



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES Y REDES

“EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE MÚLTIPLES ANTENAS
MIMO EN EL ESTÁNDAR 802.11n CASO PRACTICO
IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED MIMO.”

TESIS DE GRADO

Previa Obtención del Título de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

Presentado por:
NANCY PAOLA VELOZ PARRA

RIOBAMBA

2010

Expreso mi agradecimiento a las Autoridades y maestros de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y de manera especial al Ingeniero Daniel Haro y al Ingeniero Paul Romero, quienes con sus valiosos criterios me ayudaron para el desarrollo y consecución del presente trabajo de investigación.

Dedico a Dios y a mi familia, de manera muy especial a mi Madre y hermanas, que se han constituido en mi soporte en los momentos difíciles y en la luz que me ha iluminado durante mi carrera.

Además agradezco a mi novio que siempre me ha acompañado y con quien he contado desde que lo conocí.

Nancy Veloz

FIRMAS RESPONSABLES

Ing. Iván Menes

**DECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Ing. José Guerra
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
TELECOMUNICIONES Y REDES**

Ing. Daniel Haro
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Paul Romero
MIEMBRO DE TESIS

Tlgo. Carlos Rodríguez
**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO
DE DOCUMENTACIÓN**

Nota

“Yo: NANCY PAOLA VELOZ PARRA, soy la responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS RESPONSABLES

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

INDICE GENERAL

INDICE DE GRAFICOS

INDICE DE TABLA

INTRODUCCION

CAPÍTULO I

MARCO DE REFERENCIA	14
1.1. Título de la Investigación	14
1.2 Antecedentes	14
1.3. Justificacion	16
1.4. Objetivos	17
1.4.1. Objetivo General	17
1.4.2. Objetivos Específicos	17
1.5. Hipotesis	17

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO	18
2.1 SISTEMAS DE MULTIPLES ANTENAS MIMO	19
2.1.1 Introducción	18
2.1.2. Definicion	19
2.1.3. Versiones	20

2.1.4. Aplicaciones	22
2.2. REDES INALAMBRICAS	23
2.2.1. Introduccion	23
2.2.2. Definicion	24
2.2.3. Tipos de redes cobertura y estandares	25
2.2.4. Aplicaciones	25
2.3. Arquitectura WLAN 802.11	26
2.3.1. Protocolos	28
2.4. Wifi	34
2.4.1. Historia	35
2.4.2. Seguridad	36
2.4.3 Dispositivo	38
2.4.4. Ventajas y desventajas	40
2.5. 802.11n	40
2.5.1. Desventajas	41
2.5.2. Codificacion	43
2.5.3. Numero de antenas	43
2.5.4. Ventajas	44
2.5.5. Desventajas	47
2.6. Capa de enlace	48
2.7. Capa Fisica	51
CAPÍTULO III	
3. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL AMBIENTE	52
3.1. Elaboracion del Ambiente	52
3.2. Metodos de la investigacion	53
3.3. Operacionalizacion metodologica	54
3.4. Poblacion y muestra	54
3.5. Procedimientos generales	55
3.6. Herramientas Utilizadas	55
3.6.1. Equipos a utilizar	55
3.6.2. Materiales a utilizar	60
3.6.3. Servicios	61

3.7. Pruebas de Verificacion	61
3.8. Recoleccion de datos estadisticos	61
CAPÍTULO IV	
4.1. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	62
4.2. Procesamiento de la Informacion	62
4.3.1. Ambiente de experimentacion	63
4.3.2. Resultados de la red 802.11b	64
4.3.3. Resultados de la red 802.11n	65
4.4. Analisis de los rsultados	66
4.5. Resumen de los experimentos realizados	81
4.6. Comprobacion de hipotesis	83
CAPÍTULO V	
5.MARCO PROPOSITIVO	85
5.1. Implementacion de la solucion	85
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
RESUMEN	
SUMMARY	
GLOSARIO	
ANEXOS	
BIBLIOGRAFIA	

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico II.1.- Versiones de las tecnologías MIMO respectivos estándares	20
Gráfico II.2.- Las redes inalámbricas utiliza MIMO	21
Gráfico II.3.- Clasificación según cobertura con los	25
Gráfico II.4.- Router Inalámbrico	38
Gráfico II.5.-Niveles de la Pila TCP/IP	50
Gráfico III.6.-Diseño de la red 802.11n	52
Gráfico III.7.-Diseño de la red 802.11b	53
Gráfico III.8.-Ambiente de experimentación	63
Grafico IV.9.- Paquetes transmitidos en la red 802.11b y n	66
Grafico IV.10.- Paquetes ejecutables perdidos en la red 802.11b y n	68
Grafico IV.11.- Paquetes perdidos de música y video en la red 802.11b y n	68
Grafico IV.12.- Paquetes perdidos en la red 802.11b y n	69
Grafico IV.13.- Ancho de banda de archivos ejecutables	70
Grafico IV.14.- Ancho de banda de música y video	70
Grafico IV.15.- Ancho de banda en la red 802.11b y n	71
Grafico IV.16.- Retardo en la red 802.11b y n	72
Grafico IV.17.- Retardo en la red 802.11b y n	73
Grafico IV.18.- Retardo en la red 802.11b y n	73
Grafico IV.19.- Jitter en la red 802.11b	75
Grafico IV.20.- Jitter en la red 802.11b	75

Grafico IV.21.- Jitter en la red 802.11b	76
Grafico IV.22.- Potencia y frecuencias en la red 802.11b	76
Grafico IV.23.- Potencia y frecuencias en la red 802.11n	77
Grafico IV.24.- Transmisión de datos en la red 802.11n	78
Grafico IV.25.- Transmisión de datos de 2.3 a 2.4 GHz, en la red 802.11n	78
Grafico IV.26.- Canales de Transmisión	79
Grafico IV.27.- Uso del canal de la red 802.11b del 12%	79
Grafico IV.28.- Uso del canal de la red 802.11b chanalyzer	80
Grafico IV.29.- Uso del canal de la red 802.11n del 25%	80
Grafico IV.30.- Uso del canal de la red 802.11n del chanalyzer	81
Grafico IV.31.- Comprobación de la Hipótesis	83
Grafico IV.32.- Comprobación de la Hipótesis en potencia, uso del canal.	83
Grafico IV.33.- Equipos adquiridos para la red n implementada.	85
Grafico IV.34.- Pantalla de ingreso al Router n.	85
Grafico IV.35.- Pantalla de ingreso al Router n.	86
Grafico IV.36.- Pantalla de la seg Router n.	86
Grafico IV.37.- Pantalla de Información básica del Router n.	87
Grafico IV.38.- Pantalla de estado.	87

INDICE DE TABLAS

Tabla II.I Tabla de los estándares Wifi	29
Tabla III.II- Tabla de los Indicadores e índices	54
Tabla III.III- Tabla de los estándares Wifi	55
Tabla IV.IV.- Datos obtenidos en archivos de aplicaciones, 802.11b	64
Tabla IV.V.- Datos obtenidos en archivos ejecutables, 802.11b	64
Tabla IV.VI.- Datos obtenidos en voz y video, 802.11b	64
Tabla IV.VII.- Datos obtenidos en ftp, 802.11n	65
Tabla IV.VIII.- Datos obtenidos en voz, 802.11n	65
Tabla IV.IX.- Datos obtenidos en videos musicales, imágenes, 802.11n	65
Tabla IV.X.- Comparación de paquetes transmitidos en la red b y n	66
Tabla IV.XI.- Comparación de paquetes perdidos en la red b y n	67
Tabla IV.XII.- Comparación de paquetes perdidos.	67
Tabla IV.XIII.- Comparación del ancho de banda en la red b y n	69
Tabla IV.XIV.- Comparación del ancho de banda en la red b y n	70
Tabla IV.XV.- Comparación del retardo en	72

la red b y n	
Tabla IV.XVI.- Comparación del retardo en la red b y n	72
Tabla IV.XVII.- Comparación del ancho de banda en el ambiente 1 y 2	74
Tabla IV.XVIII.- Comparación del ancho de banda en el ambiente 1 y 2	74
Tabla IV.XIX.- Datos de la potencia en la red b.	76
Tabla IV.XX.- Datos de la potencia en la red n.	78
Tabla IV.XXI.- Datos de los indicadores en ambas redes.	82

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se realizó la recolección de la información y su procesamiento para evaluar los sistemas de múltiples antenas MIMO, mediante la comparación de los estándares de redes inalámbricas 802.11b y 802.11n y de esta forma determinar el que posee mejor ventajas para la implementación.

El rendimiento y la eficiencia el momento de utilizar una red ya sea en el hogar, en una empresa o instituciones, es de vital importancia. Para lo cual los administradores de la red, deben identificar mecanismos y herramientas que les permita transmitir de una manera oportuna la información.

Actualmente mediante el avance de la tecnología y uso de equipos informáticos se pone a disposición una gran variedad de estándares para redes inalámbricas la cual es de interés diverso y debe buscarse las distintas herramientas o estándares que puedan mantener un nivel de rendimiento que nos permita garantizar el funcionamiento óptimo de la red.

MIMO es una nueva tecnología implementada en grandes estándares de redes de banda ancha y se pone a disposición en el estándar 802.11n el cual es poco utilizado por su leve conocimiento. .

En el presente trabajo se pondrá a consideración el uso de varias herramientas entre las cuales tenemos WIRESHARK entre otras.

