

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**DISEÑO DE UNA RED WIFI PARA LA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**PAULO CÉSAR ALBURQUEQUE SANTOS**

**PROMOCIÓN  
2004 - I**

**LIMA – PERÚ  
2009**

**DISEÑO DE UNA RED WIFI PARA LA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ**

Agradezco a mi familia:  
Mi madre, mi padre y mis hermanos,  
quienes con sus sabios consejos  
han impulsado mi formación profesional y personal

## SUMARIO

El presente informe describe la funcionalidad de una red inalámbrica para la Universidad Tecnológica del Perú o UTP, con soporte para aplicaciones de voz, video y datos.

Los sistemas de comunicaciones móviles actuales, requieren de conectividad a un operador de telefonía móvil y también involucran un pago mensual de una bolsa de minutos, lo cual deriva en un costo innecesario para comunicaciones con origen y destino dentro del sitio. El diseño propuesto en este informe demostrará que se anula la necesidad de un operador móvil para comunicaciones internas, aprovechando la red de datos para el tráfico de voz en paquetes IP.

El presente informe se apoya en las normas y estándares de redes de comunicaciones, sobre los cuales los fabricantes de dispositivos de red dirigen sus productos, haciéndolos compatibles con los de otros fabricantes.

El diseño de la red inalámbrica para la UTP comprende también un adecuado soporte para la futura instalación de cámaras de video, las cuales generan tráfico elevado, debido al envío de imágenes a cada instante. Las cámaras de video IP son pequeñas y fáciles de instalar en posiciones difíciles, desde donde podrán acceder a la red de la UTP vía señal inalámbrica.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA</b>	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Objetivo del trabajo	3
1.3. Evaluación del problema	3
1.4. Limitaciones del trabajo	4
1.5. Síntesis del trabajo	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL</b>	6
2.1. Redes Ethernet	6
2.1.1 Ethernet en la Capa Física y la Capa de Enlace	6
2.1.2 Control de Enlace Lógico	7
2.1.3 La trama Ethernet	8
2.1.4 La dirección MAC Ethernet	9
2.1.5 Envío de tramas Ethernet	11
2.1.6 Control de Acceso al Medio	13
2.1.7 Temporización en Ethernet	14
2.1.8 Ethernet en la capa física	17
2.1.9 Dispositivos Ethernet en la LAN	17
2.1.10 Switches	18
2.1.11 Operaciones básicas del switch	18
2.1.12 Características de los switches	19
2.2. Redes WLAN	23
2.2.1 Componentes de una red WLAN	24
2.2.2 Interferencia de radio frecuencia y degradación de señal	25
2.2.3 Administración de energía	25
2.2.4 Confiabilidad y conectividad	26
2.2.5 Descripción de una WLAN	27
2.2.6 Arquitectura de una WLAN	27
2.2.7 La trama 802.11	28

2.2.8	Control de acceso al medio 802.11	29
2.2.9	Estándares 802.11 – Capa Física	29
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA</b>		37
3.1.	Alternativas de solución	37
3.2.	Solución del problema	37
3.2.1	Preparación e inspección del sitio	37
3.2.2	Selección de canal	38
3.2.3	Selección de tasa de transferencia	40
3.2.4	Desarrollo bajo las condiciones actuales	42
3.2.5	Interferencia	44
3.2.6	Selección de antenas	44
3.2.7	Selección de equipos y cableado	45
3.3.	Tiempo de ejecución de la obra	50
3.3.1	Inspección del sitio	50
3.3.2	Levantamiento de planos	52
3.3.3	Diseño de la red inalámbrica	52
3.3.4	Implementación de la red inalámbrica	53
3.3.5	Implementación de los switches	53
3.3.6	Configuración de equipos	54
3.3.7	Pruebas finales de desempeño de la red	56
3.4.	Presupuesto de la obra	56
3.5.	Cronograma de tiempos de la obra	59
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		60
<b>ANEXO A</b>		
DATOS DE UBICACIÓN DE LOS ACCESS POINTS		61
<b>ANEXO B</b>		
DATOS DE CABLEADO DE LOS ACCESS POINTS		67
<b>ANEXO C</b>		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ACCESS POINTS		73
<b>ANEXO D</b>		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ANTENAS		79
<b>ANEXO E</b>		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SWITCH		82
<b>ANEXO F</b>		
PRUEBAS DE SEÑAL DEL ACCESS POINT DESDE UNA ESTACIÓN		85

<b>ANEXO G</b>	
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	<b>94</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>98</b>

## INTRODUCCIÓN

La convergencia de los sistemas de comunicaciones, ha hecho posible que en la redes de hoy se puedan establecer factores de calidad de servicio para aquellas aplicaciones que son muy sensibles al retardo o al alto tráfico de redes en producción.

Las soluciones de voz sobre IP están entrando al mercado y diversas empresas ya están migrando sus clásicos centrales telefónicas a tecnologías IP. La creación de una red inalámbrica que soporte estas aplicaciones, implica un ahorro para la empresa a futuro, ya que por el ancho de banda que se consume dentro de los límites de la empresa no se paga; otra característica conveniente, es que los teléfonos IP inalámbricos son vistos desde la red cableada como cualquier otro anexo de la empresa.

En el presente informe se detallan las tecnologías empleadas para su desarrollo, estas tecnologías están basadas en estándares, lo cual implica compatibilidad entre fabricantes pero también se tienen limitaciones, como el área de cobertura de cada celda y la seguridad.

La red inalámbrica basada en estándares WLAN se integra fácilmente a la red cableada, comúnmente basada en tecnologías Ethernet. Ambas redes son complementarias y para el caso del presente informe, la red cableada representa el sistema de distribución para la red inalámbrica.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción del problema

En la actualidad, existen implementaciones de redes inalámbricas locales o WLAN. WLAN es la denominación en inglés de Wireless Local Area Network, basadas en estándares IEEE 802.11a, 802.11b y 802.11g orientadas a brindar servicios de conectividad para dispositivos como Laptops, PCs, PDAs, impresoras, proyectores, Tablet PCs, scanners, terminales móviles, etc. La conectividad brindada por una WLAN tiene características comparables a las de las redes LAN clásicas que utilizan cableado basado en cobre, cable de par trenzado y fibra óptica.

Las redes basadas en IP, con el tiempo han dejado de ser solo redes de datos. Actualmente las redes deben ser diseñadas para la convergencia de servicios de Voz, Video y Datos; las redes inalámbricas WLAN no escapan a esta meta.

En el presente informe se plantea la implementación de una red inalámbrica para la Universidad Tecnológica del Perú, en adelante la UTP. Esta red debe cumplir con requisitos que garanticen:

- Alta disponibilidad
- Escalabilidad
- Adecuada administración

Se indica que esta red no solo va a brindar acceso a usuarios en tránsito con dispositivos móviles; la nueva red WLAN se va a integrar a la red cableada existente y se van a establecer las pautas para una adecuada calidad de servicio para el soporte de comunicaciones que involucren servicios de Voz y Video con el uso de dispositivos como teléfonos IP portátiles y teléfonos IP de posición fija. En el corto plazo, la UTP como muchas empresas migrará sus sistemas de comunicación interna a IP, lo que significa que las centrales telefónicas digitales y analógicas PBX, sistemas de circuito cerrado de televisión para vigilancia, serán cambiados por tecnologías IP. Este cambio apunta, principalmente, a tener una sola administración de los sistemas de Voz, Video y Datos sobre una misma infraestructura de comunicaciones.

La red Wireless se integrará a esta red convergente; personal de seguridad usará teléfonos IP inalámbricos. De esta manera, tendrán la opción de comunicarse con cualquier anexo IP de posición fija en forma directa.

Las cámaras IP pueden fácilmente integrarse a la red cableada, como a la red inalámbrica. Esta última solución se prefiere cuando la posición de la cámara IP es difícil de alcanzar por la red cableada. Desde un computador remoto, fuera del área de la universidad, el administrador de red o el jefe de seguridad puede ingresar vía un portal Web o una aplicación específica, a visualizar las imágenes captadas por la cámara IP en tiempo real.

## **1.2 Objetivos del trabajo**

El objetivo de este informe es plantear el diseño más óptimo de una red inalámbrica WLAN, que se integre a la red LAN cableada existente con los parámetros adecuados para ofrecer calidad de servicio a comunicaciones de Voz, Video y Data.

A continuación se especifican los requisitos que debe cumplir la red WLAN:

- Acceso a personal de seguridad de nivel 1 a través de teléfonos IP inalámbricos
- Acceso a personal de seguridad de nivel 2 a través de teléfonos IP inalámbricos
- Acceso a gerentes y jefes a través de teléfonos IP inalámbricos
- Acceso a recursos de red al personal administrativo
- Acceso a servicios académicos internos y al Internet a personal docente
- Acceso a servicios académicos internos y al Internet a usuarios de tránsito

## **1.3 Evaluación del problema**

La UTP posee en la actualidad una red inalámbrica. Esta red ha sido orientada a brindar servicio de acceso básico a recursos de datos de la red interna, como por ejemplo, el sistema académico para que los profesores actualicen las notas de cada una de sus aulas; para esto los profesores cuentan con usuarios y contraseñas para su autenticación en el sistema. Además, cada profesor ingresa a la WLAN desde la PC asignada a cada aula con una tarjeta de red inalámbrica, o desde su propia PC portátil.

Los alumnos que poseen un dispositivo móvil para acceder a la red inalámbrica, pueden también entrar a este sistema pero con privilegios restringidos, solo pueden visualizar sus notas sin opción a modificarlas. Hay servicios secundarios como buzones de sugerencias, envío de constancias a correos personalizados, etc. El número de alumnos con dispositivos móviles que acceden a la red WLAN ha ido en aumento, esto se

debe a la mayor variedad de dispositivos inalámbricos que existen en el mercado y con precios asequibles.

Se llama usuario de tránsito a cualquier persona que quiere acceder a la red inalámbrica con un dispositivo móvil y que no acceda a los servicios internos, estos usuarios pueden ser visitantes, profesores, alumnos y personal de la UTP que ingresan a la red WLAN y solo acceden a Internet.

La red WLAN actual de la UTP no está preparada para el soporte de las nuevas aplicaciones, ya que presenta los siguientes problemas:

- Fue diseñada para brindar acceso discreto a aplicaciones de datos
- Baja densidad de equipos. Actualmente solo operan 4 puntos de acceso o APs
- Ubicación de APs no adecuada
- No se está utilizando la técnica de alimentación de energía Power Over Ethernet o PoE

El rediseño de esta red comprende la reutilización de la infraestructura actual, teniendo en cuenta que la modificación de la red inalámbrica es menos complicada que hacer cambios para una red cableada. Se dejarán las pautas para la compra, ubicación, instalación y configuración de nuevos APs.

En la red cableada se dejarán recomendaciones, sobre todo en el tema de cambio de algunos equipos de conmutación o switches. Estos equipos son la plataforma de la red LAN cableada.

#### **1.4 Limitaciones del trabajo**

La UTP tiene políticas de seguridad de información y teniendo en cuenta que el presente informe es una propuesta y no un proyecto a ejecutarse, no se obtuvieron los siguientes datos:

- Planos fieles del sitio
- Estadísticas del personal de la UTP

Para sanear estas dificultades se han levantado planos aproximados por inspección ocular de las áreas del sitio. Cabe indicar que las pruebas de nivel de recepción de señal se obtienen con procedimientos de prueba y error en campo, por lo que basta con tener una aproximación de las dimensiones del lugar. El diseño toma en cuenta el acceso óptimo para un número considerable de usuarios con un adecuado ancho de banda y utilizando aplicaciones voz y video sobre la red.

## 1.5 Síntesis del trabajo

El presente informe tiene un alcance teórico práctico sobre requerimientos que debe cumplir una red para dar un adecuado servicio a redes convergentes, redes de voz, video y datos, orientada a brindar servicios de movilidad e interacción directa con la red cableada de una empresa.

El marco teórico aborda las tecnologías usadas en la mayoría de redes LAN empresariales, las cuales son Ethernet y WiFi. WiFi es el nombre comercial de implementaciones WLAN. Ethernet es una tecnología para red cableada, soporta altas tasas de transferencia de datos y es la base de la mayoría de redes LAN. WiFi es la tecnología orientada a servicios móviles de gran ancho de banda, por lo general presenta tasas de transferencia mas bajas que una red cableada, pero la practicidad que resulta en la movilidad, tiempo de ejecución y producción, hacen de esta tecnología el mejor complemento de las redes cableadas.

El tráfico fluye en la red entre implementaciones cableada e inalámbrica, para lo cual se establecerá prioridad de tipo de tráfico que entra y sale de la red inalámbrica a la red cableada y viceversa, en el orden que se establece en la tabla (tabla 1.1).

**TABLA 1.1** Prioridad de tráfico de voz, video y datos en la red

<b>Prioridad</b>	<b>Aplicación</b>
5	Voz/Telefonía
3	Video
2	Datos/Web
1	Datos/All

Teniendo en cuenta que el valor máximo que se puede establecer como prioridad es el cinco en la tabla 1.1, se nota que la aplicación para voz y telefonía IP tiene la máxima prioridad, por ser el tráfico más sensible al retardo; para el caso del video, observamos una prioridad de tres, lo que significa que tiene una prioridad media, debido a que las aplicaciones de video en la red tienen tolerancias a pequeñas pérdidas de información; para los datos Web tenemos una prioridad de dos, lo cual es un parámetro adecuado para una aplicación que no genera un elevado nivel de tráfico; el resto tipo de datos tienen prioridad de uno, lo que implica que el tráfico de descarga de archivos o cualquier otro tipo de tráfico tendrá esta prioridad; la prioridad mínima aplicable es "cero". El valor de cero significa que cierto tráfico no tiene prioridad.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

#### 2.1 Redes Ethernet

Ethernet es la tecnología predominante dentro de las redes de área local o redes LAN. A continuación se tratarán aspectos de la evolución y el funcionamiento de esta familia de protocolos.

La versión original de Ethernet es una creación de Robert Metcalfe y sus compañeros de XEROX, quienes lanzaron el estándar Ethernet en 1972.

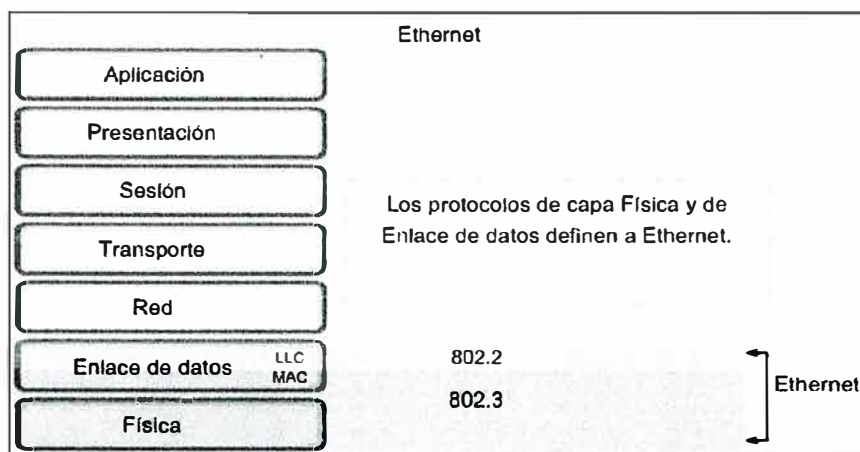
El primer estándar Ethernet fue publicado por un consorcio formado por Digital Equipment Corporation, Intel y Xerox (DIX).

En 1985 el comité de estándares para Redes Metropolitanas y Locales del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos IEEE, publican los estándares para las redes LAN con el número 802; a la norma basada en Ethernet le corresponde el 802.3, la cual tiene algunas pequeñas modificaciones respecto a la versión original. Esto se hizo para garantizar su compatibilidad con el modelo OSI.

##### 2.1.1 Ethernet en la Capa Física y la Capa de Enlace

Comparado con el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos, en adelante modelo OSI de siete capas, Ethernet tiene un alcance operación sobre la capa física, capa uno, y la subcapa inferior de la capa de enlace de datos, o capa dos, tal y como se aprecia en la figura 1.1.

Las funciones de Ethernet en la capa física, implican señales, ráfagas de bits que se transmiten en los medios, los mismos medios, componentes físicos y topologías. Por ejemplo, si analizamos la transmisión Ethernet sobre cable de cobre, encontraremos patrones de voltaje, codificación, velocidades de transmisión de bits, características de los medios de cobre etc. Las características de la Capa Física no permiten el reconocimiento de quien envía o recibe información, ya que esta capa solo tiene manejo a nivel de bits, los cuales tienen solo dos estados, cero o uno.



**Figura 2.1** Ethernet en el modelo OSI

La subcapa inferior de la capa de enlace de datos o subcapa MAC, da soporte a las limitaciones de la capa física, ya que el manejo de la información en esta capa es a nivel de “trama”. Una trama es un agrupamiento de bits; mediante estos grupos bien definidos si se puede tener conocimiento de los dispositivos que envían y reciben información. También existen campos que ayudan al reconocimiento del protocolo de capa superior que se está transportando y campos para la detección de errores. Otra función de esta subcapa es preparar los datos para transmitirlos a través de los medios.

### 2.1.2 Control de Enlace Lógico

El estándar IEEE 802.2 describe las funciones de la subcapa superior de la Capa de Enlace, Subcapa Control de Enlace Lógico (LLC), las cuales comprenden la comunicación con las capas superiores y software de red y las capas inferiores que están ligadas al hardware. Esta subcapa agrega información de control a la data del protocolo de capa de red, para ayudar a que se entregue a su destino. Por ejemplo, tiene un campo donde se identifica el tipo de protocolo de capa de red que se está transportando.

En la figura 2.2 se muestra como se subdivide la capa de enlace entre la Subcapa MAC y la Subcapa LLC.

### 2.1.3 La trama Ethernet

En la Capa de Enlace se recibe la Unidad de Data de Protocolo de la Capa de Red (PDU). La estructura Ethernet le agrega encabezados y trailers para su transmisión, ya que en estos encabezados hay información como:

- Dirección física de dispositivo destino o MAC Destino
- Dirección física de dispositivo origen o MAC Origen

- Campo longitud de trama/tipo de protocolo de capa de red
- Campo de verificación de secuencia de trama para detección de errores

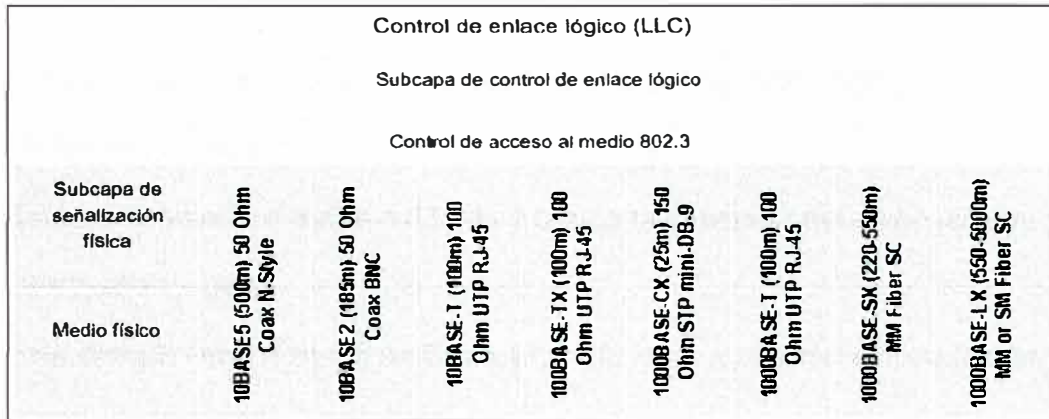


Figura 2.2 Capas LLC y MAC de la capa de enlace

### 2.1.3 La trama Ethernet

En la Capa de Enlace se recibe la Unidad de Data de Protocolo de la Capa de Red (PDU). La estructura Ethernet le agrega encabezados y trailers para su transmisión, ya que en estos encabezados hay información como:

- Dirección física de dispositivo destino o MAC Destino
- Dirección física de dispositivo origen o MAC Origen
- Campo longitud de trama/tipo de protocolo de capa de red
- Campo de verificación de secuencia de trama para detección de errores

En la figura 2.3 se muestran los campos Ethernet según las versiones IEEE 802.3 y la versión Ethernet original, la diferencia principal que vemos es el agregado del campo Delimitador de Trama SFD y una variación en el campo Longitud que también puede ser Tipo.

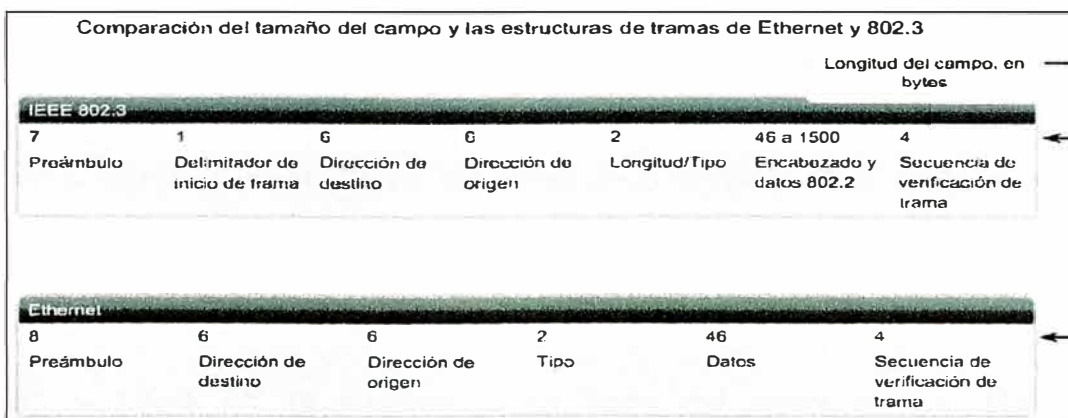


Figura 2.3 La trama Ethernet

La longitud mínima de la trama es de 64 Bytes y la máxima 1518 Bytes, sin considerar preámbulo y SFD. Si el tamaño de la trama no corresponde a estos intervalos, la trama será descartada.

Los campos de la trama Ethernet según el estándar IEEE 802.3

**a. Dirección destino**

Este campo tiene 6 Bytes o 48 bits y brinda la dirección del dispositivo receptor.

**b. Dirección origen**

Este campo tiene 6 Bytes o 48 bits y brinda la dirección del dispositivo emisor.

**c. Campo longitud/tipo**

Este campo de 2 Bytes se analiza de la siguiente manera: si el valor es mayor o igual al 0x0600 hexadecimal o 1536 decimal, este campo brinda información del tipo de protocolo; si el valor es menor, entonces el campo indica la longitud de la trama.

**d. Datos y relleno**

Este campo tiene los datos empaquetados de la capa de red, tiene una longitud que debe oscilar entre 46 y 1500 bytes. Si no hay suficiente data para completar los 46 Bytes, entonces el relleno completa lo restante para alcanzar los 46 Bytes.

**e. Secuencia de verificación de trama**

Este campo de 4 Bytes se usa para detección de errores en la trama, el emisor incluye un valor en este campo que es recalculado por el destino; si coinciden los campos, entonces la trama es aceptada; caso contrario, la trama es descartada.

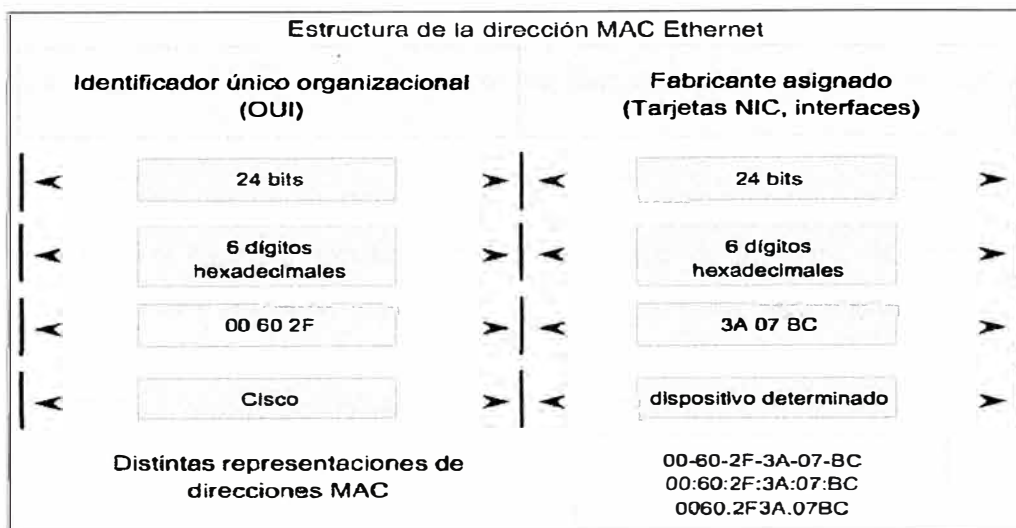
#### 2.1.4 La dirección MAC de Ethernet

Las direcciones MAC son únicas, por lo que se le nombra como un sistema de direccionamiento plano. Tiene dos partes que se han normado por la IEEE y que los proveedores deben seguir cuando asignan estas direcciones a sus productos.

En la figura 2.4 se puede ver las partes de la dirección MAC: los primeros 24 bits más significativos, corresponden al número de Identificador Único Organizacional (OUI), que identifica al fabricante y los siguientes 24 bits son establecidos por el mismo fabricante a sus productos.

En la figura 2.5 se muestra la aplicación del comando **"ipconfig/all"** para visualizar el direccionamiento IP y la dirección MAC de un PC con Windows XP.





**Figura 2.4** Formato de la dirección MAC Ethernet

**Visualización de la dirección MAC**

```

C:\>ipconfig /all
Ethernet adapter Network Connection:
    Connection-specific DNS Suffix: example.com
    Description . . . . . : Intel(R) PRO/Wireless 3945ABG Network
Connection
    Physical Address. . . . . : 00-18-DE-C7-F3-PB
    Dhcp Enabled. . . . . : Yes
    Autoconfiguration Enabled . . . . . : Yes
    IP Address. . . . . : 10.2.3.4
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 10.2.3.254
    DHCP Server . . . . . : 10.2.3.69
    DNS Servers . . . . . : 192.169.226.120
    Lease Obtained. . . . . : Thursday, May 03, 2007 3:47:51 PM
    Lease Expires . . . . . : Friday, May 04, 2007 6:57:11 AM
C:\>

```

**Figura 2.5** La dirección MAC en la PC

Los formatos de las direcciones MAC son establecidos en números hexadecimales y los fabricantes los representan de las siguientes formas:

- 00-1C-C0-21-45-F2
- 00:1C:C0:21:45:F2
- 001C.C021.45F2

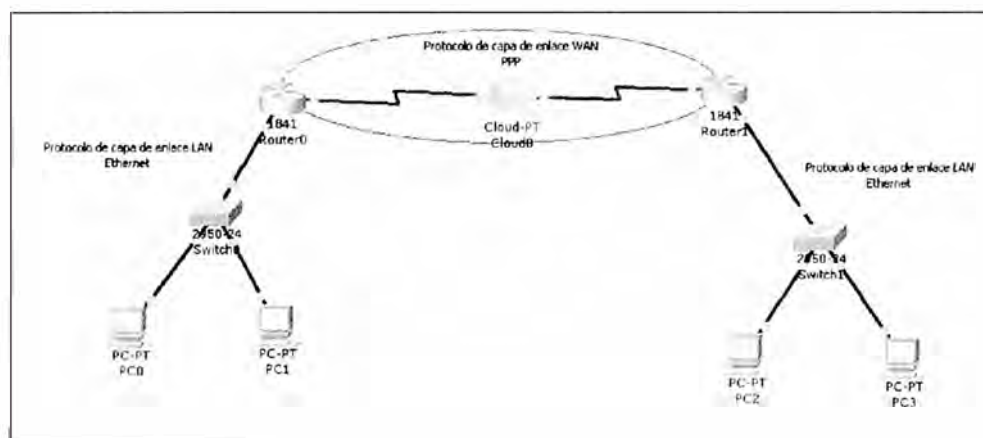
Este sistema de direccionamiento es plano y solo puede servir para direccionar las tramas dentro de los medios locales. Para enrutamiento de los paquetes en el Internet se utiliza un sistema de direccionamiento jerárquico como IP.

Ethernet, como todo protocolo de capa de enlace, solo tiene significado dentro de un entorno de red. Esto significa que cuando un paquete IP viaja a través del Internet,

puede pasar por varios entornos de red y cada entorno puede tener características distintas, por lo que requiere un protocolo específico de capa de enlace en cada tramo.

El sistema de direccionamiento MAC solo tiene alcance local, lo cual significa que solo es válido dentro del entorno de la red LAN. Cuando el paquete IP encapsulado en una trama Ethernet llega al Router para ser enviado al Internet, el Router quitará la cabecera de la trama y el trailer, leerá la dirección IP destino del paquete y decidirá enviar el paquete por su interfaz de red WAN que está conectada al Internet. Esta interfaz WAN está asociada a un protocolo WAN que tiene un formato y funcionamiento diferente a Ethernet. El paquete IP será puesto en una trama WAN adecuada al funcionamiento y características del nuevo entorno de red, por donde pasará el paquete.

En la figura 2.6 se muestra que un paquete de datos puede recorrer diferentes tipos de entornos de capa de enlace para llegar a su destino; en este caso, el paquete IP que sale de la PC0 a la PC2 al inicio, será transportado en una trama Ethernet desde la PC0 hasta el Router0, del Router0 al Router1 será enviado en una trama PPP y del Router1 a la PC2 será enviado en una trama Ethernet.



**Figura 2.6** Diferentes entornos capa de enlace

### 2.1.5 Envío de tramas Ethernet

#### a. Unicast

La MAC Unicast indica comunicación uno a uno entre origen y destino. En la figura 2.7 se muestra como el PC H1 se comunica con el Servidor, enviándole una trama cuya cabecera tiene las direcciones MAC de los computadores en comunicación.

#### b. Multicast

La MAC Multicast permite el envío de paquetes desde un host origen a un grupo determinado de dispositivos destino llamado "grupo multicast".

Las direcciones IP Multicast representan a un grupo de hosts. Estas direcciones están en el rango de 224.0.0.0 al 239.255.255.255. En la red Ethernet estas direcciones requieren una MAC Multicast, la cual tiene un formato que inicia con 01-00-5E. De los 24 bits que restan, el más significativo es siempre "0" y los siguientes 23 bits se obtienen de los últimos 23 bits de la IP Multicast.

