

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

**INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL**

**TEMA:**

**“ESTUDIO PARA DESPLIEGUE DE REDES INALÁMBRICAS -WIRELESS EN EDIFICIOS  
COMERCIALES, BASADO EN PARÁMETROS DE RENDIMIENTO, VELOCIDAD Y COBERTURA -  
CASO DE ESTUDIO INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR”**

***JACQUELINNE ELIZABETH HUILCAMAIGUA QUISHPE***

**Quito – 2016**

## AUTORÍA

Yo, Jacquelinne Elizabeth Huilcamaigua Quishpe, portador de la cédula de ciudadanía No.1715180814, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad de la autora, y que he respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

---

Jacquelinne Elizabeth Huilcamaigua Quishpe

## Contenido

1. Introducción .....	4
2. Justificación .....	6
3. Antecedentes .....	8
4. Objetivos .....	10
5. Desarrollo Caso de Estudio .....	11
6. Conclusiones y Recomendaciones .....	51
Bibliografía .....	55
Anexos:.....	60
Anexo 1 .....	60

## 1. Introducción

En los años 90 la tendencia de uso de los recursos de red o acceso a Internet era a través de las redes cableadas, pero la movilidad y flexibilidad que ofrecen las redes inalámbricas fue la principal razón para que se dé inicio a la proliferación de las redes inalámbricas.

(Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2013) manifiesta que en el año 2010 según cifras del INEC solo el 7.6% de la población del Ecuador accedía al Internet a través de la red inalámbrica. El número de usuarios, la cantidad de bits a transmitir a través de dispositivos inalámbricos era muy limitada, razón por la cual no era necesario detenerse y pensar en un diseño de redes inalámbricas o mucho menos una planificación que nos permita determinar coberturas, potencias, intensidad de la señal, velocidad, etc.

En el 2013 según cifras del INEC, el 31,4% de la población tenía acceso al internet a través de redes inalámbricas. Las estadísticas muestran que cada vez están siendo más utilizadas este tipo de redes ya que permiten a los usuarios movilidad, mayor cobertura y tasas de transferencia de datos, voz y video cada vez mejores, lo que hace que los usuarios prefieran hacer uso de ella, lo cual evita la instalación de cableado estructurado, reduciendo de esta forma costos de implantación.

En el mercado actual ya existen cámaras y teléfonos inalámbricos que demandan mayores velocidades y ancho de banda, esto se vuelve un reto para los fabricantes de equipos y pronto se convertirá en una realidad para los usuarios.

Hoy en día, al volverse más común el uso de las redes inalámbricas se hace necesario hacer un análisis de la infraestructura civil, número de usuarios por espacio físico, equipos que puedan causar interferencia en el ambiente; adicional a estos parámetros se debe, investigar qué canales están siendo utilizados, si hay o no saturación en las bandas de 2.4Ghz y de 5Ghz, poner énfasis en la seguridad de las redes, ya que a través de ellas se pueden filtrar información. Si se toma en cuenta cada uno de estos parámetros el despliegue de una red inalámbrica va a ser óptimo y eficaz alcanzando unos excelentes niveles de velocidad, calidad y seguridad de red y con ello dando al usuario satisfacción al momento de usar la misma.

Hay que tomar en cuenta que no solo se trata de colocar uno o varios equipos inalámbricos y empezar a utilizar el servicio, sino que es necesario realizar un estudio que permita analizar todas las aristas mencionadas.

La tendencia de las redes inalámbricas hoy en día es traer su propio dispositivo (BYOD) a las redes empresariales, por lo que se hace necesario un modelamiento para despliegue de redes inalámbricas en edificios comerciales, basado en parámetros de rendimiento, velocidad y cobertura.

## 2. Justificación

El presente trabajo está enfocado en buscar un diseño que plantee una solución técnica de red inalámbrica para el INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR que permita garantizar la eficiencia de la red y reducir costes en la fase de implementación.

Mediante Decreto Ejecutivo No. 163 del 11 de abril de 1928, se creó el Servicio Geográfico Militar como un Departamento adscrito al Estado Mayor del Ejército. En 1947 durante el período de la Presidencia del Dr. José María Velasco Ibarra fue elevado a la categoría de Instituto. El IGM, durante sus primeras décadas de vida funcionó en una casa de la calle Ambato, en el Centro Histórico de la ciudad de Quito, hasta que se construyó su actual sede de estilo racionalista en la cumbre de una de las colinas orientales de la urbe, en el sector conocido como El Dorado, a la que posteriormente se sumó un moderno planetario. La construcción fue hecha con materiales muy resistentes, el espesor de las paredes muy gruesas, factores importantes que hay que analizarlos para encontrar la mejor solución técnica que se acople a las necesidades actuales.

Por otro lado, las redes inalámbricas en hogares y empresas que están alrededor del Instituto Geográfico Militar han crecido, por lo tanto, es necesario realizar un análisis del espectro, ya que esto al momento del diseño puede ser un factor influyente para los equipos que se deben instalar.

El IGM requiere un levantamiento en sitio, de ésta forma conocer la parte física, determinar el tipo de construcción, determinar áreas a cubrir, áreas que son críticas en cuanto a transmisión de tráfico y de esta forma tener un enfoque claro y generar documentación que permita desarrollar un diseño óptimo que se ajuste a las necesidades tanto técnicas como económicas y que permita asegurar que cuando se haga el despliegue de la red, exista una excelente velocidad en la transmisión de datos, una excelente cobertura en todos los puntos.

Lo ideal para el Instituto Geográfico Militar es propiciar un ambiente de satisfacción del uso de la red inalámbrica a los usuarios, por ello hay que tomar en cuenta varios factores que puedan afectar al buen funcionamiento de la red entre ellos podemos mencionar: velocidad en la transmisión de datos, cobertura y potencia de señal.

En las redes inalámbricas la propagación de la señal en cada lugar puede ser diferente ya sea por paredes o algún tipo de obstáculo o por otros equipos que puedan estar colocados

en el sitio o cerca al lugar donde se va a desplegar la solución, por ello es de gran importancia contar con un estudio previo para el despliegue de redes inalámbricas que minimice los costes en la instalación y puesta en marcha del diseño.

Las interferencias en la WLAN es un tema que debe ser analizado a profundidad dado el crecimiento de las redes inalámbricas, las interferencias generadas por los microondas, teléfonos inalámbricos, dispositivos Bluetooth que operan en la banda de 2,4 GHz y de otros puntos de acceso (APs).

### 3. Antecedentes

Hasta hace pocos años las redes cableadas tenían el 100% de penetración en las redes LAN, con el paso del tiempo han ido ganando mercado las redes inalámbricas, gracias a las facilidades que brindan en cuanto a movilidad, flexibilidad y ahorro de tiempo en el despliegue de las mismas, pero estos factores no son suficientes a la hora de evaluar la satisfacción de un usuario que utiliza esta opción.

En una red inalámbrica los datos son transmitidos a través del aire usando bandas de frecuencia que no requieren licencia para operar y en muchas ocasiones es la misma que la usan los teléfonos inalámbricos, microondas y otros dispositivos, esto lleva a que los usuarios de estas redes sufran problemas de interferencia, Dado el gran número de dispositivos trabajando en estas bandas el espectro se satura y genera problemas de lentitud en la transferencia de datos, pérdidas de conexión a la red, intermitencias en la transmisión de datos; para dar solución a estos problemas los fabricantes han visto la posibilidad de trabajar en otras frecuencias que no estén tan saturadas, pero son muy pocos los que lo hacen porque todavía existe una gran limitante que es la compatibilidad con muchos de los equipos que existen ya sean routers, tabletas, Smartphone, laptops, muchos de estos dispositivos aún no soportan trabajar en estas frecuencias, esto conlleva a poner más atención a la hora de diseñar y colocar equipos inalámbricos. Existen otros factores que antes no eran valorados pero que son muy necesarios al momento de pensar en implantar una red inalámbrica y esto es ir más allá de la parte técnica es hacer un levantamiento de información que nos permita tener una visión más clara del ambiente en el cual va a ser desplegada la solución.

Hoy en día instituciones y organizaciones implementan una red inalámbrica, sin hacer una evaluación previa de las instalaciones, material de construcción, altura entre pisos, cantidad de áreas a cubrir, cantidad de sucursales, cantidad de usuarios por equipo, tipo de tráfico que se va a transmitir, no se realiza un análisis previo del espectro, o no se determina si existen equipos que puedan ocasionar interferencias y una vez implementada y operativa la red surgen varias problemáticas entre ellas señal débil en ciertas áreas, problemas a la hora de conexión de usuarios desde sus diferentes equipos inalámbricos, de allí nacen las preguntas: ¿ están bien ubicados los equipos, son suficientes los APs que están colocados, estará saturado el canal en el cual está configurado el equipo, habrá algún tipo de interferencia?, todas y cada una de estas

preguntas que se hace un técnico en TI son válidas pero estas son preguntas que debieron hacerse antes de llevar a cabo una implementación, una vez la red en producción el análisis puede resultar mucho más costoso en tiempo y dinero que haberlo hecho antes del despliegue.

Por ello es importante analizar todas las variables que están inmersas previa a la implantación de una red inalámbrica y poner cuidado en cada una de ellas, ya que cada una cumple su papel a la hora de diseñar e implementar una red inalámbrica.

## 4. Objetivos

### **Objetivo General:**

- Diseñar una propuesta técnica para despliegue de redes inalámbricas en edificios comerciales en base a la evaluación del sitio tomando como caso de estudio el “INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR”

### **Objetivos Específicos:**

- Investigar e identificar variables técnicas, características, funcionalidades, ventajas y desventajas que permitan realizar un estudio de sitio para planificar el despliegue de redes inalámbricas.
- Analizar y evaluar las variables para despliegue de redes inalámbricas; material de construcción, altura entre pisos, cantidad de áreas a cubrir, cantidad de usuarios, tipo de tráfico que se va a transmitir, espectro e interferencias en las instalaciones del “INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR” mediante el uso de herramientas de software y hardware.
- Diseñar y plantear una solución técnica de redes inalámbricas acorde a los parámetros analizados en el edificio del “INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR”
- Determinar la factibilidad económica y técnica del diseño para ser aplicada en el edificio del “INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR”

## 5. Desarrollo Caso de Estudio

### 5.1. Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas permiten la comunicación entre uno o más nodos sin necesidad de un medio de conexión física, la misma se da a través del aire por medio de ondas electromagnéticas que viajan a través de bandas de frecuencia.

“Una red de área local (LAN) inalámbrica permite conectar sus computadoras sin cables. Una red inalámbrica lo facilita mediante ondas de radio que permiten que los dispositivos móviles de un área determinada se conecten y comuniquen entre sí. Las redes LAN inalámbricas permiten a una empresa llevar el acceso a la red hasta las áreas difíciles de conectar a una red cableada. Los empleados que utilizan LAN inalámbrica pueden desplazarse por la oficina o por diferentes plantas sin perder la conexión.” (Cisco, 1992).

(IEEE STANDARDS ASSOCIATION, 2012), manifiesta que, en el año 1997, el IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) dió a conocer las especificaciones de 802.11, las cuales:

- Definen las especificaciones para Control de Acceso al Medio- Medium Access Control (MAC) y la capa física -Physical Layer (PHY) para la conectividad inalámbrica para dispositivos fijos, móviles, portátiles y estaciones (STA) dentro de un área local.
- Definen el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura del modelo OSI; capa física y enlace, la capa del enlace de datos para QoS (Quality of Service - Calidad de Servicio), mientras que la Capa física para cubrir mayores velocidades de transferencias.
- Describen las funciones y servicios requeridos por un dispositivo según la norma IEEE 802.11 para operar de forma independiente y dentro de una infraestructura de red, así como los aspectos de la movilidad STA (transición).
- Describen las funciones y servicios que permiten a un dispositivo compatible con IEEE 802.11 comunicarse directamente con otro dispositivo que esté dentro o fuera de una infraestructura de red, garantizar la compatibilidad entre los dispositivos de las diferentes marcas que hacen uso de 802.11.

- Definen los procedimientos de MAC para soportar aplicaciones de la red de área local (LAN) con requerimientos de calidad de servicio (QoS), incluyendo el transporte de voz, audio y video.

La especificación inicial, conocida como 802.11, utilizaba una frecuencia de 2,4 GHz y una velocidad de datos máxima de 1 a 2 Mbps, a finales de 1999, dos nuevas especificaciones fueron liberadas 802.11a y 802.11b. 802.11a utiliza el rango de frecuencia de 5 GHz y soporta arriba de 54 Mbps. La especificación 802.11b incrementa el performance a 11 Mbps en el rango 2.4 GHz, frecuencia que es susceptible a interferencias de otros dispositivos.

En el año 2013 se desarrolla la especificación 802.11g con lo cual se logra mejorar las velocidades y se reduce en gran parte el problema de interferencias, es compatible hacia atrás con 802.11b y tiene mayor alcance y menor consumo de potencia que 802.11a.

En el año 2009 da a conocer la recomendación IEEE 802.11n, como consecuencia de la evolución tecnológica de la recomendación 802.11, la velocidad de transmisión teórica de 802.11n es de hasta 600 Mbps, actualmente la capa física soporta una velocidad 300 Mbps y opera en las frecuencias de banda de 2.4Ghz y 5Ghz. (Francisco López Ortiz, 2010).

(Cisco, 2014) en su estudio explica que la enmienda IEEE 802.11ac, es una versión más rápida y escalable de 802.11n, trabaja con tasas de transferencia de Gigabit por segundo, logra mejorar sus velocidades gracias a que se incrementa el ancho de banda.

Tabla 1. Evolución del estándar 802.11, (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

Estándar	Ancho de Banda (MHz)	PHY Data Rate (Mbps)	Throughput (Mbps)	Banda de Frecuencia	Tipo de Antena
802.11	20Mhz	2Mbps	2Mbps	2.4Ghz	SISO
802.11 a	20Mhz	54Mbps	24Mbps	5Ghz	SISO
802.11b	20Mhz	11Mbps	11Mbps	2.4Ghz	SISO
802.11g	20Mhz	54Mbps	24Mbps	2.4Ghz	MIMO
802.11n					
Enmienda Min.	20Mhz	65Mbps	46 Mbps	2.4Ghz	MIMO

Gama Baja producto (solo 2.4 GHz)	20Mhz	72 Mbps	51 Mbps	2.4Ghz	MIMO
Nivel Medio producto	40Mhz	300 Mbps	210 Mbps	5Ghz	MIMO
Max producto	40Mhz	450 Mbps	320 Mbps	5Ghz	MIMO
Enmienda max.	40Mhz	600 Mbps	420 Mbps	5Ghz	MIMO
<b>802.11ac</b> (Cisco, 2014)					
Enmienda Min.	80Mhz	293 Mbps	210 Mbps	5Ghz	MU MIMO
Gama Baja producto	80Mhz	433 Mbps	300 Mbps	5Ghz	MU MIMO
Nivel Medio producto	80Mhz	867 Mbps	610 Mbps	5Ghz	MU MIMO
Max producto	80Mhz	1300 Mbps	910 Mbps	5Ghz	MU MIMO
Enmienda max.	80Mhz	3470 Mbps	2400 Mbps	5Ghz	MU MIMO
<b>802.11ac</b>					
Enmienda Min.	160Mhz	867 Mbps	610 Mbps	5Ghz	MU MIMO
Gama Baja producto	160Mhz	1730 Mbps	1200 Mbps	5Ghz	MU MIMO
Nivel Medio producto	160Mhz	2600 Mbps	1800 Mbps	5Ghz	MU MIMO
Max producto	160Mhz	3470 Mbps	2400 Mbps	5Ghz	MU MIMO
Enmienda max.	160Mhz	6930 Mbps	4900 Mbps	5Ghz	MU MIMO

**Notas:**

**SISO: Single input single output**

**MIMO: Multiple input multiple output**

**MU MIMO: Multi-User Multiple-Input Multiple-Output**

Existen dos bandas de radiofrecuencia asignadas para el uso de redes inalámbricas: 2.4GHz y 5GHz. Ambas bandas hacen uso del espectro radioeléctrico sin licencia. (Aransay, Francisco Milagro Lardiés / Alberto Los Santos, 2009).

La banda de frecuencia 2,4 GHz se divide en 14 canales, cada uno de ellos se superponen a una distancia de 5MHz, esto deja sólo tres canales que no se solapan, es por ello que se recomienda optar por los canales 1, 6 u 11 en las configuraciones de equipos. (Aransay, Francisco Milagro Lardiés / Alberto Los Santos, 2009).