WIRESHARK es una herramienta gráfica utilizada por los profesionales y/o administradores de la red para identificar y analizar el tipo tráfico en un momento determinado, permite analizar los paquetes de datos en una red activa como también desde un archivo de lectura previamente generado.

CAPÍTULO I

MARCO DE REFERENCIA

1.1. Título de la Investigación

“EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE MÚLTIPLES ANTENAS MIMO EN EL ESTÁNDAR 802.11n CASO PRACTICO IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED MIMO.”

1.2. Antecedentes

El auge de Internet y de las comunicaciones multimedia demanda mayores velocidades de transmisión y anchos de banda superiores. En las comunicaciones inalámbricas, el canal radio es un medio de transmisión hostil debido a los desvanecimientos generados por la propagación multicamino, que reduce la calidad y fiabilidad del canal y en consecuencia la velocidad de comunicación. Por otra parte, el espectro radio es un recurso limitado y saturado que impide libres asignaciones de ancho de banda. Los sistemas de múltiples transmisores y múltiples receptores (sistemas MIMO) permiten

superar estas limitaciones y satisfacer la demanda de altas tasas de transmisión de datos. Tales son sus prestaciones que los sistemas MIMO se presentan como opcionales o recomendados en los principales estándares y proyectos que se desarrollan actualmente como 3GPP - HSDPA, IEEE 802.11n, IEEE 802.16, IEEE 802.20 o IS-856 (evolución de cdma2000).

De todas las versiones de 802.11xx, el estándar 802.11n utiliza el sistema de múltiples antenas MIMO por lo que vamos a implementar un prototipo de red bajo esta tecnología.

En la actualidad el estándar 802.11n que sube el límite teórico hasta los 600 Mbps. Actualmente ya existen varios productos que cumplen el estándar N con un máximo de 300 Mbps (80-100 estables).

El estándar 802.11n hace uso simultáneo de ambas bandas, 2,4 Ghz y 5,4 Ghz.

La principal ventaja que diferencia Wifi de otras tecnologías propietarias, como LTE, UMTS y Wimax es que únicamente están accesibles a los usuarios mediante la suscripción a los servicios de un operador que autorizado para uso de espectro radioeléctrico, mediante concesión de ámbito nacional.

Es por esto que la implementación se realizara utilizando Wifi ya que es indispensable conocer las ventajas tanto en el funcionamiento como en el rendimiento, que nos proporciona estas grandes herramientas para su utilización correcta.

1.3 Justificación del proyecto de tesis

El presente proyecto pretende realizar una evaluación del funcionamiento de los sistemas de múltiples antenas MIMO mediante la utilización del estándar 802.11n en la implementación de una red real.

En la actualidad hay una gran gama de equipos modernos diseñados con el estándar 802.11n, de ahí la razón por la que se desarrollara la red bajo este estándar siendo de gran importancia el estudio ya que existe una gran demanda de usuarios que requieren de conexiones wireless y para la utilización correcta de estos dispositivos en donde podrán apreciar las ventajas de poseer equipos con el sistema de múltiples antenas MIMO.

Ayudándonos de varias herramientas para capturar tráfico, realizaremos algunas pruebas sobre algunos escenarios WLAN que nos permitan mostrar una de las mejoras más importantes del sistema MIMO en las tecnologías inalámbricas que necesitan transmitirse en tiempo real.

Con la realización e implementación de éste Proyecto, se logrará verificar las ventajas de poseer una red inalámbrica bajo el estándar 802.11n, sobre una red 802.11b, en ambientes de transferencia de voz, video y datos en la transmisión de paquetes, tiempos y retardos de transmisión, jitters velocidades de transmisión o carga útil en la red.

Es por esto que resulta ser un tema práctico y muy aplicable, además de brindar varios beneficios, en el que se podrá aplicar todos los conocimientos adquiridos en las aulas de clase, tornándose en una guía para los estudiantes de la Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones y Redes para investigaciones futuras.

1.4. Objetivos

Objetivo General

Evaluar el rendimiento, beneficios y ventajas de los sistemas MIMO bajo el estándar 802.11n.

Objetivos Específicos

- Investigar y operar las tarjetas y Router que manejan sistemas de múltiples antenas en nuestro caso equipos bajo el estándar 802.11n.
- Caracterizar el funcionamiento de MIMO.
- Evaluar el rendimiento en aplicaciones multimedia.
- Implementar una red inalámbrica que utilice sistemas de antenas MIMO.

1.5. Hipótesis.

Con la realización del proyecto de tesis se podrá evaluar el rendimiento de los sistemas de múltiples antenas MIMO en el estándar de 802.11n

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMAS DE MÚLTIPLES ANTENAS MIMO

2.1.1 Introducción

Mimo usa un sistema inteligente de antenas para aumentar notablemente el alcance del sistema inalámbrico y para mantener unas tasas de velocidad, aunque no muy superiores, si mucho mas estabilizadas. Para maximizar el alcance se establece un nuevo sistema de antenas, normalmente caracterizado por tres antenas. Lo que ocurre actualmente en un entorno cerrado como un domicilio de una o más plantas es que la señal se ve repetida por muebles metálicos, electrodomésticos, los propios compuestos de la fabricación, etc. Esto se traduce en que la señal se ve interferida por sus propios rebotes en estos elementos y por otras fuentes de interferencias que usan rangos de frecuencia similares como teléfonos inalámbricos, microondas, monitores para bebés y como no las redes inalámbricas de nuestros vecinos. Todo esto reduce notablemente la capacidad y el alcance.

El sistema de múltiples antenas del MIMO permite que cada antena ajuste de forma dinámica la recepción y la emisión de datos maximizando el alcance del mismo sobretodo en entornos muy cargados. Además de aumentar el alcance de la red y evitar

interferencias el MIMO también permite menos pérdida de velocidad a largas distancias. Existen ya múltiples productos MIMO en el mercado, antes de que salga la estandarización, por lo que son sistemas "propietarios" que normalmente necesitan de aparatos compatibles tanto en los puntos de acceso como en las tarjetas de cada aparato. Cuando este sistema se estandarice cualquier producto 802.11n podrá aprovechar cualquier punto de acceso compatible, no habrá diferenciación entre marcas, no por lo menos, hasta que cada fabricante lance soluciones personalizadas como es ahora el MIMO.

2.1.2 Definición de MIMO es el acrónimo en inglés de *Múltiple-input Múltiple-output* (en español, *Múltiple entrada múltiple salida*).

Se refiere específicamente a la forma como son manejadas las ondas de transmisión y recepción en antenas para dispositivos inalámbricos como enrutadores. En el formato de transmisión inalámbrica tradicional la señal se ve afectada por reflexiones, lo que ocasiona degradación o corrupción de la misma y por lo tanto pérdida de datos.

MIMO aprovecha fenómenos físicos como la propagación multicamino para incrementar la tasa de transmisión y reducir la tasa de error. En breves palabras MIMO aumenta la eficiencia espectral de un sistema de comunicación inalámbrica por medio de la utilización del dominio espacial.

Durante los últimos años la tecnología MIMO ha sido aclamada en las comunicaciones inalámbricas ya que aumenta significativamente la tasa de transferencia de información utilizando diferentes canales en la transmisión de datos o la multiplicación espacial por tener las antenas físicamente separadas

2.1.3 Versiones de la tecnología MIMO



Gráfico II.1.- Versiones de las tecnologías MIMO

- **MIMO:** Multiple input multiple output; este es el caso en el que tanto transmisor como receptor poseen varias antenas.
- **MISO:** Multiple input Single output; en el caso de una única antena de emisión y varias antenas en el receptor.
- **SIMO:** *Single input multiple output*; en el caso de varias cadenas de emisión pero únicamente una en el receptor.

Este conjunto de antenas es usado en función de la tecnología dentro de MIMO que se vaya a usar. Principalmente hay tres categorías de tecnología MIMO:

- **Beamforming:** Consiste en la formación de una onda de señal reforzada mediante el desfase en distintas antenas. Sus principales ventajas son una mayor ganancia de señal además de una menor atenuación con la distancia. Gracias a la ausencia de dispersión el beamforming da lugar a un patrón bien definido pero direccional. En este tipo de transmisiones se hace necesario el uso de dominios de

beamforming, sobre todo en el caso de múltiples antenas de transmisión. Hay que tener en cuenta que el beamforming requiere el conocimiento previo del canal a utilizar en el transmisor.

- **Spatial multiplexing**(multiplexación espacial): Consiste en la multiplexación de una señal de mayor ancho de banda en señales de menor ancho de banda iguales transmitidas desde distintas antenas. Si estas señales llegan con la suficiente separación en el tiempo al receptor este es capaz de distinguir las creando así múltiples canales en anchos de banda mínimos. Esta es una muy buena técnica para aumentar la tasa de transmisión, sobre todo en entornos hostiles a nivel de relación señal ruido. Únicamente está limitado por el número de antenas disponibles tanto en receptor como en transmisor. No requiere el conocimiento previo del canal en el transmisor o receptor. Para este tipo de transmisiones es obligatoria una configuración de antenas MIMO.
- **Diversidad de código**: Son una serie de técnicas que se emplean en medios en los que por alguna razón solo se puede emplear un único canal, codificando la transmisión mediante espaciado en el tiempo y la diversidad de señales disponibles dando lugar al código espacio-tiempo. La emisión desde varias antenas basándose en principios de ortogonalidad es aprovechada para aumentar la diversidad de la señal.

