita más espectro. Un ejemplo a seguir es el caso de la FCC, este organismo regulador estadounidense, decidió a partir de su *dividendo digital*⁴ en 2009 permitir el uso sin licencia de los espacios en blanco alrededor de los 700 MHz. La única restricción es que los dispositivos sin licencia deben detectar cualquier transmisor cercano que si la tenga y darle prioridad en el uso de la banda de frecuencia.

4.2 Redes LAN inalámbricas

El IEEE, *Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica*⁵ (del inglés *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) define que una red de área local, LAN, (del inglés *Local Area Network*) es un sistema de comunicaciones que permite a un número de dispositivos independientes comunicarse entre sí (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1991)⁶. A partir de esa definición podemos establecer que una LAN inalámbrica es una red que permite comunicar dispositivos a través de ondas de radio.

Las redes LAN inalámbricas logran conectar computadoras y otros dispositivos dentro de un área determinada, brindando movilidad a los usuarios dentro de una

⁴ El dividendo digital es la cantidad de espectro liberado gracias a la transición de la televisión analógica a la televisión digital.

⁵ IEEE, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización.

⁶ IEEE Project 802

red de datos al permitir acceder a documentos, correo electrónico, aplicaciones y otros recursos de red, sin necesidad de estar en un lugar específico.

4.2.1 Arquitectura de una red LAN inalámbrica

En términos generales una red LAN inalámbrica se compone básicamente de dos elementos: clientes (*computadoras portátiles, teléfonos inteligentes, tabletas, televisores, etc.*) y puntos de acceso.

Los puntos de acceso (*AP, del inglés access point*) son los elementos que proporcionan a los clientes la cobertura inalámbrica con movilidad para la interconexión con la red Ethernet cableada. Como su nombre lo indica un punto de acceso, es un punto de entrada a la red LAN, y una de sus tareas esenciales consiste en dividir el ancho de banda entre los clientes que se encuentran conectados a él. Existen dos tipos de puntos de acceso, los autónomos y los ligeros (*LAP, del inglés light Access point*).

Los puntos de acceso autónomos son administrables desde el mismo equipo, almacenan su propia configuración y brindan el acceso a red a los clientes que se encuentren asociados. Son ideales para redes pequeñas ya que son fáciles de implementar y son más baratos que una solución con puntos de acceso ligeros.

Los puntos de acceso ligeros requieren un equipo controlador para ser administrados, únicamente almacenan la información necesaria para conectarse a la red. Se emplean principalmente en soluciones centralizadas donde la red LAN

inalámbrica es tan grande que la administración se ve afectada por la cantidad de equipos.

Ya sea una solución autónoma o centralizada, ambas opciones manejan la topología de red más popular en redes LAN inalámbricas: el modo de infraestructura. Este modo de operación consiste en conectar clientes a otra red como la intranet de una empresa o Internet. Cada cliente se asocia con un punto de acceso, que a su vez está conectado a la otra red. Dicho cliente envía y recibe sus paquetes a través de ese punto de acceso. Se pueden conectar varios puntos de acceso juntos, por lo general mediante una red cableada llamada sistema de distribución, para formar una red LAN inalámbrica extendida. En este caso, los clientes pueden enviar tramas a otros clientes a través de sus puntos de acceso.

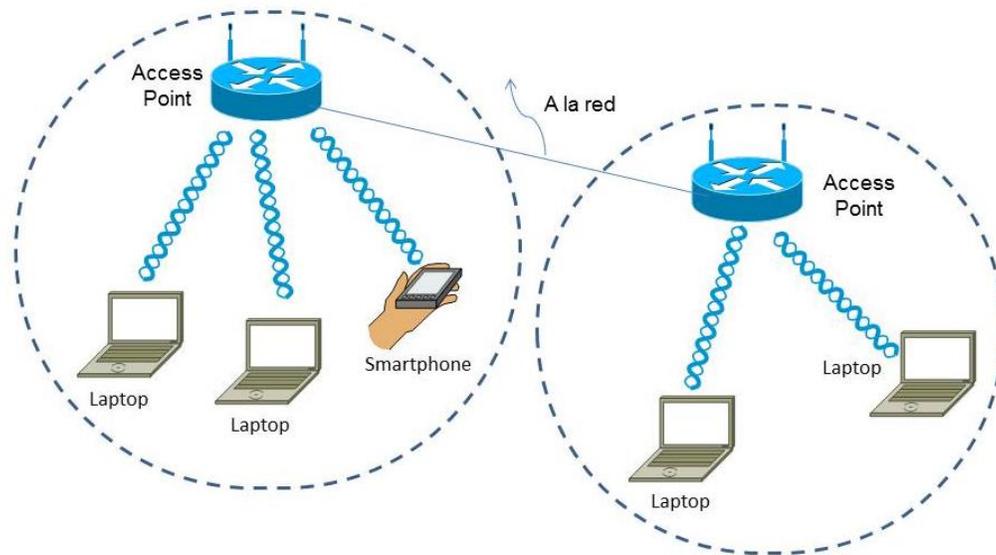


Figura 3. Modo infraestructura.

Para poder cambiar de un área de cobertura a otra sin interrupción en el servicio o pérdida de conectividad del cliente es necesario que exista una ligera

superposición en las coberturas de los puntos de acceso (al menos un 10%). A esta capacidad se le conoce en redes inalámbricas como *roaming*.

La otra topología para una LAN inalámbrica es a través de una red ad hoc. Esta red consiste en un grupo de computadoras que están asociadas de manera que puedan enviarse tramas directamente unas a otras. En una red ad hoc no hay puntos de acceso ni conectividad a Internet, así que el uso de este tipo de redes es escaso en relación al modo infraestructura.

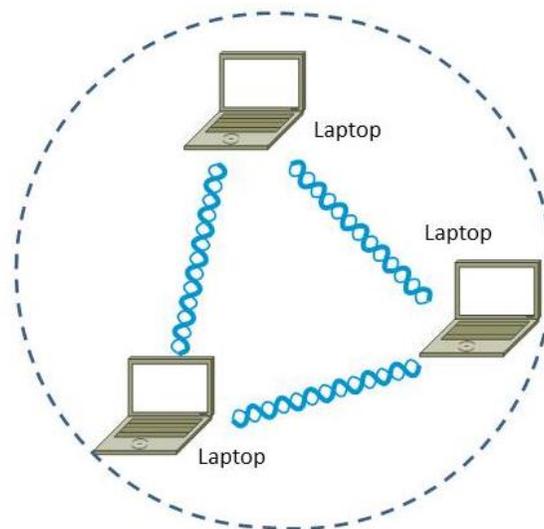


Figura 4. Modo ad hoc.

4.2.2 Estándares para redes LAN inalámbricas y su relación con el modelo OSI.

El principal estándar de una LAN inalámbrica es 802.11. Todos los protocolos 802, incluyendo 802.11 y Ethernet, tienen similitudes en su estructura. En una red LAN inalámbrica todos los protocolos son iguales sin importar si se trata de clientes o puntos de acceso. La capa física de una LAN inalámbrica corresponde con la capa

física del modelo de referencia OSI, sin embargo la capa de enlace de datos se divide en dos o más subcapas en los protocolos 802. En el estándar 802.11, la subcapa de Control de Acceso al Medio (*MAC, del inglés Media Access Control*) determina la forma en que se asigna el canal. En otras palabras, la subcapa MAC establece quién puede transmitir. Arriba de dicha subcapa se encuentra la subcapa de Control de Enlace Lógico (*LLC, del inglés Logical Link Control*), cuya función es ocultar las diferencias entre las variantes 802 con el fin de hacerlas imperceptibles para la capa de red. En términos simples, LLC es una subcapa de asociación entre las capas de enlace de datos y red del modelo OSI que identifica el protocolo que se transporta dentro de una trama 802.11, un caso puntual puede ser el Protocolo de Internet (*IP*).

4.2.2.1 El estándar 802.11 y la capa física.

Cada una de las técnicas de transmisión en 802.11 hace que sea posible enviar una trama MAC (del inglés Media Access Control) por el aire de una estación a otra. Sin embargo, difieren en la tecnología utilizada y en las velocidades alcanzables. Todas las técnicas 802.11 usan radios de corto alcance para transmitir señales en las bandas de frecuencias de 2.4 GHz o de 5 GHz. Estas bandas poseen la ventaja de que no necesitan licenciamiento y están disponibles para cualquier transmisor que cumpla con los niveles de potencia reglamentados. En México, La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (*SCT*) ha establecido

mediante un acuerdo oficial (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2006)⁷ que la potencia máxima de transmisión de un radio de comunicación punto multipunto para las bandas de 2.4 y 5 GHz no deberá exceder los 250 [mW]. Para mala suerte de las redes LAN inalámbricas, la tecnología bluetooth y los fabricantes de diversos dispositivos como teléfonos inalámbricos y hornos de microondas, compiten con los clientes de red por el mismo espectro. En términos generales la banda de 2.4 GHz suele estar más saturada que la banda de 5 GHz, por lo que aun presentando un menor alcance esta última puede ser mejor para ciertas soluciones.

Todos los métodos de transmisión definen diversas tasas según sean las condiciones en las que se encuentre la señal. Si una señal inalámbrica es débil, se puede emplear una tasa baja. Si la señal es intensa, se puede usar la tasa más alta. A esta capacidad de ajuste se le conoce como adaptación de tasa. Dado que las tasas varían por un factor de 10 o más, es importante una buena adaptación de tasa para un buen desempeño de la red, sin embargo como no es requisito para la interoperabilidad, los estándares no dicen cómo realizarla.

A medida que el protocolo 802.11 ha ido evolucionando se han incorporado diversas técnicas de transmisión en la capa física. Desde su primer aparición en 1997 a la actualidad, un par de las primeras técnicas empleadas en 802.11 se hicieron obsoletas (*infrarrojos para controles remotos de televisión y el salto de frecuencia en la banda de 2.4 GHz*).

⁷ ACUERDO por el que se establece la política para servicios de banda ancha y otras aplicaciones en las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico 902 a 928 MHz; 2,400 a 2,483.5 MHz; 3,600 a 3.700 MHz; 5,150 a 5,250 MHz; 5,250 a 5,350 MHz; 5,470 a 5,725 MHz y 5,725 a 5,850 MHz.

El estándar 802.11b es un método de espectro disperso que en sus inicios soportaba tasas de 1 y 2 Mbps, actualmente podemos observar que la tasa de transmisión es regularmente de 11 Mbps. Tiene similitudes con el sistema CDMA (*del inglés Code Division Multiple Access*) sin embargo en el caso de 802.11b sólo existe un código de dispersión que comparten todos los usuarios, una secuencia de Barker. Dicha técnica de dispersión se utilizaba para cumplir con el antiguo requerimiento de la FCC (*del inglés Federal Communications Commission*) que establecía la dispersión de la potencia a través de la banda ISM. Para tasas de 1 Mbps, 802.11b se emplea una modulación BPSK (*del inglés Binary Phase-shift Keying*). En el caso de la tasa de 2 Mbps, se usa una modulación QPSK (*del inglés Quadrature Phase-shift Keying*). Las tasas más altas usan una técnica llamada CCK (*Modulación por Código Complementario, del inglés Complementary Code Keying*) para construir códigos en vez de la secuencia de Barker.

Buscando incrementar la velocidad en las redes inalámbricas, en 1999 y 2003 se introdujeron nuevas técnicas de transmisión basadas en el esquema de Multiplexión por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM, *del inglés Orthogonal Frequency División Multiplexing*). La primera de esas técnicas se llama 802.11a y utiliza la banda de frecuencias de 5GHz, la segunda se quedó en la banda de 2.4 GHz y coexiste con 802.11b, es el estándar 802.11g. Ambas técnicas ofrecen tasas de transmisión de hasta 54 Mbps.

Aunque el grupo desarrollador de 802.11a se estableció primero que el estándar 802.11b, este último se aprobó antes y por ende sus productos llegaron al mercado primero que los de 802.11a, en gran medida debido a la dificultad de

operar en la banda más alta de 5 GHz. Como se mencionó anteriormente, el estándar 802.11a se basa en OFDM. La ventaja que brinda esta técnica de transmisión es el uso eficiente del espectro y la resistencia a las degradaciones naturales de las señales inalámbricas, como por ejemplo el desvanecimiento por multitrayectorias. 802.11a puede operar con ocho tasas de transmisión diferentes, que varían desde los 6 hasta 54 Mbps. En comparación con 802.11b estas tasas son cuantitativamente más rápidas, sin contar el hecho de que hay menos interferencia en la banda de 5 GHz. A pesar de dichas ventajas, el 802.11b tiene un alcance aproximadamente siete veces mayor que el de 802.11a, lo cual en muchos casos es más importante.

En mayo de 2002, la FCC decidió eliminar su regla que exigía a todos los equipos de comunicaciones inalámbricas que operaban en las bandas de uso libre de los Estados Unidos usar el espectro disperso. Derivado de esa decisión, el estándar 802.11g pudo ponerse en marcha y ser aprobado en 2003 por el IEEE. Este estándar copia los métodos de modulación OFDM del 802.11a, pero opera en la banda de 2.4GHz junto con el 802.11b. Ofrece las mismas tasas de transmisión que el 802.11a (*de 6 a 54 Mbps*) y es compatible con cualquier dispositivo 802.11b que se encuentre cerca. Para un cliente promedio, el tema de los estándares y demás teoría de transmisión pueden ser algo confuso, así que es común que las tarjetas de red soporten 802.11a/b/g/n.

Ante la creciente demanda de las redes inalámbricas, el comité del IEEE empezó a trabajar en una capa física que operara en las bandas de frecuencias 2.4GHz y 5GHz con tasas de transferencia superiores a las conocidas hasta la fecha. Por

ello, en 2009 se lanzó al mercado una técnica de transmisión conocida como 802.11n.

El objetivo de 802.11n era una tasa de transferencia real de al menos 100 Mbps. Para lograrlo, el comité duplicó los canales de 20MHz a 40MHz y redujo las sobrecargas de entramado al permitir enviar un grupo de tramas al mismo tiempo. Una de las características más destacadas de 802.11n es que puede usar hasta cuatro antenas para transmitir el mismo número de flujos de información a la vez. Bajo este esquema las señales de los flujos interfieren en el receptor, sin embargo pueden separarse mediante técnicas de comunicaciones MIMO (*Múltiples Entradas Múltiples Salidas. del inglés Multiple Input Multiple Output*). El uso de varias antenas ofrece un aumento sustancial en la velocidad, o en su defecto mejor cobertura y confiabilidad. *“Al igual que OFDM, MIMO es una de esas astutas ideas de comunicaciones que está cambiando los diseños inalámbricos...”*. (Tanenbaum & Wetherall, 2012)⁸

Aprobado en enero de este año (2014), el estándar 802.11ac es una mejora más veloz y mejor escalable de 802.11n para la banda de 5GHz. El estándar consiste en mejorar las tasas de transferencia hasta 1 Gbps, ampliar el ancho de banda a 160 MHz (40 MHz en las redes 802.11n), soportar 8 flujos MIMO y modulación de alta densidad (256 QAM).

⁸ Redes de computadoras, 5 edición

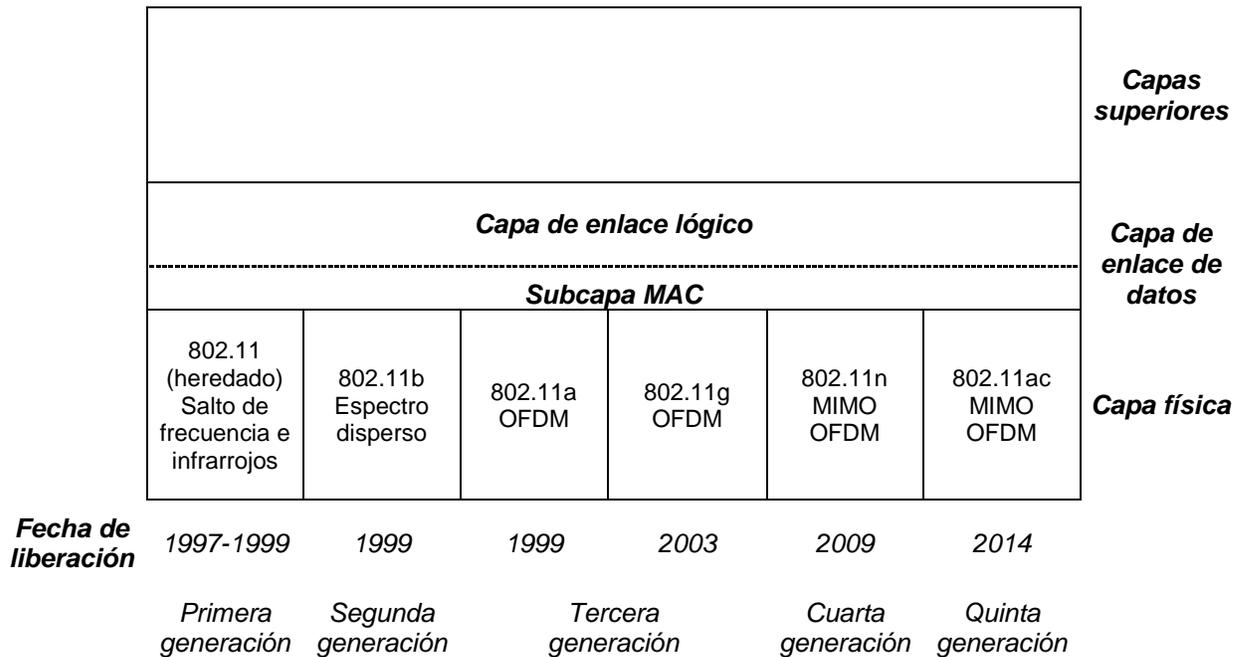


Figura 5. Protocolos 802.11

4.2.2.2 El estándar 802.11 y la subcapa MAC

Comúnmente las redes inalámbricas no cuentan con un modo práctico para transmitir y recibir simultáneamente. El protocolo de la subcapa MAC para el estándar 802.11 es diferente al de Ethernet debido a dos características particulares de las comunicaciones inalámbricas: los radios típicamente son half-duplex y los rangos de transmisión de las estaciones pueden ser diferentes.

Si la comunicación es half-duplex, 802.11 no puede transmitir y escuchar ráfagas de ruido al mismo tiempo en una sola frecuencia. La señal recibida puede ser un millón de veces más débil que la señal transmitida, debido a ello no puede

escucharse al mismo tiempo. Con Ethernet, una estación espera hasta que el medio esté en silencio y luego comienza a transmitir. Si después de los primeros 64 bytes no recibe una ráfaga de ruido, es altamente probable que la trama haya sido recibida de manera correcta.

Para sistemas inalámbricos un mecanismo de detección de colisiones como el de Ethernet (CSMA/CD) no funciona, por ello 802.11 busca evitar colisiones a través del protocolo CSMA/CA (*CSMA con detección de colisiones del inglés CSMA with Collision Avoidance*). CSMA/CA es un protocolo de control de acceso a redes que permite a múltiples estaciones utilizar un mismo medio de transmisión. En este protocolo cada equipo puede anunciar su intención de transmitir antes de hacerlo para evitar colisiones entre los paquetes de datos. De esta manera el resto de los equipos en la red saben cuándo habrá colisiones y en lugar de transmitir la trama en cuanto el medio está libre, se esperan un tiempo aleatorio adicional y solamente si tras ese intervalo el medio sigue libre, se procede a la transmisión. Con este método se reduce la probabilidad de colisiones en el canal. CSMA/CA es utilizada en canales en los que por su naturaleza no se puede usar CSMA/CD, como es el caso de redes inalámbricas basadas en 802.11.

Los rangos de transmisión de las distintas estaciones pueden ser diferentes. Con un medio de transmisión guiado como el cable de cobre, el sistema se diseña de tal forma que todas las estaciones se puedan escuchar entre sí. Sin embargo con la complejidad de propagación a través de radiofrecuencias, esta situación no es válida para las estaciones inalámbricas. Derivado de ello, pueden surgir situaciones como el problema de la terminal oculta. Dado que no todas las

estaciones están dentro del alcance de radio de todas las demás, las transmisiones que se realizan en una parte de la celda tal vez no se reciban en las demás partes de la misma. En la *figura 6*, la estación C transmite a la estación B, Si A detecta el canal, no escuchará nada y concluirá de manera errónea que puede transmitir a B. Esta decisión provoca una colisión.

El caso contrario es el problema de la terminal expuesta. La terminal B desea enviar a C, por lo que escucha el canal. Cuando detecta una transmisión, concluye erróneamente que no puede enviar a C, aun cuando A puede estar transmitiendo a otra terminal en ese momento, con tal decisión se desperdicia una oportunidad de transmitir.

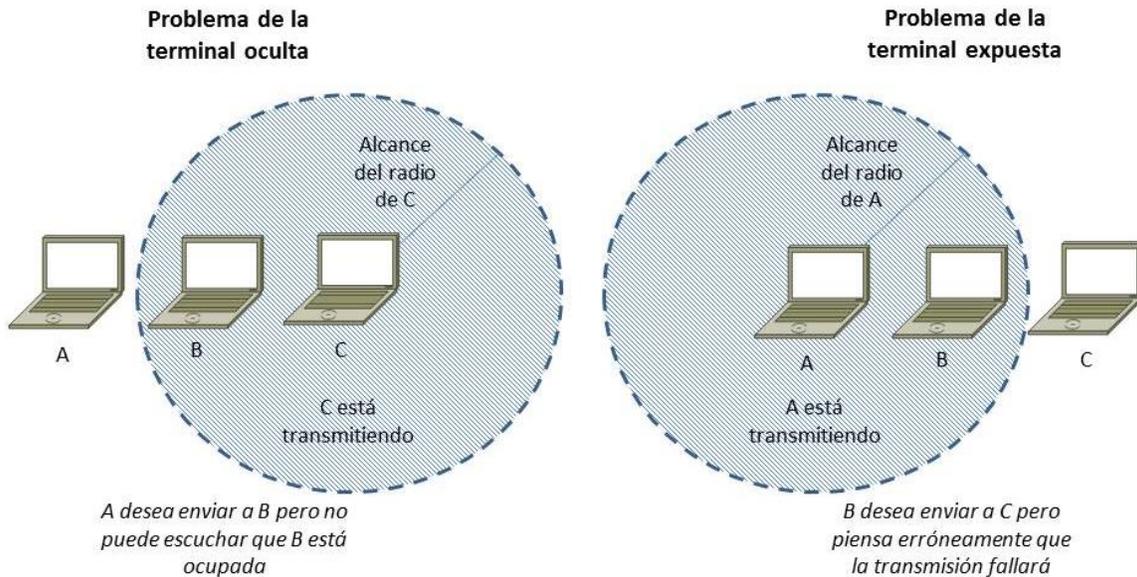


Figura 6. Problemas de terminal oculta y terminal expuesta.