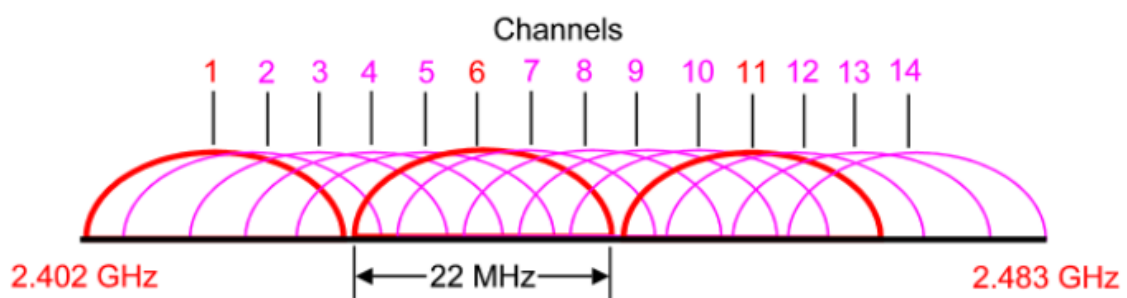


Figura 1. Canales de comunicación Wireless, (Aransay, Francisco Milagro Lardiés / Alberto Los Santos, 2009)

Con 802.11g, una antena emplea un ancho de banda de 22 MHz para transmitir sus datos, mientras que los catorce canales en los que se divide la banda, se separan 5 MHz entre ellos. (Computerworld EEUU, 2015)

**Banda de frecuencia** = 2402 MHz -2483 MHz

**Banda de frecuencia** = 81MHz (Para 14 canales)

**Banda de frecuencia** =  $81\text{MHz}/14 = 5,785\text{MHz}$  (ancho de banda por canal)

## IEEE 802.11n (2.4-GHz Band)

The channel identifiers, channel center frequencies, and regulatory domains of each IEEE 802.11n 22-MHz-wide channel are shown in Table 1.

**Table 1** Channels for IEEE 802.11n 2.4-GHz Radio Band

Channel Identifier	Center Frequency (MHz)	Regulatory Domains		
		Americas (-A)	EMEA (-E)	Japan (-P)
1	2412	X	X	X
2	2417	X	X	X
3	2422	X	X	X
4	2427	X	X	X
5	2432	X	X	X
6	2437	X	X	X
7	2442	X	X	X
8	2447	X	X	X
9	2452	X	X	X
10	2457	X	X	X
11	2462	X	X	X
12	2467	-	X	X
13	2472	-	X	X
14	2484	-	-	-

1. 802.11n is not supported on the Cisco 3200 Series WMIC.

*Figura 2. IEEE 802.11n (2.4-GHz Band), (Cisco, s.f.)*

Mientras tanto la banda de 5 GHz ISM se divide en sub-bandas llamadas U-NII bandas y por lo general llevan el nombre de U-NII-1, T-NII-2, U-NII-2e, y U-NII-3, donde U-NII-3 no está disponible gratuitamente. (Digi-Key Electronics , 2012).

En total existen 23 canales no solapados, donde cuatro de ellos tienen limitaciones basadas en la ubicación. Hoy en día, la mayoría de las soluciones de LAN inalámbrica disponible en la banda de 5 GHz utilizan la banda U-NII-1 (5.18 a 5.24 GHz) con canales de frecuencia de 36-48. Sin embargo, también hay algunos proveedores que han extendido la gama para incluir la banda U-NII-2 / 2e (5,26 a 5,70 GHz) con canales de frecuencia 52-140. (Digi-Key Electronics , 2012).

# IEEE 802.11n (5-GHz Band)

The channel identifiers, channel center frequencies, and regulatory domains of each IEEE 802.11n 20-MHz-wide channel:

**Table 2** 5-GHz Radio Band

Channel Identifier	Center Frequency (MHz)	Regulatory Domains				
		North America (-A)	EMEA (-E)	Japan (-P)	China (-C)	Israel (-I)
36	5180	X	X	X	-	X
40	5200	X	X	X	-	X
44	5220	X	X	X	-	X
48	5240	X	X	X	-	X
52	5260	X	X	X	-	X
56	5280	X	X	X	-	X
60	5300	X	X	X	-	X
64	5320	X	X	X	-	X
100	5500	-	X	-	-	-
104	5520	-	X	-	-	-
108	5540	-	X	-	-	-
112	5560	-	X	-	-	-
116	5580	-	X	-	-	-
120	5600	-	X	-	-	-
124	5620	-	X	-	-	-
128	5640	-	X	-	-	-
132	5660	-	X	-	-	-
136	5680	-	X	-	-	-
140	5700	-	X	-	-	-
149	5745	X	-	-	X	-
153	5765	X	-	-	X	-
157	5785	X	-	-	X	-
161	5805	X	-	-	X	-
165	5809	X	-	-	X	-

Figura 3. IEEE 802.11n (5-GHz Band), (Cisco, s.f.)

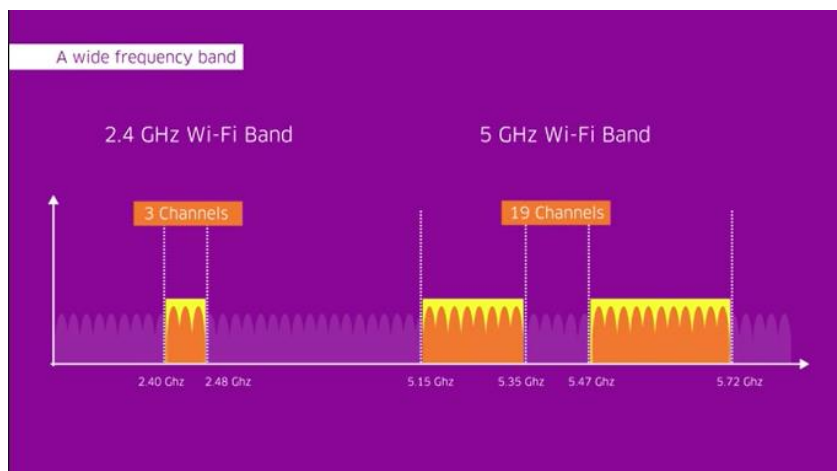


Figura 4. Comparación 2.4 GHz vs 5 GHz (ALCATEL, 2016)

Los sistemas de comunicaciones utilizan señales digitales, éstas han dado un impulso exponencial al crecimiento de dispositivos móviles y portables, la tendencia actual es reducir el tamaño de los dispositivos de comunicación inalámbrica en cada uno de sus componentes. (GUALOTO ROBERTO ALEMAN PEDRO , s.f.).

Las antenas requieren tamaños reducidos, minimizar el consumo de energía y maximizar la eficiencia del sistema de antena a fin de lograr mayores distancias de cobertura. Las antenas utilizadas en los sistemas inalámbricos se rigen por la teoría electromagnética de propagación de ondas a través del aire. Las antenas en su gran mayoría guardan una estrecha relación entre su dimensión física y la longitud de onda eléctrica de la señal a transmitir. Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su frecuencia (f) y longitud de onda ( $\lambda$ ):

$$c = \lambda \times f$$

donde c es la velocidad de propagación de la luz en el medio ( $3 \times 10^8$  m/s en el espacio libre). (Valdez, Alberto D.; Miranda, Carlos A.; Schlesinger, Paola L.; Chiozza, Juan A.; Miranda, Carlos V. (\*), 2016)

El uso de una antena en el transmisor y una antena en el receptor, se denomina SISO, (Single Input Single Output), una única antena de recepción y varias para transmisión se denomina SIMO (Simple Input –Múltiples Output). Cuando se utiliza varias antenas de recepción y una sola de transmisión se denomina MISO (Múltiple Input –Simple Output) y finalmente para varias antenas de recepción y transmisión se denomina MIMO (Múltiple Input –Múltiple Output) (UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, Zambrano Cáceres Paula Andrea, 2015).

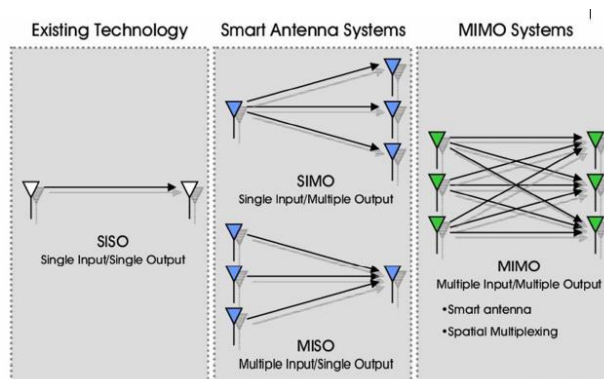


Figura 5. Tipo de antenas, (Deke Guo National University of Defense Technology, 2012)

“Las antenas ofrecen a un sistema inalámbrico tres propiedades fundamentales: ganancia, dirección y polarización. La ganancia mide el aumento de potencia. Es la cantidad de aumento de energía que una antena agrega a una señal de radiofrecuencia (RF). La dirección es la forma del patrón de transmisión. Cuando la ganancia de una antena direccional aumenta, el ángulo de radiación suele disminuir. Esto proporciona una mayor distancia de cobertura, aunque con un ángulo de cobertura reducido. El área de cobertura o patrón de radiación se mide en grados y reciben el nombre de anchos de haz. Una antena es un dispositivo pasivo que no ofrece ninguna potencia adicional a la señal. En su lugar, una antena simplemente redirige la energía que recibe del transmisor”. (CISCO, 2008)

“Se puede mencionar a las antenas isotrópicas y dipolares Una antena isotrópica es una antena teórica que no existe en la práctica con un patrón de radiación uniforme de tres dimensiones. En otras palabras, una antena isotrópica teórica presenta un ancho de haz vertical y horizontal perfecto de 360 grados, o bien un patrón de radiación esférico. Es una antena ideal que irradia en todas direcciones y presenta una ganancia de 1 (0 dB), esto es, cero ganancias y cero pérdidas. A diferencia de las antenas isotrópicas, las antenas dipolares son antenas reales. El patrón de radiación dipolar es 360 grados en el plano horizontal y aproximadamente 75 grados en el plano vertical y se asemeja a una rosquilla en su forma. Puesto que el haz se encuentra ligeramente concentrado, las antenas dipolares presentan una ganancia superior con respecto a las antenas isotrópicas de 2,14 dB en el plano horizontal. Cuanto mayor es la ganancia de las antenas, menor es el ancho de haz vertical.” (CISCO, 2008)

“Las antenas omnidireccionales proporcionan un patrón de radiación horizontal de 360 grados. Se utilizan éstos cuando la cobertura se requiere en todas las direcciones (horizontalmente) de la antena con los grados variables de cobertura vertical. La polarización es la orientación física del elemento en la antena que emite realmente la energía RF. Una antena omnidireccional, por ejemplo, es generalmente una antena polarizada vertical. Los tipos más populares de antenas omnidireccionales son los dipolos y las de plano de tierra.” (CISCO, 2008)

“Las antenas direccionales enfocan la energía RF en una dirección particular. Mientras que el aumento de una antena direccional aumenta, la distancia de cobertura aumenta, pero el ángulo eficaz de la cobertura disminuye. Para las antenas direccionales, los lóbulos se empujan hacia adentro cierta dirección y poca energía está allí en el lado posterior de

la antena. Tipos de antenas directivas: las Yagi, las biquad, las de bocina, las helicoidales, las antenas patch, los platos parabólicos, y muchas otras.” (CISCO, 2008)

Conseguir mayores velocidades, nuevas características y funcionalidades para las redes inalámbricas es el desafío de las compañías fabricantes de este tipo de tecnologías, gracias a la innovación pueden presentar soluciones integradas de última generación y alto rendimiento, caso de HP Aruba, CISCO son empresas líderes en buscar mejorar la experiencia de los usuarios de redes inalámbricas.

Según Gartner CISCO y Hewlett Packard Enterprise (Aruba Networks) son los líderes en el Cuadrante Mágico para la infraestructura de conexión de cable y acceso a LAN inalámbrica, Alcatel (ALE), DELL, Avaya, Extreme Networks, entre otros son empresas visionarias que buscan en poco tiempo pasar al cuadrante de líderes.



Figura 6. Cuadrante Mágico para la infraestructura de conexión de cable y acceso a LAN inalámbrica, (Gartner, 2015)

“Otro desafío de hoy en día es la regulación de las redes inalámbricas y la explotación de las llamadas “bandas libres”, la mayoría de los dispositivos inalámbricos tales como teléfonos móviles, televisión, radio, usan frecuencias de radio adjudicadas, grandes organizaciones pagan por el derecho de utilizar esas frecuencias. Las redes

inalámbricas utilizan porciones del espectro que no requieren licencia” (The Abdus Salam Internacional Centre for Theoretical physics, 2010).

“Las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) permiten el uso de las porciones 2.4-2.5 GHz, 5.8 GHz, y muchas otras frecuencias no utilizadas en redes inalámbricas.

Las bandas UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) permiten el uso sin licencia de otras porciones del espectro de 5 GHz para la implementación de redes inalámbricas de área local.” (The Abdus Salam Internacional Centre for Theoretical physics, 2010).

Sin embargo, la disponibilidad de estas bandas no licenciadas depende de la regulación de cada país, en el Tercer Suplemento del Registro Oficial, Ley orgánica de Telecomunicaciones se menciona:

“Que, la Constitución de la República en su artículo 16, consagra el derecho de todas las personas en forma individual o colectiva al acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, y a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas;” (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2015)

“En el artículo 9.- Redes de telecomunicaciones del Registro Oficial dice: Para el caso de redes inalámbricas se deberán cumplir las políticas y normas de precaución o prevención, así como las de mimetización y reducción de contaminación visual.” (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2015)

“En el artículo 11.- Establecimiento y explotación de redes públicas de telecomunicaciones dice: Es facultad del Estado Central, a través del Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información y de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, en el ámbito de sus respectivas competencias, el establecer las políticas, requisitos, normas y condiciones para el despliegue de infraestructura alámbrica e inalámbrica de telecomunicaciones a nivel nacional. En función de esta potestad del gobierno central en lo relativo a despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, los gobiernos autónomos descentralizados deberán dar obligatorio cumplimiento a las políticas, requisitos, plazos, normas y condiciones para el despliegue de infraestructura alámbrica e inalámbrica de

telecomunicaciones a nivel nacional, que se emitan” (Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, 2015)

En conclusión, estos artículos nos permiten a los ecuatorianos el acceso a las tecnologías de la información y comunicación, con el aumento de equipos tecnológicos como tabletas, computadores portátiles y teléfonos celulares inteligentes la necesidad de zonas Wifi crece significativamente en todas las provincias del Ecuador. Por ejemplo, el Cabildo de Guayaquil suscribió el contrato por USD 12,3 millones con la empresa Telconet, para que provea sus servicios para el programa Guayaquil Digital. Desde el 2011, con una inversión de USD 2,5 millones, el Municipio guayaquileño inició la instalación de internet gratuito para colegios, universidades y parques de la ciudad. (EL COMERCIO, 2014)

Las redes inalámbricas se van convirtiendo en una herramienta de productividad en el sector industrial, sector de servicios, académico, hotelero y entidades de gobierno, está orientado a las personas que requieren siempre estar conectados haciendo uso de los recursos de información del lugar donde se encuentren y que tienen que moverse de un lugar a otro por temas de trabajo o ámbito académico.

“En un estudio auspiciado por Aruba, a Hewlett Packard Enterprise Company, The Business Value of Securing and Authenticating Wireless and Wired Network Users, dice que el uso de las redes inalámbricas van en aumento, trabajadores de las compañías y personas invitadas que llegan a las mismas llevan sus dispositivos móviles smartphones, tables y portables a las empresas y requieren hacer uso de la red, hoy en día el reto del personal de TI es dar el servicio a cada uno de ellos, por ello es necesario autenticarlos a la red y a la vez preocuparse de las políticas de seguridad al momento de ingresar a terceros a la red organizativa, pues hoy en día es común robo de información o ingreso de malware que puede afectar a la información crítica de cada organización” (Aruba, a Hewlett Packard Enterprise company, 2016)

Autenticar y conceder los permisos de acceso a red a cada uno de los usuarios que llega día a día a una organización con sus diferentes dispositivos se vuelve un desafío común de todos los administradores de TI, se vuelve una labor diaria que conlleva dedicarle tiempo y esfuerzo, para solventar estos problemas, los fabricantes de soluciones inalámbricas buscan hacer las operaciones de TI más eficientes y simplificarlas.