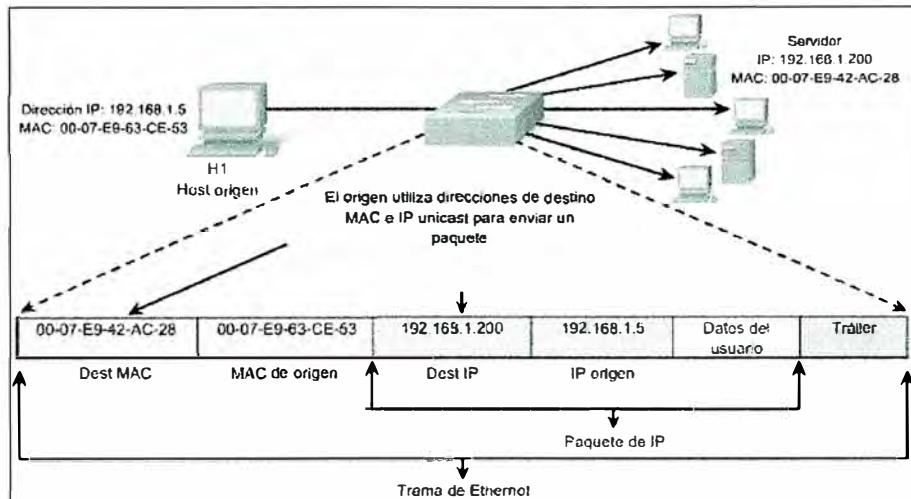


Figura 2.7 Tráfico Unicast

En la figura 2.8 se muestra como el host de origen envía una trama multicast a un grupo de hosts destino; esta trama tiene una MAC multicast y el paquete encapsulado tiene una dirección IP multicast 224.0.0.10.

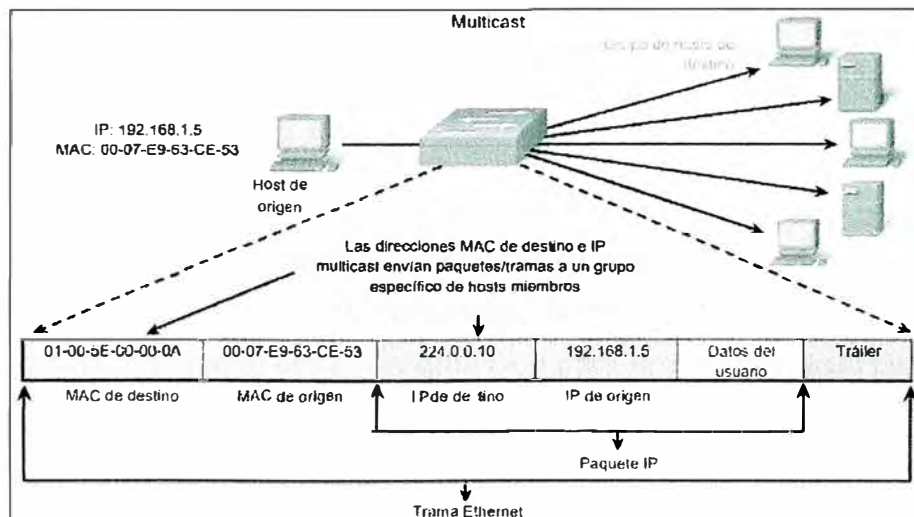


Figura 2.8 Tráfico Multicast

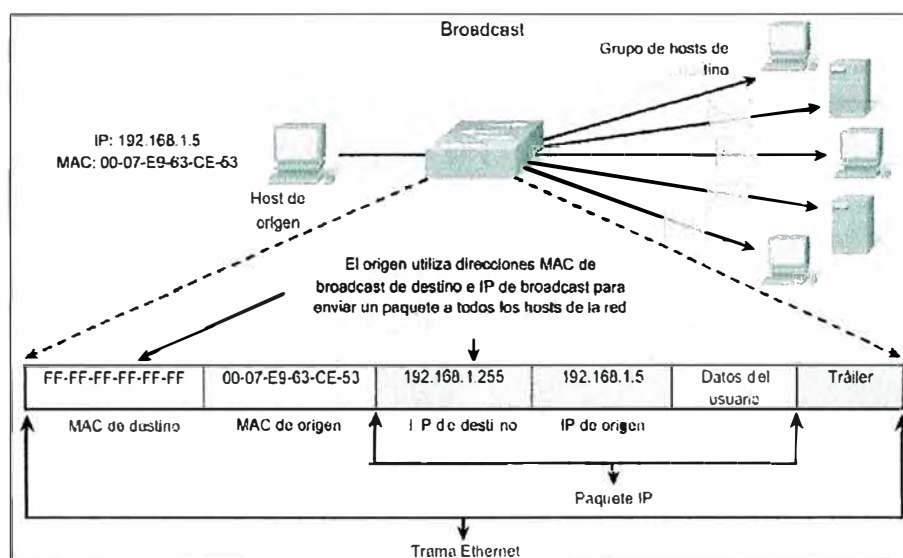
### c. Broadcast

El Broadcast permite a un host origen enviar un paquete a todos los hosts en el dominio de Broadcast, para esto se utiliza una dirección IP donde todos los bits de la porción de host son puestos a uno.

Aplicaciones donde se requiere enviar mensajes a todos los Host de una red son usadas por protocolos, como por ejemplo, el Protocolo de Configuración Dinámica de Host o DHCP, también por el Protocolo de Resolución de Direcciones o ARP.

Los dispositivos de capa de enlace, como los switches, son los que llevarán la trama a todos los hosts de la red. Para realizar esta función, se necesita que la dirección MAC también sea Broadcast. Todos los bits de la dirección MAC destino de la trama son puestos a uno.

En la figura 2.9 se describe cómo un host envía un paquete Broadcast que llegará a todos los hosts de la red LAN.



**Figura 2.9** Tráfico Broadcast

### 2.1.6 Control de Acceso al Medio

Ethernet se originó para brindar acceso a medios compartidos. Como tecnología "No Determinística", los hosts que comparten el medio pueden hacer uso de él en cualquier momento, en cuanto tengan información para enviar. Con esta característica, el caos sería un problema muy difícil de resolver, ya que como los hosts pueden hacer uso del medio cada vez que quieren transmitir, también se producirían demasiadas colisiones y por ende, la data se pierde y tiene que ser retransmitida, lo que genera bajo rendimiento de la red.

Ethernet se apoya en la técnica de Control de Acceso al Medio con Detección de Portadora CSMA/CD, la cual establece que si un host desea transmitir, previamente debe censurar el medio para detectar si es que hay portadora presente en el medio; si hay portadora en el medio, significa que otro host está transmitiendo, entonces el host inicial

intentará transmitir, luego para lo cual volverá a censar el medio, si no hay portadora en el medio, entonces el host transmite.

El método CSMA/CD, como se aprecia en la figura 2.10, no impide que se produzcan colisiones en las redes Ethernet pero si ayuda a gestionar lo que se debe realizar cuando se produce una colisión. Cuando un host introduce una señal en un extremo del medio, esta señal demorará unos microsegundos en recorrer todo el medio. Durante este tiempo, otro host con información para transmitir puede censar que el medio está libre de forma errónea y empezará a transmitir. Las señales de ambos hosts se encontrarán produciendo una colisión. Producida la colisión, por el medio se propagarán señales con voltajes duplicados y las tramas que se colisionaron se corrompen. Todos los hosts que comparten el medio detectan la colisión y detienen su transmisión, acto seguido, generan un período de tiempo llamado “tiempo de postergación”, el cual es independiente para cada host. Este tiempo sirve para volver a enviar la trama colisionada.

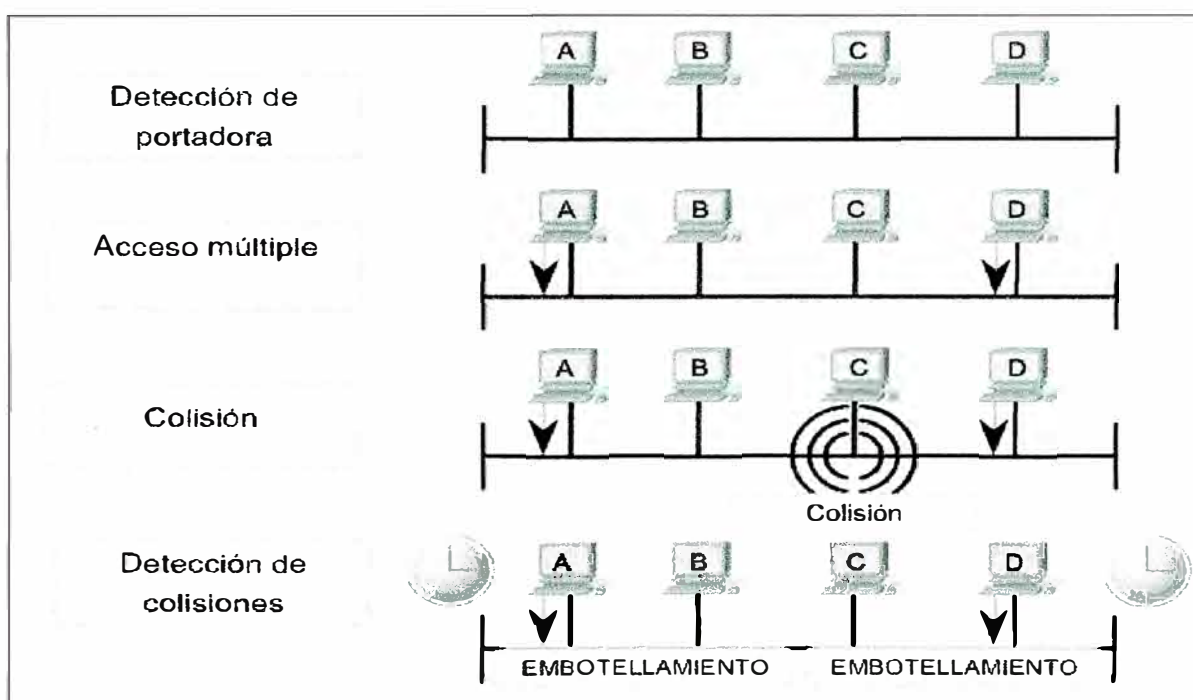


Figura 2.10 Método CSMA/CD

### 2.1.7 Temporización en Ethernet

#### a. Latencia

Es el tiempo que le toma a una trama llegar recorrer el medio para llegar a su destino y se cuenta desde el momento que el primer bit de la trama sale del origen. Si hay dispositivos intermediarios, éstos harán que la latencia aumente, ya que su presencia agrega tiempo de procesamiento.

## b. Temporización y Sincronización

Las versiones antiguas de Ethernet de 10Mbps o menos, el dispositivo receptor utiliza el campo del preámbulo para la sincronización del circuito. A esto se le conoce como comunicación asíncrona. Las versiones de 100Mbps, en adelante son síncronas es decir, no es necesario el campo del preámbulo para sincronización del circuito, pero aún así se conserva este campo por razones de compatibilidad.

## c. Tiempo de bit

Es el tiempo que se requiere para que un bit pueda colocarse y detectarse en el medio. En la tabla 2.1 se muestran los tiempos de bit para cada velocidad Ethernet.

**TABLA 2.1** Tiempos de bit Ethernet

Velocidad Ethernet	Tiempo de bit
10 Mbps	100 ns
100 Mbps	10 ns
1000 Mbps = 1 Gbps	1 ns
10000 Mbps = 10 Gbps	0.1 ns

Se utiliza la estimación de 20.3 centímetros por nanosegundo para hallar el retardo en el cable de par trenzado UTP, teniendo en cuenta que la longitud máxima que se alcanza con este cable en redes de datos es 100 metros, entonces, utilizando 10BASE-T se requieren aproximadamente 5 tiempos de bit para recorrer la máxima distancia.

## d. Intervalo de tiempo

En Ethernet half duplex y para todas las velocidades menores a 1000 Mbps, el estándar describe cómo una comunicación individual no puede ser menor que el intervalo de tiempo. Para Ethernet 10 Gbps no es aplicable, ya que solo opera en modo full duplex.

En la siguiente tabla 2.2 se muestran los intervalos de tiempo para cada velocidad Ethernet.

**TABLA 2.2** Intervalos de tiempo Ethernet

Velocidad	Intervalo de tiempo	Intervalo de tiempo ( $\mu$ s)
10 Mbps	512 tiempos de bit	51,2 $\mu$ s
100 Mbps	512 tiempos de bit	5,12 $\mu$ s
1 Gbps	4096 tiempos de bit	4,096 $\mu$ s
10 Gbps	No aplica	No aplica

En la figura 2.11 se muestra la topología base sobre la cual se obtiene el intervalo de tiempo para una colisión en el lugar más alejado de la red.



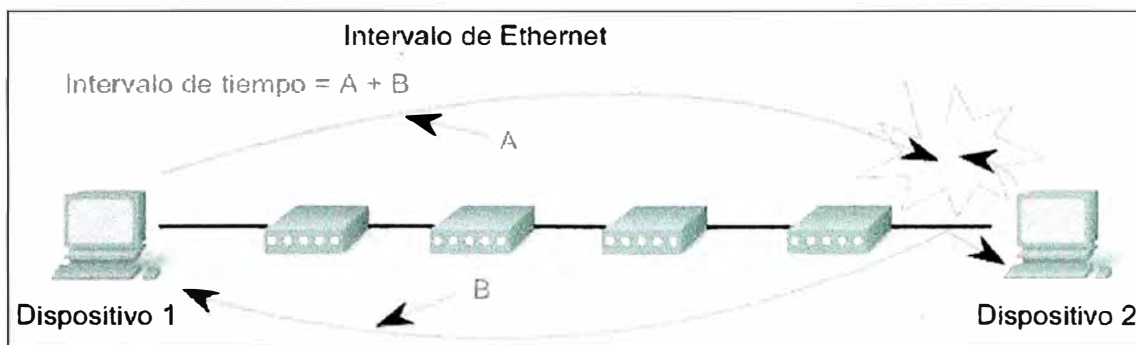


Figura 2.11 Intervalo de tiempo

#### e. Espacio entre tramas

Es el tiempo que se espera para enviar otra trama y se mide desde el último bit del campo FCS de la trama anterior, hasta el primer bit del preámbulo de la siguiente trama. Este tiempo le sirve al receptor para procesar una trama y estar listo para recibir la siguiente.

En la tabla 2.3 se muestran los espacios entre tramas para las velocidades de Ethernet.

TABLA 2.3 Espacio entre trama

Velocidad	Separación entre tramas	Tiempo necesario
10 Mbps	96 tiempos de bit	9,6 $\mu$ s
100 Mbps	96 tiempos de bit	0,96 $\mu$ s
1 Gbps	96 tiempos de bit	0,096 $\mu$ s
10 Gbps	96 tiempos de bit	0,0096 $\mu$ s

#### f. Señal de congestión

Cuando se detecta una colisión en un medio compartido, los dispositivos involucrados envían una señal de congestión de 32 bits, con la finalidad que todos los hosts de la red detecten la colisión. La señal de 32 bits tiene un patrón de unos y ceros (1,0,1,0 ... 1,0). Este patrón no se detecta como una trama válida. Los mensajes con una longitud menor a 64 bytes son conocidos como fragmentos de trama o runts que son resultado de una colisión; estos fragmentos no cumplen con la longitud mínima de trama y desaprueban el FCS.

#### g. Tiempo de postergación

Producida una colisión y enviada la señal de congestión, el medio quedará libre, los hosts que no estuvieron implicados en la colisión deben esperar para poder transmitir el equivalente en tiempo al espacio entre tramas o 96 tiempos de bit, los hosts involucrados en la colisión deben esperar para volver a intentar transmitir un número

entero de veces el intervalo de tiempo, si se vuelve a producir una colisión al intentar enviar la trama, se volverá a generar un tiempo de postergación en incrementos del intervalo de tiempo, si después de 16 intentos no se puede enviar la trama, se genera un error en la capa de red y se dejará la transmisión de la trama.

### 2.1.8 Ethernet en la capa física

Las variaciones entre las familias Ethernet se dan en la capa física, donde se tienen cuatro velocidades de operación para medios de par trenzado y medios de fibra óptica.

- 10 Mbps - Ethernet 10Base-T
- 100 Mbps - Fast Ethernet
- 1000 Mbps - Gigabit Ethernet
- 10 Gbps - 10 Gigabit Ethernet

En la tabla 2.4 se muestra los diversos tipos de Ethernet en la capa física.

**TABLA 2.4** Tipos de Ethernet

Tipo de Ethernet	Ancho de banda	Tipo de medio	Duplex	Distancia máxima
10Base-5	10 Mbps	Coaxial thicknet	Half	500 m
10Base-2	10 Mbps	Coaxial thinnet	Half	185 m
10Base-TX	10 Mbps	UTP Cat3/Cat5	Half	100 m
100Base-TX	100 Mbps	UTP Cat5	Half	100 m
100Base-TX	200 Mbps	UTP Cat5	Full	100 m
100Base-FX	100 Mbps	Fibra multimodo	Half	400 m
100Base-FX	200 Mbps	Fibra multimodo	Full	2 Km.
1000Base-T	1 Gbps	UTP Cat5e/Cat6	Full	100 m
1000Base-SX	1 Gbps	Fibra multimodo	Full	550 m
1000Base-LX	1 Gbps	Fibra monomodo	Full	2 Km.
10GBase-LX4	10 Gbps	Fibra multimodo	Full	300 m
10GBase-LX4	10 Gbps	Fibra monomodo	Full	10 km
10GBase-T	10 Gbps	UTP Cat6a/Cat7	Full	100 m

### 2.1.9 Dispositivos Ethernet en la LAN

Las versiones antiguas Ethernet operaban en un entorno compartido donde son posibles las colisiones como funcionamiento normal de la red; el problema con estas redes es que a mayor número de usuarios, el número de colisiones aumenta. Los entornos compartidos eran usados por tecnologías que involucran como medios el cable coaxial y cable de par trenzado con dispositivos de interconexión como Hubs y repetidores. Los estándares actuales ya no dan soporte a los medios coaxiales; los



medios ampliamente usados son el cable de par trenzado UTP y la fibra óptica y los dispositivos empleados para las interconexiones en las LAN son los switches.

### **2.1.10 Switches**

Los switches son los dispositivos que se emplean y se recomiendan para las LAN actuales, permiten la segmentación de las LAN en distintos dominios de colisión. Cada puerto del switch implica un dominio de colisión distinto y brinda la integridad del ancho de banda al nodo conectado a dicho puerto.

Los switches pueden operar en modo half duplex y full duplex, cuando está operando en el modo half duplex, las colisiones quedan limitadas al nodo o nodos conectados al puerto del switch, para lo cual el método de control de acceso al medio CSMA/CD estará activo. En las redes modernas, las conexiones son full duplex, esto implica que las conexiones troncales entre switches, conexiones con otros dispositivos como APs, routers, PCs, etc., son full duplex y el método de control de acceso al medio quedará desactivado, porque no habrá colisiones.

El switch administra la información a nivel de tramas; para tomar una decisión de reenvío de trama lee la dirección MAC destino y busca en una tabla interna o tabla MAC el puerto donde tiene que ser enviada esa trama para que llegue a su destino.

### **2.1.11 Operaciones básicas del switch**

#### **a. Aprendizaje**

La tabla MAC debe llenarse con las direcciones MAC asociadas a sus puertos correspondientes. Cuando una trama llega al switch por uno de sus puertos, se graba la dirección MAC Origen de dicha trama y se asocia al puerto por donde llegó, este paso se repite para cada puerto del switch hasta llenar la tabla.

#### **b. Actualización**

Cada entrada MAC aprendida en la tabla MAC tiene un temporizador en reversa, normalmente de 300 segundos, que se utiliza para eliminar entradas antiguas. Cuando el temporizador llega a cero, se volverá a actualizar la próxima vez que el switch reciba una trama del nodo por el mismo puerto.

#### **c. Inundación**

El switch realizará una inundación, lo que significa que enviará la trama por todos los puertos menos por el cual fue recibido, esto sucede cuando no sabe a que puerto de

salida corresponde el envío de la trama porque no tiene la entrada del destino en su tabla MAC.

**d. Reenvío selectivo**

Si el switch tiene una la entrada destino de la trama que recibe entonces realizará un reenvío selectivo al puerto correspondiente.

**e. Filtrado**

En algunos casos la trama no se reenvía, se filtra. Esto sucede cuando al analizar la MAC destino de la trama, se encuentra que está dirigida a un nodo cuya dirección MAC está asociada al mismo puerto por donde llegó.

### **2.1.12 Características de los switches**

Los switches, básicamente son dispositivos de capa de enlace, ya que administran la información a nivel de tramas; limitan los dominios de colisión pero expanden el dominio de Broadcast. Esto significa que al recibir una trama con una dirección MAC Broadcast, reenviarán la trama por todos sus puertos, menos por el cual fue recibido. Esta característica permite el funcionamiento de diversas aplicaciones a los nodos de la red, como por ejemplo, el uso del Protocolo de Solicitud de Dirección o ARP que sirve para solicitar la dirección MAC de algún otro nodo, para que sea posible enviarle una trama; otra aplicación conocida es el uso del Protocolo de Configuración Dinámica de Host o DHCP, que se usa cuando un Host de la red requiere que un servidor le asigne una configuración IP para acceder a los servicios de la red.

También hay switches de propiedades avanzadas que analizan, no solo la trama, también pueden analizar el paquete IP y tomar decisiones de envío en base a la información de IP destino. Estos switches son llamados Switches Multicapa.

**a. Factores de forma de los switches**

Son las características claves de un switch, como por ejemplo, si tiene la opción PoE, de la denominación en ingles Power Over Ethernet, si es de configuración fija o modular, si es apilable o no es apilable o el grosor medido en bastidores.

➤ **Switches de configuración fija**

A este tipo de switches no es posible agregarle mayores características de las que originalmente ya vienen, por ejemplo, si se adquiere un switch fijo de 24 puertos FastEthernet y se requiere posteriormente añadir un puerto para conexión de fibra, no será posible ya que no tiene ranuras para aceptar ningún otro puerto o módulo de

ampliación. En redes de alta densidad de puntos de red, es preferible optar por switches modulares.

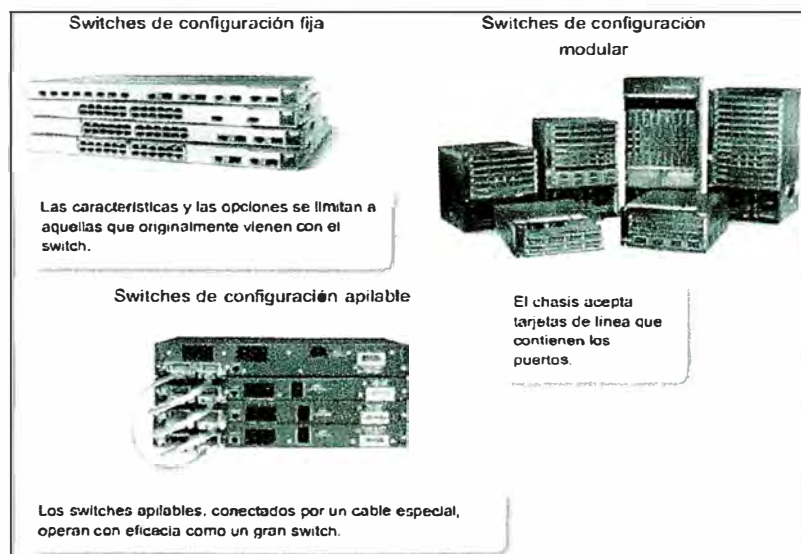
➤ **Switches modulares**

Estos Switches ofrecen mayor flexibilidad, el tamaño del chasis va directamente ligado al número de tarjetas en línea que puedan agregarse, las tarjetas en línea son las que contienen los puertos.

➤ **Switches apilables**

Los switches apilables pueden conectarse con un cable especial backplane. Se pueden apilar hasta nueve switches de forma redundante y todos operan como si fueran un solo switch, sin tener que gastar puertos de red para su interconexión. La redundancia da confiabilidad, en caso una de las conexiones backplane caiga. Estas conexiones backplane, por lo general, son más veloces que los puertos de línea.

En la figura 2.12 se muestran las características de los switches según su factor de forma.



**Figura 2.12** Factores de forma de switches

**b. Rendimiento**

Al seleccionar un switch, se debe tener en cuenta la densidad de puertos del switch, tasa de reenvío y agregado de ancho de banda.

➤ **Densidad de puerto**

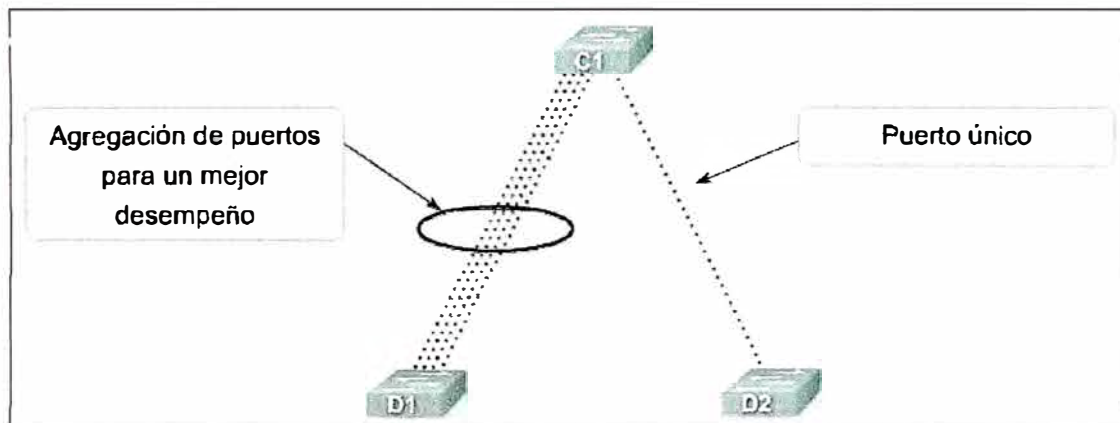
Es el número de puertos disponibles en un switch único. Las altas densidades de puerto permiten mejor uso del espacio y la energía. Con switches modulares y con el agregado de tarjetas de línea se puede lograr una alta densidad de puerto.

➤ **Velocidades de envío**

Las tasas de envío definen la capacidad de procesamiento del switch por estimación de la cantidad de datos que puede procesar por segundo. Al adquirir un switch, es importante saber este parámetro, ya que si la velocidad de reenvío es muy baja, el switch no trabajará a la velocidad completa de cable en todos los puertos al mismo tiempo. La velocidad de cable es la velocidad que cada puerto puede lograr.

➤ **Agregado de enlaces**

Es la propiedad que permite establecer dos o más enlaces operando como si fuera un solo enlace, lo cual produce un aumento del ancho de banda de enlace. Las aplicaciones de agregado de enlace se dan para mitigar los cuellos de botella. Los enlaces troncales de la red que no se dan abasto para el tráfico que fluye por ellos pueden apoyarse en los agregados de enlace, siempre y cuando se tengan puertos disponibles, como se puede apreciar en la figura 2.13. En el caso de los Switches Catalyst CISCO con puertos Gigabit, se pueden establecer agregados de enlace hasta de 8 puertos, lo cual permite un ancho de banda de 8 Gbps.



**Figura 2.13** Agregado de enlaces

**c. Funcionalidad PoE y capa 3 de los switches**

Otras características a considerar en la adquisición de un switch son PoE y funciones de capa 3.

➤ **PoE**

Power over Ethernet permite que un switch provea energía a un dispositivo por el cableado de red existente. Con esta característica se suelen alimentar de energía teléfonos IP y APs, por lo que no es necesario preocuparse por tener tomas de energía cercanas a estos dispositivos en la instalación; solo basta que el cable de red pueda

llegar al dispositivo. Se debe tener en cuenta que la característica PoE eleva el precio del switch, por lo que se debe justificar esta funcionalidad en la red.

➤ **Funciones de capa 3**

La funcionalidad básica de los switches alcanza hasta la capa 2 del modelo OSI, pero los switches de capa 3 van más allá, analizando el contenido del paquete para tomar decisiones de envío. A estos switches se les conoce también como Switches Multicapa.

**d. Características del switch en la capa de acceso**

Se le llama switch de acceso a todo switch que facilita la conexión de nodo final, nodos finales, como PCs, teléfonos IP, cámaras IP y APs. Teniendo en cuenta los factores de forma, rendimiento y funcionalidad, analicemos ahora otras características de hardware y de configuración indispensables para nuestro diseño, como la velocidad de los puertos, seguridad de puerto, soporte de VLANs y calidad de servicio o QoS.

**e. Seguridad de puerto**

La seguridad de puerto permite asegurar que uno o un grupo de nodos seleccionados puedan conectarse a un puerto. Por ejemplo, si se configuran los puertos de un switch con seguridad de puerto, se asocian las direcciones de un nodo o un grupo de nodos a cada puerto y solo se permite el acceso a la red a estos nodos asociados. En caso un nodo no asociado intente ingresar a la red por uno de los puertos, el switch detecta la intrusión y el puerto cae eléctricamente, haciendo necesaria la intervención del administrador del switch para reactivarlo.

**f. VLANs**

Una VLAN es una subred lógica. En un switch se pueden crear muchas VLAN y cada una es un dominio de Broadcast. De esta forma, se puede separar el tráfico de áreas en una empresa; esto permite el mejor manejo y administración del ancho de banda. Una aplicación común en redes actuales, es separar el tráfico de voz en una VLAN llamada VLAN de voz: el tráfico de datos estará separado del tráfico de voz, el cual es muy sensible a los retardos.

**g. Velocidad de puerto**

Teniendo en cuenta los requisitos de rendimiento, los puertos de switch de acceso comercial son Fast Ethernet y Gigabit Ethernet. Para aplicaciones de telefonía IP y tráfico de datos, es suficiente con puertos Fast Ethernet que permiten una tasa de 100 Mbps, pero en caso se requiera un mayor rendimiento se opta por Gigabit Ethernet que permite

hasta 1000 Mbps. El uso de velocidades más altas de puerto también eleva el costo del switch.

#### h. QoS

Una red convergente admite tráfico de voz, video y datos, para lo cual los switches de acceso deben admitir QoS para poder diferenciar y priorizar cierto tráfico. Por ejemplo, con QoS, el switch puede brindar prioridad al paso del tráfico de voz en los enlaces troncales, minimizando su retardo.

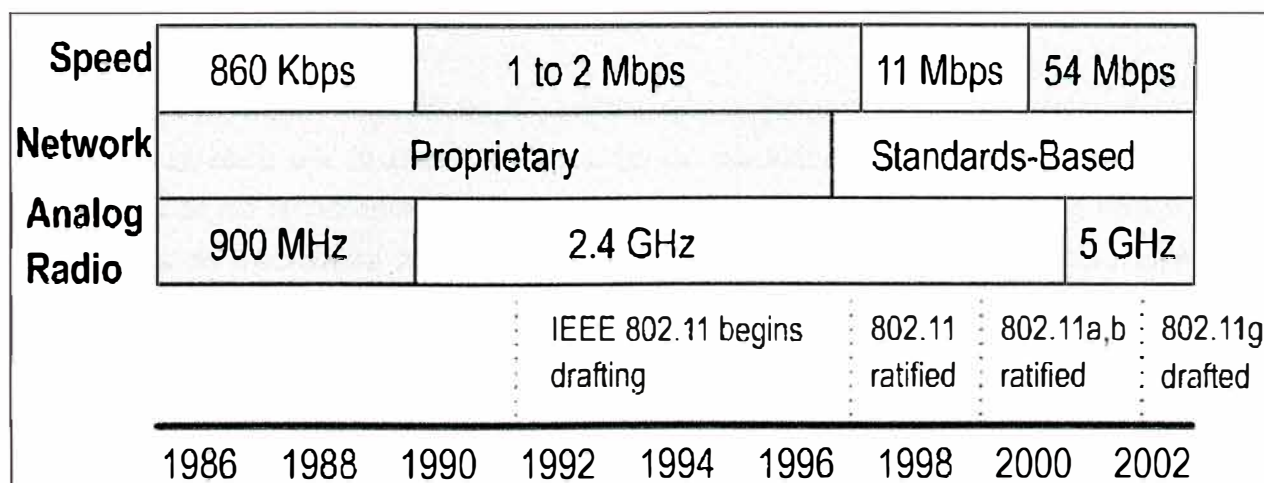
## 2.2 Redes WLAN

Las redes WLAN no son completamente inalámbricas, son una parte complementaria de la red cableada. Las primeras versiones de dispositivos WLAN no llegaron a ser muy populares en el mercado por su reducido ancho de banda y por carencia de estandarización. El comité IEEE 802.11 y la Alianza WiFi fomentaron la estandarización para su interoperatividad.

