

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”**

TEMA DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
DEBERA (N) DESARROLLAR C. ENRIQUE GASPAR ALEJANDRO
C. THALIA SHENDEL NIETO CARMONA

“PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA PARA LA ESIME ZACATENCO”

REALIZAR UNA PROPUESTA DE DISEÑO DE RED INALÁMBRICA PARA LA ESIME ZACATENCO UTILIZANDO LA NORMA 802.11 AC PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD.

- ❖ FUNDAMENTOS DE REDES INALÁMBRICAS
- ❖ ESPECIFICACIONES DEL ESTÁNDAR 802.11AC.
- ❖ DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA
- ❖ IMPLEMENTACIÓN

CIUDAD DE MÉXICO, A 01 DE MARZO DEL 2018.

ASESORES



ING. JULIO DELGADO PÉREZ



ING. GUILLERMO SANTILLÁN GUEVARA



DR. SALVADOR RICARDO MENESES GONZÁLEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA



Autorización de uso de obra.

Instituto Politécnico Nacional

Presente

Bajo protesta de decir verdad el que suscribe **Gaspar Alejandro Enrique y Nieto Carmona Thalia Shendel** manifiesto ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada “**Propuesta de diseño de una red inalámbrica para la ESIME Zacatenco**” en adelante “**La Tesis**” y de la cual se adjunta copia, por lo que por medio de la presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgo a el **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**, en adelante **EL IPN**, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales un impreso y un disco para la consulta y aportación del desarrollo del proyecto “**La Tesis**” por un periodo de **1 año** contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovara automáticamente en caso de no dar aviso a **EL IPN** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **EL IPN** deberá reconocer en todo momento mi calidad de autor de “**La Tesis**”.

Adicionalmente, y en mi calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de “**La Tesis**”, manifiesto que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por el suscrito respecto de “**La Tesis**”, por lo que deslindo de toda responsabilidad a **EL IPN** en caso de que el contenido de “**La Tesis**” o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumo las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

México, Ciudad de México., a 13 de abril de 2018.

Atentamente



Gaspar Alejandro Enrique



Nieto Carmona Thalia Shendel



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LOPEZ MATEOS”

INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

**“Propuesta de diseño de una red inalámbrica para la
ESIME Zacatenco”**

PRESENTAN:

**Gaspar Alejandro Enrique
Nieto Carmona Thalia Shendel**

ASESORES:

**Prof. Julio Delgado Pérez
M. en C. Guillermo Santillán Guevara**



INDICE

Objetivo General	I
Objetivos Especificos	II
Justificación	III
Planteamiento del problema	IV
Introducción	V

CAPITULO 1.- FUNDAMENTOS DE REDES INALÁMBRICAS

1.1 . ELEMENTOS DE UNA RED INALÁMBRICA	2
1.1.1. PUNTO DE ACCESO	2
1.1.2. ADAPTADOR INALÁMBRICO	2
1.1.3. ANTENA.....	2
1.2. ANTENAS.....	2
1.3. TIPOS DE ANTENAS.....	2
1.3.1. ANTENAS SECTORIALES.....	2
1.3.2. ANTENA DE PARCHE.....	2
1.3.3. ANTENA PARABÓLICA.....	3
1.3.4. ANTENA YAGUI.....	3
1.3.5. ANTENAS CASERAS.....	3
1.3.6. ANTENA OMNIDIRECCIONALES.....	3
1.4. CONECTORES.....	3
1.4.1. CONECTOR TIPO N.....	4
1.4.2. CONECTOR TIPO BNC.....	4
1.4.3. CONECTOR TIPO SMA.....	4
1.5. CABLEADO.....	5
1.6. PARÁMETROS.....	5
1.6.1. PATRÓN DE RADIACIÓN.....	5

1.6.2. DIRECTIVIDAD.....	6
1.6.3. EFICIENCIA.....	6
1.6.4. GANANCIA.....	6
1.6.5. ANCHO DE BANDA.....	6
1.6.6. POLARIZACIÓN.....	7
1.6.7. PIRE.....	7
1.7. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN SEÑAL.....	7
1.7.1. ESPECTRO RADIO ELÉCTRICO.....	7
1.7.2. DISPERSIÓN DE LA ENERGÍA.....	8
1.7.3. PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN PELICULAR.....	8
1.7.4. RUIDO IMPULSIVO.....	9
1.7.5. RUIDO DE CUANTIFICACIÓN.....	9
1.7.6. FRECUENCIA.....	9
1.7.7. POTENCIA DE LA SEÑAL.....	9
1.7.8. ATENUACIÓN.....	9
1.7.9. PÉRDIDA DE PROPAGACIÓN.....	9
1.8. DECIBEL (dB).....	10
1.8.1. dBi.....	11
1.8.2. dBm.....	11
1.9. INTERFERENCIA CO-CANAL.....	11
1.10. ECUACIONES DE MAXWELL.....	12
1.11. MODELO DE PROPAGACION DEL ESPACIO LIBRE	12

CAPÍTULO 2 ESPECIFICACIONES DEL ESTÁNDAR 802.11AC

2.1. HISTORIA DE LAS REDES INALÁMBRICAS.....	15
2.2. DEFINICIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA.....	16
2.3. TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS.....	16

2.3.1. WPAN.....	16
2.3.2. WLAN.....	17
2.3.3. WMAN.....	18
2.3.4. WWAN.....	18
2.4. ESTÁNDARES DE LAS REDES INALÁMBRICAS IEEE 802.11.....	19
2.4.1. IEEE 802.11.....	19
2.4.2. IEEE 802.11B.....	20
2.4.3. IEEE 802.11A.....	20
2.4.4. IEEE 802.11G.....	21
2.4.5. IEEE 802.11E.....	21
2.4.6. IEEE 802.11F.....	21
2.4.7. IEEE 802.11H.....	21
2.4.8. IEEE 802.11I.....	22
2.4.9. IEEE 802.11N.....	22
2.5. TÉCNICAS DE MODULACIÓN.....	23
2.5.1. FHSS.....	23
2.5.2. DSSS.....	24
2.5.3. OFDM.....	25
2.5.4. QAM.....	25
2.5.5. ASK.....	26
2.5.6. FSK.....	27
2.5.7. BFSK.....	27
2.5.8. PSK.....	28
2.5.9. APSK Ó APK.....	29
2.6. ESTANDAR 802.11 AC.....	29
2.6.1. FULL-DUPLEX.....	30
2.6.2. HALF-DUPLEX.....	31
2.7. CARACTERÍSTICAS DEL ESTÁNDAR 802.11AC.....	31

2.8. BEFORMING.....	32
2.9. TECNOLOGÍAS LPCD Y STBC.....	32
2.9.1. LDPC.....	32
2.9.2. STBC.....	32
2.10. 802.11N Y 802.11AC.....	32
2.11. DISPOSITIVOS BAJO EL ESTÁNDAR 802.11AC.....	32
2.12. FASES WAVE 1 Y WAVE 2.....	33
2.13. TECNOLOGÍA MU-MIMO.....	33
2.14. SIMBOLO DE LAS BARRAS DE WI-FI.....	34
2.15. FORMATO DE LA TRAMA PLCP.....	34
2.15.1. PREÁMBULO.....	35
2.15.2. ENCABEZADO.....	36
2.15.3. SEÑAL.....	36
2.15.4. TIPO.....	36
2.15.5. LONGITUD.....	36
2.15.6. PARIDAD.....	37
2.15.7. COLA.....	37
2.15.8. DATOS.....	37
2.15.9. SERVICIO.....	37
2.15.10. PADS.....	37
2.16. CANALES EMPLEADOS EN LAS REDES WI-FI.....	37
2.16.1. BANDA DE 2.4 Y 5 GHZ	39

CAPÍTULO 3 DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA

3.1. RESULTADOS DE LA ENCUESTA APLICADA A LA COMUNIDAD DE LA ESIME ZACATENCO.....	41
3.2. REFLEXION, REFRACCION, DIFRACCION Y ATENUACION.....	42
3.3. PLANOS DEL EDIFICIO 1.....	44

3.4. PLANOS DEL EDIFICIO Z.....	49
3.4.1 CONCLUSION DE LA UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ACCESO.....	54
3.5. MEDICION CON EL ANALIZADOR DE ESPECTRO.....	54
3.6. MAPAS DE CALOR.....	55
3.7. CONFIGURACIÓN DEL PUNTO DE ACCESO.....	57

CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN

4.1 PROPUESTA DE REUBICACIÓN DE LOS ACCESS POINT EN EL EDIFICIO 1.....	62
4.2 PROPUESTA DE UBICACIÓN DE LOS ACCESS POINT EN EL EDIFICIO Z.....	65

RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	66
---------------------------------------	-----------

GLOSARIO DE ACRONIMOS.....	68
-----------------------------------	-----------

ANEXOS

ANEXO A	74
ANEXO B	76
ANEXO C.....	82

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	92
--	-----------



OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta de diseño de red inalámbrica para la ESIME Zacatenco utilizando la norma 802.11ac para mejorar la conectividad.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar las tecnologías disponibles.
- Analizar el área en donde estará ubicada la red.
- Estudiar la cobertura de los sistemas.
- Diseñar la red de acuerdo a las necesidades del lugar.



JUSTIFICACIÓN

Proponer una solución para mejorar la cobertura de red y ampliar el servicio de red Wi-Fi en las instalaciones de la ESIME Unidad Zacatenco, debido a que no existe una red funcional para que los alumnos, docentes y personal administrativo tengan acceso a la información eficaz y oportuna



INTRODUCCIÓN

El trabajo fue desarrollado con el fin de mejorar la cobertura de red y ampliar el servicio de red Wi-Fi, puesto que no existe una red funcional para que los alumnos, docentes y personal administrativo tengan acceso a la información eficaz y oportuna.

El primer capítulo abarca todos los conceptos, teoremas, fórmulas, tablas y unidades que son necesarios conocer debido a que representan las bases de las comunicaciones, dejando ver la necesidad de solucionar un problema de infraestructura, es por eso que consideramos pertinente aplicar nuestros conocimientos proponiendo la implementación de una red inalámbrica en busca de la mejora de la ESIME.

El segundo capítulo se centra la atención en el estándar 802.11ac, por tanto se estudian las ventajas y desventajas que dicho estándar tiene sobre los otros, como por ejemplo su modulación, ancho de banda, velocidad de transferencia, capacidad de canal, etc.

El tercer capítulo incluye el diseño de red, y para esto se toman en cuenta los factores de atenuación de los materiales del que están contruidos los edificios (niveles de reflexión y absorción) así como los problemas que genera la presencia de vegetación que existe entre los mismos; se realizaron los planos del edificio 1 planta baja y sus 3 pisos correspondientes, también las 4 plantas del edificio de laboratorios ligeros mejor conocido como edificio Z para comprobar su arquitectura y las barreras que se presentan para los puntos de acceso, y para esto se utilizaron aplicaciones en software como Microsoft Visio para realizar una propuesta en donde debería estar ubicado cada punto de acceso y de esta manera visualizar su cobertura por medio de mapas de calor, realizados en base a las propiedades de cada dispositivo. Al término de las pruebas se realizó una investigación para saber que equipos cumplieran con los requisitos de red satisfaciendo el número de usuarios, así como el ancho de banda requerido por lo que se reubicó y aumentó el número de puntos de acceso distribuidos a lo largo de las instalaciones.

En el capítulo 4 se establece todo el análisis de factibilidad que determina la mejor opción para llevar a cabo la implementación de la red inalámbrica, es decir se hace el análisis apegado a las necesidades y requerimientos a cubrir, manejando siempre la compatibilidad de red. Esto se hace gracias a las pruebas de trabajo en diferentes equipos, se efectúa desde la configuración, pruebas de alcance, comprobación de vulnerabilidad y se define en términos técnicos y económicos el resultado de dichas evaluaciones, además se establece la forma en cómo quedó estructurada la nueva red. Se hace toda la documentación pertinente de cómo se configuró el sistema de red inalámbrica y cómo fue que se puso en funcionamiento.



ANTECEDENTES

Las redes inalámbricas han supuesto una nueva revolución en la informática, que ha influenciado profundamente en la sociedad; la posibilidad de conectarse a Internet sin necesidad de cable, es algo que hace algunos años nos parecía de ciencia ficción pero hoy en día es una realidad. La tecnología inalámbrica, no solo se utiliza en las computadoras portátiles, ya que cada vez es más frecuente que otros dispositivos electrónicos utilicen la tecnología Wi-Fi.

En el transcurso de los años sesenta, distintas entidades de investigación en los Estados Unidos, trabajaron en secreto para desarrollar una intrigante y, en apariencia, idea de comunicar computadoras individuales, sin embargo, algo de esa idea debió filtrarse, ya que en 1968, el laboratorio de Física Nacional de la Gran Bretaña, logro desarrollar una red experimental basada en estos trabajos de investigación.

En 1969, el proyecto DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa del departamento de defensa de los Estados Unidos, comenzaba a desarrollar un ambicioso proyecto para la investigación y el desarrollo de técnicas que permitieran a las computadoras comunicarse mediante redes interconectadas utilizando la conmutación de paquetes; a ese trabajo se le denominó "Internetting Project", mejor conocido como Internet.

Al concluir 1969, ya se había logrado instalar 4 nodos en la naciente red patrocinada por el departamento de defensa de EEUU, que fue bautizada como ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network) Red de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada y estos cuatro nodos podían ser programados a en forma distante, lo que permitía que investigadores, científicos, militares, participaran de los servicios y utilidades de cualquiera de estos equipos a pesar de su distancia.

En 1977 TCP/IP comenzó a ser empleado por otras redes enlazadas a ARPANET, sin embargo TCP/IP se encontraba conformado por dos protocolos que eran particularmente importantes en la comunicación de red. El IP (Internet Protocol) Protocolo de Internet proporcionaba la comunicación básica, mientras que el TCP (Transmission Control Protocol) Protocolo de Control de Transmisión proporcionaba facilidades adicionales que necesitan los programas de aplicación. Durante ese tiempo se desarrolló también un protocolo capaz de convertir las direcciones TCP/IP en direcciones IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos 802.3 (Ethernet), lo que facilito el uso de TCP/IP en las redes de área local y para 1983, era requisito indispensable que todas las computadoras conectadas a la red, usaran TCP/IP.

Durante 1984, la red global se dividió en dos redes: ARPANET para la investigación, y MILNET (Military Network) Red Militar para el uso militar; en este mismo año, la NSFNET (National Science Foundation's Network) Red de la Fundación Nacional de Ciencias



comenzó los trabajos para el desarrollo, que con el tiempo llegaría a constituir el mayor soporte del servicio de comunicación de Internet.

Las redes inalámbricas en la actualidad juegan un papel muy importante en el desarrollo de empresas, universidades e industrias, porque facilitan la comunicación proporcionando un acceso móvil a los servicios y aplicaciones de la red desde cualquier parte.

La ESIME Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco al no contar con una red inalámbrica que cumpla con la cobertura necesaria, sufre problemas como la falta de información oportuna, pérdida de tiempo e ineficiencia de los alumnos, docentes y no docentes.

Dada la problemática, es indispensable el uso de una alternativa tecnológica económica y eficiente a fin de asegurar que los usuarios tengan la información oportuna, no pierdan tiempo y sean más eficientes, incrementando así su rendimiento.

Surge la necesidad de proponer un nuevo proyecto en ESIME Zacatenco, el cual consiste en plantear una nueva tecnología en conjunto con lo que ya se tenía como base, por lo que no se trata de eliminar los elementos con los que ya se cuenta, sino de mejorar el servicio.

Dentro de la ESIME Zacatenco existe una red estructurada, la cual brinda servicio a los alumnos y al personal de dicha unidad, ya sea docente o no docente ya que el personal antes mencionado, tiene la necesidad de utilizar un punto de acceso a la red.

Es importante mencionar, que dentro de la ESIME, la red está diseñada para soportar los servicios solicitados por el personal, es por eso, que se necesita una correcta ubicación de los puntos de acceso.

Se requiere de un servicio que proporcione la solución al problema de proveer comunicación en los diferentes edificios dentro de la institución, pero no debe existir el tendido de cableado por fuera y por norma, no deben colocarse varios puntos de acceso en un solo lugar. Para este tipo de problema, se requiere una solución que cubra las necesidades antes planteadas, así como seguridad en equipos, como en la información que se maneje.



CAPÍTULO 1

“FUNDAMENTOS DE REDES INALÁMBRICAS”



1.1.- Elementos de una red inalámbrica

1.1.1.- Punto de acceso

Es un dispositivo que sirve para crear una red Wi-Fi (Wireless Fidelity) Fidelidad Inalámbrica, ofreciendo cobertura inalámbrica a través de una o varias antenas que tiene incorporadas.

1.1.2.- Adaptador de red inalámbrica

Permite conectar un host u otro dispositivo a un punto de acceso para formar parte de una red Wi-Fi.

1.1.3.- Antena

Permiten ampliar la cobertura de una red inalámbrica, llegando a alcanzar distancias de incluso 20 Km.

1.2.- Antenas

Aunque todos los dispositivos inalámbricos, tanto los puntos de acceso como los adaptadores de red, ya incorporan su antena propia, en muchas ocasiones es necesario ampliar el tamaño de la red para ofrecer una mayor cobertura.

Las antenas son un tipo muy particular de circuitos cuya misión más importante es generar ondas de radiación con alto rendimiento. Además tienen en muchos casos, la posibilidad de dirigir esa radiación en una o diferentes direcciones.

1.3.- Tipos de Antenas

Una clasificación básica de las antenas consiste en agruparlas, según su patrón de radiación, como omnidireccionales o direccionales. Las antenas omnidireccionales se utilizan para conexiones punto a punto y un aspecto importante es que la ganancia de las antenas omnidireccionales es un poco menor que la de las antenas direccionales.

Dentro de las antenas omnidireccionales y direccionales, puede encontrar otros tipos, como los que se muestran a continuación:

1.3.1.- Antenas sectoriales

Son antenas direccionales que se utilizan para las conexiones punto a multipunto. Con este tipo de antenas se consigue mejorar la ganancia de las antenas omnidireccionales.

1.3.2.- Antena de parche

Con este tipo de antenas se consiguen conexiones punto a punto con una ganancia comparable a las antenas de sector.



1.3.3.- Antena parabólica

Estas antenas tienen una ganancia muy elevada, ya que son las más potentes que pueden adquirirse en el mercado.

1.3.4.- Antena yagui

Son antenas direccionales con forma de tubo y con una buena ganancia.

1.3.5.- Antenas caseras

Se puede encontrar numerosas páginas en Internet que ofrecen excelentes manuales donde se indica, paso a paso, como construir antenas caseras para redes inalámbricas, se puede construir una antena que funcione correctamente con muchos objetos cotidianos.

1.3.6.- Antena omnidireccional

Son antenas que tienen poca potencia, por lo que están indicadas para comunicar dispositivos cercanos, orientan la señal en varias direcciones con un amplio haz pero de corto alcance. Las antenas omnidireccionales, envían la información teóricamente a los 360 grados, por lo que es posible establecer comunicación independientemente del punto en el que se esté, pero como punto en contra, el alcance de estas antenas es menor que el de las antenas direccionales, las antenas omnidireccionales son muy sencillas de instalar pueden montarse bocabajo, colgadas de un techo.

Una antena omnidireccional de ganancia baja proporciona una cobertura perfecta para un entorno interior, abarca más áreas cercanas al punto de acceso o al dispositivo inalámbrico para aumentar la probabilidad de recibir la señal en un entorno multitrayectoria.

1.4.- Conectores

Para conectar las antenas a los adaptadores de red o puntos de acceso es necesario utilizar un cable con sus respectivos conectores.

Tipo	Uso
F	Televisión terrestre por antena aérea, televisión por cable y universal para la televisión por satélite
BNC	Conexiones de video y redes Ethernet
JACK	Transmisión de sonido en formato analógico
UHF	Aplicaciones de radio amateur hasta 150 MHz
SMA	Microondas
RCA	Conexiones de audio como de video no profesional
N	Antenas, transmisores, radares
TNC	Antenas, celulares, redes

Tabla 1.1.- Conectores para cable



Figura 1.1.- Diferentes tipos de conectores hembra y macho

Dentro de cada categoría existen dos tipos de conectores: los conectores machos y hembras, que deben unirse entre sí. Aunque no existe un conector estándar que se usa en las antenas, los conectores que suelen utilizarse con mayor frecuencia son los siguientes:

1.4.1.- Conector N

Se utiliza para enlazar tramos de cable coaxial y es un conector de tipo roscado, este conector es el que se utiliza con mayor frecuencia en las antenas que trabajan a una banda de frecuencia de 2.4 GHz, aunque también puede trabajar en bandas de hasta 11 GHz.

1.4.2.- Conector BNC (Bayonet Neill Concelman)

Se utiliza con los cables coaxiales del tipo RG-58 y RG-59, este tipo de conector tiene diferentes variantes, como puede ser el BNC-T (conector BNC en forma de T) y el TNC (Threaded Neill Concelman) BNC de tipo roscado.

1.4.3.- Conector SMA (SubMiniature Version A)

Es un conector tipo rosca tamaño reducido que permite trabajar con frecuencias entre 18 GHz y 33 GHz. Una variante del conector SMA usada también en las antenas es el SMC (SubMiniature Version C), que posee un tamaño aun inferior a los conectores SMA.

Aunque no existe un valor exacto para representar la pérdida de señal que produce un conector, normalmente se suele indicar que por cada conector que utilice la red se pierde 0.25 dB en la intensidad de la señal.



1.5.- Cableado

Sin duda alguna, el cable es un elemento crítico que afecta de una forma muy significativa en la intensidad de la señal de la red inalámbrica y por eso es muy recomendable que la longitud de ese cable sea lo más reducida posible, ya que introduce pérdidas en la señal.

Se pueden utilizar muchos tipos de cables para las antenas, entre los que destacan el cable LMR en sus diferentes modelos: LMR-200, LMR-400, LMR-600, etc. Cuanto mayor es el número en el nombre de estos cables, mayor es el diámetro de los mismos.

1.6.- Parámetros

1.6.1.- Patrón de Radiación

El patrón de radiación de una antena es una representación de la distribución de potencia de la radiación recibida o radiada por la antena en diferentes regiones del espacio, se suele representar en función de ángulos de dirección centrados en la antena.

Es común que en los patrones de radiación, solo se represente el efecto de los campos lejanos ya que estos son los más influyentes a grandes distancias, para las cuales se aplican usualmente las antenas.

Gracias al principio de reciprocidad, se puede argumentar que el diagrama de radiación de una antena transmisora es equivalente al diagrama de radiación de la misma antena pero actuando como receptora, en este caso el diagrama de radiación representa la sensibilidad que tiene la antena para recibir señales electromagnéticas en una cierta dirección.

Del patrón de radiación, se pueden obtener la dirección de mayor radiación de la antena, lo que se conoce como lóbulo principal, los lóbulos secundarios y las direcciones donde en la radiación es nula, llamados nulos; también se puede calcular la potencia máxima que está a la mitad el ancho del haz y son -3 dB la diferencia angular. Todos estos parámetros caracterizan completamente las direcciones de radiación de las antenas.

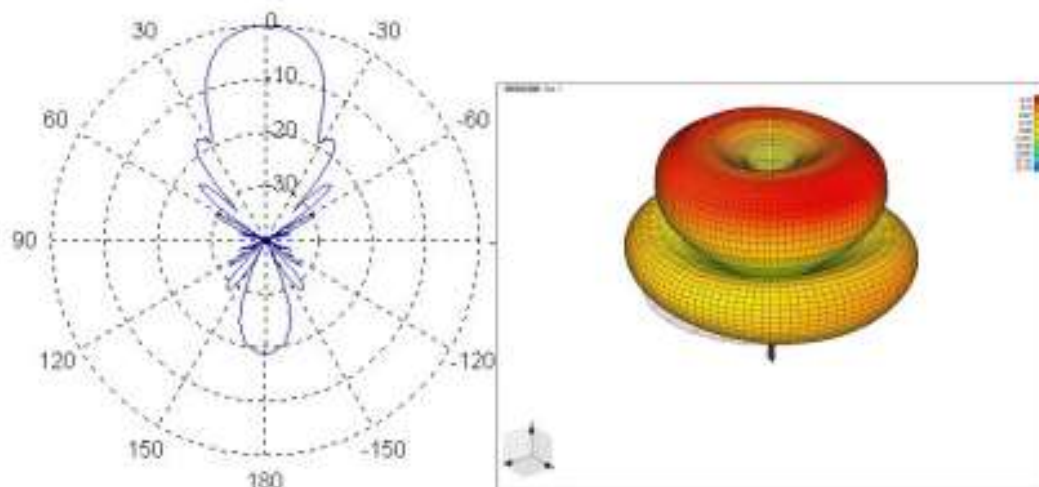


Figura 1.2.-Ejemplo de un patrón de radiación



1.6.2.- Directividad

Mide que tan direccional es el patrón de radiación de una antena. Una antena que radia igual por todas direcciones, tiene directividad 0.

$$D = \frac{1}{\frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi |F(\theta, \phi)|^2 \sin(\theta) d\theta d\phi} \dots \text{Ecuación (1.1)}$$

La fórmula indica la potencia radiada promedio en todas las direcciones.

Las antenas de celular como suelen recibir la señal de todas direcciones necesitan una directividad muy baja, en cambio, las antenas satelitales tienen una directividad alta porque reciben señales de lugares fijos.

1.6.3.- Eficiencia

La eficiencia de una antena es la relación entre la potencia entregada a la antena y la potencia radiada o disipada por esta. Una antena de baja eficiencia absorbe gran parte de la potencia o la refleja debido a malos acoplamientos con las impedancias. Para calcular la eficiencia, se utiliza la fórmula siguiente:

$$\mathcal{E}_R = \frac{P_{radiada}}{P_{entrada}} \dots \text{Ecuación (1.2)}$$

1.6.4.- Ganancia

La ganancia de potencia G de un amplificador es la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada:

$$G = \frac{P_{OUT}}{P_{INT}} \dots \text{Ecuación (1.3)}$$

1.6.5.- Ancho de banda

Describe el rango de frecuencia en que la antena recibe o emite energía de forma apropiada, en términos del ancho de banda fraccionario corresponde a la diferencia entre la frecuencia más alta y la menor que soporta la antena, dividido entre la frecuencia central.

1.6.6.- Polarización

La polarización de una antena corresponde a la polarización de los campos radiados por esta, evaluados en un campo lejano y normalmente se clasifican en polarización lineal o circular.



Es importante realizar esta clasificación, ya que por ejemplo una antena con polarización horizontal no se podrá comunicar con una vertical.

1.6.7.- PIRE Potencia Isotrópica Radiada Efectiva.

Se define como una potencia de transmisión equivalente, y matemáticamente se determina por la ecuación:

$$PIRE = P_r A_r \dots \text{Ecuación (1.4)}$$

Dónde:

PIRE = Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (Watts)

P_r = Potencia total radiada de una antena (Watts)

A_r = Ganancia de la antena transmisora (relación sin unidades)

Se puede expresar en logaritmo:

$$PIRE(\text{dBW}) = P_r(\text{dBW}) + A_r(\text{dB}) \dots \text{Ecuación (1.5)}$$

1.7.- Características físicas de una señal

A continuación, se van a analizar las características físicas de la señal de las redes inalámbricas:

1.7.1.- Espectro radio eléctrico.

El espectro hace referencia al conjunto de frecuencias utilizadas en comunicaciones que abarcan entre los 3 kHz y los 3000 GHz.