“Las empresas se enfrentan a un mundo fundamentalmente móvil y buscan soluciones que les ayuden a adaptar las inversiones existentes al nuevo estilo de TI, declara Meg Whitman, Presidenta del Consejo de Administración, Presidenta y Directora ejecutiva de HP. Al combinar las soluciones de movilidad inalámbrica de primera categoría de Aruba con la gama de conmutadores líder del sector de HP ofrecen soluciones de red más sencillas y seguras para ayudar a las empresas a implementar con facilidad redes móviles de última generación” (Hewlett Packard Enterprise company, 2016)

## 5.2. Ventajas de las redes inalámbricas

Para dar acceso a la red a un usuario en una organización, oficina o negocio existen dos posibilidades de hacerlo, ya sea a través de la red alámbrica o a través de la red inalámbrica, las dos formas son válidas, los administradores de TI son los encargados de tomar la mejor decisión de acuerdo a las necesidades y tipo de usuario. Las redes inalámbricas están teniendo un gran impulso gracias a las innovaciones tecnológicas, hoy en día se ofrecen soluciones que puede implementarse rápidamente, a continuación, se detallan las ventajas:

- **Movilidad:** los usuarios pueden obtener acceso a los recursos de red o internet sin la limitación de estar en un solo lugar o estar conectados a un cable, con la solución inalámbrica los usuarios pueden moverse por cualquier piso u oficina de la organización sin perder conexión, manteniendo todos sus privilegios de usuario, los empleados pueden estar conectados a todas las aplicaciones de productividad y a los recursos informativos. (Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática Universidad de Valladolid, 2002)
- **Facilidad de crecimiento de usuarios finales:** Hoy en día el aumento de usuarios en zonas de difícil acceso o donde no existe red cableada es un requerimiento común en las organizaciones, es mucho más sencillo el despliegue de una red inalámbrica puesto no se requiere de instalación y ruteo de cables para cada usuario, el personal de TI no debe preocuparse de que el usuario tenga o no en su puesto de trabajo un punto de red para que el usuario se incorpore a la red corporativa, de esta forma los administradores de TI optimizan su tiempo que es invertido en la búsqueda de nuevas tecnologías e innovación de nuevas tendencias tecnológicas que apoyen su gestión dentro del área de TI. (UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO , 2007)

- **Escalabilidad:** Con el tiempo las organizaciones se extienden de forma geográfica es decir abren nuevas oficinas o nuevas sucursales en diferentes sitios con lo que es necesario brindarles el servicio en las oficinas remotas, la escalabilidad en puntos de acceso que permitan ofrecer el servicio inalámbrico, es mucho más sencillo que desplegar redes completas de cableado para dar acceso a un grupo de usuarios. (UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO , 2007)
- **Costos:** Reducción de costos tanto de instalación como de mantenimiento, elimina y reduce gastos de cableado estructurado, con una red inalámbrica no hay necesidad de tender cables para conectar ordenadores, impresoras y otros dispositivos, o para la conexión a Internet. (UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO , 2007)

### 5.3. Problemas de las redes inalámbricas

Uno de los problemas más comunes de las redes inalámbricas son las interferencias, en ocasiones provienen de otras redes inalámbricas generalmente originadas por cualquier dispositivo o red inalámbrica adyacente que actúa en la misma frecuencia o canal, a esto se le denomina el “Co-Channel” (HEAT MAPS ACRYLIC WIFI, 2016). Los dispositivos que causan interferencia son:

- Hornos de microondas
- Teléfonos inalámbricos 2.4 GHz
- Dispositivos Bluetooth
- Monitores inalámbricos de bebé

“Las interferencias causan la degradación de la comunicación, incrementando el nivel de ruido y por tanto disminuyendo el nivel SNR (señal a ruido). La SNR es un valor medido en dB (decibeles), es el nivel de potencia de señal con relación al nivel de potencia de ruido. Por ejemplo, en un sistema de comunicaciones cuando el nivel de señal está por encima del nivel de ruido, el sistema presentará un buen performance o rendimiento, pero si se llega a tener una SNR muy baja, indicará que la potencia del ruido es mayor que la potencia de la señal, por lo tanto, el sistema se vuelve poco confiable para transmitir información y la probabilidad de error en los datos transmitidos aumenta.” (Universidad Manuela Beltrán, 2005).

El valor en dB es negativo si una señal se ha atenuado y positivo si la señal se ha amplificado.

$$S / N = \frac{\text{Nivel de potencia de señal}}{\text{Nivel de potencia de ruido}}$$

Y, en dB:

$$\text{Proporción Señal/Ruido [dB]} = 10 * \text{Log10} (\text{Poder de Señal [W]} / \text{Poder de ruido [W]})$$

Figura 7. Señal Ruido (Constantino Pérez Vega, 2007)



Figura 8. Relación Señal-Ruido, (ROMERA 2014, s.f.)

Las obstrucciones físicas como edificios, paredes, puertas y ventanas también son una de las causas para que las señales wireless no puedan penetrar y/o atravesar de un lugar a otro (Jaramillo Vinueza, Edgar Daniel, 2016), mientras mayor es el número de obstáculos entre el transmisor y receptor mayor, la posibilidad de que el nivel de señal se vaya degradando aumenta, dando como resultado problemas en la conexión.

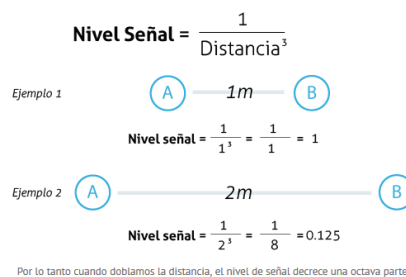


Figura 9. Distancia y rangos de cobertura entre los dispositivos, (WIFISAFE, s.f.)

La reflexión de la señal, conocida como desvanecimiento multicamino, se produce típicamente en edificios que tienen diseños complejos o materiales atípicos. Los diferentes caminos que puede tomar la señal transmitida pueden ser reflejados por estos elementos y llegar desfasados/degradados hasta el receptor (WIFISAFE, s.f.).

Las “zonas muertas” son otro problema común en las redes inalámbricas, hay ciertos lugares donde la propagación de las ondas electromagnéticas es mejor que en otros lados, el lugar físico donde la señal es nula se denomina “zona muerta” (WIFISAFE, s.f.). Un área en la que los dispositivos wireless pueden conectarse, pero no pueden acceder a la red constantemente se llama una “zona muerta”.



*Figura 10. Zona Muerta en redes inalámbricas (Linsys, s.f.)*

Otro problema es la pérdida de señal en las redes inalámbricas y se puede dar cuando existe demasiada distancia entre los dispositivos inalámbricos dejando una zona muerta (WIFISAFE, s.f.).

El acceso compartido en las redes wireless es un factor determinante a la hora de medir el performance de la red, cuando se admite más de una comunicación con un mismo punto de acceso al mismo tiempo, implica que cuantos más suscriptores (clientes) utilicen la red, mayor es el nivel de compartición de los recursos para cada uno de los suscriptores.

Para explicar de mejor forma el acceso compartido a la red se hace una analogía con una autopista. “Las grandes autopistas con muchos carriles se conectan a caminos más

pequeños con menor cantidad de carriles. Estos caminos llevan a otros aún más pequeños y estrechos, que eventualmente desembocan en las entradas de las casas y las oficinas. Cuando hay poco tráfico en el sistema de autopistas, cada vehículo puede moverse con libertad. Al agregar más tráfico, cada vehículo se mueve con menor velocidad. Esto es particularmente verdadero en caminos con menor cantidad de carriles disponibles para la circulación del tráfico. Eventualmente, a medida que se suma tráfico al sistema de autopistas, hasta aquellas con varios carriles se congestionan y vuelven más lentas. Los paquetes de datos son comparables a los automóviles, y el ancho de banda es comparable a la cantidad de carriles en una autopista. Cuando uno piensa en una red de datos en términos de un sistema de autopistas, es fácil ver cómo las conexiones con ancho de banda reducido pueden provocar congestiones de tráfico en toda la red”. (Cisco Certified Network Associate, s.f.)

Existen dos tipos de ancho de banda; analógico y digital. El ancho de banda digital mide la cantidad de información que puede fluir desde un punto hacia otro en un período de tiempo determinado. La unidad de medida fundamental para el ancho de banda digital es bits por segundo (bps). (Cisco Certified Network Associate, s.f.)

El ancho de banda analógico se mide en función de la cantidad de espectro magnético ocupada por cada señal. El Ancho de Banda (AB) es la diferencia, medida en Hertz [Hz], o ciclos por segundo entre la máxima y la mínima frecuencia que puede pasar por un canal de comunicaciones. Estas unidades se utilizan para describir las frecuencias de los teléfonos inalámbricos, que generalmente operan a 900 MHz o a 2,4 GHz. También son las unidades que se usan para describir las frecuencias de las redes inalámbricas 802.11a y 802.11b, que operan a 5GHz y 2,4 GHz. (UNIVERSIDAD DEL CEMA, Buenos Aires , 2015)

$$AB = F_{\max} - F_{\min}$$

donde  $F_{\max}$  nos indica el valor de la máxima frecuencia que puede pasar por el canal mientras que  $F_{\min}$  nos dará el límite mínimo de la misma

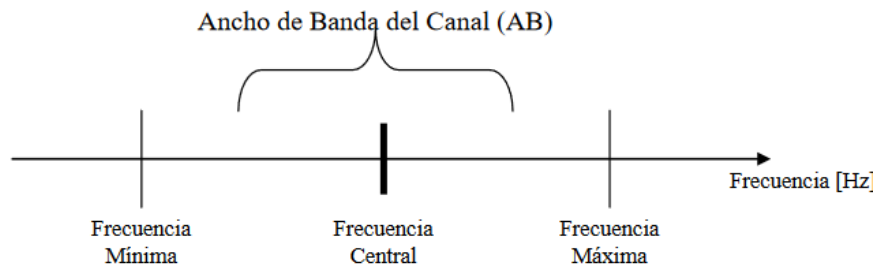


Figura 11. Ancho de Banda, (UNIVERSIDAD DEL CEMA, Buenos Aires , 2015)

Una de las características fundamentales de un canal de transmisión es su ancho de banda, pues éste determina la capacidad del canal para permitir el paso de un rango de frecuencias, estableciéndose una relación de proporción directa entre el ancho de banda del canal y su capacidad para transmitir los datos.

Existen dos fórmulas teóricas para calcular la capacidad de transmisión del canal: la de Nyquist para un canal sin ruido y la de Shannon para un canal ruidoso. (Edison Coimbra , 2010)

### Teorema de Nyquist -canal sin ruido

Nyquist define la máxima capacidad de transmisión teórica para un canal sin ruido. (Edison Coimbra , 2010)

$$C = 2B \log_2 M \quad \left\{ \begin{array}{l} C = \text{Capacidad de transmisión del canal, en bps.} \\ B = \text{ancho de banda del canal, en Hz.} \\ M = \text{número de niveles (de voltaje) transmitidos.} \end{array} \right.$$

Si  $M=2$  entonces  $\log_2(2) = 1$ , por lo tanto:

$$C=2B$$

Figura 12. Teorema de Nyquist, (Edison Coimbra , 2010)

## Teorema de Shannon – Canal con ruido

Un canal real siempre tiene ruido. En 1944, Shannon desarrolló la fórmula denominada **capacidad de Shannon** para determinar la máxima tasa de bits teórica de un canal. (Edison Coimbra , 2010)

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

$C$  = Capacidad de transmisión del canal, en **bps**.  
 $B$  = ancho de banda del canal, en **Hz**.  
 $S/N$  = relación señal a ruido como razón de potencias (no en dB).

Figura 13. Capacidad de Shannon, (Edison Coimbra , 2010)

En esta fórmula, no hay indicación del nivel de señal, lo que significa que, sin importar los niveles que se tengan, no se puede conseguir una velocidad mayor que la capacidad del canal. En otras palabras, la fórmula define la característica del canal, no el método de transmisión. (Edison Coimbra , 2010)

La eficiencia espectral es un indicador de que tan eficientemente se utiliza el ancho de banda para transmitir la información, y está dada por la cantidad de bits por segundo que se puede transmitir en un determinado ancho de banda. (Escuela Politecnica Nacional ,MÓNICA PAULINA CADME SAMANIEGO , 2006)

$$\delta = \frac{V_{tx}}{AB} \left[ \frac{bps}{Hz} \right]$$

En donde:  $\delta$  = eficiencia espectral.

$V_{tx}$  = velocidad de transmisión.

$AB$  = ancho de banda de la señal.

Figura 14. Eficiencia Espectral, (Escuela Politecnica Nacional ,MÓNICA PAULINA CADME SAMANIEGO , 2006)

Si disminuyo el ancho de banda de la señal, entonces se obtiene mayor eficiencia espectral.

La falta de seguridad inalámbrica en las corporaciones es una de las mayores preocupaciones para los CIOS (Chief information officer) que están a cargo del giro

de negocio, actualmente los fabricantes de soluciones de redes inalámbricas han puesto especial énfasis el tema de seguridad innovando en la robustez en las políticas de seguridad, constantemente se están buscando mejoras continuas en las normas y los protocolos lo cual garantiza que las redes inalámbricas ofrezcan las mismas seguridades que una red cableada, tales como el cifrado de datos, autenticación de usuarios y acceso seguro para las visitas y los usuarios temporales, pero en ocasiones los responsables de TI no le dan la importancia a la configuración de seguridades en sus equipos, los accesos a invitados en las redes inalámbricas corporativas se realizan sin control, en estos casos las redes inalámbricas se vuelven un elemento vulnerable dentro de la infraestructura de TI de cada organización. (GLOBB SECURITY - Monica Valle , 2015)

Al trabajar sobre una red inalámbrica vulnerable la pérdida de datos corporativos y/o confidenciales es un riesgo latente al que están expuestas las organizaciones (GLOBB SECURITY - Monica Valle , 2015), de igual manera la intrusión a las redes corporativas puede provocar la interrupción de los servicios y/o aplicaciones, la seguridad inalámbrica no se ha convertido todavía en una prioridad para las empresas, es muy importante que las organizaciones no corran este tipo de riesgos, ya que los ataques avanzados aprovechan distintos puntos de entrada, y el inalámbrico es uno de ellos.

“Según Globb Security lo que es más preocupante es que el 35% de los encuestados confesó no haber aplicado ni la más básica medida de seguridad para la autenticación en entornos inalámbricos. El 43% y 46% de las empresas, pasan por alto las funciones de seguridad de firewall y antivirus cuando se trata de establecer su estrategia inalámbrica.” (GLOBB SECURITY - Monica Valle , 2015)

#### **5.4. Tendencia de las redes Inalámbricas**

Las redes inalámbricas están en un constante mejoramiento de sus velocidades lo que permite usos relacionados principalmente con aplicaciones de transferencia de datos, comunicaciones de voz y video.

Las redes inalámbricas se han vuelto más eficientes, las nuevas tecnologías están empujando a la industria a convertirse en un mundo inalámbrico. Y si bien es cierto que el mundo nunca será completamente inalámbrico, en el futuro se desarrollarán

nuevos protocolos que facilitarán la transmisión de archivos multimedia o datos cada vez más complejos. (HP ARUBA, s.f.)

Según un estudio realizado por HP Aruba la proyección de crecimiento y penetración de las redes inalámbricas crece continuamente, en la gráfica se evidencia que en el año 2013 fueron entregados un 90% de WLAN chipset para la tecnología 802.11n y solo un 10% de WLAN chipset para tecnología 802.11g, es decir a medida que la tecnología cambia y mejora, la demanda de esta va en aumento. En el 2016 la tecnología 802.11ac está en auge como se evidencia en la siguiente figura (HP ARUBA, s.f.).