La multiplexación espacial puede ser combinada con el Beamforming cuando el canal es conocido en el transmisor o combinado con la diversidad de código cuando no es así. La distancia física entre las antenas ha de ser grande en la estación base para así permitir

múltiples longitudes de onda. El espaciado de las antenas en el receptor tiene que ser de al menos 0,3 veces la longitud de onda para poder distinguir las señales con claridad.

2.1.4 Aplicaciones de la tecnología MIMO

El estándar en desarrollo IEEE 802.11n utilizará esta tecnología para lograr velocidades hipotéticas de hasta 600 Mbit/s, esto es 10 veces más que el límite teórico del 802.11g, el protocolo de red inalámbrico más utilizado desde inicios del siglo XXI.

Además de esto está prevista su utilización en los llamados terminales de 4G, los cuales han sido ya probados experimentalmente con éxito logrando tasas de transferencia de hasta 100 Mbit/s a una distancia de 200 m.



Gráfico II.2.- Las redes inalámbricas en las que se utiliza MIMO

2.2 Redes inalámbricas.

2.2.1 Introducción

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica. Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar, como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos.

No se espera que las redes inalámbricas lleguen a remplazar a las redes cableadas. Estas ofrecen velocidades de transmisión mayores que las logradas con la tecnología inalámbrica. Mientras que las redes inalámbricas actuales ofrecen velocidades de 2 Mbps, las redes cableadas ofrecen velocidades de 10 Mbps y se espera que alcancen velocidades de hasta 100 Mbps. Los sistemas de Cable de Fibra Optica logran velocidades aún mayores, y pensando futuristamente se espera que las redes inalámbricas alcancen velocidades de solo 10 Mbps.

Sin embargo se pueden mezclar las redes cableadas y las inalámbricas, y de esta manera generar una "Red Híbrida" y poder resolver los últimos metros hacia la estación. Se puede considerar que el sistema cableado sea la parte principal y la inalámbrica le proporcione movilidad adicional al equipo y el operador se pueda desplazar con facilidad dentro de un almacén o una oficina.

2.2.2 Definición de una red inalámbrica

Como su nombre lo indica, una red en la que dos o más terminales se pueden comunicar sin la necesidad de una conexión por cable.

Con las redes inalámbricas, un usuario puede mantenerse conectado cuando se desplaza dentro de una determinada área geográfica. Por esta razón, a veces se utiliza el término "movilidad" cuando se trata este tema.

Las redes inalámbricas se basan en un enlace que utiliza ondas electromagnéticas (radio e infrarrojo) en lugar de cableado estándar. Hay muchas tecnologías diferentes que se diferencian por la frecuencia de transmisión que utilizan, y el alcance y la velocidad de sus transmisiones.

Las redes inalámbricas permiten que los dispositivos remotos se conecten sin dificultad, ya se encuentren a unos metros de distancia como a varios kilómetros. Asimismo, la instalación de estas redes no requiere de ningún cambio significativo en la infraestructura existente como pasa con las redes cableadas. Tampoco hay necesidad de agujerear las paredes para pasar cables ni de instalar porta cables o conectores. Esto ha hecho que el uso de esta tecnología se extienda con rapidez.

Por el otro lado, existen algunas cuestiones relacionadas con la regulación legal del espectro electromagnético. Las ondas electromagnéticas se transmiten a través de muchos dispositivos (de uso militar, científico y de aficionados), pero son propensos a las interferencias. Por esta razón, todos los países necesitan regulaciones que definan los rangos de frecuencia y la potencia de transmisión que se permite a cada categoría de uso.

Además, las ondas hertzianas no se confinan fácilmente a una superficie geográfica restringida. Por este motivo, un hacker puede, con facilidad, escuchar una red si los datos que se transmiten no están codificados. Por lo tanto, se deben tomar medidas para garantizar la privacidad de los datos que se transmiten a través de redes inalámbricas.

2.2.4. Tipos según la Cobertura y estándares.

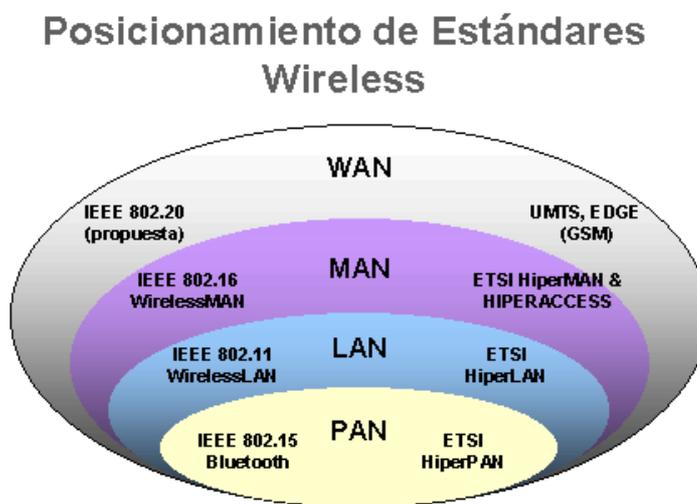


Gráfico II.3.- Clasificación según su cobertura con los respectivos estándares

2.2.5. APLICACIONES

Las bandas más importantes con aplicaciones inalámbricas, del rango de frecuencias que abarcan las ondas de radio, son la VLF (comunicaciones en navegación y submarinos), LF (radio AM de onda larga), MF (radio AM de onda media), HF (radio AM de onda corta), VHF (radio FM y TV), UHF (TV).

Mediante las microondas terrestres, existen diferentes aplicaciones basadas en protocolos como Bluetooth o ZigBee para interconectar ordenadores portátiles, PDAs, teléfonos u otros aparatos. También se utilizan las microondas para comunicaciones con radares (detección de velocidad u otras características de objetos remotos) y para la televisión digital terrestre.

Las microondas por satélite se usan para la difusión de televisión por satélite, transmisión telefónica a larga distancia y en redes privadas, por ejemplo.

Los infrarrojos tienen aplicaciones como la comunicación a corta distancia de los ordenadores con sus periféricos. También se utilizan para mandos a distancia, ya que así no interfieren con otras señales electromagnéticas, por ejemplo la señal de televisión. Uno de los estándares más usados en estas comunicaciones es el IrDA (Infrared Data Association). Otros usos que tienen los infrarrojos son técnicas como la termografía, la cual permite determinar la temperatura de objetos a distancia.

2.3 Arquitectura de Wlan IEEE 802.11.

El estándar IEEE 802.11 define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. Los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local y redes de área metropolitana.

Wifi N ó 802.11n: En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación b o g , sin embargo ya se ha ratificado el estándar 802.11n que sube el límite teórico hasta los 600 Mbps. Actualmente ya existen varios productos que cumplen el estándar N con un máximo de 300 Mbps (80-100 estables).

El estándar 802.11n hace uso simultáneo de ambas bandas, 2,4 Ghz y 5,4 Ghz. Las redes que trabajan bajo los estándares 802.11b y 802.11g, tras la reciente ratificación del estándar, se empiezan a fabricar de forma masiva y es objeto de promociones de los operadores ADSL, de forma que la masificación de la citada tecnología parece estar en camino. Todas las versiones de 802.11xx, aportan la ventaja de ser compatibles entre sí, de forma que el usuario no necesitará nada más que su adaptador wifi integrado, para poder conectarse a la red.

Sin duda esta es la principal ventaja que diferencia wifi de otras tecnologías propietarias, como LTE, UMTS y Wimax, las tres tecnologías mencionadas, únicamente están accesibles a los usuarios mediante la suscripción a los servicios de un operador que está autorizado para uso de espectro radioeléctrico, mediante concesión de ámbito nacional.

La mayor parte de los fabricantes ya incorpora a sus líneas de producción equipos wifi 802.11n, por este motivo la oferta ADSL, ya suele venir acompañada de wifi 802.11n, como novedad en el mercado de usuario doméstico. Conceptos Generales

Estaciones: computadores o dispositivos con interfaz inalámbrica.

Medio: se pueden definir dos, la radiofrecuencia y los infrarrojos.

Punto de acceso (AP): tiene las funciones de un puente (conecta dos redes con niveles de enlace parecidos o distintos), y realiza por tanto las conversiones de trama pertinente.

Sistema de distribución: importantes ya que proporcionan movilidad entre AP, para tramas entre distintos puntos de acceso o con los terminales, ayudan ya que es el mecánico que controla donde está la estación para enviarle las tramas.

Conjunto de servicio básico (BSS): grupo de estaciones que se intercomunican entre ellas. Se define dos tipos:

Independientes: cuando las estaciones, se intercomunican directamente.

Infraestructura: cuando se comunican todas a través de un punto de acceso.

Conjunto de servicio Extendido (ESS): es la unión de varios BSS.

Área de Servicio Básico (BSA): es la zona donde se comunican las estaciones de una misma BSS, se definen dependiendo del medio.

Movilidad: este es un concepto importante en las redes 802.11, ya que lo que indica es la capacidad de cambiar la ubicación de los terminales, variando la BSS. La transición será correcta si se realiza dentro del mismo ESS en otro caso no se podrá realizar.

Límites de la red: los límites de las redes 802.11 son difusos ya que pueden solaparse diferentes BSS.

2.3.1. Protocolos

802.11 legacy

La versión original del estándar IEEE 802.11 publicada en 1997 especifica dos velocidades de transmisión teóricas de 1 y 2 megabits por segundo (Mbit/s) que se transmiten por señales infrarrojas (IR). IR sigue siendo parte del estándar, si bien no hay implementaciones disponibles.