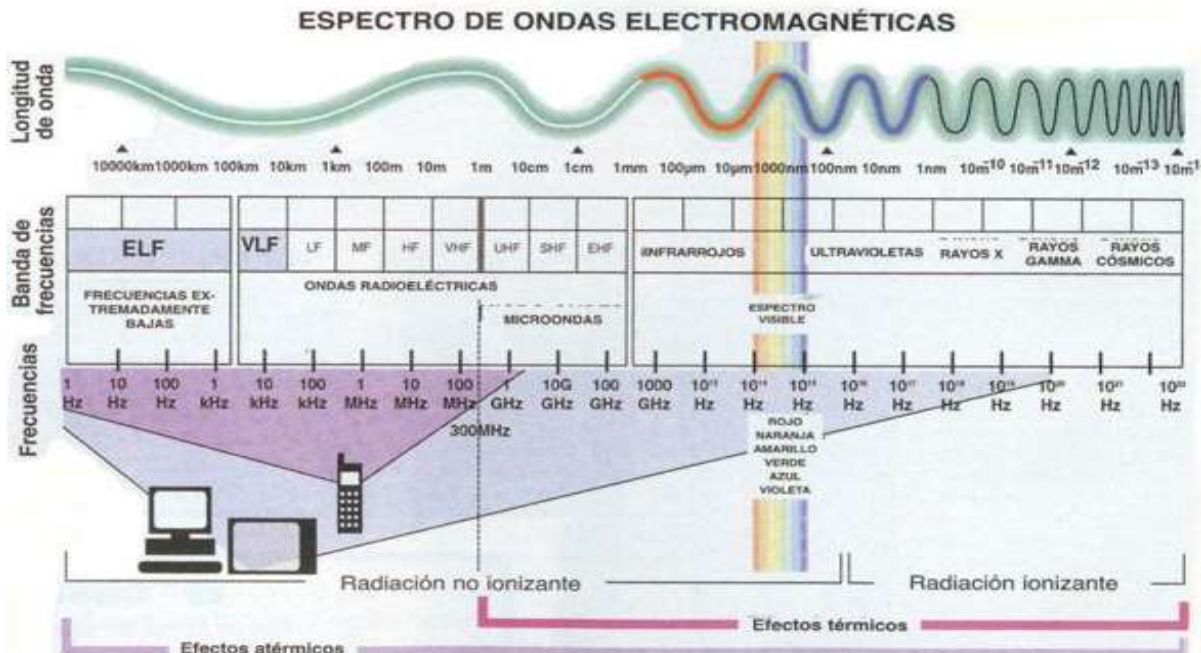


Figura 1.3.- Espectro Radioeléctrico



La ITU-R (Radiocommunication Sector of the International Telecommunication Union) Sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones a través de la WRC (World Radio Conference) Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones y la RRB (Radio Regulations Board) Reglamento de Radiocomunicaciones, establece la asignación de frecuencias a nivel mundial y que posteriormente las administraciones de cada país reasignan cada rango de frecuencias con un mayor detalle, en la Figura 1.3 se observa el espectro radioeléctrico.

Existe un rango que lo comprende, siendo este de 30 Hz a 300 GHz, se considera por tres intervalos de frecuencia, el primero comprende de 20 y 30 MHz para conexiones punto a punto, la segunda van de 30 MHz a 1 GHz se les denomina de radio y por último se definen desde 1 GHz hasta 40 GHz siendo frecuencias de microondas.

1.7.2.- Dispersión de la energía

Se le conoce como scattering, se presenta cuando la señal reflejada dispersa su energía electromagnética en todas direcciones el resultado es una disminución de la amplitud de la onda y por ello se supone pérdidas por absorción en la señal original.

1.7.3.- Profundidad de penetración pelicular

A las frecuencias de operación, las ondas electromagnéticas son capaces de atravesar ciertos materiales, dependiendo de la naturaleza del material.

$$d = \frac{1}{\alpha} \dots \text{Ecuación (1.6)}$$

Dicha energía es a la que la señal ha disminuido en amplitud del valor inicial de la señal

1.7.4.- Ruido impulsivo

De carácter aleatorio, produce picos de voltaje de las más variadas amplitudes y frecuencias. Es debido, por ejemplo, al encendido y apagado de los dispositivos de aire acondicionado, los ventiladores o los termostatos.

1.7.5.- Ruido de cuantificación

Es debido a que el proceso de conversión analógico no es ideal.

1.7.6.- Frecuencia

La frecuencia de una onda sonora se define como el número de ciclos que tiene por unidad de tiempo (segundo); la unidad correspondiente a un ciclo por segundo es el Hertz (Hz).



1.7.7.- Potencia de la señal

La potencia de una antena inalámbrica, se define como el grado de amplificación de la señal. La ganancia se puede medir en decibeles (dB) o en voltaje (mW), y tiene el mismo valor en la antena para recibir y enviar información.

Cuanto mayor sea la ganancia de una antena, mayor cobertura tendrá la red inalámbrica.

1.7.8.- Atenuación

La atenuación es la pérdida de la potencia de una señal, se considera atenuación cuando la ganancia de un sistema es menor que 1; la atenuación se incrementa con la frecuencia, con la temperatura y con el tiempo.

La atenuación expresada en decibeles está dada por la fórmula siguiente:

$$\alpha = 10 \log \frac{P_{OUT}}{P_{INT}} \dots \text{Ecuación (1.7)}$$

La atenuación como resultado de la absorción de energía se produce como consecuencia de las características electromagnéticas del material por el que se propaga la onda y es la causa de las pérdidas de energía en el caso de medios materiales

1.7.9.- Pérdida de propagación

La pérdida de propagación es la cantidad de señal necesaria para llegar de un punto a otro de la transmisión; es decir, es la cantidad de señal que se pierde al atravesar un espacio.

En un espacio sin obstáculos, la pérdida de propagación puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$P_p = 20 \log d + 20 \log f + 32.4 \dots \text{Ecuación (1.8)}$$

Las señales electromagnéticas se propagan por el medio a la velocidad de la luz; incluso tienen la capacidad y habilidad de poder traspasar paredes, techos puertas o cualquier obstáculo dependiendo del material va disminuyendo la intensidad gracias al fenómeno de difracción.

Factor de pérdidas

$$p = \frac{\sigma}{\epsilon \omega} \dots \text{Ecuación (1.9)}$$

Donde $\omega = 2\pi f$ es la oscilación de la onda y f su frecuencia, ϵ la permitividad del medio y σ su conductividad del material.



Factor de atenuación

$$\alpha = \frac{\omega}{c} \left[\left(\frac{\mu \epsilon}{2} \right) \{ (1+p)^{\frac{1}{2}} - 1 \}^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots \text{Ecuación (1.10)}$$

Donde μ es la permeabilidad magnética relativa del material y c es a velocidad de la propagación de la luz

1.8.- Decibel (dB)

El logaritmo decimal de la ganancia expresa su relación en la unidad logarítmica del Bell, denominado así en honor de Graham Bell. Dos potencias difieren en N Bells cuando:

$$\frac{P_{OUT}}{P_{INT}} = 10^N \dots \text{Ecuación (1.11)}$$

Decimos que una señal de potencia P_{OUT} tiene un nivel de N Bell respecto a otra señal de potencia P_{INT} :

$$N = \log \frac{P_{OUT}}{P_{INT}} \text{ Bells} \dots \text{Ecuación (1.12)}$$

Como el Bell es una unidad muy grande, se utiliza un submúltiplo diez veces menor, el decibel, cuya notación abreviada es dB.

$$\frac{P_{OUT}}{P_{INT}} = 10^{0,1*N} \qquad 10 \log \frac{P_{OUT}}{P_{INT}} \text{ deciB} (dB) \dots \text{Ecuación (1.13)}$$

Por lo tanto, las expresiones en decibeles (dB) son comparaciones logarítmicas (en base 10) entre magnitudes del mismo tipo, por tanto son adimensionales.

1.8.1.- dBi

Son los Decibeles de ganancia sobre un antena isotrópica o una relación logarítmica entre la potencia de emisión de una antena en relación a una antena isotrópica.

Cuando la ganancia de una antena se expresa en dBi, se compara la ganancia que presenta la antena real respecto de la ideal isotrópica.

$$dBi = 10 \log_{10} D \dots \text{Ecuación (1.14)}$$

$$D = \frac{I}{I_i} \dots \text{Ecuación (1.15)}$$

Donde:

D = directividad de la antena

I = intensidad de radiación de la antena

I_i = intensidad de radiación de una antena isotrópica

1.9.2 dBm

El dBm (dBmW o decibel-miliwatt) es una unidad de medida de potencia expresada en decibeles (dB) relativa a un miliwatt (mW) que utiliza en redes de radio, microondas y fibra óptica como una medida conveniente de la potencia absoluta a causa de su capacidad para expresar tanto valores muy grandes como muy pequeñas en forma corta.

Para expresar una potencia arbitraria P en dBm, se utiliza la siguiente expresión

$$P(\text{dBm}) = 10\log(P(\text{w})) + 30 \dots \text{Ecuación (1.16)}$$

1.9.- Interferencia co-canal

La reutilización de frecuencias implica que en un área de cobertura dada, haya varias celdas que usen el mismo conjunto de frecuencias, estas celdas son llamadas celdas co-canales, y la interferencia entre estas celdas se le llama interferencia co-canal.

La interferencia co-canal no se puede combatir simplemente incrementando la potencia de un transmisor, esto es debido a que un incremento en la potencia de transmisión de una celda, incrementa la interferencia hacia las celdas co-canales vecinas.

Para reducir la interferencia co-canal las celdas deben estar físicamente separadas por una distancia mínima que proporcione suficiente aislamiento.

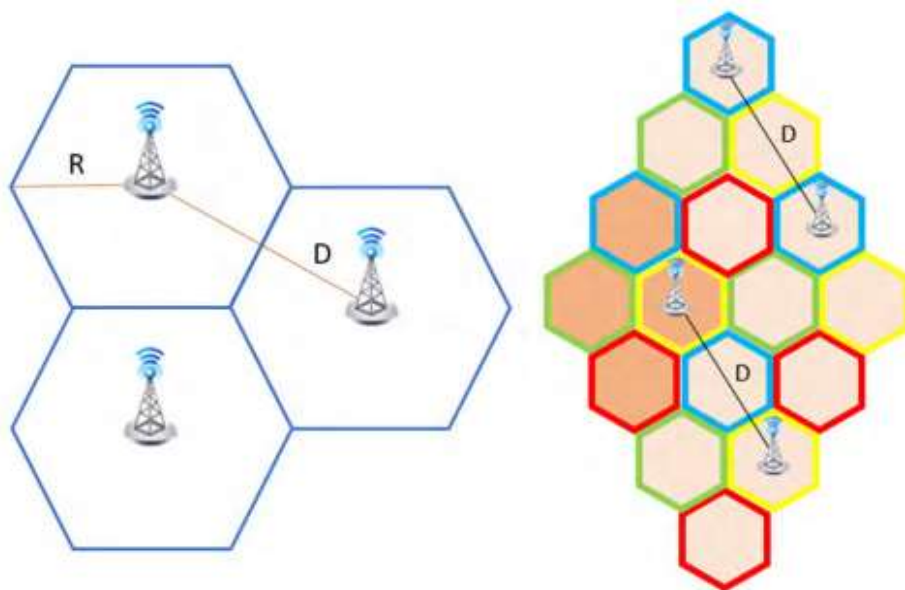


Figura 1.4.- Distancias entre células co-canales.



1.10.- Ecuaciones de Maxwell

Las ecuaciones de Maxwell son un conjunto de ecuaciones que describen por completo los fenómenos electromagnéticos y la gran contribución de James Clerk Maxwell fue reunir en estas ecuaciones largos años de resultados experimentales, debidos a Franklin, Coulomb, Oersted, Ampere, Faraday, Gauss y otros, introduciendo los conceptos de campo y corriente de desplazamiento, y unificando los campos eléctricos y magnéticos en un solo concepto: el campo electromagnético.

Ecuaciones de Maxwell	Forma Integral	Forma Diferencial
Ley de Gauss	$\oiint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = q$	$\nabla \cdot \vec{D} = \rho$
Ley de Faraday	$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{\partial}{\partial t} \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$	$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
Flujo del campo	$\iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$	$\nabla \cdot \vec{B} = 0$
Ley de Ampere	$\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} = I + \frac{\partial}{\partial t} \iint_S \vec{D} \cdot d\vec{S}$	$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

Tabla 1.2.- Muestra las ecuaciones de Maxwell en forma integral y diferencial

1.11.- Modelo de propagación del espacio libre

Existen varios tipos de modelos de propagación como son los modelos de Okumura, Hata, Walfisch, Ikegami, etc. Pero no son ideales para aplicarlos ya que no cumplen con las características que se necesitan, unos están por debajo de la frecuencia a la que se ocupa que es 2.4 GHz, otros modelos se aplican a exteriores y consideran factores que no se necesitan, es por eso que se decidió ocupar el modelo de propagación del espacio libre y a este restarle la atenuación por los materiales de las paredes, pisos, etc.

El modelo de propagación en “espacio libre” se utiliza para predecir el nivel de potencia recibido en cierta ubicación, cuando no existe ningún objeto cercano al enlace que puede afectar la propagación electromagnética. Esto es una condición mucho más exigente que la conocida como LOS (line of sight) línea de vista, entre el transmisor Tx y receptor Rx que solo considera obstáculos en la línea que une ambos elementos del enlace. Un enlace puede ser LOS, pero ello no impide que objetos cercanos produzcan reflexiones que puedan afectar la señal que se propaga en el trayecto directo.



El modelo predice que la potencia disminuye en función de la separación “d” entre el Tx y Rx, de acuerdo a la “ecuación de Friis”:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r}{L} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \dots \text{Ecuación (1.17)}$$

Donde:

P_t = potencia transmitida

P_r (d) = potencia recibida que es una función de la separación entre transmisor y receptor

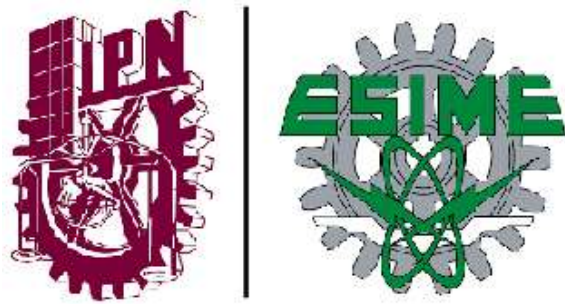
G_t = ganancia de la antena de transmisión

G_r = ganancia de la antena de recepción

d = separación Tx - Rx en metros

L = pérdidas del sistema no relacionadas a la propagación (L ≥ 1)

λ = longitud de onda de la señal electromagnética en metros



CAPÍTULO 2

“Especificaciones del estándar 802.11ac”



2.1.- Historia de las redes inalámbricas.

Las primeras experiencias con redes inalámbricas datan de 1979 cuando científicos de IBM (International Business Machines) Máquinas de Negocios Internacionales en Suiza, despliegan la primera red de importancia con tecnología infrarroja. No es hasta 1985, cuando se comienzan los desarrollos comerciales de redes con esta filosofía, momento en el que el órgano regulador del espectro radioeléctrico americano, la FCC (Federal Communications Commission) Comisión Federal de Comunicaciones, asigna un conjunto de estrechas bandas de frecuencia para libre uso en las bandas de los 2,4 y los 5 GHz. Inmediatamente, la Asociación de Ingenieros Electrónicos, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, designa una comisión de trabajo para desarrollar una tecnología de red en dichas bandas: la 802.11. A partir de ese momento se liberan una serie de estándares.

Las ventajas de las redes en estos rangos de frecuencias son claras: no requieren licencias, permisos, ni necesidad de comunicación para su desarrollo y pueden ser implantadas en cualquier ubicación. Como contrapartida surgen una serie de importantes inconvenientes: interferencias impredecibles con redes próximas por selección de frecuencias iguales o parcialmente traslapadas, espectro empleado por otras aplicaciones (redes Bluetooth, usos domésticos como teléfonos inalámbricos, emisores de vídeo, mandos de control remoto, etc), potencia de emisión muy limitada que restringe mucho la cobertura y una banda de uso muy estrecha que permite delimitar muy pocos canales no interferentes.

Es evidente que la tecnología inalámbrica está causando no sólo el interés teórico del mercado por las novedades tecnológicas que aporta, sino también el interés práctico, ya que se le suponen crecimientos y cifras de negocio a los que la industria de tecnologías de la Información ya no está acostumbrada.

Las redes inalámbricas están adquiriendo un éxito sin precedentes debido a una combinación de factores: una tecnología eficaz con el uso del espectro, muy orientada a las redes locales de pequeño tamaño, un entorno orientado que permite su libre uso, una lógica fácilmente integrable y de muy bajo costo, y una interoperabilidad de equipos generalmente exitosa. Sin embargo, la tecnología no es trivial, sino que ha requerido un estudio profundo de cómo obtener un uso muy eficiente de un rango escaso de frecuencias, cómo conseguir una amplia cobertura con potencias de emisión muy bajas, y todos los aspectos relacionados con la seguridad de las comunicaciones. Es importante entender las bases sobre las que se sustenta para entender sus grandes ventajas y sus inconvenientes.



2.2.- Definición de una red inalámbrica.

Una red inalámbrica es un sistema de comunicación formado por un conjunto de dos o más dispositivos conectados entre sí, que no utilizan cables para conectarse. En general su operación está dada por la modulación de ondas electromagnéticas, que se propagan por el espacio comunicando a cada uno de los extremos de la transmisión. Existe una gran variedad de tecnologías que permiten crear redes inalámbricas, desde los infrarrojos y radiofrecuencia que se utilizan para comunicar dispositivos situados a cortas distancias, hasta las grandes redes globales que transmiten voz y datos a lo largo de enormes regiones geográficas.

Gracias a su bajo costo, estas redes de última generación han ido incorporándose con un gran éxito al uso doméstico, de tal modo que en la actualidad es muy frecuente tener en cualquier hogar o empresa una red inalámbrica, con las mismas prestaciones y funcionalidad que ofrecen las redes cableadas.

2.3.- Tipos de redes inalámbricas

2.3.1.- WPAN (Wireless Personal Área Network) Redes Inalámbricas de Área Personal.

Son redes que cubren distancias cortas y que, debido a su poca cobertura, estas redes se utilizan para establecer una conexión entre dispositivos que se encuentran muy próximos entre sí, como por ejemplo impresoras y teclados inalámbricos a un ordenador. El alcance típico de este tipo de redes es alrededor de los 10 metros máximo y su objetivo principal es eliminar el cableado en los dispositivos personales de su uso más común ofreciendo así una mayor diversidad. Estas redes se emplean dentro de lo que se ha denominado “espacio operativo personal”, es decir, el espacio que rodea a una persona. Algunas tecnologías que se utilizan en este tipo de redes son:

a) Bluetooth

Bluetooth fue desarrollado en 1994 por la empresa Ericsson, tratando de establecer una comunicación a través de ondas de radio entre dispositivos de forma económica.

Existen versiones implementadas en esta tecnología, por el momento se encuentra la última, denominada v2.1. A diferencia de las anteriores disminuye el consumo de potencia, mejorando la comunicación entre los dispositivos.

b) DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) Telecomunicaciones Inalámbricas Digitales Mejoradas.



Es un estándar que permite la transmisión de voz a distancias de hasta 200 metros. Facilita las comunicaciones entre terminales telefónicas (teléfonos inalámbricos y centrales inalámbricos). Trabaja en la banda de frecuencia de 1.9 GHz y utiliza la técnica de TDMA, su velocidad es de 2 Mbps.

c) Infrarrojos

Estos sistemas se basan en la emisión y recepción de haces de luz infrarroja, estos son un tipo de radiación electromagnética invisible para el ojo humano.

d) Microondas

Las ondas son transmitidas en línea recta y se denomina microondas a las ondas electromagnéticas definidas en un rango de frecuencias determinado; generalmente entre 300 MHz y 300 GHz.

e) Radio

Es un medio de comunicación vía radio sin visibilidad física. Utilizando a un emisor y un receptor sintonizados a una misma frecuencia en forma omnidireccional.

2.3.2. - WLAN (Wireless Local Area Network) Redes Inalámbricas de Área Local.

Las redes inalámbricas de área local o WLAN, pueden tener un alcance de varios centenares de metros; la tecnología más utilizada dentro de las WLAN, es la que sigue la norma IEEE 802.11, conocida como Wi-Fi, que surgió como solución al problema de la incompatibilidad entre redes que no seguían ningún estándar.

a) Wi-Fi (Wireless Fidelity) Fidelidad Inalámbrica.

Surgió con el objetivo de normalizar el mercado de las redes inalámbricas, ya que durante muchos años existieron incompatibilidades entre sí. En 1999 se crea la asociación WECA (Wireless Ethernet Compability Aliance) Compatibilidad entre Tecnologías Inalambricas, de la que formaban parte Nokia y 3COM (Computer Communication Compability) Compatibilidad con la Comunicación en la Computadora.



Figura 2.1.- Logotipo de Wi-Fi.



b) HomeRF (Home Radio Frequency) Radio Frecuencia de Hogar.

Permite la conexión entre dispositivos que se encuentran dentro del hogar, en una banda de frecuencia de 2.4 GHz, dicha tecnología tiene un alcance de 50 metros.

c) HiperLAN (High Performance Radio LAN) Red de Área Local de Radio de Alto Rendimiento.

Permite comunicaciones entre dispositivos a 10 Mbps a una distancia de hasta 50 metros. No produce interferencias con otras tecnologías, ya que trabaja a 5 GHz, es decir a una banda de frecuencia diferente.

2.3.3. - WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) Redes Inalámbricas de Área Metropolitana.

Las redes WMAN se utilizan para establecer comunicación entre diferentes ubicaciones dentro de una región metropolitana, aunque también se pueden usar para conectar una universidad o varios edificios, las tecnologías más utilizadas dentro de este tipo de redes son LMDS y WiMAX.

a) LMDS (Local Multipoint Distribution Service) Servicio Local de Distribución Multipunto.

Proporciona los servicios de acceso a Internet, transmisión multimedia de calidad, etc., se aplica solo a la comunicación entre puntos fijos, no se utiliza para conectar terminales que se encuentran en movimiento. La transmisión se realiza desde un solo punto, llamado estación base, hasta las múltiples instalaciones conectadas a dicha estación base, que son los usuarios, es un tipo de comunicación conocida como punto multipunto. La comunicación es direccional, por lo tanto, los usuarios pueden responder a la estación base estableciéndose enlaces punto a punto.

b) WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas.

Estándar de comunicación basado en la creación de Redes de Área Metropolitana, mantiene un alcance de 50 Km con una velocidad de transmisión de hasta 70 Mbps.

2.3.4. - WWAN (Wireless Wide Area Network) Redes Inalámbricas Globales.

Las redes inalámbricas globales o WWAN, son sistemas basados en telefonía móvil y pueden cubrir uno o varios países. Ofrecen más velocidad en la transferencia de la información, lo que aumenta los servicios de los teléfonos. Las tecnologías WWAN se conocen también como sistemas de segunda generación (2G), o los actuales sistemas de tercera generación (3G). Se tienen las siguientes:



a) 2G

Los primeros teléfonos que se fabricaron eran analógicos, y fue más adelante, cuando se lanzaron al mercado los teléfonos móviles digitales, con nuevas mejoras, como por ejemplo la transmisión de datos de manera eficiente. A esta segunda generación de teléfonos móviles, se les conoció como 2G, solo para diferenciar la primera generación de móviles que eran analógicos, de esta segunda ya digitales.

b) 2.5G

Mientras se esperaba que llegaran al mercado, los teléfonos móviles para transmisión de datos surgen varios modelos de estos con características superiores a los de segunda generación, pero que aún no alcanzaban las expectativas de la tercera.

c) 3G

Los móviles de 3G (Tercera Generación), son aquéllos que incorporan la tecnología necesaria, para transmitir eficientemente no solo voz, sino también datos. Además, ofrecen una mejor velocidad de transferencia de la información.

A continuación, se puede ver una comparativa de las principales características de las tecnologías WPAN, WLAN y WMAN.

	Tecnología	Frecuencia (GHz)	Distancia (m)	Velocidad (Mbps)
WPAN	Bluetooth	2.4	10	3
	DECT	1.9	200	2
	Infrarrojo	3 a 6	2	16
WLAN	Wi-Fi	2.4 a 5	300	500
	HomeRF	2.4	50	100
	HiperLAN	5	50	10
WMAN	LMDS	28	35000	8
	WiMAX	2-11	50000	70

Tabla 2.1.- Tabla comparativa de las tecnologías WPAN, WLAN y WMAN



2.4.- Estándares de las redes inalámbricas (IEEE 802.11)

En 1997 la IEEE crea el estándar 802.11 con velocidades de transmisión de 2 Mbps y utiliza la banda de 2.4 GHz.

2.4.1.- IEEE 802.11

Este fue el primero de los estándares definidos por la IEEE para aplicaciones WLAN, y fue publicado en 1997. Funciona sobre la banda ISM (Industrial Scientific and Medical) Industrial Científico y Médico de 2.4 GHz (de 2.4835 MHz a 2.4885 MHz) y utiliza dos tipos de modulación: DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) Espectro Disperso por Secuencia Directa y FHSS (Frequency Hopped Spread Spectrum) Espectro Disperso por Salto de Frecuencia.

La velocidad de transmisión que es capaz de alcanzar está entre 1 ó 2 Mbps, dependiendo del fabricante. Este estándar está prácticamente en desuso, debido a la aparición de una serie de variantes que mejoran no sólo la velocidad de transferencia sino que además dan cobertura a funciones especiales de seguridad, de integración con redes de cable.

2.4.2.- IEEE 802.11b

Es la evolución natural del anterior estándar. Básicamente, se diferencian en el uso exclusivo de la modulación DSSS con el sistema de codificación CCK (Complementary Code Keying) Codificación Complementaria de Código que sólo funciona con esta modulación. Esto le permite ofrecer hasta 11 Mbps. Las 17 velocidades de transmisión que es capaz de ofrecer podrán variar desde 1, 2, 5.5, y 11 Mbps, dependiendo de diferentes factores. Esta característica, denominada DRS (Dynamic Rate Shifting) Cambio de Velocidad Dinámico permite a los adaptadores de red inalámbricos reducir las velocidades para compensar los posibles problemas de recepción que se pueden generar por las distancias o los materiales que es necesario atravesar como paredes, tabiques, etc.

Otros datos para tener en cuenta sobre este estándar es el soporte para tres canales sin solapamiento y su reducido nivel de consumo, que le hace perfectamente válido para su uso en PC (Personal Computer) Computador Personal o PDA (Personal Digital Assistant) Asistente Digital Personal.

En cuanto a las distancias a cubrir, dependerá de las velocidades aplicadas, del número de usuarios conectados y del tipo de antenas y amplificadores que se puedan utilizar. Aun así, se podrían dar unas cifras de alrededor de entre 120m (a 11 Mbps) y 460m (a 1 Mbps) en espacios abiertos, y entre 30m (a 11 Mbps) y 90m (a 1 Mbps) en interiores, dependiendo lógicamente del tipo de materiales que sea necesario atravesar.