Para reducir problemáticas con respecto a qué estación puede transmitir, el protocolo 802.11 divide la detección del canal en dos partes, una detección física y una detección virtual. En la detección física se verifica el medio para ver si hay una

señal válida. En la detección virtual, cada estación mantiene un registro lógico del momento en que se usa el canal rastreando el NAV (*Vector de Asignación de Red, del inglés Network Allocation Vector*). Cada trama lleva un campo NAV que indica cuánto tiempo tardará en completarse la secuencia a la que pertenece esa trama. Las estaciones que escuchen por casualidad la trama saben que el canal estará ocupado durante el periodo indicado por el NAV, sin importar que puedan detectar o no una señal física.

Hay un mecanismo RTS/CTS que usa el NAV para evitar que las terminales envíen tramas como terminales ocultas al mismo tiempo. Supongamos tres terminales A, B y C como en la *figura 6*, donde el radio de acción de A le permite ver a B pero no a C, y C puede ver a B pero no a A. Si A quiere transmitir, genera una trama especial de solicitud (RTS) hacia B. Recibida dicha trama en B, esta responde con una trama de autorización (CTS) hacia A. La trama de autorización no solo llega a A, sino a todas las estaciones que se encuentran en el radio de acción de B (en este caso llegaría también a C). Así todas las estaciones permanecerán sin transmitir. Una vez llegada la trama de confirmación a A, ésta podrá transmitir sin que se produzcan colisiones. Este esquema RTS-CTS se conoce como sondeo de portadora virtual. CSMA/CA con detección física y virtual es el núcleo del protocolo 802.11. Existen algunos mecanismos de apoyo que se han desarrollado a partir de las necesidades de las LAN inalámbricas.

La primera de estas necesidades es la confiabilidad. Debido a su naturaleza, las redes inalámbricas son ruidosas y poco confiables. El uso de confirmaciones de recepción y retransmisiones es de poca ayuda si la probabilidad de lograr que una

trama llegue a su destino es baja. La principal solución para incrementar las transmisiones exitosas es reducir la tasa de transmisión. Las tasas más bajas usan modulaciones más robustas que tienen mayor probabilidad de ser recibidas correctamente para una relación señal a ruido determinada. Con demasiadas pérdidas de tramas, una estación puede reducir la tasa. Si se entregan tramas con pocas pérdidas, la estación puede probar una tasa más alta para ver si es conveniente usarla.

Otra estrategia para mejorar la probabilidad de que la trama llegue sin daños es enviar tramas más cortas. 802.11 permite dividir las tramas en piezas más pequeñas llamadas fragmentos. El tamaño del fragmento no depende del estándar, es más bien un parámetro que el punto de acceso puede ajustar. Los fragmentos se enumeran individualmente y su confirmación de recepción se realiza mediante un protocolo de parada y espera. Una vez que se adquiere el canal, se envían los múltiples fragmentos como una ráfaga. Van uno después del otro con una confirmación de recepción entre ellos, hasta que se haya enviado con éxito toda la trama o el tiempo de transmisión llegue al máximo permitido. El mecanismo NAV mantiene a las demás estaciones en silencio sólo hasta la siguiente confirmación de recepción.

La segunda necesidad es el ahorro de energía. En los dispositivos inalámbricos móviles el estado de las baterías es un tema importante. El estándar 802.11 tomó en cuenta la administración de energía, de modo que los clientes no tengan que desperdiciarla cuando no tengan información qué enviar o recibir. El mecanismo básico para ahorrar energía se basa en tramas baliza (beacon frames). Las

balizas son difusiones que realiza el punto de acceso cada cierto tiempo. Las tramas anuncian la pertenencia del AP a los clientes y llevan los parámetros del sistema. El cliente puede dormitar y el AP pondrá en el búfer el tráfico destinado a este cliente. Para verificar el tráfico entrante, el cliente se despierta durante cada baliza y verifica un mapa de tráfico que se envía como parte de ella, este mapa indica al cliente si hay tráfico en el búfer. De ser así, el cliente envía un mensaje de sondeo al AP, quien a su vez le envía el tráfico que está en el búfer. Después el cliente puede regresar al modo suspendido hasta que se envíe la siguiente baliza.

En 2005 se agregó al estándar 802.11 otro mecanismo de ahorro de energía, conocido como APDS (*Entrega Automática con Ahorro de Energía, del inglés Automatic Power Save Delivery*). Con este nuevo mecanismo, el AP coloca las tramas en el búfer y las envía a un cliente justo después de que éste envía tramas al AP. Así, el cliente puede regresar al modo suspendido hasta que tenga más tráfico para enviar y recibir.

La tercera y última necesidad es la calidad del servicio. El estándar IEEE 802.11 tiene un ingenioso mecanismo para proveer calidad de servicio, el cual se introdujo como un conjunto de extensiones bajo el nombre 802.11e en 2005. Su función consiste en extender el CSMA/CA con intervalos cuidadosamente definidos entre las tramas. Después de enviar una trama, se requiere cierta cantidad de tiempo inactivo antes de que una estación pueda enviar otra para verificar si el canal ya no se está usando. La clave de esta técnica consiste en definir distintos intervalos para los diferentes tipos de tramas.

5. Metodología

Una vez identificadas las necesidades y problemas de la red LAN inalámbrica, se realizó un análisis de los requerimientos del proyecto a través del dimensionamiento de la misma. Para llevar a cabo esa actividad se decidió emplear el apoyo de algún software de planeación y diseño, por lo tanto, se revisaron diversas opciones que permitieran simular la red inalámbrica Wi-Fi del hotel y posteriormente recabar datos reales a través de un estudio de sitio.

Una opción factible para estos casos son los productos *AirMagnet* de la marca *Fluke Networks*, el *AirMagnet Planner* y el *AirMagnet Survey*, son buenas herramientas sin embargo requieren licenciamiento y su costo es elevado en relación a otras marcas. Vale la pena mencionar que a pesar de la inversión, se ha recomendado con anterioridad a Roland Consulting de México, la adquisición del software de *Fluke Networks* a través de una tableta especializada en análisis de redes llamada *OptiView XG* que incluye esos productos. Por desgracia para el desarrollo de este proyecto la propuesta de adquirir la herramienta se encontraba en proceso de evaluación por el departamento de compras y no hubo la oportunidad de emplearla, sin embargo buscando otras opciones de menor costo se encontró el software *TamoGraph Site Survey* de la marca *Tamosoft*, *Covera Zone* de la marca *Celtrio* y *Ekahau Site Survey* de la marca *Ekahau*.

De los programas revisados, el software de Ekahau fue el más adecuado de las opciones, su versión de prueba permite realizar simulaciones con prácticamente todas las funcionalidades y además la marca maneja un software “hermano” de libre distribución llamado *Ekahau HeatMapper* que sirve para realizar mapas de cobertura. Después de evaluar minuciosamente la herramienta, se recomendó como instrumento de trabajo para la empresa. Es importante mencionar que posterior a observar los resultados de *Ekahau Site Survey* en este trabajo, Roland Consulting de México decidió adquirir este software.

Durante la etapa de planeación se solicitó al hotel los planos actualizados del edificio y demás datos de relevancia para el proyecto como por ejemplo, infraestructura existente, los modelos de puntos de acceso que el integrador del hotel buscaba implementar, cantidad de usuarios, flujo de información y capacidad de la red. Con la información recabada, se realizó un esbozo del comportamiento de la futura red inalámbrica del hotel empleando la versión de prueba del programa *Ekahau Site Survey* para así estimar, entre otras cosas, la cantidad de posibles puntos de acceso requeridos, niveles de señal e interferencia, esquema de asignación de frecuencias y desde luego verificar que los equipos recomendados por el integrador fueran los adecuados para el proyecto. Posterior a la simulación se revisó la documentación técnica de los puntos de acceso propuestos y se pidió a RCM que se proporcionaran cuatro puntos de acceso para propósitos de prueba lo más similar posible a los sugeridos, se configuraron los equipos como puntos de acceso autónomos y se habilitaron los radios para trabajar en frecuencias de 2.4 GHz y 5 GHz.

Teniendo como base el marco de referencia del proyecto, se acudió a la Ciudad de Puebla para efectuar un estudio de sitio. La primera actividad dentro del Holiday Inn Express Puebla fue realizar una inspección física de las instalaciones, durante el recorrido se identificaron las áreas de los usuarios, obstáculos y posibles fuentes de interferencia. Adicionalmente con ayuda de un comprobador de redes inalámbricas Wi-Fi de la marca *Fluke Networks* llamado *AirCheck Wi-Fi Tester* se recopiló información del entorno inalámbrico del edificio, cabe la pena mencionar que ésta actividad fue de gran ayuda para más tarde determinar un esquema de distribución de frecuencias adecuado para el hotel, ya que la herramienta proporcionó la utilización de la red por canal y niveles de señal alcanzados hasta ese momento.

Con el objetivo de analizar las condiciones actuales de la red LAN inalámbrica y verificar la semejanza de los resultados obtenidos en la simulación con la realidad, se obtuvieron mapas de cobertura con la herramienta *EKahau HeatMapper*. Para llevar a cabo una lectura real del comportamiento de la futura red inalámbrica se integraron los puntos de acceso de prueba en lugares lo más cercano posibles a los estimados en la simulaciones.

Después de revisar la información obtenida en la visita al Holiday Inn Express Puebla, se compararon las aproximaciones teóricas con las pruebas efectuadas en sitio y el resultado de esta tarea abrió la posibilidad de establecer recomendaciones para un desempeño óptimo de la red inalámbrica.

En mi condición de consultor, la participación principal fue en la fase de planeación y diseño del proyecto, en ella se propuso la ubicación de los puntos de acceso y se probó su rendimiento. Posterior a esa etapa viene un proceso de rediseño

donde se evalúa la posibilidad de reubicar, añadir o quitar puntos de acceso para alcanzar mejores coberturas y/o rendimientos, se realiza la implementación, verifican resultados y finalmente se documenta la ubicación final de la infraestructura de red (*puntos de acceso y sistema de distribución*) y de ser posible, la configuración de los equipos. Con las pruebas realizadas en sitio se comprobó que en la mayoría de los niveles, cuatro puntos de acceso como los propuestos por el integrador son suficientes para cubrir las necesidades del hotel.

La instalación y configuración se realizó basada en el diseño propuesto, durante esta etapa se proporcionó asesoría al integrador con algunos detalles sobre mejores prácticas en cableado, configuración de puntos de acceso y conectividad con la red del hotel, así mismo se indicaron como efectuar pruebas de verificación de resultados y ajustes finos en caso de requerirse. Integrador y personal del hotel informaron que la conectividad a Internet es buena en prácticamente todos los sitios que requieren el servicio, y hasta el momento no ha habido ningún reporte por parte de los huéspedes, así que no se solicitó una segunda intervención adicional. En la figura 7, se muestran en esquema las actividades realizadas y su relación con las distintas etapas del proyecto



Figura 7. Metodología del proyecto

6. Resultados y aportaciones

6.1 Simulación de la red LAN Inalámbrica

Como se mencionó anteriormente, previo a realizar el estudio de sitio fue necesario efectuar algunas simulaciones de la propuesta de LAN inalámbrica. A continuación, se muestran los resultados y detalles de las pruebas realizadas. Los puntos de acceso simulados fueron elegidos con base en los equipos recomendados por los integradores del hotel.

Los equipos evaluados fueron los modelos *Aironet 2600* y *Aironet 3600* de la marca Cisco, ambos equipos poseen características similares, sus patrones de radiación y coberturas son prácticamente iguales. La diferencia entre ellos radica en que el *Aironet 3600* es un equipo más robusto y por ende soporta mayores flujos de información, también es capaz de trabajar con el estándar de quinta generación 802.11ac.

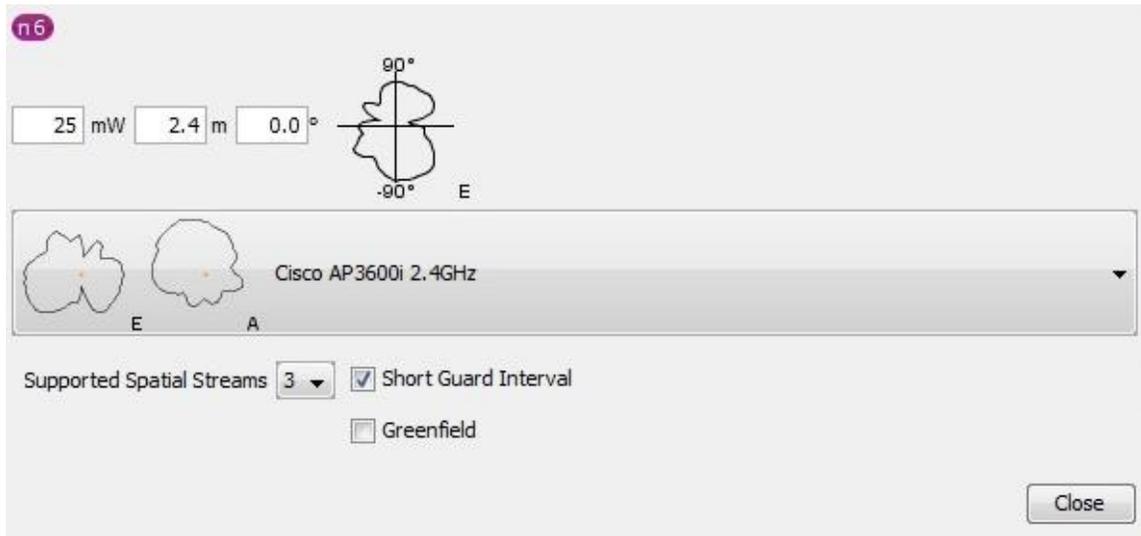


Figura 8. Patrón de radiación de un punto de acceso Cisco Aironet 3600 a 2.4 GHz.

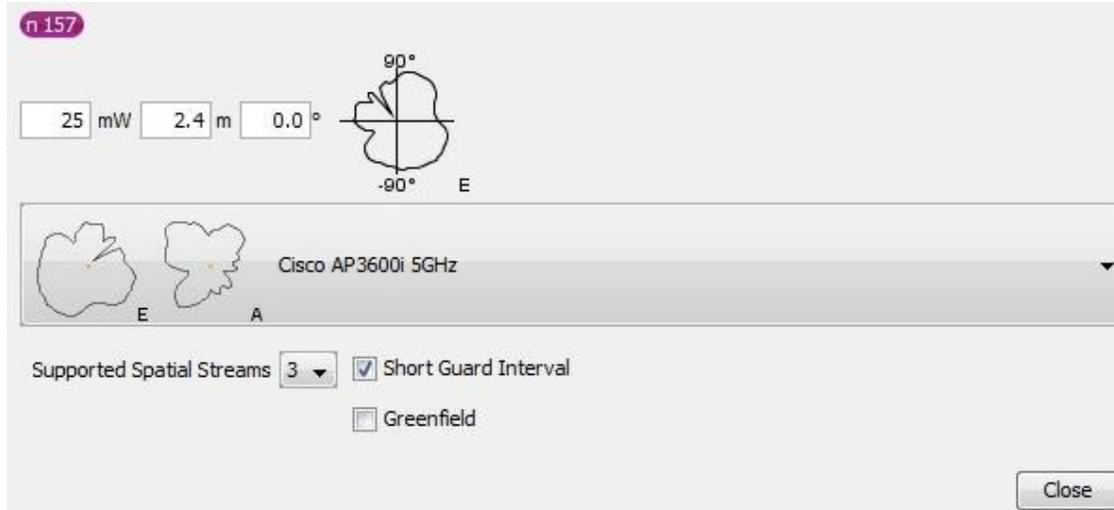


Figura 9. Patrón de radiación de un punto de acceso Cisco Aironet 3600 a 5 GHz.

En este punto del proyecto, todas las condiciones de operación de la red LAN inalámbrica del hotel eran desconocidas y los únicos datos eran las dimensiones descritas en los planos. Evidentemente mientras más información se tenga de un sitio, los resultados en la simulación son más cercanos a la realidad. A pesar del desconocimiento del lugar, el tener planos fue suficiente para establecer un número aproximado de puntos de acceso y obtener coberturas muy similares a las reales.

Después de calibrar las dimensiones del plano en el software y elegir un modelo de punto de acceso, se establecieron posibles ubicaciones de éstos basado en la cobertura de los equipos, áreas de utilización de la red, patrones de radiación y desde luego la experiencia en proyectos de redes LAN inalámbricas.

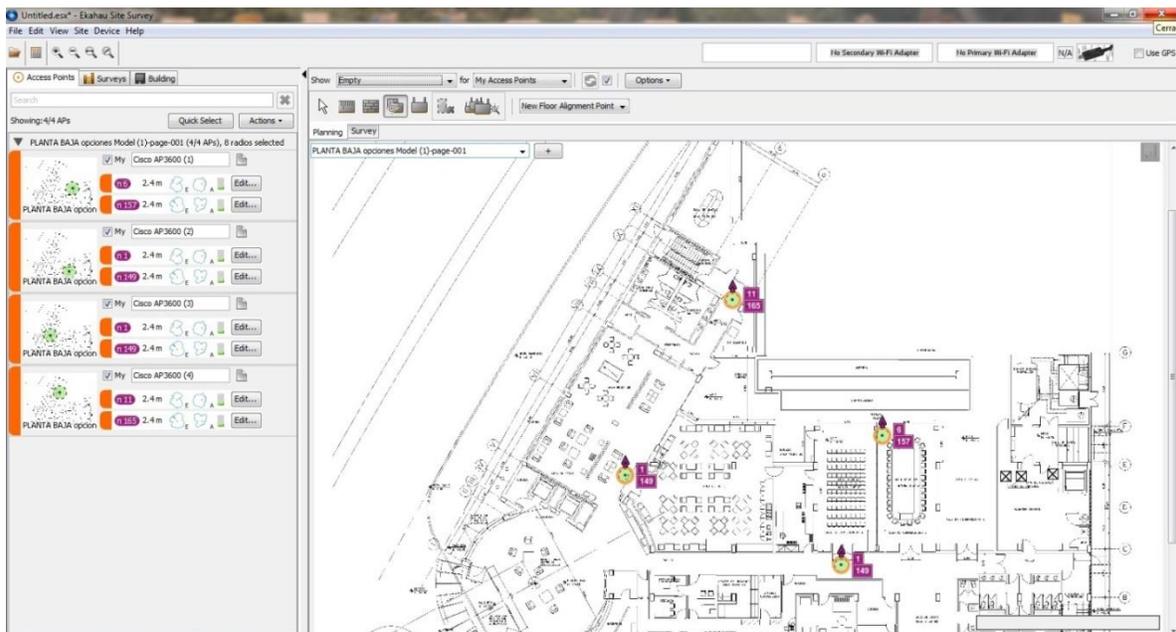


Figura 10. Simulación de red LAN inalámbrica en planta baja.

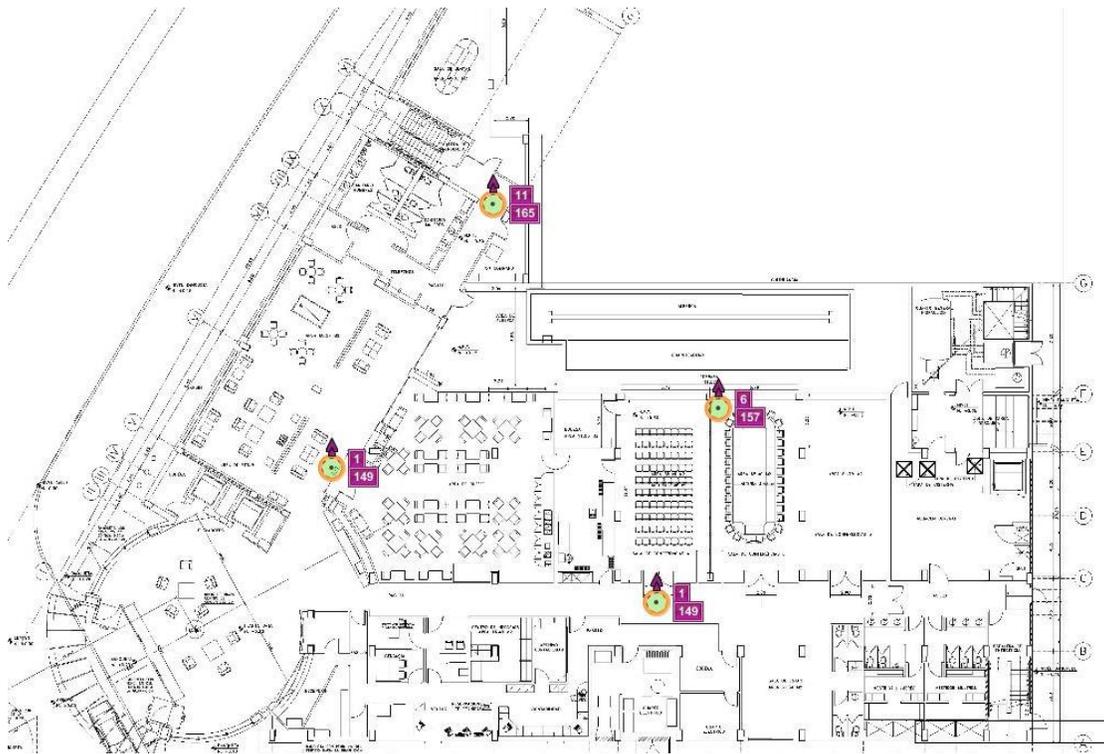


Figura 11. Ubicación preliminar de puntos de acceso en planta baja.