Las redes WLAN operan a velocidades de 11 Mbps, 54 Mbps y 540 Mbps. Estas velocidades son óptimas para el nivel de acceso de dispositivos de usuario final pero no son óptimas para enlaces troncales. En las redes LAN, los enlaces troncales soportan altas tasas de tráfico; por lo general, son enlaces Ethernet de 1 Gbps o 10 Gbps.

Las redes WLAN tienen muchos beneficios como movilidad, escalabilidad, flexibilidad, ahorro prudente o significativo en términos de costo y tiempo, ventajas de instalación y confiabilidad en ambientes difíciles.

Las redes WLAN han ido evolucionando, en la figura 2.14 se muestra el desarrollo en velocidades y estandarización de las tecnologías WLAN.



**Figura 2.14** Evolución de las WLAN

En el año 2010 se espera que se complete el estándar 802.11n, el cual tiene interoperatividad con 802.11b/g y 802.11a, esto implica que puede operar a frecuencias de 2.4 GHz y 5 GHz; la velocidad de transmisión es de aproximadamente 200 Mbps o más y en la actualidad, varios fabricantes ya proveen características de soporte para este nuevo estándar.

Los estándares WLAN permiten los siguientes modos de transmisión:

- Luz infrarroja
- Tres tipos de transmisión sobre la banda no licenciada de los 2,4 GHz
  - Espectro esparcido por salto de frecuencia (FHSS)
  - Espectro esparcido de frecuencia directa (DSSS)
  - Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM)
- Un tipo de transmisión en la banda no licenciada de los 5 GHz
  - Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM)

### **2.2.1 Componentes de una red WLAN**

En el mercado encontramos variedad de productos para implementar nuestra red inalámbrica que a continuación describiremos.

#### **a. Adaptadores de cliente**

Permiten a los usuarios movilidad y flexibilidad a través de tarjetas de red inalámbricas, permitiendo el acceso a la red WLAN. Se pueden conectar a los slots PCI de las PC, PCMCIA en las laptops o integradas en placas de memoria o extraíbles con puertos USB.

#### **b. Access Points**

El access point o AP es el centro de la red inalámbrica, contiene un radio transceptor y tiene por lo general, un punto de conexión a la red cableada. Varían en características de tecnología, seguridad y administración; algunos soportan operación en dos bandas de frecuencia 2,4 GHz y 5 GHz, mientras otros AP solo pueden operar en una sola banda.

#### **c. Antenas**

Existe una variedad de antenas, la elección consiste en la aplicación que tendrá la red inalámbrica. Para redes WLAN se pueden elegir antenas que operan en las bandas



de 2,4 GHz o 5 GHz. La elección también involucra qué distancia cubriremos y cómo será el patrón de radiación.

#### **d. Cables y accesorios**

Cada implementación WLAN es diferente, en diseños orientados a interiores de edificios, las distancias del cableado de los APs al sistema de distribución y la ubicación de las antenas de cada AP, pueden requerir implementos adicionales para su instalación. Considerar que el uso de cable coaxial para llegar del AP a la antena genera una pérdida que debe ser considerada en el diseño.

### **2.2.2 Interferencia de radio frecuencia y degradación de señal**

En implementaciones con radio enlaces entre edificios, es probable sufrir interferencia de terceros, debido a que otras compañías utilizan también tecnologías inalámbricas. Esta situación se detecta, en muchos casos, cuando el enlace ya está implementado. Los estándares 802.11 usan bandas no licenciadas. Hay varias formas de corregir estos problemas, por ejemplo, podemos reubicar nuestras antenas, o una forma más práctica es variar el canal de frecuencia de operación que se está usando.

Para implementaciones dentro de edificios, se tendrá en cuenta en el diseño la ubicación de los dispositivos que operan en la misma banda de frecuencia de los APs y que pueden causar interferencia en la red WLAN. Por ejemplo, los hornos microondas, teléfonos inalámbricos y equipos médicos. La sugerencia en este caso, es ubicar los APs lejos de estos equipos para evitar la interferencia.

### **2.2.3 Administración de energía**

El consumo de energía es siempre un problema con laptops y teléfonos inalámbricos, por la limitación del tiempo de vida de la batería. Las tarjetas inalámbricas CISCO tienen tres modos de consumo de energía, estos modos se describen a continuación:

#### **a. Modo activo constante (CAM)**

Este modo es el mejor cuando la energía no es un problema. Si la estación cliente tiene una conexión de energía constante cercana, éste es el modo recomendado.

#### **b. Modo de ahorro de energía (PSP)**

Si la energía es un problema, entonces éste debe ser el modo elegido. La NIC entra en modo de conservación de energía después de un período de inactividad y se



activa por momentos, de forma periódica para recibir información del AP. Las NIC inalámbricas reducen considerablemente el tiempo de vida de las baterías de los dispositivos móviles.

**c. Modo de ahorro de energía rápido (FastPSP)**

Es un modo de combinación entre CAM y PSP, ideal para usuarios que conmutan entre alimentación de energía y vida de batería.

## **2.2.4 Confiabilidad y conectividad**

Las redes WLAN han sido diseñadas para proveer capacidades en la LAN, similares a las ofrecidas por Ethernet. Las capas superiores del modelo TCP/IP se encargan de dar confiabilidad si hay pérdida o corrupción de paquetes. En la capa física se tienen características de transmisión y las WLAN usan generalmente, tecnologías de espectro esparcido y multiplexación por división de frecuencia ortogonal.

Partiendo del punto de que la señal que es esparcida por el medio o que está constantemente saltando de canal en canal de frecuencia, puede ser difícil de ser detectada por el receptor, las tecnologías de espectro esparcido empleadas en redes WLAN poseen características que mitigan esos problemas.

**a. DSSS**

Espectro esparcido de secuencia directa o DSSS, genera un patrón de bits redundante llamado secuencia de chips por cada bit transmitido.

**b. FHSS**

Espectro esparcido por salto de frecuencia o FHSS usa una portadora de banda angosta, que cambia de frecuencia en un patrón conocido para transmisor y receptor, si ambos están correctamente sincronizados, se crea un canal lógico, aunque la frecuencia constantemente cambie.

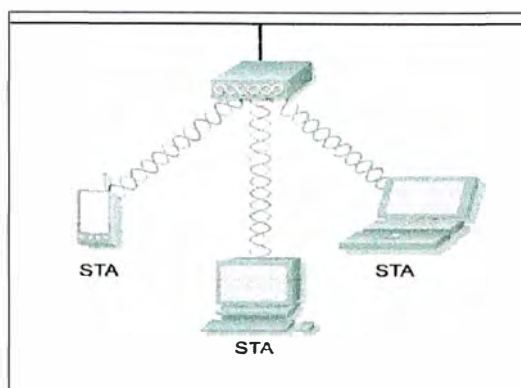
FHSS no se usa más en los estándares 802.11. La técnica DSSS es la que se utiliza en el estándar 802.11b, que le permite una velocidad de 11 Mbps.

**c. OFDM**

802.11a y 802.11g usan multiplexación por división de frecuencia ortogonal o OFDM, lo que les permite operar a una velocidad de 54 Mbps, mayor que los 11 Mbps de 802.11b que usa DSSS, debido a que OFDM limita el la diafonía de los canales de transmisión.

## 2.2.5 Descripción de una WLAN

En una red cableada Ethernet, la dirección MAC de un host es similar a asumir una posición física direccionable, pero en diseños 802.11 la unidad direccionable es la estación o STA. La STA no es asumida o relacionada a una posición fija, la STA dinámicamente cambia de posición en la red como se aprecia en la figura 2.15.



**Figura 2.15** Movilidad de las STA

Las implementaciones WLAN tienen las siguientes características en la capa física:

- Usan un medio donde no se pueden definir los límites del alcance de señal
- No están protegidas de señales externas
- Tienen topologías dinámicas
- Carecen de conectividad total
- Se comunican por medios menos confiables que los medios cableados
- Tienen propiedades que varían en el tiempo y propagación asimétrica

Las limitaciones de cobertura de las redes WLAN en diseños grandes crea la necesidad de hacer el diseño por bloques y juntarlos para que sea posible el roaming en la red.

## 2.2.6 Arquitectura de una WLAN

### a. BSS

El conjunto de servicios básicos o BSS es el bloque básico de la LAN 802.11. La BSS consta de estaciones de usuario o STAs y un AP. La BSS cubre solo un área de radio frecuencia, a esta área también se le llama celda. Cuando una STA se aleja del AP,

entonces su nivel de señal baja; si sale del área de cobertura del AP, entonces la STA ya no se puede comunicar y participar de la red. La BSS tiene un identificador de conjunto de servicios llamado SSID y todos los STAs se comunican a través del AP.

**b. IBSS**

El conjunto de servicios básicos independiente o IBSS, es el tipo más básico de LAN. Se crea como mínimo entre dos STAs. En este caso no hay un AP. Todos los STAs se comunican entre sí de forma directa. Este es el funcionamiento de una típica red par a par.

**c. DS**

Un sistema de distribución o DS, es el conjunto de conexiones para formar una gran red inalámbrica. Estas conexiones pueden ser basadas en redes cableadas como la red Ethernet o conexiones inalámbricas que implicarían que un AP dé conectividad a otro AP. De esta forma, se pueden juntar dos o más BSS, las cuales pueden ayudar a brindar mayor cobertura para movilidad extendida de los STAs. El conjunto de BSS formando un solo grupo se conoce como conjunto de servicios extendidos o ESS.

**d. ESS**

El conjunto de servicios extendidos o ESS es definido como dos o más BSS, formando una red inalámbrica conectada a través de un DS. Los STAs pueden cambiar de BSS sin pérdida de conectividad. Para los STAs cambiar de BSS es transparente y a esta característica se le conoce como roaming.

**e. Roaming**

Es la capacidad que tienen los STAs de cambiar de BSS sin pérdida de conectividad. Los estándares 802.11 no definen cómo el Roaming debe operar, pero definen los patrones básicos para que los STAs se asocien a cada BSS.

### **2.2.7 La trama 802.11**

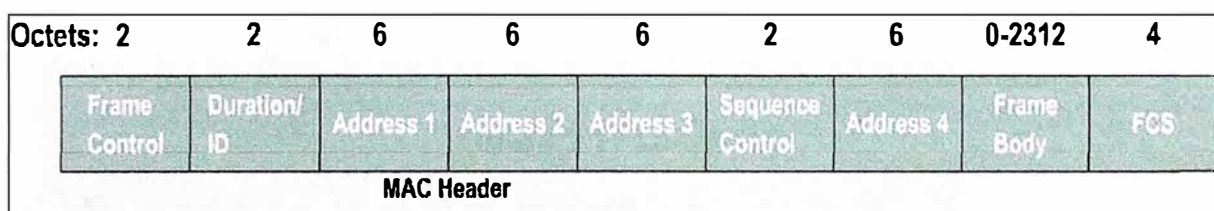
Cada trama posee los siguientes componentes básicos:

- Una cabecera MAC, la cual tiene campos de control, duración, dirección e información de número de secuencia
- Un campo de longitud variable, el cual contiene la data de capa superior como por ejemplo el PDU de capa de red
- Un campo de secuencia de verificación de trama para detección de errores

Los tipos de trama 802.11 son:

- Tramas de data que son usadas para la transmisión
- Tramas de control como request to send (RTS), clear to send (CTS) y acknowledgment (ACK) para control de acceso al medio
- Tramas de administración, como beacons, son enviadas como las tramas de data pero no son enviadas a las capas superiores

En la figura 2.16 se muestra el formato de la trama WLAN. No se detalla cada parte de la trama, ya que el tema del presente informe está orientado a la operatividad de la red WLAN.



**Figura 2.16** Trama WLAN

## 2.2.8 Control de acceso al medio 802.11

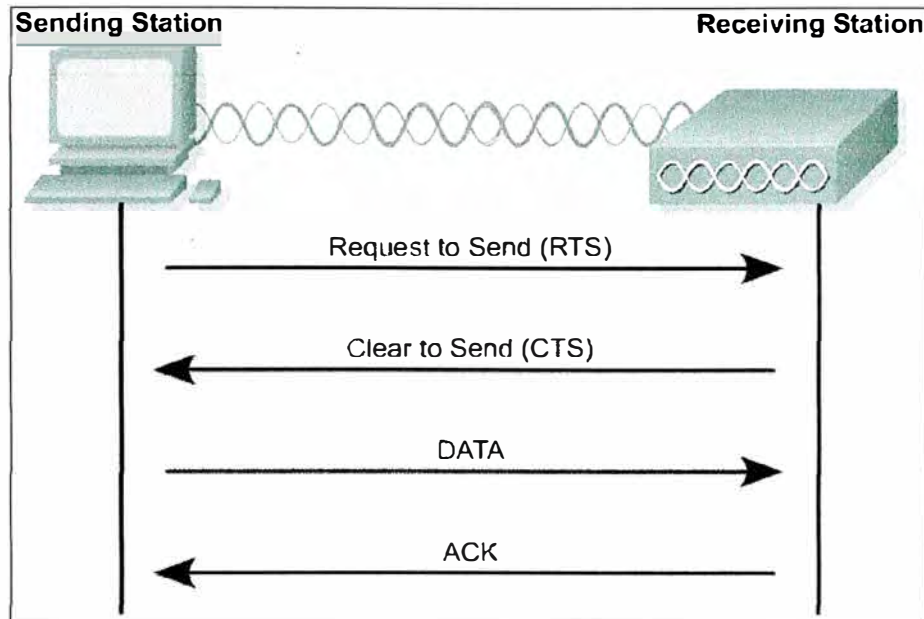
Las funciones de detección de portadora física y virtual se usan para determinar el estado del medio. Si ambas funciones detectan al medio ocupado, el medio será considerado ocupado. Si el medio no está ocupado, es considerado libre.

Las tecnologías 802.11 utilizan el mecanismo de acceso múltiple por detección de portadora y prevención de colisiones. Este mecanismo opera de forma distinta al método utilizado por Ethernet, ya que cuando un STA quiere transmitir, realiza una solicitud de envío o RTS (Request to send) al AP; el AP responde con un CTS (Clear to send) para confirmar al STA que puede usar el medio. Recibida la confirmación, el STA transmite y acabada la transmisión, el AP envía un acuse de recibo ACK al STA. El procedimiento se muestra en la figura 2.17.

## 2.2.9 Estándares 802.11 – Capa Física

### a. 802.11b

El estándar 802.11b es conocido como Alta Velocidad (High Rate) para el Espectro Esparcido de Secuencia Directa (HR/DSSS) en la banda de los 2,4 GHz, para aplicaciones industriales, científicas y médicas o ISM.



**Figura 2.17 CSMA/CA**

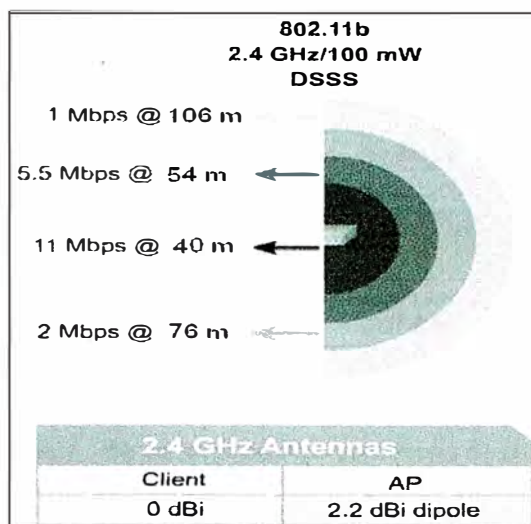
En la tabla 2.5 se muestra el número de canales de operación del estándar 802.11b por dominio regulatorio.

**TABLA 2.5** Canales de frecuencia para el estándar 802.11b

Canales de Frecuencia para 802,11b							
Canal ID	Frecuencia MHz	Dominio Regulatorio					
		X'10' FCC	X'20' IC	X'30' ETSI	X'31' España	X'32' Francia	X'40' MKK
1	2412	X	X	X			
2	2417	X	X	X			
3	2422	X	X	X			
4	2427	X	X	X			
5	2432	X	X	X			
6	2437	X	X	X			
7	2442	X	X	X			
8	2447	X	X	X			
9	2452	X	X	X			
10	2457	X	X	X	X	X	
11	2462	X	X	X	X	X	
12	2467			X		X	
13	2472			X		X	
14	2484						X

La modulación para el estándar 802.11b tiene cuatro formatos; cada formato es aplicable a cada velocidad de transmisión obtenida por los STAs que se conectan al AP. Teniendo en cuenta que un STA verá disminuir su tasa de transmisión en tanto se aleje gradualmente del AP.

Un patrón aproximado de adaptabilidad de velocidad de transferencia respecto a la distancia del STA al AP, se describe en la figura 2.18.



**Figura 2.18** Adaptabilidad de velocidades 802.11b

La tabla 2.6 muestra las técnicas de modulación para cada velocidad adaptiva, esto también hace a 802.11b compatible con tecnologías antiguas WLAN que operaban con velocidades de 1 Mbps y 2 Mbps.

**TABLA 2.6** Técnicas de modulación para velocidades adaptivas 802.11b

	Código de esparcimiento	Tecnología de Modulación	Tasa de Transmisión
2,4 GHz DSSS	Código de Barker	DBPSK	1 Mbps
2,4 GHz DSSS	Código de Barker	DQPSK	2 Mbps
2,4 GHz DSSS	CCK	DQPSK	5,5 Mbps
2,4 GHz DSSS	CCK	DQPSK	11 Mbps

Cuando los STAs se encuentren más lejos del AP, les será más difícil recibir un bit de forma correcta y la tasa de error en los lugares más alejados de la BSS se incrementa. En los límites del BSS, la tasa de transmisión se reduce a 1 Mbps y por cada bit enviado, se envía un código de 11 chips. Este es el código de Barker y es muy robusto en el sentido que para que un bit era reconocido erróneamente (un cero sea reconocido como uno o viceversa), como mínimo, tienen que variar 6 de los 11 chips. El funcionamiento de 802.11b a 1 Mbps se muestra en la figura 2.19.

Para una distancia más cercana se va elevando la tasa de transmisión a 2 Mbps, ya que hay mayor confiabilidad de entrega; esto sugiere también usar el código de Barker pero cada envío implica dos bits y el uso de fases para diferenciar las 4 combinaciones binarias, tal y como se muestra en la figura 2.20.

A distancias más cercanas al AP, la confiabilidad de entrega se eleva y se pueden tener tasas de transmisión a 5,5 Mbps y 11 Mbps. En estos casos, se crean palabras de 4/8 bits para convertirlas cada una en códigos de 8 chips; para 5,5 Mbps se tienen palabras de 4 bits, para 11 Mbps se tienen palabras de 8 bits. La secuencia de código de

8 bits es equivalente a un código de 3 niveles único para cada combinación de palabras de 4/8 bits, como se puede ver en la figura 2.21.

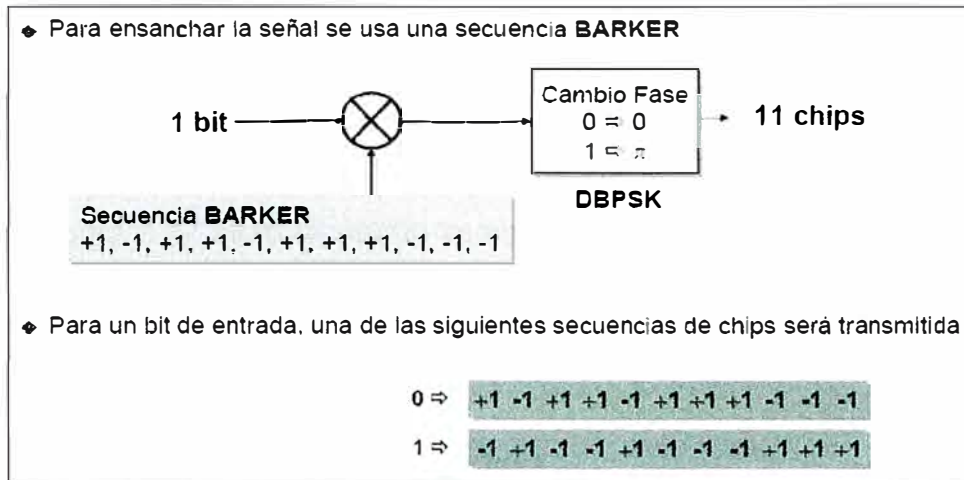


Figura 2.19 802.11b a 1 Mbps

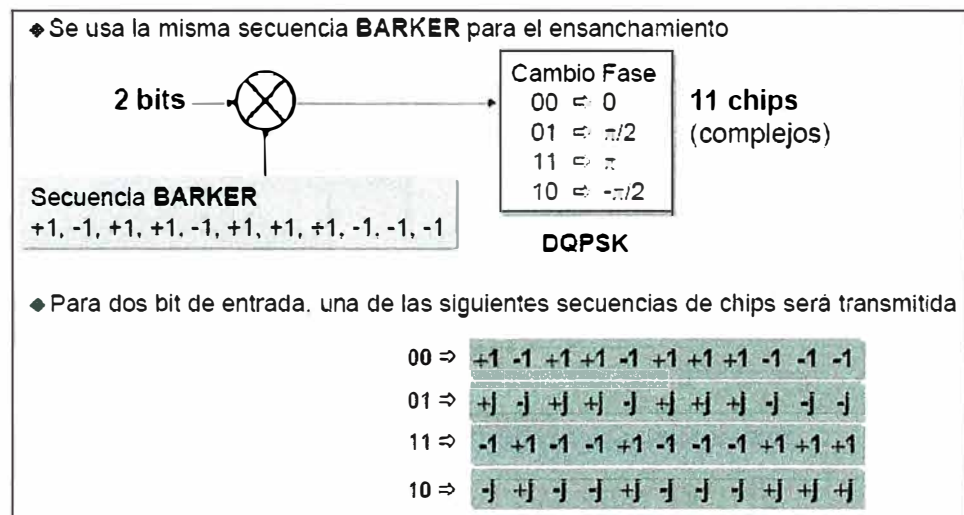


Figura 2.20 802.11b a 2 Mbps

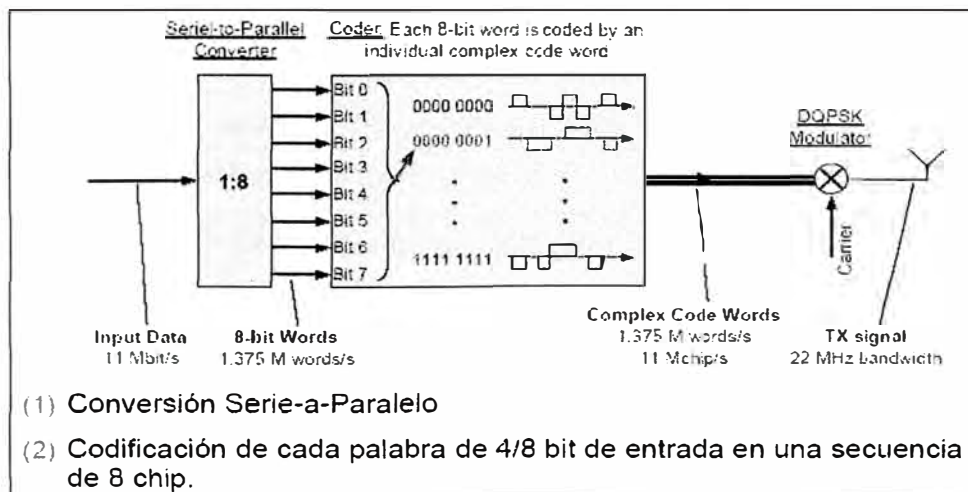


Figura 2.21 802.11b a 5,5 Mbps y 11 Mbps



Como se mencionó, en la tabla 2.5 el número de canales que pueden usarse para la transmisión varía dependiendo del dominio regulatorio; en EEUU se usan hasta 11 canales, de los cuales se tienen 3 canales de no superposición, como se muestra en la figura 2.22. Esto es muy importante al hacer el diseño de una gran red inalámbrica y evitar la interferencia entre canales. Los canales de no superposición son los canales 1, 6 y 11. Esto es aplicable también al estándar 802.11g.

En la figura 2.22 también puede apreciarse que el canal 1 se superpone con los canales 2, 3, 4 y 5, el canal 6 se superpone con los canales 7, 8, 9 y 10. Cada canal tiene un ancho de banda de 22 MHz y la separación entre canales de no superposición es de 3 MHz.

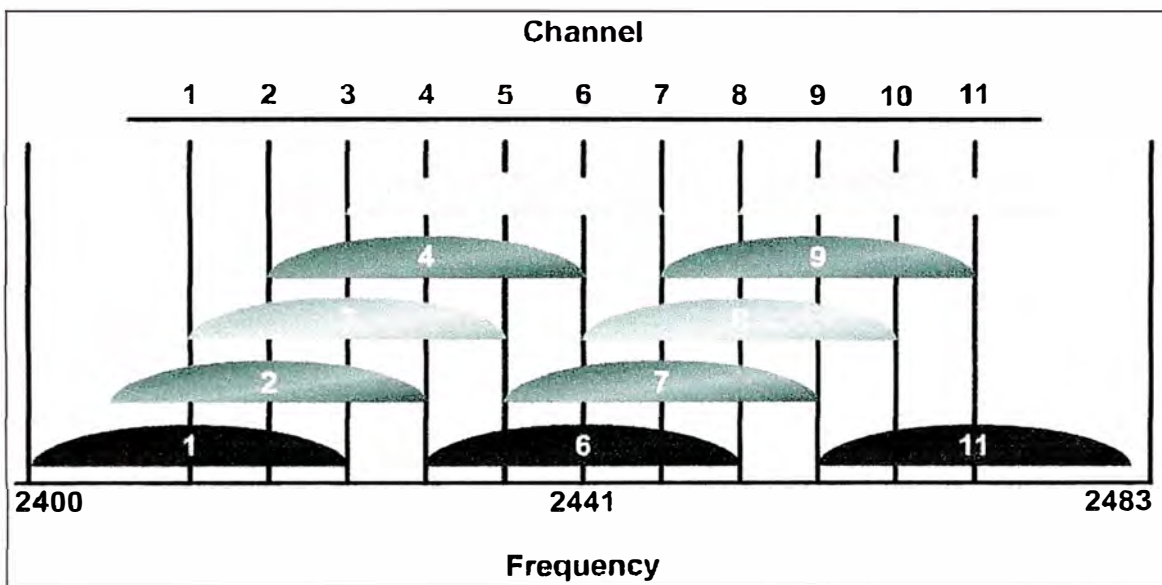


Figura 2.22 Canales 802.11b y 802.11g

#### b. 802.11a

Con el estándar 802.11a se puede lograr una tasa de transmisión de 54 Mbps, operando en la banda de los 5 GHz, lo que le permite lograr una tasa más alta que el 802.11b, pero la razón principal de operar en esta banda de frecuencia, es evitar la saturación existente en la banda de los 2,4 GHz.

El estándar 802.11a no es compatible con el estándar 802.11b, debido a la diferencia en la banda de operación. Esto tiene que ser tomado en cuenta en el diseño, ya que los APs que operen con 802.11a no podrán dar acceso a STAs que tengan tarjetas inalámbricas 802.11b. Algunos fabricantes brindan soluciones para sus dispositivos, pudiéndose hacer un upgrade en el hardware para dispositivos heredados y en el caso de dispositivos nuevos, pueden traer un segundo modo de operación (incluyendo antenas) para operar en ambas bandas.



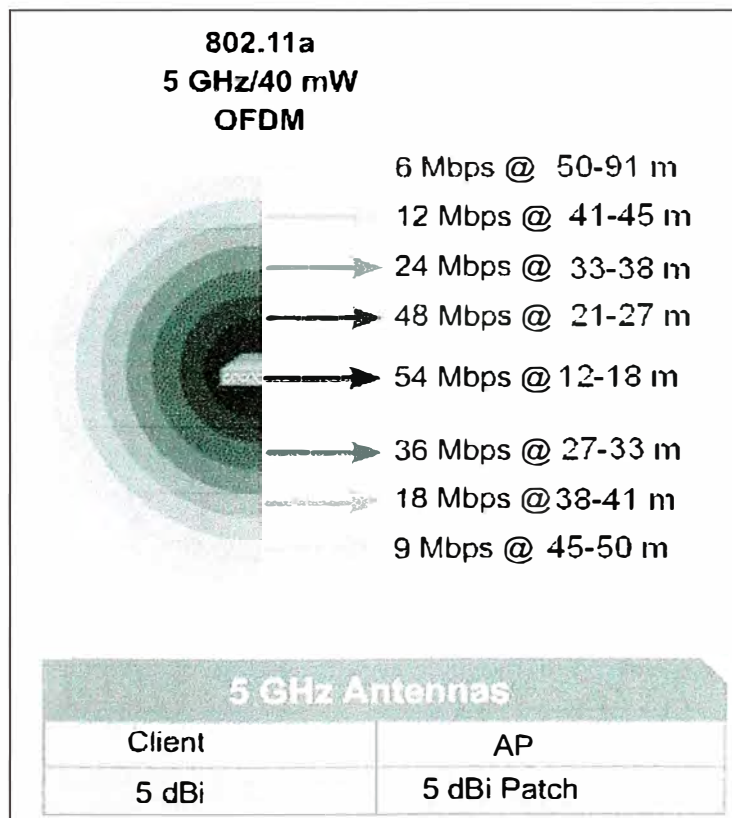
En la tabla 2.7 se muestra el uso de los canales para 802.11a.

**TABLA 2.7** Canales de frecuencia para el estándar 802.11a

Banda	GHz	Frecuencia (GHz)	Aplicaciones
U-NII 1	4	5,15-5,25	Indoor-Antenas fija
U-NII 2	4	5,25-5,35	Indoor/Outdoor-Antena desmontable
U-NII 3	4	5,725-5,825	Outdoor-Bridging
HiperLAN	8	5,25-5,35	Indoor-Antena fija
HiperLAN	11	5,470-5,725	Indoor/Outdoor-Antena desmontable

El estándar 802.11a utiliza multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), que es un método que divide un canal de comunicación en un número de bandas de frecuencia equitativamente espaciadas. OFDM utiliza portadoras múltiples, 52 se encuentran separadas 312,5 KHz. La data es enviada sobre 48 portadoras de forma simultanea y cada portadora lleva una porción de data del usuario, 4 portadoras se usan como pilotos. Cada portadora es ortogonal de la otra.

El estándar 802.11a al igual que 802.11b, también tiene opción de adaptabilidad de velocidad según la distancia. Esto se muestra en la figura 2.23.