2.4.3.- IEEE 802.11a

También, como evolución del 802.11, este nuevo estándar que fue ratificado en 1999, también conocido como “Wi-Fi5”, presenta, como diferencia fundamental, su funcionamiento sobre la banda de frecuencia de 5 GHz (de 5.150 MHz a 5.350 MHz y de 5.470 MHz a 5.725 MHz), utilizando la técnica de modulación de radio OFDM (Ortogonal Frequency Division Multiplexing) Multiplexaje por División de Frecuencias Ortogonales. Además, se pueden tener en funcionamiento hasta ocho canales sin traslape.

La consecuencia inmediata de todo esto es un aumento considerable en la velocidad de transmisión, llegando hasta los 54 Mbps para hacerlo especialmente indicado en entornos con elevados requerimientos de ancho de banda (aplicaciones multimedia, grandes cantidades de ficheros, videoconferencia, etc). Aunque este aumento en la velocidad presenta una excelente tarjeta de visita, lo cierto es que esta norma cuenta también con algunas desventajas con respecto a su antecesora, como es el mayor nivel de consumo (que la hace menos idónea para su instalación en PC o PDA), o la falta de compatibilidad con el 802.11b debido al cambio de frecuencia, aunque esto último ya se ha resuelto a través de puntos de acceso que ofrecen soporte para ambos estándares.

Otro dato que se puede resaltar sobre este estándar es que las distancias de cobertura se ven reducidas significativamente, alcanzando entre 30 m (54 Mbps) y 300 m (6 Mbps) en exteriores, y entre 12 m (54 Mbps) y 90 m (6 Mbps) cuando se utiliza en interiores.

2.4.4.- 802.11g

A mediados del año 2003 se aprobó un nuevo estándar, el 802.11g, que se basa en la norma 802.11b. Más avanzada que su iniciador, trabaja sobre la misma frecuencia de los 2,4 GHz y es capaz de utilizar dos métodos de modulación (DSSS y OFDM), lo que la hace compatible con el estándar de facto en esta industria.

Al soportar ambas codificaciones, este nuevo estándar es capaz de incrementar notablemente la velocidad de transmisión, pudiendo llegar hasta los 54 Mbps que oferta la norma 802.11a, aunque manteniendo las características propias del 802.11b en cuanto a distancia, niveles de consumo y frecuencia utilizada.

De este modo, el mejor cambio de esta nueva norma es el incremento de velocidad manteniendo una total compatibilidad con el estándar Wi-Fi, permitiendo la convivencia entre ambos estándares en una misma instalación.



2.4.5.- IEEE 802.11e

Se podría definir como la implementación de características de QoS (Quality of Service) Calidad de Servicio y multimedia para las redes 802.11b. Esta especificación, del IEEE es aplicable tanto a 802.11b como a 802.11a.

2.4.6.- IEEE 802.11f

Básicamente, es una especificación que funciona bajo el estándar 802.11g y que se aplica a la comunicación entre puntos de acceso de distintos fabricantes, permitiendo conectarse a redes distintas utilizando la identificación de la red principal.

2.4.7.- IEEE 802.11h

Una evolución del IEEE 802.11a que permite asignación dinámica de canales y control automático de potencia para minimizar los efectos de posibles interferencias.

2.4.8.- IEEE 802.11i

Este estándar permite incorporar mecanismos de seguridad para redes inalámbricas, ofrece una solución operable y un patrón válido para asegurar datos. El anexo A incorpora una guía completa con los grupos de trabajo del IEEE 802.11, su actividad y situación actual de trabajo. Actualmente, ya existen en el mercado gamas completas de productos multibanda y multimodo que cumplen con estos estándares y que, al mismo tiempo, facilitan sus prestaciones y permiten mayor flexibilidad y operatividad entre distintas redes.

2.4.9.- IEEE 802.11n

En enero de 2004, la IEEE anunció la formación de un grupo de trabajo 802.11 para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11 la velocidad real de transmisión podría llegar a los 500 Mbps (lo que significa que las velocidades teóricas de transmisión son aún mayores), y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. También el alcance de operación de las redes es mayor con este nuevo estándar. 802.11n se construye basándose en las versiones previas del estándar 802.11 añadiendo MIMO (Multiple Input Multiple Output) Múltiple Entrada Múltiple Salida utiliza múltiples transmisores y antenas receptoras permitiendo incrementar el tráfico de datos.



Estándar	Características
802.11	La WLAN estándar original, soporta desde 1 Mbps hasta 2 Mbps.
802.11a	Estándar WLAN de alta velocidad para la banda de 5 GHz. Soporta hasta 54 Mbps.
802.11b	Estándar WLAN para la banda de 2.4 GHz. Soporta hasta 11 Mbps.
802.11d	Itinerancia internacional: configura dispositivos automáticamente para que cumplan con las regulaciones RT locales.
802.11e	Dirige la calidad de los requisitos de servicios para todas las interfaces de radio de WLAN IEEE.
802.11f	Define comunicaciones del punto de acceso interno para facilitar redes WLAN múltiples distribuidas por proveedores.
802.11g	Establece una técnica de modulación adicional para la banda de 2.4 GHz. Soporta velocidades de hasta 54 Mbps.
802.11h	Define la gestión del espectro de la banda de 5 GHz.
802.11i	Dirige las flaquezas de la seguridad actual tanto para los protocolos de codificación como de autenticación. El estándar abarca los protocolos 802.1X, TKIP y AES.
802.11n	Proporciona mejoras de mayor capacidad de proceso. Se pretende que proporcione velocidades de hasta 500 Mbps

Tabla 2.2.- Estándares 802.11

2.5.- Técnicas de Modulación

El término modulación abarca el conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda senoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que permitirá transmitir más información simultáneamente o proteger la información de posibles interferencias y ruidos.

Una señal se modela para controlar dicha señal y así facilitar la propagación de la señal de información por cable o por el aire, ordenar el espacio radioeléctrico, distribuir canales a cada información distinta.

2.5.1.- FHSS (Frequency Hopped Spread Spectrum) Espectro Disperso por Salto de Frecuencia.

Consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo inferior a 400 ms y pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia. De esta manera cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo

El orden en los saltos en frecuencia se determina según una secuencia pseudoaleatoria almacenada en unas tablas, y que tanto el emisor y el receptor deben conocer.

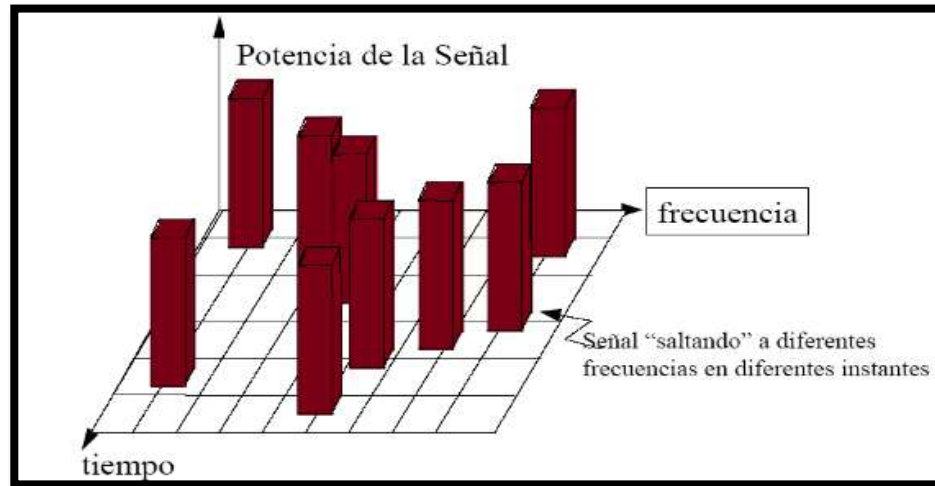


Figura 2.2.- Espectro disperso por salto de frecuencia

2.5.2.- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) Espectro Disperso por Secuencia Directa.

Es una técnica de codificación que utiliza un código de pseudoruido para "modular" digitalmente una portadora, de tal forma que aumente el ancho de banda de la transmisión y reduzca la densidad de potencia espectral (nivel de potencia en cualquier frecuencia dada). La señal resultante tiene un espectro muy parecido al del ruido, de tal forma que a todos los radiorreceptores les parecerá ruido menos al que va dirigida la señal.

Se genera un patrón de bits redundante para cada uno de los bits que componen la señal. Cuanto mayor sea este patrón de bits, mayor será la resistencia de la señal a las interferencias. El estándar IEEE 802.11 recomienda un tamaño de 11 bits, pero el óptimo es de 100. En recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la información original.

La secuencia de bits utilizada para modular los bits se conoce como secuencia de Barker (código pseudoruido). Es una secuencia rápida diseñada para que aparezca aproximadamente la misma cantidad de 1 que de 0.

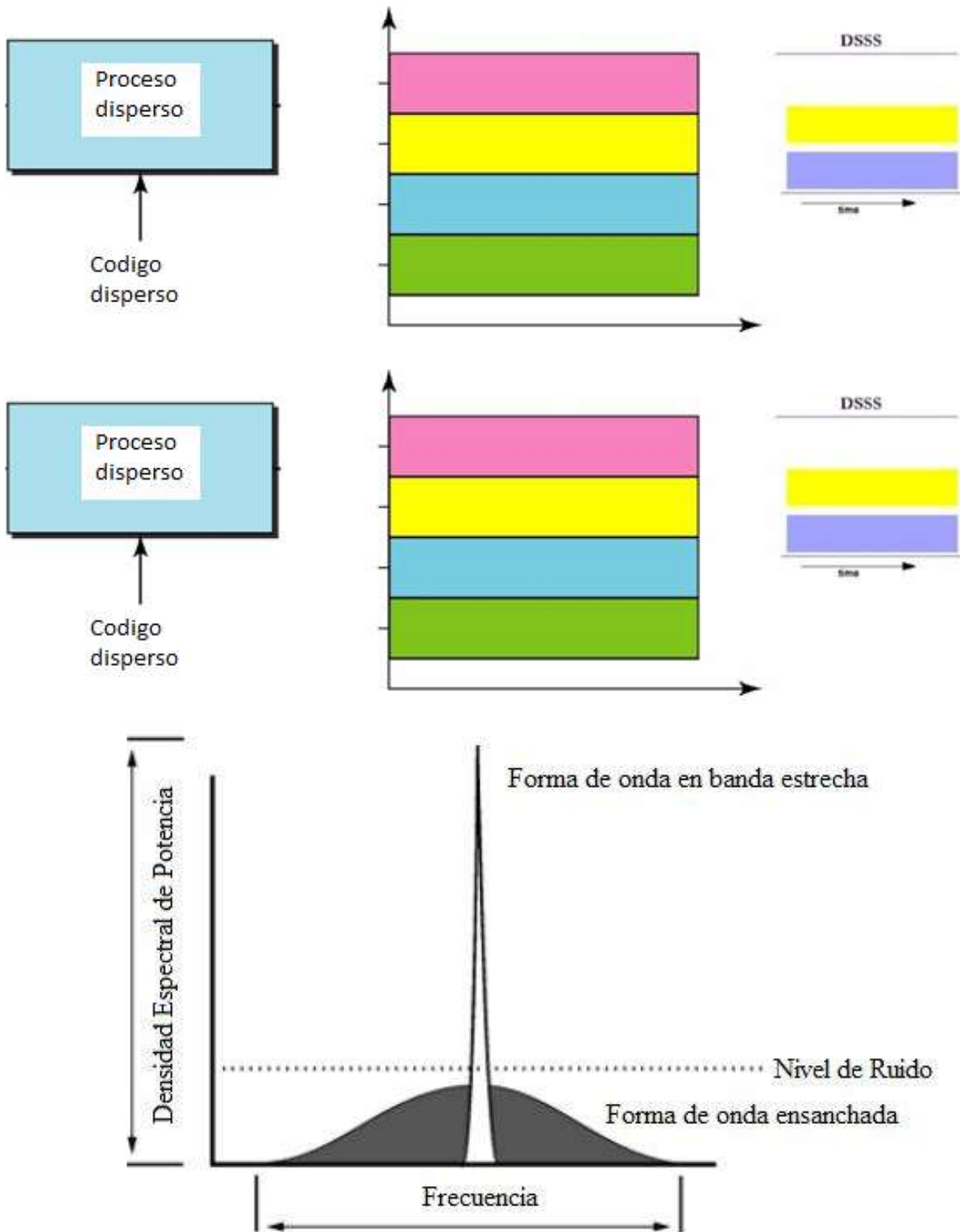


Figura 2.3.- Espectro disperso por secuencia directa



2.5.3.- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Multiplexaje por División de Frecuencias Ortogonales.

Se transmiten varias señales al mismo tiempo sobre diferentes frecuencias; OFDM es más adaptable a ambientes externos y a la interferencia, se utiliza más frecuentemente en soluciones de acceso para áreas metropolitanas.

La tecnología OFDM usa optimización de sub-portadoras (sub-carriers) para usuarios basados en condiciones de frecuencia de radio.

Ortogonal significa que las frecuencias en las que la portadora (carrier) se divide son elegidas para que el pico de una frecuencia coincida con los nulos de la frecuencia adyacente. El flujo de datos es convertido de serie a paralelo, y cada flujo de datos paralelo es mapeado por un bloque de modulación. Los datos modulados pasan a un bloque de IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) Transformada de Fourier Rápida Inversa, para procesamiento. El bloque IFFT convierte las frecuencias moduladas discretas en una señal de dominio de tiempo que se usa para impulsar el amplificador de la RF (Radio Frequency) Radio Frecuencia.

Esta eficiencia espectral mejorada es un gran beneficio para las redes OFDM, lo que las hace ideales para conexiones de datos de alta velocidad en soluciones fijas y móviles.

2.5.4.- QAM (Quadrature Amplitude Modulation) Modulación en Amplitud y Cuadratura.

Es una modulación lineal que consiste en modular en doble banda lateral dos portadoras de la misma frecuencia desfasadas 90° . Cada portadora es modulada por una de las dos señales a transmitir. Finalmente, las dos modulaciones se suman y la señal resultante es transmitida.

La modulación QAM quiere decir que la señal portadora será modificada en amplitud y fase, atendiendo a la señal moduladora. Este proceso da lugar a la señal modulada. Así, se pueden obtener distintas combinaciones de amplitud y fase, dando lugar a los diferentes tipos de modulación QAM que existen: 8-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM y 256-QAM; donde los números indican las posibles combinaciones de amplitud y fase.

La modulación QAM, también, al usar distintas combinaciones de amplitud y fase, permite obtener, para una misma velocidad de modulación, una mayor tasa de bits (velocidad de transmisión).

2.5.5.- ASK (Amplitude Shift Keying) Modulación por Desplazamiento en Amplitud.

Es una forma de modulación en la cual se representan los datos digitales como variaciones de amplitud de la onda portadora en función de los datos a enviar.

La amplitud de una señal portadora analógica varía conforme a la corriente de bit (modulando la señal), manteniendo la frecuencia y la fase constante. El nivel de amplitud puede ser usado para representar los valores binarios 0s y 1s. Podemos pensar en la señal portadora como un interruptor ON/OFF. En la señal modulada, el valor lógico 0 es representado por la ausencia de una portadora.

Tanto los procesos de modulación ASK como los procesos de demodulación son relativamente baratos. La técnica ASK también es usada comúnmente para transmitir datos digitales sobre la fibra óptica. Para los transmisores LED, el valor binario 1 es representado por un pulso corto de luz y el valor binario 0 por la ausencia de luz.

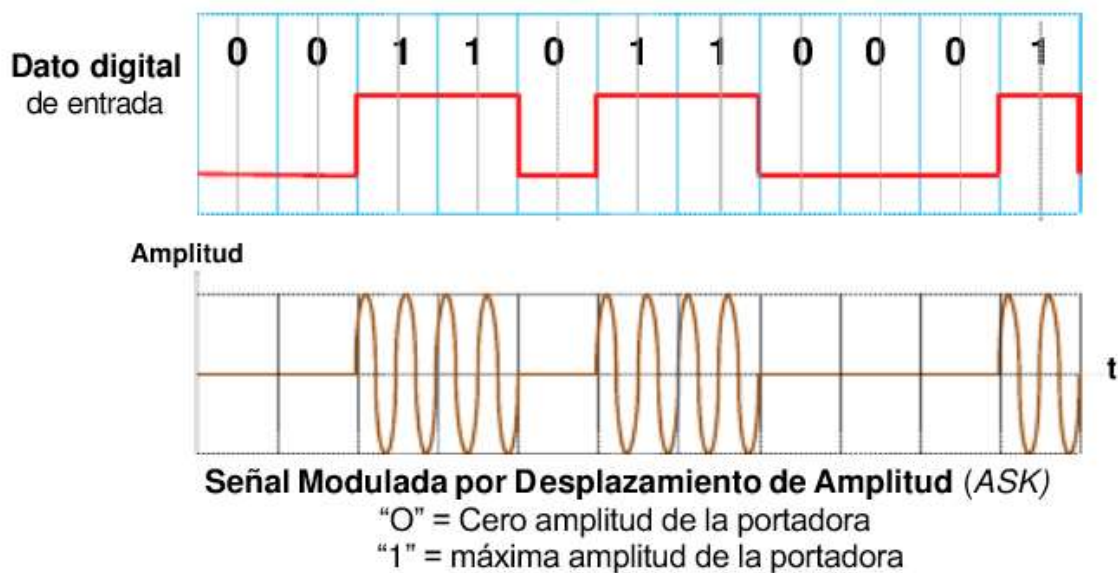


Figura 2.4.- Proceso de Modulación por Desplazamiento en Amplitud



2.5.6.- FSK (Frequency Shift Keying) Modulación por Desplazamiento de Frecuencia.

Es una técnica de modulación para la transmisión digital de información utilizando dos o más frecuencias diferentes para cada símbolo. La señal moduladora solo varía entre dos valores de tensión discretos formando un tren de pulsos donde uno representa un "1" o "marca" y el otro representa el "0" o "espacio".

En la modulación digital, a la relación de cambio a la entrada del modulador se le llama bit-rate y tiene como unidad el bit por segundo (bps).

A la relación de cambio a la salida del modulador se le llama baud-rate. En esencia el baud-rate es la velocidad o cantidad de símbolos por segundo.

2.5.7.- BFSK (Binary Frequency Shift Keying) Modulación por desplazamiento de frecuencia Binaria.

En este tipo de modulación, dos valores binarios (1 y 0), son representados por dos diferentes frecuencias (f_1 y f_2), las cuales tiene desplazamientos cercanos a la frecuencia portadora cuyos valores son de la siguiente forma:

0 = f_2 (frecuencia cercana a la portadora)

1 = f_1 (en donde $f_1 = 2f_2$).

La técnica BFSK, es usada para velocidades de 1200 bps; también para transmisiones de alta frecuencia (3 a 30 MHz) y para aplicaciones en redes de área local con cable coaxial.

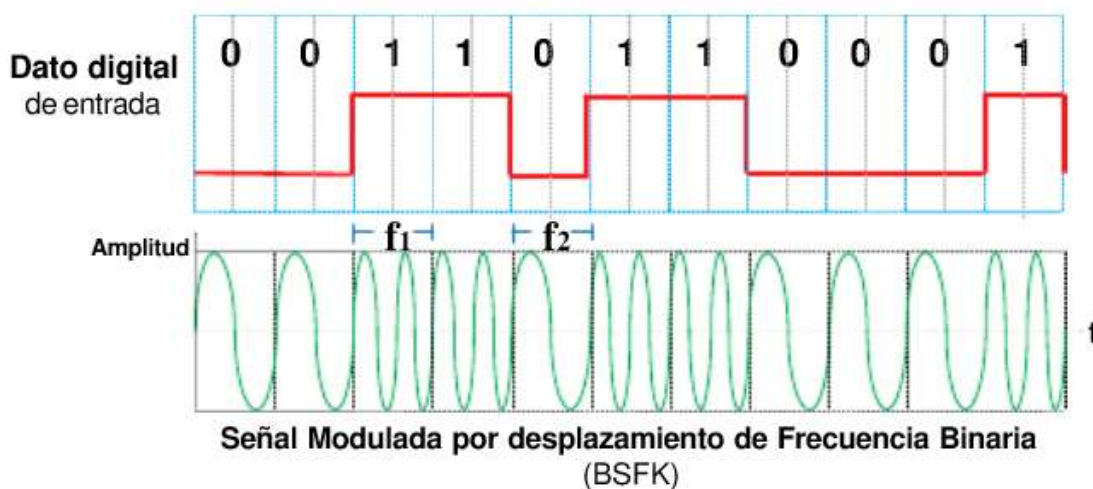


Figura 2.5.- Proceso de Modulación por Desplazamiento de Frecuencia Binaria

2.5.8.- PSK (Phase Shift Keying) Modulación por Desplazamiento de Fase.

Es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la señal portadora entre un número de valores discretos. La diferencia con la modulación de fase convencional PM (Modulation Phase) Fase Modulada, es que mientras en ésta la variación de fase es continua, en la PSK la señal moduladora es una señal digital y, por tanto, cuenta con un número de estados limitado.

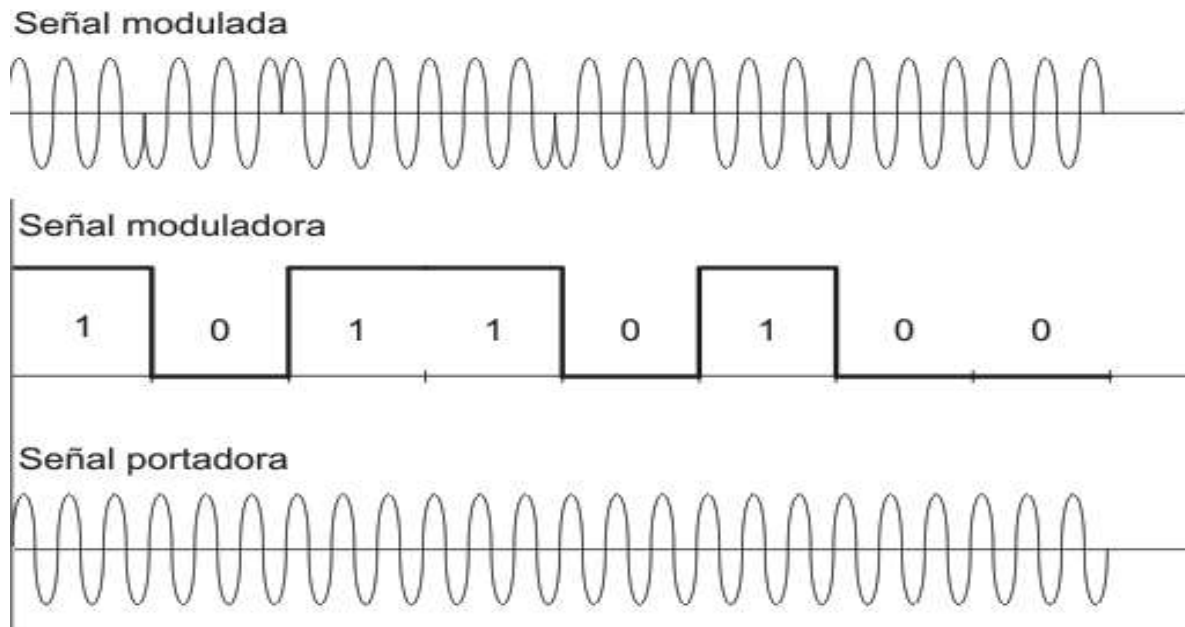


Figura 2.6.- Proceso de Modulación por Desplazamiento de Amplitud

Las modulaciones BPSK y QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) Codificación de Desplazamiento de Fase en Cuadratura, derivadas de la modulación por desplazamiento de fase, son óptimas desde el punto de vista de protección frente a errores. En esencia, la diferencia entre distintos símbolos asociados a cada fase es máxima para la potencia y ancho de banda utilizados.

La gran ventaja de las modulaciones PSK es que la potencia de todos los símbolos es la misma, por lo que se simplifica el diseño de los amplificadores y etapas receptoras lo que significa reducción de costos, dado que la potencia de la fuente es constante.

En la Modulación PSK, la portadora tiene corrimientos (desplazamientos) de fase. El esquema más simple de PSK usa dos fases para representar dos dígitos binarios.

Esta técnica es conocida como Modulación por Desplazamiento de Fase Binaria.

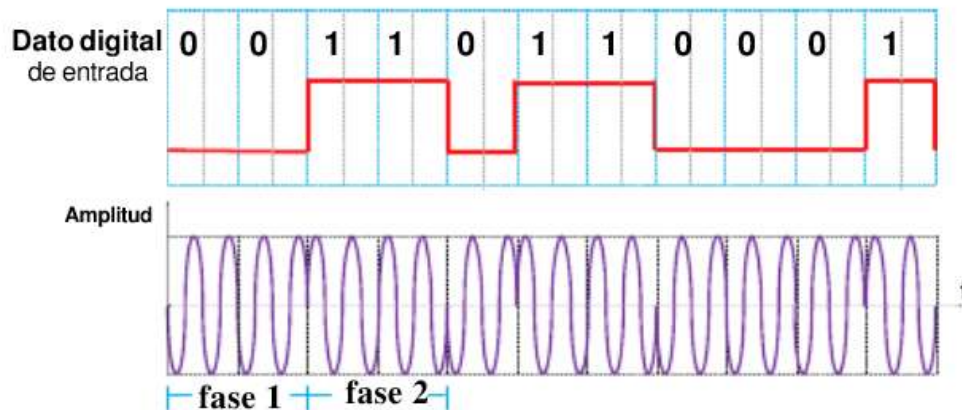


Figura 2.7.- Proceso de Modulación por Desplazamiento de Fase Binaria

2.5.9.- APSK (Amplitude Phase Shift Keying) Modulación por Desplazamiento de Amplitud y Fase.

Es un formato de modulación digital donde la información es transportada por la amplitud y fase de una señal de la portadora.

Tiene los símbolos situados sobre circunferencias concéntricas en el plano IQ en Fase y en Cuadratura, en lugar de estar dispuestas en forma rectangular como en QAM.

Es un caso particular, donde la información digital es representada por diferentes frecuencias, pero de tonos de audio. No cambia la frecuencia de la portadora, sino que corresponde a un paso previo a la modulación de la portadora.

El resultado de este proceso es una señal análoga que se encuentra en el espectro audible (hasta los 15 kHz). Esta es utilizada como información que modula análogamente a la portadora, a través de métodos tradicionales AM (Amplitude Modulation) Amplitud Modulada, FM (Modulation Frequency) Frecuencia Modulada.

2.6.- Estándar 802.11ac

IEEE 802.11ac es también conocido como WIFI 5G o WIFI Gigabit. Es una mejora a la norma IEEE 802.11n, se ha desarrollado entre el año 2011 y el 2013, y aprobada en enero de 2014.

El estándar consiste en mejorar las tasas de transferencia hasta 433 Mbit/s por flujo de datos, consiguiendo teóricamente tasas de 1.3 Gbit/s empleando 3 antenas. Opera dentro de la banda de 5 GHz, amplía el ancho de banda hasta 160 MHz y 40 MHz en las redes 802.11n, utiliza hasta 8 flujos mimo e incluye modulación de alta densidad (256 QAM).



Tiene por objetivo garantizar una mayor velocidad a una red inalámbrica, con un aumento en la eficiencia del 10 % y un consumo de energía menor, proporciona un alcance mayor a velocidades Gigabit Ethernet.

Cada vez se demanda más y más velocidad inalámbrica debido principalmente al contenido multimedia en alta definición, sincronización de datos y copias de seguridad de decenas de Gigas.