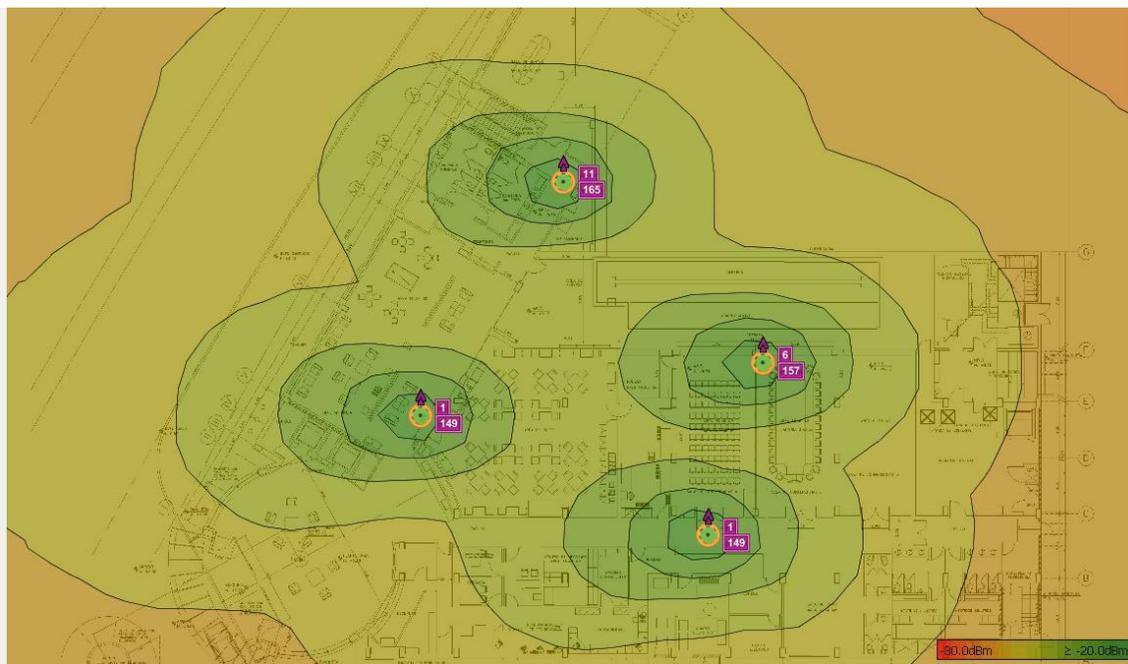


Figura 12. Intensidad de señal en planta baja.

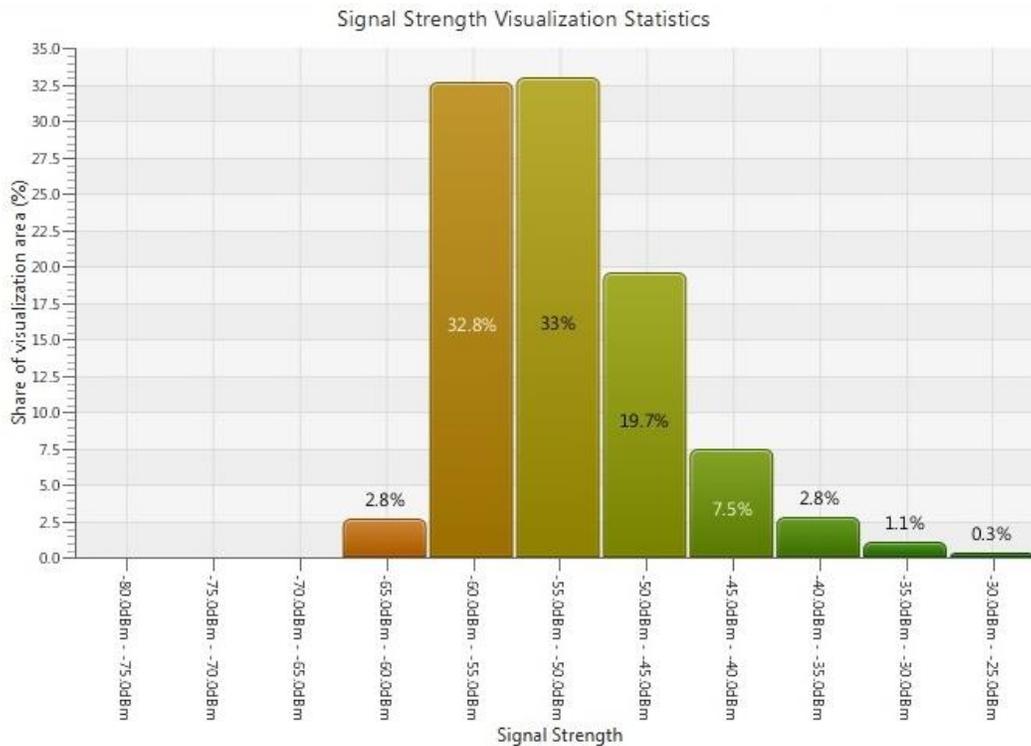


Figura 13. Porcentaje de los niveles de intensidad de la señal para planta baja.

Como se aprecia en las *figuras 12 y 13*, cuatro puntos de acceso son suficientes para cubrir la mayor parte de las áreas en planta baja con un nivel de señal considerablemente bueno. Alrededor de un 65% de la señal registra niveles superiores a los -55dBm. Cabe destacar que en esta prueba los puntos de acceso se ubicaron lo más cercano posible a los lugares que se piensan con mayor afluencia de datos, como por ejemplo el área de salones, alberca y sala de juntas.

Pensando en lograr no sólo las coberturas deseadas sino que también soportar el flujo de datos en un escenario crítico, se simuló un ambiente de LAN inalámbrica con 100 laptops y 200 teléfonos inteligentes conectados al mismo tiempo, navegando en la web y empleando correo electrónico. Con esa demanda de

datos, la red en cuestión estaría diseñada para trabajar en estas condiciones durante dos horas y media. Considerando que normalmente el hotel no tiene un requerimiento de red así, se pudo establecer de manera preliminar que los equipos de la prueba serían suficientes para cubrir las demandas esenciales de acceso a red en la planta baja del hotel.

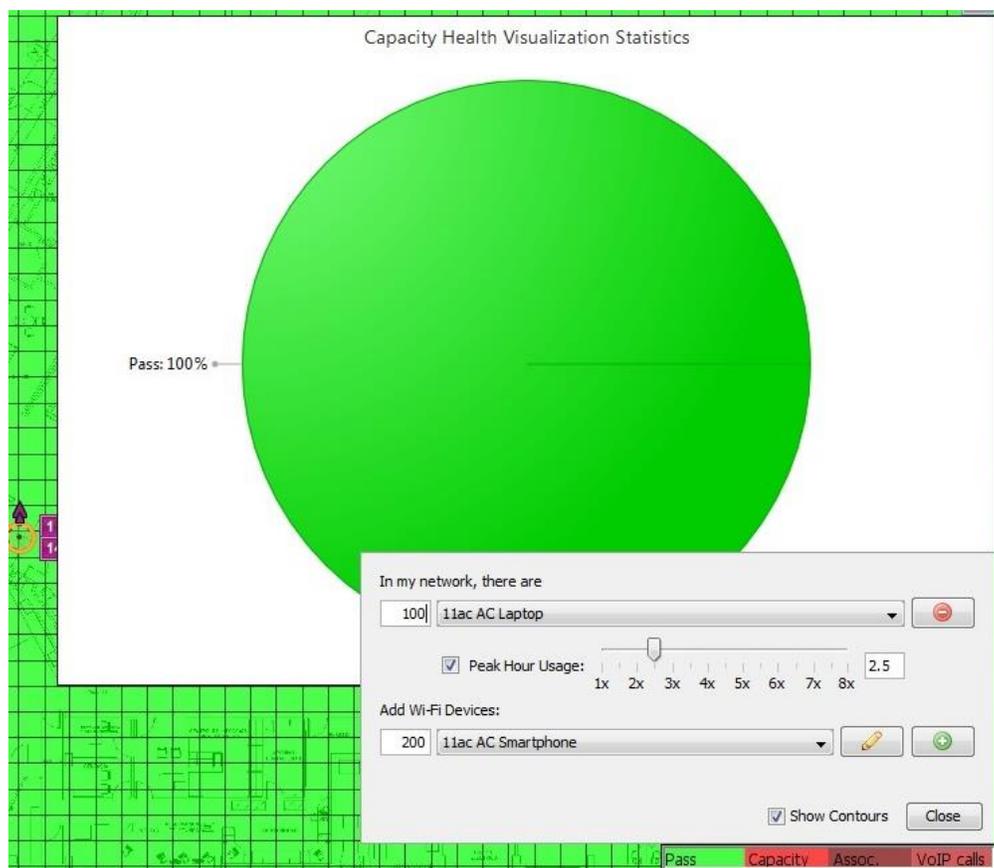


Figura 14. Capacidad de la red en planta baja.

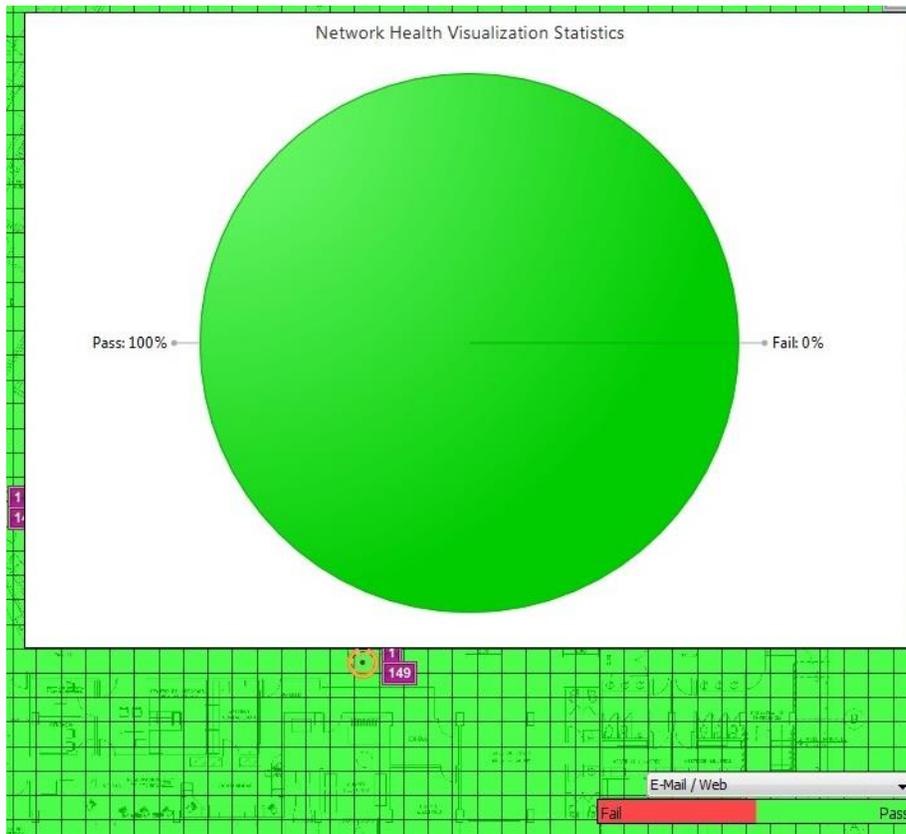


Figura 15. Estado de la red en planta baja.

Los puntos de acceso Aironet 2600 y Aironet 3600 están diseñados para operar con diversos estándares de una LAN inalámbrica. Por tal motivo pueden emplear tecnología MIMO del estándar 802.11n y alcanzar tasas de transmisión altas. Según la simulación la red podría alcanzar tasas de transferencia máximas entre los 210 y 225 Mbps.



Figura 16. Tasas de transmisión en planta baja 210 / 225 Mbps.

Hasta este momento las frecuencias no habían sido un tema a tratar, sin embargo es importante establecer un esquema de asignación de frecuencias que en la medida de lo posible emplee los canales menos saturados y a su vez genere un traslape de coberturas bajo que garantice *roaming* dentro de la red.

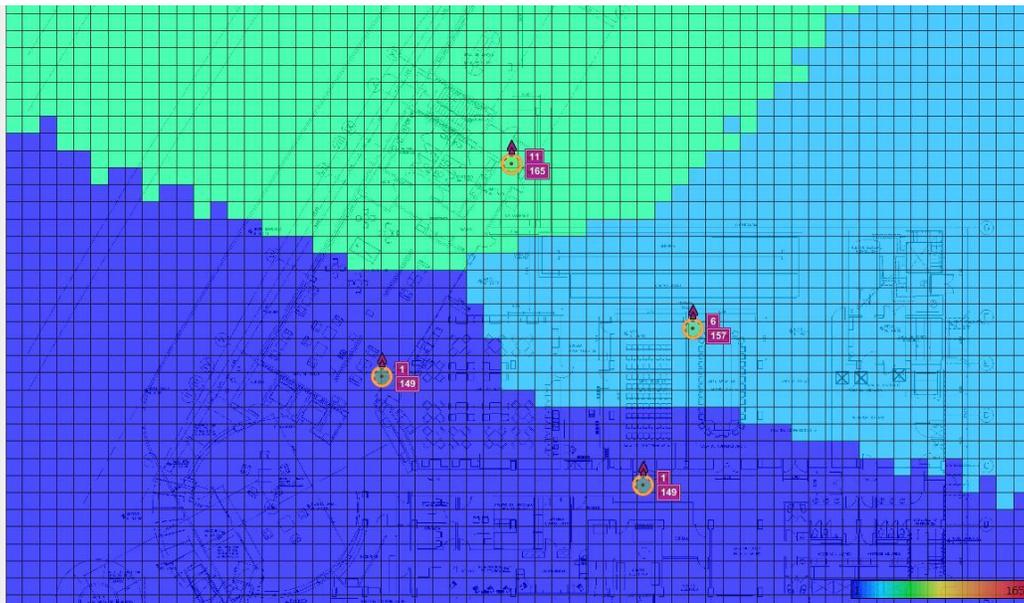


Figura 17. Distribución de puntos de acceso en planta baja por canal.



Figura 18. Niveles de interferencia en planta baja

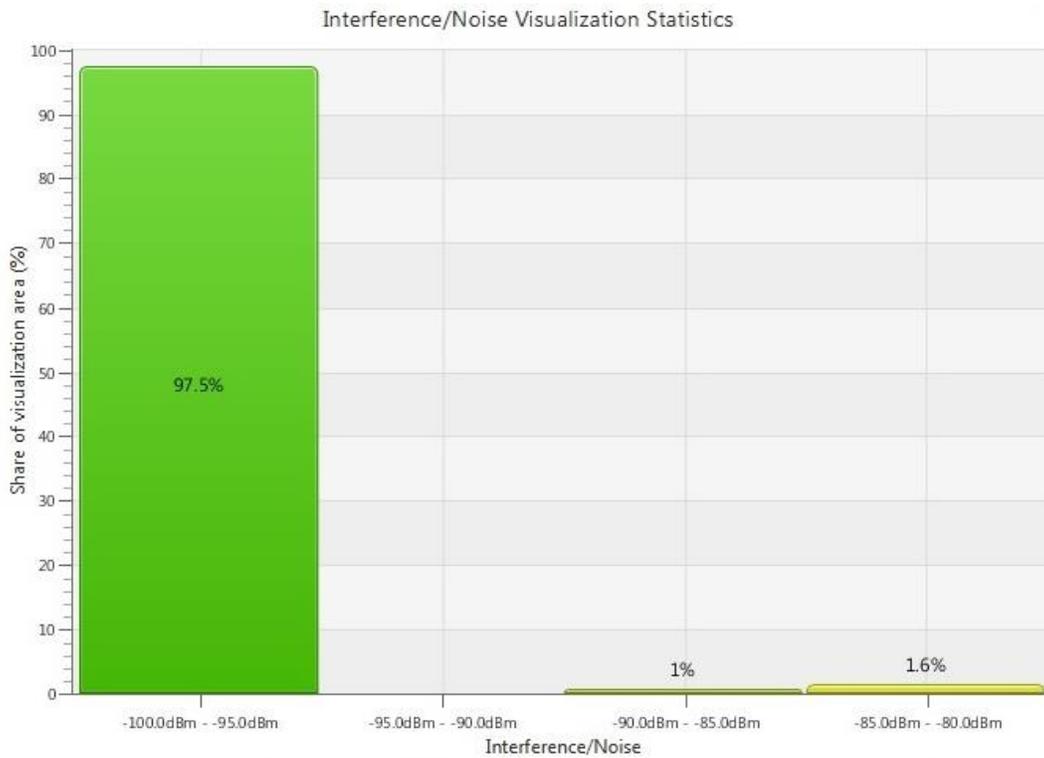


Figura 19. Porcentaje de niveles de interferencia en planta baja

Con el fin de evitar la interferencia generada dentro de la red LAN inalámbrica fueron asignados los canales predeterminados de la banda de 2.4GHz (1, 6, 11) y distribuidos de tal manera que tuvieran un traslape mínimo. Como puede observarse en las *figuras 18 y 19*, existe un ligero porcentaje (2.6%) de interferencia generada por los puntos de acceso que trabajan en la misma frecuencia (*figura 19*).

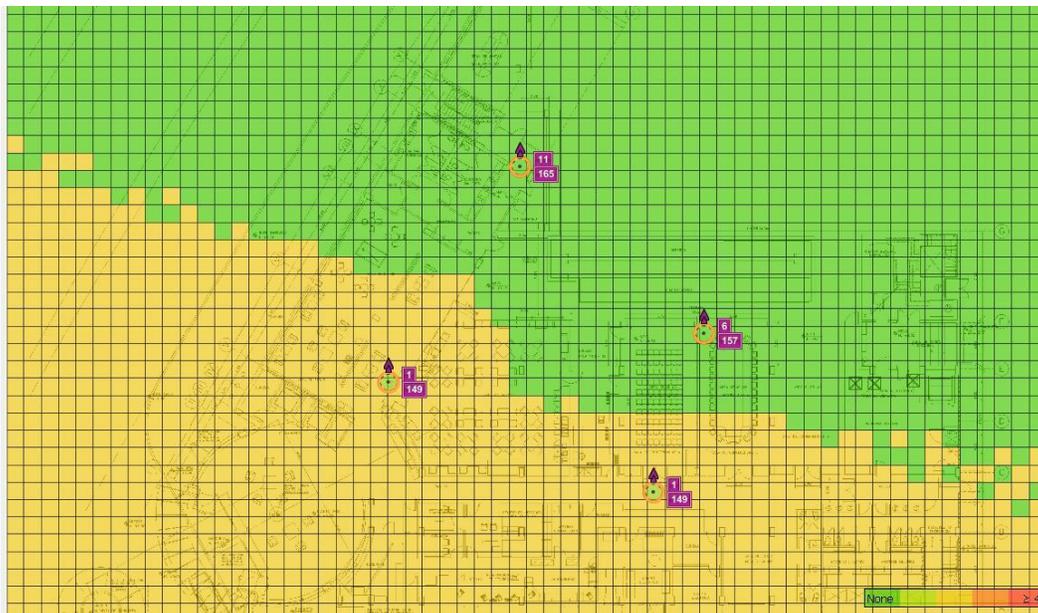


Figura 20. Overlapping entre dos puntos de acceso en planta baja

Como era de esperarse, al tener niveles de interferencia bajos e influencia nula de redes externas la relación señal a ruido, SNR (*del inglés Signal to Noise Rate*)⁹, es elevada, y entonces la calidad de la señal recibida es buena, señales superiores a los 35dB (*figuras 21 y 22*).

⁹ La relación señal/ruido se define como la proporción existente entre la potencia de la señal transmitida y la potencia del ruido que la corrompe. Este margen se mide en decibeles [dB].



Figura 21. Relación señal a ruido (SNR) en planta baja.

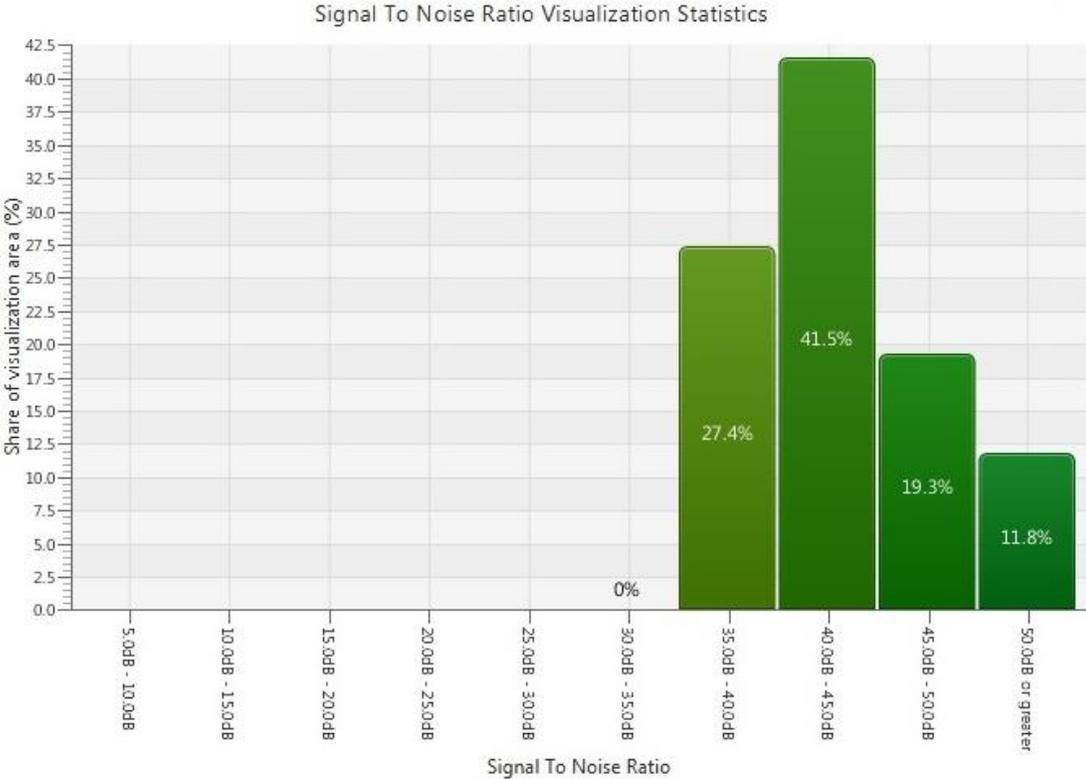


Figura 22. Porcentaje de relación señal a ruido (SNR) en planta baja.

En el caso de los pisos del 1 al 7, la distribución de las áreas a cubrir era prácticamente la misma en todos los niveles. A excepción del área de gimnasio ubicada en piso 1, el diseño de un nivel puede replicarse en cada piso.

De manera similar a planta baja, alrededor de un 60% de la señal presenta niveles superiores a los -55dBm , tomando en cuenta que el software considera a ese 40% restante de la señal fuera del edificio, se tiene una cobertura de red bastante buena. (figuras 23 y 24).