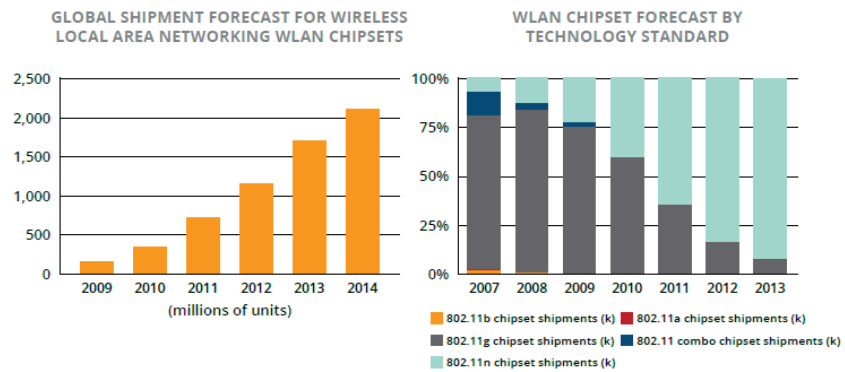


Figura 15. Envíos chipset wifi y la penetración de 802.11n, (HP ARUBA, s.f.)

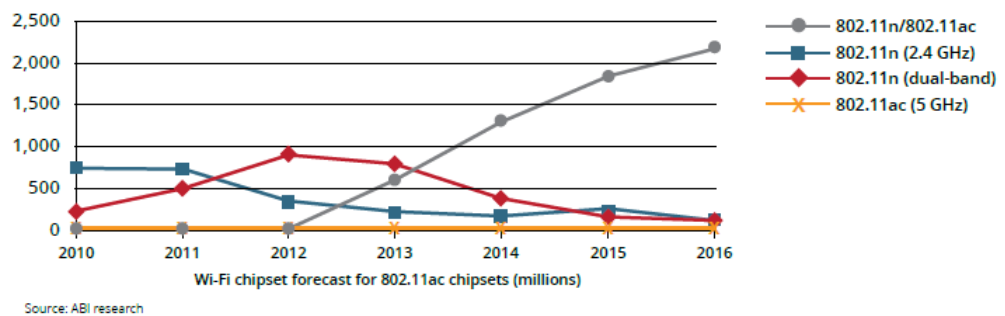


Figura 16. Previsión de Envíos chipset WIFI 802.11ac, (HP ARUBA, s.f.)

## 5.5. Consideraciones iniciales para Site Survey

### 5.5.1. Información general del sitio

Entidad caso de estudio	Instituto Geográfico Militar
Ciudad	Quito
Dirección	Av. Seniergues E4-676 y Gral., Telmo Paz y Miño
Sector Económico	Público
Área de estudio	48726,89 m2 aprox.
Cantidad de usuarios	400 empleados
Tipo de construcción	Concreto armado

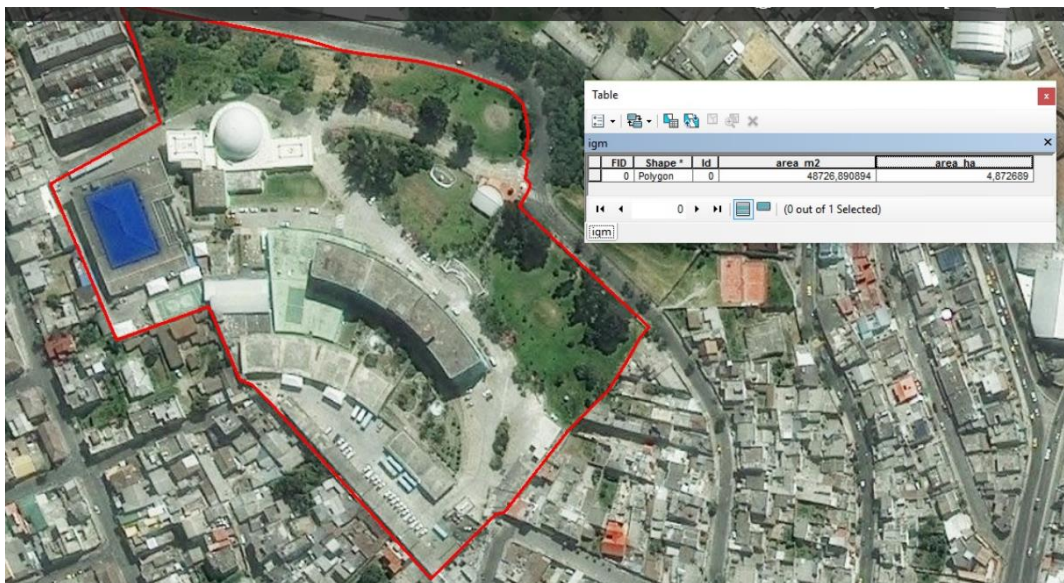


Figura 17. Delimitación del área implantación del IGM (OpenStreetMap, 2016)

### 5.5.2. Áreas objeto de estudio

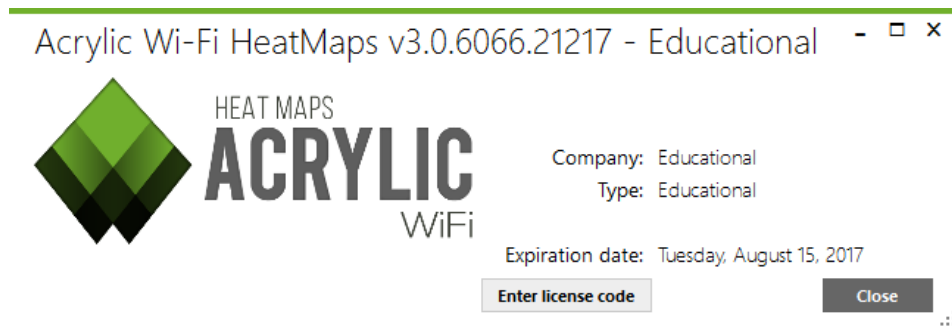
Para la realización del site survey se utilizará los planos arquitectónicos, Anexo 1, a continuación, se detalla la distribución de áreas:

- ✓ Centro Cultural
  - Subsuelo
  - Planta Baja
  - Planta Alta
- ✓ Edificio Principal
  - Subsuelo

- Planta Baja
- Primera Planta
- Segunda Planta
- Tercera Planta
- Cuarta Planta
- ✓ Seguridad Documental
  - Planta Baja
  - Planta Alta
- ✓ Archivo general
- ✓ Bodegas del IGM
- ✓ Cocina – Comedor
- ✓ Dormitorio de oficiales
- ✓ Prevención

### 5.5.3. Herramientas y recursos para site survey

- **Hardware**
  - ✓ Wireless controller cisco ct2504
  - ✓ Access point cisco 1702i
    - Dual-band, controller-based 802.11a/g/n/ac
    - 3x3 MIMO with two spatial streams
    - 2.4 GHz, internal omni, horizontal beamwidth 360°
    - 5 GHz, internal omni, horizontal beamwidth 360°
  - ✓ Access point Alcatel 205 Instant 802.11n (WW)
    - 2.4 GHz (300 Mb/s max rate) and 5 GHz (867 Mb/s max rate) radios, each with 2 x 2 MIMO and four integrated omnidirectional downtilt antennas
    -
  - ✓ Computadora HP core i7 con tarjeta de red Wireless Qualcomm Atheros QCA9565 802.11 b/g/n, sistema operativo Windows 10.
  - ✓ Tablet LG
- **Software**
  - ✓ Wifi Analyzer -Tablet android
  - ✓ Acrylic Wi-Fi Heat Maps v3.0.6066 – Licencia Educativa – PC (ACRYLIC, 2016)



- **Información proporcionada por la Institución**
- ✓ Planos arquitectónicos formato AutoCAD \*.dwg.
- ✓ Planos arquitectónicos a formato \*.pdf

#### 5.5.4. Recopilación de información por área

- ✓ **Redes inalámbricas existentes en cada área de estudio** (Acrylic Wifi, 2016)
  - SSID: Identificador de la red.
  - BSSID: Identificador único del dispositivo (Basic Service Set Identifier)
  - Canal: Número de canal donde la red está funcionando.
  - Frecuencia: Frecuencia en Mhz en la cual se encuentra el canal de la red.
  - RSSI Medio: Media de la intensidad de señal detectada durante el estudio de cada dispositivo.
  - RSSI Máximo: Máxima intensidad de señal detectada durante el estudio de cada dispositivo.
  - RSSI Mínimo: Mínima intensidad de señal detectada durante el estudio de cada dispositivo.
  - Seguridad: Tipos de autenticación y cifrado soportado por la red.
  - WPS: Versión WPS que soporta la red
- ✓ **Puntos de acceso físico existentes en cada localización**
  - BSSID: Direcciones MAC asociadas que están ofreciendo una red.
  - SSID: Identificador de la red
  - Canal: Identificador de la frecuencia asociada a la red.
  - Frecuencia: Valor de frecuencia asociada a la red.
  - Clientes: Número de clientes conectados
- ✓ **Estudio en la Localización**

- Información de la localización
- Ruta de recorrido durante el proceso de estudio dentro de la localización
- Ubicación de los Puntos de Acceso físicos

### 5.5.5. Análisis de la información recopilada

#### ✓ Calidad WiFi

- **Cobertura RSSI:** Determina las áreas donde la intensidad de señal recibida por alguno de los puntos de accesos seleccionados es de al menos el valor seleccionado como umbral.

La intensidad de la señal influye de manera significativa en la calidad de las comunicaciones. Esta se mide en dBm y va desde 0 dBm (la más intensa y por lo tanto la mejor) a -100 dBm (la menos intensa por lo tanto peor)

Valores aceptables a partir de -75dBm. Con intensidades menores no se puede garantizar comunicación

- **Solapamiento de canal:** Determina las áreas donde los requisitos de interferencia adyacente se cumplen.

Se considera que un AP tiene una interferencia adyacente cuando existe otro AP emitiendo en un canal de forma que dicha emisión se solapará con una parte de las frecuencias en las que emite el primero.

Por ejemplo, si se tiene una red en el canal 1, y la intensidad que se recibe en una determinada área es de -65dBm y del otro punto de acceso en el canal 2 se tienen lecturas en ese mismo lugar de -50dBm, el rendimiento de red se verá degradado por el solapamiento al existir una diferencia de 15dBm.

Se considera que en una diferencia de al menos 20dBm en la intensidad de señal es suficiente para que no se degrade el rendimiento de la red.

- **Interferencia de Co-Canal:** muestra las áreas donde los requisitos para la interferencia co-canal se cumplen. Se considera que un AP tiene una interferencia co-canal cuando existe otro AP emitiendo en el mismo canal.

La consecuencia de este tipo de interferencia es que los puntos de acceso ocuparán el mismo espectro radioeléctrico, compartiéndolo y usándolo por turnos, de manera que sólo uno emitirá a la vez.

Este tipo de interferencias degradan el rendimiento de las comunicaciones al tener en cuenta la disponibilidad del medio inalámbrico antes de emitir. Si existe otro

punto de acceso emitiendo, el resto de puntos de acceso deberán esperar para poder emitir. Esto hace que el tiempo total de transmisión se divida entre el número de puntos de acceso que emiten en la misma frecuencia.

Por ejemplo, si tenemos 3 puntos de acceso emitiendo los 3 en el canal 1 de 2.4Ghz y tenemos 3 clientes, uno conectado a cada punto de acceso, cada punto de acceso tendrá en el mejor de los casos 1/3 del tiempo de transmisión y por lo tanto el cliente tendrá 1/3 del tiempo para las comunicaciones.

#### **5.5.6. Resultados - Survey**

- ✓ Intensidad de señal por Punto de Acceso
- ✓ Cobertura por Punto de Acceso
- ✓ Intensidad de señal
- ✓ Cobertura de los Puntos de Acceso

#### **5.5.7. Planteamiento de la solución**

- ✓ Equipamiento -hardware
- ✓ Presupuesto referencial

### **5.6. Desarrollo de site survey**

#### **a) Centro Cultural Planta Baja**

- **Información General**

<b>Nombre</b>	<b>Centro Cultural – PB</b>
<b>Descripción</b>	<b>IGM -Planetario</b>

- **Área objeto de estudio**

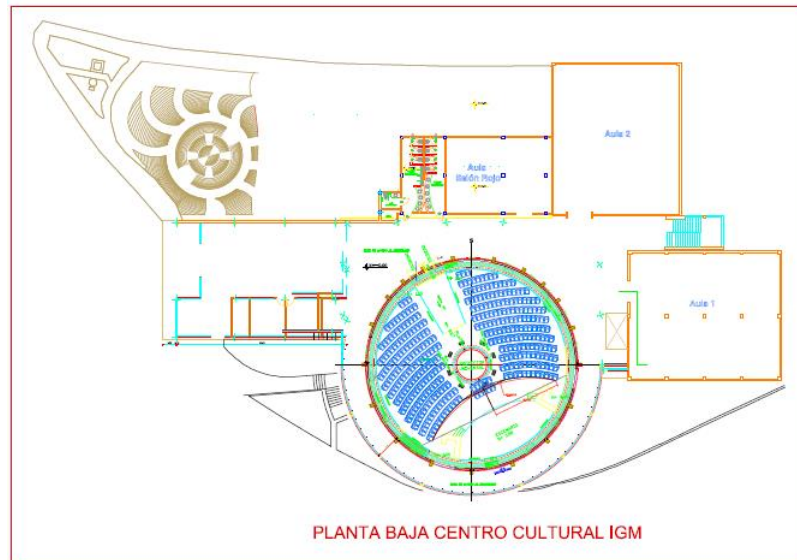


Figura 18. Plano arquitectónico Centro Cultural PB (Instituto Geográfico Militar, 2016)

- **Herramientas y recursos para site survey**

- ❖ **Access point cisco:** se ubica físicamente 3 equipos -escenario de pruebas
  - a. Aula 2
  - b. Columna entrada
  - c. Planetario
- ❖ **Wifi-Analyzer:** Se instala en tablet el software y se verifica la fuerza de la señal [dBm] de la red a analizar en diferentes puntos con la finalidad de hacer ajuste de la ubicación de los equipos si es necesario.



Figura 19. Software Wifi Analyzer (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

- ❖ **Acrylic Wifi Heatmaps:** se instala la versión educativa en un portátil.
- **Recopilación de información**
  - ❖ **Escaneo del área con Acrylic Wifi Heatmaps -recorrido**
    - ✓ Creación del proyecto
    - ✓ Añadir una nueva localización
    - ✓ Añadir el plano \*.pdf en el software
    - ✓ Calibrar de forma automática el plano cargado
    - ✓ Iniciar de escaneo desde software
    - ✓ Realizar el recorrido, colocarse en un punto referencial e ir caminando a través de la zona hasta llegar al punto inicial y detener el análisis para verificar los datos capturados y proceder con el análisis.

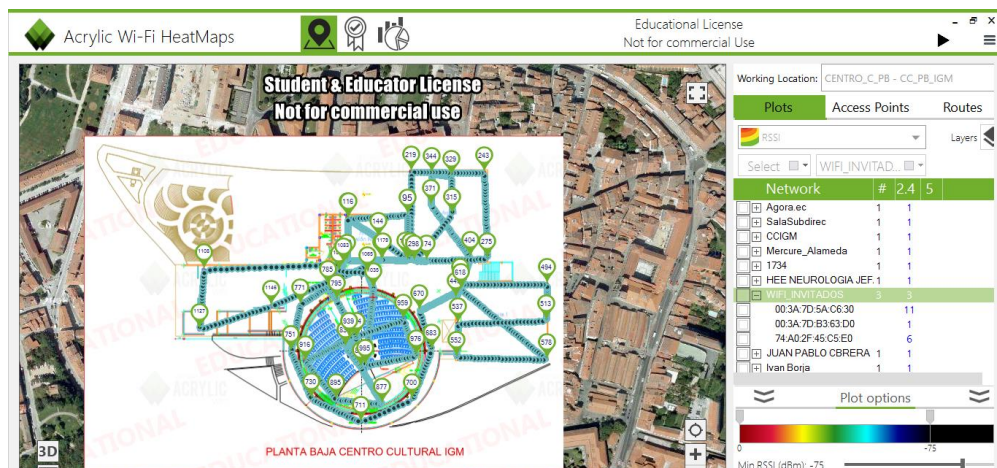


Figura 20. Acrylic Wifi-HeatMaps ruta de recorrido Centro Cultural PB (Huilcamagua Quishpe, 2016)

- **Análisis de resultados**
  - ✓ **Cobertura RSSI:** Las áreas donde los requisitos de cobertura Rssi se cumplen se encuentran en color verde y aquellas donde no cumple en color rojo. Con los 3 access point cisco desplegados en el Centro cultural PB se cubre un 98% total del sitio de estudio.