Con esta nueva tecnología se podría ver a los equipos hasta con 8 antenas, aunque la red cableada siga siendo a 1 Gbps, no se tendrá cuello de botella ya que Gigabit Ethernet es Full-Duplex, sin embargo, entre que Wireless es Half-Duplex y las pérdidas por interferencias, rebote de señal etc., nunca se llegara a las velocidades que ofrece la red cableada, aunque sí estará bastante cerca.

2.6.1.- FULL-DUPLEX

La transmisión Full-Duplex (FDx) permite transmitir en ambas direcciones, pero simultáneamente por el mismo canal. Existen dos frecuencias, una para transmitir y otra para recibir.

2.6.2.- HALF-DUPLEX

La transmisión Half-Duplex (HDx) permite transmitir en ambas direcciones; sin embargo, la transmisión puede ocurrir solamente en una dirección a la vez. Tanto transmisor y receptor comparten una sola frecuencia.

2.7.- Características del estándar 802.11ac.

El estándar 802.11ac, presenta las siguientes características.

- a) El ancho de canal para la transmisión en el estándar 802.11n tiene un máximo de 40MHz, y ahora el estándar 802.11ac lo incrementa hasta 80 MHz o incluso hasta 160 MHz, aumentando aún más la velocidad de datos por cada radio.
- b) El estándar 802.11ac ahora emplea 256-QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura), lo que significan altas tasas de transferencia de datos.
- c) El estándar 802.11ac opera únicamente en la banda de los 5GHz usando OFDM, donde hay menos ruido e interferencia de tecnologías competidoras.
- d) Gracias a esta nueva eficiencia en la transferencia, los equipos que usen 802.11ac consumirán menos batería (móviles, tabletas, ordenadores portátiles etc.).
- e) El número de antenas determina la velocidad de los datos que llegan al receptor y la velocidad máxima del WLAN 802.11ac (teórico de 1,3 Gbps, en la práctica alrededor de 0,2 Gbps) sólo se consigue con tres antenas.

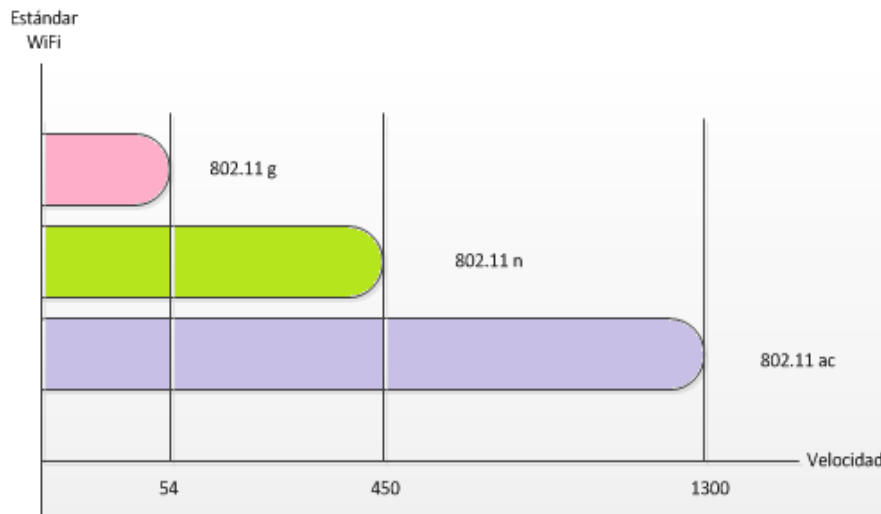


Figura 2.8.- Comparación entre los estándares 802.11 g, n y ac.

2.8.- Beamforming.

Es un tipo de categoría MIMO (Multiple Input and Multiple Output) Múltiple Entrada Múltiple Salida, que consiste en la formación de una onda de señal reforzada mediante el desfase en distintas antenas y es capaz de superar obstáculos llegando hasta al cliente por el mejor camino, además, es capaz de permitir transmisiones simultáneas a los clientes.

El Beamforming reconoce los elementos que causan un bajo rendimiento (muros, paredes) e intenta evitarlos, tampoco podemos olvidar que utiliza unas técnicas de detección de errores avanzadas.

2.9.- Tecnologías LDPC y STBC.

Las tecnologías LDPC, (Low Density Parity Check) Comprobación de Paridad de Baja Densidad y STBC (Space Time Block Codes) Codificación Espacio Temporal por Bloques también están presentes en este nuevo estándar para aumentar la eficiencia de la transmisión al máximo y conseguir altas velocidades inalámbricas. Gracias a esto, se puede mejorar la cobertura.

2.9.1.- LDPC (Low Density Parity Check) Comprobación de Paridad de Baja Densidad.

Son una clase de códigos de corrección de error lineal que permiten transmitir un mensaje por un canal de comunicaciones con ruido (canal de transmisión con errores). Los códigos LDPC son códigos lineales cuya propiedad esencial es la de tener por lo menos una matriz de paridad de baja densidad, es decir con pocos elementos distintos de cero.



Se están implementando en aplicaciones donde la transferencia de información a través del ancho de banda o de canal de retorno está limitado por la presencia de ruido como:

Recuperación de paquetes perdidos en la distribución de datos a varios clientes en forma simultánea a través de Internet.

Corrección de errores en telefonía común o inalámbrica y en módems y Permiten comunicar con eficiencia, gran confiabilidad y con muy baja complejidad para una gran variedad de medios de comunicación.

2.9.2.- STBC (Space Time Block Codes) Codificación Espacio Temporal por Bloques.

Es una técnica usada en comunicaciones inalámbricas para transmitir múltiples copias de una secuencia de datos a través de una serie de antenas para mejorar la fiabilidad de la transferencia de datos. El hecho de que la señal transmitida debe atravesar un entorno potencialmente difícil por la dispersión, la reflexión, la refracción y así sucesivamente y puede entonces ser dañado aún más por el ruido térmico en el receptor significa que algunas de las copias recibidas de los datos serán mejor que otros.

Esta redundancia da como resultado una mayor probabilidad de ser capaz de usar una o más de las copias recibidas para decodificar correctamente la señal recibida.

Un STBC suele ser representado por una matriz. Cada fila representa un intervalo de tiempo y cada columna representa las transmisiones de una antena a lo largo del tiempo.

2.10.- Comparación de las características del estándar IEEE 802.11n y 802.11ac

Características	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac
Frecuencia de Operación	2.4GHz y 5GHz	5GHz
Canales	20, 40MHz	20, 40, 80 y hasta 160 MHz
Streams	1 a 4	1 a 8
MU-MIMO	No	Si
Máxima tasa de transferencia por radio (1x1)	150 Mbps	450 Mbps
Máxima tasa de transferencia por radio (3x3)	450 Mbps	1.3 Gbps

Tabla 2.3.- Comparación del estándar 802.11n con 802.ac



2.11.- Dispositivos bajo el estándar 802.11ac.

Aún en los hogares y oficinas se emplean Routers y dispositivos 802.11b y 802.11g, y a medida que progresa la transición a 802.11ac, éstos no desaparecerán; es por ello que la tecnología 802.11ac soporta estándares anteriores para permitir la compatibilidad. De este modo, los dispositivos 802.11ac solamente podrán convivir con el estándar 802.11n. Sin embargo, algunos de estos dispositivos son de Banda Dual (es decir, operan en la banda de los 2.4 y los 5 GHz), lo que les permitirá conectar con los estándares 802.11b o 802.11g, según sea necesario.

2.12.- Fases Wave 1 y Wave 2

802.11ac ha sido introducida al mercado comercial en dos fases distintas, llamadas Wave 1 y Wave 2; los productos que implementan la norma 802.11ac Wave 1 entraron en el mercado en el año 2013 y han tenido bastante éxito hasta el momento, esta tecnología mejora el rendimiento Wi-Fi de 450 Mbps a 1.3Gbps.

Por otro lado los productos que incorporan la norma 802.11ac Wave 2 comenzaron a ser vendidos a finales del año 2015, y pueden mejorar el rendimiento a un máximo teórico de 3.47Gbps.

**2.13.- Tecnología MU-MIMO (Multi User Multiple Input and Multiple Output)
Multiple Usuario Múltiple Entrada Múltiple Salida**

La Wave 2 introduce una tecnología llamada MU-MIMO que tiene el potencial para aumentar en gran medida la eficiencia de las soluciones Wi-Fi.

MU-MIMO utiliza la tecnología beamforming. Con la tecnología MU-MIMO, un router permite enviar 1 stream de datos a cada uno de los clientes, por lo que se envían los datos simultáneamente y el ancho de banda se aprovecha al máximo. Los tres clientes pueden enviar y recibir datos a la vez (en paralelo) y no en serie como ocurre con la tecnología SU-MIMO (Single User Multiple Input Multiple Output) Usuario Unico Múltiple Entrada Múltiple Salida.

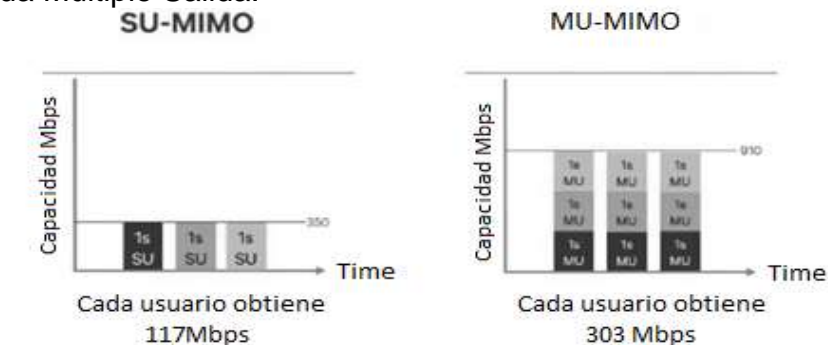


Figura 2.9.- Comparación entre tecnologías SU-MIMO Y MU-MIMO



La tecnología MU-MIMO es ideal para servicios en tiempo real como videoconferencias y juegos online, ya que se transmitirán rápidamente sin esperar un tiempo adicional a que nos toque el turno a nosotros.

2.14.- Símbolo de las barras de Wi-Fi.



Figura 2.10.- Símbolo de intensidad de Wi-Fi

La indicación habitual de la intensidad de la señal es un código con cuatro barras.

- 40dB en adelante = Señal excelente = cuatro barras
- 25dB a 40dB = Muy buena señal = tres barras
- 15dB a 25dB = Señal baja = dos barras
- 10dB a 15dB = Señal muy baja = una barra
- 5dB a 10dB = No hay señal = ninguna barra

El cálculo se realiza restando al ruido el valor de la señal (eliminado los signos), por ejemplo, una red WLAN, cuyo ruido es de (-45dB) y la señal es de (-96dB).

La intensidad en este ejemplo sería: $96 - 65 = 21\text{dB}$, este número se llama ratio señal-ruido y se conoce como SNR.

2.15.- Formato de la trama PLCP (Physical Layer Convergence Procedure) Procedimiento de Convergencia de Capa Física

La trama PLCP define un método de escaneo las unidades de datos del protocolo MAC (Media Access Control) Control de Acceso al Medio en un formato de trama compatible para enviar y recibir los datos de usuarios y la información de administración entre dos ó más estaciones usando la subcapa PMD.



La PMD (Physical Medium Dependent) Subcapa Dependiente del Medio Físico, define las características de los datos de usuario y el método de transmitirlos y recibirlos a través de un medio inalámbrico entre dos ó más estaciones.

La Figura 1.1 muestra el formato de la trama PLCP incluyendo el preámbulo, encabezado y la PSDU y los bits de cola (tail) así como los bits de padding (relleno).

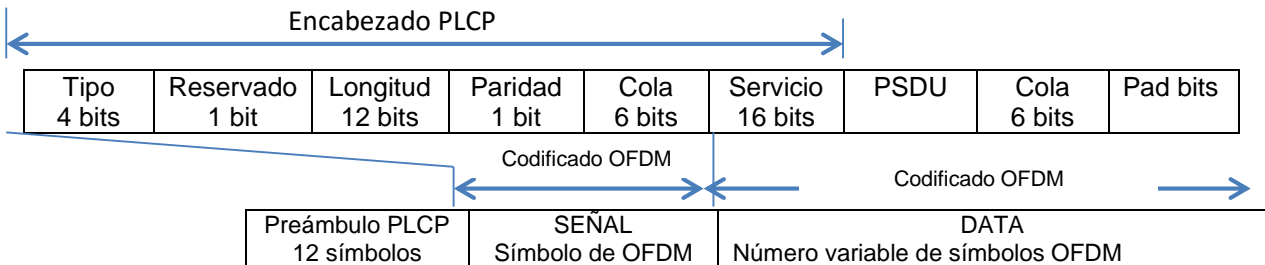


Figura 2.11.- Formato de la trama PLCP

2.15.1.- PLCP Preámbulo (12 símbolos OFDM)

Su principal función es la sincronización de diferentes temporizadores entre el transmisor y receptor. Se compone de 10 repeticiones de secuencia corta de entrenamiento. Es usado para proporcionar selección diversa, adquisición de tiempo y de frecuencia, para seleccionar la antena adecuada. Contiene también dos repeticiones largas. Tiene una duración de 16 μ s. Una secuencia corta consta de 12 subportadoras y una secuencia larga consta de 53 subportadoras incluyendo la de DC (nula).

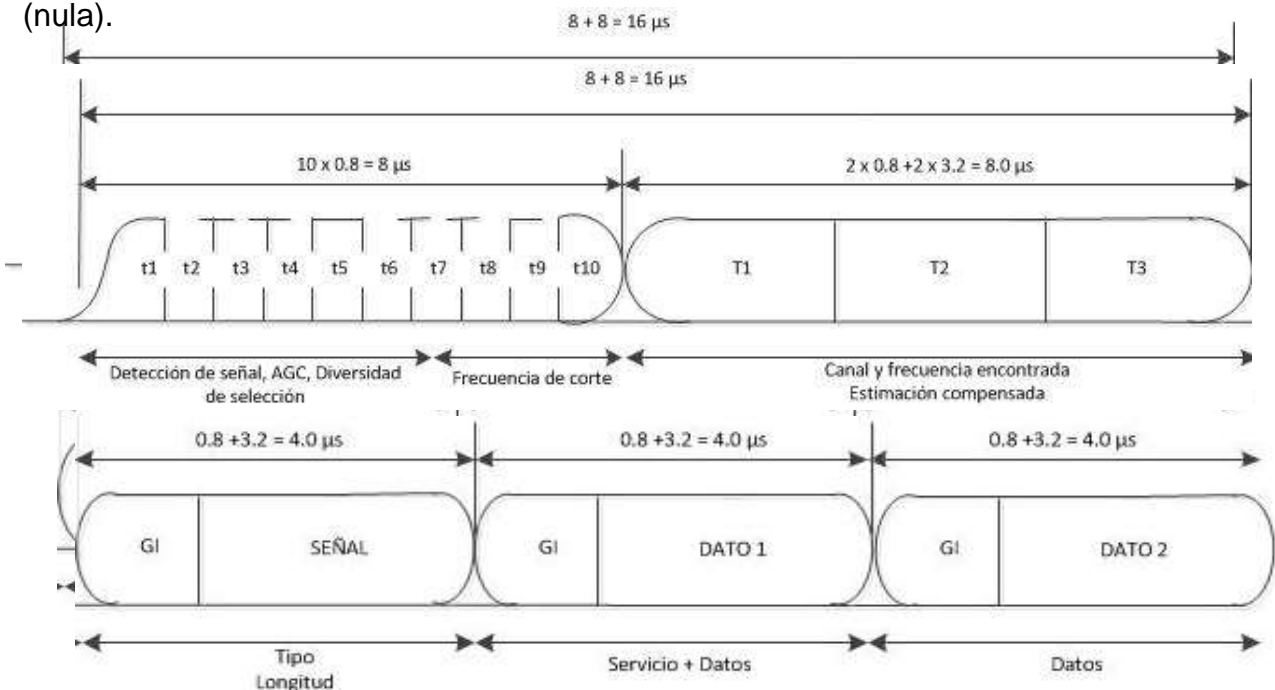


Figura 2.12.- Preámbulo PLCP



2.15.2.- Encabezado

Es transmitido a través del campo Señal, incorpora el campo Servicio del campo de datos de la trama PLCP.

2.15.3.- Señal (24 bits)

Compuesta por los subcampos Tarifa, Reservado, Longitud, Paridad y Cola. Está codificada usando el esquema más sencillo de modulación BPSK y un código convolucional de 1/2, los cuales están dentro de un símbolo OFDM. Para facilitar la detección de los campos Tarifa y Longitud 6 bits de relleno (Cola) son insertadas en el encabezado PLCP.

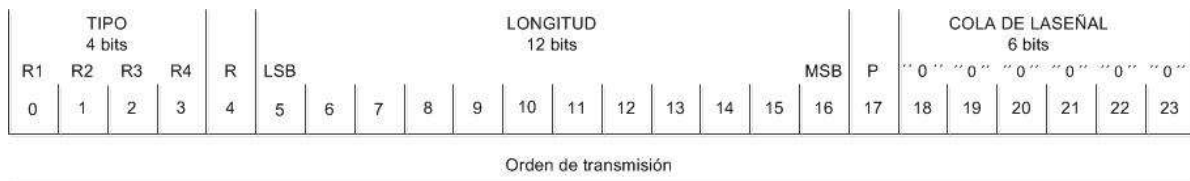


Figura 2.13.- Campo de señal

LSB (Least Significant Bit) Bit Menos Significativo
 MSB (Most Significant Byte) Bit Más Significativo

2.15.4.- Tipo (4 bits)

Se codifica la tasa de datos en cuatro bits de acuerdo con los valores de la Tabla.

Velocidad	R1 a R4
6	1101
9	1111
12	0101
18	0111
24	1001
36	1011
48	0001

Tabla 2.4.- Valores de campo Velocidad

2.15.5.- Longitud (12 bits)

Codifica la cantidad de bytes que contiene la trama MAC PSDU (Physical Layer Service Data Unit) Unidad de Datos de Servicio de Capa Física. Transmite del bit menos significativo al más significativo. Se procesa mediante un código convolucional para protegerlo de errores.



2.15.6.- Paridad (1 bit) y Reservado (1 bit)

El bit 4 está reservado para uso futuro y se pone en cero. El bit paridad es un bit par de paridad para los primeros 6 bits y evitar corrupción en los datos.

2.15.7.- Cola (6 bits)

Son seis bits en cero que termina el código convolucional, por tanto, deben ser procesados por dicho código, lo cual mejora la probabilidad de error del FEC (Forward Error Correction) Corrección de Errores Hacia Adelante.

2.15.8.- Datos

Contiene el campo Servicio (16 bits), la PSDU, la cola y los padding (bits de relleno).

2.15.9.- Servicio (16 bits)

Se denotan del 0-15; los bits 0-6 se transmiten primero y se usan para sincronizar la decodificación en el receptor. Los bits 7-15 son reservados para uso futuro.

2.15.10.- Pad bits (variable)

Dado que número de bits en el campo Datos debe ser un múltiplo de NCBPS (National Conference of Black Physics Students) Conferencia Nacional de Estudiantes de Física Negra, la información sin codificar debe ser extendida hasta lograr ser un múltiplo de NDBPS, dicho procedimiento se lleva a cabo con estos bits de relleno.

2.16.- Canales empleados en las redes Wi-Fi

Cuando se definió el estándar IEEE 802.11 se especificaron también los tres rangos de frecuencia disponibles para los dispositivos 2.4 GHz, 3.6 GHz y 5 GHz. La mayoría de dispositivos actuales operan en frecuencia cercana a 2.4 GHz, cada rango de frecuencias fue subdividido en una multitud de canales.

Para 2.4 GHz, en Europa son 13 canales, separados por 5 MHz cada uno. En el caso de Norteamérica solo se pueden utilizar 11 canales disponibles. La distribución de cada canal es, 20MHz de ancho de banda para operar, aunque es evidente que existirá un traslape entre los canales al estar separados solo 5MHz, es por eso que se utiliza solo el canal 1 después el 6 y finalmente el 11. Si la longitud del lugar es mayor se puede volver hacer la serie 1,6 y 11.



Banda	Frecuencia	Canal
2.4 GHz	2.4835	1
2.4 GHz	2.4840	2
2.4 GHz	2.4845	3
2.4 GHz	2.4850	4
2.4 GHz	2.4855	5
2.4 GHz	2.4860	6
2.4 GHz	2.4865	7
2.4 GHz	2.4870	8
2.4 GHz	2.4875	9
2.4 GHz	2.4880	10
2.4 GHz	2.4885	11

Tabla 1.5.- Canales de 802.11 utilizados en América

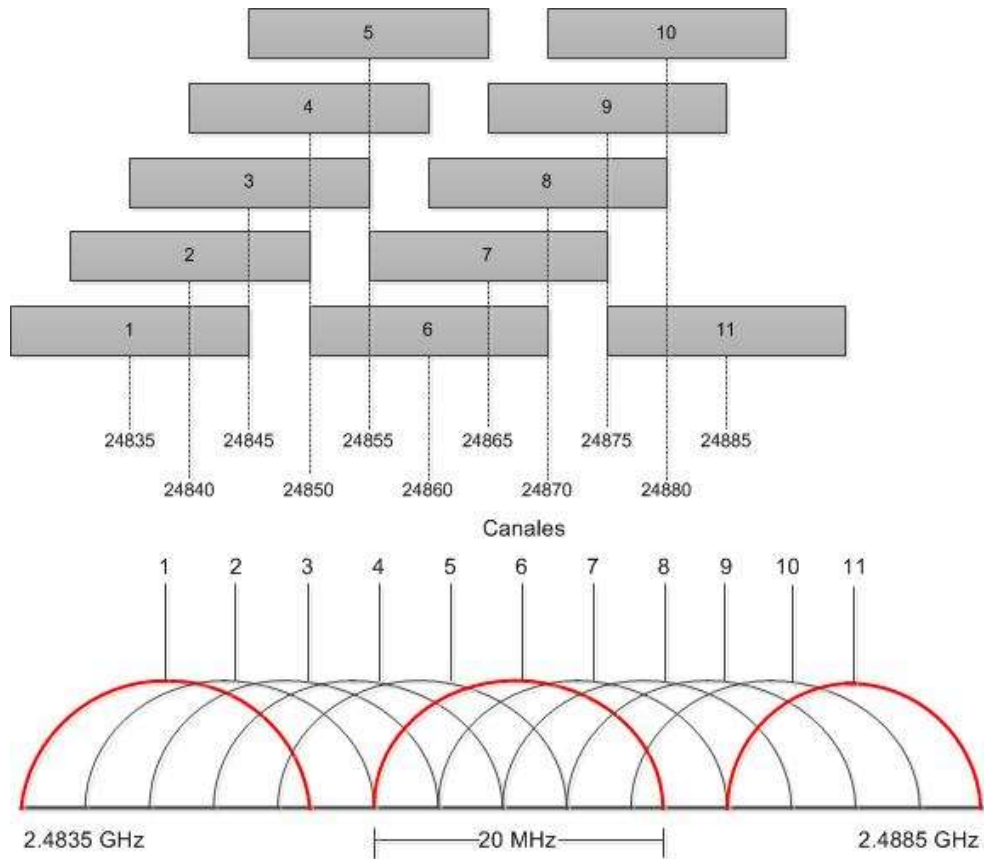


Figura 2.14.- Canales de 802.11 utilizados en América

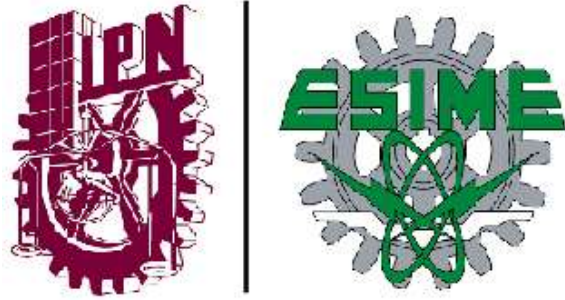


2.16.1.- Banda de 2.4 y 5 GHz.

Existen frecuencias comprendidas en el estándar 802.11, tanto en la banda de 2.4Ghz como en la de 5Ghz que no pueden ser utilizadas en ciertos países. Esto se debe a una planificación del uso de espectro de radiofrecuencia.

Las frecuencias restringidas suelen estar destinadas a uso determinado, oficial, experimental y reservado según la legislación de cada país, puede estar tipificado como delito.

Es por eso que en nuestro caso debemos usar forzosamente la banda a partir de 2.4835MHz a 2.5MHz que es de uso libre.