**Figura 2.23** Adaptabilidad de velocidades 802.11b

En la tabla 2.8 se muestran los tipos de modulación con relación a la velocidad alcanzada por el STA respecto del AP.

TABLA 2.8 Técnicas de modulación para velocidades adaptivas 802.11a

Codificación	Modulación	Tasa de transferencia
OFDM	BPSK	6 Mbps
OFDM	BPSK	9 Mbps
OFDM	QPSK	12 Mbps
OFDM	QPSK	18 Mbps
OFDM	16QAM	24 Mbps
OFDM	16QAM	36 Mbps
OFDM	64QAM	48 Mbps
OFDM	64QAM	54 Mbps

El estándar 802.11a tiene ocho canales de no superposición, lo cual brinda mayor cantidad de opciones para la agrupación de celdas y diseño de grandes redes inalámbricas que puedan brindar roaming en toda el área cubierta.

Las celdas en 802.11a tienen menor cobertura que las celdas 802.11b, debido al uso de una frecuencia de operación más elevada; esta característica debe ser tomada en cuenta en el diseño de la red.

En la figura 2.24 se pueden apreciar los canales de operación de 802.11a, estos ocho canales se encuentran en la banda de los 5150 MHz a los 5350 MHz; cada canal utiliza un ancho de banda de 20 MHz sobre el cual se llevan 52 portadoras. En la figura también se puede apreciar que en realidad hay una pequeña interferencia entre canales, por lo que se sugiere para un diseño de red, evitar colocar celdas con canales de operación contiguos; es mejor separar estas celdas por un canal, como mínimo.

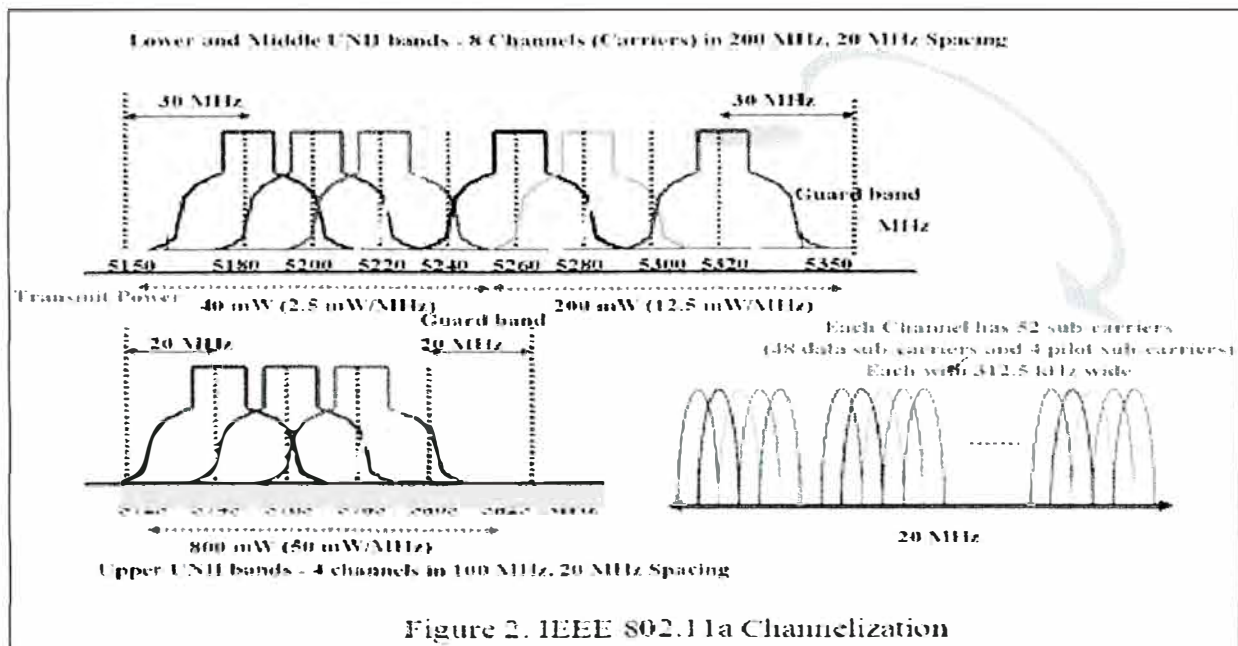


Figura 2.24 Canales 802.11a

**c. 802.11g**

El estándar 802.11g fue publicado en el año 2003, proporciona una tasa de transmisión de 54 Mbps operando en la banda de los 2,4 GHz y es compatible con el estándar 802.11b.

Este estándar utiliza OFDM para obtener una tasa de transmisión más alta que 802.11b, que usa DSSS y también compatibilidad con la técnica de codificación CCK de 802.11b en la adaptación de velocidades, obteniendo una arquitectura híbrida para llegar a la compatibilidad requerida.

Los canales utilizados por 802.11b, son los mismos utilizados por 802.11g, donde existen tres canales de no superposición (canal 1, 6 y 11), lo cual sugiere un arreglo de celdas similar al de 802.11b.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

#### 3.1 Alternativas de solución

La solución para el desarrollo de la red inalámbrica de la UTP no es única. Las posibles soluciones varían respecto a los siguientes factores:

- Ubicación de los APs y sus respectivas antenas
- Densidad de equipos utilizados para dar cobertura y roaming
- Forma de alimentación de los APs
- Tipo de conexión de los APs al sistema de distribución
- Redundancia de equipos
- Cambio de equipos LAN como switches
- Presupuesto

El diseño será basado en una implementación estándar, usando criterios generales para la ubicación e instalación de los APs.

#### 3.2 Solución del problema

La red inalámbrica de la UTP tiene como misión cubrir necesidades no cubiertas por la red cableada, las cuales van dirigidas puntualmente a las siguientes áreas.

- Personal de seguridad de nivel 1
- Personal de seguridad de nivel 2
- Personal administrativo (jefaturas, facultades, logística, recursos humanos, bienestar del universitario, comercial, recepción)
- Personal docente
- Usuarios de tránsito (estudiantes y visitantes)

##### 3.2.1 Preparación e inspección del sitio

El primer paso es inspeccionar el sitio, la UTP tiene una estructura simétrica que vista desde el exterior, aparenta ser un edificio rectangular, pero en realidad son 4

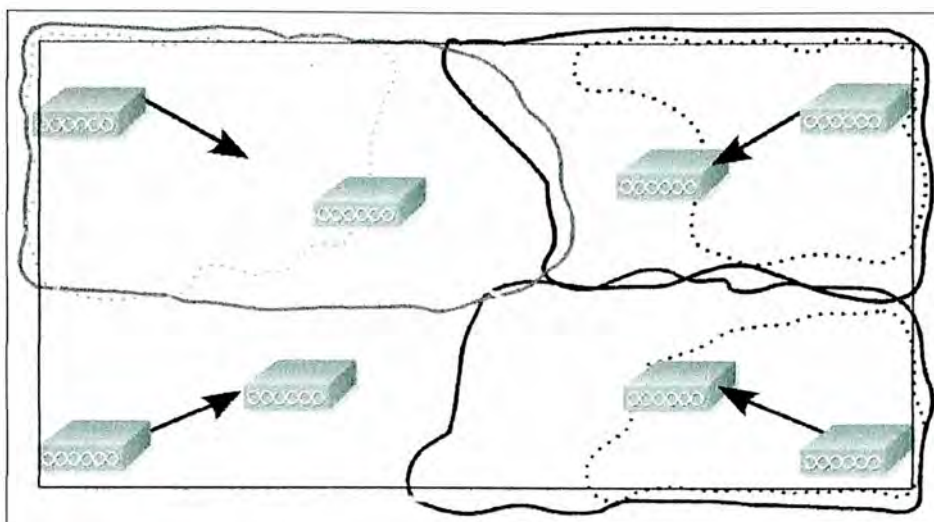
edificios que encierran un gran patio central. Cada edificio es de 5 pisos y tiene la misma distribución en cada piso.

La forma más fácil de empezar a realizar el diseño, es medir la necesidad de cobertura, por lo que empezaremos por el edificio principal. La cobertura solo debe llegar a los límites del sitio, siguiendo los siguientes pasos:

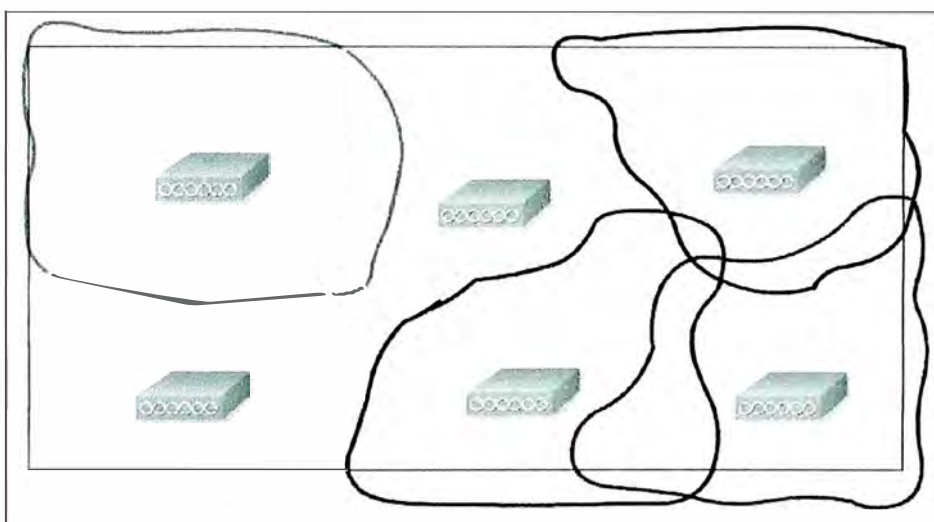
- Se escoge una esquina del sitio y se ubica allí el AP, se mide el nivel de cobertura y se marcan los límites de llegada de señal, luego se lleva el AP al límite de cobertura más lejano y se mide nuevamente el nivel de señal. Puede que sea necesario realizar este procedimiento varias veces hasta encontrar la mejor ubicación del AP para una mayor cobertura. Este criterio de diseño se basa en un mejor aprovechamiento de la señal, ya que dejar el AP en una esquina implica que el 75% de señal será desperdiciada en brindar cobertura fuera del edificio.
- El siguiente paso es llevar el AP a otra esquina y repetir el procedimiento del paso (a), buscando el mejor nivel de cobertura respecto de la segunda esquina. Este proceso se repite para las cuatro esquinas, tal como se muestra en la figura 3.1
- Si las 4 ubicaciones no cubren huecos centrales, entonces se pueden llenar poniendo APs en el centro del área; esto puede llevar a superposición de señales. Este paso se muestra en la figura 3.2
- Una implementación estándar puede tener un 15% de superposición entre celdas para brindar una cobertura adecuada y roaming
- La ubicación de los APs centrales se logra ubicando los primeros dos APs en sus mejores ubicaciones respecto a sus esquinas, entonces se ubica un tercer AP en el límite de cobertura del primer AP, se mide su nivel de cobertura y luego se mueve al límite de su propia área de cobertura y se vuelve a medir su nivel de señal. Este proceso se muestra en la figura 3.3

### 3.2.2 Selección de canal

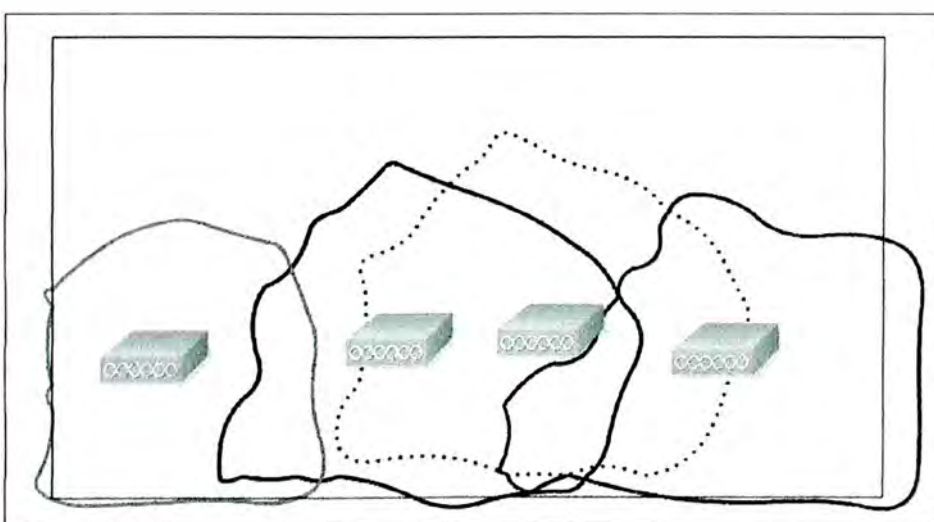
Recordemos que para 802.11b y 802.11g solo hay tres canales de no superposición en la banda de los 2,4 GHz: el canal 1, 6 y 11 y en teoría, para 802.11a, se tienen hasta ocho canales de no superposición en la banda de los 5 GHz. En el presente diseño será necesario el uso de los canales de no superposición para brindar roaming en todo el sitio, lo que nos asegura que no habrá interferencias entre los canales que usen APs contiguos. El alcance de cobertura de los AP es limitado, por lo que podemos aprovechar esta propiedad para reutilizar el mismo canal de frecuencia fuera del alcance de cobertura del AP que usa ese mismo canal, como se muestra en la figura 3.4.



**Figura 3.1** Ubicación de APs respecto a las esquinas del sitio

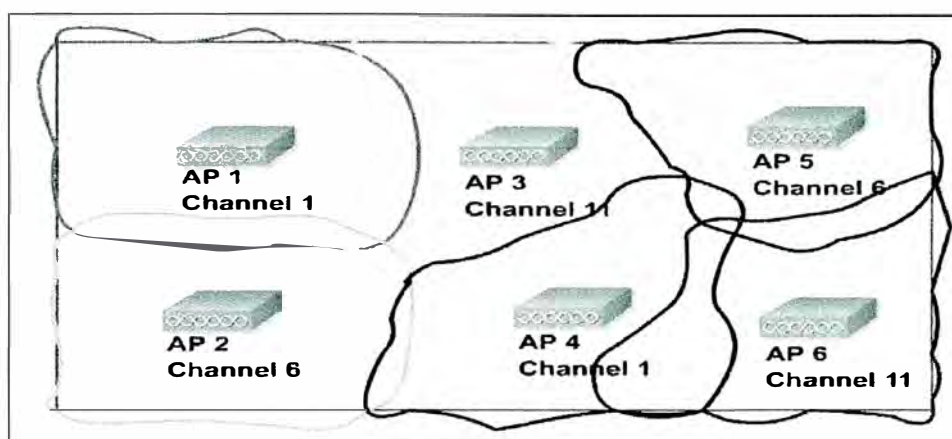


**Figura 3.2** Llenado de huecos con APs centrales



**Figura 3.3** Ubicación de los APs centrales

Los APs deben ser probados en el canal que usarán cuando se ponga en operación la red inalámbrica. En el Anexo E se muestran los valores de pruebas para los canales de no superposición 1, 6 y 11. Cuando se enciende un AP, se ubicará de forma automática en el canal que considere con menor interferencia. Esto puede significar que si se escoge un canal diferente a los canales de no superposición, tendremos solo dos opciones de canales de no superposición, lo cual afectará el diseño inicial.



**Figura 3.4** Reuso de canales de frecuencia

### 3.2.3 Selección de tasa de transferencia

Recordemos que los APs realizan adaptabilidad de velocidad con los STAs, dependiendo, principalmente, de los siguientes factores:

- Distancia del STA al AP
- Fuerza de llegada de la señal al STA
- Ruido en la señal detectado por el STA

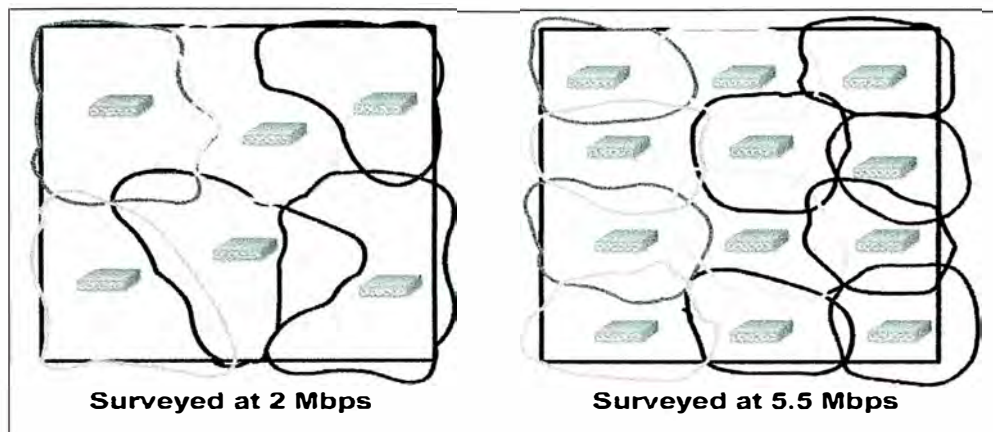
Los obstáculos disminuyen la fuerza de la señal, dependiendo del material del que están compuestos, grosor del obstáculo y si obstruye toda o parte de la señal.

Para alcanzar una tasa de transferencia que se aproxime a lo que teóricamente ofrecen los estándares 802.11a/g, 54 Mbps, en el diseño elevaremos la densidad de APs, garantizando que los STAs adapten su tasa de transferencia a la máxima posible ofrecida por los APs. El criterio para esta parte del diseño se muestra en la figura 3.5.

Si la superposición es muy elevada y faltan huecos por llenar, el ingreso de nuevos APs que cubran esos huecos pueden proveer demasiada cobertura, agregando mucha superposición e interferencia. En estos casos, se puede optar por usar antenas de mayor ganancia para cubrir los huecos, sin emplear nuevos APs o también si empleamos nuevos APs para cubrir esos huecos, se les adecúa antenas con menor ganancia. De



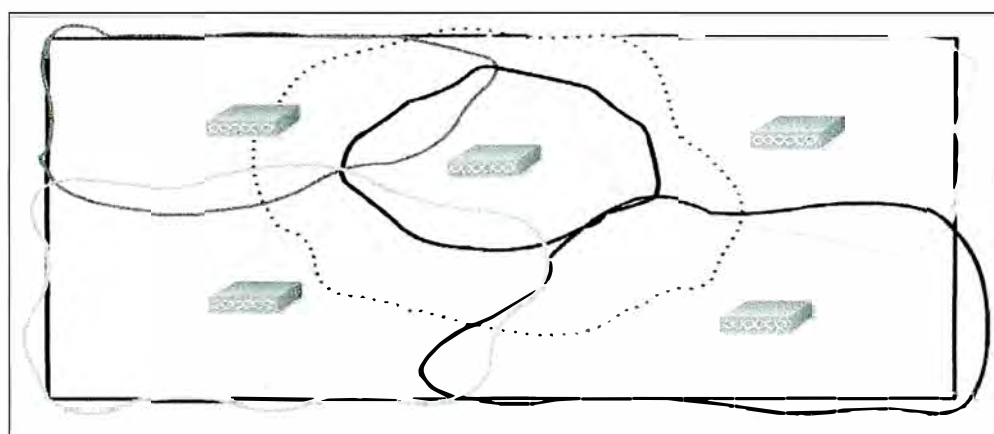
esta forma, se evita el exceso de superposición. Esta situación se muestra en la figura 3.6.



**Figura 3.5** Selección de la tasa de transferencia

Hasta el momento hemos visto cómo se irradia la señal en áreas donde la línea de vista entre los APs y los STAs está garantizada. En una empresa común, esta situación no se presenta. Empresas pequeñas, medianas y grandes cuentan con diferentes áreas separadas en diferentes ambientes con muros o material mobiliario, interfiere la señal entre los APs y los STAs.

Los fabricantes solo brindan información del alcance de señal del AP tomando en cuenta un ambiente sin obstáculos. Si existen obstáculos entre el AP y uno o varios STA, estos últimos van a recibir la señal del AP de forma atenuada. El nivel de atenuación producido por el obstáculo va a ser variable, dependiendo de sus características físicas y mecánicas.



**Figura 3.6** Llenado de huecos con APs de menor ganancia de antena

Las pruebas realizadas en el sitio comprenden todos los factores mencionados. Es difícil instalar un AP por cada separación encontrada en el sitio. Se mide el nivel de potencia y calidad de recepción de la señal bordeando el AP.



### 3.2.4 Desarrollo bajo las condiciones actuales

En las figuras mostradas en el Anexo "A", veremos el desarrollo del diseño de la red inalámbrica bajo los criterios establecidos anteriormente. Por cada AP instalado se han tomado medidas con respecto de su posición, estableciéndolos en canales designados para evitar la superposición de canales entre celdas adyacentes y obtener un mejor desempeño. En la figura 3.7 se muestra la ubicación del sitio. La Universidad Tecnológica del Perú o UTP cuenta 4 edificios de cinco pisos que rodean un patio central, los cuatro edificios forman los pabellones A, B, C y D y tienen la misma distribución del piso 2 al piso 5; hacia la avenida Arequipa cuenta con dos edificios de 3 pisos cada uno, donde en el primero se encuentran las oficinas de Recursos Humanos (RRHH), Oficina de Bienestar Universitario (OBU) y las oficinas de Gerencia y en el segundo edificio tiene lugar el Instituto de Idiomas de la UTP, hacia la parte baja se encuentra el Centro Médico que tiene dos pisos y su frontis da hacia el segundo patio.

Hay dos áreas sombreadas que no pertenecen a la UTP: una pertenece a la Embajada de Argentina y la otra a varios comercios y tiendas.

En el primer nivel se establece la mayor cobertura; en este nivel, las áreas con prioridad de cobertura en el diseño son las 5 puertas de acceso y salida de la UTP y el puesto de vigilancia dentro de la UTP, desde esta última posición, el personal de seguridad monitorea la Caja o Ventanilla de Cobranzas y el Sistema de Marcaciones de trabajadores de la UTP que se encuentran en la misma ubicación.

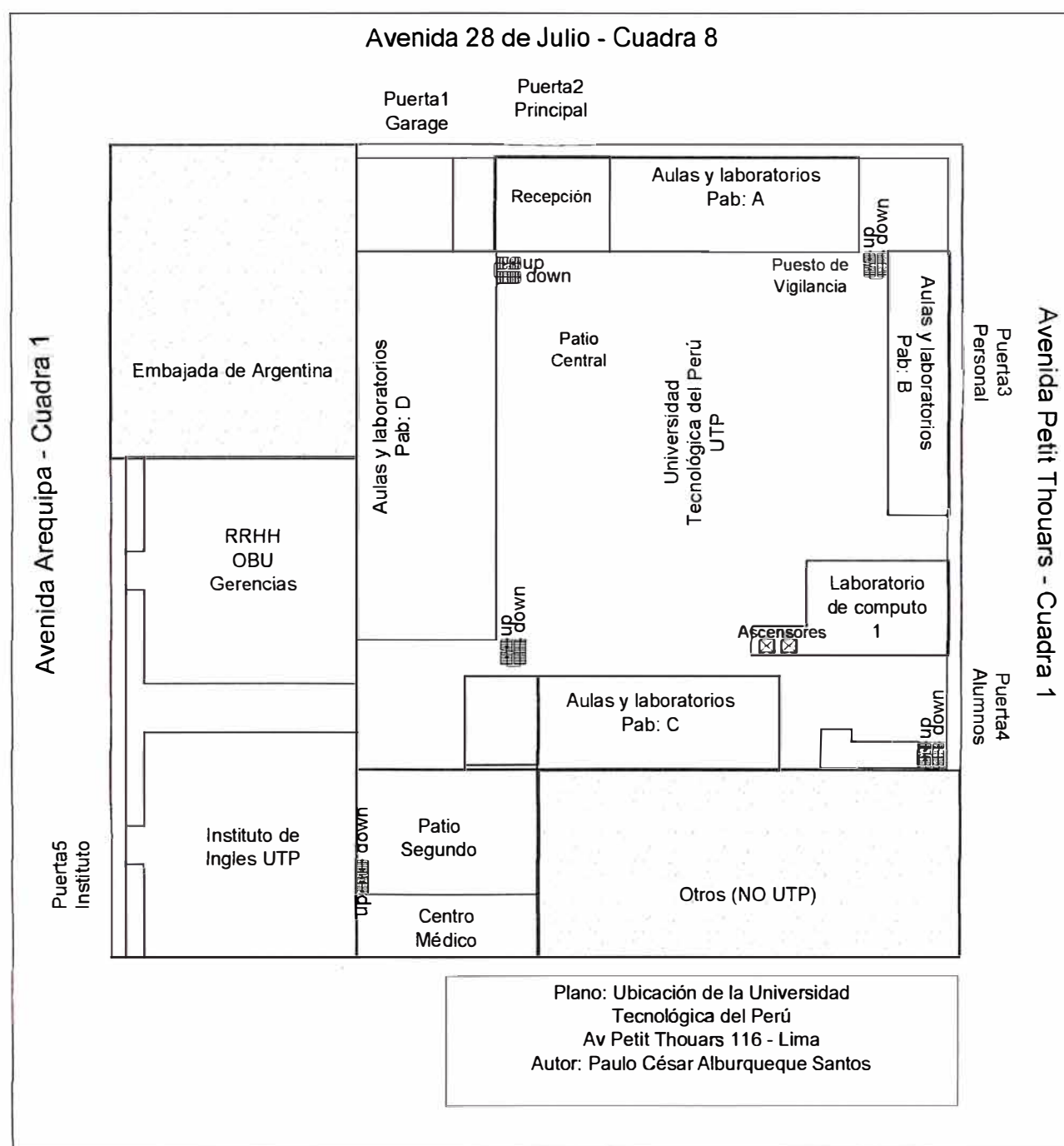
La ubicación de cada antena busca cubrir estas áreas críticas en el primer nivel y con un adecuado nivel de superposición de canales no adyacentes se garantiza el roaming, ya que el personal de seguridad, por su función misma, también hace constantes rondas por toda el área de la UTP.

En las figuras del Anexo A se muestra la ubicación de los APs para los pisos 1 y 2, ya que la instalación de cada AP se ha puesto en el techo del piso 1, a partir del cual, el alcance en nivel de señal de esta antena, no solo brindará cobertura al piso 1, sino también brindará cobertura similar al piso 2.

En el auditorio del primer piso también se ha considerado la ubicación de tres APs. Cada AP provee un acceso adecuado para 15 a 18 STAs, con lo que se garantiza el acceso de 45 a 54 STAs.

La solución del piso 3 en los pabellones es alcanzable para parte del piso 4 y partes no cubiertas del piso 2. Los edificios de oficinas e instituto tienen solo un AP en el

tercer piso, esto se debe a que la solución principal de la red en estas áreas es cableada usando la tecnología Ethernet. La ubicación del AP en el piso 3 de estos edificios brinda cobertura adecuada para el roaming; los APs ubicados en el piso 1 solo tienen un alcance de señal a parte del piso 2, a pesar que son edificios pequeños de un área aproximada 30 metros cuadrados. Estos edificios son antiguos; los materiales con lo que fueron construidos son adobe y quincha, materiales que retienen humedad en grandes proporciones. Bajo estas características, las paredes de estos edificios reducen el nivel de potencia de la señal hacia los interiores.



**Figura 3.7** Ubicación de la Universidad Tecnológica del Perú - UTP

La solución para el piso 5 en los pabellones también cubre áreas no cubiertas en el piso 4. En el piso 5 se encuentra el Data Center, donde converge el cableado troncal de la UTP. También será el lugar de monitoreo de la red inalámbrica.

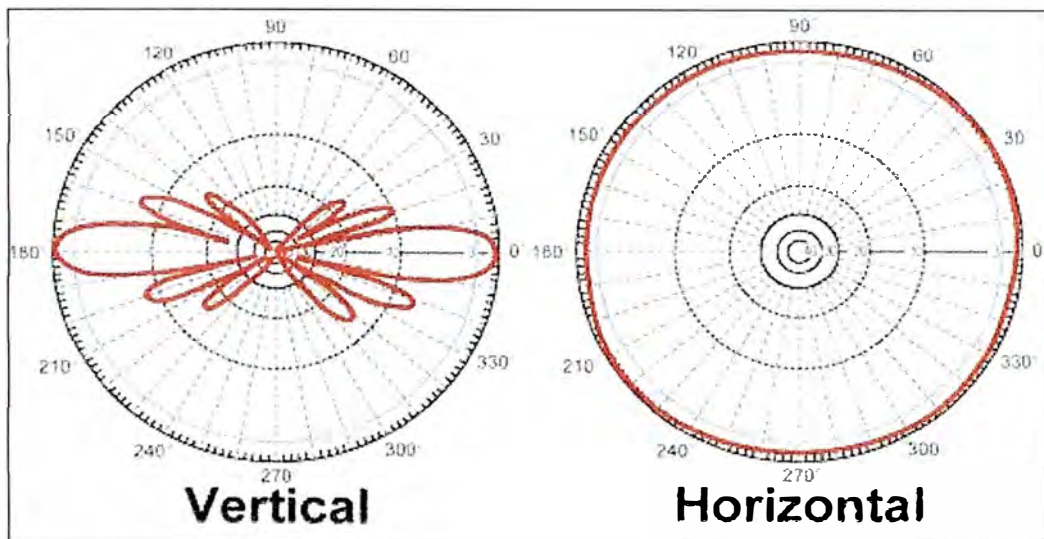
### 3.2.5 Interferencia

Hay un número de factores que pueden ser causantes de interferencia para la señal de la red inalámbrica, se debe prevenir o evitar estos factores cuando se realiza el diseño, instalación y configuración de la red.

- Luces fluorescentes y sistemas de iluminación de fusión de 2,4 GHz
- Hornos microondas
- Ductos de aire acondicionado
- Equipos de radio frecuencia

### 3.2.6 Selección de antenas

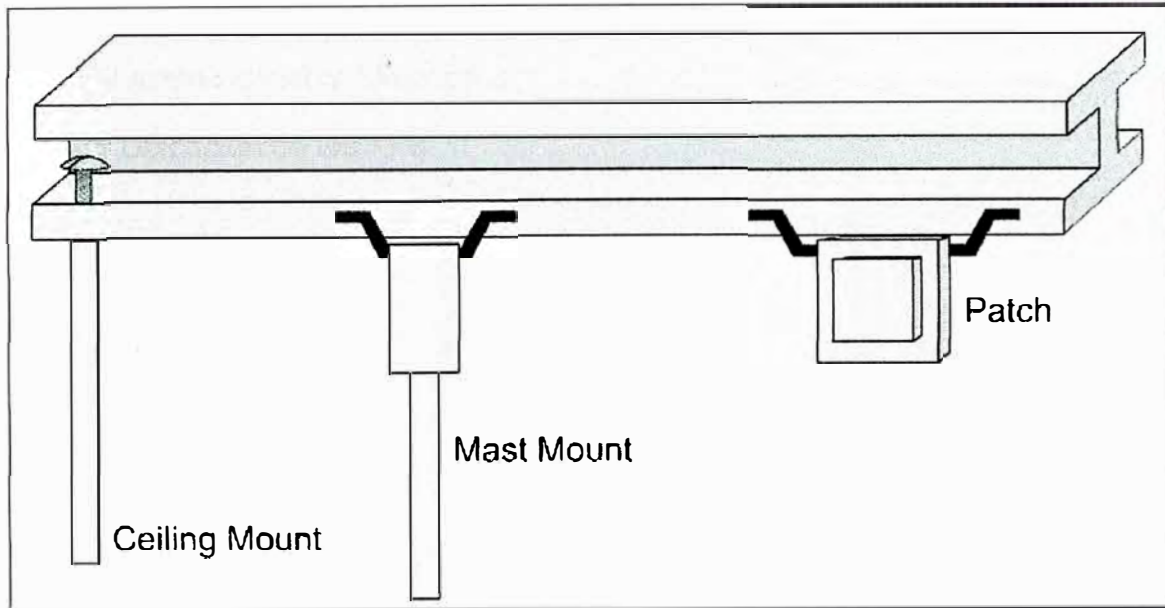
Las antenas utilizadas en todo el diseño, son antenas dipolo, por tener un patrón de radiación uniforme en el plano horizontal ideal para nuestros requerimientos de cobertura, tal como se muestra en la figura 3.8.