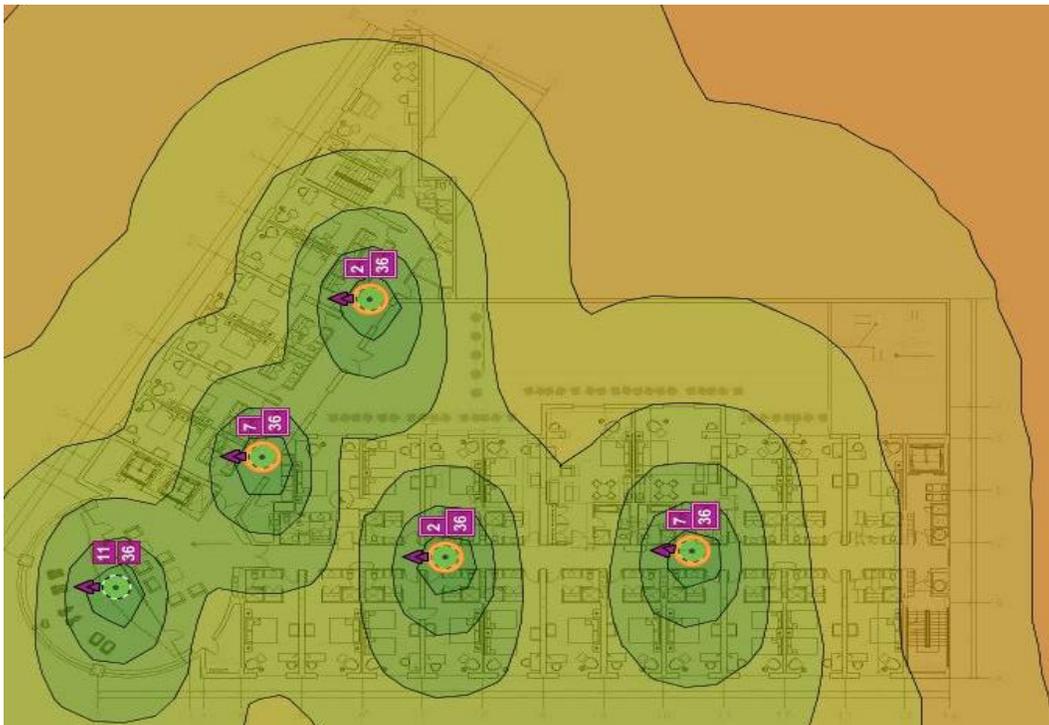


Figura 23. Intensidad de señal en primer piso.

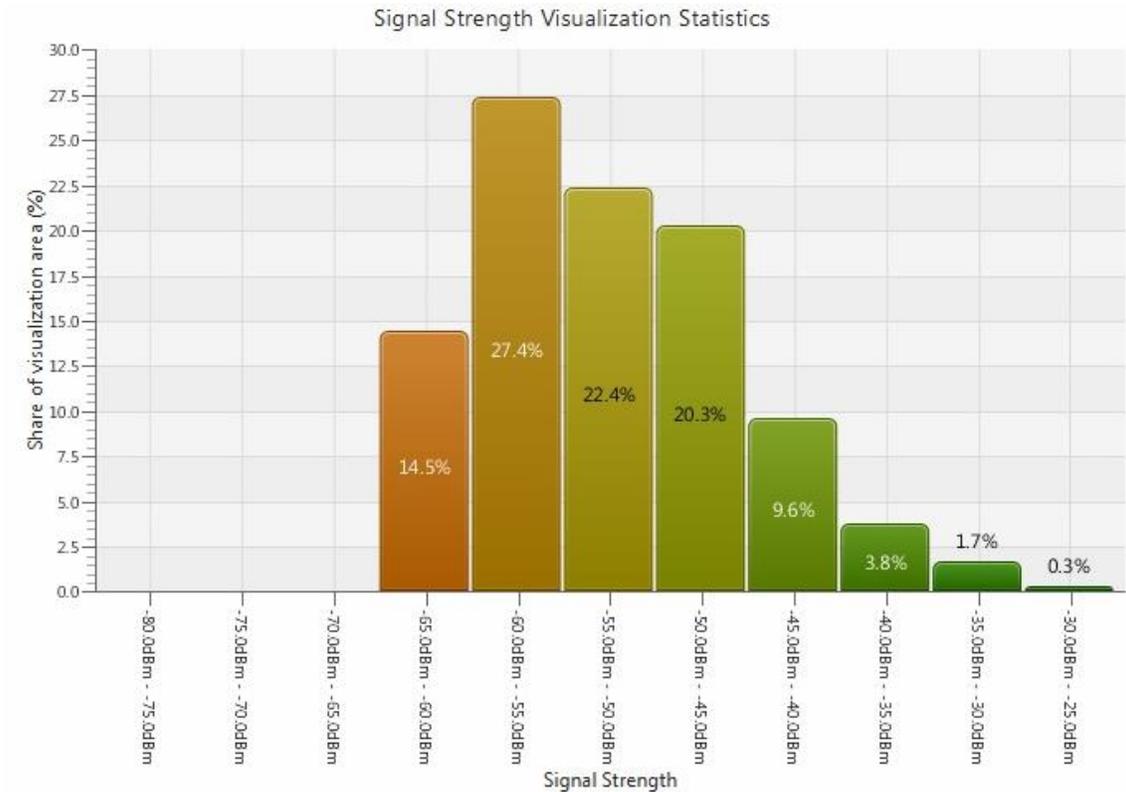


Figura 24. Porcentaje de intensidad de señal en primer piso.



Figura 25. Overlapping en primer piso.

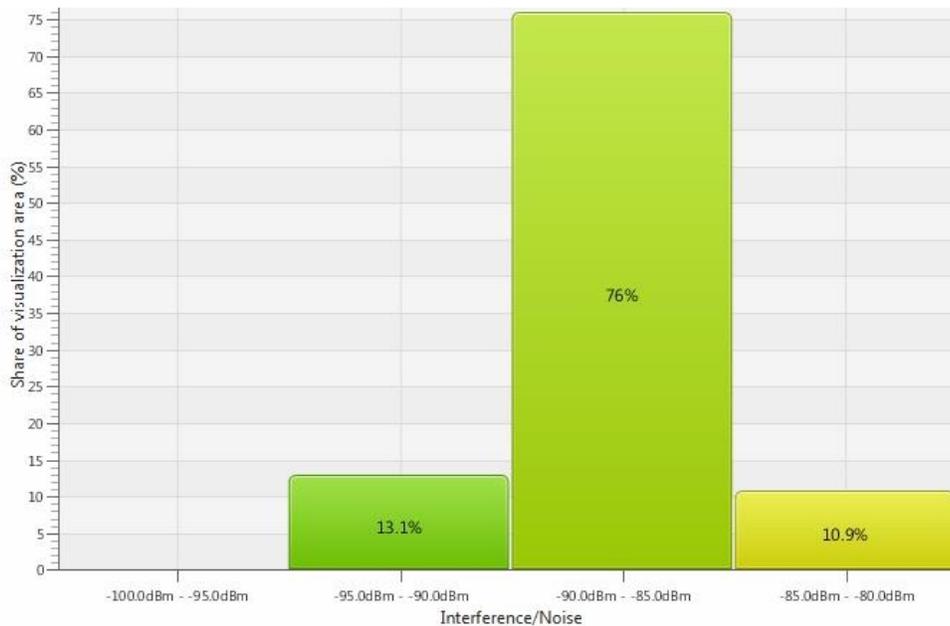


Figura 26. Porcentaje de overlapping en primer piso.

No puede evitarse la interferencia generada por fuentes externas y otras redes, sin embargo una distribución de canal adecuada logra disminuir sus niveles, en las figuras 25 y 26 se puede observar que bajo el esquema de frecuencias planteado en la simulación se obtiene interferencia entre dos puntos de acceso en la misma frecuencia de un 10% del total de la señal. Lo más importante en estos casos es mantener una relación señal a ruido (SNR) buena, en las figuras 27 y 28 se percibe que más del 70% de la señal tiene un nivel de SNR superior a los 30dB (niveles de señal saludables).

El ejercicio de simulación en los niveles siguientes es muy similar al practicado en este piso, la única variación trascendente es el punto de acceso ubicado en el gimnasio, por tal motivo no se incluyen los resultados de esas pruebas y en su lugar se hace un análisis más detallado con los datos recabados en sitio.



Figura 27. Relación señal a ruido (SNR) en primer piso.

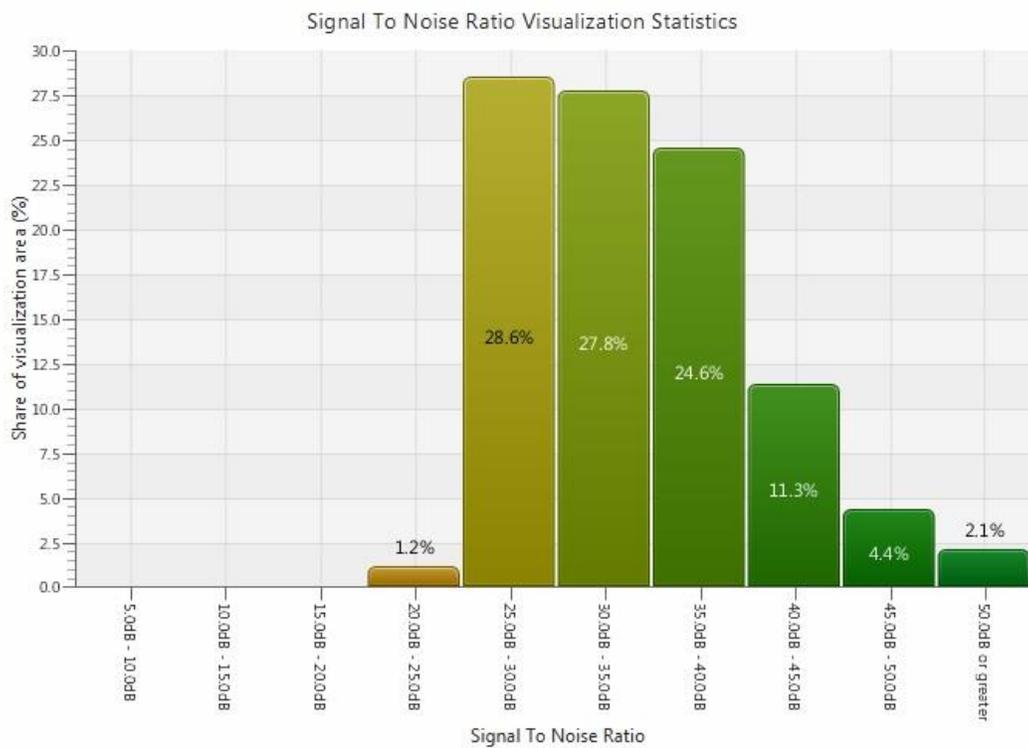


Figura 28. Relación señal a ruido (SNR) en primer piso.

6.2 Estudio de sitio



Figura 29. Hotel Holiday Inn Express Puebla.

El hotel Holiday Inn Express Puebla cuenta con ocho niveles, la planta baja y siete pisos de habitaciones. Durante el estudio de sitio se observó que la red LAN inalámbrica del hotel tenía un SSID llamado *H_express*, operaba únicamente en la banda de 2.4 GHz con los estándares 802.11b/g y estaba conformada por 13 puntos de acceso autónomos, de los cuales ocho eran de la marca D-Link (*modelos sencillos con características muy básicas*), cuatro marca Cisco y uno marca Linksys.

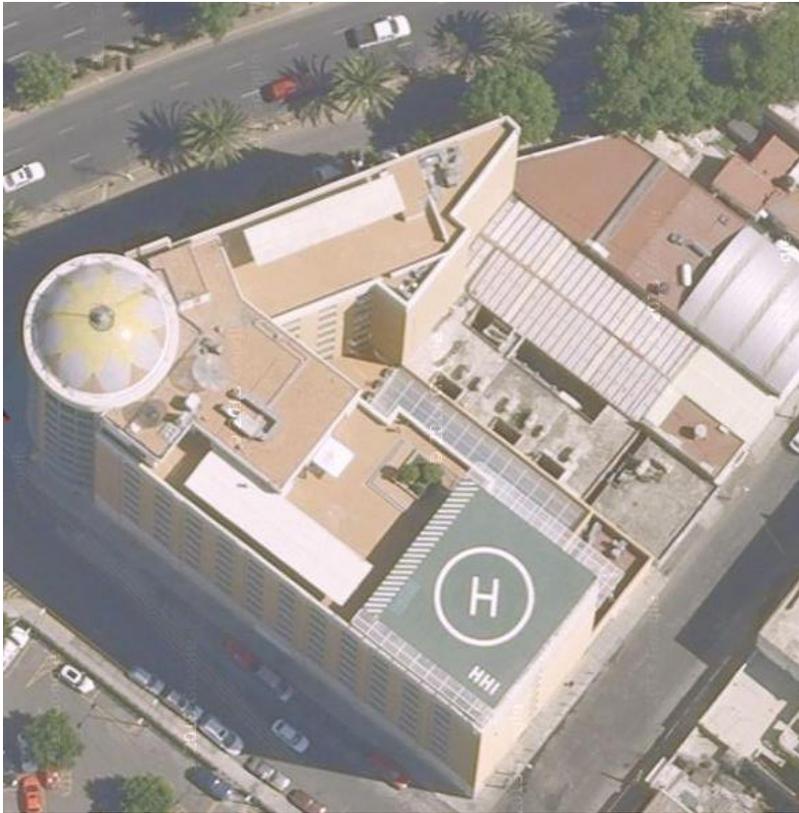


Figura 30. Vista aérea del Holiday Inn Express Puebla

Los objetivos del análisis de sitio fueron:

- *Realizar un análisis de la situación en la que se encontraba la red LAN inalámbrica para identificar los requerimientos necesarios de la solución.*
- *Establecer la ubicación y cantidad de puntos de acceso necesarios para obtener la cobertura deseada.*
- *Evaluar si los puntos de acceso propuestos por el integrador del hotel eran adecuados para el proyecto.*
- *Implementar un esquema de asignación de canales que garantice el mejor aprovechamiento posible del espectro radioeléctrico y coadyuve a minimizar la interferencia entre puntos de acceso dentro y fuera de la red, así como también la generada por otras fuentes de RF.*

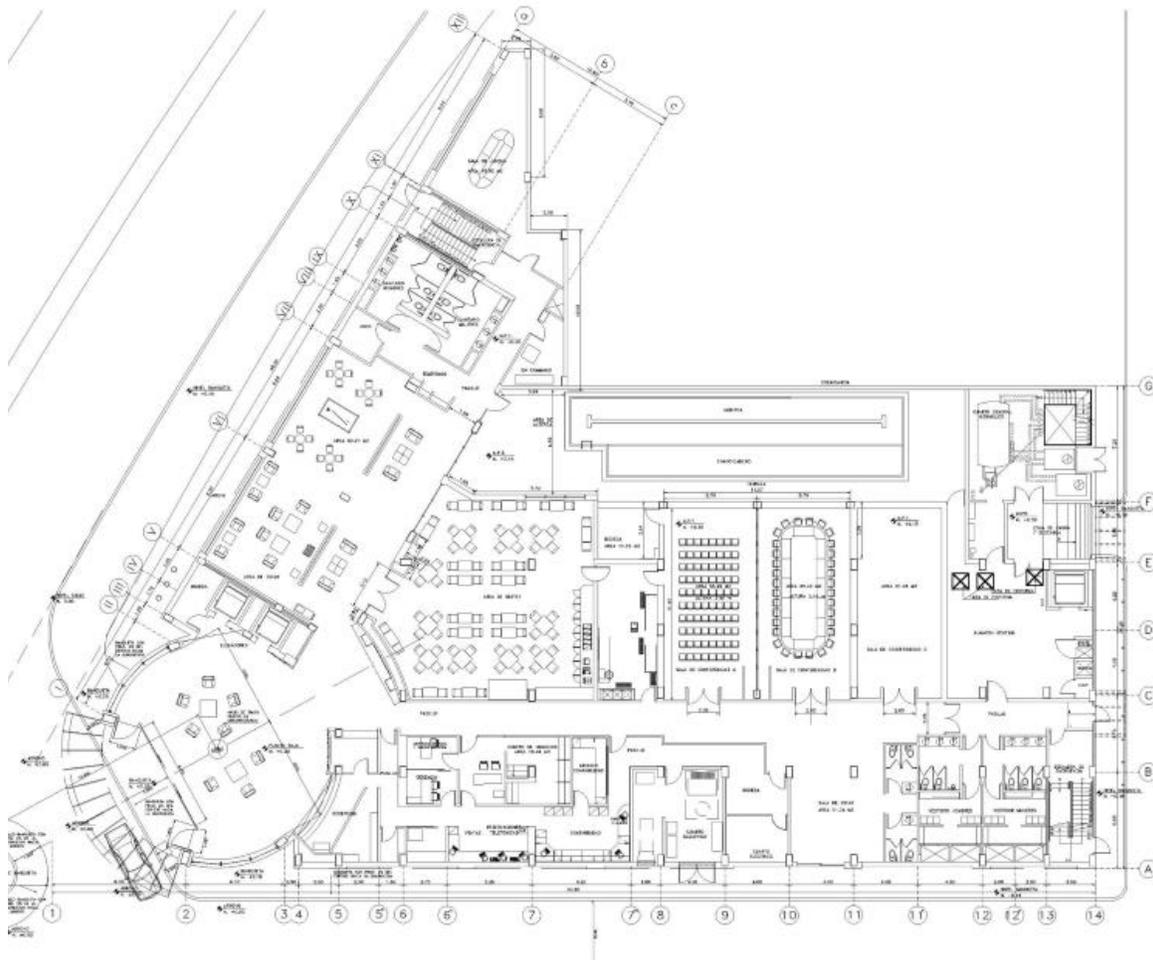


Figura 31. Plano de planta baja del Holiday Inn Express Puebla.

En planta baja se requería tener cobertura en los salones, sala de juntas y áreas comunes (*comedor, alberca, lobby*). Durante la visita en sitio las lecturas indicaron que solo dos puntos de acceso estaban brindando el servicio en ese piso con niveles de señal que iban de regular a buenos (*figura 32*). Considerando un aumento en el flujo de datos debido a mayor conexión de usuarios a la red LAN inalámbrica, los equipos con los que contaba el hotel resultaban poco funcionales. Un caso así pudo haberse dado la celebración de algún evento en los salones.

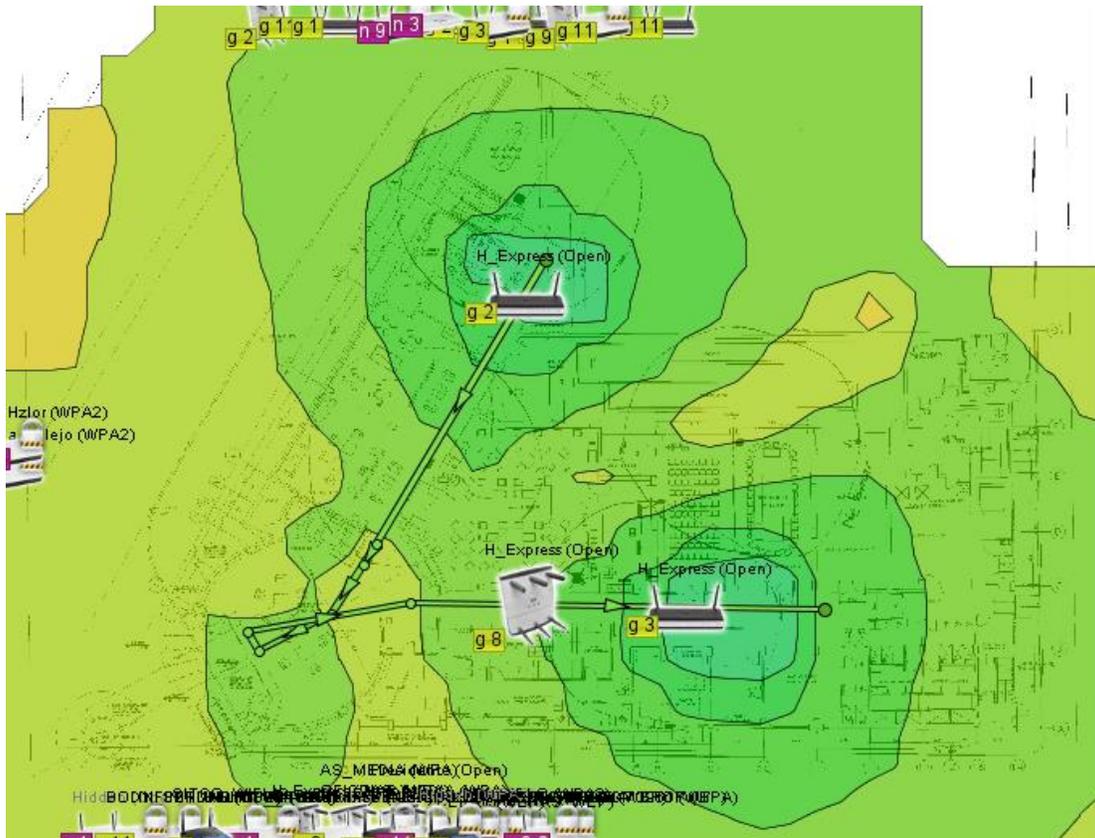


Figura 32. Cobertura de la red inalámbrica en planta baja, Holiday Inn Express Puebla.¹⁰

Agregando un tercer punto de acceso, se mejoró considerablemente la cobertura en el Lobby y comedor (figura 32), sin embargo con la intención de cubrir en su totalidad la planta baja se consideró un cuarto punto de acceso ubicado en el área de salones, que además de reforzar la señal en ese espacio, brinda un mejor servicio en la alberca.

¹⁰ Los niveles de intensidad de la señal pueden observarse en los gráficos a través de los colores. Los tonos verdes son niveles buenos o aceptables, los amarillos son regulares (baja calidad) y los rojos son malos. Los verdes más intensos, por ejemplo, representan la mejor calidad posible (lugar donde se encuentra el punto de acceso, véase figura 32). A mayor distancia del AP menor es la intensidad de señal (el verde se torna amarillento).