El estándar original también define el protocolo CSMA/CA (Múltiple acceso por detección de portadora evitando colisiones) como método de acceso. Una parte importante de la velocidad de transmisión teórica se utiliza en las necesidades de esta codificación para mejorar la calidad de la transmisión bajo condiciones ambientales diversas, lo cual se tradujo en dificultades de interoperabilidad entre equipos de diferentes marcas. Estas y otras debilidades fueron corregidas en el estándar 802.11b, que fue el primero de esta familia en alcanzar amplia aceptación entre los consumidores.

Tabla II.I- Tabla de los estándares Wifi

Estándar	Nombre	Descripción
802.11a	Wifi5	El estándar 802.11 (llamado WiFi 5) admite un ancho de banda superior (el rendimiento total máximo es de 54 Mbps aunque en la práctica es de 30 Mbps). El estándar 802.11a provee ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 GHz.
802.11b	Wifi	El estándar 802.11 es el más

<p>802.11c</p>	<p>Combinación del 802.11 y el 802.1d</p>	<p>utilizado actualmente. Ofrece un rendimiento total máximo de 11 Mbps (6 Mbps en la práctica) y tiene un alcance de hasta 300 metros en un espacio abierto. Utiliza el rango de frecuencia de 2,4 GHz con tres canales de radio disponibles.</p>
<p>802.11d</p>	<p>Internacionalización</p>	<p>El estándar 802.11d es un complemento del estándar 802.11 que está pensado para permitir el uso internacional de las redes 802.11 locales. Permite que distintos dispositivos intercambien</p>

		<p>información en rangos de frecuencia según lo que se permite en el país de origen del dispositivo.</p>
<p>802.11e</p>	<p>Mejora de la calidad del servicio</p>	<p>El estándar 802.11e está destinado a mejorar la calidad del servicio en el nivel de la capa de enlace de datos. El objetivo del estándar es definir los requisitos de diferentes paquetes en cuanto al ancho de banda y al retardo de transmisión para permitir mejores transmisiones de audio y vídeo.</p>
<p>802.11f</p>	<p>Itinerancia</p>	<p>Para proveedores de puntos de acceso que permite que los productos sean más compatibles. Utiliza el protocolo IAPP que le permite a un usuario itinerante cambiarse claramente de un punto</p>

<p>802.11g</p>		<p>de acceso a otro mientras está en movimiento sin importar qué marcas de puntos de acceso se usan en la infraestructura de la red.</p> <p>El estándar 802.11g ofrece un ancho de banda elevado (con un rendimiento total máximo de 54 Mbps pero de 30 Mbps en la práctica) en el rango de frecuencia de 2,4 GHz. El estándar 802.11g es compatible con el estándar anterior, el 802.11b, lo que significa que los dispositivos que admiten el estándar 802.11g también pueden funcionar con el 802.11b.</p>
<p>802.11h</p>		<p>El estándar 802.11h tiene por objeto unir el estándar 802.11 con el estándar europeo (HiperLAN 2, de ahí la h de 802.11h) y cumplir con las regulaciones europeas</p>

<p>802.11i</p>		<p>relacionadas con el uso de las frecuencias y el rendimiento energético.</p> <p>El estándar 802.11i está destinado a mejorar la seguridad en la transferencia de datos (al administrar y distribuir claves, y al implementar el cifrado y la autenticación). Este estándar se basa en el AES (estándar de cifrado avanzado) y puede cifrar transmisiones que se ejecutan en las tecnologías 802.11a, 802.11b y 802.11g.</p>
<p>802.11r</p>		<p>El estándar 802.11r se elaboró para que pueda usar señales infrarrojas. Este estándar se ha vuelto tecnológicamente obsoleto.</p>

Punto de acceso inalámbrico. Es una marca de la Wi-Fi Alliance (anteriormente la WECA: Wireless Ethernet Compatibility Alliance), la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11 relacionados a redes inalámbricas de área local.

2.4.1. Historia

Nokia y Symbol Technologies crearon en 1999 una asociación conocida como WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance, Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica). Esta asociación pasó a denominarse Wi-Fi Alliance en 2003. El objetivo de la misma fue crear una marca que permitiese fomentar más fácilmente la tecnología inalámbrica y asegurar la compatibilidad de equipos.

De esta forma, en abril de 2000 WECA certifica la interoperabilidad de equipos según la norma IEEE 802.11b, bajo la marca Wi-Fi. Esto quiere decir que el usuario tiene la garantía de que todos los equipos que tengan el sello Wi-Fi pueden trabajar juntos sin problemas, independientemente del fabricante de cada uno de ellos. Se puede obtener un listado completo de equipos que tienen la certificación Wi-Fi en Alliance - Certified Products.

En el año 2002 la asociación WECA estaba formada ya por casi 150 miembros en su totalidad.

La norma IEEE 802.11 fue diseñada para sustituir el equivalente a las capas físicas y MAC de la norma 802.3 (Ethernet). Esto quiere decir que en lo único que se diferencia una red Wi-Fi de una red Ethernet es en cómo se transmiten las tramas o paquetes de

datos; el resto es idéntico. Por tanto, una red local inalámbrica 802.11 es completamente compatible con todos los servicios de las redes locales (LAN) de cable 802.3 (Ethernet).

Seguridad y fiabilidad

Uno de los problemas más graves a los cuales se enfrenta actualmente la tecnología Wi-Fi es la progresiva saturación del espectro radioeléctrico, debido a la masificación de usuarios, esto afecta especialmente en las conexiones de larga distancia (mayor de 100 metros). En realidad Wi-Fi está diseñado para conectar ordenadores a la red a distancias reducidas, cualquier uso de mayor alcance está expuesto a un excesivo riesgo de interferencias.

Un muy elevado porcentaje de redes son instalados sin tener en consideración la seguridad convirtiendo así sus redes en redes abiertas (o completamente vulnerables a los crackers), sin proteger la información que por ellas circulan.

2.4.2. Seguridad de estas redes.

Las más comunes son la utilización de protocolos de cifrado de datos para los estándares Wi-Fi como el WEP, el WPA, o el WPA2 que se encargan de codificar la información transmitida para proteger su confidencialidad, proporcionados por los propios dispositivos inalámbricos. La mayoría de las formas son las siguientes:

WEP: cifra los datos en su red de forma que sólo el destinatario deseado pueda acceder a ellos. Los cifrados de 64 y 128 bits son dos niveles de seguridad WEP. WEP codifica los datos mediante una “clave” de cifrado antes de enviarlo al aire. Este tipo de cifrado no

está muy recomendado, debido a las grandes vulnerabilidades que presenta, ya que cualquier cracker puede conseguir sacar la clave.

WPA: presenta mejoras como generación dinámica de la clave de acceso. Las claves se insertan como de dígitos alfanuméricos, sin restricción de longitud

IPSEC (túneles IP) en el caso de las VPN y el conjunto de estándares IEEE 802.1X, que permite la autenticación y autorización de usuarios.

Filtrado de MAC, de manera que sólo se permite acceso a la red a aquellos dispositivos autorizados. Es lo más recomendable si solo se va a usar con los mismos equipos, y si son pocos.

Ocultación del punto de acceso: se puede ocultar el punto de acceso (Router) de manera que sea invisible a otros usuarios.

El protocolo de seguridad llamado WPA2 (estándar 802.11i), que es una mejora relativa a WPA. En principio es el protocolo de seguridad más seguro para Wi-Fi en este momento. Sin embargo requieren hardware y software compatibles, ya que los antiguos no lo son.

Sin embargo, no existe ninguna alternativa totalmente fiable, ya que todas ellas son susceptibles de ser vulneradas.

2.4.3. Dispositivos



Gráfico II.4.- Router Inalámbrico

Existen varios dispositivos que permiten interconectar elementos Wi-Fi, de forma que puedan interactuar entre sí. Entre ellos destacan los routers, puntos de acceso, para la emisión de la señal Wi-Fi y las tarjetas receptoras para conectar a la computadora personal, ya sean internas (tarjetas PCI) o bien USB.

Los puntos de acceso funcionan a modo de emisor remoto, es decir, en lugares donde la señal Wi-Fi del router no tenga suficiente radio se colocan estos dispositivos, que reciben la señal bien por un cable UTP que se lleve hasta él o bien que capturen la señal débil y la amplifican (aunque para este último caso existen aparatos especializados que ofrecen un mayor rendimiento).

Los router son los que reciben la señal de la línea ofrecida por el operador de telefonía. Se encargan de todos los problemas inherentes a la recepción de la señal, incluidos el control de errores y extracción de la información, para que los diferentes niveles de red puedan trabajar. Además, el router efectúa el reparto de la señal, de forma muy eficiente.

Router WiFi. Además de routers, hay otros dispositivos que pueden encargarse de la distribución de la señal, aunque no pueden encargarse de las tareas de recepción, como pueden ser hubs y switches. Estos dispositivos son mucho más sencillos que los routers, pero también su rendimiento en la red de área local es muy inferior

Los dispositivos de recepción abarcan tres tipos mayoritarios: tarjetas PCI, tarjetas PCMCIA y tarjetas USB:

Tarjeta USB para Wi-Fi. Las tarjetas PCI para Wi-Fi se agregan a los ordenadores de sobremesa. Hoy en día están perdiendo terreno debido a las tarjetas USB.