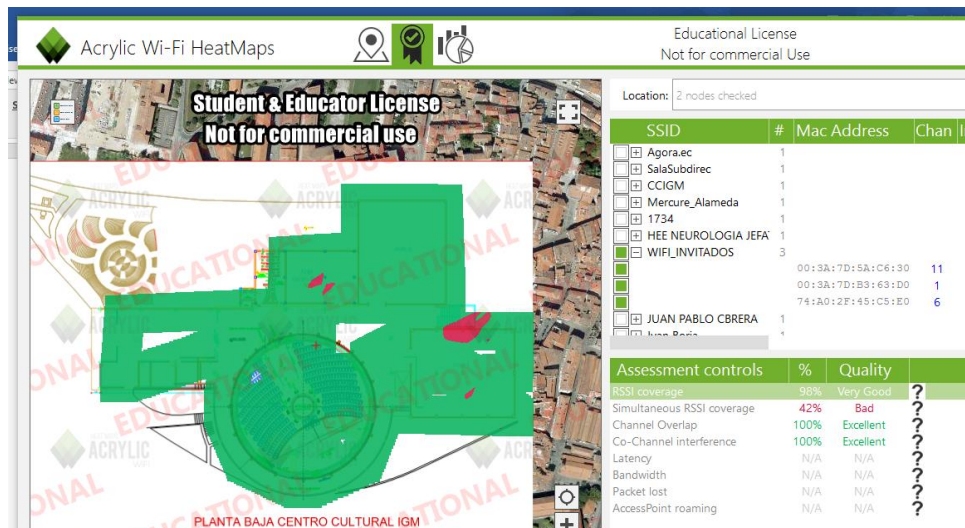


Figura 21. Mapa de cobertura Centro Cultural IGM (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

- ✓ **Solapamiento de canal:** En las áreas donde los requisitos de solapamiento de canal se cumplen en color verde y en aquellas donde no se cumple en color rojo. Los 3 access point CISCO fueron ubicados de tal forma que no exista solapamiento de señal, las distancias de ubicación son las mas adecuadas para cubrir el sitio y no sobrelapar la señal.



Figura 22. Solapamiento de canal Centro Cultural IGM (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

- ✓ **Interferencia co-canal:** Este control muestra las áreas donde los requisitos para la interferencia co-canal se cumplen en color verde caso contrario en color rojo. Los 3 access point están trabajando en diferente canal con lo cual se garantiza un buen funcionamiento de la red.



Figura 23. Interferencia Co-canal Centro Cultural PB (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

- **Resultados**

- AP Planetario:

- \* **Intensidad de la señal WIFI-INVITADOS por punto de acceso**

- 32dBm puntos más cercanos al AP

- 75dBm puntos más lejano de AP

- \* **Cobertura del Puntos de Acceso 00:3A:7D:5A:C6:30:**

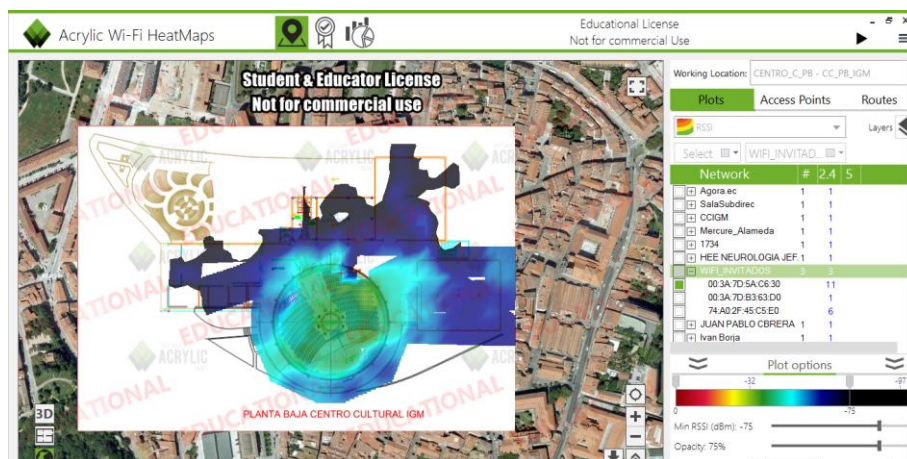


Figura 24. Cobertura del punto de acceso Centro Cultural- Planetario (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

- AP Sala 2

- \* **Intensidad de la señal WIFI-INVITADOS por punto de acceso**

- 29dBm puntos más cercanos al AP

-75dBm puntos más lejano de AP

\* **Cobertura del Puntos de Acceso 00:3A:7D:B3:63:D0:**

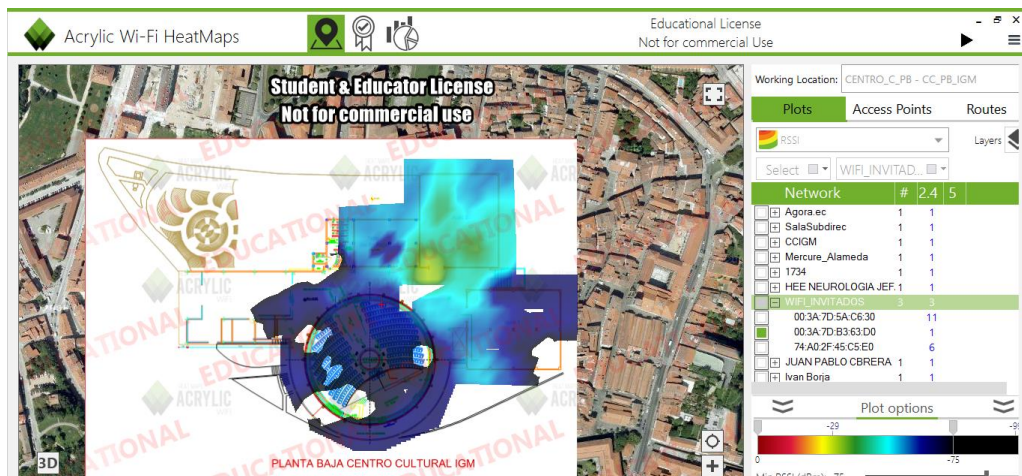


Figura 25. Cobertura del punto de acceso Centro Cultural - Sala 2 (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

-AP entrada columna

\* **Intensidad de la señal WIFI-INVITADOS por punto de acceso**

-40dBm puntos más cercanos al AP

-75dBm puntos más lejano de AP

\* **Cobertura del Puntos de Acceso 74:A0:2F:45:C5:E0:**

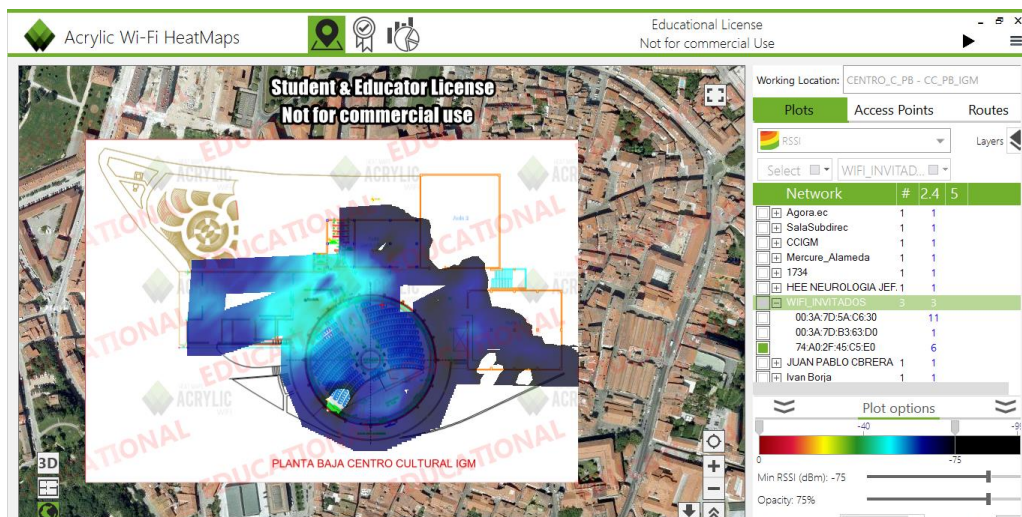


Figura 26. Cobertura del punto de acceso Centro Cultural - entrada columna (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

-Distribución de access point

- **Intensidad de señal:**

-29dBm puntos más cercanos al AP

-75dBm puntos más lejano de AP

- **Cobertura de los Puntos de Acceso: 98% de cobertura con los 3 equipos**

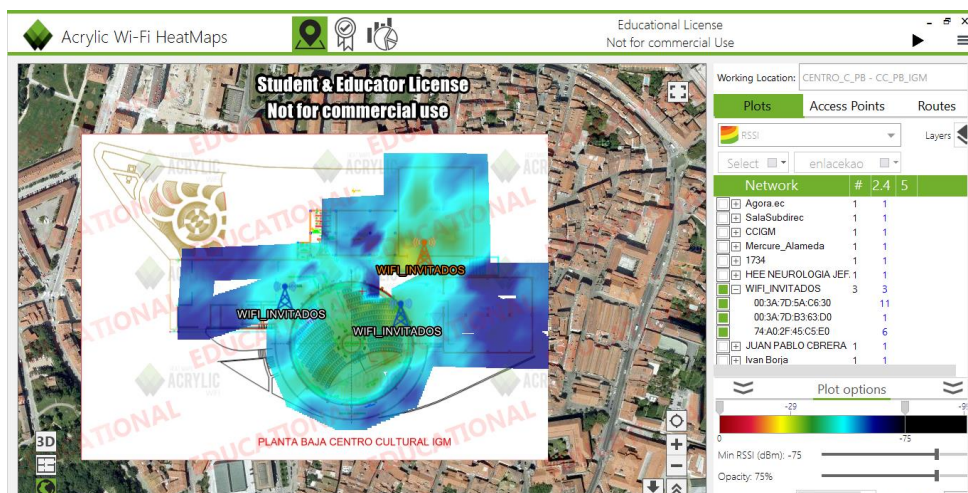


Figura 27. Mapa de cobertura 3 AP Centro Cultural PB (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

Tabla 2. Análisis datos capturados en Centro Cultural (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

CENTRO CULTURAL PLANTA BAJA								
#Aps	Ubicación	% Cobertura RSSI	Solapamiento de canal	Interferencia co-canal	Intensidad de la señal	Canal	Punto de red	Punto Eléctrico
1	Planetario	98% de cobertura	Calidad de la red 100% Excelente	Calidad de la red 100% Excelente	-29 dBm punto más cercano a -75 dBm	11	NO	SI
1	Entrada-columna				-30 dBm punto más cercano a -75 dBm	6	NO	SI
1	Sala Aula 2				-40 dBm punto más cercano a -75 dBm	1	SI	SI
CENTRO CULTURAL PLANTA ALTA								
#Aps	Ubicación	% Cobertura RSSI	Solapamiento de canal	Interferencia co-canal	Intensidad de la señal	Canal	Punto de red	Punto Eléctrico
1	Sala panorámica	60% de cobertura	Calidad de la red 100% Excelente	Calidad de la red 100% Excelente	-29 dBm punto más cercano a -75 dBm	11	SI	SI
1	Mapoteca	* No se alcanza 100% de cobertura puesto que no se colocará equipos en terraza de sala panorámica			-29 dBm punto más cercano a -75 dBm	6	NO	SI
CENTRO CULTURAL SUBSUELO								

#Aps	Ubicación	% Cobertura RSSI	Solapamiento de canal	Interferencia co-canal	Intensidad de la señal	Canal		
1	Oficinas	98% de cobertura	Calidad de la red 100% Excelente	Calidad de la red 100% Excelente	-29 dBm punto más cercano a -70 dBm	1	SI	SI

## b) Edificio Principal

- **Información General**

Nombre	Edificio principal
Descripción	IGM edificio principal

- **Área objeto de estudio**

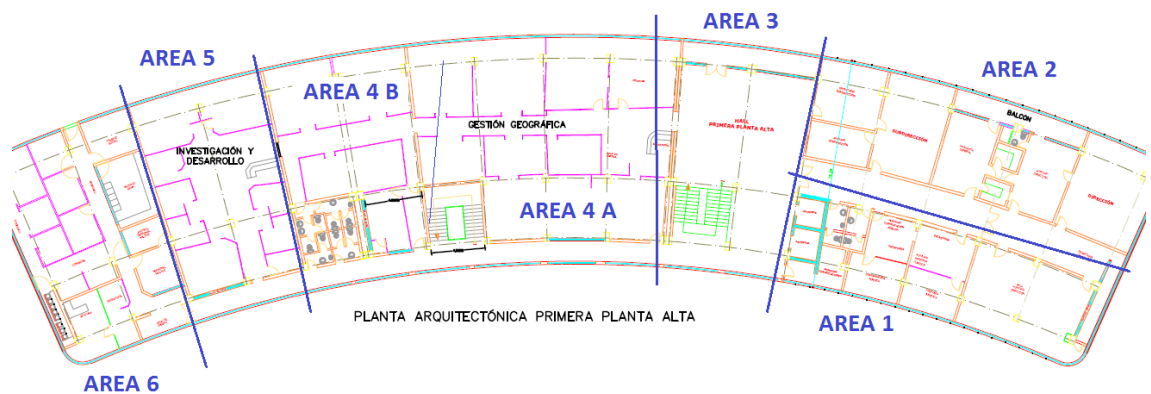


Figura 28. Plano arquitectónico Primera Planta Edificio Principal (Instituto Geográfico Militar, 2016)

- **Herramientas y recursos para site survey**
  - ❖ **Access point cisco:** se ubica físicamente 1 equipos Alcatel por área planteada en el plano arquitectónico
  - ❖ **Wifi-Analyzer:** Se verifica la fuerza de la señal [dBm] de la red
  - ❖ **Acrylic Wifi Heatmaps:** Se realiza el análisis en cada área planteado
- **Recopilación de información**
  - ❖ **Escaneo del área con Acrylic Wifi Heatmaps -recorrido**
    - ✓ Creación del proyecto
    - ✓ Añadir una nueva localización
    - ✓ Añadir el plano \*.pdf en el software
    - ✓ Calibrar de forma automática el plano cargado
    - ✓ Iniciar de escaneo desde software
    - ✓ Realizar el recorrido, colocarse en un punto referencial e ir caminando a través de la zona hasta llegar al punto inicial y

detener el análisis para verificar los datos capturados y proceder con el análisis.