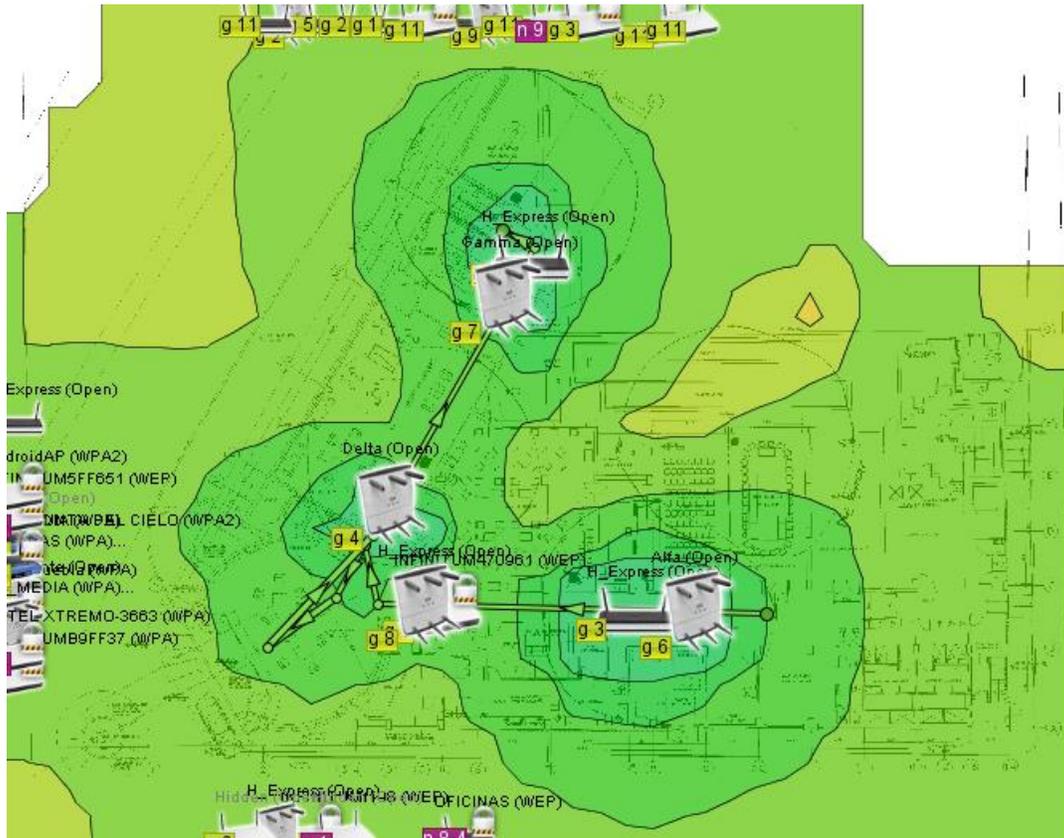


Figura 33. Cobertura alcanzada con tres puntos de acceso¹¹ en planta baja, Holiday Inn Express Puebla.

¹¹ Con el objetivo de simular la cobertura de la red propuesta, se realizaron pruebas con cuatro puntos de acceso de la marca Cisco modelo AIR-AP1242AG-N-K9, denominados para efectos prácticos Alfa, Beta, Gamma y Delta, cada uno de éstos fue provisto con dos pares de antenas de la misma marca, un par para la banda de 2.4GHz, AIR-ANT2422DG-R y otro par para la banda de 5 GHz, AIR- ANT5135DG-R. En la mayoría de este tipo de estudios los resultados son aproximaciones muy cercanas a la realidad, sin embargo pueden variar ligeramente en la etapa de implementación dependiendo de la marca y/o modelo de punto de acceso.

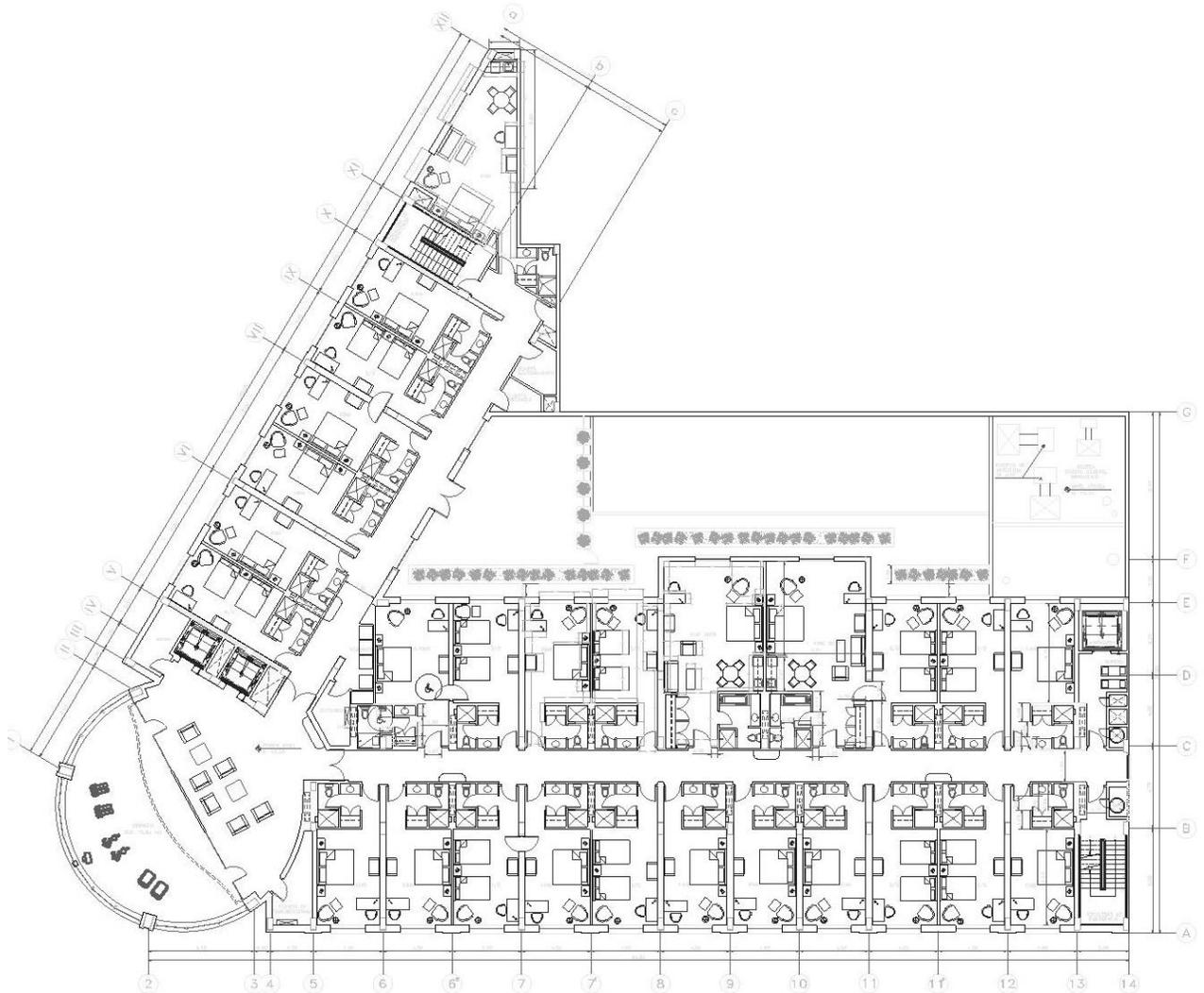


Figura 34. Plano del primer piso del Holiday Inn Express Puebla.

En el caso del primer piso, la cobertura de la red LAN inalámbrica era deficiente como puede observarse en la *figura 35*, prácticamente un punto de acceso soportaba el servicio en todas las habitaciones del nivel.

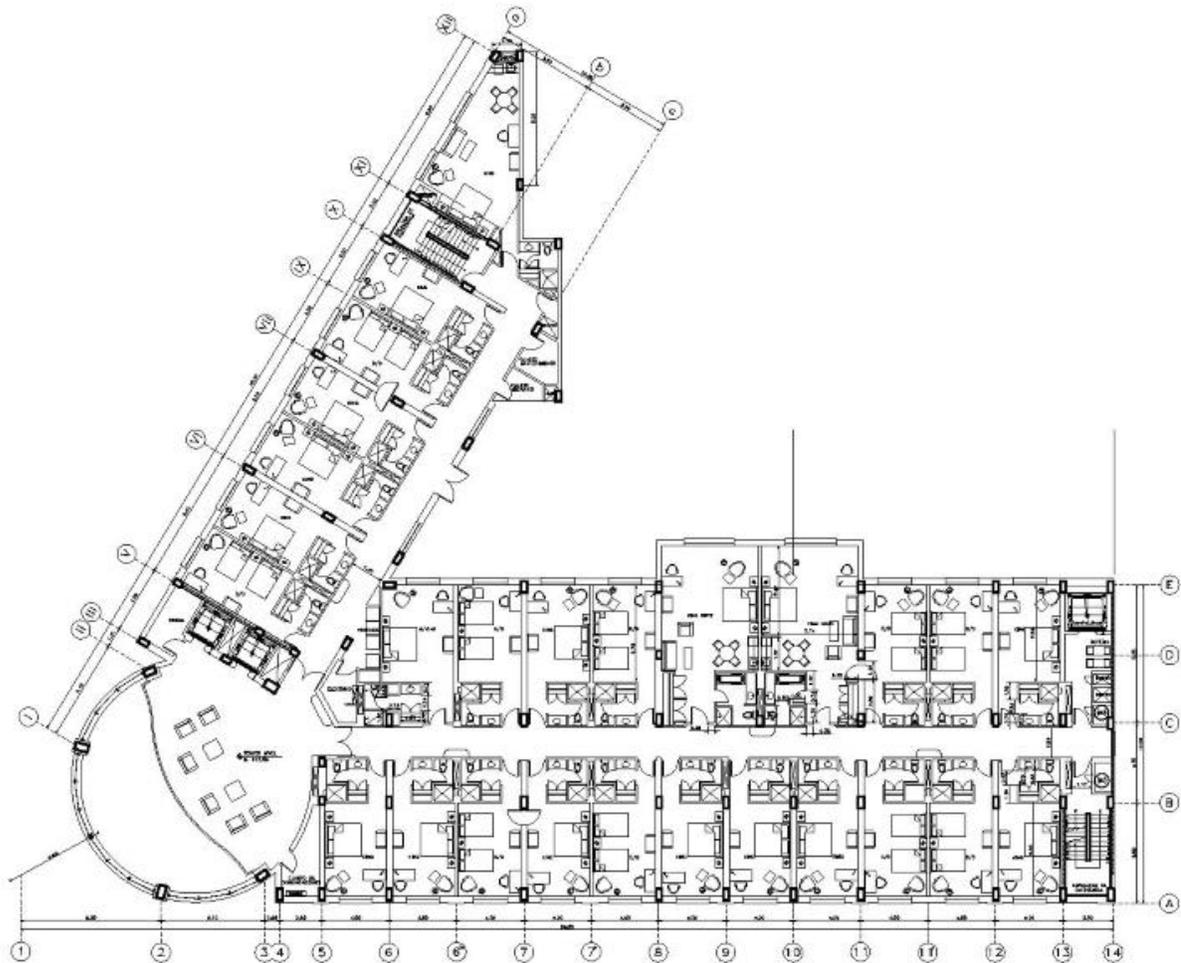


Figura 38. Plano de pisos 2-7, Holiday Inn Express Puebla.

Del segundo al séptimo piso, la arquitectura y distribución del edificio es prácticamente la misma, motivo por el cual se decidió tener una distribución de puntos de acceso similar para estos niveles. Por ser un nivel intermedio, se tomó como muestra representativa el cuarto piso para analizar a detalle el comportamiento de la red LAN inalámbrica del hotel.



Figura 39. Los muros y techos son aparentes de tablaroca así que técnicamente no presentarían mucha atenuación (pérdida de potencia en la señales).



Figura 40. Pasillo de habitaciones

A partir del estudio de sitio se precisó que la cobertura de la red LAN inalámbrica del hotel era parcial, sólo en algunas áreas del edificio el servicio de Internet inalámbrico era bueno. En la *figura 41*, se puede observar que el cuarto piso contaba únicamente con un punto de acceso, este hecho reflejaba un factor importante a considerar dentro de las problemáticas de la red LAN Inalámbrica del hotel: la cantidad y tipo de puntos de acceso instalados. Además de ser equipos sencillos y un tanto obsoletos, el número de puntos de acceso era insuficiente para obtener la cobertura esperada en el hotel y seguramente se agudizaba cuando había un incremento en la ocupación de las habitaciones.

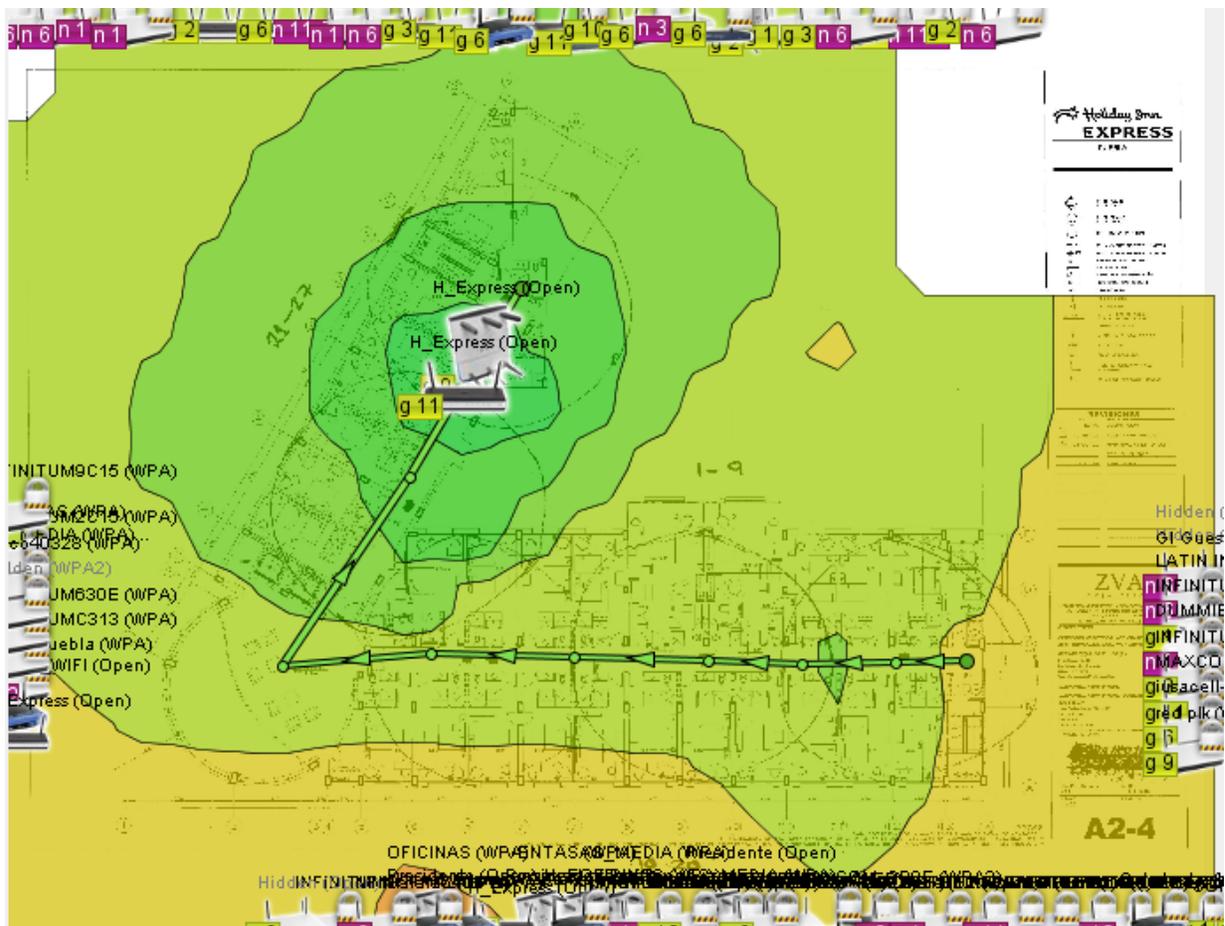


Figura 41. Cobertura de la red inalámbrica en cuarto piso, Holiday Inn Express Puebla.

Para poder rediseñar una red inalámbrica de manera adecuada se debe tener en cuenta una correcta distribución de canales para evitar un *Overlapping* (traslape de frecuencias que puede generar problemas de interferencia) excesivo, es por ello que se estudió el comportamiento individual de cada punto de acceso de prueba para acotar posibles complicaciones de este tipo.

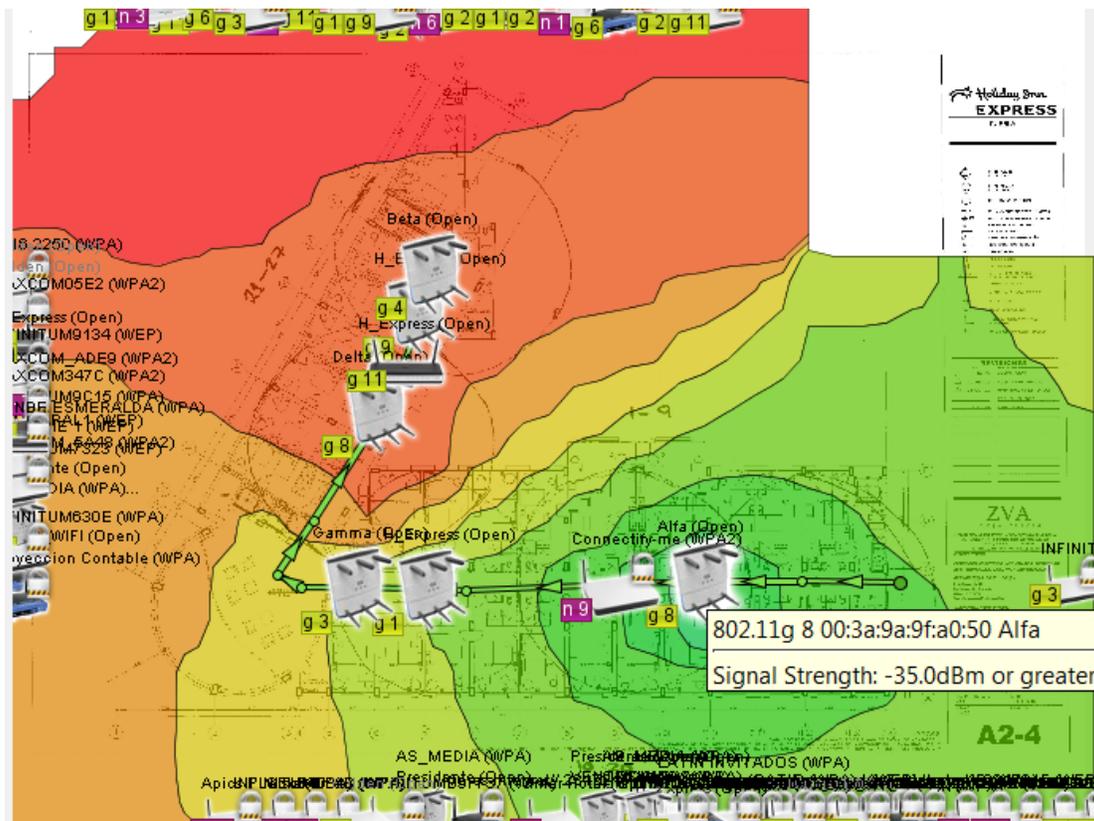


Figura 42. Cobertura alcanzada con el punto de acceso Alfa marca Cisco modelo Aironet 1242 en cuarto piso, Holiday Inn Express Puebla.

En la *figura 42* se puede observar la cobertura alcanzada por el punto de acceso Alfa, este equipo cubrió aproximadamente la mitad de habitaciones de una sección del edificio. Durante esta prueba fue muy posible que las señales producidas por Alfa generaran interferencia entre los demás puntos de acceso del hotel. Los equipos de prueba se configuraron para operar en el mejor canal que detecten los radios a partir de su ubicación, sin embargo en la práctica es importante tomar en cuenta un esquema de distribución de frecuencias que considere redes cercanas y otras posibles fuentes de interferencia. Como era de esperarse, se presentaron comportamientos similares a Alfa en los equipos Gamma, Delta y Beta (*figuras 43, 44, 45*).

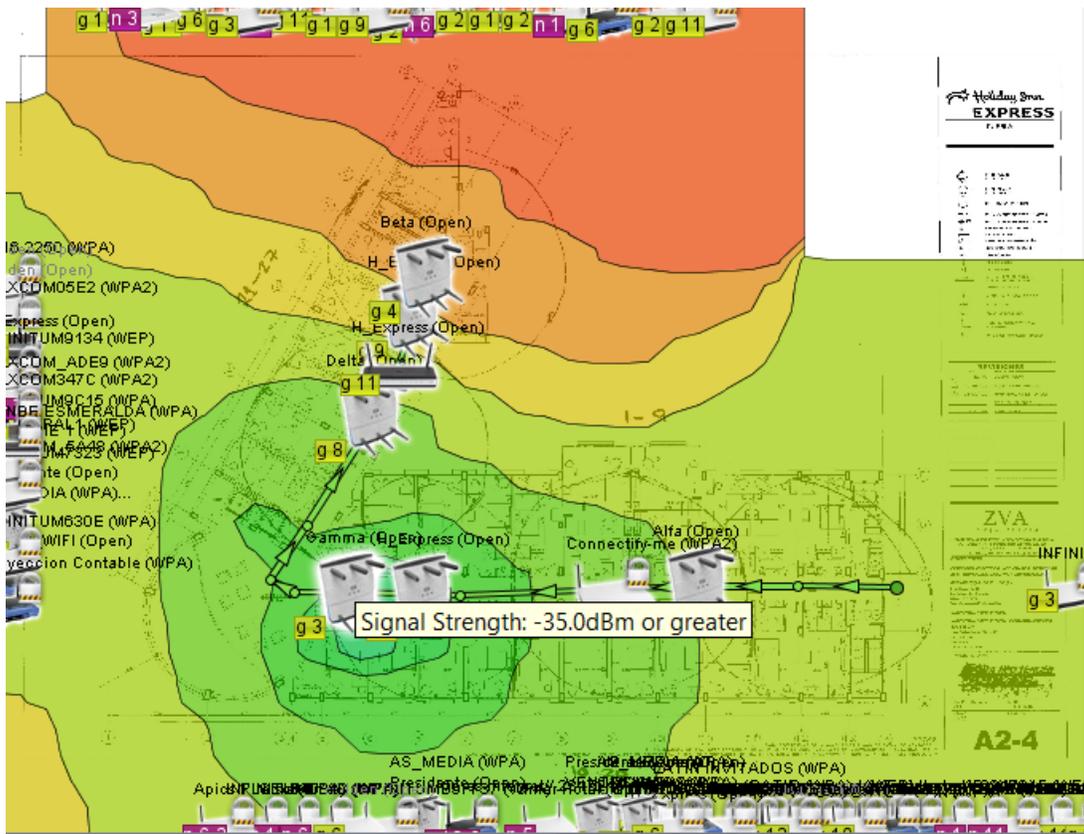


Figura 43. Cobertura alcanzada con el punto de acceso Gamma en cuarto piso, Holiday Inn Express Puebla.