- ✓ Las tarjetas PCMCIA son un modelo que se utilizó mucho en los primeros ordenadores portátiles, aunque están cayendo en desuso, debido a la integración de tarjeta inalámbricas internas en estos ordenadores. La mayor parte de estas tarjetas solo son capaces de llegar hasta la tecnología B de Wi-Fi, no permitiendo por tanto disfrutar de una velocidad de transmisión demasiado elevada
- ✓ Las tarjetas USB para Wi-Fi son el tipo de tarjeta más común que existe y más sencillo de conectar a un pc, ya sea de sobremesa o portátil, haciendo uso de todas las ventajas que tiene la tecnología USB. Además, algunas ya ofrecen la posibilidad de utilizar la llamada tecnología PreN, que aún no está estandarizada.

También existen impresoras, cámaras Web y otros periféricos que funcionan con la tecnología Wi-Fi, permitiendo un ahorro de mucho cableado en las instalaciones de redes.

En relación con los drivers, existen directorios de "Chipsets de adaptadores Wireless".

2.4.4. Ventajas y desventajas

- ✓ Al ser redes inalámbricas, la comodidad que ofrecen es muy superior a las redes cableadas porque cualquiera que tenga acceso a la red puede conectarse desde distintos puntos dentro de un rango suficientemente amplio de espacio.
- ✓ Una vez configuradas, las redes Wi-Fi permiten el acceso de múltiples ordenadores sin ningún problema ni gasto en infraestructura, no así en la tecnología por cable.
- ✓ La Wi-Fi Alliance asegura que la compatibilidad entre dispositivos con la marca Wi-Fi es total, con lo que en cualquier parte del mundo podremos utilizar la tecnología Wi-Fi con una compatibilidad total. Esto no ocurre, por ejemplo, en móviles.
- ✓ Una de las desventajas que tiene el sistema Wi-Fi es una menor velocidad en comparación a una conexión con cables, debido a las interferencias y pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear.
- ✓ La desventaja fundamental de estas redes existe en el campo de la seguridad. Existen algunos programas capaces de capturar paquetes, trabajando con su tarjeta Wi-Fi en modo promiscuo, de forma que puedan calcular la contraseña de la red y de esta forma acceder a ella.
- ✓ Hay que señalar que esta tecnología no es compatible con otros tipos de conexiones sin cables como Bluetooth, GPRS, UMTS, etc

2.5. IEEE 802.11n

IEEE 802.11n es una propuesta de modificación al estándar IEEE 802.11-2007 para mejorar significativamente el desempeño de la red más allá de los estándares anteriores,

tales como 802.11b y 802.11g, con un incremento significativo en la velocidad máxima de transmisión de 54 Mbps a un máximo de 600 Mbps. Actualmente la capa física soporta una velocidad de 300 Mbps, con el uso de dos flujos espaciales en un canal de 40 MHz. Dependiendo del entorno, esto puede transformarse a un desempeño visto por el usuario de 100 Mbps.

El estándar 802.11n fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009

2.5.1. Descripción

IEEE 802.11n está construido basándose en estándares previos de la familia 802.11, agregando Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) y unión de interfaces de red (Channel Bonding), además de agregar tramas a la capa MAC.

MIMO usa múltiples antenas transmisoras y receptoras para mejorar el desempeño del sistema. MIMO es una tecnología que usa múltiples antenas para manejar más información (cuidando la coherencia) que utilizando una sola antena. Dos beneficios importantes que provee a 802.11n son la diversidad de antenas y el multiplexado espacial.

La tecnología MIMO depende de señales multiruta. Las señales multiruta son señales reflejadas que llegan al receptor un tiempo después de que la señal de línea de visión (line of sight, LOS) ha sido recibida. En una red no basada en MIMO, como son las redes 802.11a/b/g, las señales multiruta son percibidas como interferencia que degradan la habilidad del receptor de recobrar el mensaje en la señal. MIMO utiliza la diversidad de las

señales multirutas para incrementar la habilidad de un receptor de recobrar los mensajes de la señal.

Otra habilidad que provee MIMO es el Multiplexado de División Espacial (SDM). SDM multiplexa espacialmente múltiples flujos de datos independientes, transferidos simultáneamente con un canal espectral de ancho de banda. SDM puede incrementar significativamente el desempeño de la transmisión conforme el número de flujos espaciales es incrementado. Cada flujo espacial requiere una antena discreta tanto en el transmisor como el receptor. Además, la tecnología MIMO requiere una cadena de radio frecuencia separada y un convertidor de analógico a digital para cada antena MIMO lo cual incrementa el costo de implantación comparado con sistemas sin MIMO.

Channel Bonding, también conocido como 40 MHz o unión de interfaces de red, es la segunda tecnología incorporada al estándar 802.11n la cual puede utilizar dos canales separados, que no se solapan, para transmitir datos simultáneamente. La unión de interfaces de red incrementa la cantidad de datos que pueden ser transmitidos. Se utilizan dos bandas adyacentes de 20 MHz cada una, por eso el nombre de 40 MHz. Esto permite doblar la velocidad de la capa física disponible en un solo canal de 20 MHz. (Aunque el desempeño del lado del usuario no será doblado.)

Utilizar conjuntamente una arquitectura MIMO con canales de mayor ancho de banda ofrece la oportunidad de crear sistemas muy poderosos y rentables para incrementar la velocidad de transmisión de la capa física.

2.5.2. Codificación de los datos

El transmisor y el receptor utilizan técnicas de pre-codificación y pos-codificación, respectivamente, para lograr la capacidad de un enlace MIMO. La pre-codificación incluye beamforming y diversidad de código, donde beamforming mejora la calidad de la señal recibida en el proceso de decodificación. Diversidad de código es usada donde sólo puede usarse un canal, codificando la transmisión mediante espaciado en el tiempo y la diversidad de señales disponibles dando lugar al código espacio-tiempo. La emisión desde varias antenas basándose en principios de ortogonalidad es aprovechada para aumentar la diversidad de la señal.

2.5.3. Número de antenas

El borrador de la especificación de 802.11n permite hasta. Configuraciones comunes de dispositivos que siguen los estándares 802.11n y Éstas tres configuraciones tienen el mismo desempeño máximo y características, y difiere sólo en la cantidad de diversidad que provee los sistemas de antenas.ç Existe la posibilidad de crear puntos de acceso y dos tablas con 802.11n transmisor y dos receptores (2x2), dos transmisores y receptores de tres (2x3), tres transmisores y receptores de tres (3x3) o cuatro transmisores y cuatro receptores (4x4). Los puntos de acceso sólo puede utilizar dos antenas 2x2, 2x3 o 3x3 necesitan tres antenas, mientras que la necesidad 4x4 cuatro antenas.

En la actualidad el más común es el uso de 2x3 y 3x3 configuraciones, con el uso de tres antenas, puntos de acceso, pero sólo dos 2x2 () puede ser más común que los precios están cayendo y los fabricantes se ven obligados a reducir los costos. Asimismo, los

productos de gama alta, con cuatro antenas (4x4) podría ser tan popular con el avance de la tecnología.

La suma de todas las mejoras, se pudo aumentar tanto la velocidad de transmisión en la gama. La velocidad de flujo del aumento de 54 a 300 megabits (600 megabits puntos de acceso en 4x4, capaces de transmitir cuatro streams simultáneos) y el uso de múltiples corrientes hace que el alcance de la señal casi el doble.

2.5.4. Ventajas

Para alcanzar tales velocidades de datos de alta, 802.11n combina una serie de mejoras. La primera es la reducción del intervalo de guarda (el intervalo entre las transmisiones) de 800 a 400 ns, resultando en una ganancia de alrededor de 11% tasa de transmisión. La suma se aumentó el número de portadoras para la transmisión de datos de 48 a 52, provocando un aumento proporcional de la tasa de transmisión. Agregar a una mejora tanto en el algoritmo de errores de transmisión, fue posible llegar a una velocidad de transmisión de 72,2 megabits por transmisor (utilizando un solo canal).

Las mejoras se detienen allí, 802.11n ofrece una ganancia de sólo el 33% en el 802.11g, que ofrecen pocas ganancias en la práctica. A partir de entonces, las ganancias se basan en el uso de "fuerza bruta", combinando el uso de múltiples radios y dos canales simultáneos. Ahí es donde la tecnología MIMO.

Gracias a la utilización de MIMO, los puntos de acceso 802.11n puede utilizar dos o simultánea de cuatro arroyos, lo que duplica o cuadruplica la velocidad de datos, llegando a 144,4 y 288,8 megabits respectivamente.

Al principio, el uso de varios transmisores, se transmite simultáneamente en la misma banda de frecuencia parece contraproducente, ya que crearía interferencias (como al tener varias redes que operan en el mismo espacio físico), causando las señales que se anulan entre sí. MIMO trajo una respuesta creativa al problema, aprovechando la reflexión de la señal. La idea es que al ser transmitidos por diferentes antenas, las señales son diferentes caminos para el receptor, rebotando en las paredes y otros obstáculos, lo que significa que no pueden llegar exactamente al mismo tiempo. El punto de acceso y el cliente utiliza un conjunto de sofisticados algoritmos para el cálculo de la reflexión de la señal y así sacar provecho de lo que originalmente era un obstáculo:

Esta característica se llama multiplexado espacial. Usted puede imaginar que el sistema funciona de manera similar a lo que el uso de tres (o cuatro) antenas direccionales apuntando directamente al mismo número de antenas instaladas en el cliente. La "magia" de MIMO es permitir a un resultado similar se obtiene incluso con antenas que irradian omnidireccionales la señal en todas las direcciones.