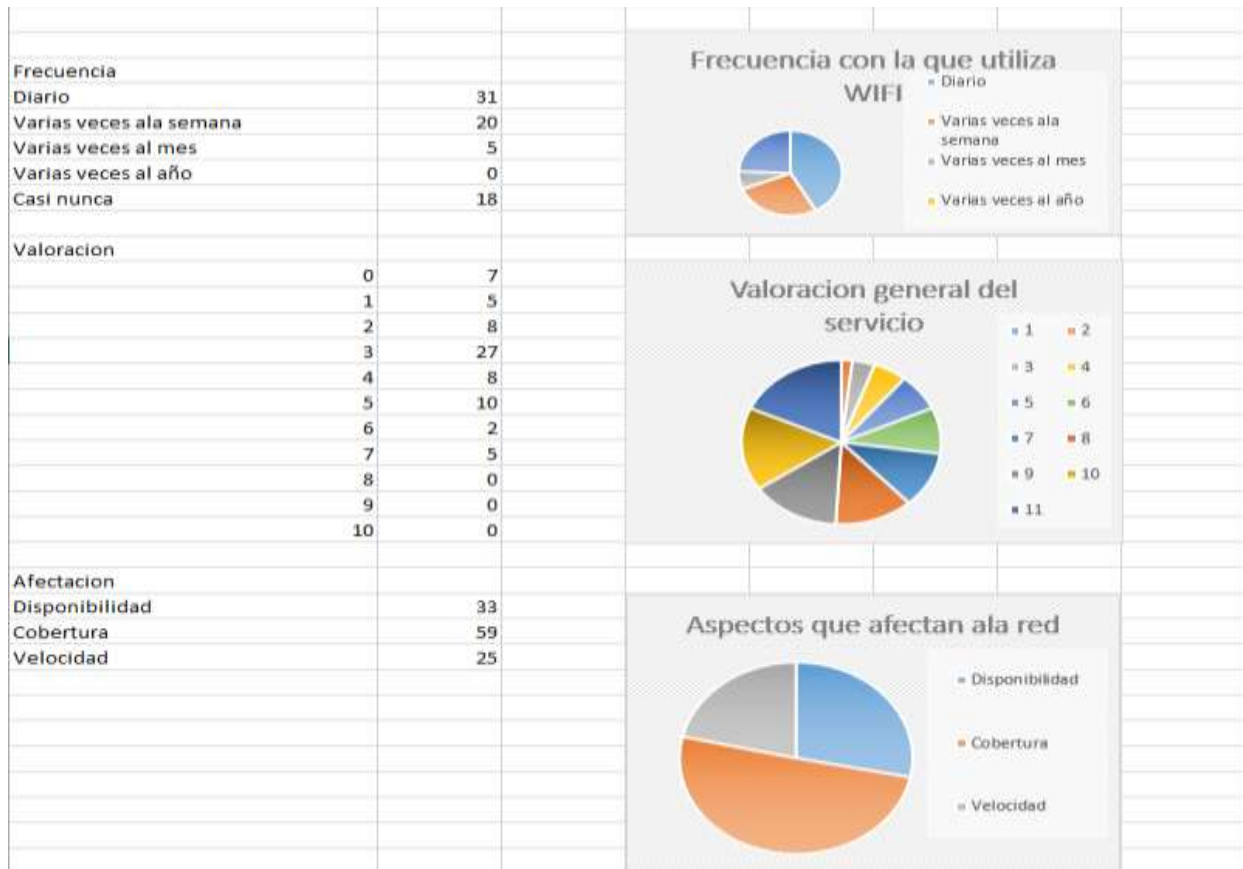
CAPÍTULO 3

“Diseño de la red inalámbrica”

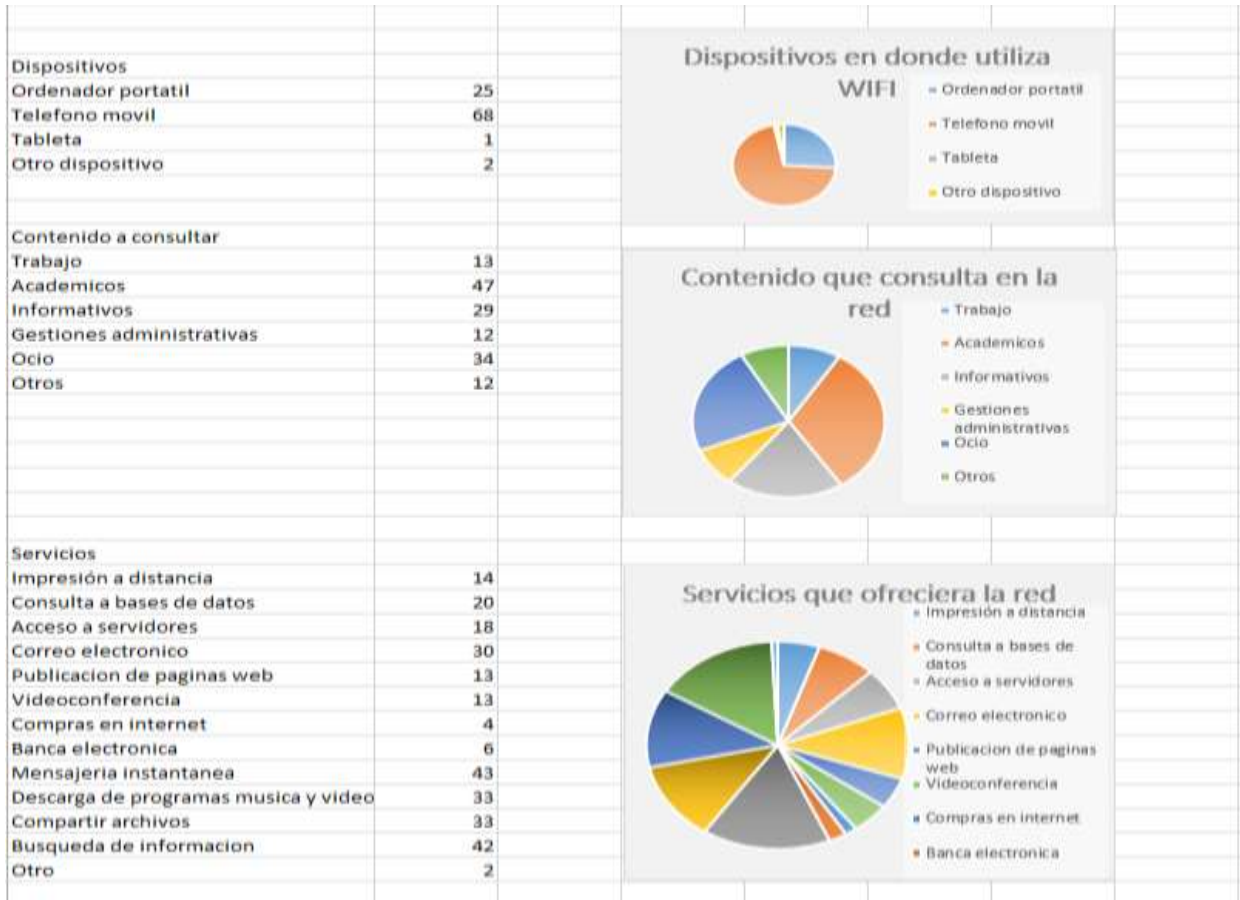


3.1.- Resultados de la encuesta aplicada a la comunidad de la ESIME Zacatenco.

Se realizó una encuesta para tener idea del porcentaje de alumnos que son usuarios de Wi-Fi, saber con qué objetivo es usada y desde que dispositivos la utilizan para así poder tomar decisión para cumplir con las necesidades.



Estas graficas nos arrojaron como resultado que la red inalambrica es utilizada a diario pero los usuarios la calificaron bajo por la poca cobertura que tiene y donde tiene alcance es la disponibilidad es casi nula.



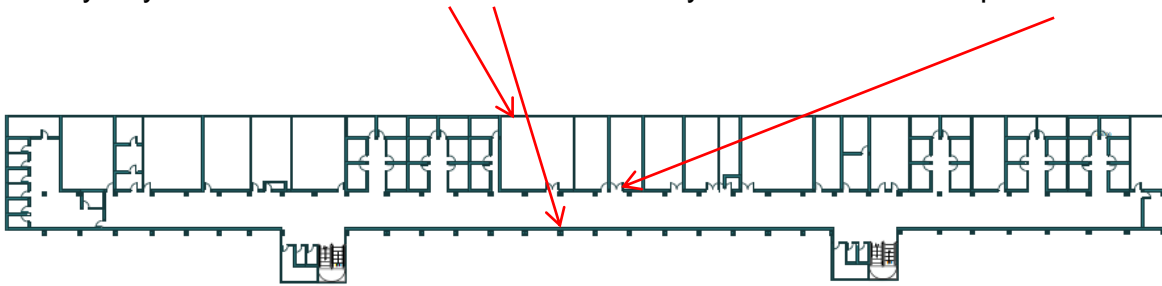
Es mas utilizada con telefonos celulares para realizar trabajos academicos y los servicios que utiliza la comunidad es el correo electronico, google y whats app tambien la ocupan para descargar multimedia.

3.2.- Reflexion, Refraccion, Difraccion y Atenuacion.

La disminuci3n de energa es consecuencia de las p3rdidas producidas en la reflexi3n y refracci3n en cada una de las interrupciones por dispersi3n geom3trica que atraviesa la onda.

Los efectos de difracci3n se producen cuando la onda incide con un elemento 3nico de tamao relativamente grande de forma que las condiciones del medio varan bruscamente de un punto a otro.

La estructura del edificio ligero Z, está formada con vigas de acero separadas cada 4.5m y hay una serie en cada lateral del edificio y una al costado del pasillo.



El edificio, está dividido con mamparas de 90cm, cada una de éstas, se encuentra compuestas por 2 placas de lámina y en su interior contiene unicel. También hay ventanales de vidrio por ambos lados del edificio. Tanto el suelo como el techo son de concreto; el suelo está forrado con loseta y el techo con plafones de yeso.



Figura 3.1.- Interior del edificio Z

En el interior de los plafones encontramos tubería galvanizada, la rejilla que lleva la fibra óptica, las cajas de conexión y portalámparas



Figura 3.2.- Muestra el techo del edificio Z al levantar los plafones

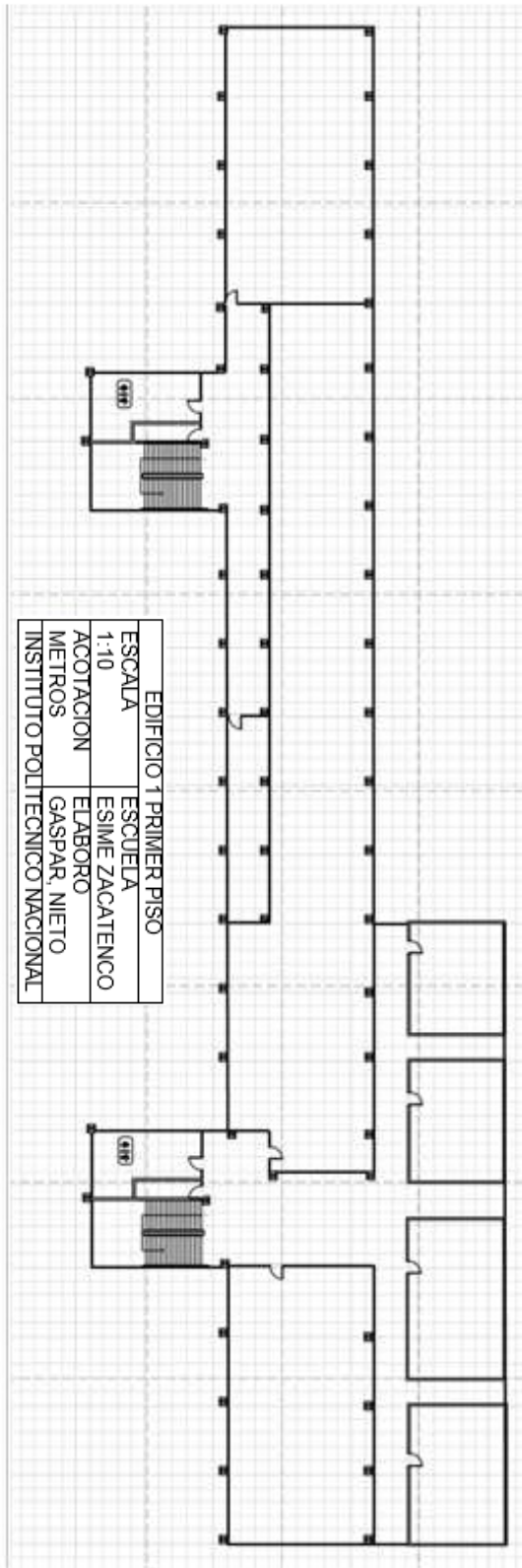
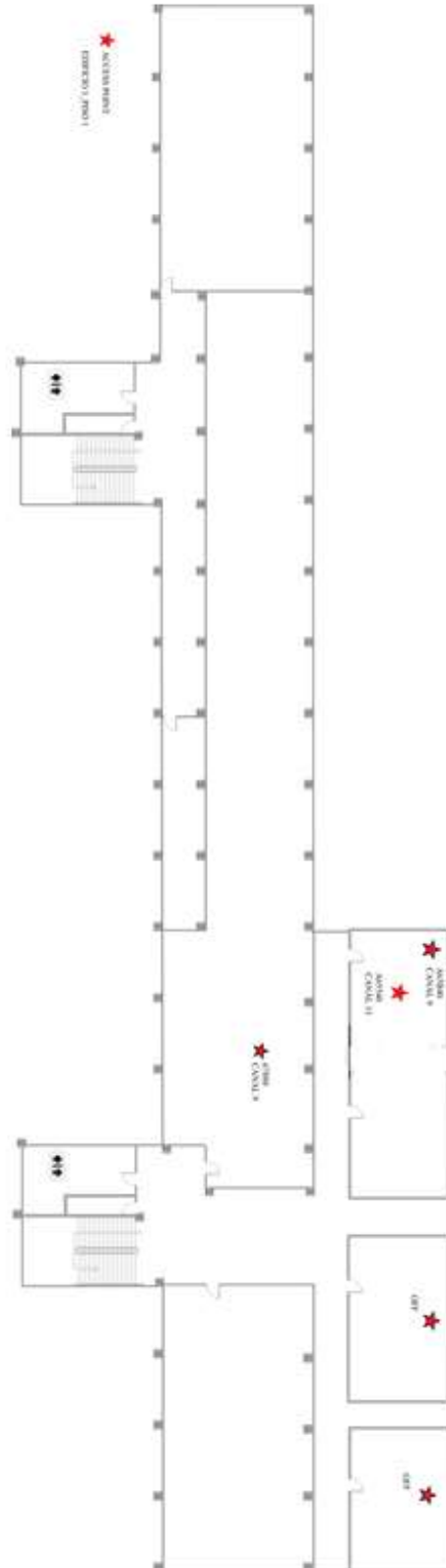
Es por eso que se toman en cuenta los valores de la siguiente tabla

Material	ϵ_r	σ	Pérdida en dB
Vidrio	4.7		
Tubería galvanizada	1	100000000	
Lámina metálica			4-7
Columnas metálicas			26
Concreto	6-30	1-10	13-20
Suelo de cemento	16	10-100	
Tronco de árbol	5	1	

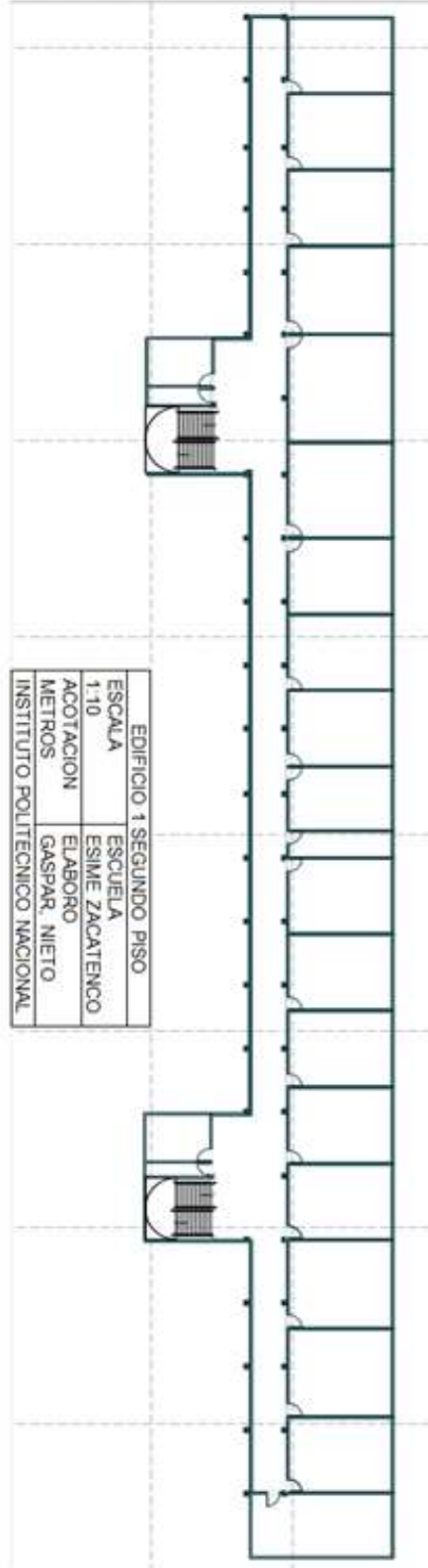
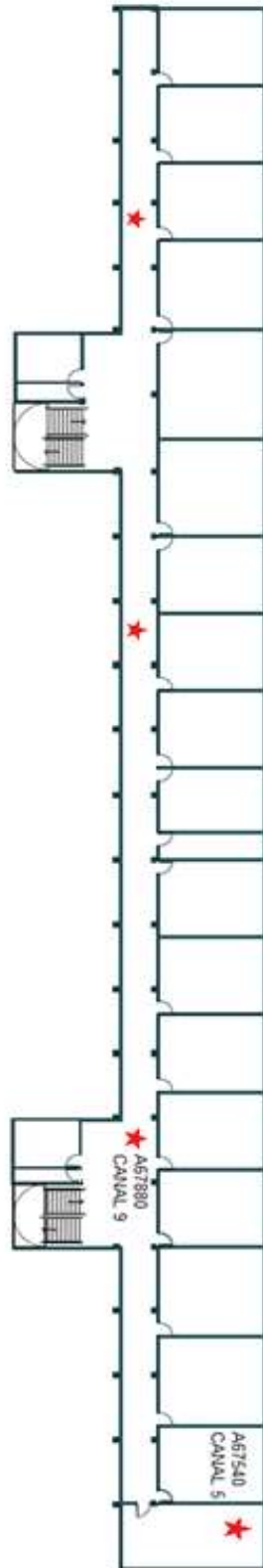
Tabla 3.1.- Materiales de los edificios de ESIME Zacatenco

3.3.- Planos del edificio 1.

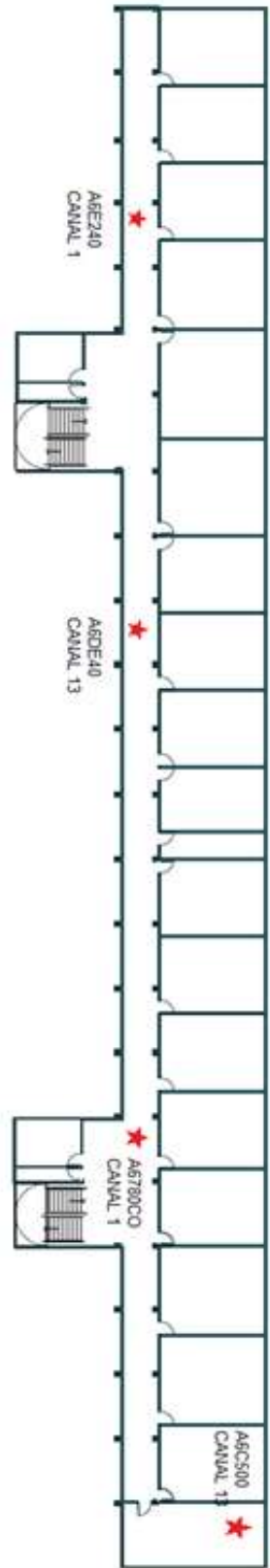
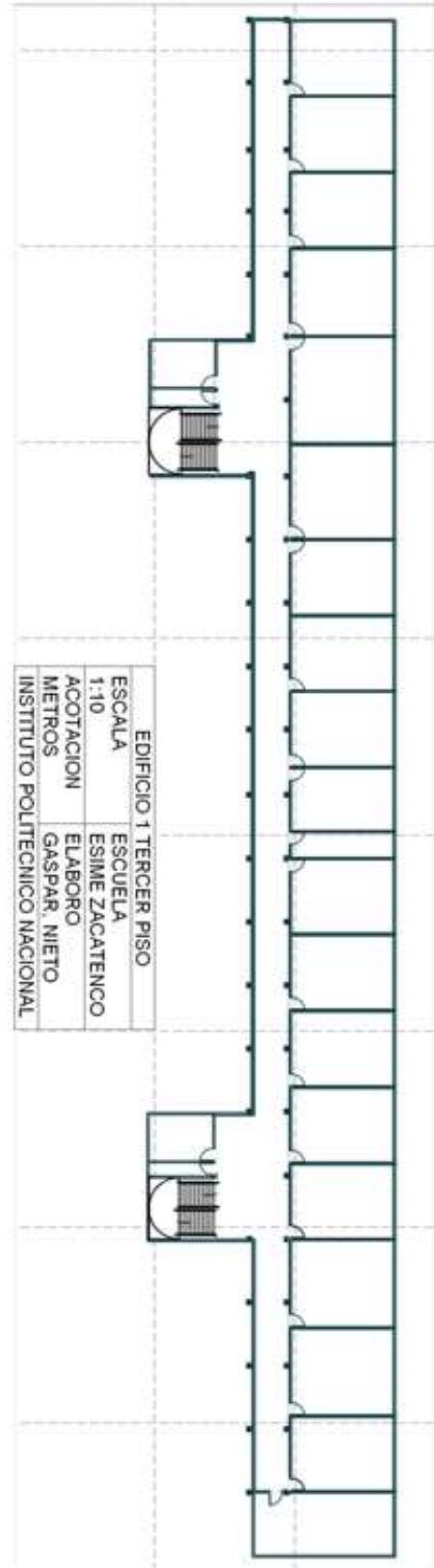
Los planos de la derecha son los planos estructurales del edificio 1 y los planos de la izquierda se muestran los puntos de acceso que hay actualmente exactamente en los puntos rojos. Se realizó el mismo procedimiento para el edificio 1 en sus 3 pisos y planta baja.



EDIFICIO 1 PRIMER PISO	
ESCALA	ESCUELA
1:10	ESIME ZACATENCO
ACOTACION	ELABORO
METROS	GASPAR, NIETO
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL	



EDIFICIO 1 SEGUNDO PISO	
ESCALA	ESCUELA
1-10	ESIME ZACATENCO
ACOTACION	ELABORO
METROS	GASPAR, NIETO
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	



3.4.- Planos del edificio Z.

Para el edificio z de igual manera se realizaron los planos estructurales y fueron colocados a la derecha y los planos con la ubicación de nodos fueron colocados a la izquierda.

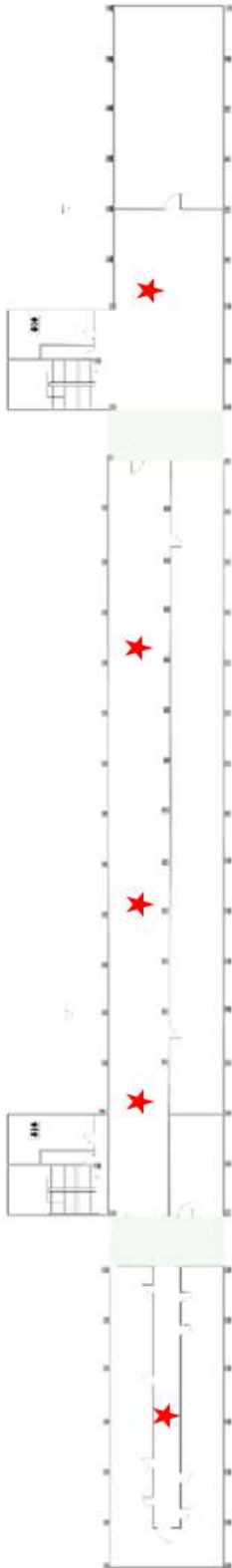
Para encontrar dichos nodos se levantaron plafones y así ubicar los puntos en la red, una vez hecho esto al colocar el plafón se marcó con una calcomanía para facilitar su ubicación de los nodos.



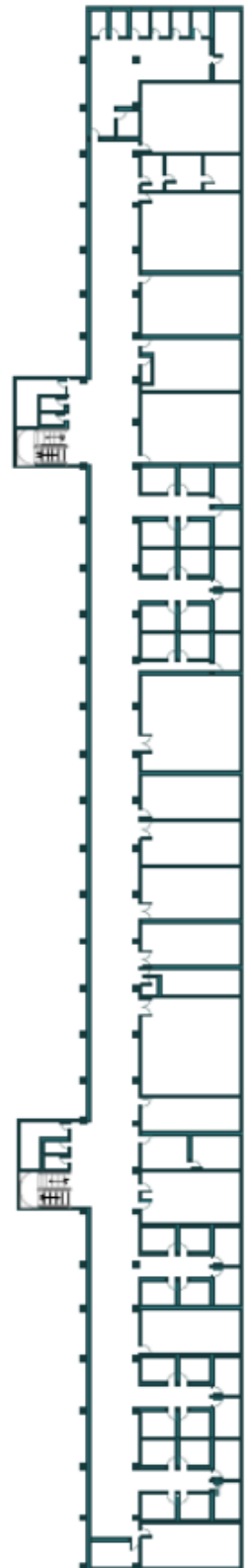
Figura 3.3.- Ubicación de los nodos del edificio Z, marcados con una etiqueta amarilla



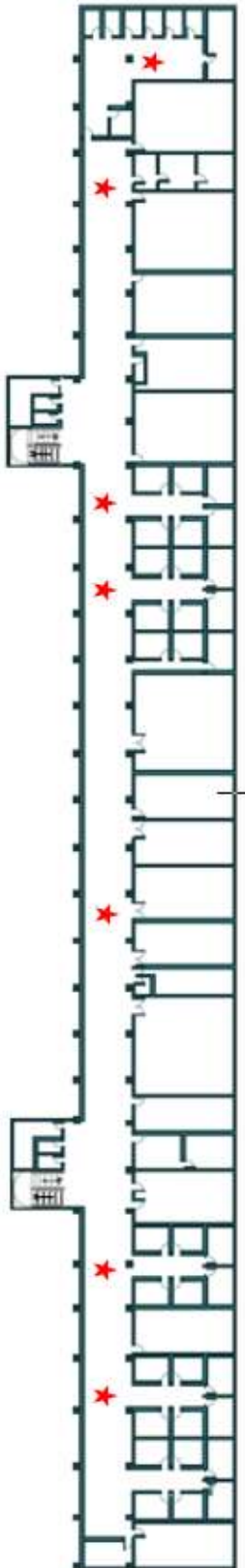
EDIFICIO Z PLANTA BAJA	
ESCALA 1:10	ESCUELA ESIME ZACATENCO
ACOTACION: METROS	ELABORO: GASPAR, NIETO
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	



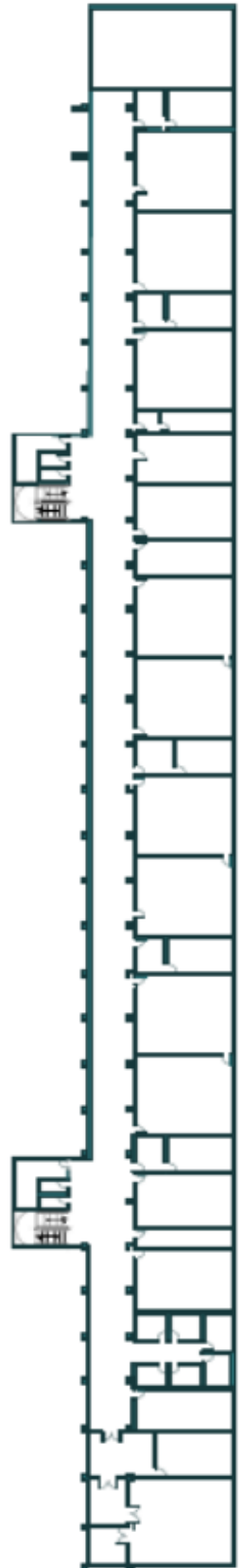
EDIFICIO Z PLANTA BAJA	
ESCALA 1:10	ESCUELA ESIME ZACATENCO
ACOTACION: METROS	ELABORO: GASPAR, NIETO
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	



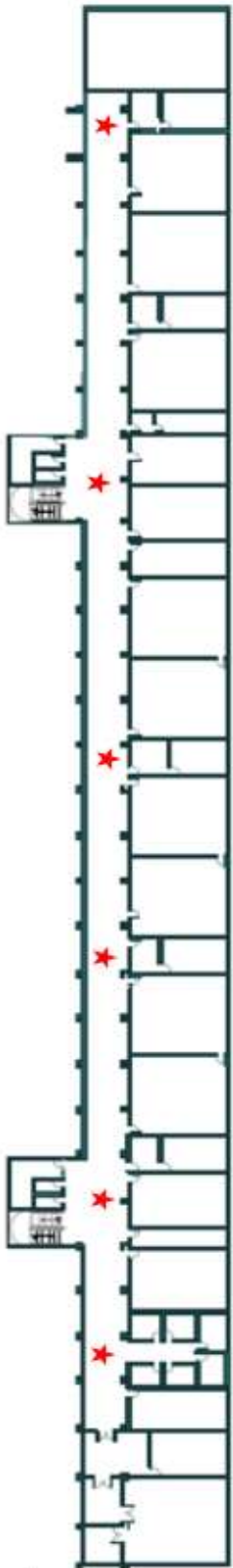
EDIFICIO Z PISO 1	
ESCALA 1:10	ESCUELA ESIME ZACATENCO
ACOTACION:	ELABORO:
METROS	GASPAR, NIETO
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	



EDIFICIO Z PISO 1	
ESCALA 1:10	ESCUELA ESIME ZACATENCO
ACOTACION:	ELABORO:
METROS	GASPAR, NIETO
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	



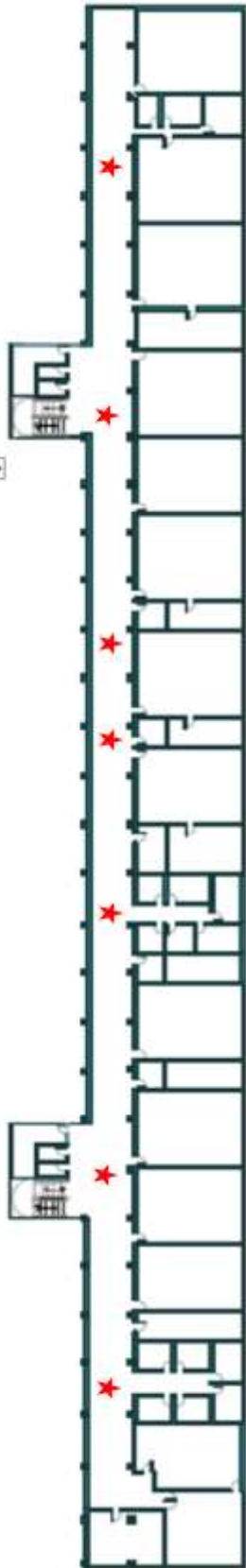
EDIFICIO Z PISO 2	
ESCALA 1:10	ESCUELA ESIME ZACATENCO
ACOTACION:	ELABORO:
METROS	GASPAR, NIETO
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	



EDIFICIO Z PISO 2	
ESCALA 1:10	ESCUELA ESIME ZACATENCO
ACOTACION:	ELABORO:
METROS	GASPAR, NIETO
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	



EDIFICIO Z PISO 3	
ESCALA 1:10	ESCUELA ESIME ZACATENCO
ACOTACION: METROS	ELABORO: GASPAR, NIETO
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	



EDIFICIO Z PISO 3	
ESCALA 1:10	ESCUELA ESIME ZACATENCO
ACOTACION: METROS	ELABORO: GASPAR, NIETO
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	



3.4.1.- CONCLUSION DE LA UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ACCESO.