**Figura 3.8** Patrón de radiación de antena Dipolo

El patrón de radiación nos brinda un nivel de cobertura en el plano horizontal amplio, tomando en cuenta que la instalación de la antena se realiza de forma ortogonal al piso o techo, la cobertura en el plano vertical es reducida, pero esto nos ayuda a reutilizar el mismo canal de frecuencia en otros niveles o pisos.

En la figura 3.9 se muestra como se posiciona la antena respecto del techo.



**Figura 3.9** Instalación de la antena

### 3.2.7 Selección de equipos y cableado

En el Anexo A se detalla la ubicación de los APs. Los puntos de acceso que brindan cobertura en el primer nivel a las puertas de la UTP y al puesto de vigilancia son APs críticos y estarán bajo una topología Hot Standby, lo cual implica que en la misma posición habrá un segundo AP que estará en modo pasivo censando al AP en operación. Este segundo AP solo entra en operación si el primer AP cae. Para los demás casos solo se emplea un AP por posición. Para el caso de los APs que brindan cobertura a las puertas de acceso, se eligen modelos adecuados para ambientes outdoor. Estos modelos, por su ubicación, tienen características que los ayudan a soportar condiciones adversas de clima como, lluvia o humedad. La ciudad de Lima tiene un factor de humedad relativa de casi el 100%, por lo que un AP que no este preparado para estas condiciones, puede deteriorarse al corto plazo.

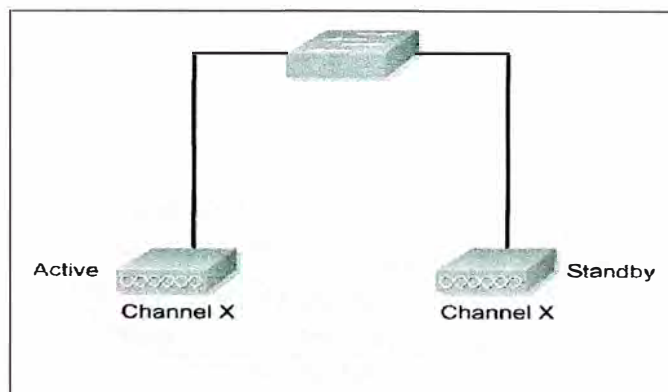
En la tabla 3.1 se muestran las características de ubicación de los APs en el sitio. Por ejemplo, el piso donde está instalado el AP y desde donde se hicieron las mediciones, tipo de topología para definir si se instala solamente un AP por ubicación (Alone) o si es necesario instalar un AP de respaldo para Hot Standby, así como también, el canal de operación.

De la tabla se deduce que se requieren 17 APs para operar y 4 adicionales para las topologías Hot Stand By. Dependiendo de su ubicación, a continuación se presentan los modelos sugeridos para cada ubicación y las antenas correspondientes. Para tener una idea del significado de la topología Hot Standby, en la figura 3.10 se muestra cómo el

AP Standby censa al AP activo. Si este último cae, entonces el AP Standby entra a operar en el mismo canal del AP activo.

**TABLA 3.1** Ubicación de los APs

AP	Plano	Piso	Ubicación	Topología	Canal
AP1	A1	1	PabA/Derecha	Hot Standby	1
AP2	A2	1	Exterior/Puerta 1 y 2	Hot Standby	6
AP3	A1	1	Comedor/cafetería	Alone	11
AP4	A2	1	Exterior/Puerta 3 y 4	Hot Standby	11
AP5	A3	1	Exterior/Puerta 5	Hot Standby	6
AP6	A3	1	Centro médico	Alone	11
AP7	A4	3	PabA/Central	Alone	11
AP8	A4	3	PabD/Central	Alone	6
AP9	A4	3	Mini Auditorio	Alone	1
AP10	A4	3	RRHH/OBU/Gerencias	Alone	11
AP11	A2	1	Auditorio - Techo (Izquierda)	Alone	1
AP12	A1	1	Auditorio - Techo (Central)	Alone	6
AP13	A3	1	Auditorio - Techo (Derecha)	Alone	11
AP14	A4	3	Instituto	Alone	1
AP15	A5	5	PabB	Alone	1
AP16	A5	5	PabD/Central	Alone	6
AP17	A5	5	PabC/Central	Alone	11



**Figura 3.10** Topología Hot Standby

#### a. Selección de APs

En la tabla 3.2 se tiene la relación completa de APs y antenas para cada ubicación. Esta elección es basada en la información técnica de los Anexos C y D.

En la tabla 3.3 se presenta la relación de distancias de cableado de los APs a los cuartos de comunicaciones en sus respectivos pisos.

En la tabla 3.3 se puede apreciar que ninguna distancia obtenida sobrepasa los cien metros; este factor es muy importante, debido a que el cableado por excelencia en la mayoría de las redes LAN es el cableado de par trenzado no blindado o cable UTP. Este tipo de cable se compone de 4 pares de hilos y según la norma TIA/EIA 568B para

cableado de telecomunicaciones dentro de edificios, el límite máximo de distancia es cien metros.

**TABLA 3.2** Relación de los APs y antenas

AP	Unit	Función	Access Point Serie	Antenna Serie
AP1	2	Indoor	AIR-AP1231G-x-K9	AIR-ANT1728
AP2	2	Outdoor	AIR-LAP1522AG-A-K9-FCC	AIR-ANT2506
AP3	1	Indoor	AIR-AP1231G-x-K9	AIR-ANT1728
AP4	2	Outdoor	AIR-LAP1522AG-A-K9-FCC	AIR-ANT2506
AP5	2	Outdoor	AIR-LAP1522AG-A-K9-FCC	AIR-ANT2506
AP6	1	Indoor	AIR-LAP1142N-x-K9-Dual-band Unified 802.11a/g/n	Integrada
AP7	1	Indoor	AIR-AP1231G-x-K9	AIR-ANT1728
AP8	1	Indoor	AIR-AP1231G-x-K9	AIR-ANT1728
AP9	1	Indoor	AIR-LAP1142N-x-K9-Dual-band Unified 802.11a/g/n	Integrada
AP10	1	Indoor	AIR-LAP1142N-x-K9-Dual-band Unified 802.11a/g/n	Integrada
AP11	1	Indoor	AIR-AP1231G-x-K9	AIR-ANT2422DG-R
AP12	1	Indoor	AIR-AP1231G-x-K9	AIR-ANT2422DG-R
AP13	1	Indoor	AIR-AP1231G-x-K9	AIR-ANT2422DG-R
AP14	1	Indoor	AIR-LAP1142N-x-K9-Dual-band Unified 802.11a/g/n	Integrada
AP15	1	Indoor	AIR-AP1231G-x-K9	AIR-ANT1728
AP16	1	Indoor	AIR-AP1231G-x-K9	AIR-ANT1728
AP17	1	Indoor	AIR-AP1231G-x-K9	AIR-ANT1728

**TABLA 3.3** Ubicación de los APs

			Cuarto de comunicaciones	
AP	Plano	Piso	Distancia (metros)	Zona
AP1	A1	1	26,68	2B
AP2	A2	1	71,00	2B
AP3	A1	1	26,50	2D
AP4	A2	1	52,50	2B
AP5	A3	1	65,00	2D
AP6	A3	1	26,00	Switch local (Centro Médico)
AP11	A2	1	62,50	2D
AP12	A1	1	79,50	2D
AP13	A3	1	93,92	2D
AP7	A4	3	49,50	3B
AP8	A4	3	52,00	3D
AP9	A4	3	15,00	Switch local (Oficinas 3C)
AP10	A4	3	17,00	Switch local (RRHH piso3)
AP14	A4	3	17,00	Switch local (Instituto piso3)
AP15	A5	5	29,00	5B
AP16	A5	5	78,30	5D
AP17	A5	5	72,95	5D



El cable UTP tiene varias categorías; las categorías antiguas son Cat3, Cat4 y Cat5; las categorías actuales son Cat5e, Cat6 y Cat6a. El aumento del nivel de categoría es un indicativo de soporte a mayores exigencias de la red, como ancho de banda, sensibilidad a la diafonía, etc. Para redes Ethernet modernas que operan con velocidades de 1 Gbps sobre cable UTP, se recomienda la categoría Cat6 o superior. Si bien la categoría Cat5e soporta también 1 Gbps, no se recomienda porque a esa tasa de transferencia el cable UTP está al límite de su capacidad, en cambio Cat6 y superiores operando a 1 Gbps no llegan al límite de su capacidad. Con el tiempo, el cable sufrirá deterioro pero se garantiza que seguirá soportando 1 Gbps.

Del Anexo B se puede notar que hay dos zonas donde se encuentran los cuartos de comunicaciones para el área de los pabellones: en el pabellón B y en el pabellón D. Los cuartos de comunicaciones del pabellón B tienen ductos del primero al quinto piso, por donde puede pasar el cableado vertical que los comunica. Para el pabellón D los cuartos de comunicaciones van del segundo al quinto piso unidos por ductos para el cableado vertical. En el primer piso no hay cuarto de comunicaciones porque en la misma zona se encuentra el área de ventas del comedor y cafetería.

#### **b. Selección de switches**

El cableado UTP no solo transportará datos entre el DS y el AP, también llevará energía a los APs usando la característica Power Over Ethernet o PoE. Para esto, se requiere cambiar switches de comunicaciones por nuevos modelos que tengan PoE. En el diseño podemos juntar por cableado vertical a varios APs en un cuarto de comunicaciones común para optimizar la necesidad de cambio de switches.

La separación entre pisos es de 3,50 m. Este factor deberá ser sumado para los casos que sea necesario pasar cableado vertical en la instalación para los APs.

En la tabla 3.4 se muestra la optimización para el cableado de APs a cuartos de comunicaciones.

En la tabla 3.4 se aprecia que hay 5 APs que desembocan en el cuarto de comunicaciones 2B y 7 APs, que desembocan en el cuarto de comunicaciones 2D; los otros APs desembocan en switches locales de oficinas cercanas. La inversión en un switch que soporte PoE es considerable, por lo que se toma en cuenta cuando en realidad es necesario. De la tabla 3.4 deducimos:

- Para los 4 APs que van conectados a 4 switches locales independientes, no se justifica la compra de switches PoE, porque solo se gastaría un puerto con entrega de energía por el cable UTP.

- Instalar un switch de 24 puertos de 100 Mbps y 2 puertos Gbps que soporte PoE en los 24 puertos, el cual será instalado en el cuarto de comunicaciones 2B
- Instalar un switch de 24 puertos de 100 Mbps y 2 puertos Gbps que soporte PoE en los 24 puertos, el cual será instalado en el cuarto de comunicaciones 2D

**TABLA 3.4** Ubicación de los APs optimizado

			Cuarto de comunicaciones	
AP	Plano	Piso	Distancia (metros)	Zona
AP1	A1	1	26,68	2B
AP10	A4	3	17,00	Switch local (RRHH piso3)
AP11	A2	1	62,50	2D
AP12	A1	1	79,50	2D
AP13	A3	1	93,92	2D
AP14	A4	3	17,00	Switch local (Instituto piso3)
AP15	A5	5	39,50	2B
AP16	A5	5	88,80	2D
AP17	A5	5	83,45	2D
AP2	A2	1	71,00	2B
AP3	A1	1	26,50	2D
AP4	A2	1	52,50	2B
AP5	A3	1	65,00	2D
AP6	A3	1	26,00	Switch local (Centro Médico)
AP7	A4	3	53,00	2B
AP8	A4	3	55,50	2D
AP9	A4	3	15,00	Switch local (Oficinas 3C)

En la tabla 3.5 se muestran los switches que serán instalados según la información técnica mostrada en el Anexo F.

**TABLA 3.5** Ubicación de los Switches PoE

		Cuarto de comunicaciones	
Switch	Unit	Piso	Zona
2960-24PC-L	1	2	2B
2960-24PC-L	1	2	2D

**c. Selección de cableado**

En la tabla 3.6 se muestra el cableado total necesario para la instalación de los APs, considerando que los APs AP1, AP2, AP4 y AP5 tienen un arreglo Hot Standby.

El cableado elegido para la instalación es el UTP Cat6a, el cual nos proporciona características para una adecuada escalabilidad de la red y soporte a aplicaciones futuras.



TABLA 3.6 Cableado total para la instalación de los APs

			Cuarto de comunicaciones		
AP	Plano	Piso	Unit	Distancia (metros)	Zona
AP1	A1	1	2	53,36	B2
AP10	A4	3	1	17,00	Switch local (RRHH piso3)
AP11	A2	1	1	62,50	D2
AP12	A1	1	1	79,50	D2
AP13	A3	1	1	93,92	D2
AP14	A4	3	1	17,00	Switch local (Instituto piso3)
AP15	A5	5	1	39,50	B2
AP16	A5	5	1	88,80	D2
AP17	A5	5	1	83,45	D2
AP2	A2	1	2	142,00	B2
AP3	A1	1	1	26,50	D2
AP4	A2	1	2	105,00	B2
AP5	A3	1	2	130,00	D2
AP6	A3	1	1	26,00	Switch local (Centro Médico)
AP7	A4	3	1	53,00	B2
AP8	A4	3	1	55,50	D2
AP9	A4	3	1	15,00	Switch local (Oficinas 3C)
<b>Total</b>				1088,03	

### 3.3 Tiempo de ejecución de la obra

La implementación de la obra tiene las siguientes etapas.

- Inspección del sitio
- Levantamiento de planos
- Diseño de la red Inalámbrica
- Implementación de la red inalámbrica
- Implementación de los switches en los cuartos de comunicaciones
- Configuración de equipos
- Pruebas finales de desempeño de la red

#### 3.3.1 Inspección del sitio

La inspección del sitio apunta a hacer un análisis del lugar donde se va a realizar la implementación de la red inalámbrica. Se realiza un recorrido del sitio para analizar las ventajas y desventajas de los posibles lugares adecuados para realizar la instalación de los APs.

Durante la inspección se toma apunte de los elementos o herramientas necesarias y adecuadas para el levantamiento de información. Puede ser posible que una primera inspección no sea suficiente; en el caso de la UTP ha sido necesaria una segunda

inspección para el levantamiento de información, ya que algunos lugares donde se requiere hacer las instalaciones son de difícil acceso.

La UTP presenta una estructura que se describe a continuación:

- Cuatro de estos edificios que tienen una estructura simétrica y rodean el patio central en forma cuadrangular. Estos edificios están hechos de material noble y principalmente, albergan las aulas y laboratorios para alumnos universitarios; también se encuentran oficinas administrativas de cada facultad, dos auditorios y una biblioteca.
- Dos edificios de similares dimensiones de tres pisos, son edificaciones antiguas y sus materiales de construcción son quincha y adobe en buen estado de conservación. En uno de estos edificios se encuentran las oficinas de gerencia, RRHH y las Oficinas de Bienestar del Universitario OBU; en el segundo edificio se encuentra el Instituto de Idiomas de la UTP.
- Un edificio de dos pisos en la parte posterior donde se encuentra el Centro Médico.
- Para el ingreso y salida de la UTP se tienen cinco puertas: dos puertas en la fachada hacia la avenida 28 de Julio, dos puertas por la parte lateral derecha hacia la avenida Petit Thouars y una puerta por la parte lateral izquierda hacia la avenida Arequipa.

Parte de la inspección es hacer una encuesta sobre el uso de la red inalámbrica. En esta etapa se toman datos para la decisión acerca de la densidad de equipos que va a tener la red inalámbrica, las áreas críticas a ser cubiertas por la red y el ancho de banda promedio que se desea cuando la red sea exigida a su máxima capacidad.

Durante la encuesta en la UTP se obtuvieron los siguientes datos:

- Aproximadamente hay 16 agentes de seguridad nivel 2
- Aproximadamente hay 15 agentes de seguridad nivel 1
- Aproximadamente hay 25 gerentes y jefes en la UTP
- Aproximadamente hay 100 trabajadores administrativos
- Por turno (mañana y noche) hay 30 profesores
- Por turno (mañana y noche) hay 400 alumnos
- Aproximadamente 300 personas visitan a diario la UTP

La red inalámbrica tiene como fin brindar comunicación según los siguientes factores:

- Telefonía IP inalámbrica para personal de seguridad y gerentes
- Futuro soporte a aplicaciones de video con cámaras IP
- Acceso a la red de datos interna
- Acceso a Internet

Se debe tener en cuenta que no todos los usuarios hacen uso de la red inalámbrica. En la tabla 3.7 se tiene un promedio de los usuarios de la red inalámbrica en hora punta o de alto tráfico de datos.

**TABLA 3.7** Total de usuarios de la WLAN en hora punta

Tipo de Usuarios	Cantidad	% Utilidad WLAN	Cantidad usuarios WLAN
Seguridad Nivel 1	15	100%	15
Seguridad Nivel 2	16	100%	16
Gerentes y Jefes	25	100%	25
Administrativos	100	20%	20
Profesores	30	100%	30
Alumnos	500	20%	100
Personal No UTP	300	10%	30
Total			236

Las cámaras IP que serán instaladas en el futuro, tienen la característica de un consumo considerable de ancho de banda, ya que envían información de imágenes en todo instante, por lo que siempre debe haber ancho de banda disponible para cuando entren en operación.

Los APs son dispositivos que administran tráfico de un medio compartido como el inalámbrico, lo que significa que todos los usuarios en una celda comparten el ancho de banda entregado por el AP y con las tecnologías 802.11a/g, cada AP otorga, en teoría, 54 Mbps.

### 3.3.2 Levantamiento de planos

Con el levantamiento de información se realiza el levantamiento de planos para buscar en ellos la ubicación adecuada de los APs, tomando en cuenta que deben tener una distancia de menos de 100 metros al cuarto de comunicaciones, para conectarse a la red de distribución.

### 3.3.3 Diseño de la red inalámbrica

Con la información de los planos y las áreas críticas de cobertura, se empieza el diseño de la red inalámbrica. Durante el diseño se realizan varias pruebas de cobertura,

las que se hacen por cada AP y se les ubica de tal forma, que se obtenga el roaming adecuado usando los canales de no superposición 1, 6 y 11.

Durante estas pruebas se deben sacar de producción los APs que conforman la red inalámbrica actual de la UTP, ya que no permitirían un adecuado análisis. Probablemente ocuparían los canales a utilizarse en el diseño. Estas pruebas son llamadas prueba y error y consisten en cambiar de posición el AP para aprovechar la máxima cobertura que puede otorgar. Las medidas son realizadas con un cliente STA, donde se tiene instalado un software que arroja medidas de calidad de señal, fuerza de señal y cantidad de ruido en el canal de radio frecuencia.

El diseño de la red inalámbrica, así como las pruebas de señal se muestran en los Anexos A y F.

### **3.3.4 Implementación de la red inalámbrica**

La implementación consta de la instalación de los APs. Personal técnico es el encargado del cableado y posicionamiento de los APs en los lugares indicados. Se utilizan antenas dipolo en la implementación, las cuales tienen polarización vertical, es decir, que para obtener la cobertura planificada se deben ubicar de forma ortogonal al nivel del suelo o techo en los pisos.

La UTP tiene en las comisas de los balcones de los pabellones A, B, C y D que dan al patio central, ductos ideados para futuros cableados, lo cual facilita mucho la instalación de los APs en estos puntos. El cableado es llevado por estos ductos hasta los cuartos de comunicaciones del piso de instalación, tal como está diseñado.

Los APs ubicados en los edificios de RRHH/OBU/Gerencias e Instituto, son fácilmente empotrados a los techos; el cableado es hecho con canaletas que llevan el cableado hasta los switches de comunicación de su respectivo piso.

Los APs exteriores que cubren el área de las puertas, son sujetos por pequeños racks ubicados al límite interior del sitio, no son puestos completamente fuera del edificio, ya que el cable UTP no está diseñado para exteriores. Los APs outdoor irradian señal con una antena outdoor de 5,2 dBi que puede montarse en un mástil. El cableado se lleva a cabo según lo mostrado en los planos del Anexo B.

### **3.3.5 Implementación de los switches**

Dos switches serán implementados en los cuartos de comunicaciones 2B y 2D; la instalación de estos equipos es rápida y solo se requiere espacio equivalente a un

bastidor en el rack de comunicaciones y una toma de energía para cada switch para completar la labor.

### 3.3.6 Configuración de equipos

La red se basa en prioridades para dar un adecuado soporte y calidad de servicio. En la tabla 1.1 del Capítulo I se establecen estas prioridades.

Las prioridades en una red de datos se establecen del 1 al 5; la máxima prioridad se obtiene con un factor de 5 y la mínima prioridad con un factor de 1.

Los paquetes de voz tienen la máxima prioridad en la red inalámbrica. Para paquetes de video se otorga una prioridad de 3, lo cual es un factor intermedio, evitando así saturación extrema de paquetes de video; los paquetes de contenido WEB tiene prioridad de 2 y cualquier otro tipo de tráfico tiene prioridad de 1.

#### a. Configuración de APs

La configuración de los APs, sin importar la marca o el modelo, cumple las siguientes características:

- En todos los APs se configuran cuatro SSID. El SSID Security sirve para la conexión de personal de seguridad. Este SSID no se envía en forma broadcast en la red inalámbrica. El SSID UTP sirve de acceso a los servicios de la red interna de la UTP, exclusivamente, por personal administrativo y tampoco se envía vía broadcast. El SSID Academic sirve para conexión de profesores y estudiantes al sistema académico y acceso a Internet y se envía vía broadcast. El SSID Guest sirve de acceso a los usuarios de tránsito que solo requieren acceso a Internet y se envía vía broadcast
- Los equipos móviles de VoIP que utilizan la red de SSID Security y los STA que utilizan la red de SSID UTP, se autentican en un servidor Radius instalado en el Data Center, con dirección IP 10.2.2.10, lo cual provee un mayor nivel de seguridad de la información
- El SSID Academic utiliza autenticación WPA2, la cual provee una clave de acceso que cambia dinámicamente por un intervalo de tiempo configurable
- El SSID Guest tiene autenticación abierta con DHCP habilitado para un acceso rápido y confiable al Internet por cualquier usuario
- En el puerto FastEthernet de cada AP se establece la encapsulación 802.1Q. Este tipo de encapsulación permite al AP detectar las VLAN de la red cableada y asociar cada SSID a una VLAN determinada. El SSID Security se asocia a la

VLAN de Voz, el SSID UTP se asocia a la VLAN de administrativos de la UTP, el SSID Academic se asocia a la VLAN de datos Academic, y el SSID Guest se asocia a la VLAN de datos Internet

- Se levantan las interfaces de radio 802.11a/g y se asocian a los cuatro SSID creados
- Los teléfonos IP usan la compresión por defecto G.711, el cual es un estándar para la compresión de audio de la ITU-T. Con este estándar se representan señales de audio con frecuencias de la voz humana a una tasa de muestreo de 8000 muestras por segundo, proporcionando un flujo de datos de 64 kbps.
- La configuración IP de los teléfonos y su firmware es enviado desde el servidor Call Manager, el cual tiene las propiedades de administración de llamadas de una PBX a nivel IP.
- Se establecen prioridades en el manejo de tráfico. El SSID Security maneja tráfico de voz y tiene la prioridad más alta de 5. Los SSID UTP, Academic y Guest por lo general manejan tráfico Web y tienen un nivel de prioridad de 2; en caso utilicen otras aplicaciones su prioridad será de 1.

#### **b. Configuración de switches**

Los switches como los APs, deben seguir los siguientes criterios de configuración para el modelo elegido o alternativo de otras marcas.

- Establecer los puertos que conectan a los APs en modo troncal 802.1Q
- Establecer los puertos que conectan con otros switches de la red cableada en modo troncal 802.1Q
- Crear las VLANs de Voz, Video, de datos Academic y Guest para que sean asociadas por los APs a los SSIDs respectivos
- Establecer la prioridad de tramas de voz en 5, tramas de datos Web en 2 y tramas de otras aplicaciones en 1. Se reserva la prioridad 3 para la futura configuración de soporte para tramas con paquetes de video
- Asegurar el desempeño de PoE para alimentación de los APs por el medio Ethernet
- Se sugiere establecer agregado de enlaces para elevar el ancho de banda de las conexiones troncales con los switches de distribución de la UTP
- Para una reconvergencia más rápida en caso un enlace troncal caiga, se sugiere configurar Rapid Spanning Tree
- La versión rapid spanning tree es la estándar RSTP IEEE

### 3.3.7 Pruebas finales de desempeño de la red

El diseño e implementación debe cumplir con patrones establecido por los encargados del área de red de la UTP. La respuesta de pruebas ICMP ECHO e ICMP REPLY debe ser menor a 200 ms. Si este parámetro se sobrepasa, entonces el retardo se hará sentir durante las comunicaciones de voz.

Los encargados de la red de la UTP prueban la red en producción. Durante este periodo se vuelve a medir el nivel de cobertura, respuesta de la red, calidad de señal y nivel de superposición.

Para las topologías Hot Standby, se fuerza a una caída ficticia a los APs activos para medir el nivel de respuesta de los APs en Standby.

En la tabla 3.8 se muestran los tiempos de ejecución de cada una de las partes que componen la obra.

**TABLA 3.8** Tiempo de ejecución de cada parte de la obra

<b>Partes de la obra</b>	<b>Tiempo en horas laborables</b>
Inspección del sitio	48 horas (1 semana)
Levantamiento de planos	96 horas (2 semanas)
Diseño de la red Inalámbrica	96 horas (2 semanas)
Implementación de la red inalámbrica	192 horas (4 semanas)
Implementación de los switches en los cuartos de comunicaciones	24 horas (3 días)
Configuración de equipos	96 horas (2 semanas)
Pruebas finales de desempeño de la red	96 horas (2 semanas)
<b>Total de horas laboradas</b>	<b>648 horas</b>

### 3.4 Presupuesto de la obra

El presupuesto de la obra comprende los siguientes factores:

- Diseño de la red inalámbrica
- Equipos de networking y material de trabajo para la implementación
- Instalación y cableado de APs y switches
- Configuración de equipos

El diseño de la red inalámbrica involucra un costo del 20% del costo de equipos, instalación y configuración.

En la tabla 3.9 se muestra el precio de los equipos de networking marca CISCO por un reseller autorizado.



En la tabla 3.10 se muestra el precio de la instalación por punto de cableado, esto se aplica para todos los APs y switches.

**TABLA 3.9** Lista de precios de equipos CISCO

P/N Cisco	Descripción del Producto	Cant	Precio Unidad	Total ITEM	Garantía Estándar
Cisco Catalyst 2960-24PC-L	24 Ethernet 10/100 PoE ports and 2 dual-purpose uplink ports	2	1.441,52	2.883,05	5 años
AIR-LAP1142N-x-K9	Dual-band Unified 802.11a/g/n	4	561,35	2.245,40	1 año
AIR-AP1231G-x-K9	Access Point 1231 802.11g IOS AP w/Avail CBus Slot, FCC Cnfg	9	721,97	6.497,70	1 año
AIR-LAP1522AG-A-K9-FCC	802.11a/g Non-modular IOS AP; RP-TNC; FCC Cnfg	6	802,27	4.813,64	1 año
AIR-ANT1728	2.4 GHz, 5.2 dBi Ceiling Omni Ant. w/RP-TNC Connector	9	127,69	1.149,20	1 año
AIR-ANT2506	2.4 GHz, 5.2 dBi Mast Mount Omni Ant w/RP-TNC Connector	6	127,69	766,14	1 año
AIR-CAB020LL-R	20 ft LOW LOSS CABLE ASSEMBLY W/RP-TNC CONNECTORS	15	103,60	1.553,95	1 año
		<b>Total</b>		<b>19.909,08</b>	

**TABLA 3.10** Lista de precios de instalación de puntos de cableado

DESCRIPCION	MARCA	CANT.	UNI.	P.UNIT.	PARCIAL
<b>SERVICIO DE CABLEADO ESTRUCTURADO</b>					
INSTALACION DE PUNTOS DE DATA 25 C/U		25		14,00	350,00
(incluye instalación de paneles, conectorización y ordenamiento de cable)					
CERTIFICADO DE PUNTOS DE PUNTOS DE RED		25		4,00	100,00
IDENTIFICACION DE PUNTOS DE RED		25		0,50	12,50
Instalación de switches		2		30,00	60,00
Instalación de APs		21		30,00	630,00
		<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>1152,50</b>

En la tabla 3.11 se muestra la lista de precios de materiales usados en el cableado de los puntos de los APs.

En la tabla 3.12 se muestra la lista de precios para las configuraciones de los equipos por unidad y montos parciales por cada serie.

En la tabla 3.13 se muestra el monto total de la obra.



TABLA 3.11 Lista de precios de materiales de cableado de los APs.