Naturalmente, el sistema hace que sea necesario utilizar una buena cantidad de potencia de procesamiento, que requiere el uso de varios controladores de complejos en los dispositivos, que además de aumentar el coste, también aumenta la carga eléctrica (un problema en el caso de los portátiles).

Los puntos de acceso capaces de transmitir cuatro streams simultáneos son muy raros, ya que necesitan cuatro transmisores, receptores y antenas de cuatro cuatro, y un procesador de señal muy potente para manejar la gran cantidad de oportunidades para la

reflexión. La complejidad del trabajo incrementa exponencialmente a medida que el número de flujos, así que usar cuatro arroyos de la demanda cuatro veces más procesamiento que sólo dos.

Las soluciones actuales (finales 2007) utilizan sólo dos corrientes simultáneas, lo que simplifica enormemente el diseño. Incluso en el caso de 2x3 puntos de acceso o 3x3, transmisores adicionales se utilizan para mejorar la diversidad, lo que permite el punto de acceso para transmitir o recibir con las dos antenas que proporcionan la mejor señal para cada cliente.

Para poder llegar a 288,8 megabits con solo dos corrientes, se utiliza el sistema HT40, en el que dos canales se utilicen de forma simultánea (como en el Super G de Atheros), ocupando un rango de frecuencias de 40 MHz En resumen todo un redondeo poco, a 300 megabits divulgada por los fabricantes. Un punto de acceso que combina el uso de HT40 con cuatro radios doble de la tasa teórica, llegando a 600 megabits.

Debido a las normas reglamentarias, el uso de un rango de 40 MHz no se permite en muchos países, como Francia, donde sólo se permite el uso de los canales 10, 11, 12 y 13 (que se traduce en una gama de frecuencias sólo 20 MHz) por lo tanto existe la opción de utilizar el sistema HT20, donde se limita el punto de acceso al uso de un margen más estrecho de tan sólo 20 MHz

Este cuadro muestra una proyección de rendimiento bruto de Intel utilizando diferentes combinaciones, según la calidad de la señal. Ver un punto de acceso que utiliza dos transmisiones simultáneas, utilizando el sistema ofrece HT40, en la práctica, un throughput superior a una con cuatro chorros que el uso, pero use el HT20:

2.5.5. Desventajas

El gran problema es que un rango de 40 MHz corresponde a casi toda la banda de frecuencias utilizadas por las redes 802.11g, lo que acentúa el problema ya crónico de la interferencia de redes cercanas. Anticipándose a ello, 802.11n también prevé el uso de 5 GHz que puede ser usado para reducir el problema.

Sin embargo, no todos los productos son compatibles con la banda de 5 GHz, ya que incluyen soporte para un poco los productos más caros. En general, los productos son compatibles con la gama de 2,4 GHz, o el apoyo simultáneo de 2,4 y 5 GHz (productos que admiten sólo a 5 GHz son muy raros). También hay puntos de acceso a doble banda ", utilizando las dos bandas de frecuencias al mismo tiempo (usando de forma automática que es apoyado por cada cliente) con el fin de minimizar el problema de interferencia.

Otra observación importante es que 802.11n se encuentra todavía en desarrollo y se espera que esté finalizado en 2009. Los productos que están actualmente en el mercado se les llaman "draft-n", ya que se basan realmente en los borradores de la norma.

Los primeros productos lanzados durante el primer semestre de 2006 se basaba todavía en el primer borrador de la norma (proyecto de 1,0). Ofreció las tasas de transferencia mucho menor de lo esperado y muchos problemas de compatibilidad.

Aunque un poco más caro de producir, los productos 802.11n tienden a caer rápidamente en los precios y sustituir tanto 802.11ay 802.11g como el, ya que ofrecen ventajas sobre ambos. El aumento de la velocidad puede variar según el producto y el fabricante, pero (a excepción de algunos productos basados en el proyecto de 1,0) siempre existe un aumento significativo en una red 802.11g.

A excepción de los puntos de acceso 802.11n que pocos son capaces de operar sólo en el rango de 5 GHz, compatible con 802.11g y 802.11b clientes se mantiene, por lo que es posible migrar gradualmente. La principal observación es que la combinación de 802.11n y 802.11g clientes o b reduce el rendimiento de la red, aunque el porcentaje varía mucho según el modelo utilizado.

2.6. Capa de Enlace de Datos

Es la segunda capa con respecto al modelo OSI se encarga de la topología de la red, del direccionamiento físico, del manejo de los errores de transmisión y el control de flujo.

TRANSMISIÓN ASÍNCRONA

Este tipo de transmisión se utiliza por lo general cuando los datos a ser transmitidos no son continuos, es decir con intervalos no determinados (se deduce que la carga en el medio no es excesiva). Por lo tanto, el receptor debe ser capaz de resincronizarse cuando le llega un nuevo carácter. Debido a esto, cada carácter que se transmite se enmarca o encapsula dentro de un bit de inicio y uno o más bits de paro.

TRANSMISIÓN SÍNCRONA

Cuando se tiene un flujo constante de bits, imagínense un bit de inicio y bits de paro por cada carácter! La carga de tráfico adicional sería grande. Se usa por lo tanto la transmisión síncrona. En este tipo de transmisión el flujo de bits se codifica para que el receptor se pueda mantener en sincronía de bits que puede ser llevando la señal de reloj en los bits que se transmiten.

Subcapa de Control de Acceso al medio

Es una subcapa de la capa de Enlace de datos que es la más cercana a la capa física. Se encarga de determinar quién puede usar un canal multiacceso.

Colisión

Si dos tramas se transmiten en forma simultánea, se traslapan en el tiempo y la señal resultante se altera.

Detección de portadora

Las estaciones pueden saber si el canal está en uso antes de intentar usarlo. Si se detecta que el canal está en uso, ninguna estación intentará utilizarlo sino hasta que regrese a la inactividad.

ALOHA Puro:

Los usuarios pueden transmitir marcos en cualquier instante, es decir, se difunde el mensaje. Existirán choques y el emisor detectará la colisión, espera un tiempo aleatorio y manda un marco nuevamente.

En una LAN, el feedback es inmediato, pero con un satélite se tienen retrasos de 270 mseg. Si ocurrió una colisión, Los sistemas que comparten un canal que pueda producir conflictos son llamados sistemas de contención.

Con este sistema se puede lograr una producción media de menos del 20% de la capacidad disponible. Para mejorarlo, se trabaja con:

ALOHA Ranurado:

Este sistema dobla la capacidad del ALOHA Puro, en él se divide el tiempo en intervalos discretos. Los usuarios están de acuerdo en los límites de los intervalos, se pueden transmitir los marcos sólo en estas ranuras de tiempo.

Así, se logra aprovechar más de un 30% de la capacidad del canal lo que hizo pensar en otro tipo de protocolo que mejorara este aprovechamiento. Viene entonces el CSMA que estudiaremos a continuación.

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collission Detection)

Acceso Múltiple con detección de portadora/detección de colisiones. La detección de colisiones define el modo de trabajo en el momento en que dos estaciones detectan el canal de transmisión libre e intentan transmitir al mismo tiempo.

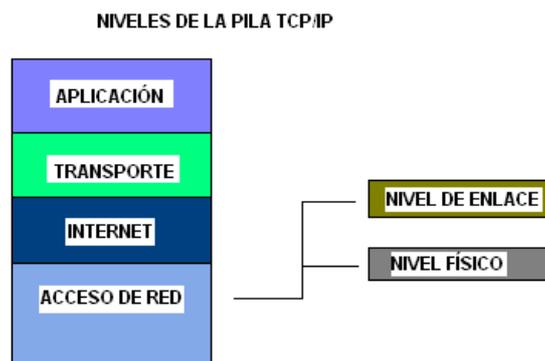


Gráfico II.5.-Niveles de la Pila TCP/IP

2.7 FISICA

Al igual que en el modelo OSI, el nivel físico describe las características físicas de la comunicación, como las convenciones sobre la naturaleza del medio usado (como las comunicaciones por cable, fibra óptica o radio), y todo lo relativo a los detalles como los conectores, código de canales y modulación, potencias de señal, longitudes de onda, sincronización y temporización y distancias máximas.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO E HIPOTÉTICO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL AMBIENTE

3.1 ELABORACION DEL AMBIENTE

DISEÑO DE LA RED INALAMBRICA CON EL ESTANDAR 802.11n

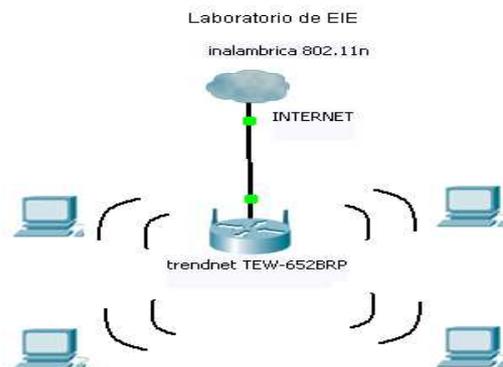


Gráfico III.6.-Diseño de la red con el estándar 802.11n

DISEÑO DE LA RED INALAMBRICA CON EL ESTANDAR 802.11b

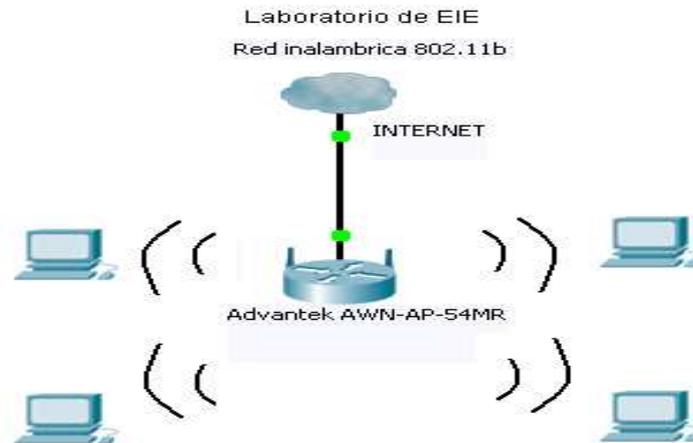


Gráfico III.7.-Diseño de la red con el estándar 802.11b

3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACION

Se utilizará para este proyecto los siguientes métodos de investigación:

Método Científico y de Observación: ya que se tendrá que estudiar y detectar ciertos rasgos de los estándares propuestos de tecnologías Wifi.