Despues de checar la ubicación de los puntos de acceso del edificio 1 se llego ala conclusion que esta errada porque solo consideraron la distancia de alcance pero no identificaron que el ultimo punto queda desperdiciada su cobertura ya que fue colocado hasta la esquina del edificio esto sucede en el piso 2 y 3 porque siguieron la misma instalacion en ambos pisos.

En el piso 1 en la instalacion de los puntos de acceso no se considero a todos solo a al personal asignado en esa area tanto de los anexos como de la subdireccion porque los colocaron dentro de las salas pero ahí mismo hay nodos de conexión y de la misma manera en la planta baja del edificio 1 no hay ninguno ubicado en los pasillos siendo que en esa area administrativa en periodos de inscripcion al semestre, becas y servicio social mucha parte de la comunidad esta formada en dichos pasillos y requieren conectividad para ver disponibilidad de grupos, etc.

En el edificio z esta mas fuerte la problemática de la red inalambrica porque existen los nodos colocados en el pasillo pero no hay una red inalambrica instalada como tal, hay muchos puntos de acceso colocados de diferentes profesores y pues cada uno tiene seguridad por lo que dejan a los alumnos sin conectividad, esto sucede en todos los pisos.

3.5.- MEDICION CON EL ANALIZADOR DE ESPECTRO.

Se tomaron capturas con el analizador de espectros de los accesos colocados en el edificio 1 actualmente.

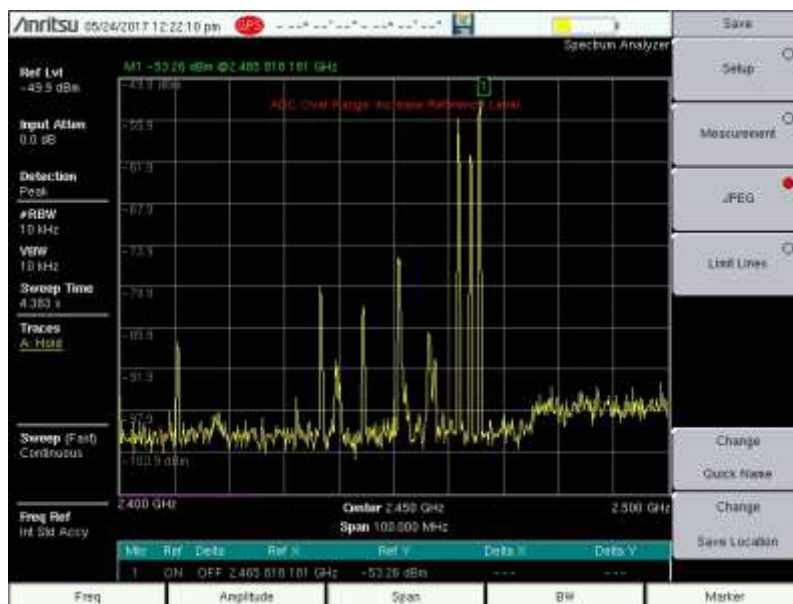


Figura 3.4.- Señal radiada por una access point del edificio 1



Se ajusto el rango de captacion en el analizador entre la banda de 2.4 y 2.5 GHz con la antena de 5 GHz y obtuvimos la señal anterior con una potencia de -49.9 dBm cabe mencionar que estas mediciones se tomaron de un punto de acceso inactivo porque en ese estado estan en el edificio 1 en el capitulo 4 se configurara y activara la red inalambrica.

Se tomo una serie de mediciones a diferentes grados y distancias del punto de acceso para obtener su patron de radiacion.

3.6.- MAPAS DE CALOR.

Se realizaron los mapas de calor del edificio 1 en el software llamado Ekahau.

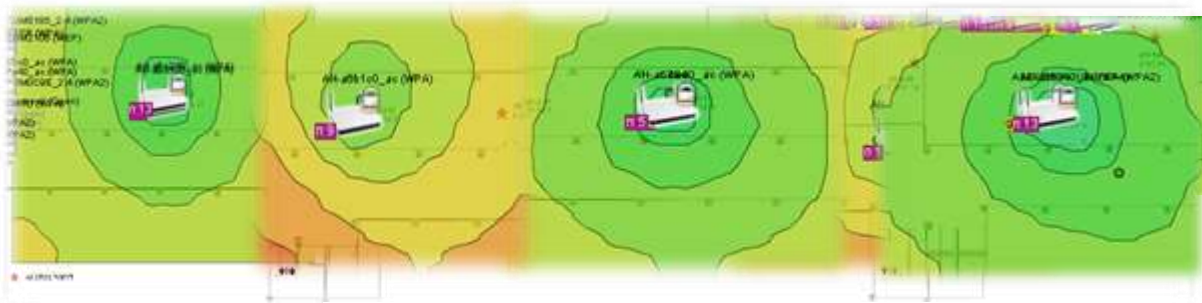


Figura 3.5.- Mapa de Calor Edificio 1 Planta Baja

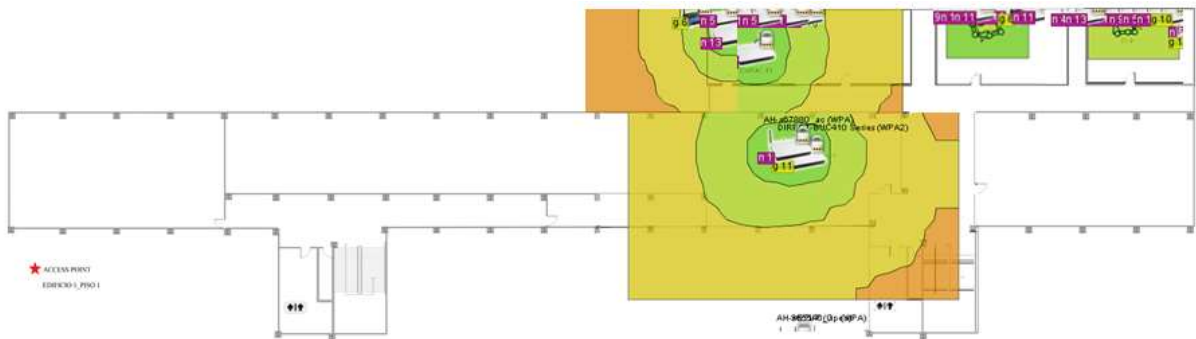


Figura 3.6.- Mapa de Calor Edificio 1 Piso 1

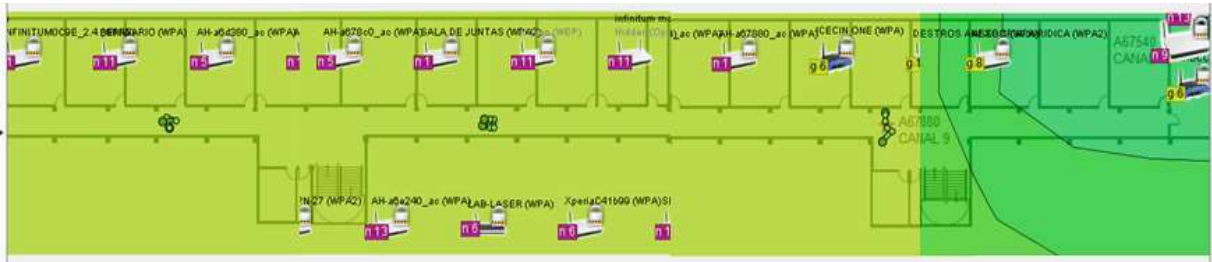


Figura 3.7.- Mapa de Calor Edificio 1 Piso 2

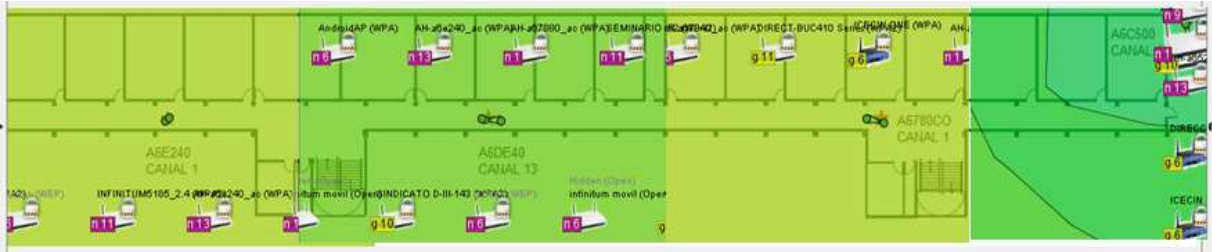


Figura 3.8.- Mapa de Calor Edificio 1 Piso 3

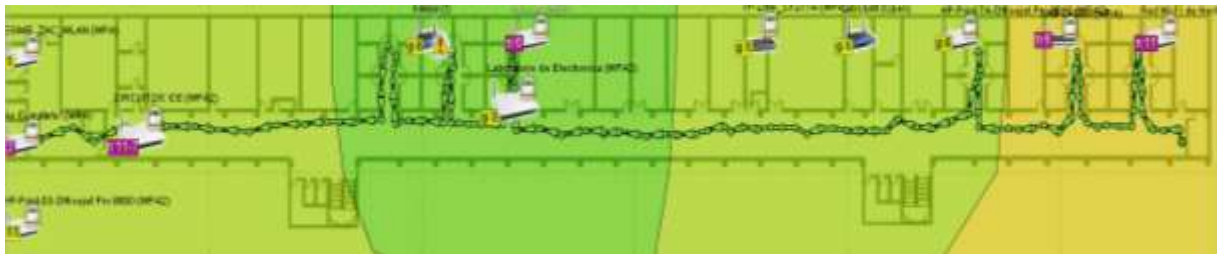


Figura 3.9.- Mapa de Calor Edificio Z Piso 1

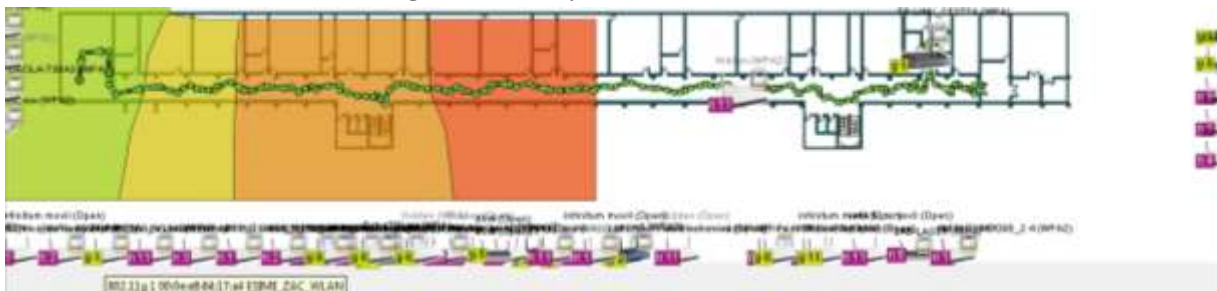


Figura 3.10.- Mapa de Calor Edificio Z Piso 2



Figura 3.11.- Mapa de Calor Edificio Z Piso 3



3.7.- CONFIGURACION DEL PUNTO DE ACCESO.

Hay 2 formas para poder configurar el dispositivo la primera es por medio del puerto consola con Putty en los anexos se agregaron una serie de comandos que nos ayudaron a poder configurarlo, los mas importante es resetearlo de fabrica por medio del boton, despues habilitarlo y ponerlo visible, se puede o no agregar seguridad, en seguida se deben meter las direcciones de ip, su mascara, puerta de enlace y los DNS (Domain Name System) Sistema de Nombres de Dominio, poner el canal deseado y la cantidad de usuarios a conectarse.

```
Welcome to Aerohive Product

AH-a6b1c0 login: hostname ESIME
Password:
login: admin
Password:
Copyright (c) 2006-2017 Aerohive Networks, Inc.
AH-a6b1c0#ESIME-ZAC
      ^-- unknown keyword or invalid input
AH-a6b1c0#hostname ESIME-ZAC
ESIME-ZAC#ESIME-ZAC#
ESIME-ZAC#no capwap client enable
ESIME-ZAC#show capwap client
CAPWAP client:  Disabled
Discovery interval:      5 seconds
Heartbeat interval:     30 seconds
Max discovery interval: 10 seconds
Neighbor dead interval:105 seconds
Silent interval:        15 seconds
Wait join interval:     60 seconds
Discovery count:        0
Max discovery count:    3
Retransmit count:       0
Max retransmit count:   2
Primary server tries:   1
Backup server tries:    0
Keepalives lost/sent:   1/5
Event packet drop due to buffer shortage: 0
Event packet drop due to loss connection: 5
ESIME-ZAC#ssid ESIME
ESIME-ZAC#ssid ESIME security-object ESIME
```

Figura 3.11.- Pantalla con los comandos utilizados en PuTTY para configurar el access point



```
ESIME-ZAC#no ssid ESIME
ESIME-ZAC#ip route host 192.168.1.72 gateway 192.168.1.254
ESIME-ZAC#security-object ESIME
<SIME security protocol-suite wpa2-tkip-psk ascii-key *****
ESIME-ZAC#ssid ESIME
ESIME-ZAC#ssid ESIME security-object ESIME
ESIME-ZAC#interface wifi0 ssid ESIME
ESIME-ZAC#interface wifi1 ssid ESIME
ESIME-ZAC#access-console max-client 1
ESIME-ZAC#access-console mode enable
      ^-- unknown keyword or invalid input
ESIME-ZAC#access-console mode enable
ESIME-ZAC#interface wifi0 radio channel 6
ESIME-ZAC#save config
ESIME-ZAC#no access-console max-client 1
      ^-- unknown keyword or invalid input
ESIME-ZAC#access-console max-client 60
ESIME-ZAC#show run
security-object ESIME
security-object ESIME security protocol-suite wpa2-tkip-psk ascii-key ***
ssid ESIME
ssid ESIME security-object ESIME
interface wifi0 radio channel 6
interface wifi0 ssid ESIME
interface wifi1 ssid ESIME
no system led power-saving-mode
access-console mode enable
access-console max-client 60
hostname ESIME-ZAC
ip route host 192.168.1.72 gateway 192.168.1.254
no capwap client enable
capwap client server name hmng-prod-va2-cs-01.aerohive.com
capwap client server backup name hmng-prod-va2-cm-01.aerohive.com
ESIME-ZAC#save config
ESIME-ZAC#
```

Después de realizar esta configuración el indicador del punto de acceso cambia del color ámbar a blanco y ya se puede realizar la conexión desde cualquier dispositivo inalámbrico a esta red.

La otra alternativa de configuración es directamente desde Hive Manager se crea la cuenta, se busca al dispositivo, se hacen las configuraciones similares y una vez concluidas se procede a cargar dicha configuración al punto de acceso al terminar el proceso se reiniciará y se podrá conectarse a la red inalámbrica.

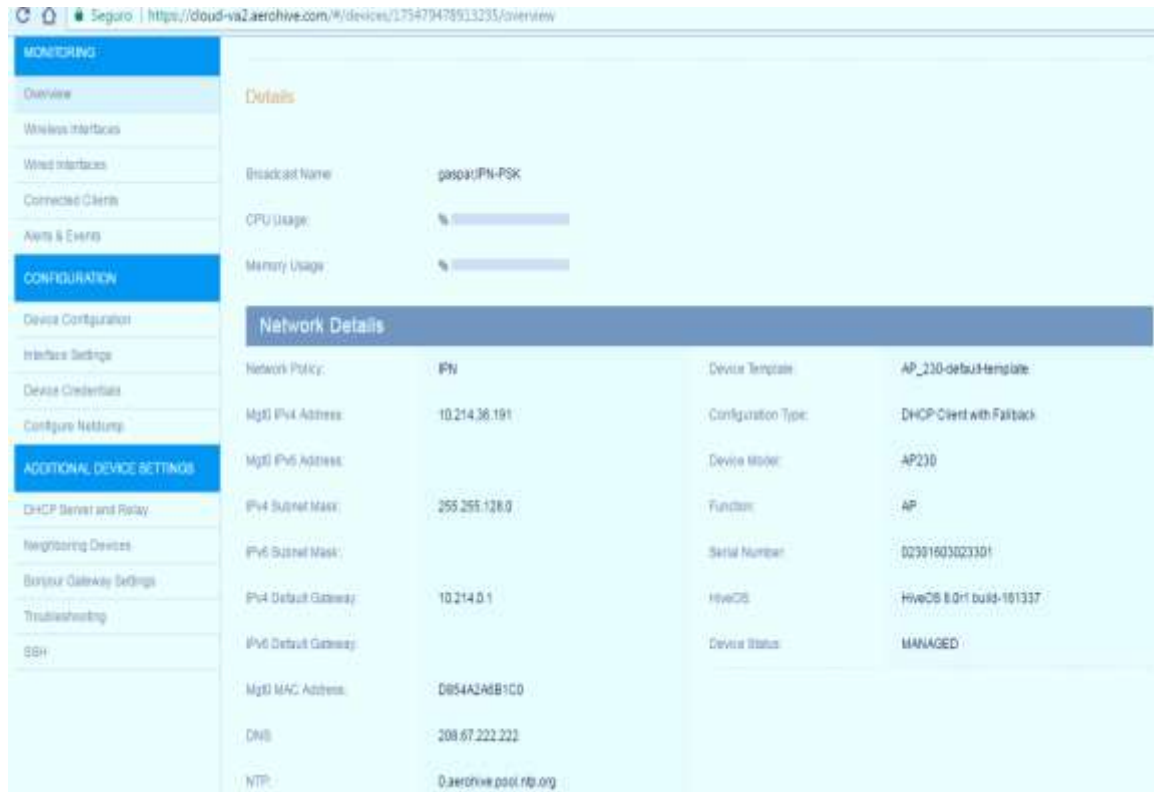


Figura 3.12.- Pantalla de configuración del access en Hive Manager

En seguida se muestra otra captura del analizador de espectros con la red inalámbrica ya configurada y funcionando correctamente.

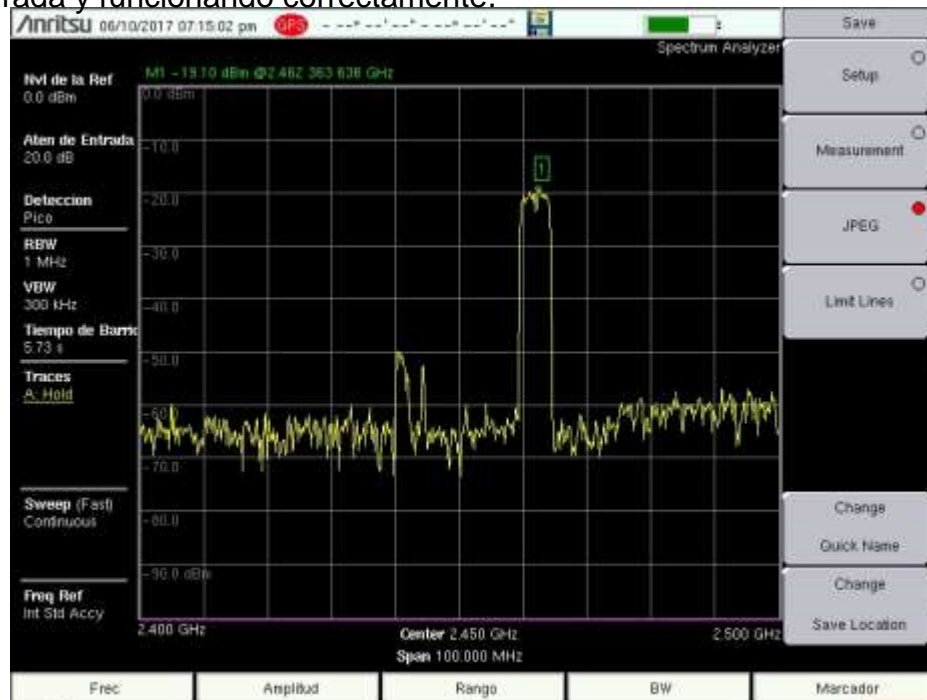
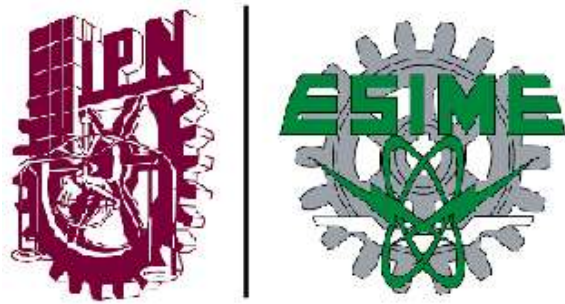


Figura 3.13.- Señal del access point configurado



CAPÍTULO 4

“Implementación”



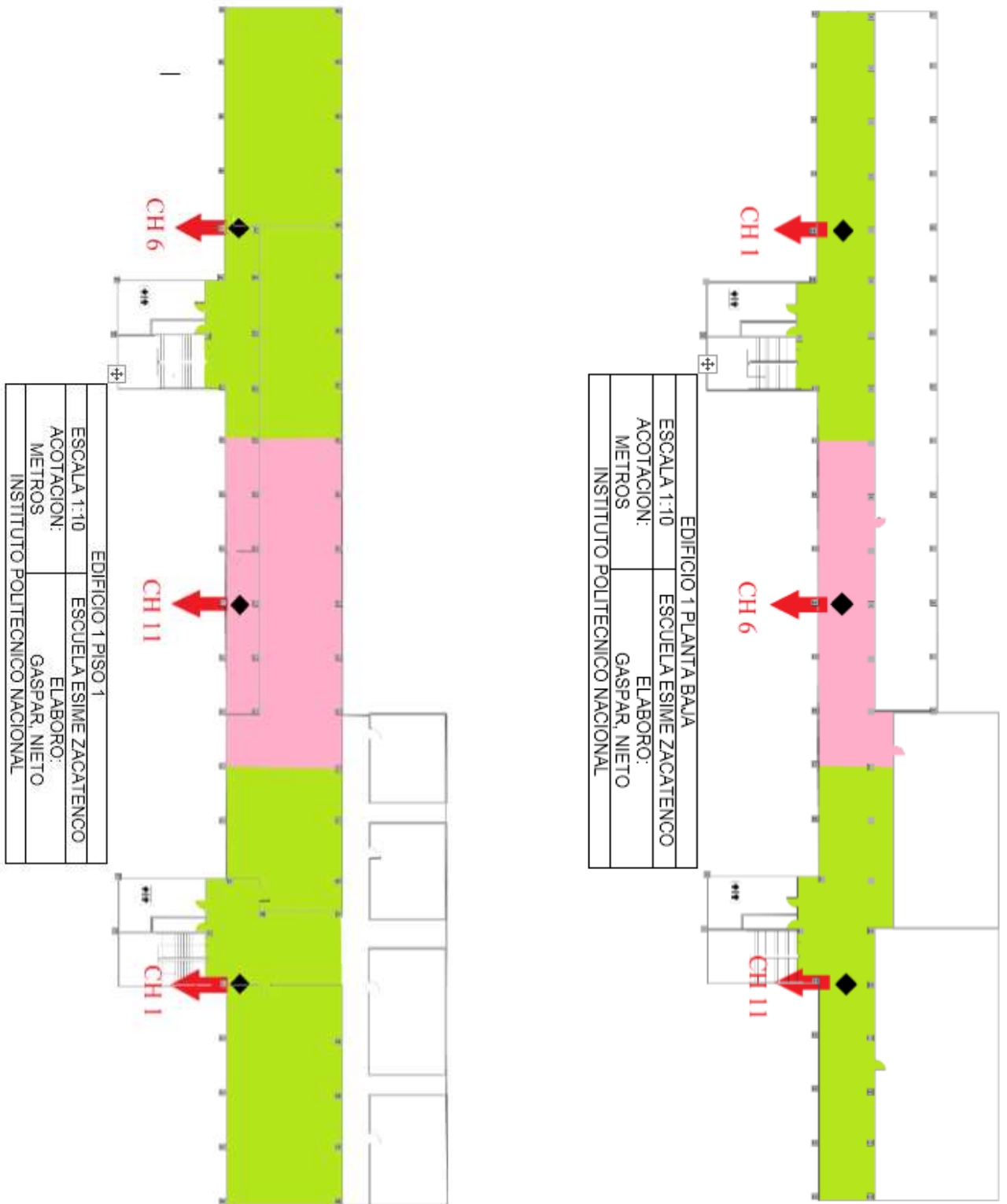
4.1.- Propuesta de reubicación de los Access Point del edificio 1.