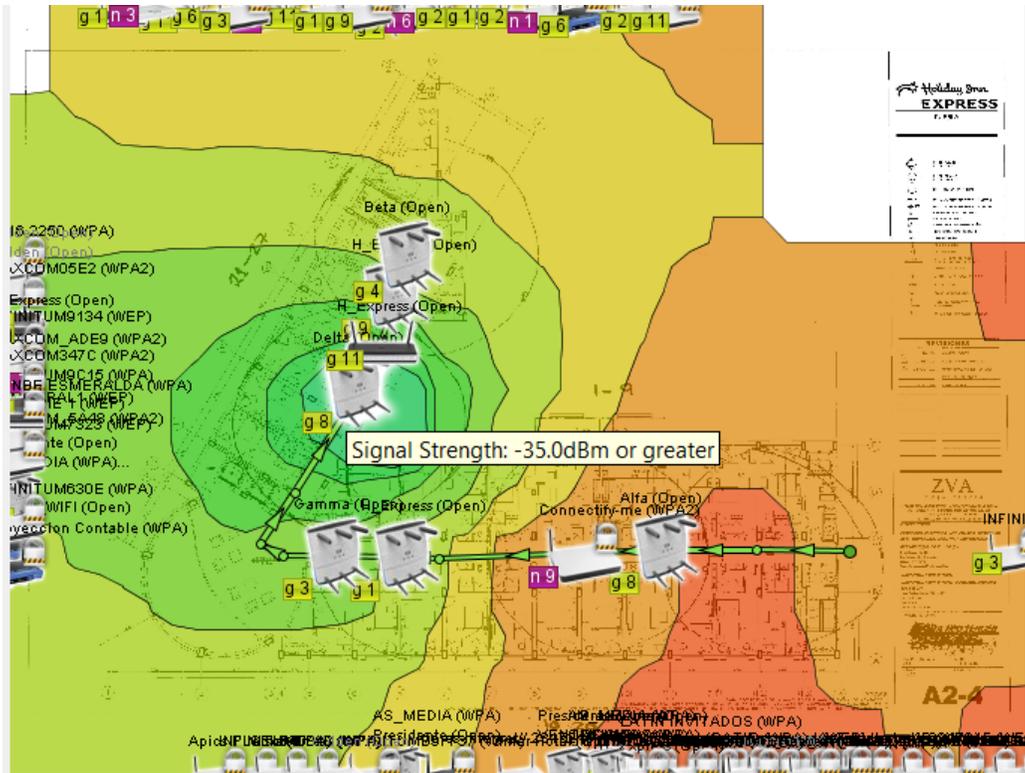


Figura 44. Cobertura alcanzada con el AP Delta en cuarto piso, Holiday Inn Express Puebla.

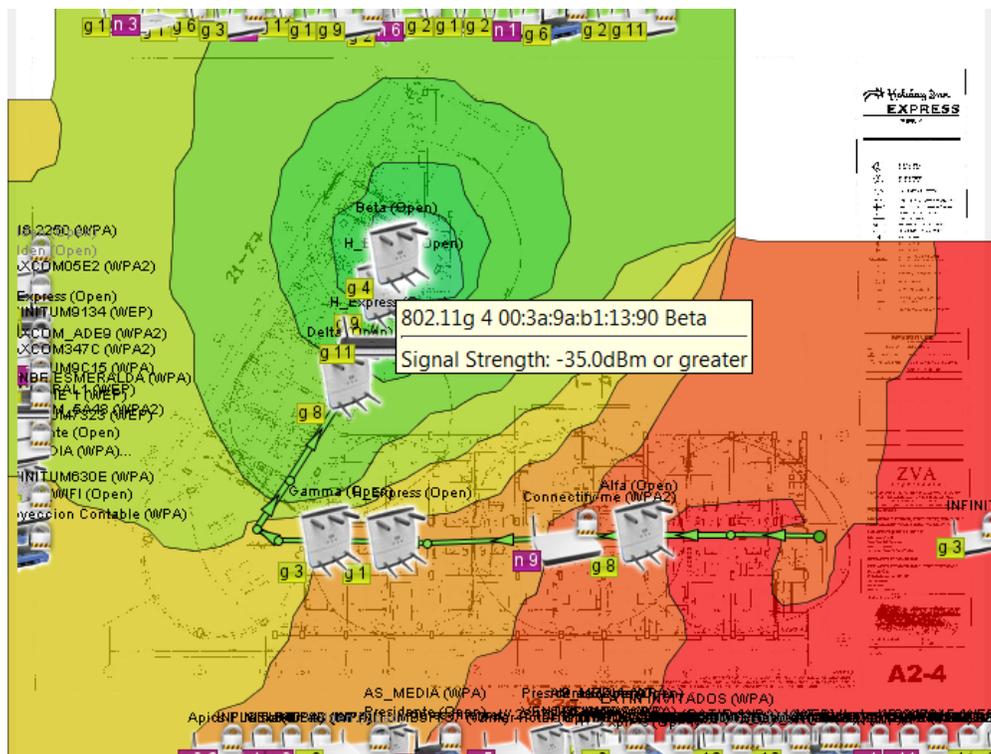


Figura 45. Cobertura alcanzada con AP Beta en cuarto piso, Holiday Inn Express Puebla.

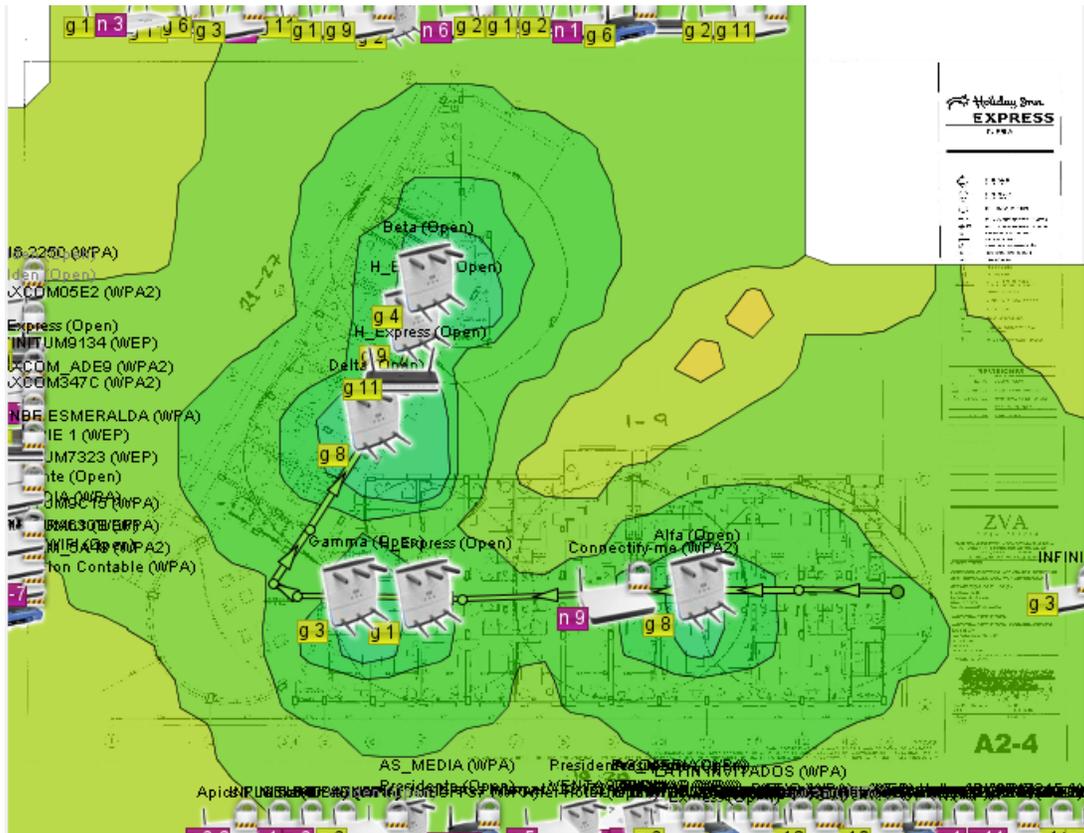


Figura 46. Cobertura alcanzada en cuarto piso con los cuatro puntos descritos en las figuras 43, 43, 44 y 45 (Alfa, Gamma, Delta y Beta), Holiday Inn Express Puebla.

Con un esquema de cuatro puntos de acceso se alcanzaría una cobertura total del servicio de Internet inalámbrico en las habitaciones de cada piso del hotel Holiday Inn Express Puebla con niveles de señal considerablemente buenos, no obstante si se quiere aumentar la calidad de servicio en algunas áreas es posible reforzar la infraestructura de red inalámbrica con un quinto punto de acceso en los pasillos largos, el único detalle a considerar sería la potencia a la que deberían operar los radios de esos equipos para no generar interferencia excesiva entre ellos.

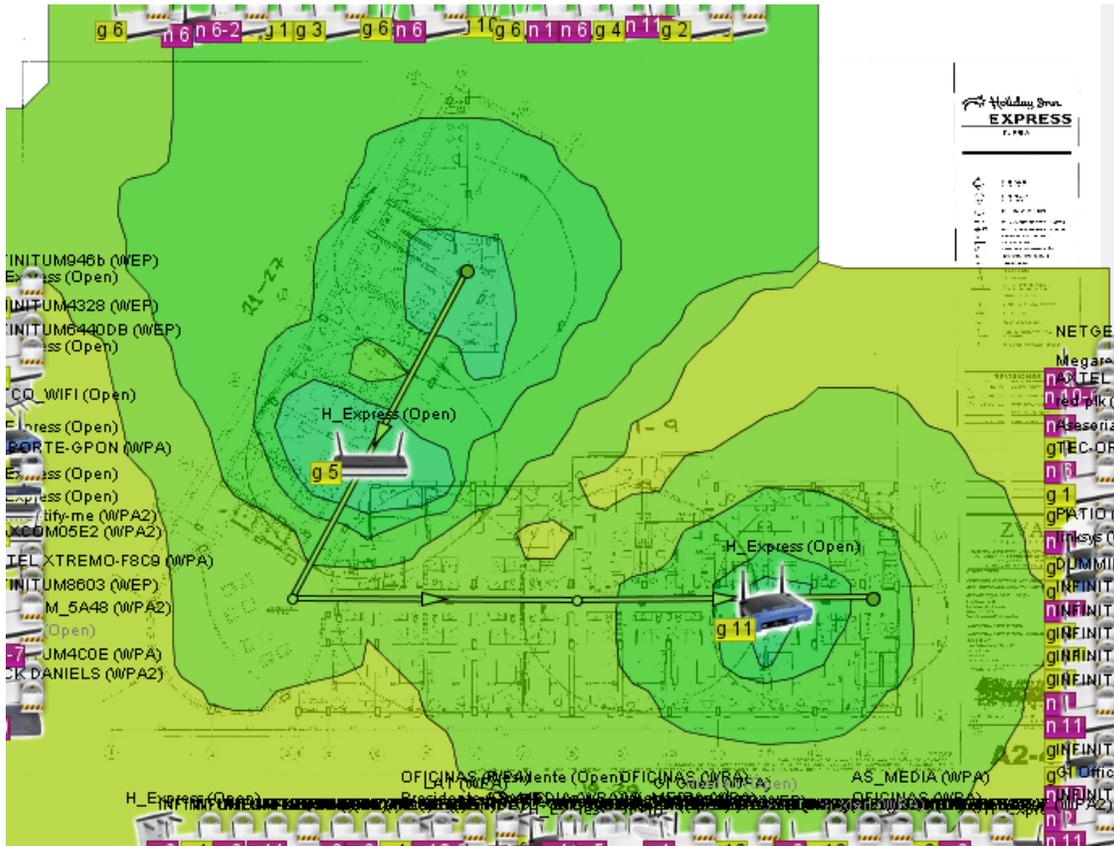


Figura 47. Cobertura de la red inalámbrica en sexto piso¹², Holiday Inn Express Puebla.

¹² A diferencia de los niveles anteriores, los pisos 5, 6 y 7 contaban con mejor cobertura debido a que tenían mayor número de puntos de acceso (figura 47), simulando la red con la misma distribución de los niveles anteriores se obtuvieron resultados similares, con cuatro puntos de acceso se alcanzaría la cobertura deseada (figura 48) pero agregando un quinto equipo y estableciendo potencias adecuadas, el servicio podría mejorar en algunas áreas.

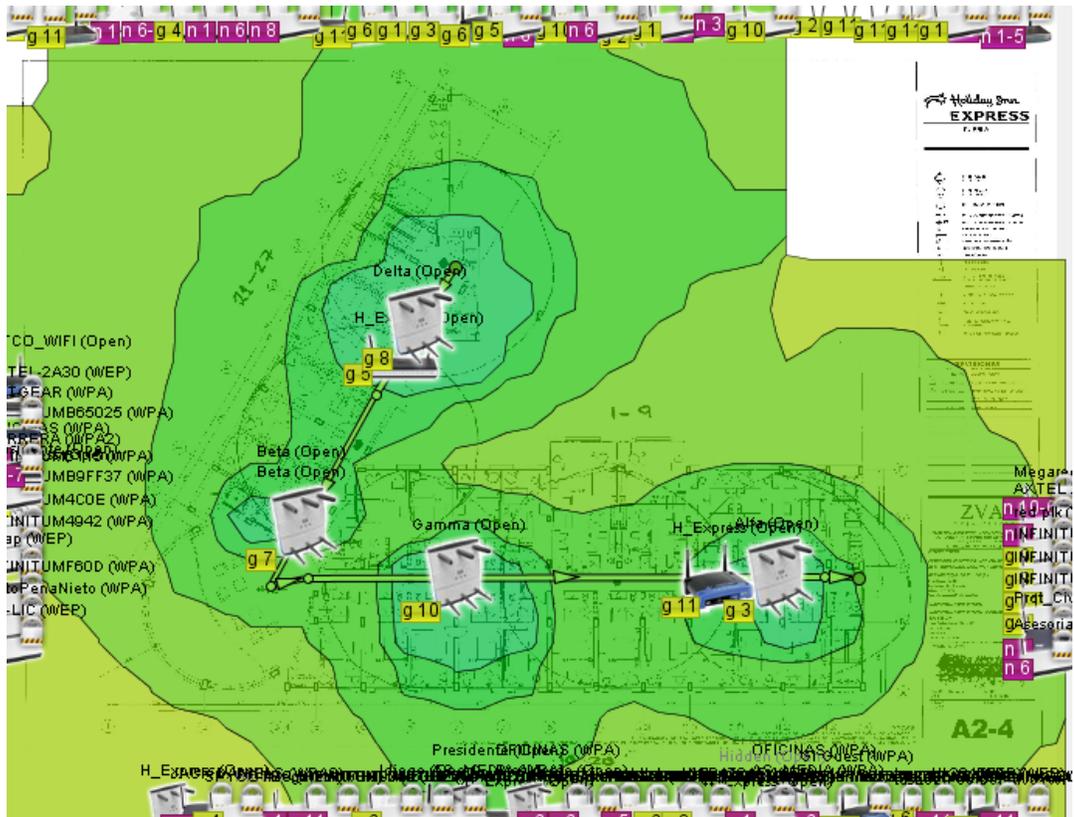


Figura 48. Cobertura alcanzada con cuatro puntos de acceso en sexto piso, Holiday Inn Express Puebla.

Nota: Personal del hotel comentó que algunas suites tienen hornos de microondas, esos dispositivos operan a una frecuencia de 2.45GHz, si están en operación generan interferencia en la banda de 2.4GHz y por ende pueden afectar eventualmente el servicio de Internet inalámbrico en áreas cercanas a donde se ubiquen.

6.3 Evaluación y análisis de datos.

Después de obtener mediciones y recopilar información en sitio se observó que en términos generales la banda de frecuencias de 2.4 GHz no se encuentra muy saturada en el hotel Holiday Inn Express Puebla, véase *figuras 49-52*. No obstante se simuló el funcionamiento de la misma migrando algunos puntos de acceso a canales con menor uso, para así poder observar su comportamiento y determinar un esquema de asignación de frecuencias adecuado. El método para determinar el mejor esquema consistió en probar múltiples combinaciones de canales hasta encontrar el menor traslape de frecuencias. Los resultados fueron muy similares a los obtenidos con canales predeterminados sin embargo teóricamente el ajuste realizado emplea frecuencias con menor uso y por ende, los puntos de acceso del hotel no compiten con otras redes por esa parte del espectro.

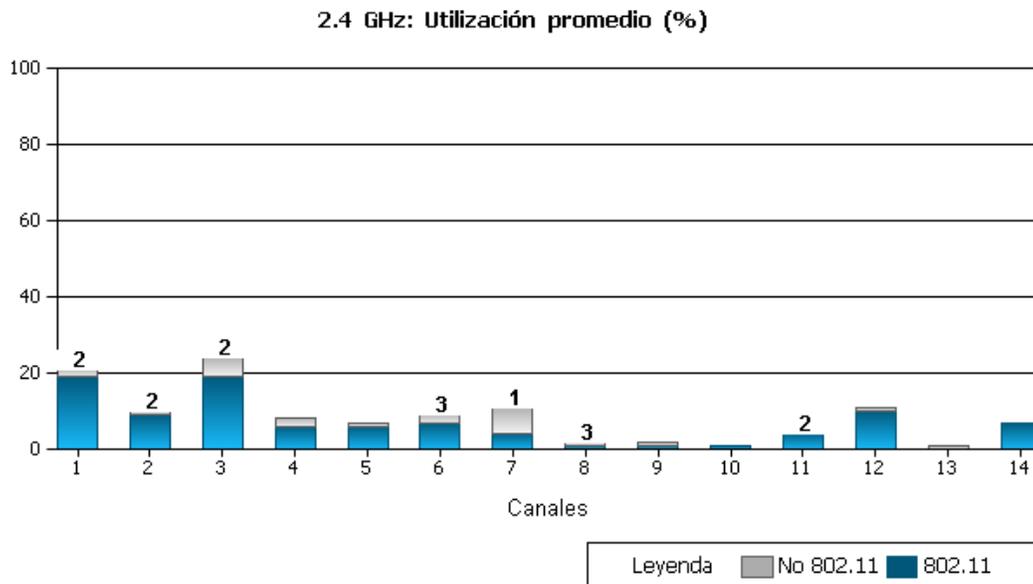


Figura 49. Distribución de canales en la banda de 2.4GHz detectados en planta baja.

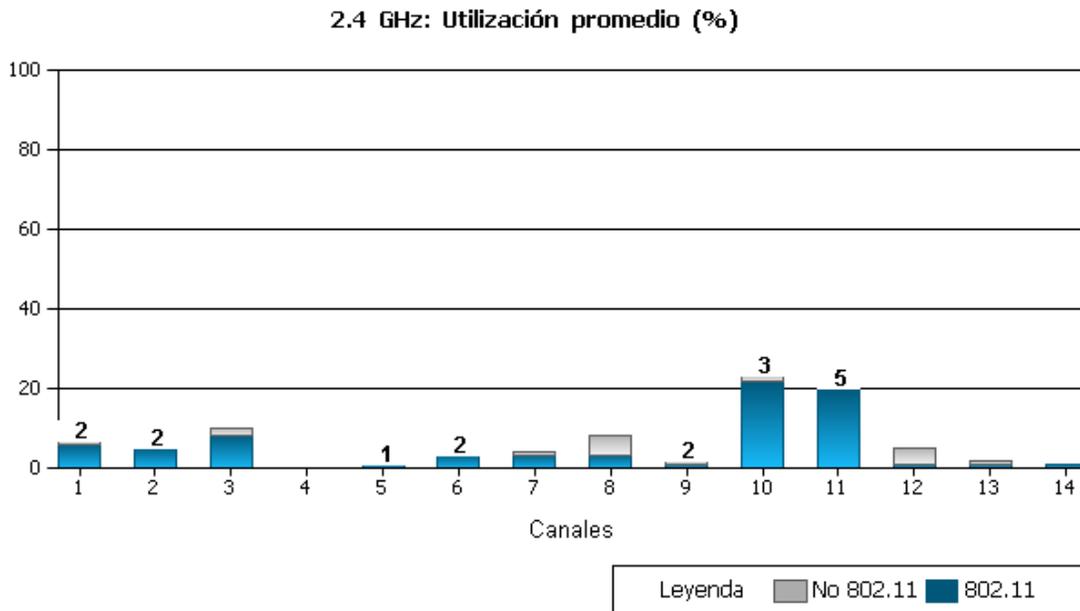


Figura 50. Distribución de canales en la banda de 2.4GHz detectados en Primer piso.

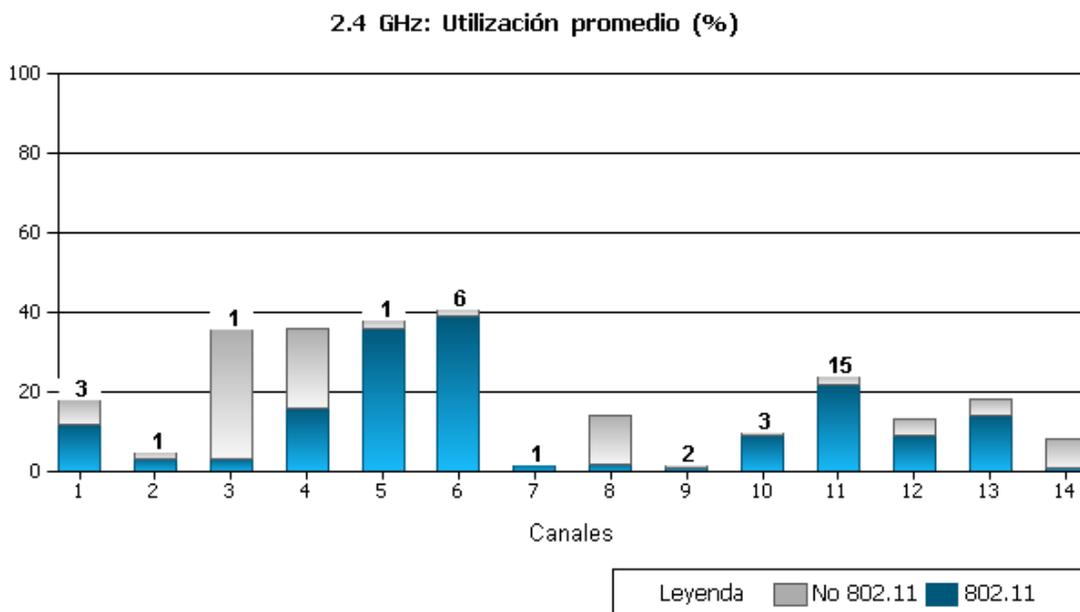


Figura 51. Distribución de canales en la banda de 2.4GHz detectados en cuarto piso.