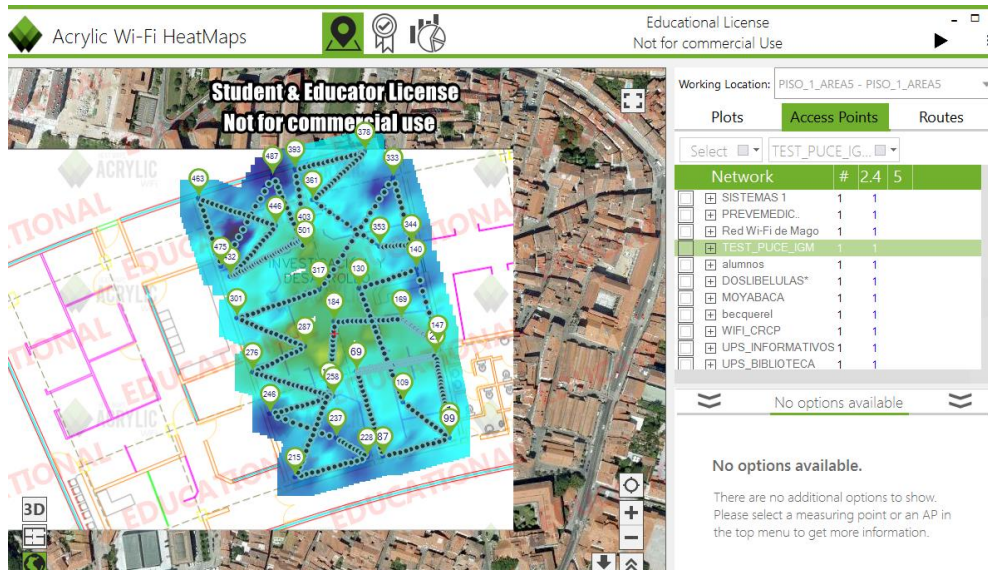


Figura 29. Acrylic Wifi-HeatMaps ruta de recorrido Primera planta - Investigación y desarrollo (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

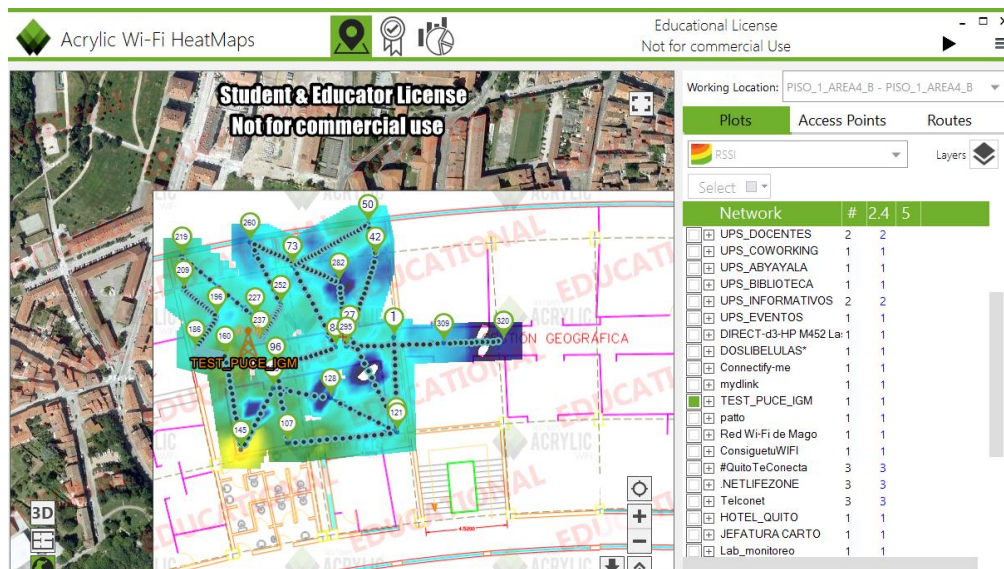


Figura 30. Acrylic Wifi-HeatMaps ruta de recorrido Primera Planta -Gestión Geografica (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

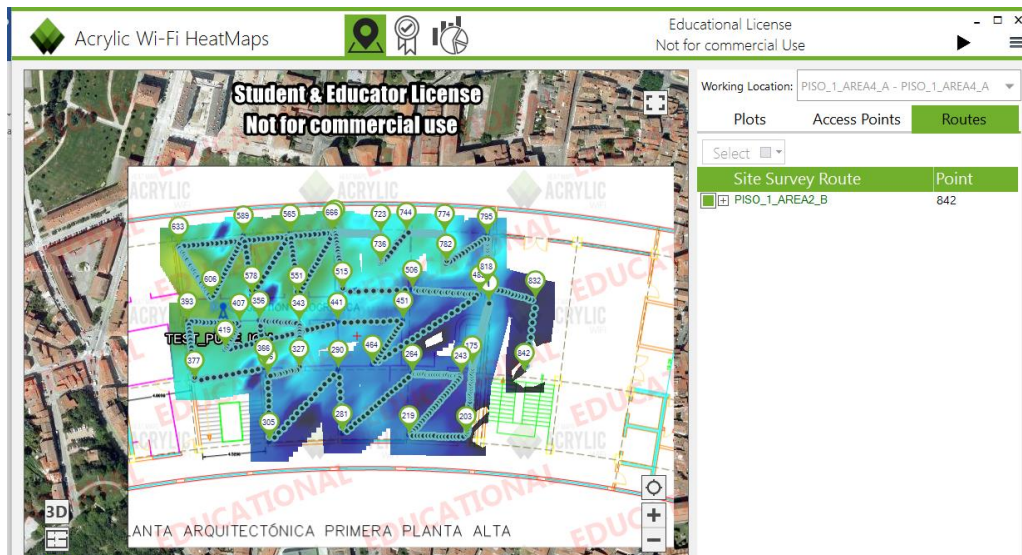


Figura 31. Acrylic Wifi-HeatMaps ruta de recorrido Primera Planta - Gestion Geografica (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

- **Resultados**

- AP Tecnología:

- \* **Intensidad de la señal TEST\_PUCE\_IGM por punto de acceso**

- 23 dBm puntos más cercanos al AP

- 75 dBm puntos más lejano de AP

- \* **Cobertura del Puntos de Acceso:**



Figura 32. Cobertura del punto de acceso Segunda Planta -Tecnología (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

**-AP IEE**

\* **Intensidad de la señal TEST\_PUCE\_IGM por punto de acceso**

-30 dBm puntos más cercanos al AP

-75 dBm puntos más lejano de AP

\* **Cobertura del Puntos de Acceso:**

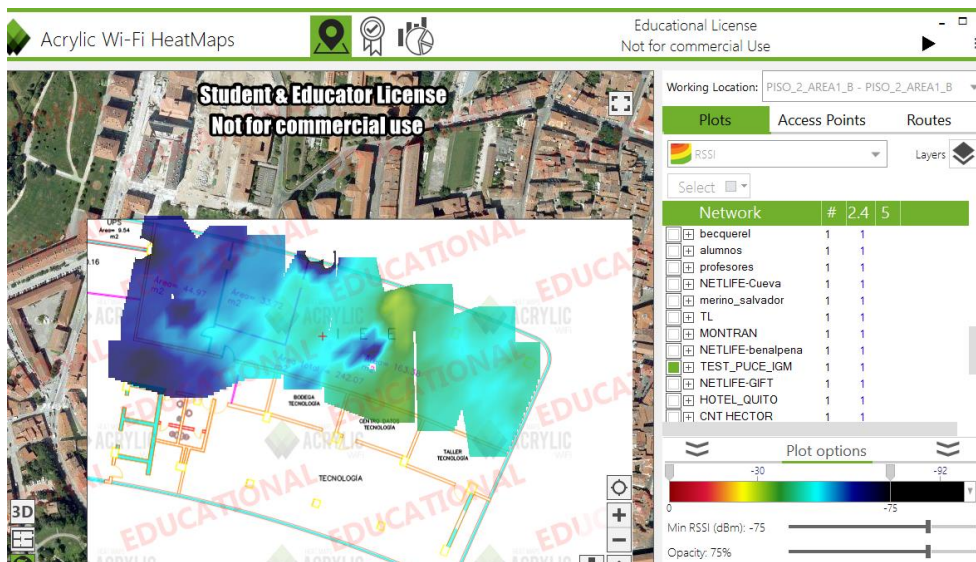


Figura 33. Cobertura del punto de acceso Segunda Planta- IEE (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

**-AP pasillo**

\* **Intensidad de la señal TEST\_PUCE\_IGM por punto de acceso**

-29 dBm puntos más cercanos al AP

-75 dBm puntos más lejano de AP

\* **Cobertura del Puntos de Acceso:**



Figura 34. Cobertura del punto de acceso primera planta -pasillo (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

**AP Gestión Geográfica A:**

\* **Intensidad de la señal TEST\_PUCE\_IGM por punto de acceso**

-30 dBm puntos más cercanos al AP

-75 dBm puntos más lejano de AP

\* **Cobertura del Puntos de Acceso:**



### AP Investigación y desarrollo:

- \* **Intensidad de la señal TEST\_PUCE\_IGM por punto de acceso**

-31 dBm puntos más cercanos al AP

-75 dBm puntos más lejano de AP

- \* **Cobertura del Puntos de Acceso:**

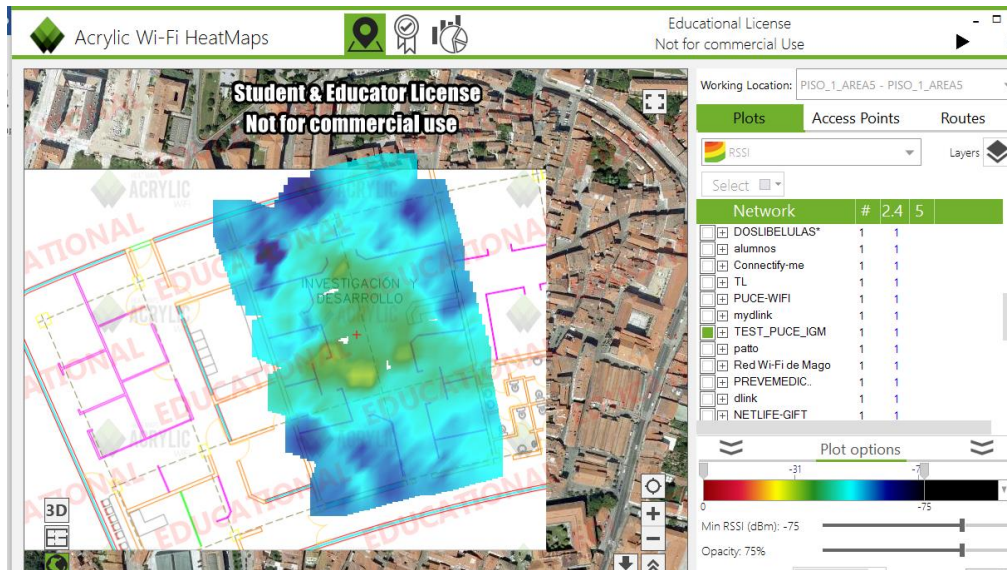


Figura 37. Cobertura del punto de acceso primera planta - Investigación y Desarrollo (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

### AP Talento Humano:

- \* **Intensidad de la señal TEST\_PUCE\_IGM por punto de acceso**

-36 dBm puntos más cercanos al AP

-75 dBm puntos más lejano de AP

- \* **Cobertura del Puntos de Acceso:**

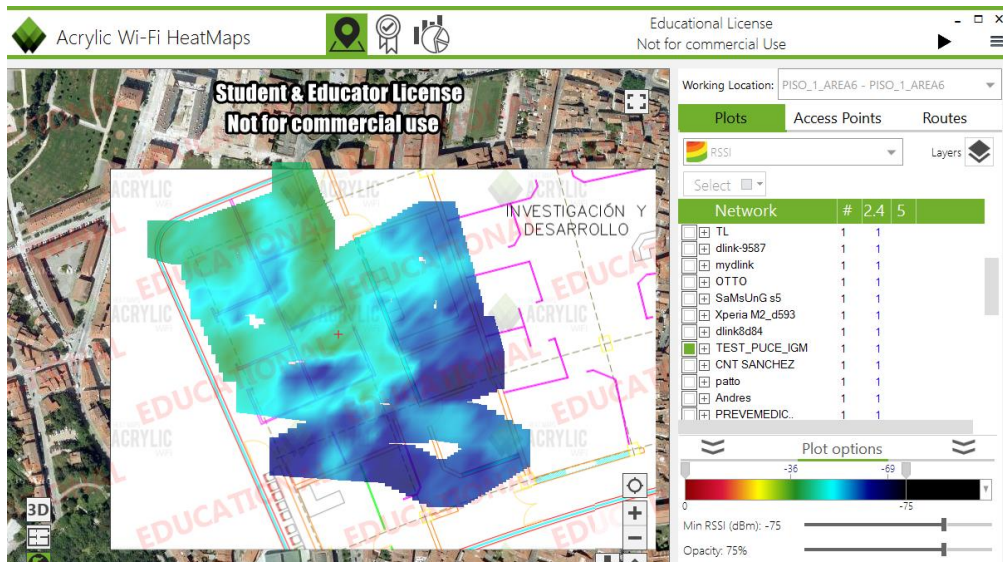


Figura 38. Cobertura del punto de acceso primera planta - Talento Humano (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

- **Planteamiento de la solución**
  - ✓ **Equipamiento -hardware**

Tabla 3. Hardware - solución Wireless

EQUIPAMIENTO -HARDWARE PROPUESTO		
ITEM	CANT	DESCRIPCION
<b>CONTROLADORA</b>		
1	1	AIR-CT2504-25-K9/Cisco AIR-CT2504-25-K9 2504 Wireless Controller + licencia para 25 Access Points. Support for up to 75 access points and 1000 clients
2	1	SMARTNET -CON-SNTP-CT255 1 AÑO 24X7X4
<b>ACCESS POINT</b>		
3	51	AIR-CAP1702I-A-K9/ 802.11ac SAP; 3x3:2SS; Int Ant; A Reg Domain
4	51	K9 SMARNET -AIR-CAP1702I-A- 1 AÑO 24X7X4
5	1	25 Access Point Adder License for Cisco 2504 Wireless Controller (e-Delivery)

#### Características de los equipos

- AIR-CT2504-25-K9/Cisco AIR-CT2504-25-K9 2504 Wireless Controller + licencia para 25 Access Points.
  - ✓ Soporta for up to 75 access
  - ✓ 1000 clients
- AIR-CAP1702I-A-K9/ 802.11ac SAP; 3x3:2SS; Int Ant; A Reg Domain
  - ✓ Dual-Band: 2.4Ghz – 5Ghz
  - ✓ Antenas internas
  - ✓ Up to 867 Mbps

- ✓ 3x3:2SS: 802.11ac Wave 1 Soporte con 3x3 multiple input and multiple output (MIMO) y dos spatial streams

Tabla 4. Distribución de access point en las áreas del IGM

DISTRIBUCION DE ACCESS POINT		
CENTRO CULTURAL	SUBSUELO	1
	PLANTA BAJA	3
	PLANTA ALTA	2
EDIFICIO PRINCIPAL	SUBSUELO	2
	PLANTA BAJA	9
	PRIMERA PLANTA	7
	SEGUNDA PLANTA	7
	TERCERA PLANTA	7
	CUARTA PLANTA	7
SEGURIDAD DOCUMENTAL	PLANTA ALTA	2
	PLANTA BAJA	1
ARCHIVO GENERAL		1
BODEGAS DEL IGM		1
COCINA		0
DORMITORIO DE OFICIALES		1
PREVENCION		0
<b>TOTAL</b>		<b>51</b>

### ✓ Presupuesto Referencial

Tabla 5. Presupuesto referencia solución Wireless (Huilcamaigua Quishpe, 2016)

PRESUPUESTO REFERENCIAL				
ITE	CAN	DESCRIPCION	V.UNITARI	V. TOTAL
1	1	AIR-CT2504-25-K9/Cisco AIR-CT2504-25-K9 2504 Wireless Controller + licencia para 25 Access Points. Support for up to 75 access points and 1000 clients	\$ 7.063,75	\$ 7.063,75
2	1	SMARTNET -CON-SNTP-CT255 1 AÑO 24X7X4	\$ 343,75	\$ 343,75
3	51	AIR-CAP1702I-A-K9/ 802.11ac SAP; 3x3:2SS; Int Ant; A Reg Domain	\$ 762,19	\$ 38.871,56
4	51	K9 SMARNET -AIR-CAP1702I-A- 1 AÑO 24X7X4	\$ 60,00	\$ 3.060,00
5	1	25 Access Point Adder License for Cisco 2504 Wireless Controller (e-Delivery)	\$ 4.687,50	\$ 4.687,50
6	1	Instalación, configuración y puesta en marcha	\$ 3.125,00	\$ 3.125,00
			SUBTOTAL	\$ 57.151,56
			14% IVA	\$ 8.001,22
			TOTAL	\$ 65.152,78

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones:

- Actualmente existen varias herramientas de software para site survey con licenciamiento propietario o en algunos casos su uso es través de la modalidad de licenciamiento educativo, éstas permiten la captura de datos, análisis y generación de documentación para la toma de decisiones, podemos destacar Ekahau Wi-Fi Planning and Site Surveys, AirMagnet Survey de NETSCOUT, iBwave Wi-Fi y Acrylic Wi-Fi HeatMaps cuyo costo oscila entre \$4000 a \$7000 dólares.
- Se eligió Acrylic Wi-Fi HeatMaps para el estudio de despliegue de redes inalámbricas en el IGM, puesto que es una herramienta que da la opción de utilizarla con licencia educativa de tal forma que permite estimar sobrelapamiento de canal, interferencia co-canal, mapas de cobertura, y presentar un documento entregable para análisis y toma de decisiones.
- Es importante evaluar el sitio en el cual se va a implantar una red inalámbrica, identificar la infraestructura civil, áreas que requieren cobertura de red, densidad de usuarios por área; el levantamiento de información realizado en el IGM demandó proponer equipos tipo empresarial (enterprise) con un alto performance y densidad de usuarios media, equipos del fabricante CISCO.
- Los planos arquitectónicos son esenciales en la realización de un site survey puesto que permiten sectorizar e identificar las áreas para la ejecución de pruebas en tiempo real con la herramienta seleccionada para la toma de datos.
- Se evaluó las características, funcionalidades, cobertura y alcance de los equipos propuestos a través de pruebas físicas en sitio y uso de la herramienta Acrylic HeatMaps.
- Se elaboró una propuesta técnica y económica para el sistema inalámbrico del “INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR”, acorde a los parámetros analizados en sitio.
- Existe factibilidad técnica del diseño para ser aplicado en el edificio del “INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR”.