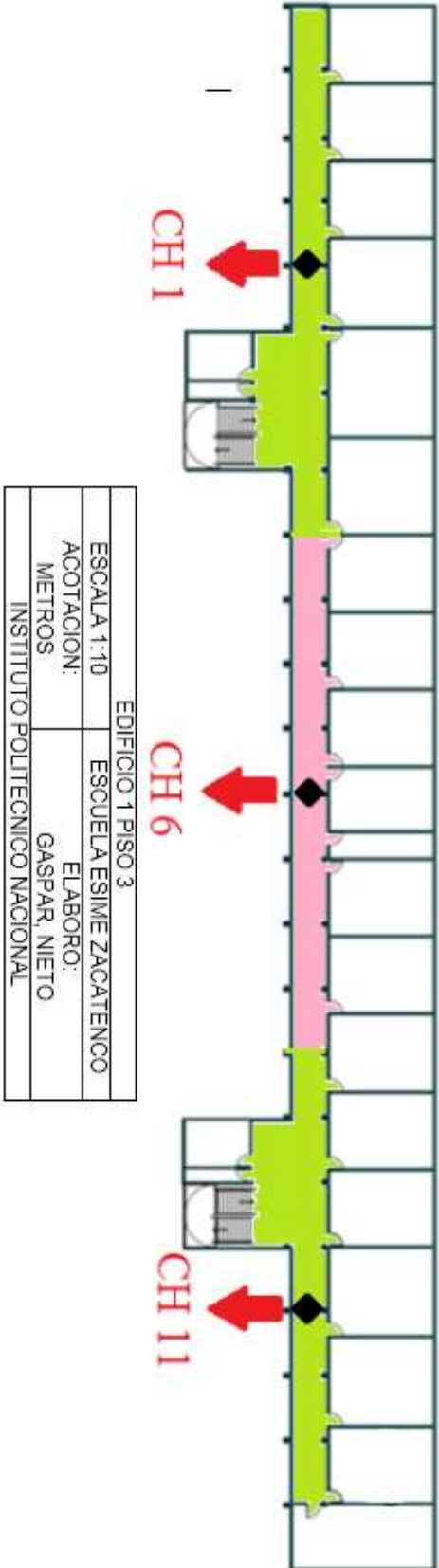
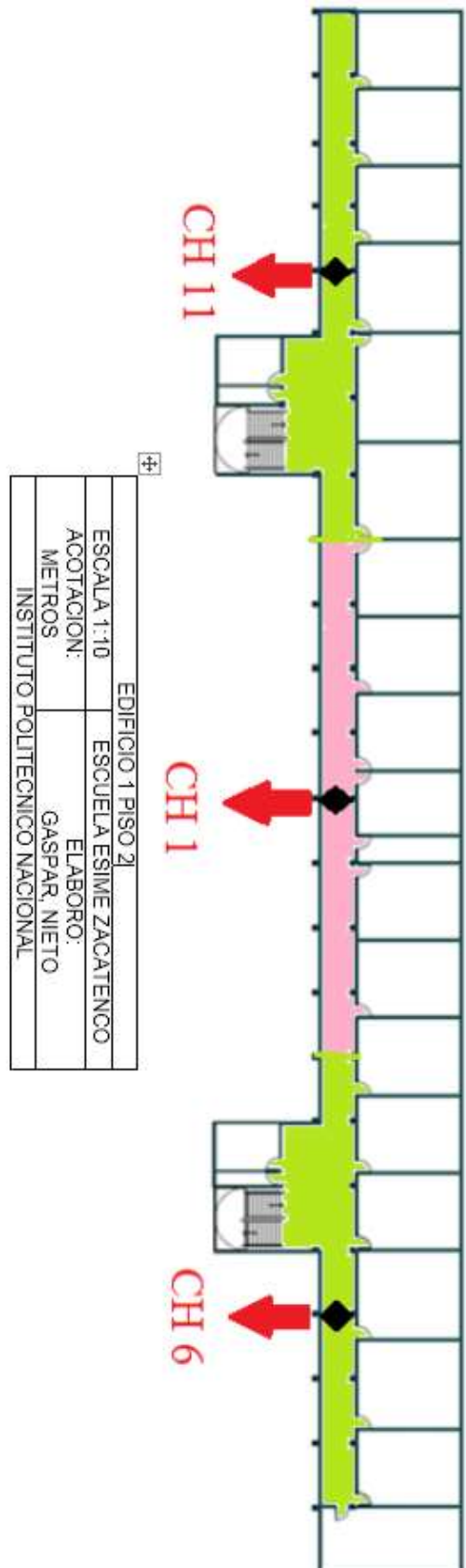
Estos planos muestran cómo se propone la implementación de la red inalámbrica después de haber hecho las mediciones y análisis necesarios de potencia, cobertura, traslape de canales, etc.

Los canales se colocaron a una distancia de separación aproximada de 20m. Los canales utilizados fueron: 1, 6 y 11, intercalados para evitar el traslape.

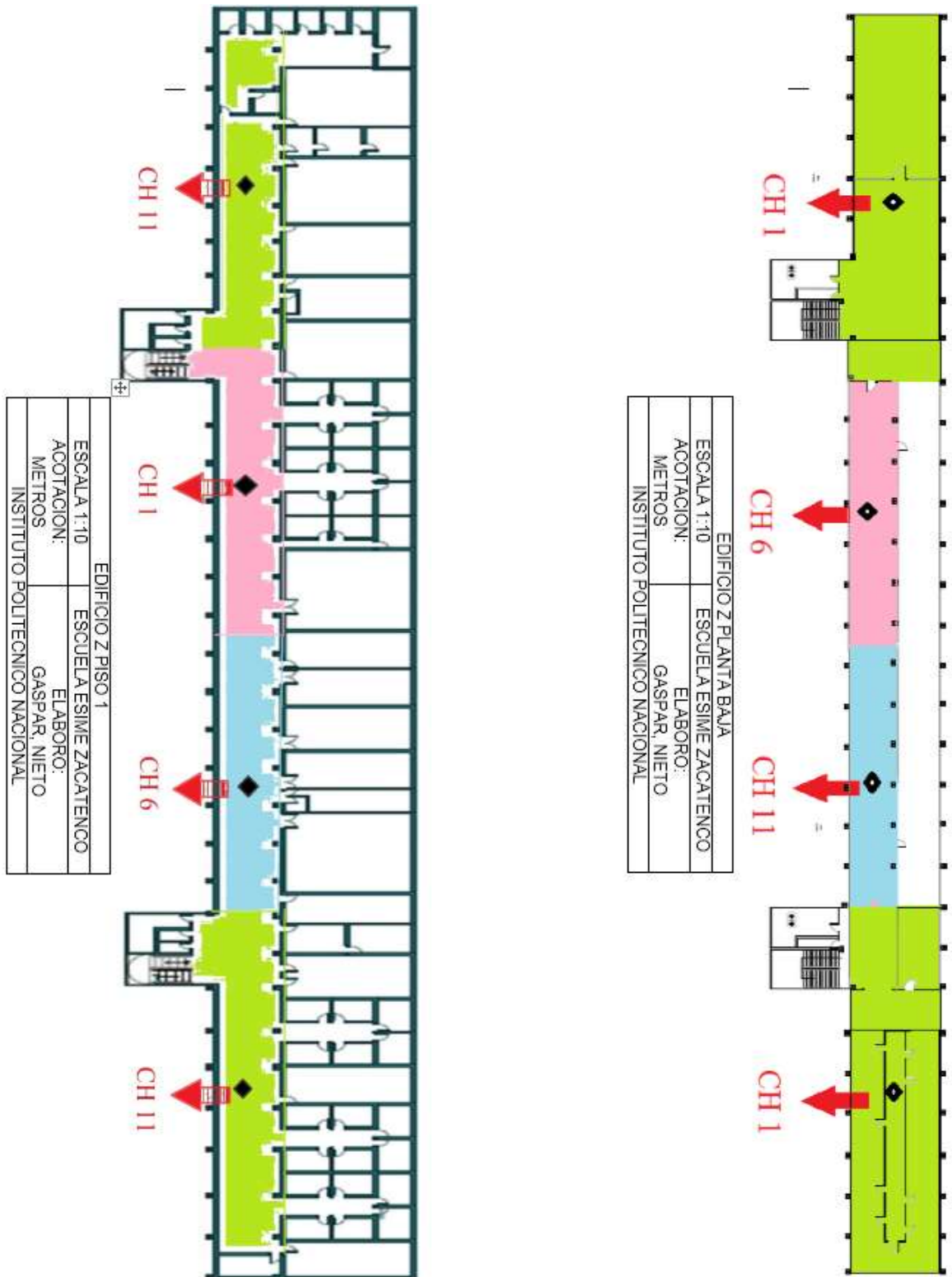
Se decidió ubicar los Access Point en los pasillos del edificio 1, para brindar mejor servicio a los alumnos, debido a que en esa área, es donde se junta la mayor cantidad de usuarios entre clases, pero no se descuidaron los salones, ya que igual se tiene cobertura dentro de ellos.

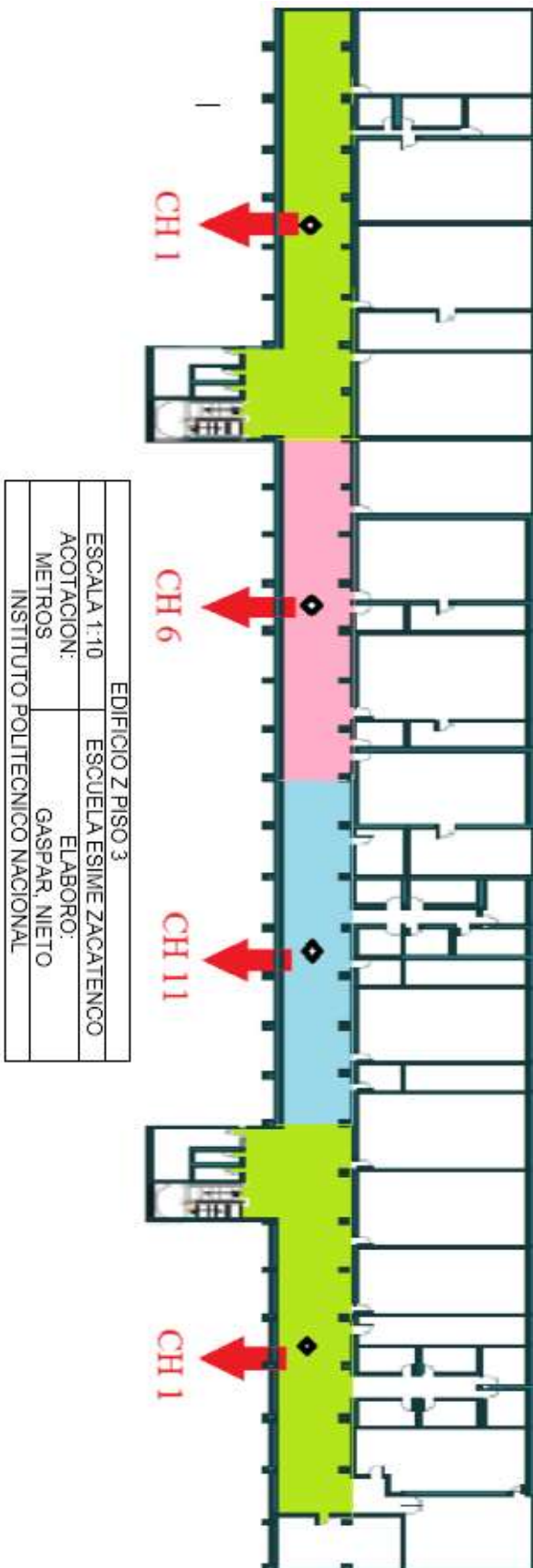
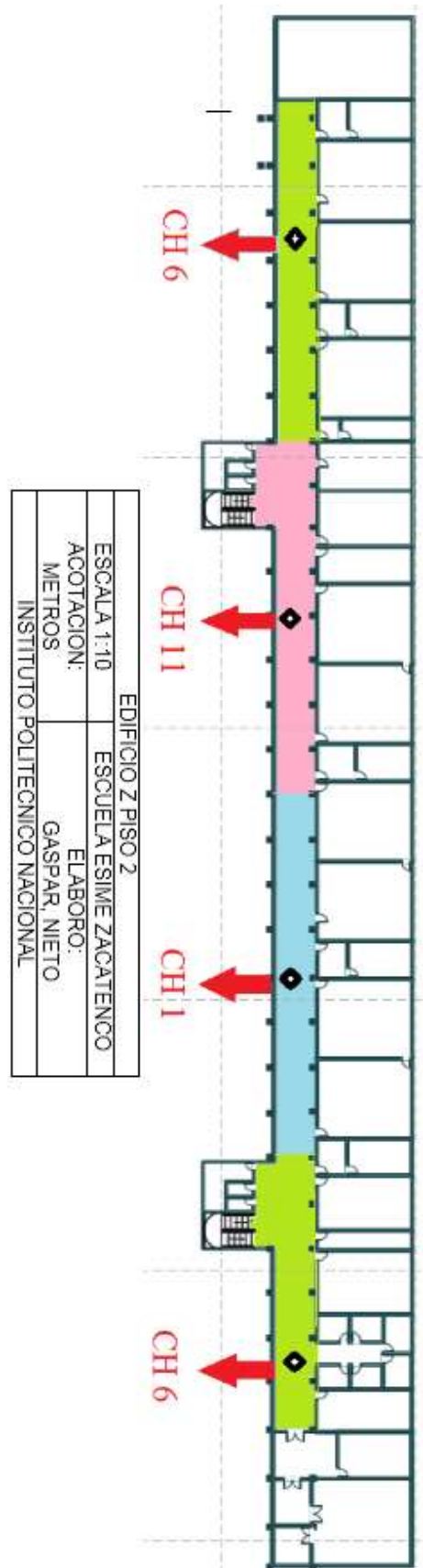
Del mismo modo, en el edificio Z, los Access, se ubicaron en los pasillos, porque en los laboratorios como en los cubículos se cuenta con nodos de conexión local y como los alumnos se conectan por medio de celulares o laptops se llegó a esta conclusión.

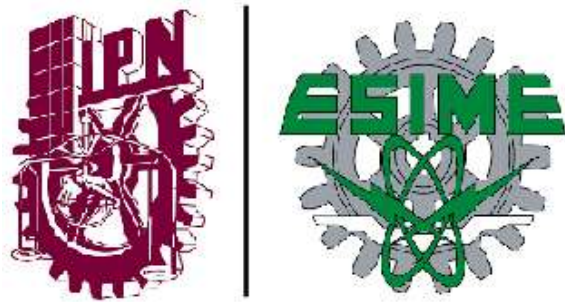




4.2.- Propuesta de ubicación de los Access Point en el edificio Z.







“Resultados y Conclusiones”



El propósito de la presente tesis, fue realizar una propuesta de diseño para una red inalámbrica en la ESIME.

La investigación teórica, nos permitió conocer aspectos de las redes inalámbricas que antes no conocíamos, además de aprender acerca del estándar 802.11ac.

Al comenzar con la investigación de la red inalámbrica ya existente, nos dimos cuenta que hay muchos conflictos, tales como la interferencia co-canal, provocada por el traslape de los distintos canales en que algunos Access están configurados, la existencia de varios nodos inservibles, los materiales con que están construidos los edificios no son los más adecuados para permitir el paso de la señal, y muchos aspectos más que fueron trabas para realizar dicha propuesta.

A pesar de lo anterior, se logró realizar la propuesta en el edificio Z y 1. En el edificio 1, se realizó el reacomodo de los Access, logrando utilizar un equipo menos de los que ya estaban colocados, y con esto, una mejor cobertura, y una mejor utilización de los recursos disponibles. Además se realizó una buena distribución de canales, tratando de evitar traslapes.

Por otra parte, en el edificio Z, se propuso utilizar cuatro Access por piso, debido a que este edificio, es de mayor tamaño que el uno. De igual manera que el mencionado anteriormente, en el edificio Z se revisó cuidadosamente el análisis de cobertura, canales, etc. para conseguir un servicio de calidad.

Con respecto a los Access Point utilizados para este proyecto, se logró configurarlos de dos formas; por medio de una página de internet y por consola con el programa de PuTTY, pero se descubrió que también pueden ser configurados por medio de una controladora.



“Glosario de Acrónimos”



AM	Amplitude Modulation. Amplitud Modulada.
A-MPDU	Media Access Control Protocol Data Unit. Unidad de Datos del Protocolo de Control de Acceso a Medios.
A-MSDU	Media Access Control Service Data Unit. Unidad de Datos de Servicio de Control de Acceso a Medios.
AP	Access Point. Punto de Acceso.
APSK	Amplitude Phase Shift Keying. Codificación de Desplazamiento de Fase de Amplitud
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network. Red de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada.
ASK	Amplitude Shift Keying. Modulación por Desplazamiento en Amplitud.
BFSK	Binary Frequency Shift Keying. Modulación por Desplazamiento de Frecuencia Binaria.
BNC	Bayonet Neill Concelman
CAPWAP	Control And Provisioning of Wireless Access Points. Control y Aprovechamiento de Puntos de Acceso Inalámbricos.
CCK	Complementary Code Keying. Codificación Complementaria de Código.
CR	Cognitive Radio. Radio Cognitiva.
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection. Acceso al Cable en Modo Múltiple Mediante Detección de Portadora y Detección de Colisiones.
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency. Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa.
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications. Telecomunicaciones Inalámbricas Digitales Mejoradas.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol. Protocolo de Configuración Huésped Dinámico.



DNS	Domain Name System. Sistema de Nombres de Dominio.
DRS	Dynamic Rate Shifting. Cambio de Velocidad Dinámico.
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum. Espectro Disperso por Secuencia Directa
DSAP	Destination Service Access Point. Punto de Acceso al Servicio Destino.
DQDB	Distributed Queue Dual Bus. Bus Doble de Colas Distribuidas.
ESIME	Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
FCC	Federal Communications Commission. Comisión Federal de Comunicaciones.
FDDI	Fiber Distributed Data Interface. Interfaz de Datos Distribuida por Fibra.
FEC	Forward Error Correction. Corrección de Errores Hacia Adelante.
FHSS	Frequency Hopped Spread Spectrum. Espectro Disperso por Salto de Frecuencia
FM	Modulation Frequency. Frecuencia Modulada.
FSK	Frequency Shift Keying. Modulación por Desplazamiento en Frecuencia.
GTA	Technical Advisory Group. Grupo Técnico Asesor.
HFC	Híbridos Fibra Óptica Coaxial. Hybrid Fiber Optic Coaxial.
HiperLAN	High Performance Radio Local Area Network. Red de Area Local de Radio de Alto Rendimiento.
HomeRF	Home Radio Frequency. Radio Frecuencia de Hogar.
HUB	Concentrador
HP	Hewlett Packard.
IBM	International Business Machines. Máquinas de Negocios Internacionales.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.



IFFT	Inverse Fast Fourier Transform. Transformada de Fourier Rápida Inversa.
IP	Internet Protocol. Protocolo de Internet.
ISM	Industrial Scientific and Medical. Industrial Científico y Médico.
ISO	International Organization for Standardization. Organización Internacional de Normalización.
ITU-R	Radiocommunication Sector of the International Telecommunication Union. Sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.
IVD	Datos y Voz Integrados
LDPC	Low Density Parity Check. Comprobación de Paridad de Baja Densidad.
LED	Light Emitting Diode. Diodo Emisor de Luz.
LMDS	Local Multipoint Distribution Service. Servicio Local de Distribución Multipunto.
LLC	Control de Enlace Lógico.
LOS	Line Of Sight. Línea De Vista.
LSB	Least Significant Bit. Bit Menos Significativo
MAC	Media Access Control. Subcapa de Control de Acceso al Medio.
MBWA	Mobile Broadband Wireless Access. Acceso Inalámbrico de Banda Ancha Móvil.
MCS	Modulation and Coding Scheme. Esquema de modulación y codificación.
MILNET	Military network, Red Militar.
MSB	Most Significant Byte. Bit Más Significativo
MU-MIMO	Multi User Multiple Input and Multiple Output. Multiple Usuario Múltiple Entrada Múltiple Salida.
NCBPS	National Conference of Black Physics Students. Conferencia Nacional de Estudiantes de Física Negra



NSFNET	National Science Foundation's Network. Red de la Fundación Nacional de Ciencias.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Multiplexaje por División de Frecuencias Ortogonales.
PC	Personal Computer. Computador Personal.
PDA	Personal Digital Assistant. Asistente Digital Personal.
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Efectiva.
PLCP	Physical Layer Convergence Procedure. Procedimiento de Convergencia de Capa Física.
PM	Modulación en Fase
PMD	Physical Medium Dependent. Dependiente del Medio Físico.
PSDU	Physical Layer Service Data Unit. Unidad de Datos de Servicio de Capa Física
PSK	Phase Shift Keying. Modulación por Desplazamiento de Fase.
QAM	Quadrature Amplitude Modulation. Modulación en Amplitud y Cuadratura.
QOS	Quality of Service. Calidad de Servicio.
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying. Codificación de Desplazamiento de Fase en Cuadratura.
RF	Radio Frequency. Radio Frecuencia.
RPR	Resilient Packet Ring.
RRB	Radio Regulations Board. Reglamento de Radiocomunicaciones.
Rx	Receptor
SMA	SubMiniature Version A
SMC	SubMiniature Version C
SSAP	Punto de Acceso al Servicio Fuente.
STBC	Space Time Block Codes. Codificación Espacio Temporal por Bloques.



SU-MIMO	Single User Multiple Input Multiple Output. Usuario Unico Múltiple Entrada Múltiple Salida.
TCP	Transmission Control Protocol. Protocolo de Control de Transmisión
TNC	Threaded Neill Concelman
Tx	Transmisor
WECA	Wireless Ethernet Compability Aliance.
Wi-Fi	Wireless Fidelity. Fidelidad Inalambrica.
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microware Access. Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas.
WLAN	Wireless Local Area Network. Redes Inalámbricas de Área Local.
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network. Redes Inalámbricas de Área Metropolitana.
WPAN	Wireless Personal Área Network. Redes Inalámbricas de Área Personal.
WRAN	Wireless Regional Area Network. Redes Inlambricas de Area Regional.
WRC	World Radio Conference. Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
WWAN	Wireless Wide Area Network. Redes Inalámbricas Globales.
3COM	Computer Communication Compatibility. Compatibilidad con la Comunicación en la computadora



“Anexos”



Anexo A.

ENCUESTA REALIZADA A LA COMUNIDAD DE ESIME ZACATENCO

1.- ¿Con qué frecuencia usted utiliza la red Wi-Fi IPN disponible en la ESIME Zacatenco? Marque con una X la opción elegida.

	<i>Diariamente</i>
	<i>Varias veces a la semana</i>
	<i>Varias veces al mes</i>
	<i>Varias veces al año</i>
	<i>Casi nunca</i>

2.- ¿Cuál es su valoración general del servicio de internet de la ESIME? Valore de 0 a 10, siendo 0 que está muy insatisfecho/a y 10 que está muy satisfecho/a. Marque con una X.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valoración del servicio de internet de la ESIME											

3.- ¿Cuál a su consideración es el mayor aspecto que afecta a la red actualmente?

- Disponibilidad*
- Cobertura*
- Velocidad de navegación*

4.- ¿Con qué dispositivo/s utiliza el servicio Wi-Fi de la ESIME? Respuesta múltiple.

- Ordenador portátil*
- Teléfono móvil*
- Tableta*
- Otro dispositivo*



5.- ¿Qué tipo/s de contenido/s necesita consultar con el servicio de internet que ofrece la ESIME?

- Trabajo, búsqueda de empleo
- Académicos

- Informativos
- Gestiones administrativas
- Ocio
- Otros

6.- ¿Qué servicios le gustaría que le ofreciera la red para aumentar la productividad y eficiencia en su trabajo?

- Impresión a distancia
- Consulta a bases de datos
- Acceso a servidores
- Correo electrónico
- Publicación de páginas web
- Videoconferencia
- Compras en Internet
- Banca electrónica
- Mensajería instantánea
- Descarga de programas, música y video
- Compartir archivos
- Búsqueda de información
- Otro (especifique)

Comentarios que desee agregar:

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



Anexo B

Estándares IEEE 802

IEEE 802.1 Normalización de interfaz

El estándar 802.1, es el encargado de los temas relacionados con la arquitectura de red. Contiene información sobre normas de interconexión de redes. De igual manera, define la relación entre estándares 802 del IEE y el modelo de referencia para interconexión de sistemas abiertos (OSI) de la ISO (Organización Internacional de Estándares). Este comité definió direcciones para estaciones LAN de 48 bits para todos los estándares 802, de modo que cada adaptador de red puede tener una dirección única.

Los vendedores de tarjetas interfaz de esta red, están registrados por el IEEE. Cada vendedor, es responsable de crear una dirección única para cada uno de sus productos.

IEEE 802.2 Control de Enlace Lógico (LLC)

IEEE 802.2 es un estándar que define el control de enlace lógico (LLC), que es la parte superior de la capa enlace en las redes de área local. La subcapa LLC presenta una interfaz uniforme al usuario del servicio enlace de datos, normalmente la capa de red. Bajo la subcapa LLC está la subcapa Media Access Control (MAC), que depende de la configuración de red usada (Ethernet, token ring, FDDI, 802.11, etc.).

La Capa de Enlace de Datos es la responsable del intercambio de datos entre un host cualquiera y la red a la que está conectado, permitiendo la correcta comunicación y trabajo conjunto entre las capas superiores (Red, Transporte y Aplicación) y el medio físico de transporte de datos.

La Subcapa de Enlace Lógico permite que parte de la capa de enlace de datos funcione independientemente de las tecnologías existentes. De igual forma, transporta los datos de protocolo de la red, un paquete IP, y agrega más información de control para ayudar a entregar ese paquete IP en el destino, agregando dos componentes de direccionamiento: el Punto de Acceso al Servicio Destino (DSAP) y el Punto de Acceso al Servicio Fuente (SSAP).

La Subcapa de Control de acceso al medio (MAC), se refiere a los protocolos que sigue el host para acceder a los medios físicos, fijando así cuál de los computadores transmitirá datos binarios en un grupo en el que todos los computadores están intentando transmitir al mismo tiempo.

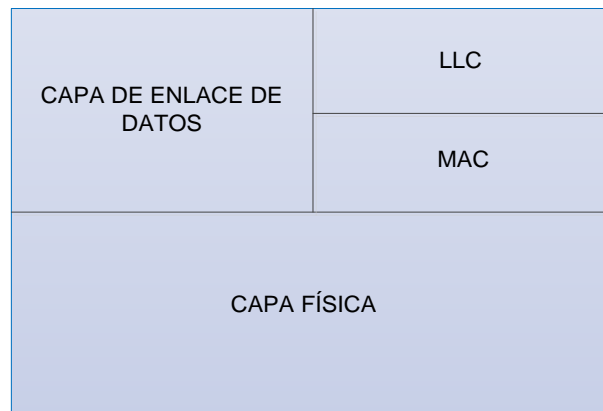


Figura A.- Subcapa de enlace de datos

IEEE 802.3 CSMA/CD (Ethernet)

Este estándar define el protocolo CSMA/CD que significa Acceso al Cable en Modo Múltiple mediante Detección de Portadora y Detección de Colisiones. Está basado en el protocolo Ethernet, se utiliza en redes LAN.

Ethernet describe la serie de bits digitales que viajan por el cable, además es la única en su método para acceder al cable.

Gracias al éxito de Ethernet, IEEE decidió estandarizar el protocolo con el grupo de trabajo 802.3. Sin embargo éste proceso de regulación introdujo algunas modificaciones en la definición del protocolo. Usualmente se toman Ethernet e IEEE 802.3 como sinónimos. Hoy en día pueden coexistir ambos protocolos en una misma LAN. Para diferenciarlos se utilizan los nombres IEEE 802.3 y Ethernet.

El formato de trama que predomina actualmente en los ambientes Ethernet es el de IEEE 802.3 pero la tecnología de red continuando siendo como Ethernet.