Método Inductivo: debido que al observar particularmente los estándares de la tecnología Wlan se va a llegar a una propuesta que permita solucionar problemas detectados.

Método de Análisis: ya que para llegar a una propuesta de solución se tendrá que separar todos los problemas que se encuentren dentro de la investigación para su comprensión.

Método Empírico, Experimental, Comparativo: Para complementar procesos que se ejecutaran dentro de la investigación, como es analizar los resultados de los diferentes escenarios para analizarlos y solucionar ciertos problemas.

3.3 OPERACIONALIZACION METODOLÓGIA

Tabla III.II- Tabla de los Indicadores e índices

HIPOTESIS	INDICADORES	INDICES	INSTRUMENTOS
Con la realización del proyecto de tesis se podrá evaluar el rendimiento de los sistemas de múltiples antenas MIMO en el estándar de 802.11n	Paquetes Transmitido	1.-Numero de paquetes totales	Iniciativas Intuición Simulacion Razonamiento Pruebas Analizador de red
		2.-Paquetes perdidos	
	Velocidad en la transmisión o tráfico Útil	3.-Ancho de Banda	
	Tiempo de transmisión	4.-Retardo en la transmisión	
		5.-Jitter	

3.4. POBLACION Y MUESTRA

La población es el conjunto de todos los elementos a ser evaluados y en la presente investigación la conforman los nodos de redes inalámbricas, concretamente aquellos que utilizan Wi-Fi 802.11 b y dispositivos con 802.11n

De esta población se seleccionó una muestra no probabilística esta es una red inalámbrica de prueba, que se construyo para tomar los datos necesarios para el desarrollo de este proyecto.

3.5 PROCEDIMIENTOS GENERALES

Se ha procedido a detallar los métodos utilizados en la presente investigación:

METODO: Comparativo – Experimental

TECNICAS: Experimentos y pruebas

INSTRUMENTOS: Analizador de red Inalámbrica (Observer) y Analizador de Protocolos (WireShark)

3.6 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

3.6.1 EQUIPOS A UTILIZAR

Tabla III.III- Tabla de los equipos utilizados.

CANTIDAD	RECURSO	DESCRIPCION
4	RECURSOS HARDWARE Computadores de Laboratorio de Control.	1GB de memoria RAM Disco Duro de 160 GB. Tarjeta de Red 10/100
1	Impresora.	
1	Cámara Digital.	
1	Memorias Flash de 2 GB	

1	Router 802.11b	<p>Wireless LAN 802.11g and 802.11b compliant</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strong Wireless network security with 802.1x, 64/128bit WEP, WPA and WPA2 • Auto Fall-Back Data Rate for Long-Distance • Communication and Noisy Environment • One detachable reverse-polarity SMA • Connectors can connect to external antenna • Support DHCP Server and Client • Automatic channel selection • Four operation mode selectable: AP, AP Client • WDS/Bridge and WDS/Repeater • Wireless Station Access Control • Supports IAPP • Provides Hidden SSID • Web interface management • Supports System statistics • Surround Sites Survey • Active Wireless Stations List
1	Router 802.11n	<p>Hardware</p> <p>*Estándares Wired: IEEE 802.3 (10Base-T), IEEE 802.3u (100Base-TX)</p> <p>Inalámbrico: IEEE 802.11b, IEEE</p>

2	Tarjetas wireless usb con estándar b	<p>802.11g, IEEE 802.11n (draft 2.0), IEEE 802.11e QoS WAN 1 x 10/100/1000Mbps Auto-MDIX port (Internet) LAN 4 x 10/100/1000Mbps Auto-MDIX port Botón WPS Función de configuración Wi-Fi protegida habilitada *Tipo de conexión IP dinámica, IP estática (fija), PPPoE, PPTP, L2TP, BigPond UPnP Cumple con UPnP IGD 1.0 *DMZ Host DMZ y servidores virtuales *DNS Servidores DNS asignan WAN o estática; 3 servicios verificados para DDNS</p> <p>Inalámbrico</p> <p>*Frecuencia Banda ISM 2412~2484MHz *Antena 2 x 2dBi antenas dipolo desmontables Protocolo de acceso a medios CSMA/CA con ACK Transmisión de datos 802.11b: 11Mbps, 5.5Mbps, 2Mbps, y 1Mbps 802.11g: 54Mbps, 48Mbps, 36Mbps, 24Mbps, 18Mbps, 12Mbps, 9Mbps y 6Mbps 802.11n: Hasta 300Mbps Seguridad WEP(HEX/ASCII): 64/128-bit WPA(AES/TKIP): WPA/WPA2, WPA-PSK/WPA2-PSK Habilitar/Deshabilitar transmisión SSID</p> <p>Hardware</p> <p>Interface 32-Bit PCI Bus Standards IEEE 802.11b, IEEE 802.11g and IEEE 802.11n LED Indicator PWR (power), NET (link activity) Power</p>
---	--------------------------------------	--

2	Tarjetas wireless pci con estándar n	<p>Consumption Receive mode: 550mA (max) ;</p> <p>Transmit mode : 600mA (max) Supported OS Windows 7 (32/64-bit), Vista (32/64-bit), XP (32/64-bit), 2000</p> <p>Dimensions (LxWxH) 120 x 80mm (4.7 x 3.1in) Weight 75g (2.6oz) Temperature Operating: 0° ~ 40° C (32° ~ 104° F); Storage: -10° ~ 70° C (14° ~ 158° F) Humidity 10% ~ 90% max (non-condensing)</p> <p>Certification CE, FCC Wireless Module Technique DBPSK/DQPSK/CCK/OFDM (BPSK/WPSK/16-QAM/64-QAM) Antenna 2 x 2dBi dipole detachable antennas with Reverse SMA connector Frequency 2.412 ~ 2.484 GHz</p> <p>Data Rate (auto fallback) 802.11b: 11Mbps, 5.5Mbps, 2Mbps, and 1Mbps 802.11g: 54Mbps, 48Mbps, 36Mbps, 24Mbps, 18Mbps, 12Mbps, 9Mbps and 6Mbps 802.11n: up to 300Mbps (RX)/150Mbps(TX)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compliant with IEEE 802.11g and backward compatible • Supports 64/128/256-bit WEP Data Encryption function for high level of
---	--------------------------------------	--

		<p>security</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supports advanced TKIP and AES wireless security standard • Supports 802.11i draft • Supports automatic fallback increase data security and reliability • Supports power saving features • Full-featured software utility for easy configuration and management • Easy to carry with the mini-size
	RECURSOS SOFTWARE	
1	Microsoft Windows	
1	Microsoft Office 2007.	XP Professional.
1	Explorador de Internet.	
1	Wireshark	 <ul style="list-style-type: none"> ✓ Disponible para UNIX, LINUX, Windows y Mac OS. ✓ Permite obtener detalladamente la información del protocolo utilizado en el paquete capturado.
1	Look@Lan	Completo análisis de tu red local, de forma sencilla y totalmente

		<p>automatizada.</p> <p>Muestra información sobre la red y genera informes, gráficas y estadísticas con los datos obtenidos, y puede avisarte si se produce cualquier cambio en la red.</p> <p>La interfaz principal de la aplicación muestra toda la información recopilada como resultado del análisis: dirección IP, estado, grupo de red, sistema operativo, nombre de host, usuario y más. También te da acceso a las gráficas y a los informes que puedes exportar a texto o HTM.</p> <p>Completo y fácil de usar, aun cuando no cuenta con sistema de ayuda.</p> <p>Sistema operativo: Win95/98/98SE/Me/2000/NT/XP</p>
--	--	---

3.6.2 MATERIALES A UTILIZAR

Materiales de Oficina:

- Papel.
- Tinta para cartuchos.
- DVD'S.
- Memory flash.
- Copias.

3.6.3 SERVICIOS

- Transporte.
- Internet.
- Servicios Básicos.
- Imprevistos.

3.7. PRUEBAS DE VERIFICACION

Realizamos algunas pruebas antes realizar la experimentación para verificar la conectividad y el acceso a la red y el internet

3.8. RECOLECCION DE DATOS ESTADISTICOS

Durante la implementación de las dos redes inalámbricas b y n se pudo adquirir información importante sobre algunos parámetros o indicadores como se especifica en la tabla III.2.

Para recolectar los datos se utilizo Look @ LAN Monitor, WireShark, Observer y descarga de archivos multimedia.

CAPÍTULO IV

4.1. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para estimar las ventajas de una red sobre la otra, tenemos que evaluar su rendimiento dependiendo los valores que tomen los indicadores.