DESCRIPCION	MARCA	CANT.	UNI.	PU	P.P.
<b>PUNTO RED CATEGORIA 6, DATA Y VOZ 34 C/U</b>					
CABLE CAT. 6 MARCA PANDUIT	PANDUIT	3	ROLL	141,60	424,8
PATCH PANEL MOD 48 PORT CAT. 6	PANDUIT	0	UNI.	0	0
FACE PLATE 2 SALIDAS	PANDUIT	36	UNI.	2,6	93,6
JACK RJ- 45 CAT. 6 placa Toma Datos color azul	PANDUIT	25	UNI.	6,25	156,25
JACK RJ- 45 CAT. 6 Rack o Gabinete color azul	PANDUIT	25	UNI.	6,25	156,25
PATCH CORD X 1.5 metros Gabinete o Rack ordenamiento	FABRIC	25	UNI.	1,8	45
PATCH CORD X 2.1metros placa toma datos a PC	FABRIC	25	UNI.	2,45	61,25
PLUGS AMP CAT 5 e	AMP	100	UNI.	0,35	35
FACE PLATE 2 SALIDAS	PANDUIT	25	UNI.	1,68	42
TAPAS CIEGAS	PANDUIT	25	UNI.	0,23	5,75
<b>KIT CANALETAS PVC</b>					
CANALETA	OTROS	75	UNI.	1,2	90
UNION DE CANALETA	OTROS	0	UNI.	5,7	0
CAJA ADOSABLE	OTROS	25	UNI.	1,3	32,5
<b>TUBERIAS DE PVC</b>					
TUBO PVC SAP 2" X 3MTS	PAVCO	11	UNI.	5,6	61,6
CURVA 2 "	PAVCO	3	UNI.	3,1	9,3
PVC CORRUGADO DE 3/4 POR METRO	OTROS	10	MT	0,5	5
<b>OTROS</b>					
MATERIAL IDENTIFICACION, FERRETERO( AUTORROSCANTE, TARUGOS, ABRAZADERAS, PEGAMENTO, MASKINGTAPE, ETC	VARIADOS	1		36,00	36
CONTIGENCIAS		1		70,00	70
					<b>1324,30</b>

TABLA 3.12 Lista de precios de configuraciones de equipos de red

DESCRIPCION	CANT.	UNI.	P.P.
<b>Dispositivo</b>			
Cisco Catalyst 2960-24PC-L	2	200	400
AIR-LAP1142N-x-K9	4	80	320
AIR-AP1231G-x-K9	9	80	720
AIR-LAP1522AG-A-K9-FCC	6	80	480
		Total Conf.	1920

Los precios están en US americanos y la garantía por mano de obra es de 1 año. El contrato debe ser firmado por la entidad responsable y la forma de pago es con el 30% por adelantado y saldo a la entrega de la obra.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para la alimentación de los APs también hay soluciones alternativas a los switches PoE, como los Patch Panel PoE o los inyectores de potencia.
2. Las antenas seleccionadas para los APs no necesariamente deben ser dipolo, pueden ser sectoriales, para este caso las ubicaciones varían y se requiere un nuevo diseño de red.
3. El costo de una antena sectorial respecto a una antena dipolo, es superior en un valor aproximado de \$80. Este tipo de antena tiene comercialmente una ganancia de 9dBi, por lo que con seguridad, mucha señal saldrá de los límites del edificio.
4. Cuando la UTP cambie sus sistemas de telefonía analógica a sistemas de telefonía IP, entonces requerirá hacer cambios de switches en sus cuartos de comunicaciones, ya que los modelos que operan actualmente en su red son de la serie 2950 de CISCO, que no tiene el soporte adecuado para telefonía IP.
5. La solución Call Manager de CISCO para la implementación de su central telefónica IP, requiere una licencia que debe ser adquirida por la UTP. También existen alternativas libres basadas en LINUX, como las soluciones Asterix que requieren de un servidor robusto y estable para la implementación de la central IP.
6. La red conmutada opera por defecto, con el protocolo spanning tree, cuando un enlace cae, entonces el enlace de respaldo entra a operar pero después de 30 segundos; este valor de reconvergencia no es apropiado para aplicaciones de voz y video, por lo que se recomienda el uso de una versión rápida del spanning tree, la cual produzca una reconvergencia en milisegundos. En el mercado existen versiones propietarias de CISCO y estándares IEEE, para evitar incompatibilidades entre productos de diferentes fabricantes se sugiere el uso de la versión estándar IEEE.

**ANEXO A**

**DATOS DE UBICACIÓN DE LOS ACCESS POINTS**

## ANEXO A

## DATOS DE UBICACIÓN DE LOS ACCESS POINTS

En las siguientes figuras se definen dos radios para cada AP ubicado en el plano. Los STAs ubicados dentro del área del primer radio pueden obtener una tasa de transferencia de 54 Mbps y los STAs ubicados en el área entre el primer y segundo radio, una tasa de 36 Mbps.

En la figura A.1 se muestra el plano de ubicación de los APs 1, 3 y 12, el cual detalla la distribución de áreas entre la primera y la segunda planta.

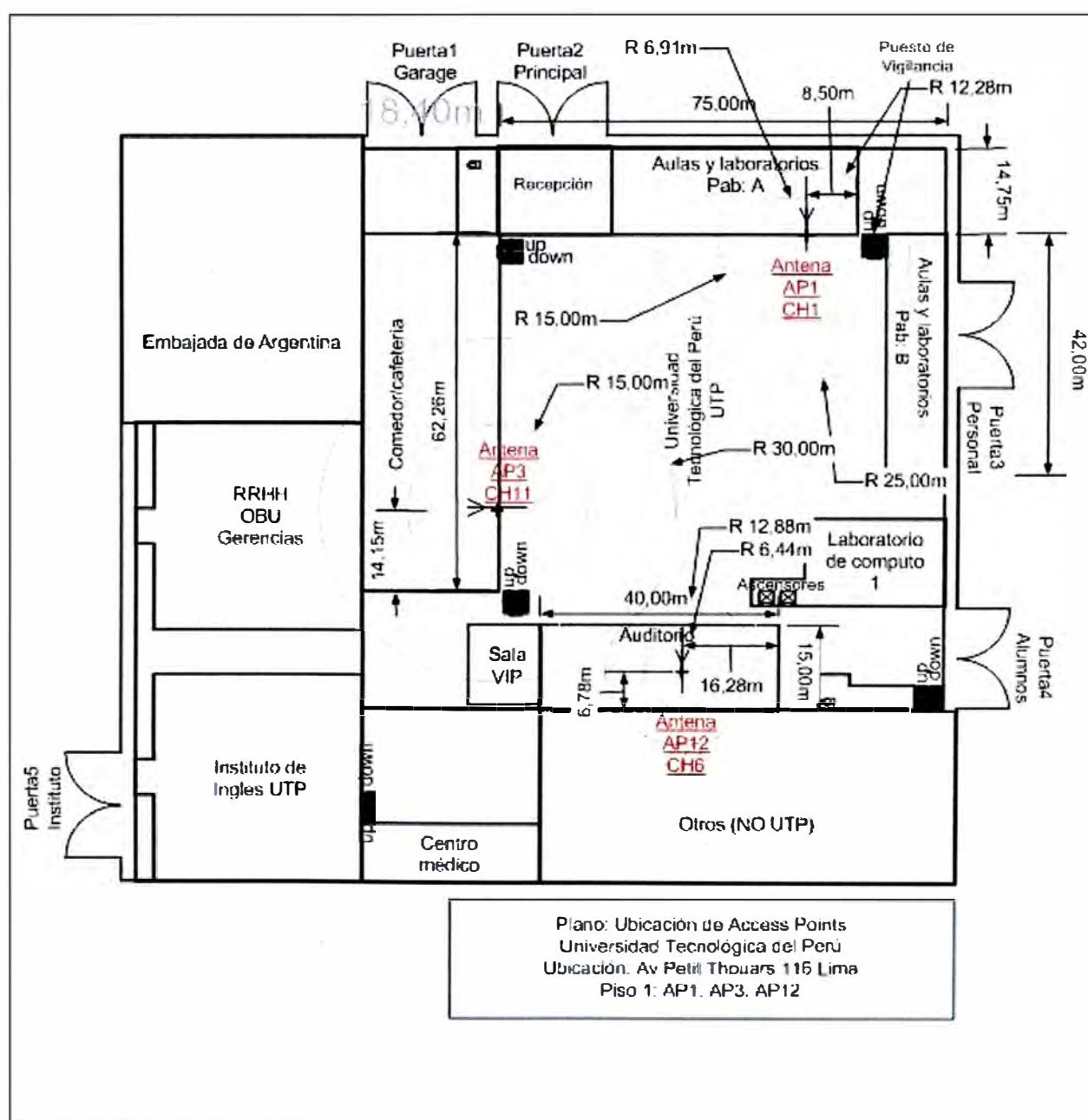
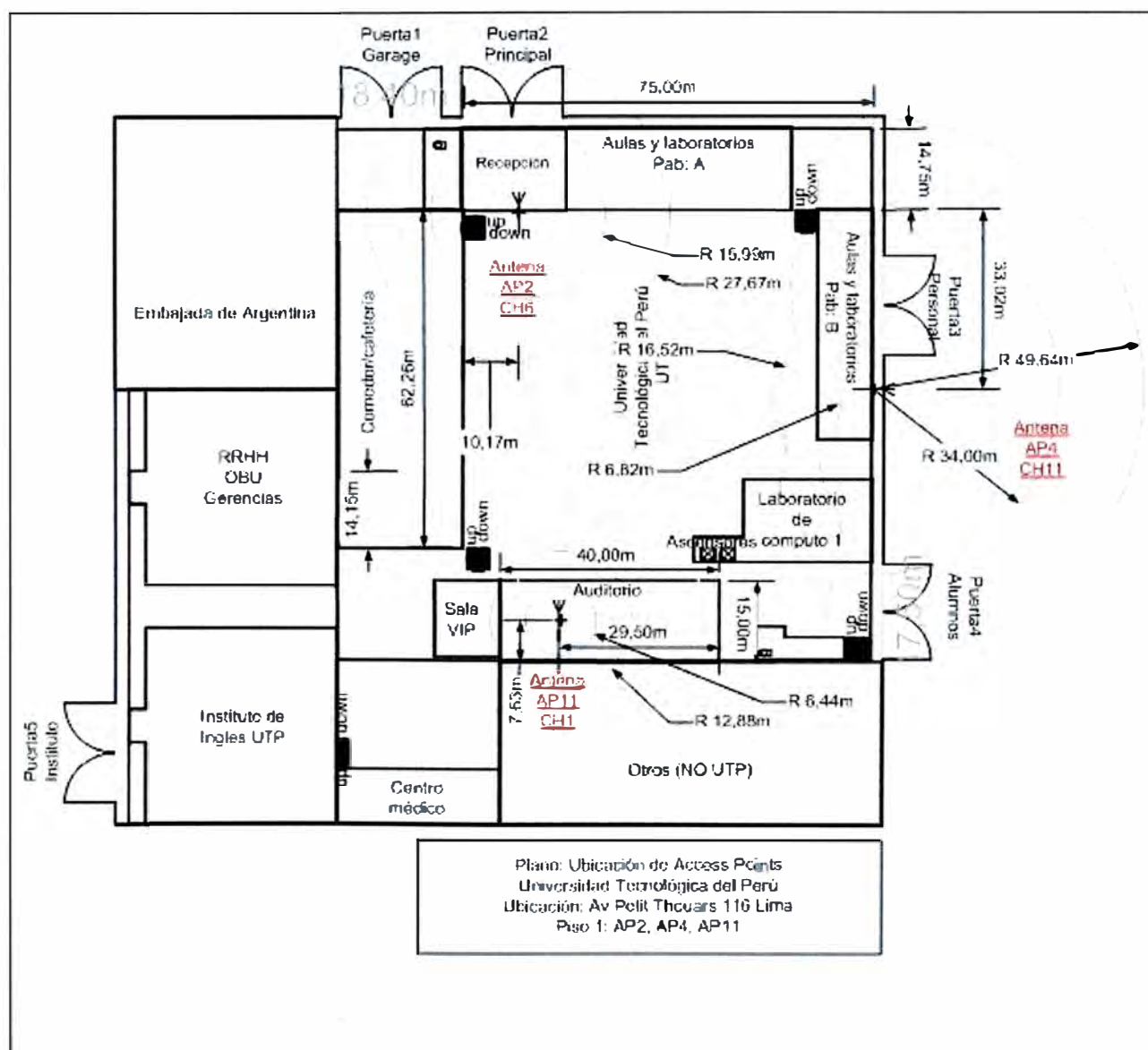


Figura A.1 Plano de ubicación de APs 1, 3 y 12

En la figura anterior los APs 3 y 12 han sido ubicados en el techo del primer nivel y no tienen obstáculos alrededor, por lo que su señal llega de forma uniforme en el plano horizontal. El caso del AP 1 es distinto, ya que hacia el patio su señal no encuentra obstáculos, pero hacia los pabellones A y B existen paredes que dan para las aulas y oficinas administrativas, por esta razón la señal en estos últimos sectores no es uniforme y se ve atenuada a una menor distancia que con línea de vista.

En la figura A.2 se muestra el plano de ubicación de los APs 2, 4 y 11, el plano detalla la distribución de áreas entre la primera y la segunda planta.

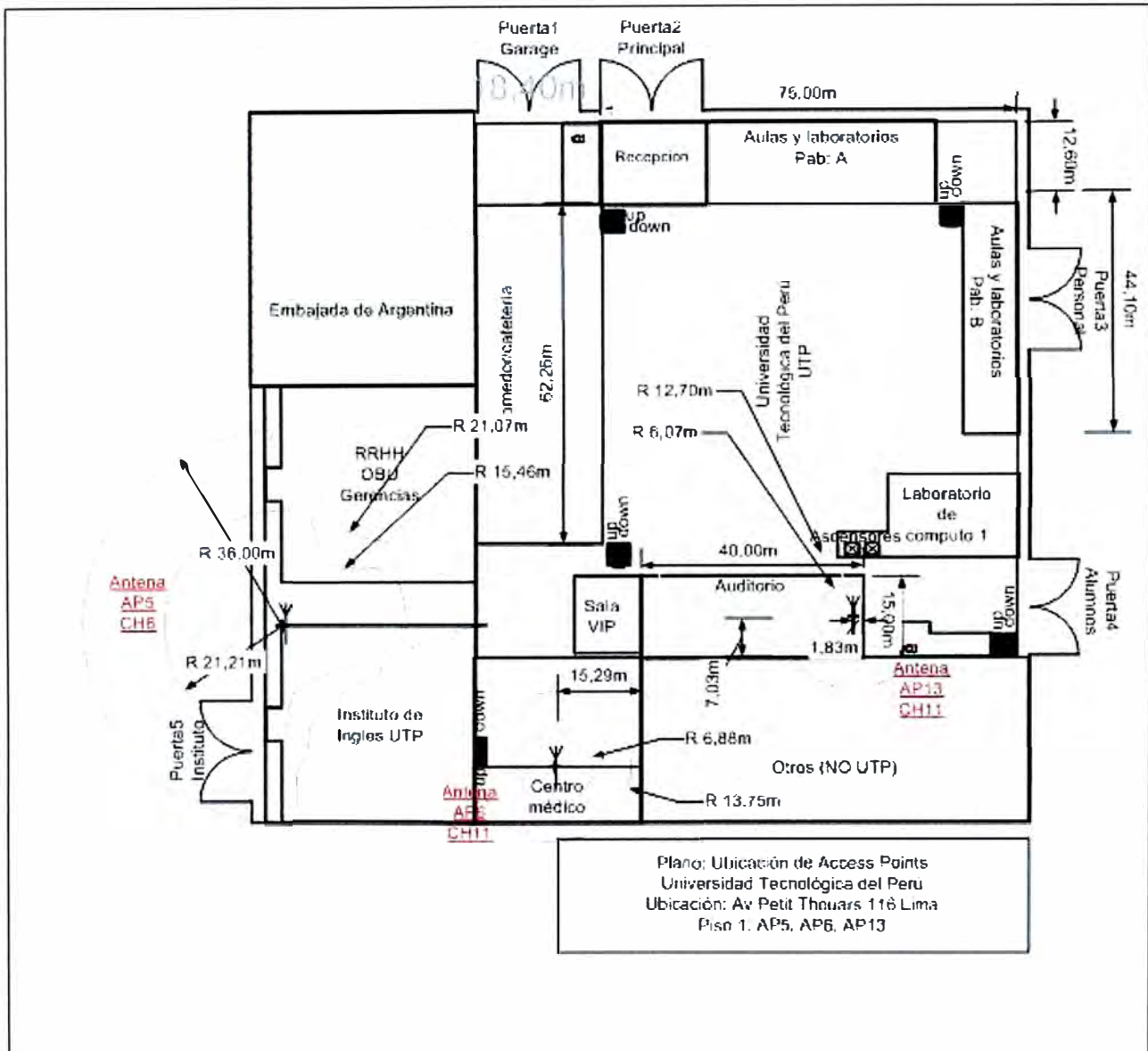


**Figura A.2** Plano de ubicación de APs 2, 4 y 11

En la figura anterior los APs 2 y 11 han sido instalados en los techos del primer nivel. En ambos casos las obstrucciones no son cercanas y la señal llega de forma

uniforme en el plano horizontal. El AP 4 puesto en el exterior, no solo tiene la función de brindar conectividad a los exteriores, su señal también llega de forma atenuada a las oficinas y aulas del pabellón B.

En la figura A.3 se muestra el plano de ubicación de los APs 5, 6 y 13, el cual detalla la distribución de áreas entre la primera y la segunda planta.



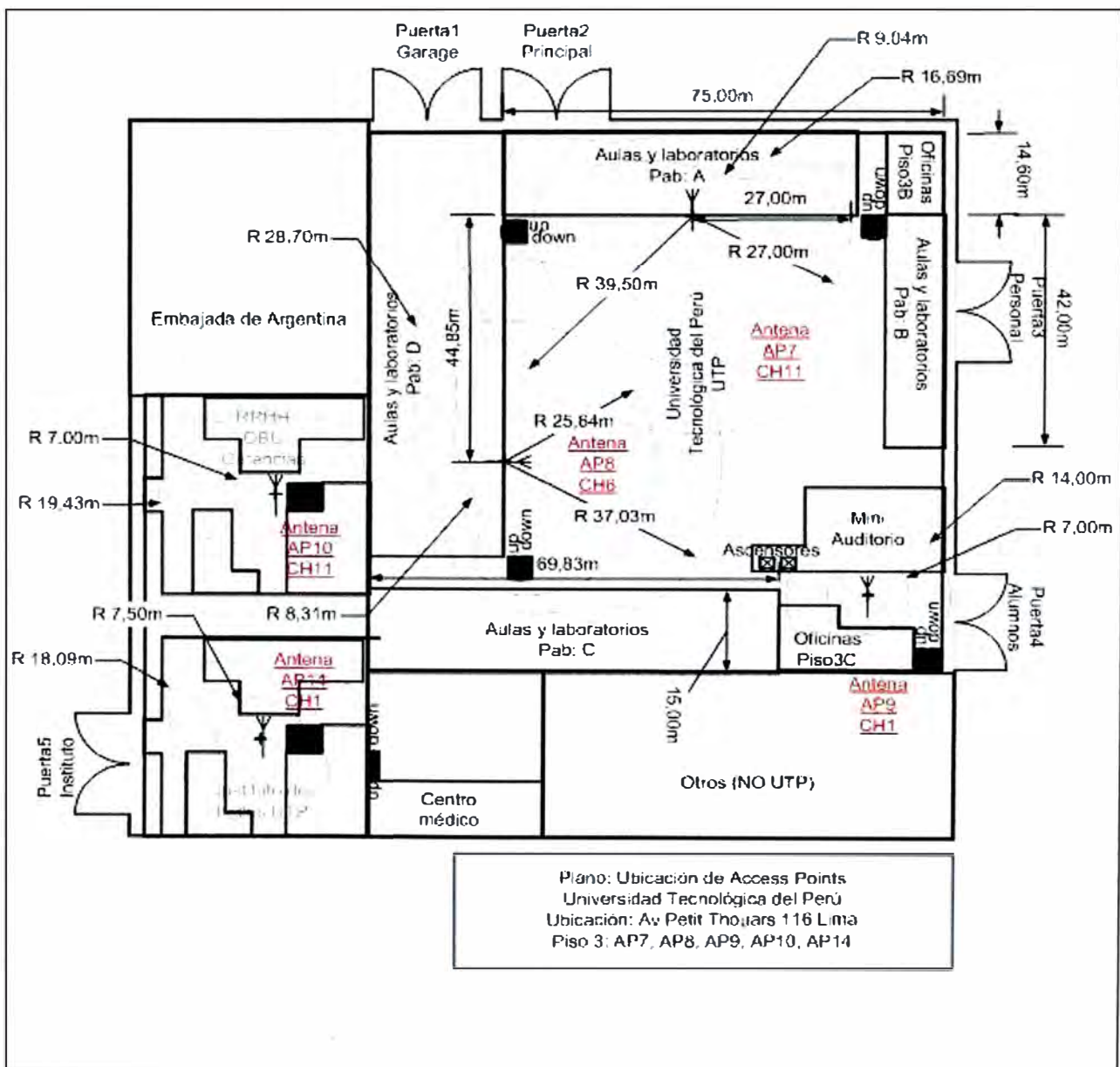
**Figura A.3** Plano de ubicación de APs 5, 6 y 13

En la figura anterior, el AP 13 completa la serie de tres APs instalados en el auditorio del primer nivel, lo cual garantiza un acceso óptimo cuando hay eventos, exposiciones o conferencias en el lugar. El AP 6 ubicado en el techo del segundo nivel del Centro Médico brindará conectividad al personal administrativo y a los usuarios móviles que se encuentran en el patio trasero. Este AP usa una toma de energía cercana



para su alimentación. El AP 5 ubicado para dar señal a los exteriores de la puerta 5 de la UTP, tiene una buena calidad de señal hacia los exteriores del sitio; este AP también lleva señal dentro de los edificios del Instituto de Inglés y RRHH/OBU/Gerencias, pero atenuada, ya que las paredes de estos edificios absorben potencia de la señal inalámbrica.

En la figura A.4 se muestra el plano de ubicación de los APs 7, 8, 9, 10 y 14, el cual detalla la distribución de áreas de la tercera planta.



**Figura A.4** Plano de ubicación de APs 7, 8, 9, 10 y 14

En la figura anterior se ubican los APs 8, 7 en el tercer nivel hacia el patio central, los que alimentan de señal los pasadizos de los pabellones A, B, C y D. El AP 9 está





**ANEXO B**

**DATOS DE CABLEADO DE LOS ACCESS POINTS**

## ANEXO B

## DATOS DE CABLEADO DE LOS ACCESS POINTS

En la figura B.1 se muestra el plano de cableado de los APs 1, 3, y 12, el cual detalla la distribución de áreas entre la primera y segunda planta.

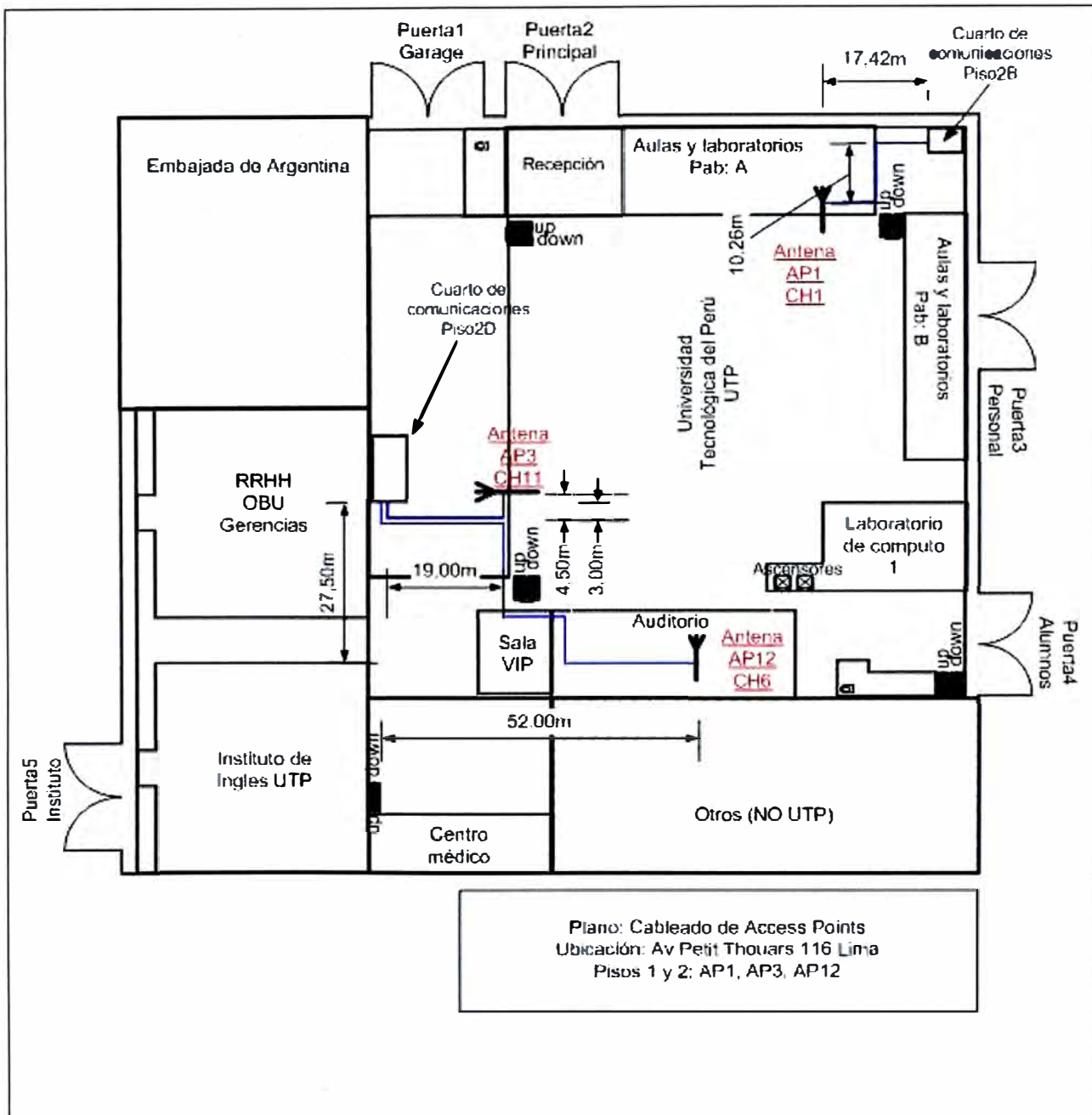
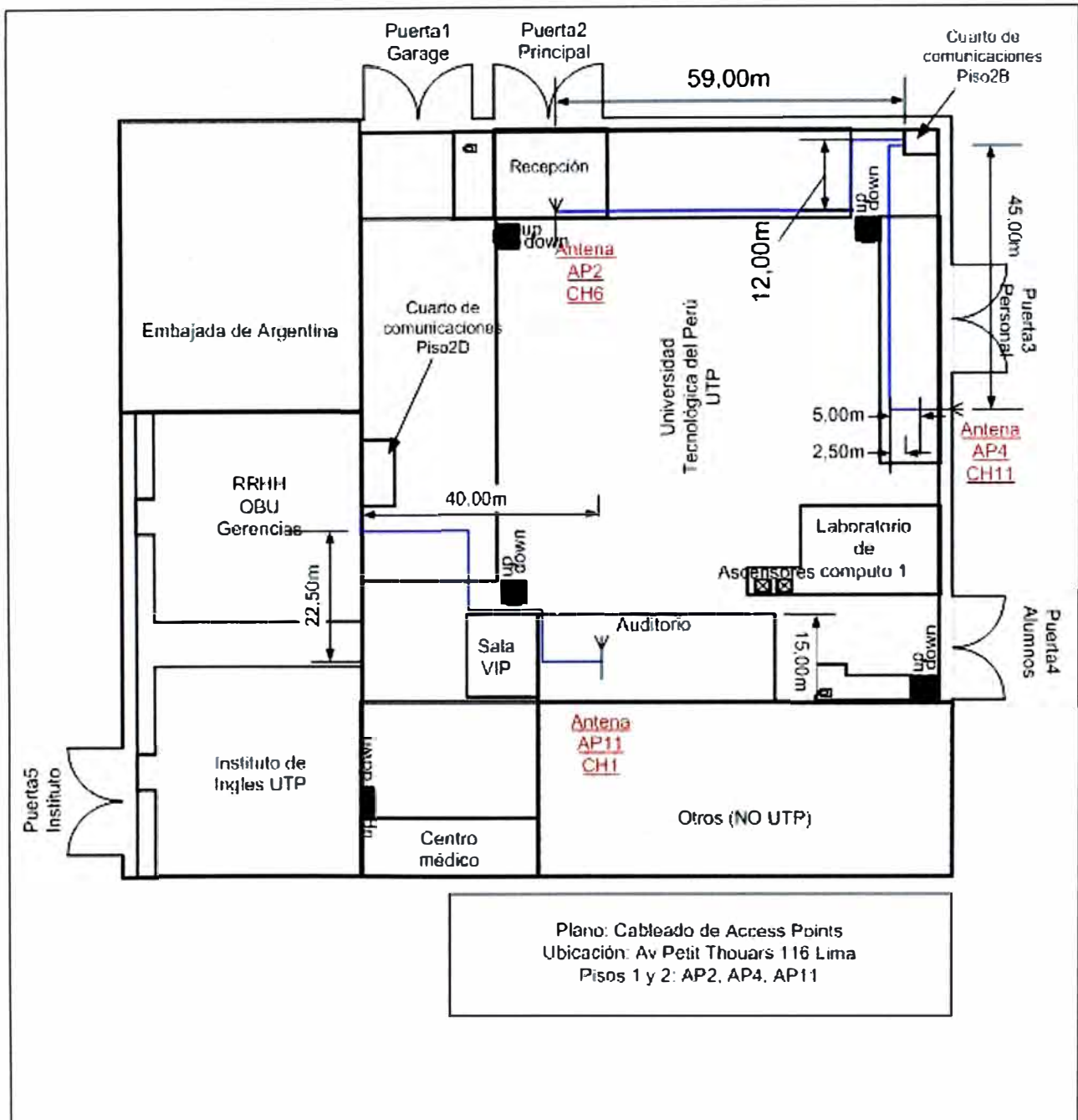


Figura B.1 Plano de cableado de APs 1, 3 y 12

En la figura anterior se muestran las medidas y el recorrido del cableado desde los APs a los cuartos de comunicaciones. El AP 1 llega al cuarto de comunicaciones de la

segunda planta en el pabellón B, los APs 3 y 12 llegan al cuarto de comunicaciones de la segunda planta en el pabellón D.

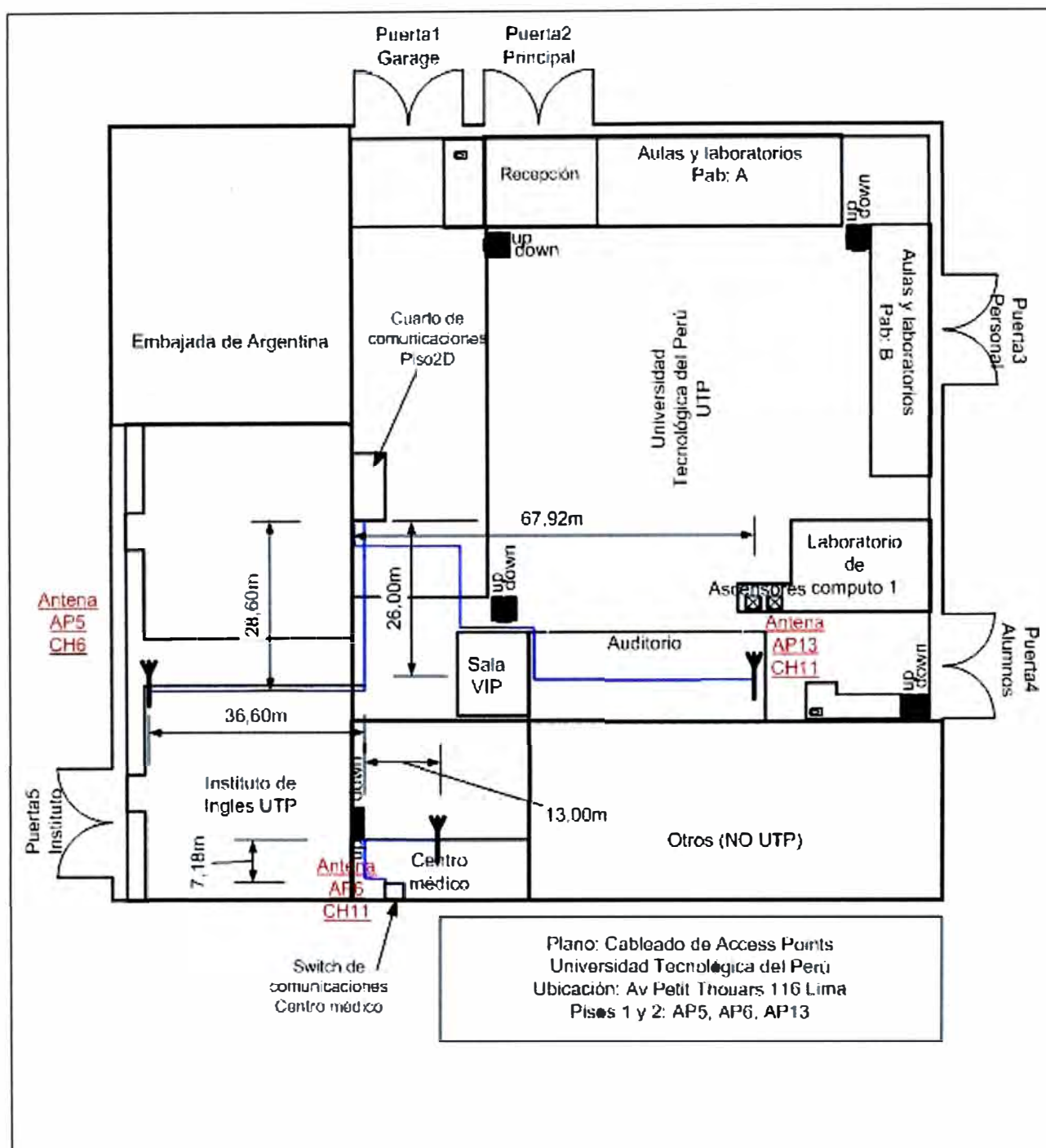
En la figura B.2 se muestra el plano de cableado de los APs 2, 4, y 11, el cual detalla la distribución de áreas entre la primera y segunda planta.