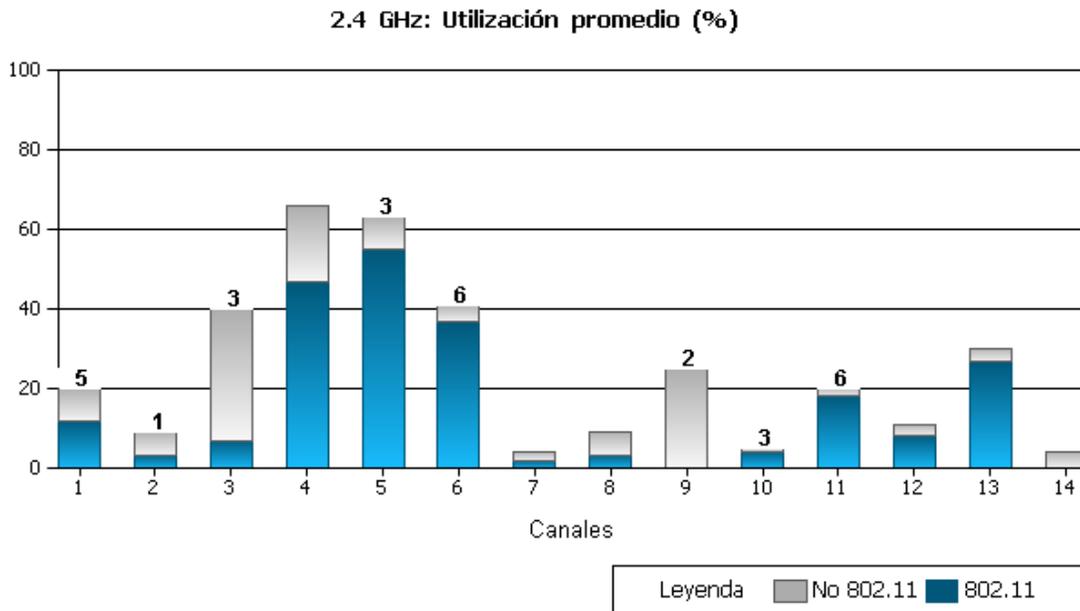


Figura 52. Distribución de canales en la banda de 2.4GHz detectados en sexto piso.

En las figuras 53 y 54, puede observarse más interferencia que en la prueba de simulación previa al estudio de sitio, esto es algo lógico considerando la influencia de redes cercanas al hotel y otras fuentes de interferencia.



Figura 53. Traslape de frecuencias (Overlapping).

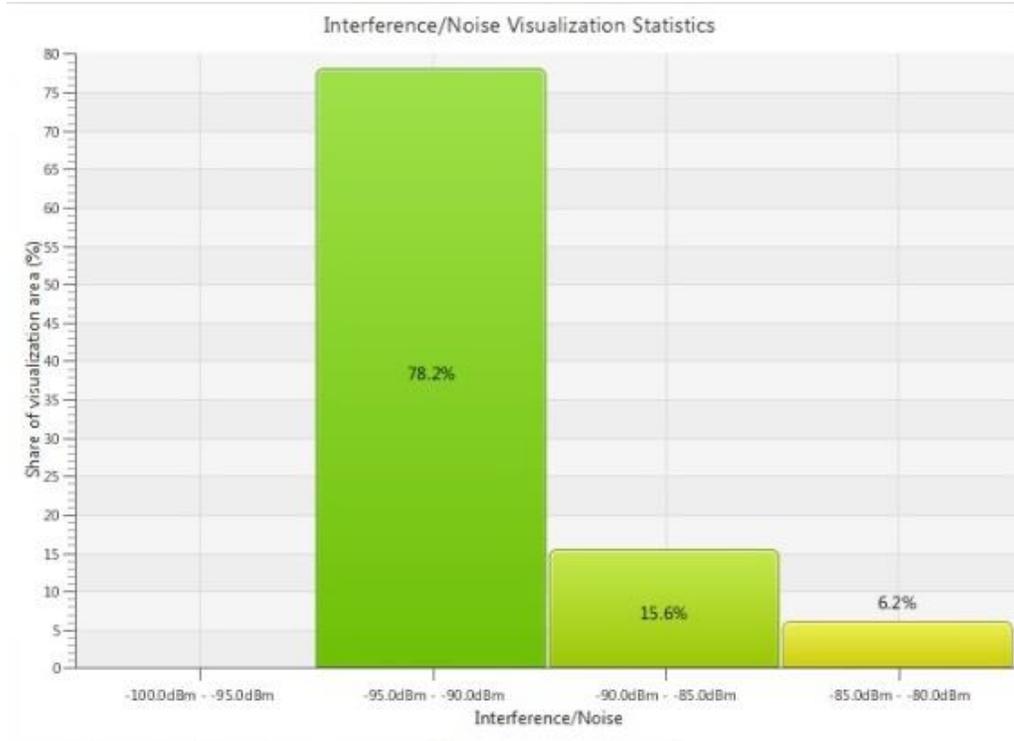


Figura 54. Traslape de frecuencias (Overlapping).



Figura 55. Relación señal a ruido (SNR).

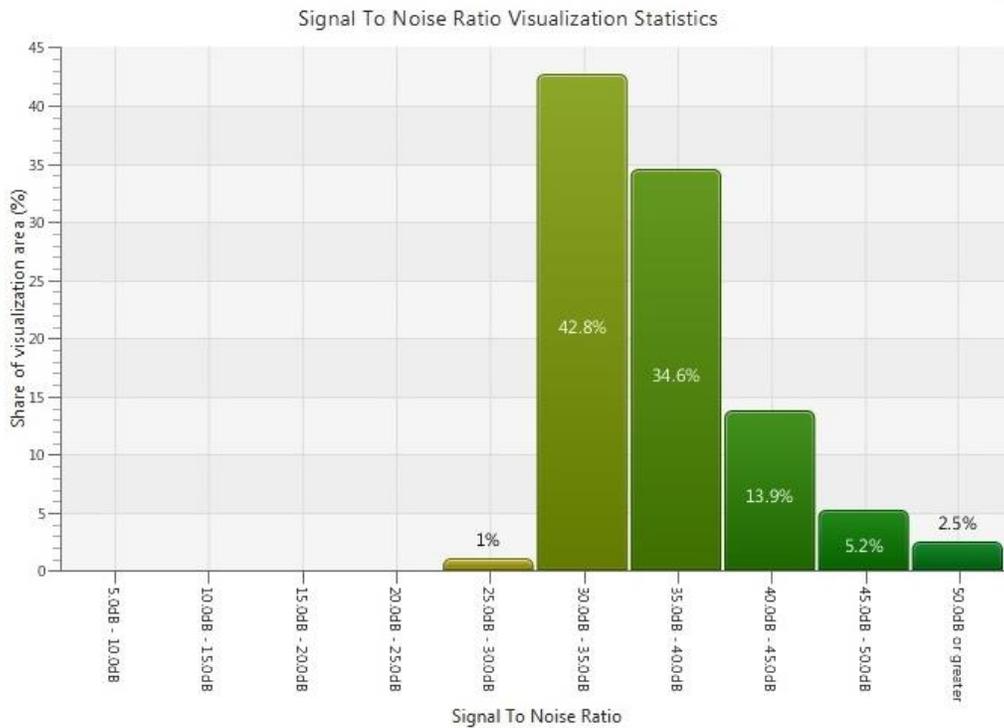


Figura 56. Relación señal a ruido (SNR).

Considerando algunas aproximaciones basadas en datos reales se obtuvo un panorama más cercano a lo que sería el funcionamiento real de la nueva red LAN inalámbrica del hotel con equipos Aironet 2600 y Aironet 3600 de la marca Cisco. A partir de las *figuras 55 y 56* se puede establecer que el diseño propuesto conserva una relación señal a ruido sana, así que a nivel de ubicación de los puntos de acceso y cobertura del servicio de red LAN inalámbrica, la propuesta de renovación cubre con las expectativas esperadas por el hotel Holiday Inn Express Puebla.

SSID: H_Express

Modo:	Infraestructura	Tipos de 802.11:	b,g
N° de PA:	12	Mejor intensidad de señal del PA:	-35dBm
Seguridad:	Sin seguridad		
Notas:	País inesperado desde el punto de acceso, Interferencia: superposición con los canales 1, 6, 11		

Figura 57. Lectura registrada en piso 6

Con base en los resultados obtenidos en el estudio de sitio se observa que la mayoría de los equipos de red LAN inalámbrica que utilizan el espectro radioeléctrico entorno al hotel Holiday Inn Express Puebla emplean los canales 1, 6 y 11 de la banda de 2.4GHz (*canales predeterminados en América*). Por tal motivo, según sea el caso, es recomendable migrar a intervalos de frecuencias más libres (*véase figura 58*).

Diagrama representativo de asignación de canales en la banda de 2.4 GHz.

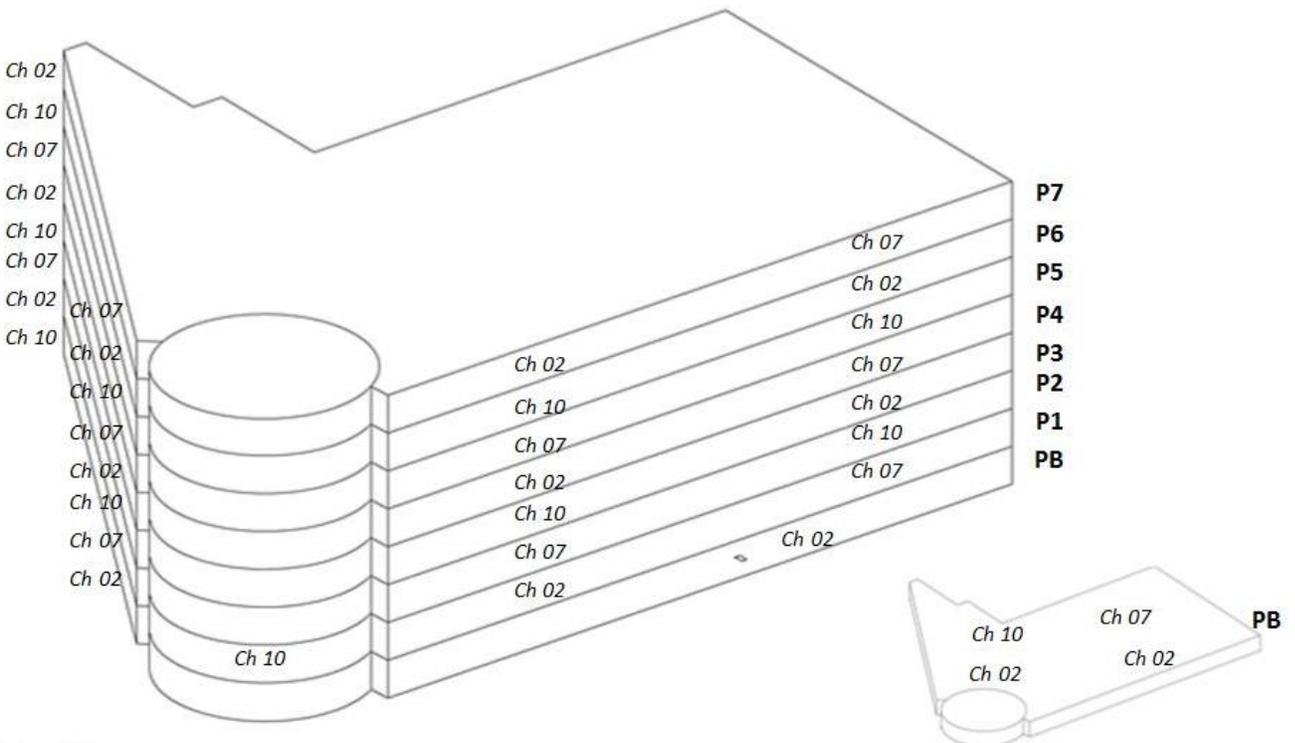


Figura 58. Asignación de canales en la banda de 2.4 GHz.

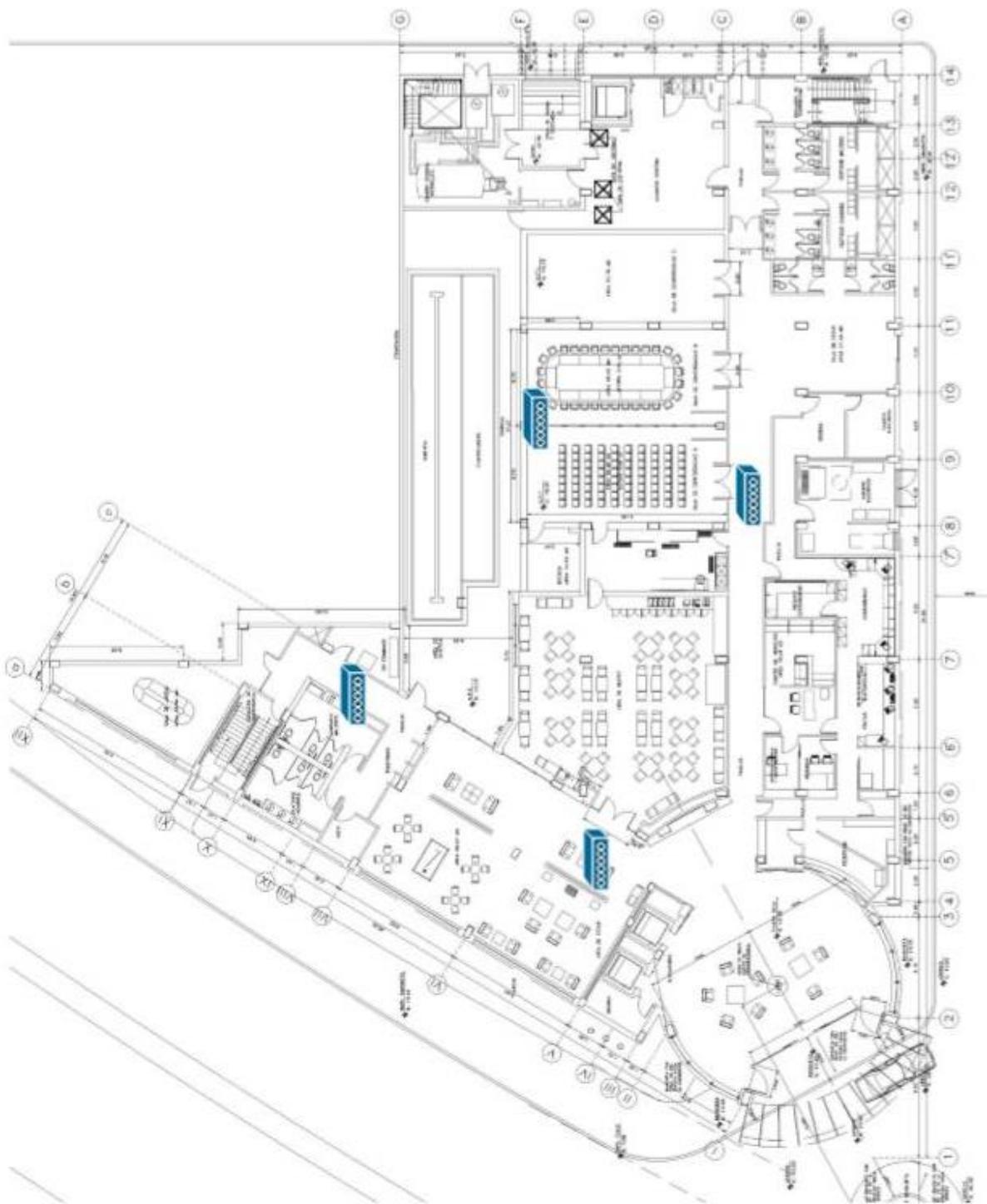


Figura 59. Plano de ubicación de puntos de acceso en planta baja.



Figura 60. Plano de ubicación de puntos de acceso en primer piso.

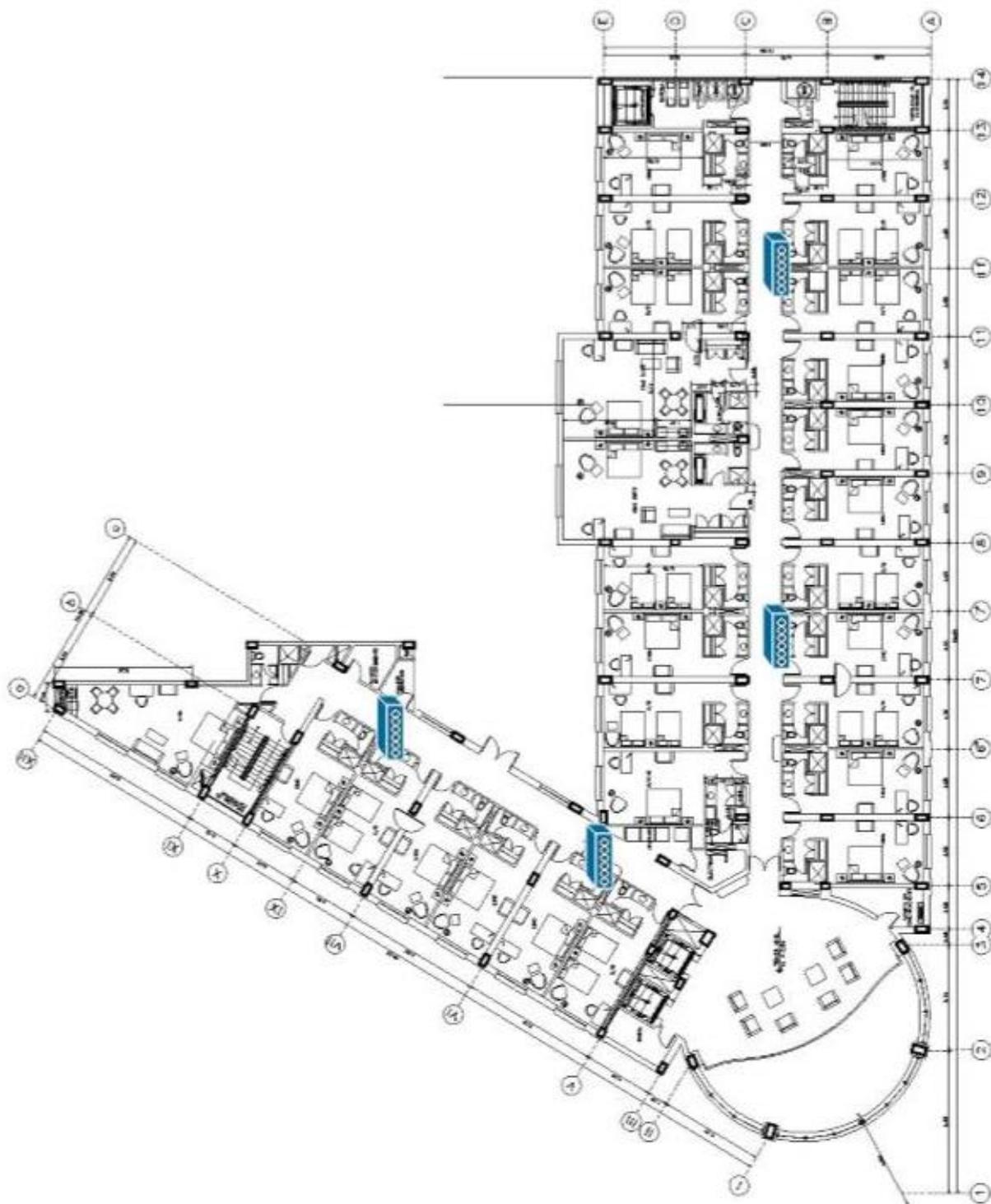


Figura 61. Plano de ubicación de puntos de acceso en segundo a séptimo piso.

En la *figura 57*, se puede observar que el hotel no explota la banda de 5 GHz (sólo emplea estándares que trabajan en la banda de 2.4 GHz 802.11b/g). Actualmente se están desarrollando diversas innovaciones para redes inalámbricas en esa banda de frecuencias (*clientes que operan en la mejor banda disponible, el estándar 802.11ac con mayores tasas de transmisión*), de ser posible es factible adquirir puntos de acceso duales (*puntos de acceso que operen en ambas bandas*). Los equipos Aironet 2600 y Aironet 3600 de la marca Cisco son puntos de acceso duales, en el tema de frecuencias de operación pueden ser una opción viable a considerar para este proyecto.

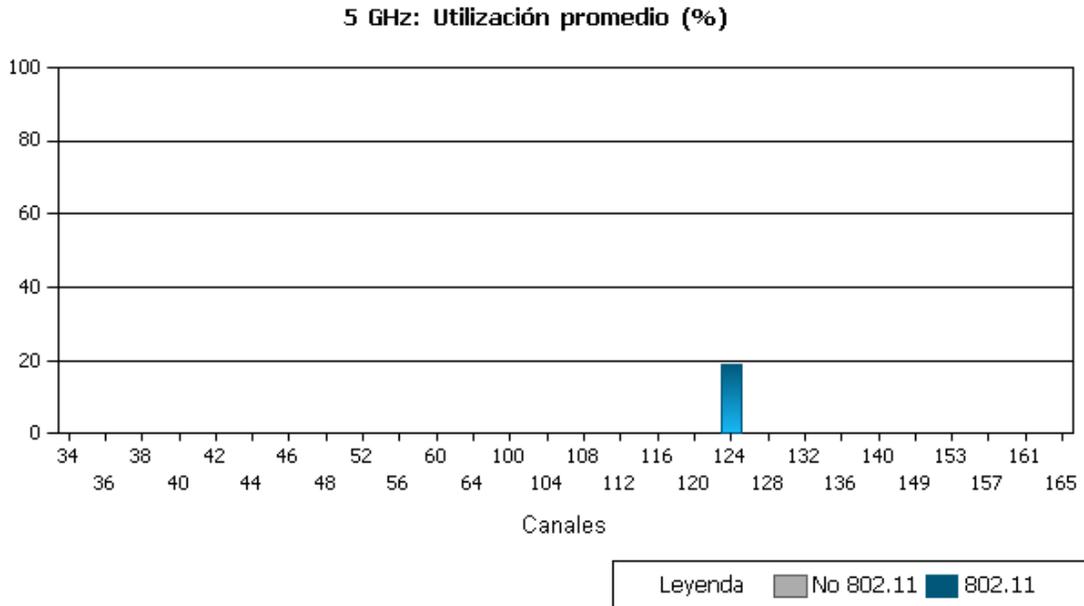


Figura 62. Distribución de canales en la banda de 5GHz detectados en planta baja.