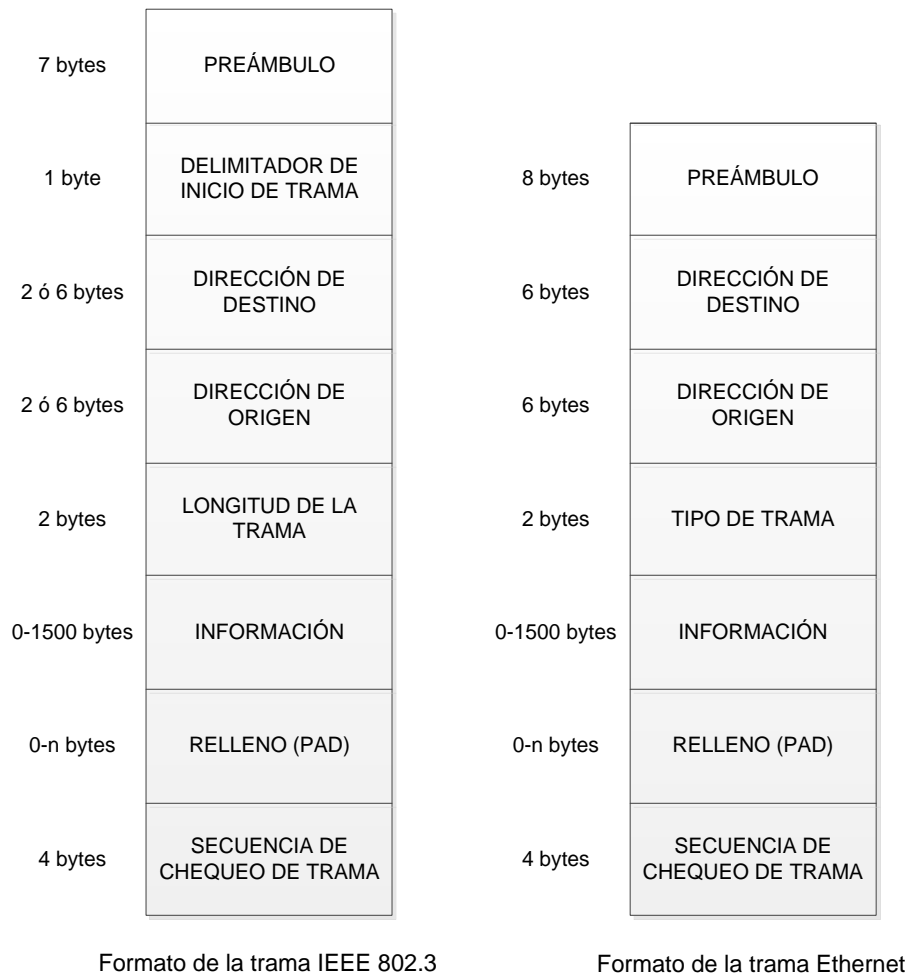


Figura B.- Formatos de trama 802.3 y Ethernet

IEEE 802.4 Token bus

Define la Capa de Control de acceso al medio (MAC) para redes bus que utilizan mecanismos Token passing. Esto es una aplicación de conceptos usados en redes Token-ring. La principal diferencia, es que las terminales de bus, no se conocen para formar un ring físico.

Token bus determina una red en bus por paso de testigo. El testigo no es más que una trama de control que informa del permiso que tiene una estación para usar los recursos de la red. Ninguna estación puede transmitir mientras no recibe el testigo que la habilita para hacerlo.



La red IEEE 802.4 está físicamente constituida como un bus, semejante al de la red IEEE 802.3, aunque desde el punto de vista lógico la red se organiza como si se tratase de un anillo. Cada estación tiene un número asociado por el que es identificada unívocamente. El testigo es generado por la estación con el número mayor cuando se pone en marcha la red, éste se pasa a la estación siguiente en orden descendente de numeración. La nueva estación recoge el testigo y se reserva el derecho de emisión. Cuando ha transmitido cuanto necesitaba, o si ha expirado un tiempo determinado, debe generar otro testigo con la dirección de la inmediatamente inferior. El proceso se repite para cada estación de la red, de este modo, todas las estaciones pueden transmitir periódicamente; se trata, por tanto, de un complejo sistema de multiplexación en el tiempo.

En la capa física, la red IEEE 802.4 utiliza cable coaxial de 75 ohmios por el que viajarán señales moduladas, es decir, IEEE 802.4 es una red en banda ancha que modula sus señales en el nivel físico. También se permite la utilización de repetidores con objeto de alargar la longitud de la red.

IEEE 802.5 Token-ring

El IEEE 802.5 es un estándar para tecnologías Token-ring, en donde todas las estaciones están conectadas en anillo y cada estación puede escuchar directamente transmisiones solo de sus vecinos inmediatos. El permiso para transmitir, es concedido por un mensaje (token), que circula alrededor del anillo.

802.5 define una red de área local (LAN). Su velocidad del estándar es de 4 ó 16 Mbps cuando es implementado sobre cables de hilos de cobre. Utiliza cable especial apantallado, aunque el cableado puede ser también par trenzado. La longitud total de red no puede superar los 366 metros.

IEEE 802.6 MAN (fibra óptica)

IEEE 802.6 es un estándar de la serie 802 referido a las redes MAN (Metropolitan Area Network). Actualmente el estándar ha sido abandonado debido al desuso de las redes MAN, y a algunos defectos provenientes de este protocolo (no es muy efectivo al conectar muchas estaciones de trabajo).

El IEEE 802.6, también llamado DQDB (Distributed Queue Dual Bus), Bus Doble de Colas Distribuidas, está formado por dos buses unidireccionales paralelos que se van interconectando a través del área o ciudad a cubrir. Cuando una estación desea transmitir tiene que confirmar primero la dirección del receptor (si está a la derecha o a la izquierda) y luego tomar el bus correspondiente. Esto generó un gran problema ya



que una vez conformada la red, cada estación tiene que revisar las direcciones de las otras estaciones, generando grandes demoras de tiempo.

IEEE 802.7 Grupo Asesor en Banda Ancha

Específicamente este estándar trata de las normas que debe cumplir una red LAN de Banda Ancha, tomando en cuenta ciertas características específicas que presentan este tipo de redes tales como:

- ✓ Transmisión de información en forma analógica.
- ✓ Transmitir varias señales por el cable.
- ✓ Se modula la señal (AM ó FM).
- ✓ Dividir el ancho de banda para enviar diferentes señales, para obtener canales de transmisión.

Este estándar fue desarrollado para las compañías del Internet del cable. Actualmente está inactivo.

IEEE 802.8 Grupo Asesor en Fibras Ópticas

802.8 es un comité de asesoramiento en redes con fibras ópticas. Se encargaba de asesorías y accionaba como consejero en operaciones de redes de Área Local basadas en fibras ópticas.

Las redes FDDI (Fiber Distributed Data Interface – Interfaz de Datos Distribuida por Fibra), surgieron a mediados de los años ochenta, para dar soporte a las estaciones de trabajo de alta velocidad, que habían llevado las capacidades de las tecnologías Ethernet y Token Ring existentes hasta el límite de sus posibilidades.

FDDI define una topología de red local en anillo y con soporte físico de fibra óptica. Puede alcanzar velocidades de transmisión de hasta 100 Mbps y utiliza un método de acceso al medio basado en paso de testigo (token passing). Con referencia al modelo de referencia OSI, FDDI define una serie de protocolos que abarcan las capas físicas y de enlace.

Este protocolo nunca fue aprobado y el grupo de trabajo ha sido disuelto.



IEEE 802.9 Redes Integradas de Voz y Datos

El grupo de trabajo IEEE 802.9 trabaja en la integración de tráfico de voz, datos y video para las LAN 802 y Redes Digitales de Servicios Integrados (ISDN's). Los nodos definidos en la especificación incluyen teléfonos, computadoras y codificadores/decodificadores de video (codecs). La especificación ha sido llamada Datos y Voz Integrados (IVD). El servicio provee un flujo multiplexado que puede llevar canales de información de datos y voz conectando dos estaciones sobre un cable de cobre en par trenzado. Varios tipos de diferentes canales son definidos, incluyendo full dúplex de 64 Kbps.

IEEE 802.10 Grupo Asesor Técnico de Seguridad en Redes

Es una antigua norma de seguridad de funciones que podrían ser utilizadas tanto en Redes de Área Local y Redes de Área Metropolitana, basada en el protocolo IEEE 802. Especifica la asociación de seguridad de gestión y administración de claves, así como el control de acceso, confidencialidad e integridad de los datos.

Los estándares 802.10 se retiraron en Enero de 2010.

Actualmente estas especificaciones están siendo desarrolladas por el estándar 802.11i, que define las reglas de seguridad y encriptamiento de datos en redes inalámbricas.

IEEE 802.11 Redes Inalámbricas WLAN

802.11 define estándares para redes inalámbricas. Trabaja en la estandarización de medios como el radio de espectro de expansión, radio de banda angosta, infrarrojo, y transmisión sobre líneas de energía.

Dos enfoques para redes inalámbricas se han planeado: el enfoque distribuido y el enfoque de punto de coordinación.

En el enfoque distribuido, cada estación de trabajo controla su acceso a la red.

En el enfoque de punto de coordinación, un Hub central enlazado a una red alámbrica controla la transmisión de estaciones de trabajo inalámbricas.

La primera versión de la norma se publicó en 1997 por el Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) o IEEE, el cual actualmente se encarga de su mantenimiento. Las especificaciones de este estándar



proporcionan la base para los productos con redes inalámbricas que hacen uso de la marca Wi-Fi.

IEEE 802.12 Acceso por prioridad de demanda

El estándar 802.12 define el estándar Ethernet de 100 Mbps. Utiliza el método de acceso por Prioridad de Demanda propuesto por HP (Hewlett Packard) y otros vendedores. El cable especificado es un par trenzado de 4 alambres de cobre y el método de acceso por Prioridad de Demanda usa un Hub central para controlar el acceso al cable. Hay prioridades disponibles para soportar envío en tiempo real de información multimedia.

Los componentes fundamentales de la 802.12 son los nodos finales y los repetidores. Un nodo final es normalmente un cliente o una estación servidora. Un nodo final está conectado a la red a través de una tarjeta de red que se conecta al bus del sistema. El Repetidor conecta los nodos finales con otros componentes del sistema como son bridges, routers, y switches.

IEEE 802.13 Se ha evitado su uso por superstición

El IEEE 802.13 no se usó por supersticiones que tenían en esa esa época por el número 13.

Todo esto tiene su origen en la mitología nórdica en la era precristiana. A un banquete en el Valhalla fueron invitados doce dioses. Loki, el espíritu de la pelea y del mal, se coló por las buenas, con lo que el número de los presentes llegó a trece. En la lucha que se produjo para expulsar a Loki, Balder, el favorito de los dioses, encontró la muerte.

Ésta es una de las primeras referencias escritas a la mala fortuna relacionada con el número trece. Desde Escandinavia, la superstición se difundió a través de Europa, en dirección Sur.

Al iniciarse la era cristiana, estaba ya bien establecida en los países mediterráneos. Entonces, la creencia fue notablemente reforzada, en forma contundente, por la cena más famosa de la historia: la Última Cena. Cristo y sus apóstoles sumaban trece personas. Menos de veinticuatro horas después de esta cena, Cristo era crucificado.



IEEE 802.14 Módems de cable

El grupo de estándar de la IEEE 802.14 define el protocolo de capa física y control de acceso al medio (MAC) de redes usando cables Híbridos Fibra Óptica/Coaxial (HFC).

Esta se caracteriza por crear estándares para transportar información sobre el cable tradicional de redes de TV.

La arquitectura especifica un Híbrido Fibra Óptica/Coaxial que puede abarcar un radio de 80 kilómetros desde la cabecera.

IEEE 802.15 WPAN (Bluetooth)

El Estándar IEEE 802.15 se enfoca básicamente en el desarrollo de estándares para redes tipo WPAN o redes inalámbricas de corta distancia. Al igual que Bluetooth el 802.15 permite que dispositivos inalámbricos portátiles como PCs, PDAs, teléfonos, entre otros, puedan comunicarse e interactuar uno con el otro.

Debido a que Bluetooth no puede existir con una red inalámbrica 802.11x, de alguna manera la IEEE definió este estándar para permitir la interacción de las redes inalámbricas LAN con las redes tipo PAN. Los principales objetivos que se pretende conseguir con esta norma son:

- ✓ Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- ✓ Eliminar cables y conectores entre éstos.
- ✓ Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre nuestros equipos personales.



Figura C.- Ícono de la tecnología Bluetooth



IEEE 802.16 Redes de Acceso Metropolitanas sin hilos de banda ancha (WiMAX)

WiMAX es una implementación del estándar 802.16 de la IEEE. Provee conectividad fija en áreas metropolitanas y a velocidades de hasta 75Mb/sec. Los sistemas WiMAX pueden ser utilizados para transmitir señales en distancias tan lejanas como 30 millas. Sin embargo, en promedio un punto de acceso WiMAX cubrirá probablemente entre 3 a 5 millas.

IEEE 802.17 Anillo de paquete elástico

Resilient Packet Ring (RPR), también conocido como IEEE 802.17, es un estándar diseñado para el transporte óptimo de datos en redes de anillo de fibra óptica. Está diseñada para proporcionar la resistencia encontrada en redes SONET/SDH (50 ms protección) pero, en lugar de establecer conexiones de circuitos orientados, proporciona una transmisión basada en paquetes, para incrementar la eficiencia de Ethernet y servicios IP.



Figura D.- 802.17

IEEE 802.18 Grupo de Asesoría Técnica sobre Normativas de Radio

El estándar 802.18 es un grupo de asesoría técnica sobre normativas de radio. Regula la actividad de la radio en los niveles tanto nacionales como internacionales.

Sus principales objetivos:

- ✓ Convencer a los reguladores de telecomunicaciones a adoptar las reglas de la manera más eficiente.
- ✓ Beneficios para los reguladores en avances tecnológicos de la comunicación.
- ✓ Realizar Monitorización a los reguladores de telecomunicaciones para corregir errores en ellos y hacer mejoras aplicando las reglas de la norma.



IEEE 802.19 Grupo de Asesoría Técnica sobre Coexistencia

IEEE 802.19 es el Grupo Técnico Asesor (GTA) para Coexistencia Inalámbrica (Wireless Coexistence) en el IEEE 802 LAN / MAN Comité de Normas. El GTA se ocupa de la coexistencia entre redes inalámbricas sin licencia.

Muchos de los estándares inalámbricos IEEE 802 usan el espectro sin licencia y por lo tanto existe la necesidad de abordar la cuestión de la coexistencia. Estos dispositivos inalámbricos sin licencia pueden funcionar en la misma banda de frecuencias sin licencia en la misma ubicación. Esto puede conducir a interferencia entre estas dos redes inalámbricas.

IEEE 802.20 Acceso Inalámbrico de Banda Ancha Móvil

IEEE 802.20 o Mobile Broadband Wireless Access (MBWA), es una especificación de la asociación estándar del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) para redes de acceso a Internet para redes móviles. Opera por debajo de los 3,5 GHz, a una velocidad de 1Mbs. Está optimizado para el transporte de datos sobre IP y soporta acceso de usuarios móviles que viajen hasta 250 Km/hr.

El estándar fue publicado en 2008. Actualmente, MBWA ha dejado de desarrollarse.

IEEE 802.21 Interoperabilidad independiente del medio.

802.21 es un estándar de la IEEE publicado en el 2008. El estándar define mecanismos independientes del método o modo de acceso que posibilita la optimización del handover (transferencia) ya sea entre redes del mismo tipo, de las distintas redes 802 o entre redes móviles. El estándar proporciona la información para permitir la transferencia del servicio entre las redes de una estación base a otra, donde pueden incluir celdas de diferentes tamaños de los distintos tipos de red tales como 802.3, 802.11, 802.15, 802.16, 3GPP y 3GPP2 a través de diferentes mecanismos y con solapamiento de cobertura.

El grupo de trabajo de la IEEE 802.21 inició su labor en marzo de 2004, donde gradualmente más de 30 empresas se han ido uniendo. El grupo elaboró su primer borrador del estándar en mayo de 2005 que incluía la definición del protocolo.



IEEE 802.22 Red Inalámbrica de Área Regional

IEEE 802.22 es un estándar para la Wireless Regional Area Network (WRAN) que utiliza espacios blancos en el espectro de frecuencia de los canales de TV.

El desarrollo del estándar, está enfocado al empleo de técnicas de Radio Cognitiva (CR) para permitir el uso compartido del espectro geográfico no utilizado asignado al servicio de difusión de televisión. La idea es utilizar ese espectro de frecuencia, en base de no-interferencia, para ofrecer acceso de banda ancha a zonas en las que difícilmente se podría proporcionar este servicio como zonas de baja densidad de población, ambientes rurales, etc. Por tanto, tiene un gran potencial y una amplia aplicación en todo el mundo.

IEEE 802.22 está diseñado para operar en la banda de televisión al mismo tiempo que se asegura que no haya ninguna interferencia perjudicial para las operaciones correspondientes a la TV digital, TV analógica de radiodifusión, y dispositivos de baja potencia con licencia, como micrófonos inalámbricos.

El estándar WRAN, fue publicado en julio de 2011.



Anexo C

PUNTO DE ACCESO INSTALADO EN EL EDIFICIO 1.

De igual forma, es importante mencionar las características primordiales de los Access Point que se utilizarán en este diseño.

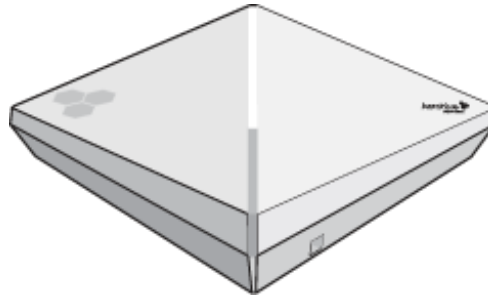


Figura 4.1.- Punto de acceso Aerohive AP230

Los puntos de acceso empresariales AP230 definen un nuevo estándar de precio y rendimiento para la tecnología 802.11ac.

Con HiveOS como sistema operativo y la posibilidad de ofrecer funcionalidad Wi-Fi completa en la estructura POE.

El AP230 ofrece velocidades de datos de hasta 1300Mbps en la banda de 5GHz. Soporta de manera concurrente las dos bandas 802.11n/g/b a 2,4 GHz con QAM y 802.11ac/n/a a 5 GHz y puede soportar clientes anteriores 802.11a, b, g y n.

El AP230 también incorpora suficiente potencia de procesamiento para ejecutar sofisticadas funciones de visibilidad de aplicaciones y control que permiten el seguimiento de más de 1200 aplicaciones. Todo ello a velocidades de datos de Gigabit.

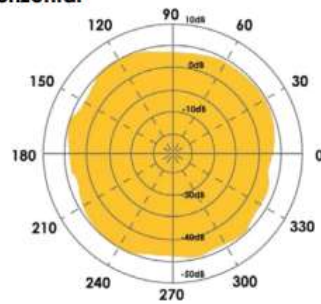
Funciones y beneficios Plataforma de hardware flexible

- Múltiples bandas y ofrecen rendimiento 802.11a/n/ac y 802.11b/g/n simultáneo
- Puertos de Ethernet doble
- Puntos de acceso con clasificación plena para entornos de oficinas interiores
- Interfaz USB para servicios futuros

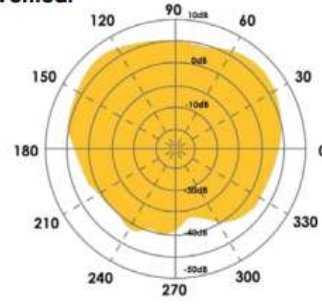


Mapas de cobertura de RF

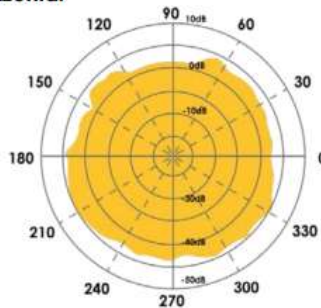
2,4 Ghz horizontal



2,4 Ghz vertical



5 Ghz horizontal



5 Ghz vertical

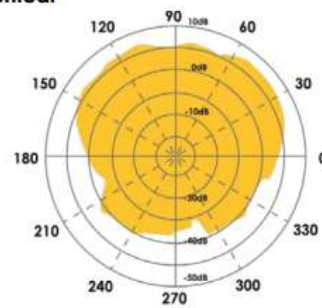


Figura 4.2.- Patrones de radiación del access point AP23

Velocidad	2,4 GHz		5 GHz		Velocidad	2,4 GHz		5 GHz	
	Potencia de transmisión	Sensibilidad de recepción	Potencia de transmisión	Sensibilidad de recepción		Potencia de transmisión	Sensibilidad de recepción	Potencia de transmisión	Sensibilidad de recepción
802.11a					802.11ac VHT20				
6 Mbps – 24 Mbps			20	-90	MCS 0, 1, 2			20	-85
36 Mbps			18	-82	MCS 3, 4			19	-77
48 Mbps			16	-78	MCS 5			18	-71
54 Mbps			15	-77	MCS 6			16	-70
802.11b					MCS 7				
1 Mbps	21	-98			MCS 8				
2 Mbps	21	-95			MCS 9				
5,5 Mbps	21	-94			N/A				
11 Mbps	21	-91			802.11ac VHT40				
802.11g					MCS 0, 1, 2				
6 Mbps – 24 Mbps	20	-87			MCS 3, 4				
36 Mbps	18	-84			MCS 5				
48 Mbps	17	-80			MCS 6				
54 Mbps	16	-78			MCS 7				
802.11n HT20					MCS 8				
MCS 0, 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 20	20	-89	19	-87	MCS 9				
MCS 5, 13, 21	18	-77	18	-77	MCS 0, 1, 2				
MCS 6, 14, 22	17	-74	16	-75	MCS 3, 4				
MCS 7, 15, 23	16	-74	15	-73	MCS 5				
					MCS 6				
					MCS 7				
					MCS 8				
					MCS 9				



Especificaciones de radio—802.11a

- Frecuencia de funcionamiento 5,150–5,950 GHz
- Modulación de multiplexación por división de frecuencias ortogonal (OFDM)
- Velocidades (Mbps): 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 con fallback automático

Especificaciones de radio—802.11b

- Frecuencia de funcionamiento 2,4–2,5 GHz
- Modulación de espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS)
- Velocidades (Mbps): 11, 5.5, 2, 1 con fallback automático

Especificaciones de radio—802.11g

- Frecuencia de funcionamiento 2,4–2,5 GHz
- Modulación de multiplexación por división de frecuencias ortogonal (OFDM)
- Potencia de transmisión de 20 dBm (100 mW)
- Velocidades (Mbps): 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 con fallback automático

Especificaciones de radio—802.11n

- Frecuencia de funcionamiento 2,4–2,5 GHz y 5,150– 5,950 GHz
- Modulación 802.11n
- Velocidades (Mbps): MCS0–MCS23 (6,5 Mbps - 450 Mbps)
- Radio de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) 3x3:3 flujos
- Compatibilidad con alto rendimiento (HT) HT20 (para 2,4 GHz y 5 GHz)
- Agregación de paquetes A-MPDU y A-MSDU



Especificaciones de radio—802.11ac

- Frecuencia de funcionamiento 5,150–5,950 GHz
- Modulación 802.11ac (256-QAM)
- Velocidades (Mbps): MCS0–MCS9 (6,5 Mbps - 1300 Mbps), NSS = 1-3.
- Radio de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) 3x3:3 flujos
- Soporte VHT20/VHT40/VHT80

Antenas

- 3 antenas omnidireccionales de 2.4-2.5 GHz de banda única integrada, ganancia pico de 6,0 dBi
- 3 antenas omnidireccionales de 5.1-5.8 GHz de banda única integrada, ganancia pico de 6,0 dBi Interfaces
- 2 puertos 10/100/1000 Base-T Ethernet de detección automática
- Puertos de Ethernet doble con función de retorno
- 1 puerto serie RJ45 (bits por segundo: 9600, bits de datos: 8, paridad: ninguna, bits de parada: 1, control de flujo: ninguno)
- Puerto USB 2.0
- 1 orificio de restablecimiento

Características físicas

- Ancho x altura x profundidad: 18,4 cm x 18,4 cm x 4,8 cm
- Peso: 730 gramos

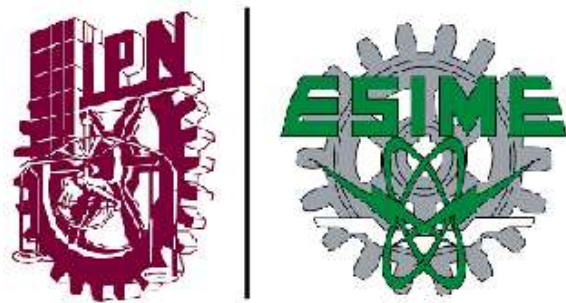


Opciones de alimentación

- Inyector PoE de alimentación a través de Ethernet 802.3a
- Adaptador de alimentación externo 12 VCC

Especificación de alimentación

- Adaptador de alimentación CA/CC: – Entrada: 100–240 VCA – Salida: 12 V/2,0 A
- Tensiones de entrada nominales PoE: 48 V, 0,35 A, (802.3af) – 48 V, 0,625 A (802.3at)



“Apéndice”



BIBLIOGRAFIA

- Elahi, A. (2001). *Network communications technology*. Albany, NY: Delmar.
- Freer, J. (1990). *Introducción a la tecnología y diseño de sistemas de comunicaciones y redes de ordenadores*. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia.
- Gómez López, J. (2008). *Guía de campo de WiFi*. 1st ed. México: Alfaomega.
- Huidobro Moya, J. and Roldán Martínez, D. (2005). *Comunicaciones en redes WLAN, Wifi, VoIP, Multimedia, Seguridad*. S.I.: Copyright.
- Norris, M. (1999). *Understanding networking technology*. Boston: Artech House.
- *Redes inalámbricas en los países en desarrollo: una guía práctica para planificar y construir infraestructuras de telecomunicaciones de bajo costo*. (2008). 1st ed. [Gran Bretaña] : Hacker Friendly LLC, 2008.
- Stallings, W. (2011). *Comunicaciones y redes de computadores*. Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Corletti Estrada, A. (2011). *Seguridad por niveles*. Madrid: DarFE

REFERENCIAS

- Anon, (2017). [online] Available at: http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes_y_Seguridad/Trabajos_Finales/Luques.pdf
- Anon, (2017). [online] Available at: http://oa.upm.es/22008/1/TFG_LEONARDO_SCRICCA_YANES.pdf



- *calameo.com. (2017). Estándares de red IEEE 802. [online] Available at: <http://es.calameo.com/read/003157890f13306b558c1>*

- *Docs.aerohive.com. (2017). Aerohive CLI Guide. [online] Available at: http://docs.aerohive.com/330000/docs/help/english/documentation/cli_guide_a_p230_6-1r6.htm#cmd434*

- *García Higuera, A. and Castillo García, F. (2007). CIM. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.*

- *Randomthingsofit.blogspot.mx. (2017). Configuring Aerohive Access Points-CLI Part 1: The Basics. [online] Available at: <http://randomthingsofit.blogspot.mx/2015/03/configuring-aerohive-access-points-cli.html>.*

- *Porta, A. (2017). Tipos de conectores coaxiales. [online] Bricoladores.simon.es. Available at: <http://bricoladores.simon.es/bid/379682/tipos-de-conectores-coaxiales>*

- *Anon, (2017). [online] Available at: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/campos_v_da/capitulo4.pdf*

- *Guevara C, R. and Serna M, É. (2017). A PROPOSED SOLUTION TO THE PROBLEM OF INTERFERENCE BETWEEN WIRELESS NETWORKS BY OVERLAPPING CHANNELS. [online] Scielo.org.co. Available at: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702013000200001#*