### Recomendaciones:

- Realizar el site survey en horarios laborables pues en estos horarios se tendrá una densidad de personas cercana a escenarios reales en producción considerando que los seres humanos pueden causar interferencia en la propagación de la señal.
- Para realizar el site survey se debe colocar los equipos en ubicaciones cercanas a la realidad, respetando alturas y separación de estructura civil tales como paredes,

divisiones de estaciones de trabajo, de esta forma la toma de datos será similar al escenario en producción.

- Se recomienda la utilización de planos en AutoCAD pues estos permiten tener medidas reales del sitio objeto de estudio a diferencia de fotografías que consideran áreas referenciales sin medidas.
- Se recomienda la configuración de un SSID identificado para pruebas en la configuración de los equipos AP, pues esta será la referencia para la toma de datos con la herramienta seleccionada.
- Se recomienda tomar la mayor cantidad de puntos referenciales durante el recorrido de escaneo en las áreas físicas para tener una mayor data de análisis.
- Para el escaneo y toma de datos se recomienda segmentar los planos a utilizarse en la herramienta Acrylic Wifi HeatMaps en áreas físicas específicas de esta forma se obtendrán mapas de cobertura con una mayor presión.
- Se recomienda segmentar el plano en Realizar configuraciones “enterprise mesh” en el controller en los casos donde no existen puntos de red.
- Instalar puntos de red en los sitios donde los access point van a depender del controlador inalámbrico.
- Evaluar la colocación de equipos switch de acceso con soporte de POE+ para evitar la instalación de puntos eléctricos.
- Aprovechar la infraestructura instalada para crecimiento futuro.
- Considerar aspectos adicionales a los indicados en este documento para la seguridad física de los equipos a instalarse, en lugares de alto tráfico de personas ajeno a la institución.
- Seguir las recomendaciones del fabricante para anclaje y mantenimiento de los equipos.
- Considerar la adquisición / renovación de garantía extendida para reemplazo de partes y piezas con el fabricante con el objetivo de mantener la disponibilidad del servicio inalámbrico en caso de incidentes que involucren fallas de hardware.

## Índice de tablas

Tabla 1. Evolución del estándar 802.11, (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	12
Tabla 2. Análisis datos capturados en Centro Cultural (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	41
Tabla 3. Hardware - solución Wireless .....	49
Tabla 4. Distribución de access point en las áreas del IGM .....	50
Tabla 5. Presupuesto referencia solución Wireless (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	50

## Índice de Figuras

Figura 1. Canales de comunicación Wireless, (Aransay, Francisco Milagro Lardiés / Alberto Los Santos, 2009) .....	14
Figura 2. IEEE 802.11n (2.4-GHz Band), (Cisco, s.f.) .....	15
Figura 3. IEEE 802.11n (5-GHz Band), (Cisco, s.f.) .....	16
Figura 4. Comparación 2.4 GHz vs 5 GHz (ALCATEL, 2016) .....	16
Figura 5. Tipo de antenas, (Deke Guo National University of Defense Technology, 2012) .....	17
Figura 6. Cuadrante Mágico para la infraestructura de conexión de cable y acceso a LAN inalámbrica, (Gartner, 2015) .....	19
Figura 7. Señal Ruido (Constantino Pérez Vega, 2007) .....	24
Figura 8. Relación Señal-Ruido, (ROMERA 2014, s.f.) .....	24
Figura 9. Distancia y rangos de cobertura entre los dispositivos, (WIFISAFE, s.f.) .....	24
Figura 10. Zona Muerta en redes inalámbricas (Linsys, s.f.) .....	25
Figura 11. Ancho de Banda, (UNIVERSIDAD DEL CEMA, Buenos Aires , 2015) .....	27
Figura 12. Teorema de Nyquist, (Edison Coimbra , 2010) .....	27
Figura 13. Capacidad de Shannon, (Edison Coimbra , 2010) .....	28
Figura 14. Eficiencia Espectral, (Escuela Politecnica Nacional ,MÓNICA PAULINA CADME SAMANIEGO , 2006) .....	28
Figura 15. Envíos chipset wifi y la penetración de 802.11n, (HP ARUBA, s.f.) .....	30
Figura 16. Previsión de Envíos chipset WIFI 802.11ac, (HP ARUBA, s.f.) .....	30
Figura 17. Delimitación del área implantación del IGM (OpenStreetMap, 2016) .....	31
Figura 18. Plano arquitectónico Centro Cultural PB (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	36
Figura 19. Software Wifi Analyzer (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	36
Figura 20. Acrylic Wifi-HeatMaps ruta de recorrido Centro Cultural PB (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	37
Figura 21. Mapa de cobertura Centro Cultural IGM (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	38
Figura 22. Solapamiento de canal Centro Cultural IGM (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	38
Figura 23. Interferencia Co-canal Centro Cultural PB (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	39
Figura 24. Cobertura del punto de acceso Centro Cultural- Planetario (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	39
Figura 25. Cobertura del punto de acceso Centro Cultural - Sala 2 (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	40
Figura 26. Cobertura del punto de acceso Centro Cultural - entrada columna (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	40
Figura 27. Mapa de cobertura 3 AP Centro Cultural PB (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	41

Figura 28. Plano arquitectónico Primera Planta Edificio Principal (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	42
Figura 29. Acrylic Wifi-HeatMaps ruta de recorrido Primera planta - Investigación y desarrollo (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	43
Figura 30. Acrylic Wifi-HeatMaps ruta de recorrido Primera Planta -Gestión Geografica (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	43
Figura 31. Acrylic Wifi-HeatMaps ruta de recorrido Primera Planta - Gestion Geografica (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	44
Figura 32. Cobertura del punto de acceso Segunda Planta -Tecnología (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	45
Figura 33. Cobertura del punto de acceso Segunda Planta- IEE (Huilcamaigua Quishpe, 2016)	45
Figura 34. Cobertura del punto de acceso primera planta -pasillo (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	46
Figura 35. Cobertura del punto de acceso primera planta -Gestión Geográfica A (Huilcamaigua Quishpe, 2016).....	47
Figura 36. Cobertura del punto de acceso primera planta Gestión Geográfica B (Huilcamaigua Quishpe, 2016).....	47
Figura 37. Cobertura del punto de acceso primera planta - Investigación y Desarrollo (Huilcamaigua Quishpe, 2016) .....	48
Figura 38. Cobertura del punto de acceso primera planta - Talento Humano (Huilcamaigua Quishpe, 2016).....	49
Figura 39. Diseño Arquitectónico Subsuelo Centro Cultural (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	60
Figura 40. Diseño Arquitectónico PB Centro Cultural (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	60
Figura 41. Diseño Arquitectónico Planta Alta Centro Cultural (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	61
Figura 42. Diseño Arquitectónico Edif. Principal Subsuelo (Instituto Geográfico Militar, 2016)	61
Figura 43. Diseño Arquitectónico Edif. Principal PB (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	62
Figura 44. Diseño Arquitectónico Edif. Principal Piso 1 (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	62
Figura 45. Diseño Arquitectónico Edif. Principal Piso 2 (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	62
Figura 46. Diseño Arquitectónico Edif. Principal Piso 3 (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	63
Figura 47. Diseño Arquitectónico Edif. Principal Piso 4 (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	63
Figura 48. Diseño Arquitectónico Seguridad Documental PB (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	63
Figura 49. Diseño Arquitectónico Seguridad Documental Planta Alta (Instituto Geográfico Militar, 2016).....	64
Figura 50. Diseño Arquitectónico Archivo General (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	64
Figura 51. Diseño Arquitectónico Bodegas (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	64
Figura 52. Diseño Arquitectónico Cocina (Instituto Geográfico Militar, 2016) .....	65
Figura 53. Diseño Arquitectónico Dormitorios Oficiales (Instituto Geográfico Militar, 2016) ...	65

## Bibliografía

- ACRYLIC. (2016). *ACRYLIC*. Retrieved from <https://www.acrylicwifi.com/software/escaner-wifi-acrylic-wifi-gratuito/>
- Acrylic Wifi. (2016). *Informe de site survey WiFi*. Retrieved from <https://www.acrylicwifi.com/software/analisis-cobertura-wifi-acrylic-heatmaps-mapas-de-cobertura/informe-de-site-survey-wifi-con-heatmaps/>
- ALCATEL. (2016). *Networking: 6 things to know before choosing the right Wi-Fi for your business*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=qm2fe5bFYGY&elqTrackId=a437df633796469d80e38a60637d0ec9&elq=d9f31660bc20426a907b72b3b978f1e9&elqaid=8898&elqat=1&elqCampaignId=3254>
- Aransay, Francisco Milagro Lardiés / Alberto Los Santos. (2009, Junio). *Comparativa de IEEE 802.11 e IEEE 802.16: capas física y de enlace*. Retrieved from *Comparativa de IEEE 802.11 e IEEE 802.16: capas física y de enlace*: <http://www.albertolsa.com/wp-content/uploads/2009/07/ria-comparativa-de-ieee-80211-e-ieee80216-francisco-y-alberto.pdf>
- Aruba, a Hewlett Packard Enterprise company. (2016, Abril). *The Business Value of Securing*. Retrieved from [arubanetworks.com: http://page.arubanetworks.com/Q3FY16\\_IDCBVWhitePaper\\_Reg.html?campaign=AMER\\_Global%20Campaigns\\_%20AT\\_IDC%20BVWP\\_Q3FY16&source=WWWbanner&leadtype=security&var=homepageB](http://page.arubanetworks.com/Q3FY16_IDCBVWhitePaper_Reg.html?campaign=AMER_Global%20Campaigns_%20AT_IDC%20BVWP_Q3FY16&source=WWWbanner&leadtype=security&var=homepageB)
- Cisco. (1992). *Lo que usted necesita saber sobre redes inalámbricas*. Retrieved from [http://www.cisco.com/c/dam/global/es\\_mx/assets/ofertas/desconectadosanonimos/wireless/pdfs/brochure\\_wireless.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/assets/ofertas/desconectadosanonimos/wireless/pdfs/brochure_wireless.pdf)
- CISCO. (2008). *Antena del Omni contra la antena direccional*. Retrieved from [http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/102/1027/1027722\\_omni-vs-direct.pdf](http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/102/1027/1027722_omni-vs-direct.pdf)
- Cisco. (2014, Marzo). *802.11ac: The Fifth*. Retrieved from *Technical White Paper*: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-3600-series/white\\_paper\\_c11-713103.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-3600-series/white_paper_c11-713103.html)
- CISCO. (2016, Agosto). *Cisco 2500 Series Wireless Controllers*. Retrieved from [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/2500-series-wireless-controllers/data\\_sheet\\_c78-645111.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/2500-series-wireless-controllers/data_sheet_c78-645111.html)
- CISCO. (2016, Julio). *Cisco Aironet 1700 Series Access Points*. Retrieved from <http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1700-series/datasheet-c78-732347.html>
- Cisco Certified Network Associate. (n.d.). *CCNA Cisco Certified Network Associate*. Retrieved from <http://www.ie.itcr.ac.cr/acotoc/CISCO/Discovery%201/12.pdf>

- CISCO. (n.d.). *Gran Hotel Princesa Sofía en Barcelona – Cadena Hotelera Expo Hoteles & Resorts*. Retrieved from [http://www.cisco.com/c/dam/global/es\\_es/solutions/publicaciones/caso-practico/11-07-cadena-hotelera-princesa-sofia.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/global/es_es/solutions/publicaciones/caso-practico/11-07-cadena-hotelera-princesa-sofia.pdf)
- Cisco. (n.d.). *Radio Channel Frequencies*. Retrieved from <http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/access/3200/software/wireless/3200-WirelessConfigGuide/RadioChannelFrequencies.pdf>
- Cisco. (n.d.). *Radio Channel Frequencies*. Retrieved from <http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/access/3200/software/wireless/3200-WirelessConfigGuide/RadioChannelFrequencies.pdf>
- Computerworld EEUU. (2015, Noviembre). *h1Cómo configurar los canales WiFi para un mejor rendimiento de la red*. Retrieved from <https://jmvinaza.wordpress.com/2015/11/05/cmo-configurar-los-canales-wifi-para-un-mejor-rendimiento-de-la-red/>
- Constantino Pérez Vega, J. M. (2007, Mayo). *Sistemas de Telecomunicaciones*. Retrieved from <http://personales.unican.es/perezvr/pdf/Compilacion4.pdf>
- CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REMINGTON. (2011). *Redes y Comunicaciones*. Retrieved from [https://www.academia.edu/7566722/Redes\\_y\\_Comunicacion](https://www.academia.edu/7566722/Redes_y_Comunicacion)
- Deke Guo National University of Defense Technology. (2012, Febrero). *Multiple-Input-Multiple-Output*. Retrieved from [http://www.ntu.edu.sg/home/limo/seminar/MIMO\\_Deke.pdf](http://www.ntu.edu.sg/home/limo/seminar/MIMO_Deke.pdf)
- Digi-Key Electronics . (2012, Mayo). *¿Cuál es la diferencia entre una LAN inalámbrica de 2.4 GHz y 5 GHz en aplicaciones industriales?* Retrieved from <http://www.digikey.com/es/articles/techzone/2012/may/what-is-the-difference-between-24-ghz-and-5-ghz-wireless-lan-in-industrial-applications>
- Edison Coimbra . (2010, Julio ). *Señales Digitales y capacidad de canal* . Retrieved from [http://coimbraweb.com/documentos/digital/4.1\\_senal\\_digitalycanal.pdf](http://coimbraweb.com/documentos/digital/4.1_senal_digitalycanal.pdf)
- EL COMERCIO. (2014, Noviembre). *Más zonas Wi-Fi gratuitas en las ciudades del Ecuador*. Retrieved from <http://www.elcomercio.com/actualidad/zonas-wifi-gratis-ecuador.html>
- EPN.FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA. (2016, Marzo). *ESTUDIO, PRUEBAS Y SIMULACION DEL ESTANDAR IEEE 802.11AC BASANDOSE EN MU-MIMO (MIMO MULTIUSER)*.
- Escuela Politecnica Nacional ,MÓNICA PAULINA CADME SAMANIEGO . (2006, Septiembre ). *PROPUESTA DE REGULACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DE REDES CON TECNOLOGÍA INALÁMBRICA WIMAX EN EL ECUADOR*. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/387/1/CD-0359.pdf>

- Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática Universidad de Valladolid. (2002). *Redes Inalámbricas*. Retrieved from <http://www.blyx.com/public/wireless/redesInalambricas.pdf>
- Francisco López Ortiz. (2010). *El estándar IEEE 802.11 Wireless LAN*. Retrieved from El estándar IEEE 802.11 Wireless LAN: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301120/2014\\_II\\_LECCION\\_EVALUATIVA1.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301120/2014_II_LECCION_EVALUATIVA1.pdf)
- Gartner. (2015, Septiembre). *Magic Quadrant for the Wired and Wireless LAN Access Infrastructure*. Retrieved from <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-2MA78JC&ct=150901>
- GLOBB SECURITY - Monica Valle . (2015, Junio). *Las redes inalámbricas son los puntos débiles de las empresas*. Retrieved from <http://globbsecurity.com/las-redes-inalambricas-son-los-puntos-debiles-de-las-empresas-33501/>
- GUALOTO ROBERTO ALEMAN PEDRO . (n.d.). *“TENDENCIAS DE ANTENAS PARA COMUNICACIONES INALÁMBRICAS”* . Retrieved from <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fclusterfie.epn.edu.ec%2Fibernal%2Fhtml%2FCURSOS%2FOct05Marzo06%2FInalambricas%2FTrabajo1%2FPaper%2FPaper7.doc>
- HEAT MAPS ACRYLIC WIFI. (2016, Junio). *Heat Maps Acrylic Wifi Manual de uso*. Retrieved from <https://www.acrylicwifi.com/wp-content/uploads/2016/06/Acrylic-WiFi-Heatmaps-v3-Manual-de-Usuario-2016.pdf><https://www.acrylicwifi.com/wp-content/uploads/2016/06/Acrylic-WiFi-Heatmaps-v3-Manual-de-Usuario-2016.pdf>
- Hewlett Packard Enterprise company. (2016). *Aruba, a Hewlett Packard Enterprise company*. Retrieved from Aruba, a Hewlett Packard Enterprise company: <http://www.arubanetworks.com/es/hp-adquirira-aruba-networks-para-crear-un-lider-en-el-sector-de-la-movilidad-empresarial/>
- HP ARUBA. (n.d.). *802.11ac In-Depth*. Retrieved from [http://www.arubanetworks.com/pdf/technology/whitepapers/WP\\_80211acInDepth.pdf](http://www.arubanetworks.com/pdf/technology/whitepapers/WP_80211acInDepth.pdf)
- Huilcamaigua Quishpe, J. E. (2016).
- IEEE STANDARDS ASSOCIATION. (2012, Marzo). *IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks—Specific requirements*. Retrieved from Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2012.pdf>
- INNOVACION Y EXPERIENCIAS EDUCUATIVAS. (2010, Marzo). *REDES INALAMBRICAS: WIRELESS* . Retrieved from [http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod\\_ense/revista/pdf/Numero\\_28/MARIA\\_TERESA\\_GARZON\\_2.pdf](http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_28/MARIA_TERESA_GARZON_2.pdf)