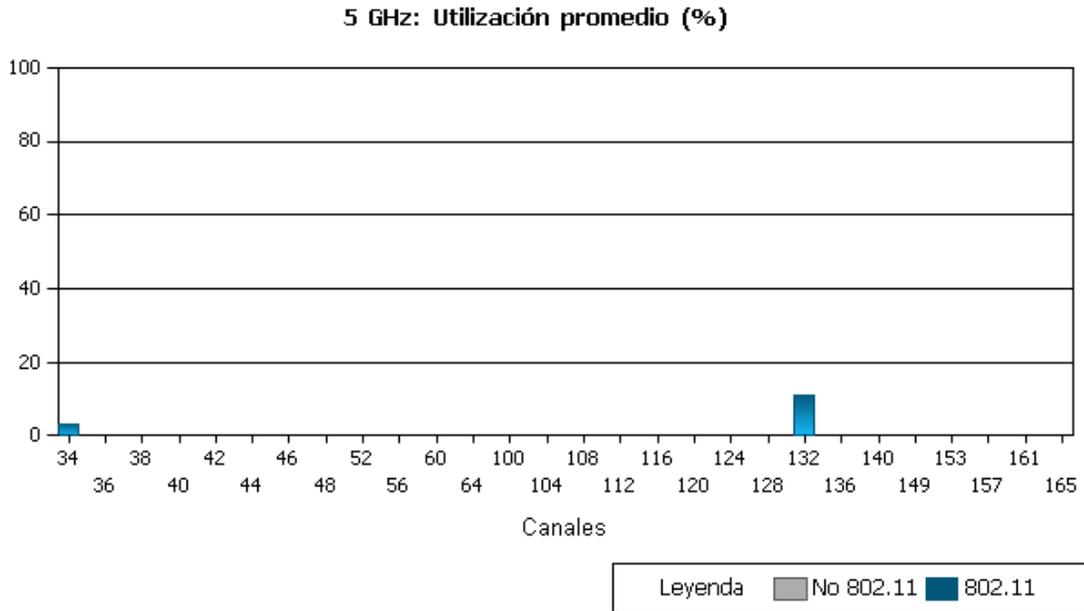


Figura 63. Distribución de canales en la banda de 5GHz detectados en cuarto piso.

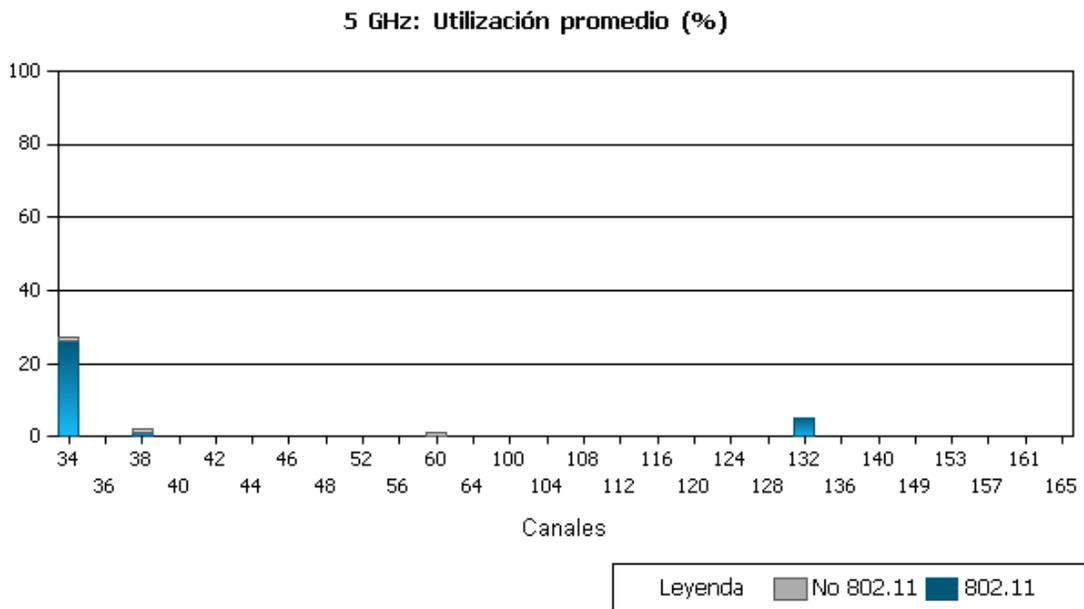


Figura 64. Distribución de canales en la banda de 5GHz detectados en sexto piso.

6.4 Propuesta

Después de hacer una evaluación completa, se puede concluir que los puntos de acceso Cisco Aironet 2600 y 3600 sugeridos por el integrador son adecuados para el proyecto de renovación de la red LAN inalámbrica.

A partir de los resultados obtenidos, necesidades de conectividad, y características del inmueble, se recomendó un esquema de red LAN inalámbrica conformado por al menos 33 puntos de acceso. Debido a sus características en un primer planteamiento se consideró sugerir exclusivamente los puntos de acceso Cisco Aironet 3600¹³ ya que son equipos más robustos, sin embargo con el objetivo de optimizar costos se presentaron a los involucrados dos alternativas que brindaran una red de calidad sin descuidar la parte económica, la primera de estas opciones son puntos de acceso Cisco Aironet 3600 para las áreas de mayor afluencia de huéspedes (*Comedor, Salones, oficinas, etcétera*) y Cisco Aironet

¹³ *Puntos de acceso propuestos por el integrador (Cisco Aironet 3600 y Cisco Aironet 2600). Previo al estudio de sitio se realizaron ejercicios de simulación de los equipos vía software y se revisaron sus hojas de especificaciones. También se comparó las características contra los equipos de prueba (Cisco AP1242) y a través de ello se observó que estos últimos son un modelo que actualmente fue reemplazado por el Cisco Aironet 1600. La diferencia principal entre los 1600, 2600 y 3600 es el número de antenas que posee cada equipo, a mayor cantidad de antenas el punto de acceso soporta más flujo de información. En términos generales las coberturas de los equipos son similares, así que en teoría deberían presentar comportamientos muy parecidos a los estudiados, sin embargo es común que en la práctica ocurran algunas variaciones en los resultados.*

2600¹⁴ para la cobertura en habitaciones. La segunda opción, más completa que la primera, es intercalar ambos modelos de puntos de acceso (*16 Aironet 3600 y 17 Aironet 2600*) para fortalecer el desempeño de la red en el área de habitaciones. Tomando en cuenta la relación costo-beneficio, integrador y hotel optaron por la segunda propuesta.

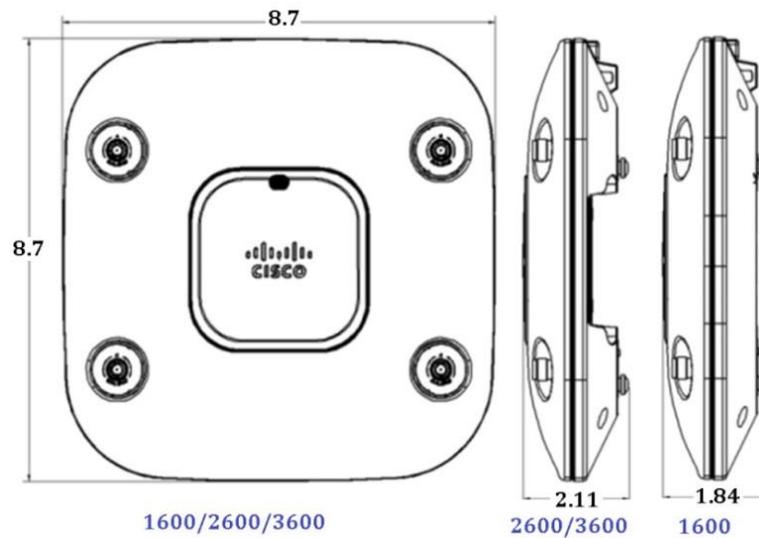


Figura 65. Punto de acceso Aironet 1600/2600/3600

De acuerdo a la cantidad de puntos de acceso estimados para el proyecto, así como también con el propósito de proveer practicidad en la operación y administración de la red LAN inalámbrica del hotel Holiday Inn Express Puebla, se propuso una solución centralizada basada en una controladora de red inalámbrica

¹⁴ Ídem

(*Wireless LAN Controller*)¹⁵ y puntos de acceso ligeros (*Light Access Points*)¹⁶, figura 66.

Una controladora de red LAN inalámbrica se elige en relación al número de puntos de acceso que va administrar. Dado que el proyecto contempla un número de equipos mayor a 25 y menor 50, la mejor opción es una controladora AIR-CT2504-50-K9 de la familia 2500 de Cisco.

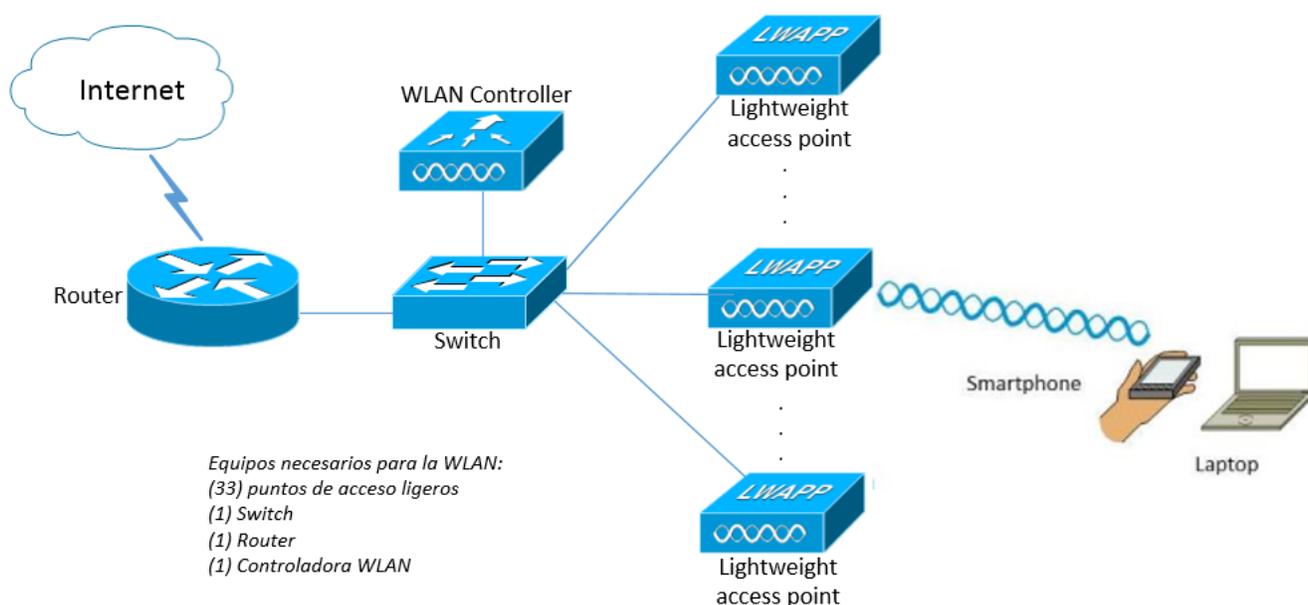


Figura 66. Diagrama representativo de la WLAN del hotel Holiday Inn Express Puebla.

Los puntos de acceso recomendados traen integrada tecnología Power over Ethernet (PoE)¹⁷, así que para simplificar el suministro eléctrico se sugiere un

¹⁵ *Wireless LAN Controller*: A través de configuración web se encarga de administrar las comunicaciones entre los puntos de acceso. Este tipo de solución puede detectar traslape de canales y determinar la acción de disminuir la potencia de transmisión de un AP.

¹⁶ *Puntos de acceso*: Su tarea consiste en el envío de beacons, monitoreo de los canales y detección de otros puntos de acceso, transmisión de tramas desde los clientes hacia el WLC (*Wireless LAN Controller*), y administración de RTS/RTC.

switch con PoE de 48 puertos que además de interconectar los equipos brindaría la energía necesaria para su operación.

Para fines de administración en la red del hotel, es altamente recomendable que cada servicio tenga su propia VLAN (*VLAN VoIP, VLAN datos, VLAN Wireless, etc.*). Es así que los equipos de red LAN inalámbrica deberán estar configurados dentro su respectiva VLAN.

Además de un SSID en la LAN inalámbrica, también es importante asignar una nomenclatura a los puntos de acceso, preferentemente se recomienda hacer referencia a su ubicación (*ejemplo: AP-Piso1_A*), ya que en caso de falla, el nombre ayudará a encontrar de manera más eficaz el equipo en cuestión.

¹⁷ *Power over Ethernet (PoE), es una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura LAN estándar a través de Ethernet.*

7. Participación profesional

Roland Consulting de México (RCM) es una empresa nacional que ofrece servicios de ingeniería y consultoría en tecnologías de la información y comunicaciones. Tradicionalmente la *competencia distintiva*¹⁸ (en inglés *Core business*) de la empresa han sido las redes de datos, especialmente lo relacionado con *routing and switching*, sin embargo también existe un desarrollo importante en temas de redes inalámbricas, telefonía IP y seguridad en redes.

Dentro de mis actividades principales en la empresa se encuentran la consultoría, diseño e implementación de soluciones, configuración de equipos, soporte a redes, revisión y elaboración de documentación técnica (*análisis de requerimientos, propuestas, diagramas de red, memorias, etc.*) y atención a clientes.

En temas de consultoría mi labor es ofrecer soluciones acordes a las necesidades del cliente, en caso de tratarse de redes existentes planteo oportunidades de mejora y busco la manera de optimizar sus recursos. También colaboro con el área comercial a través del diseño de soluciones y elaboración de propuestas técnicas. Así mismo, me encargo de la elaboración de las memorias técnicas,

¹⁸ Una competencia distintiva, también llamada competencia básica, competencia esencial, o competencia clave o también "Giro del negocio" y conocida en inglés por *Core Business* o *Core Competent*, se refiere en gestión empresarial, a aquella actividad capaz de generar valor y que resulta necesaria para establecer una ventaja competitiva beneficiosa para la organización. (Bueno Campos, 1996)

diagramas de red o cualquier otro documento que dependa del departamento de ingeniería.

Cuando se trata de algún proyecto nuevo participo en la etapa de implementación mediante la configuración de equipos (*típicamente switches, routers y puntos de acceso*) y algunos servicios integrados a la red de comunicaciones (*servidores, sistema de video vigilancia, control de acceso, etc.*).

En referencia al soporte a redes mi labor consiste en brindar mantenimiento a redes, detectar fallas y de ser posible corregirlas. Algunos clientes de RCM cuentan con póliza de servicios, en estos casos se realizan controles de cambio, inventario de equipos, monitoreo y desde luego soporte remoto o en sitio. De manera paralela, tengo a mi cargo la administración local de los servicios de red y TI de la sede en México de la empresa farmacéutica Italiana Alfa Wassermann.

En la filosofía de trabajo de la empresa existe la idea de buscar reinventarse continuamente con la mejora de servicios y la incursión en nuevas actividades. Cabe destacar que a pesar de que la empresa tiene la capacidad técnica y los recursos suficientes para realizar estudios de sitio para redes LAN inalámbricas, no había una metodología formal para realizar este tipo de actividades. A partir de mi incorporación a la empresa elaboré un plan de desarrollo para este tipo de estudios y recomendé la adquisición de herramientas que previamente evalué y me parecieron adecuadas para realizar trabajos de planeación y diseño de redes.

Previo a participar en el proyecto de renovación de la red LAN inalámbrica del Hotel Holiday Inn Express Puebla, Roland Consulting de México, empresa donde desarrollo labores de ingeniería de redes desde Junio de 2013, se ha encargado de mi desarrollo constante, incluyéndome en capacitaciones, talleres, cursos y diversos eventos con fabricantes y distribuidores de las marcas de equipo de telecomunicaciones más destacadas en la industria de redes. Para el desarrollo de este trabajo me fue de gran utilidad un curso-taller que impartió *Fluke Networks* (fabricante de soluciones para la instalación, certificación y análisis de las redes) acerca de la planeación, diseño y diagnóstico de fallas en redes LAN inalámbricas.

Referente al proyecto, mi papel fue de consultor técnico. Me encargué de realizar la planeación de la nueva red inalámbrica del hotel con los recursos que me propusiera el integrador tecnológico del mismo, estuve en la Ciudad de Puebla desarrollando un análisis de sitio y con base en los resultados obtenidos, determiné la ubicación, áreas de cobertura y cantidad de puntos de acceso necesarios para cubrir con las necesidades de la red inalámbrica del Hotel Holiday Inn Express Puebla, así mismo elaboré un esquema de asignación de frecuencias en las bandas de 2.4GHz y 5GHz, y emití algunas recomendaciones entorno a la administración de la red.

Roland Consulting de México está asociado con la empresa Cisco Systems así que por razones comerciales desarrollé la propuesta con productos de esa marca. Los modelos de los equipos fueron sugeridos por el integrador con base en una revisión técnica previa y asesoría comercial de RCM. Por las características de este proyecto, no estuvo dentro mis alcances determinar la marca y modelos a

utilizar, sin embargo si fue mi responsabilidad evaluar que los equipos propuestos cumplieran con las características necesarias para implementar de manera satisfactoria la nueva red inalámbrica del hotel. En ese sentido, decidí realizar un ejercicio de simulación vía software y configurar algunos puntos de acceso con características similares a los equipos evaluados para realizar algunas pruebas en sitio.

Mi participación en el proyecto de renovación de la red LAN inalámbrica del Hotel Holiday Inn Express Puebla fue un factor importante para el desarrollo del mismo, ya que debido a mi análisis de sitio y recomendaciones generales para la red, el hotel cuenta hoy en día con acceso inalámbrico a internet de calidad que brinda conectividad y movilidad para sus usuarios.

En lo personal, me siento afortunado por haber tenido la oportunidad de colaborar activamente en este proyecto puesto que en él apliqué gran parte del conocimiento adquirido a lo largo de mi formación universitaria en algo tangible, y con ello pueden verse reflejados los años que pasé dentro de las aulas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

8. Conclusiones

El proyecto de renovación de la red LAN inalámbrica del hotel Holiday Inn Express Puebla surgió ante las necesidades actuales de conectividad a Internet de los huéspedes en prácticamente cualquier ubicación del inmueble. Como se puede apreciar en este reporte, las redes inalámbricas brindan movilidad, accesibilidad y escalabilidad. Su implementación es relativamente sencilla y muchas veces son una buena alternativa en sitios donde tener una red cableada es complicado por diversos factores.

La implementación de una red LAN inalámbrica debe garantizar parámetros y condiciones que hagan de la red una vía eficiente para la transmisión de información, por tal motivo, el diseño de una LAN inalámbrica requiere de la planeación integral de cada uno de los requerimientos del proyecto, es importante definir cuáles serán los servicios que brindará, las áreas de cobertura, la integración con la red cableada, seguridad, rendimiento, etcétera. Para llevar a cabo esa tarea es necesario realizar un estudio de sitio detallado del lugar donde operará la red. El estudio de sitio de una LAN inalámbrica es un procedimiento previo a la instalación de una red inalámbrica. Su objetivo principal es determinar el lugar óptimo para la instalación de los puntos de acceso y detectar las zonas con más ruido o sin cobertura.

Actualmente la nueva red inalámbrica del hotel opera con normalidad cumpliendo con las expectativas del cliente. Su instalación y configuración está basada en el diseño propuesto y como puede notarse a partir de los resultados, un diseño debidamente planeado a partir de un estudio de sitio conlleva a obtener redes de óptimo desempeño que después su instalación no requieren cambios sustanciales ni gastos adicionales.

9. Referencias consultadas

- Bueno Campos, E. (1996). *Organización de empresas. Estructura, procesos y modelos*. Madrid: Pirámide.
- Camára de Diputados. (16 de Enero de 2013). *Ley Federal de Telecomunicaciones*. Recuperado en Enero de 2014, de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/118.pdf>
- CIENTEC. (s.f.). *MIMO: Wireless Más Inteligente*. Recuperado en Enero de 2014, de <http://www.cientec.com/analisis/ana-mimo.html>
- Cisco. (2010). *Red LAN inalámbrica*. Recuperado en Enero de 2014, de http://www.cisco.com/web/LA/soluciones/la/wireless_lan/index.html
- Comisión Federal de Telecomunicaciones. (2009). *Cuadro nacional de atribución de frecuencias*. Recuperado en Enero de 2014, de http://www.cft.gob.mx:8080/portal/wp-content/uploads/2012/04/CNAF-2009_2.pdf
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (1 de Enero de 1991). *IEEE Project 802*. Recuperado en Enero de 2014, de http://www.ieee802.org/802_archive/fureq6-8.html
- Luque, J. (s.f.). *Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico*. Recuperado en Enero de 2014, de http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf
- Ramos, F. (2008). *Radiocomunicaciones*. Alfaomega-Marcombo.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (13 de Marzo de 2006). *ACUERDO por el que se establece la política para servicios de banda ancha y otras aplicaciones en las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico 902 a 928 MHz; 2,400 a 2,483.5 MHz; 3,600 a 3.700 MHz; 5,150 a 5,250 MHz; 5,250 a 5,350 MHz; 5,470 a 5,.* Recuperado en Enero de 2014, de http://www.sct.gob.mx/fileadmin/_migrated/content_uploads/108_Acuerdo_por_el_que_se_establece_la_politica_para_serv_de_banda_ancha_y_otras_aplicaciones_01.pdf
- Tanenbaum , A., & Wetherall, D. (2012). *Redes de computadoras, 5 edición*. Pearson.
- Torres, R. M. (2005). *Sociedad de la información / Sociedad del conocimiento*. Recuperado en Enero de 2014, de http://www.vecam.org/edm/article.php3?id_article=94

10. Anexo

Software

Ekahau Wi-Fi Design <http://www.ekahau.com/wifidesign>

Ekahau Heatmapper <http://www.ekahau.com/wifidesign/ekahau-heatmapper>

Fluke Networks Aircheck Manager

Hojas de especificaciones

AirCheck-Wi-Fi-Tester

<http://es.flukenetworks.com/enterprise-network/network-testing/AirCheck-Wi-Fi-Tester>

Cisco Aironet 2.4-GHz Dipole Antenna (AIR-ANT2422DG-R)

<http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/antenna/installation/guide/an2422dg.html#wp35186>

Cisco Aironet 3.5-dBi Dipole Antenna (AIR-ANT5135DG-R)

<http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/antenna/installation/guide/an5135dg.html>

Cisco Aironet 1240AG

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5678/ps6521/product_data_sheet0900aecd8031c844.html

Cisco Aironet 2600 Series Access

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5678/ps12534/data_sheet_c78-709514.html

Cisco Aironet 3600 Series Access

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5678/ps11983/data_sheet_c78-686782.pdf

Cisco 2500 Series Wireless Controllers

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps6302/ps8322/ps11630/data_sheet_c78-645111.html