**Figura B.2** Plano de cableado de APs 2, 4 y 11

En la figura anterior se muestra el recorrido de cableado de los APs 2 y 4 al cuarto de comunicaciones de la segunda planta en el pabellón B. El AP 11 llega al cuarto de comunicaciones de la segunda planta en el pabellón D.

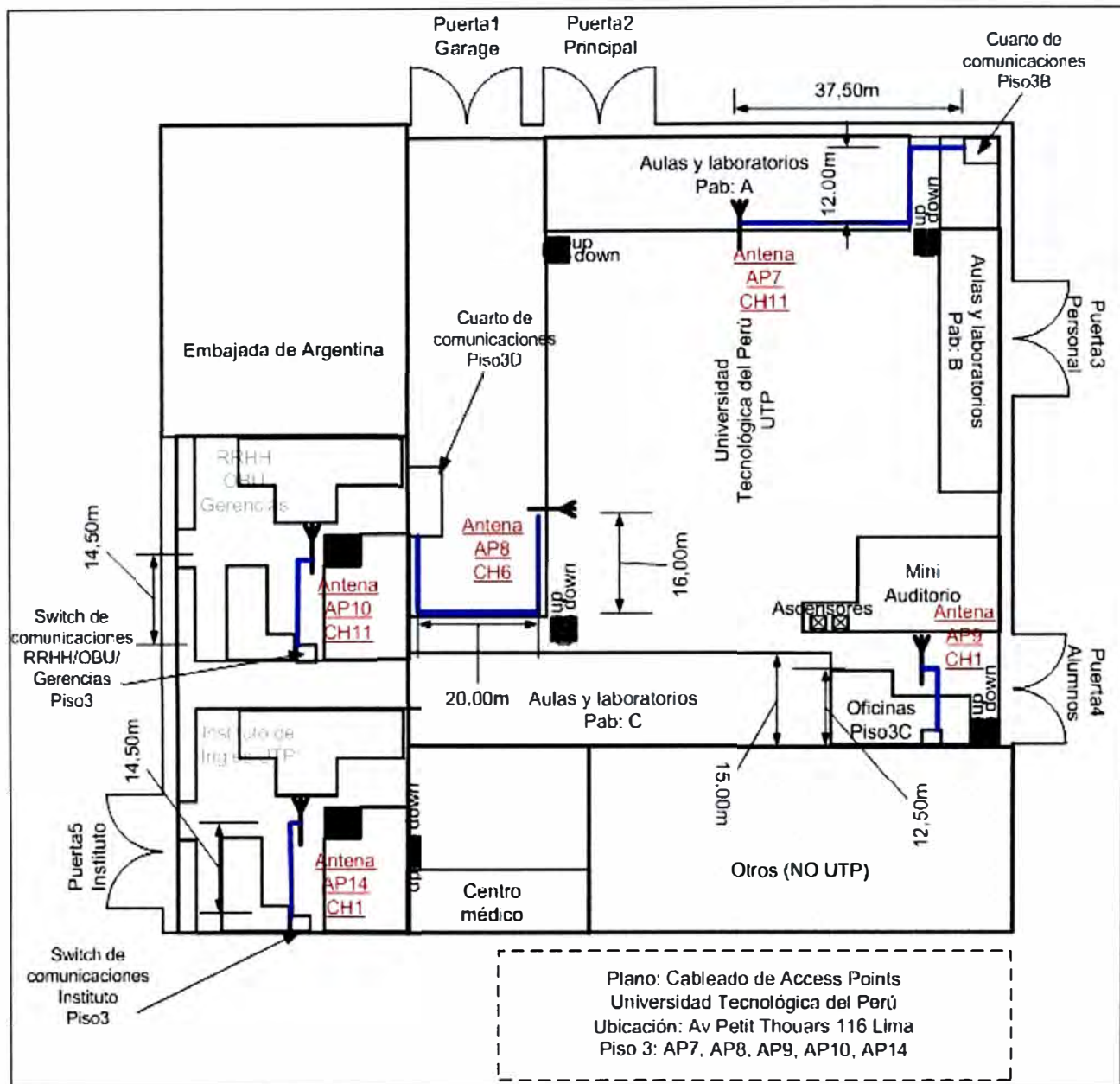
En la figura B.3 se muestra el plano de cableado de los APs 5, 6, y 13, el cual detalla la distribución de áreas entre la primera y segunda planta.



**Figura B.3** Plano de cableado de APs 5, 6 y 13

En la figura anterior se muestra el recorrido de cableado de los APs 5 y 13 al cuarto de comunicaciones de la segunda planta en el pabellón D. El AP 6 llega al switch de comunicaciones del Centro Médico. Este último AP es alimentado por una toma de energía cercana y no se utiliza la característica PoE en este caso.

En la figura B.4 se muestra el plano de cableado de los APs 7, 8, 9, 10 y 14, el cual detalla la distribución de áreas de la tercera planta.



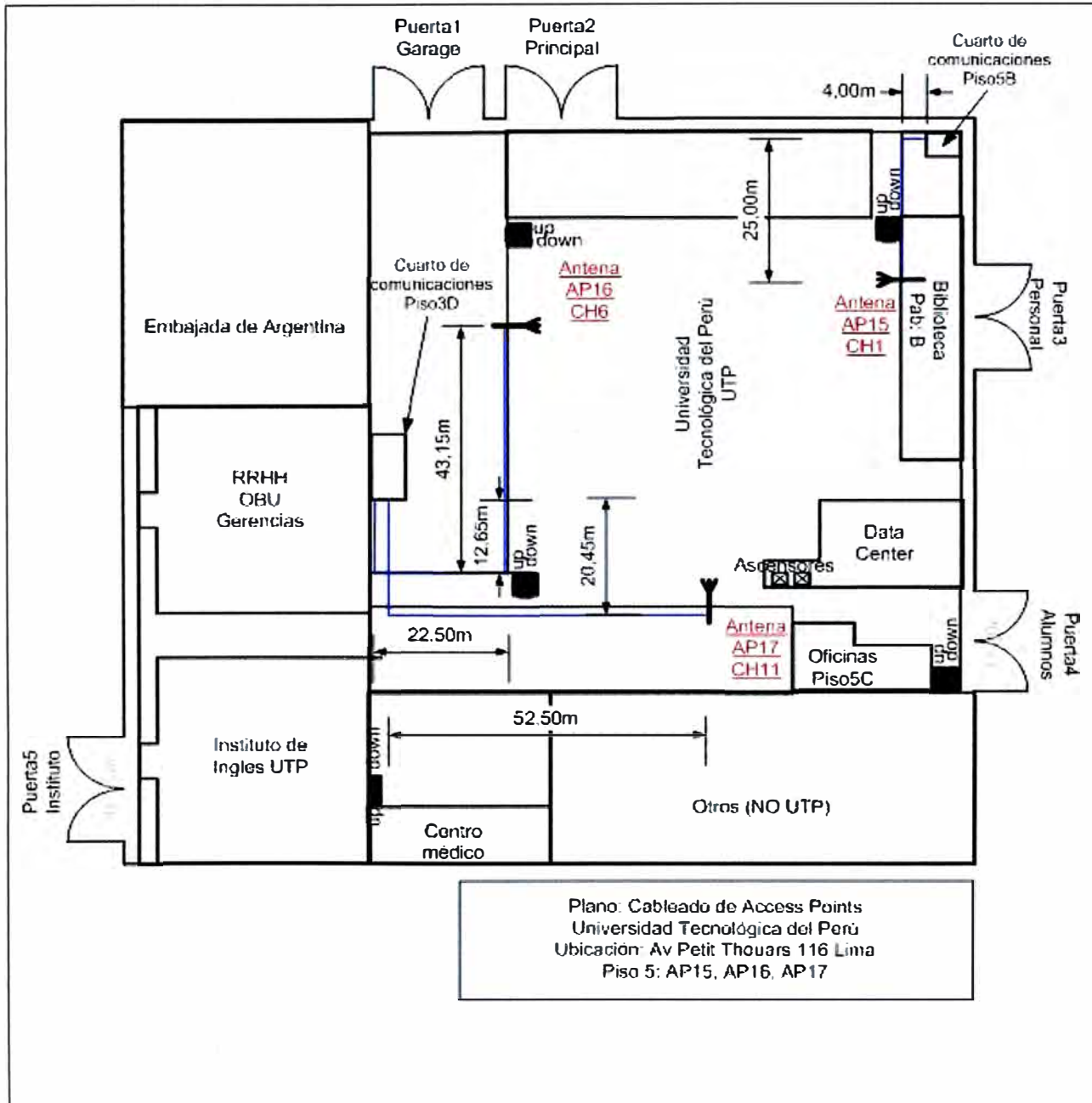
**Figura B.4** Plano de cableado de APs 7, 8, 9, 10 y 14

En la figura anterior se muestra el recorrido del cableado de los APs 10 y 11 al switch de comunicaciones de la tercera planta de los edificios RRHH/OBU/Gerencias e Instituto de Inglés, respectivamente. En estos APs no se usa PoE y son alimentados por tomas cercanas de energía. El AP 8 llega al cuarto de comunicaciones de la tercera planta en el pabellón D, el AP 9 llega al switch de comunicaciones de las oficinas de la tercera planta en el pabellón C y no usa PoE, por lo que se alimenta de una toma de



energía cercana, el AP 7 llega al cuarto de comunicaciones de la tercera planta en el pabellón B.

En la figura B.5 se muestra el plano de cableado de los APs 15, 16 y 17, el cual detalla la distribución de áreas de la quinta planta.



**Figura B.5** Plano de cableado de APs 15, 16 y 17

En la figura anterior se muestra el cableado desde los APs 16 y 17 al cuarto de comunicaciones de la quinta planta en el pabellón D. El AP 15 llega al cuarto de comunicaciones de la quinta planta en el pabellón B.



## **ANEXO C**

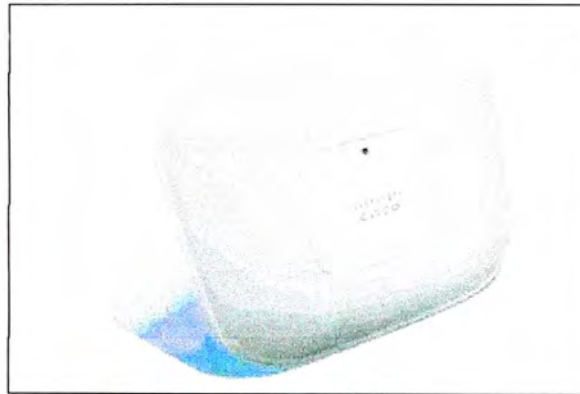
### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ACCESS POINTS**

## ANEXO C

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ACCESS POINTS

#### ➤ AIR-LAP1142N-x-K9-Dual-band Unified 802.11a/g/n

A continuación se muestran las especificaciones técnicas para el AP modelo AIR-LAP1142N-x-K9-Dual-band Unified 802.11a/g/n. Este tipo de AP será instalado en la posición de los APs AP6, AP9, AP10 y AP14 conectados a switches locales de oficinas. Estos APs tienen soporte para los estándares 802.11a/g/n y tiene antenas integradas. Debido a que estarán en ubicaciones cercanas de oficinas, la estética es importante y estos APs por su forma y color pasan desapercibidos ya que las antenas las llevan dentro de su chasis, como se muestra en la figura C.1.



**Figura C.1** Cisco Aironet 1140

#### Part Numbers - Cisco Aironet 1140 Series Access Point

- AIR-LAP1142N-x-K9—Dual-band Unified 802.11a/g/n
- AIR-LAP1141N-x-K9—Single-band Unified 802.11g/n
- AIR-LAP1142-xK9-10—Eco-pack (dual-band 802.11a/g/n)

#### Data Rates Supported

- 802.11a: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps
- 802.11g: 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps
- 802.11n data rates (2.4 GHz and 5 GHz)

#### Interfaces

- 10/100/1000BASE-T autosensing (RJ-45)
- Management console port (RJ45)

## Maximum Transmit Power

### 2.4GHz

- 802.11b 20 dBm with 1 antenna
- 802.11g 17 dBm with 1 antenna
- 802.11n (HT20) 20 dBm with 2 antennas
- 802.11n (HT40) 20 dBm with 2 antennas

### 5GHz

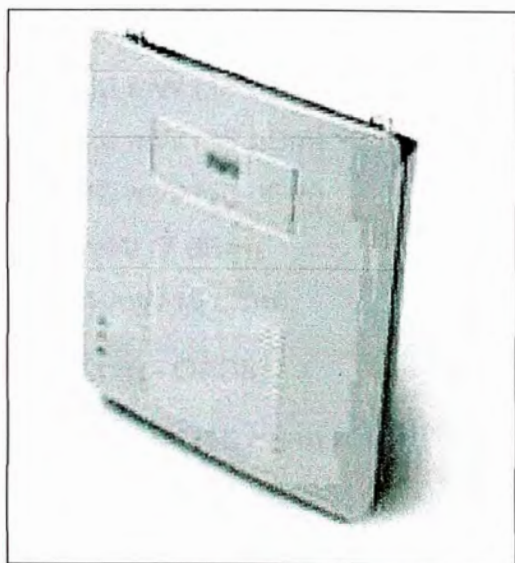
- 802.11a 17 dBm with 1 antenna
- 802.11n non-HT duplicate (802.11a duplicate) mode 17 dBm with 1 antenna
- 802.11n (HT20) 20 dBm with 2 antennas
- 802.11n (HT40) 20 dBm with 2 antennas

### Integrated Antenna

- 2.4 GHz, Gain 4.0 dBi, horizontal beamwidth 360°
- 5 GHz, Gain 3 dBi, horizontal beamwidth 360°

### ➤ AIR-AP1231G-x-K9

El Segundo AP utilizado en el diseño es el modelo AIR-AP1231G-x-K9, el cual tiene soporte para el estándar 802.11g y agregándole un cardbus o módulo, se tiene soporte para 802.11a. En la figura C.2 se muestra el AP y en la figura C.3 el cardbus para su operación 802.11a.



**Figura C.2** Cisco Aironet 1200



**Figura C.3** 802.11a Radio Module

### Part Numbers

- AIR-AP1231G-x-K9 Cisco IOS Software
- AIR-LAP1231G-x-K9 Cisco Unified Wireless Network Software

### Data Rates Supported

- 802.11g: 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, and 54 Mbps

### Antenna

- 2.4 GHz - Dual RP-TNC connectors

Available Transmit Power Settings (Maximum power setting will vary by channel and according to individual country regulations)

### 802.11a - OFDM:

- 17 dBm (50 mW)
- 15 dBm (30 mW)
- 14 dBm (25 mW)
- 11 dBm (12 mW)
- 8 dBm (6 mW)
- dBm (3 mW)
- 2 dBm (2 mW)
- -1 dBm (1 mW)

### 802.11b - CCK:

- 100 mW (20 dBm)
- 50 mW (17 dBm)
- 30 mW (15 dBm)
- 20 mW (13 dBm)
- 10 mW (10 dBm)
- mW (7 dBm)
- 1 mW (0 dBm)

### 802.11g - OFDM:

- 30 mW (15 dBm)
- 20 mW (13 dBm)
- 10 mW (10 dBm)
- mW (7 dBm)

- 1 mW (−1 dBm)

#### Radio Module

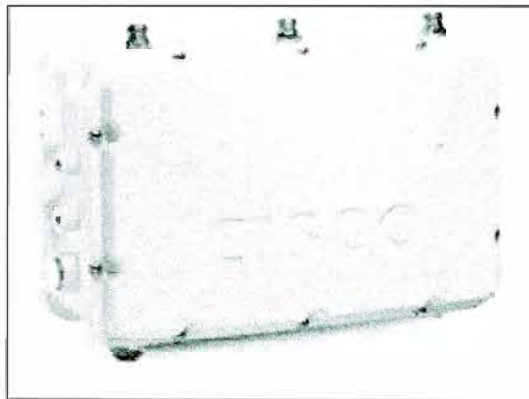
- 802.11a - CardBus (32-bit) Form Factor

#### Nonoverlapping Channels

- 802.11g: 3

#### ➤ AIR-LAP1522AG-A-K9-FCC

El AP modelo AIR-LAP1522AG-A-K9-FCC es el modelo adecuado para los exteriores, para brindar conectividad hacia las puertas donde siempre hay personal de seguridad. Su chasis es adecuado para soportar condiciones extremas de ambiente, como lluvia, humedad y calor. En la figura C.4 se muestra el chasis de este AP y a continuación sus especificaciones técnicas.



**Figura C.4** Cisco Aironet 1520

#### Part Numbers

- AIR-LAP1522AG-A-K9—FCC configuration
- AIR-LAP1522AG-C-K9—China configuration
- AIR-LAP1522AG-E-K9—ETSI configuration

#### Data rates and modulation

- 802.11a: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps, (OFDM)
- 802.11b: 11, 5.5, 2, 1 Mbps, (DSSS)
- 802.11g: 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps, (OFDM)

#### Maximum Transmit Power (Varies by channel and data rate)

## 2.4 GHz Cisco 1522AG

- -A 28 dBm
- -C 14 dBm
- -E 14 dBm
- -K 14 dBm
- -N 28 dBm
- -P 16 dBm
- -S 14 dBm
- -T 28 dBm

## 5 GHz

- -A 28 dBm
- -C 22 dBm
- -E 22 dBm
- -K 19 dBm
- -N 28 dBm
- -P 20 dBm
- -S 22 dBm
- -T 28 dBm

## 4.9 GHz

- -A 20 dBm

## Network Interface

- 10/100/1000BASE-T Ethernet, autosensing (RJ-45)
- Fiber SFP
- Cable modem interface (only available on 1522PC models)

## Environmental

- Operating temperature: -40 to 55°C (-40 to 131°F)
- Storage temperature: -50 to 85°C (-58 to 185°F)

Wind resistance: Up to 100 MPH sustained winds / Up to 165 MPH wind gusts

**ANEXO D**  
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ANTENAS**

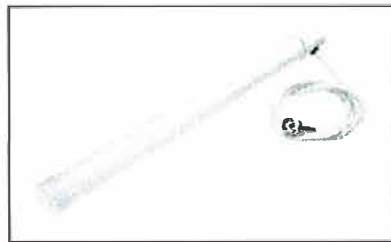


## ANEXO D

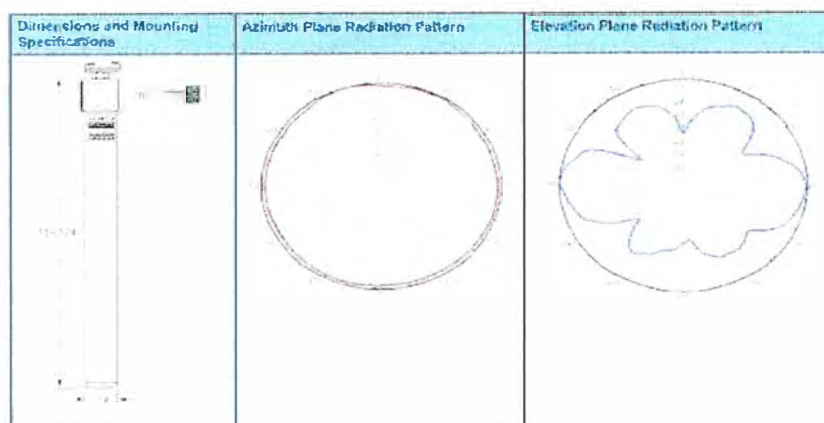
### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ANTENAS

#### ➤ AIR-ANT1728

En la figura D.1 se muestra la antena utilizada para los APs instalados dentro del sitio, la cual es del tipo dipolo. En la figura D.2 se muestran sus dimensiones y patrones de radiación horizontal y vertical; en la tabla D.1 se muestran sus características técnicas.



**Figura D.1** Antenna 5.2 dBi Ceiling Mount Omnidirectional



**Figura D.2** Dimensiones y patrones de radiación de la antena

**Tabla D.1** Características técnicas de la antena AIR-ANT1728

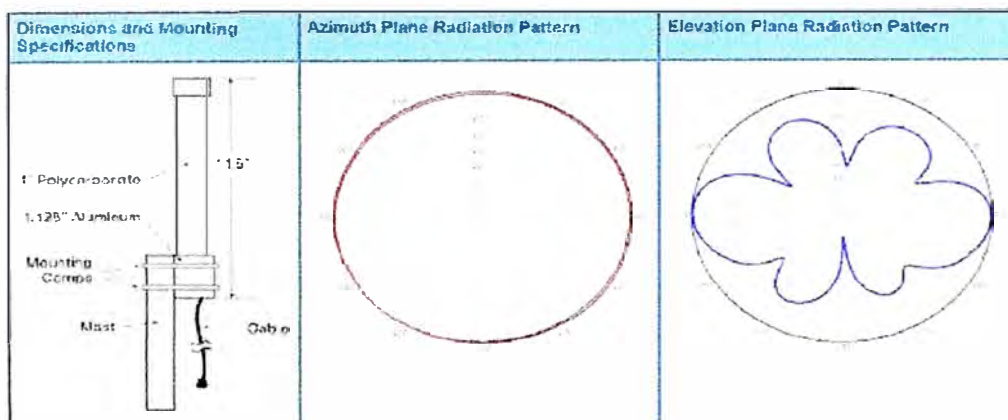
Frequency Range	2.4–2.83 GHz
VSWR	Less than 2:1, 1.5:1 Nominal
Gain	5.2 dBi
Polarization	Vertical
Azimuth 3dB Beamwidth	Omnidirectional 360 degrees
Elevations Plan (3dB Beamwidth)	36 degrees
Antenna Conector	RP-TNC
Cable Length	3 ft (91 m)
Dimensions	11.25 in. x 1 in. (28.57 cm x 2.54)
Mounting	Drop ceiling cross member—indoor only

➤ **AIR-ANT2506**

En la figura D.3 se muestra la antena utilizada para los APs instalados en los exteriores del sitio, la cual es del tipo dipolo. En la figura D.4 se muestran sus dimensiones y patrones de radiación horizontal y vertical; en la tabla D.2 se muestran sus características técnicas.



**Figura D.3 Antenna 5.2 dBi Mast Mount Omnidirectional**



**Figura D.4 Dimensiones y patrones de radiación de la antena**

**Tabla D.2 Características técnicas de la antena AIR-ANT2506**

Frequency Range	2.4–2.83 GHz
VSWR	Less than 2:1, 1.5:1 Nominal
Gain	5.2 dBi
Polarization	Vertical
Azimuth 3dB Beamwidth	Omnidirectional 360 degrees
Elevations Plan (3dB Beamwidth)	36 degrees
Antenna Connector	RP-TNC
Cable Length	3 ft (91 m)
Dimensions	11.5 in. x 1.125 in. (29.21 cm x 2.85 cm)
Mounting	Mast mount—indoor/outdoor

## **ANEXO E**

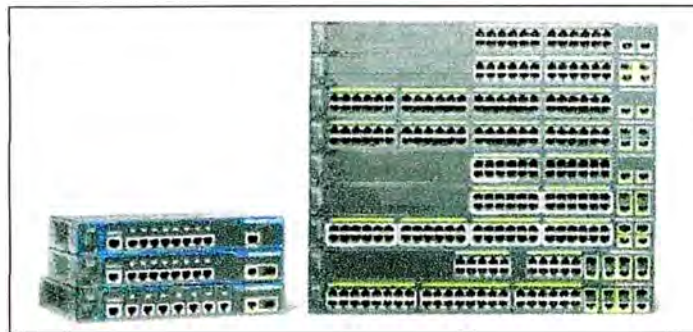
### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SWITCH**

## ANEXO E

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SWITCH

#### ➤ Cisco Catalyst 2960-24PC-L

En la figura E.1 se muestra la serie de switches Cisco 2960. Para el diseño se ha propuesto el modelo Cisco Catalyst 2960-24PC-L. A continuación se muestran las características técnicas de este equipo.



**Figura E.1** Cisco Catalyst 2960 Series Switches

#### Cisco Catalyst 2960-24PC-L Performance

- 24 Ethernet 10/100 PoE ports and 2 dual-purpose uplink ports
- 16 Gbps switching fabric
- Forwarding rate based on 64-byte packets Catalyst 2960-24PC-L : 6.5 Mpps
- 64 MB DRAM
- 32 MB flash memory
- Configurable up to 8000 MAC addresses
- Configurable up to 255 IGMP groups

#### Connectors and Cabling

- Internal-Power-Supply Connector
- The internal power supply is an autoranging unit.
- The internal power supply supports input voltages between 100 and 240VAC.
- Use the supplied AC power cord to connect the AC power connector to an AC power outlet.
- Cisco RPS Connector
- The connector offers connection for an optional Cisco RPS 2300 that uses AC input and supplies DC output to the switch.

- The connector offers a 2300W redundant power system that supports up to six external network devices and provides power to two failed devices at a time.
- The connector automatically senses when the internal power supply of a connected device fails and provides power to the failed device, preventing loss of network traffic.
- Only the Cisco RPS 2300 (model PWR-RPS2300) should be attached to the redundant power-system receptacle

#### Dimensions (H x W x D)

- Cisco Catalyst 2960-24PC-L : 1.73 x 17.5 x 13 in. (4.4 x 44.5 x 33.2 cm)

#### Weight

- Cisco Catalyst 2960-24PC-L : 12 lb (5.4 kg)

#### Mean Time Between Failure (MTBF)

- Cisco Catalyst 2960-24PC-L : 243,277 hrs

#### AC Input Voltage and Current

- 100-240 VAC (autoranging) 8.0-4.0A, 50-60 Hz (Cisco Catalyst 2960-24PC-L)

#### Power Rating DC Input Voltages (RPS Input)

- Cisco Catalyst 2960-24PC-L : 0.470 kVA
- Cisco Catalyst 2960-24PC-L : +12V at 11.25A, -48V at 7.8A

## **ANEXO F**

### **PRUEBAS DE SEÑAL DEL ACCESS POINT DESDE UNA ESTACIÓN**

## ANEXO F

### PRUEBAS DE SEÑAL DEL ACCESS POINT DESDE UNA ESTACIÓN

#### ➤ Configuración del AP para pruebas de señal

Para las pruebas de nivel de señal se ha configurado un AP Aironet CISCO Serie 1130, el cual es un AP que tiene las características de los APs sugeridos para el diseño. El identificador de conjunto de servicios SSID o nombre de la red inalámbrica es TitulacionFIEE y se configura en el canal de operación. La primera prueba se realiza en el canal 11, luego se procede con el canal 6 y se termina con el canal 1.

En la figura F.1 se muestra la interfaz de administración del AP, donde podemos visualizar que la interfaz de radio está habilitada. El AP de forma predeterminada se ubicó en el canal 7, debido a que es el canal menos saturado al momento de las pruebas. Este comportamiento es producto de la operación de otros APs en la red de producción de la UTP. Estos APs ocupan los canales 1, 6 y 11. Para las pruebas forzaremos al AP de prueba a operar en los canales sugeridos.

The screenshot displays the Cisco Aironet 1130AG Series Access Point web interface. The main content area is titled "Cisco Aironet 1130AG Series Access Point" and shows the configuration and status of the radio interface "Radio0-802.11G".

The configuration table is as follows:

Configuration	
Software Status	Enabled
Operational Rates	1 0 , 2 0 , 5 5 , 6 0 , 9 0 , 1 1 0 , 1 2 0 , 1 8 0 , 2 4 0 , 3 6 0 , 4 8 0 , 5 4 0 Mb/sec
Aironet Extensions	Enabled
Current Radio Channel	2442 MHz Channel 7
Role in Network	Access Point
Hardware Status	Up
Basic Rate	1 0 , 2 0 , 5 5 , 1 1 0 Mb/sec
Carrier Set	Americas
Transmitter Power CCK/OFDM	20 dBm / 17 dBm

The interface statistics table is as follows:

Interface Statistics	
Interface Resets	4
Receive / Transmit Statistics	
Receive	Transmit
5 Min Input Rate (bits/sec)	1000
5 Min Input Rate (packets/sec)	2
Time Since Last Input	00:00:03
Total Packets Input	2230
Total Bytes Input	114566
5 Min Output Rate (bits/sec)	0
5 Min Output Rate (packets/sec)	0
Time Since Last Output	00:00:01
Total Packets Output	111
Total Bytes Output	16776

Figura F.1 Interfaz Web de administración del AP



En la figura F.2 se muestra como se establece el AP en el canal 11.