- Instituto Geográfico Militar. (2016). Planos Arquitectónicos. Quito.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2013, 12). *Tecnologías de la Información y Comunicación-TIC*. Retrieved from Instituto Nacional de Estadística y Censos: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/TIC/Resultados\\_principales\\_140515.Tic.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/Resultados_principales_140515.Tic.pdf)
- Jaramillo Vinuesa, Edgar Daniel. (2016). *DISEÑO DE UNA RED WIFI PARA BRINDAR SERVICIOS DE INTERNET INALÁMBRICO A LA FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIA APLICADAS*. Retrieved from [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23057/1/EC\\_t1113mif.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23057/1/EC_t1113mif.pdf)
- Linsys. (n.d.). *Extensor de red*. Retrieved from <http://www.linksys.com/es/p/P-RE6400/>
- Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. (2015, Febrero). *LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES*. Retrieved from TERCER SUPLEMENTO: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Org%C3%A1nica-de-Telecomunicaciones.pdf>
- OpenStreetMap. (2016). *OpenStreetMap*. Retrieved from <https://www.openstreetmap.org/#map=5/51.500/-0.100>
- Registro Oficial. (2015, Febrero). *LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES*. Retrieved from TERCER SUPLEMENTO.
- ROMERA 2014. (n.d.). *Control del ruido visual* . Retrieved from <http://es.slideshare.net/ManuelRomera1/ruido-visual-enpresentaciones>
- Santiago Pérez, Gustavo Mercado, Higinio Facchini, Alejandro Dantiacq, Gastón Cangemi GRID TICs (Grupo UTN de Investigación y Desarrollo en TICs Laboratorio de Análisis de Tráfico y Seguridad Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional. (2016, Junio). *Análisis Comparativo de métricas de QoS de Redes Wi-Fi 802.11e con Capa Física 802.11n y 802.11ac*. Retrieved from [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52758/Documento\\_completo.11econ%20Capa%20F%C3%ADsica%20802.11n%20y%20802.11ac.pdf-PDFA.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52758/Documento_completo.11econ%20Capa%20F%C3%ADsica%20802.11n%20y%20802.11ac.pdf-PDFA.pdf?sequence=1)
- The Abdus Salam International Centre for Theoretical physics. (2010, Junio). *Introducción a las redes WiFi*. Retrieved from [http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/05-Introduccion\\_a\\_las\\_redes\\_WiFi-es-v2.3-notes.pdf](http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/05-Introduccion_a_las_redes_WiFi-es-v2.3-notes.pdf)
- UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO . (2007, Mayo). *Redes Inalámbricas Wireless LAN*. Retrieved from <http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Redes%20inalambricas%20wireless%20LAN.pdf>
- UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, Zambrano Cáceres Paula Andrea. (2015). *Análisis del impacto de la migración 3G a 4G en la modernización de los*

*equipos de telecomunicaciones utilizados en radiobases por las operadoras móviles en el Ecuador.* Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3930/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-98.pdf>

UNIVERSIDAD DEL CEMA, Buenos Aires . (2015, Diciembre). *Los Tres Teoremas Fourier - Nyquist- Shannon.* Retrieved from <http://www.ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/582.pdf>

Universidad Manuela Beltrán. (2005, Diciembre). *Análisis de la calidad de señal en una red wifi con la herramienta netstumbler.* Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/304/30400708.pdf>

Valdez, Alberto D.; Miranda, Carlos A.; Schlesinger, Paola L.; Chiozza, Juan A.; Miranda, Carlos V. (\*). (2016). *Antenas en Sistemas Inalámbricos de Comunicaciones Digitales.* Retrieved from <http://redbiblio.unne.edu.ar/ojsunne/index.php/eitt/article/view/277>

WIFISAFE. (n.d.). *Factores que afectan al funcionamiento de las redes Wireless.* Retrieved from <https://www.wifisafe.com/blog/factores-afectan-al-funcionamiento-de-las-redes-wireless/>

## Anexos:

### Anexo 1

- ✓ Centro Cultural
  - Subsuelo

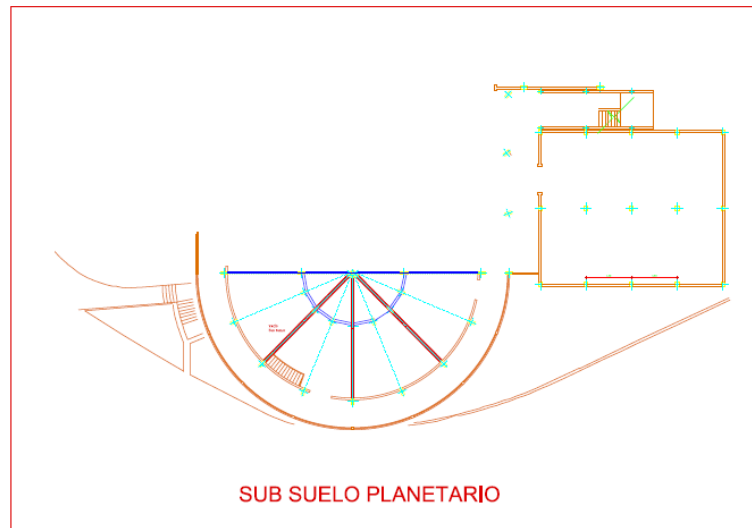


Figura 39. Diseño Arquitectónico Subsuelo Centro Cultural (Instituto Geográfico Militar, 2016)

- Planta Baja

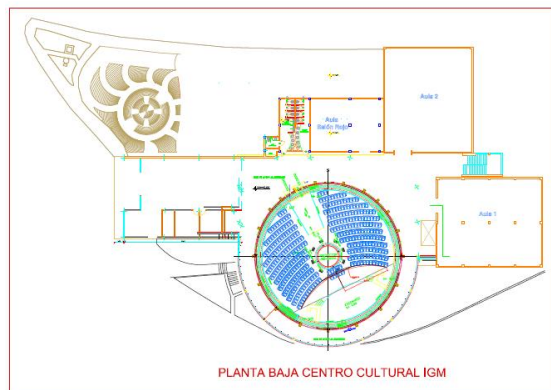


Figura 40. Diseño Arquitectónico PB Centro Cultural (Instituto Geográfico Militar, 2016)

- Planta Alta

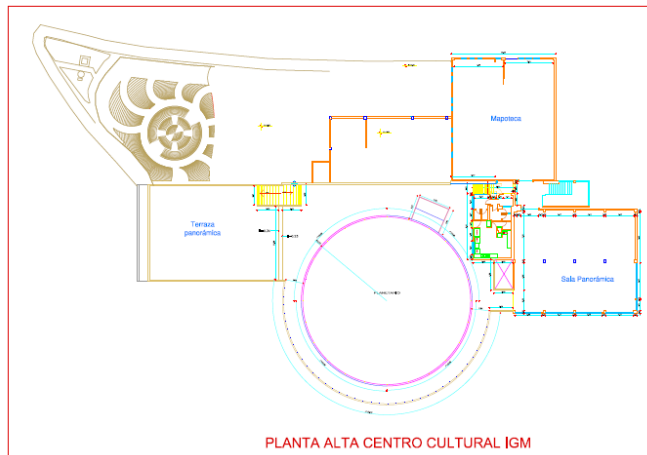


Figura 41. Diseño Arquitectónico Planta Alta Centro Cultural (Instituto Geográfico Militar, 2016)

- ✓ Edificio Principal

- Subsuelo



Figura 42. Diseño Arquitectónico Edif. Principal Subsuelo (Instituto Geográfico Militar, 2016)



- Tercera Planta



Figura 46. Diseño Arquitectónico Edif. Principal Piso 3 (Instituto Geográfico Militar, 2016)

- Cuarta Planta

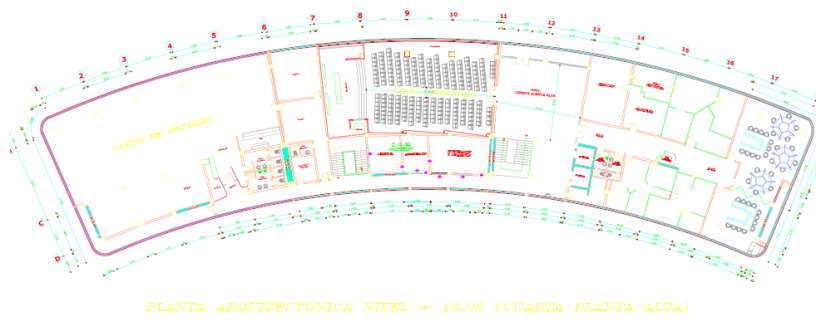


Figura 47. Diseño Arquitectónico Edif. Principal Piso 4 (Instituto Geográfico Militar, 2016)

- ✓ Seguridad Documental

- Planta Baja

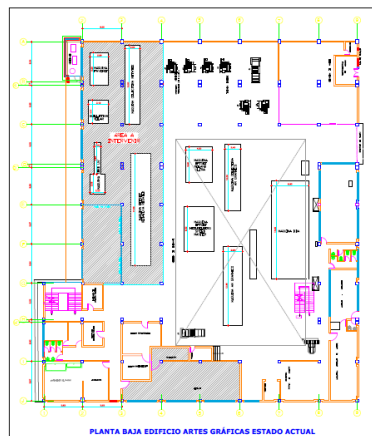


Figura 48. Diseño Arquitectónico Seguridad Documental PB (Instituto Geográfico Militar, 2016)

- Planta Alta

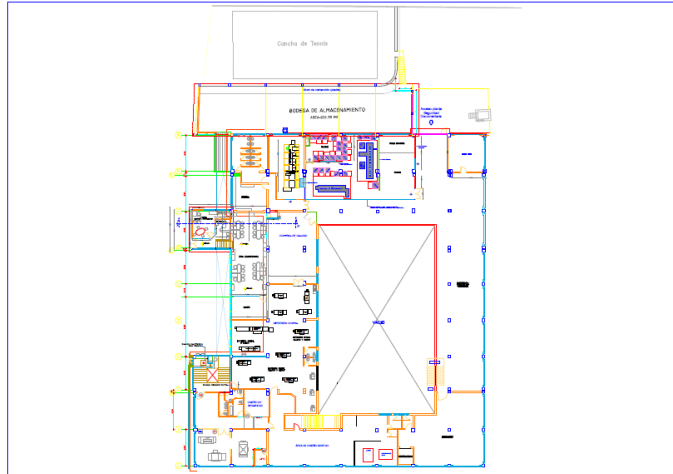


Figura 49. Diseño Arquitectónico Seguridad Documental Planta Alta (Instituto Geográfico Militar, 2016)

✓ Archivo general

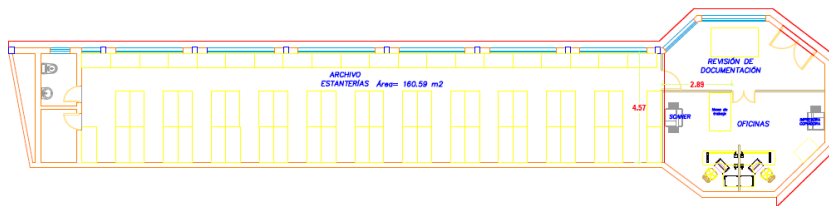


Figura 50. Diseño Arquitectónico Archivo General (Instituto Geográfico Militar, 2016)

✓ Bodegas del IGM

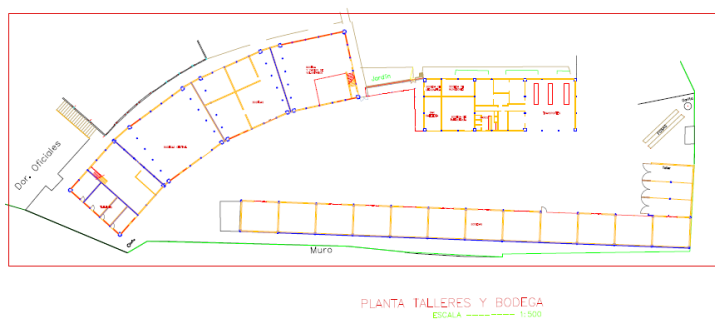


Figura 51. Diseño Arquitectónico Bodegas (Instituto Geográfico Militar, 2016)

✓ Cocina – Comedor

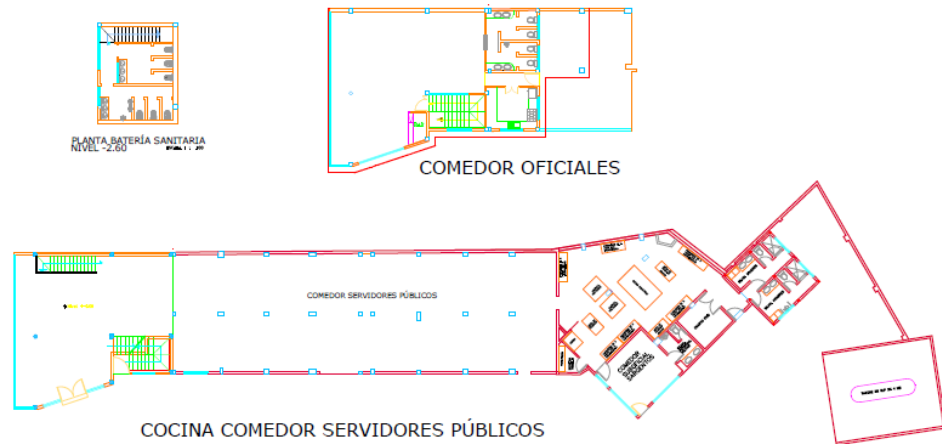


Figura 52. Diseño Arquitectónico Cocina (Instituto Geográfico Militar, 2016)

✓ Dormitorio de oficiales

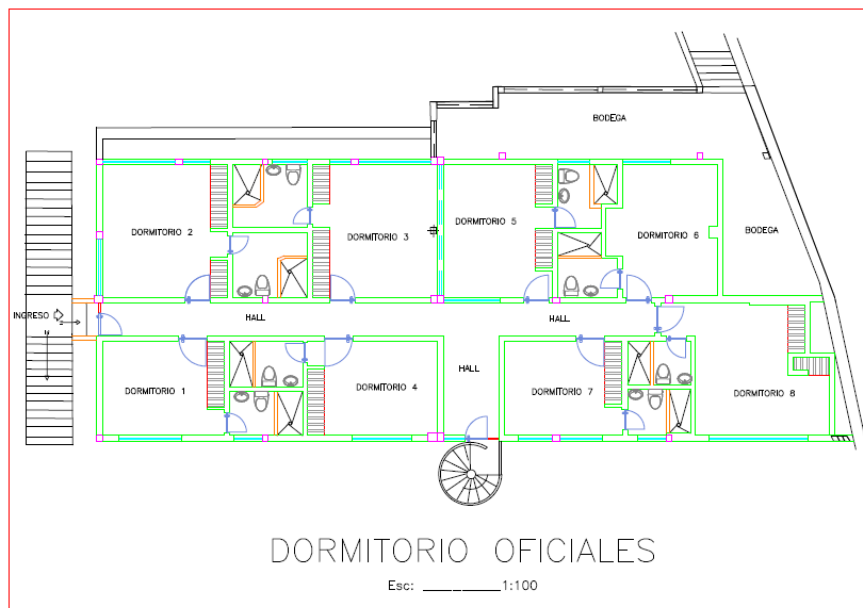


Figura 53. Diseño Arquitectónico Dormitorios Oficiales (Instituto Geográfico Militar, 2016)

✓ Prevención