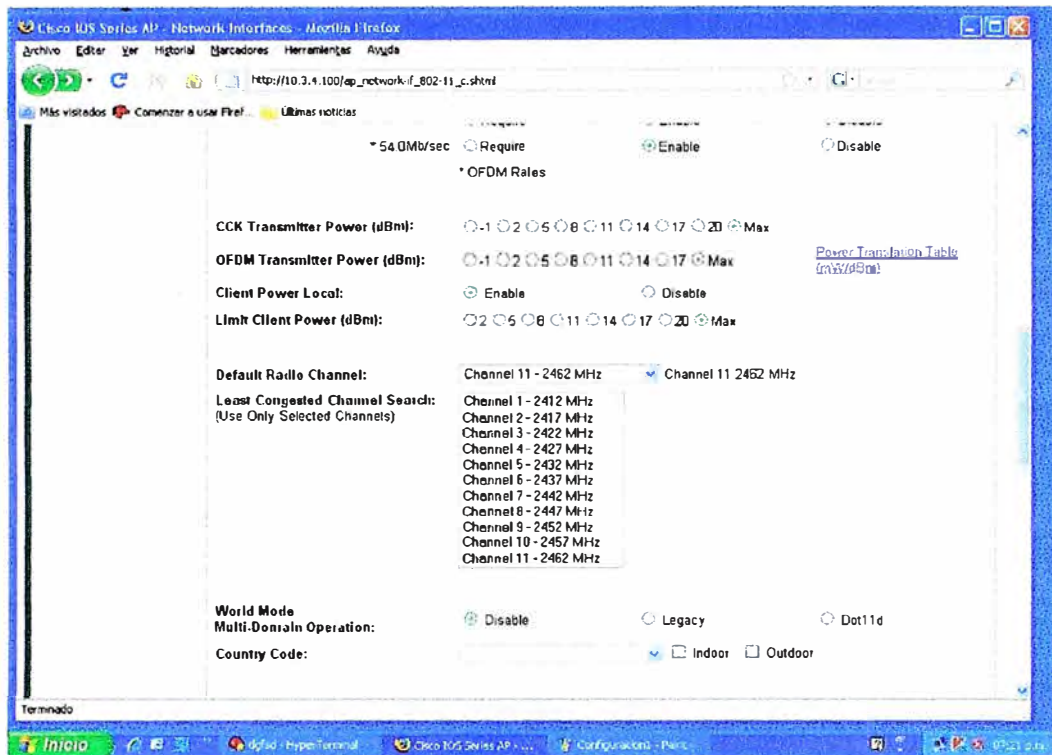


Figura F.2 Estableciendo el AP en el canal 11

En la figura F.3 se muestra como se establece el AP en el canal 6.

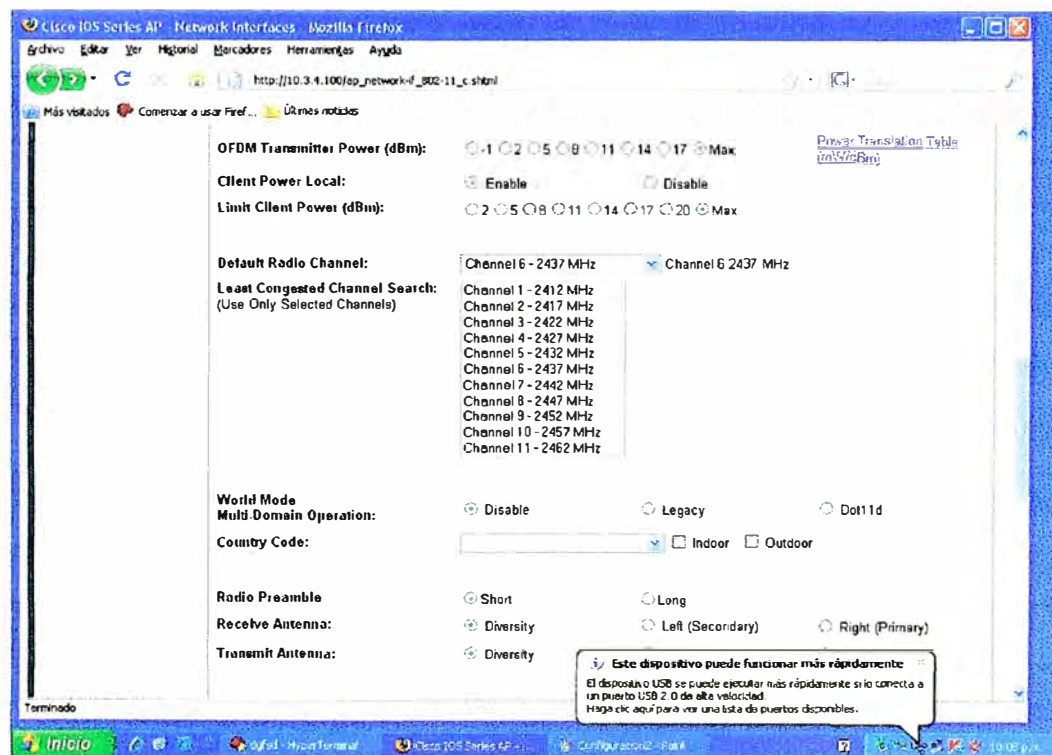


Figura F.3 Estableciendo el AP en el canal 6

En la figura F.4 se muestra como se establece el AP en el canal 1.

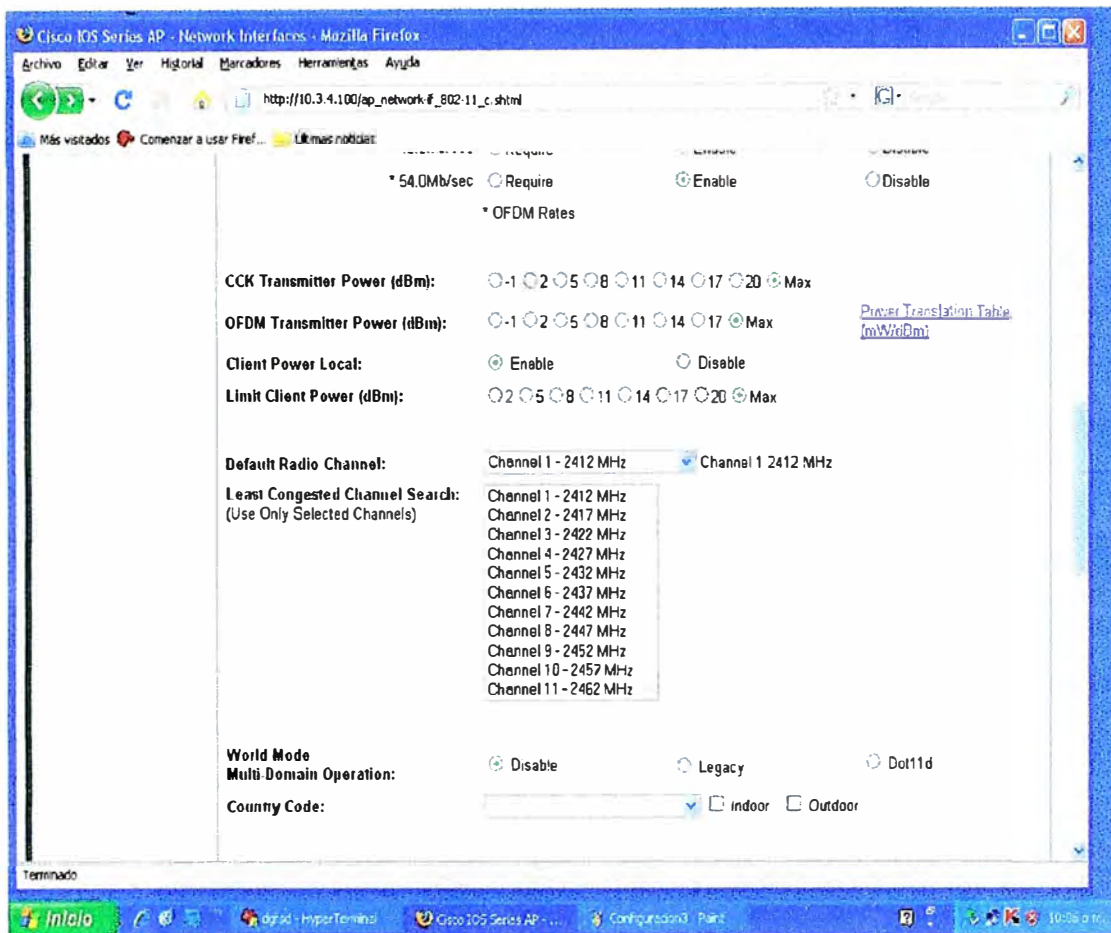


Figura F.4 Estableciendo el AP en el canal 1

#### ➤ Configuración y pruebas desde el cliente con Aironet Desktop Utility ADU

El SSID o nombre de la red es irradiado por el AP. El cliente STA para poder conectarse a la red inalámbrica debe asociarse a dicho SSID. En este caso, el SSID es TitulacionFIEE. Una vez asociado el cliente con la utilidad Aironet Desktop Utility, puede medir la intensidad de la señal. Este factor se obtiene en DBm o en porcentaje; también se obtiene calidad de la señal y ruido en el medio.

En la figura F.5 se muestra cómo se configura en el cliente el perfil Prueba1, este perfil apunta a asociarse al SSID TitulacionFIEE; también se observa que se detectan otras redes que al momento de las pruebas estaban operando. Estas son las redes de SSID ANTENA, CetisUTP y Panduit. Al momento de las pruebas, la red ANTENA estaba operando en el canal 11, por lo que si bien se obtiene una señal con 100% de fuerza y calidad, la tasa de transferencia no será la máxima de 54 Mbps. En el Anexo A los radios marcan el límite de área hasta donde la fuerza de señal cae a 36Mbps.

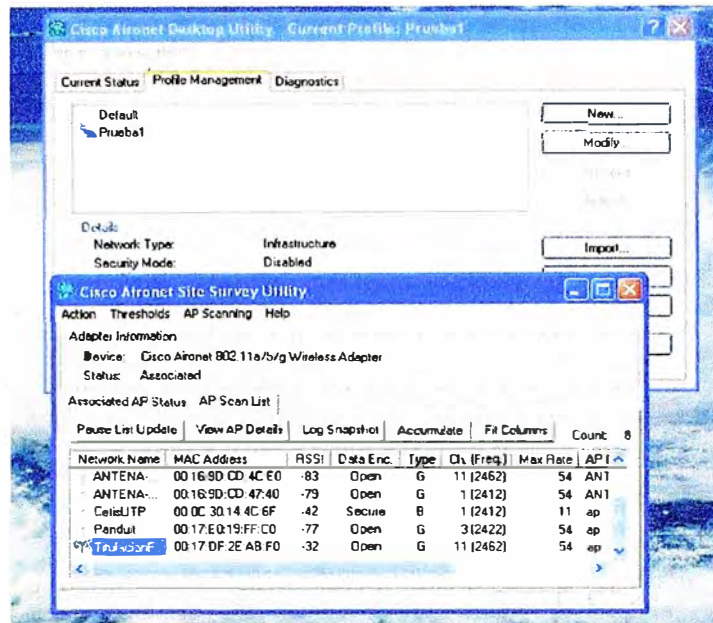


Figura F.5 Configuración y asociación del cliente al SSID TitulacionFIEE

En la figura F.6 se tiene información detallada del AP, donde se obtiene información como el nombre de la red o SSID, su dirección MAC, modo de operación Infraestructura, canal de operación, tasas de transmisiones soportadas.

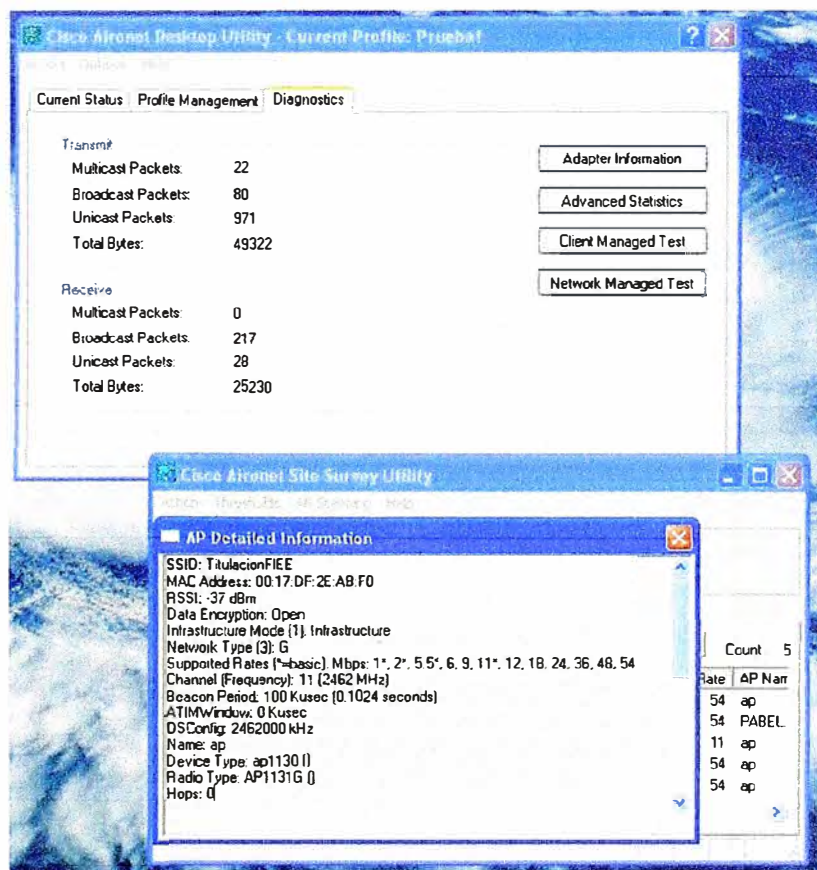


Figura F.6 Información detallada del AP



En la figura F.7 se muestran los valores obtenidos con el AP en el canal 11.

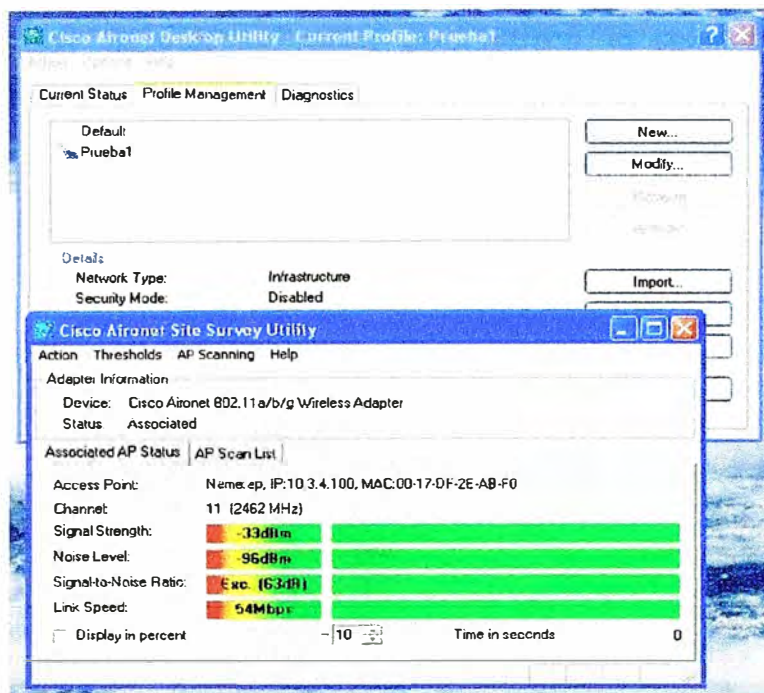


Figura F.7 Medición de señal en el canal 11

En la figura F.8 se muestra los valores obtenidos cuando el AP opera en el canal 11 desde otra posición del sitio entre los radios establecidos en el Anexo A.

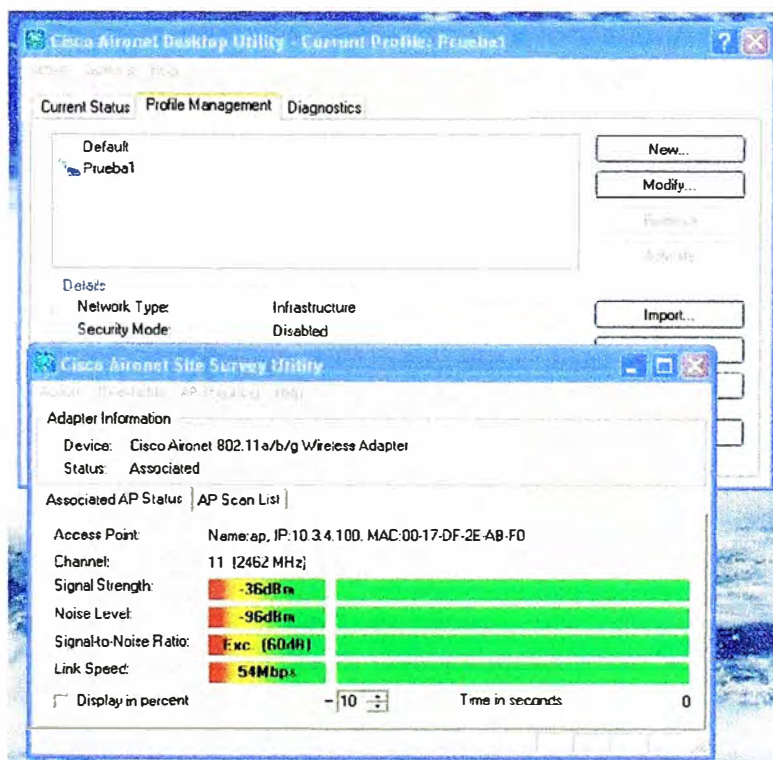


Figura F.8 Medición de señal en el canal 11 para otro punto

En la figura F.9 se muestra los valores obtenidos cuando el AP opera en el canal 11 desde otra posición del sitio fuera de los radios establecidos en el Anexo A. En esta figura se aprecia que pasando los radios establecidos, la señal cae a una tasa de transferencia de 1 Mbps.

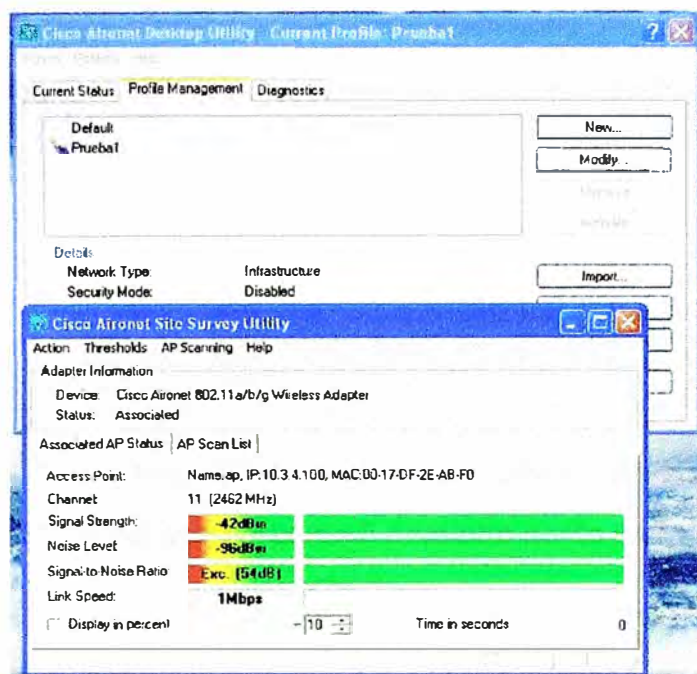


Figura F.9 Medición de señal en el canal 11 para otro punto fuera del área de máxima cobertura

La figura F.10 muestra las pruebas de señal realizadas en el canal 6 dentro del área de cobertura máxima según el Anexo A.

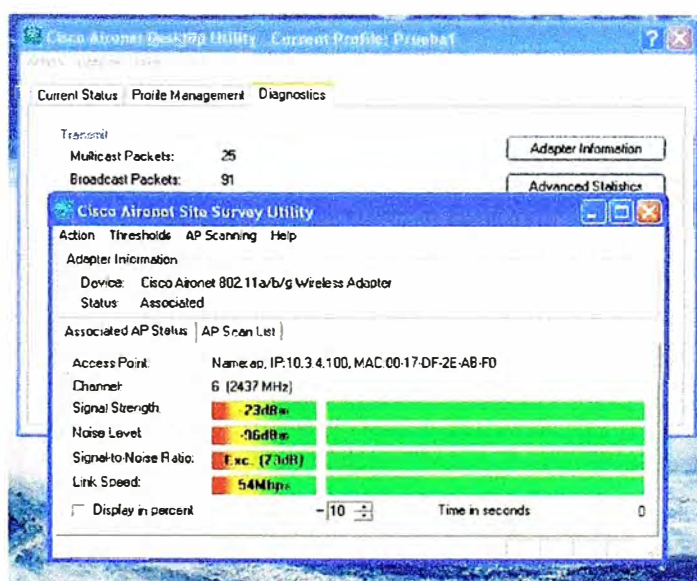
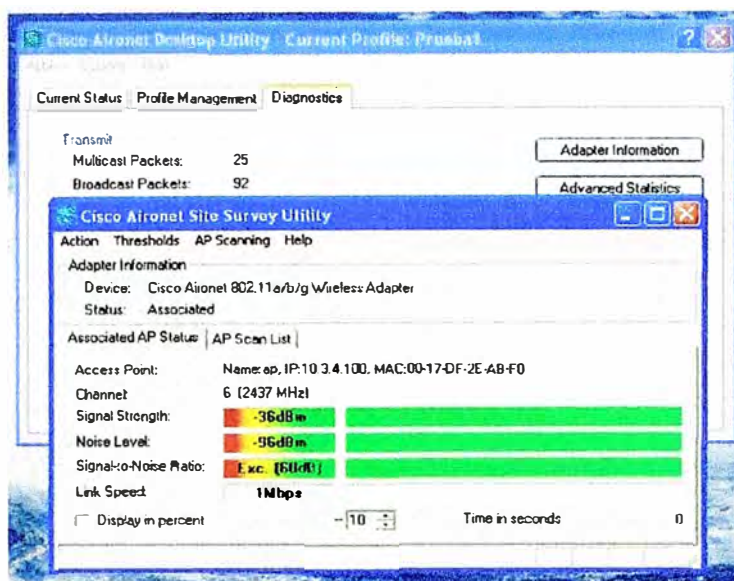


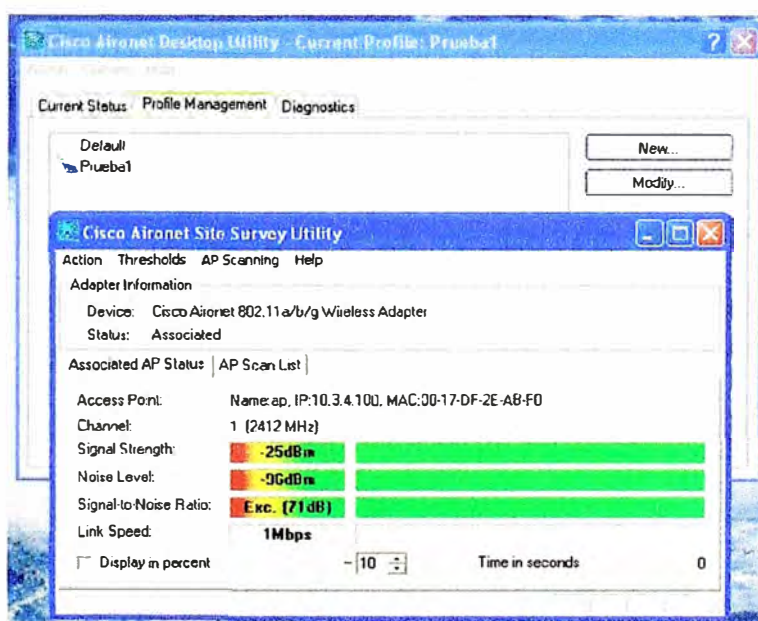
Figura F.10 Medición de señal en el canal 6

En la figura F.11 se muestra los valores obtenidos cuando el AP opera en el canal 6 desde otra posición del sitio fuera de los radios establecidos en el Anexo A



**Figura F.11** Medición de señal en el canal 6 para otro punto fuera del área de máxima cobertura

La figura F.12 muestra las pruebas de señal realizadas en el canal 1. Debido a que este canal se encuentra saturado por la presencia de otros APs que por defecto tienden a usar ese canal, las mediciones resultaron con una tasa mínima de transferencia de 1 Mbps, pero si analizamos en porcentaje, podemos ver que la fuerza de la señal es de 100%.



**Figura F.12** Medición de señal en el canal 1

En la figura F.13 se puede apreciar como la señal realmente se encuentra al 100% en fuerza y calidad.

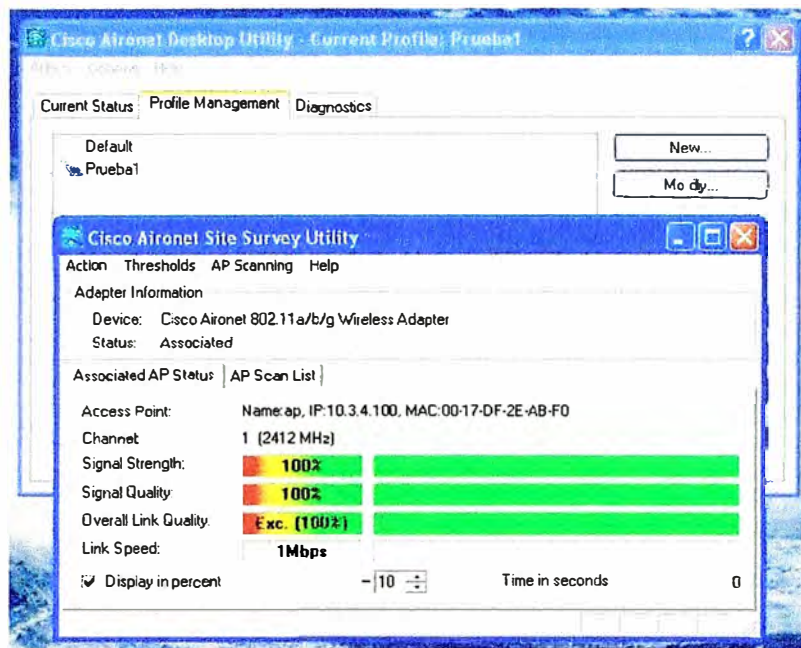


Figura F.13 Medición de señal en el canal 1 en porcentaje



**ANEXO G**  
**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

## ANEXO G

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

- AP.- Access Point
- ARP.- Protocolo de solicitud de dirección
- Base.- Señalización banda base
- Bit.- Dígito binario utilizado en el sistema numérico binario. Puede ser 0 ó 1
- BSS.- Conjunto básico de servicios
- Byte.- Término utilizado para la agrupación de 8 bits
- Cat5e.- Estándar de cableado UTP que soporta hasta 1 Gbps
- Cat6.- Estándar de cableado UTP que soporta hasta 1 Gbps con mayor rendimiento que el Cat5e
- Cat6a.- Estándar de cableado UTP y STP que soporta hasta 10 Gbps
- CCK.- Complementary Code Keying
- CISCO.- Fabricante de dispositivos de red
- Colisión.- Encuentro simultáneo de señales en un mismo medio
- CSMA/CA.- carrier sense multiple access with collision avoidance
- CSMA/CD.- Carrier Sense Multiple Access/with Collision Detection
- DBPSK.- Differential Binary Phase Shift Keying (tipo de modulación)
- DHCP.- Protocolo dinámico de configuración de host
- DIX.- Grupo empresarial conformado por Digital, Intel y Xerox
- DNS.- Sistema de Nombres de Dominio (Domain Name System)
- DS.- Sistema de distribución
- DSSS.- Espectro Esparcido de Secuencia Directa (Direct Sequence Spread Spectrum)
- ESS.- Conjunto de servicios extendidos
- Ethernet.- Tecnología usada en la mayoría de las redes LAN
- Fastethernet.- Tecnología Ethernet de 100 Mbps
- FDX.- Full duplex
- FHSS.- Espectro Esparcido por salto de Frecuencia (Frequency-Hopping Spread Spectrum)
- Gbps.- Gigabits por segundo
- GHz.- Gigahertz
- HDX.- Half duplex
- Host.- Sistema informático en una red

- Hot Standby.- Topología redundante de equipos
- Hub.- Concentrador
- IBSS.- Conjunto de servicios básicos independiente
- IEEE.- Entidad estandarizadora, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
- IEEE 802.- Norma de la IEEE para las redes LAN
- IEEE 802,11.- Norma de la IEEE para redes WLAN
- IEEE 802,3.- Norma de la IEEE basada en el estándar Ethernet
- IEEE 801,11b.- Norma de la IEEE para redes WLAN de 11 Mbps a 2,4 GHz
- IEEE 802,11a.- Norma de la IEEE para redes WLAN de 54 Mbps a 5 GHz
- IEEE 802,11g.- Norma de la IEEE para redes WLAN de 54 Mbps a 2,4 GHz
- IEEE 802,11n.- Norma en desarrollo para mejorar el desempeño de la WLAN
- Indoor.- Al interior
- IP.- Protocolo de Internet
- ISO.- Organización Internacional para la Estandarización
- LAN.- Red de Área Local
- LLC.- Control de Enlace Lógico
- MAC.- Control de Acceso al Medio
- MAN.- Red de Área Metropolitana
- Mbps.- Megabit por segundo
- Nodo.- Punto final de la conexión de una red
- Non-overlapping channel.- Canal de frecuencia de no superposición
- OFDM.- Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- OSI.- Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos
- Outdoor.- Al exterior, al descubierto
- PC.- Computadora personal
- PoE.- Potencia sobre el cable Ethernet (Power Over Ethernet)
- QoS.- Calidad de Servicio (Quality of Service)
- Roaming.- Conectividad con desplazamiento entre celdas en la red inalámbrica
- Router.- Ruteador de paquetes de datos
- Sitio.- Lugar donde se realiza el trabajo de red
- STA.- Estación cliente de la red WLAN (Station)
- Switch.- Conmutador
- Trama.- Conjunto de bits que cumple patrones determinados
- Trunk link.- Enlace troncal

- USB.- Bus Serial Universal
- UTP.- Cable de Par Trenzado (Unshielded Twisted-Pair)
- UTP.- Universidad Tecnológica del Perú
- VLAN.- Red de área local virtual
- WAN.- Red de área amplia

## BIBLIOGRAFÍA

1. Krishna Sankar, Darrin Miller, Andrew Balinsky, Sri Sundaralingam, "Cisco Wireless LAN Security", Cisco Press – EEUU, 2004.
2. Ron Olexa, "Implementing 802.11, 802.16, 802.20 Wireless Networks: Planning, Troubleshooting, and Operations", Butterworth-Heinemann – EEUU, 2004
3. Pejman Roahan, Jonathan Leary, "802.11 Wireless Local-Area Network Fundamentals", Cisco Press – EEUU, 2003
4. Joseph Davies, "Deploying Secure 802.11 Wireless Networks with Microsoft Windows", Microsoft Press, – EEUU, 2003.
5. Daniel Minoli, "Hotspot Networks: WI-Fi for Public Access Locations", McGraw-Hill Professional, – EEUU, 2002
6. Ron Fuller, Arthure Pfund, Robert Padjen, Tim Blankenship, "Building a Cisco Wireless LAN", Syngress Publishing – EEUU, 2002.
7. Neeli Prasad, Anand Prasad, "WLAN Systems and Wireless IP for Next Generation Communications", Artech House, Incorporated – EEUU, 2002.
8. Bob O'Hara, Al Petrick , "The IEEE 802.11 Handbook : A Designer's Companion", IEEE – EEUU, 1999.
9. Bruce Alexander , "802.11 Wireless Network Site Surveying and Installation", Cisco Press – EEUU, 2004.
10. Jim Geier, "Deploying Voice over Wireless LANs", Cisco Press – EEUU, 2007.
11. Jon Edney and William A. Arbaugh, "Real 802.11 Security: Wi-Fi Protected Access and 802.11i", Addison-Wesley – EEUU, 2004.
12. Eldad Perahia and Robert Stacey, "Next Generation Wireless LAN", Cambridge – EEUU, 2008.
13. Andreas Molisch, "Wireless Communications", John Wiley and Sons – England, 2005.