Los métodos a utilizar para evaluar la red tanto 802.11n y 802.11b incluyen el cálculo del Jitter, pérdida de paquetes, ancho de banda y retardo existente. Estos son los parámetros que se utilizaron para realizar las comparaciones.

4.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Para el análisis se considero los indicadores antes expuestos en la tabla.III.2. Para poder cuantificar cada uno de los indicadores se tomo una media ponderada de sus respectivos índices.

Para la medición se utilizo un nivel máximo del 100%, el cual decremento su valor dependiendo del rendimiento de los índices.

Se asigno pesos a cada índice del indicador para obtener una calificación total por cada experimento, luego calculamos el porcentaje promedio de los experimentos, para comparar con la calificación de otra red.

Para calcular el valor de la variable se utilizo la formula 1:

$$\text{Variable} = \sum \text{peso } i \text{ indicador } i$$

4.3.1. AMBIENTE DE EXPERIMENTACION

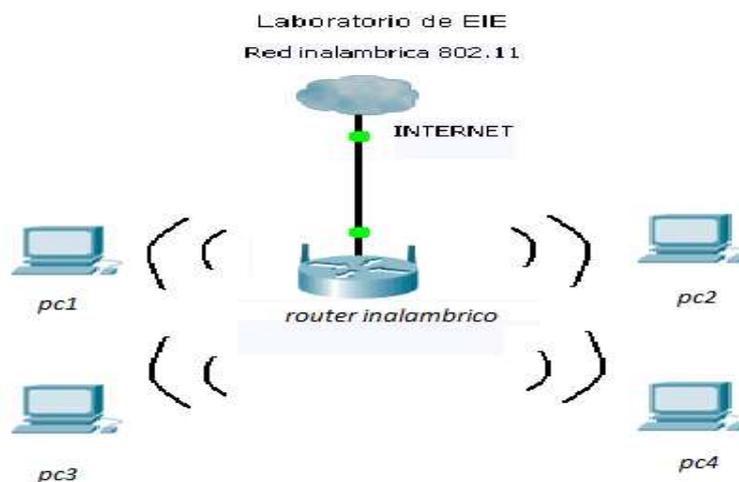


Gráfico III.8.-Ambiente de experimentación

El ambiente de experimentación se realizo en el laboratorio de la escuela de Ingeniería Electrónica

Con los equipos mencionados en la Tabla III.3, durante el tiempo estimado en el cronograma, se mantuvo la red inalámbrica de cada estándar

El mismo que consto de cuatro nodos y el router, se tomo datos en tiempo real en aplicaciones multimedia.

En la red bajo el estándar 802.11b se analizo la transmisión de la información, el tráfico de red y la potencia emitida por las antenas además del uso del canal. Los mismos parámetros se analizo en la red con el estándar 802.11n.

La configuración del router se realizo de forma básica.

4.3.2. RESULTADOS DE LA RED 802.11b

Los resultados obtenidos, presentados a continuación son el análisis de las transmisiones que se realizaron en la primera red implementada con el estándar b. las dos maquinas se utilizaron para las transmisiones y las otras dos para saturar la red.

Experimento 1, transmisión de datos

Tabla IV.IV.- Datos obtenidos en archivos de aplicaciones, 802.11b

PAQUETES TOTALES TRANSMITIDOS	PAQUETES PERDIDOS	ANCHO DE BANDA(bytes)	RETARDO (Segundos)	JITTER (miliseg)
190805	3816	101553	180.26s	3879.547

Experimento 2, transmisión de archivos ejecutables

Tabla IV.V.- Datos obtenidos en archivos ejecutables, 802.11b

PAQUETES TOTALES TRANSMITIDOS	PAQUETES PERDIDOS	ANCHO DE BANDA(bytes)	RETARDO (Segundos)	JITTER (miliseg)
91538	1862	103453	259.48s	947.978

Experimento 3, transmisión de videos musicales, imágenes

Tabla IV.VI.- Datos obtenidos en voz y video, 802.11b

PAQUETES TOTALES TRANSMITIDOS	PAQUETES PERDIDOS	ANCHO DE BANDA(bytes)	RETARDO (Segundos)	JITTER (miliseg)
24749	495	112407	105,74s	702.521

4.3.3. RESULTADOS DE LA RED 802.11n

Los resultados obtenidos, presentados a continuación son el análisis de las transmisiones que se realizaron en la segunda red implementada con el estándar n. las dos maquinas se utilizaron para las transmisiones y las otras dos para saturar la red.

Experimento 1, transmisión de datos

Tabla IV.VII.- Datos obtenidos en ftp, 802.11n

PAQUETES TOTALES TRANSMITIDOS	PAQUETES PERDIDOS	ANCHO DE BANDA(bytes)	RETARDO (Segundos)	JITTER (miliseg)
194178	2912	112553	162.540s	3609.477

Experimento 2, transmisión archivos ejecutables

Tabla IV.VIII.- Datos obtenidos en voz, 802.11n

PAQUETES TOTALES TRANSMITIDOS	PAQUETES PERDIDOS	ANCHO DE BANDA(bytes)	RETARDO (Segundos)	JITTER (miliseg)
124163	1830	109987	208.270s	896.982

Experimento 3, transmisión de archivos videos musicales, imágenes

Tabla IV.IX.- Datos obtenidos en videos musicales, imágenes, 802.11n

PAQUETES TOTALES TRANSMITIDOS	PAQUETES PERDIDOS	ANCHO DE BANDA(bytes)	RETARDO (Segundos)	JITTER (miliseg)
48043	720	129407	100s	682.351

4.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

INDICADOR 1: Paquetes Transmitidos en las dos redes.

Los paquetes transmitidos bajo los dos estándares se capturo en las mismas condiciones con saturación de red.

INDICE 1: Paquetes Transmitidos

En lo que respecta a los paquetes transmitidos se realiza una relación entre los dos ambientes para construir la otra tabla IV.7 y el gráfico IV.9.

Tabla IV.X.- Comparación de paquetes transmitidos en la red b y n

	802.11b	802.11n
APLIACIONES	190805	194178
EJECUTABLES	91538	124163
VIDEO,MUSICA	24749	48043

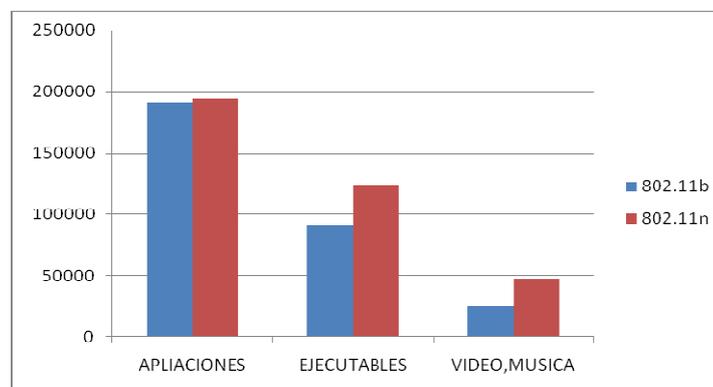


Gráfico IV.9.- Paquetes transmitidos en la red 802.11b y n

Interpretación

Los paquetes transmitidos en el escenarios de prueba, tanto con 802.11b y n, es un índice muy importante para el análisis. Ya que este indicador nos permite verificar, cual es la red con mejor capacidad de transmisión.

Lo que se puede apreciar en la grafica es que la red n permite transmitir mayor número de paquetes dándonos un total de 16.18% de mejoría, especialmente en los archivos ejecutables, video y música.

INDICE 2: Paquetes Perdidos

Los paquetes perdidos depende del tipo de transmisión y de la forma en la que se haga la misma, lo más conveniente es tener el menor número de paquetes perdidos.

Se obtuvieron los siguientes datos de las dos redes, para la construcción de la tabla IV.8 y el gráfico IV.12.

Tabla IV.XI.- Comparación de paquetes perdidos en la red b y n

	802.11b	802.11n
APLIACIONES	3816	2912
EJECUTABLES	1862	1830
VIDEO,MUSICA	720	495

En lo que respecta a los paquetes perdidos se realiza un análisis más intenso para ver cómo reaccionan las dos redes en archivos ejecutables, música y video. Para determinar la mejor en esta categoría para lo cual se construyo la otra tabla IV.9 y el gráfico IV.10 y IV11.

Tabla IV.XII.- Comparación de paquetes perdidos.

RED	Ejecutables	% Ejecutables	Música, Video	% Música, Video
802.11b	1862	98.33	720	68.96
802.11n	1830	100	495	100

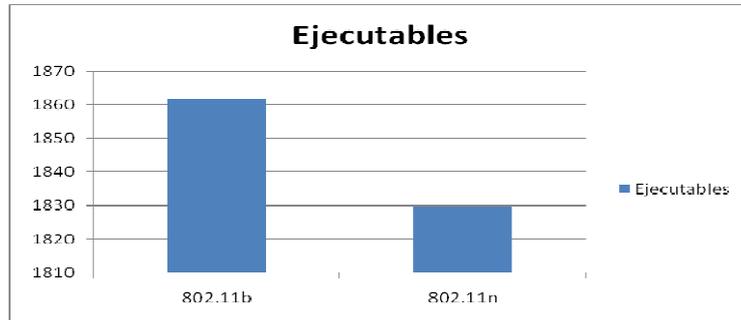


Grafico IV.10.- Paquetes ejecutables perdidos en la red 802.11b y n

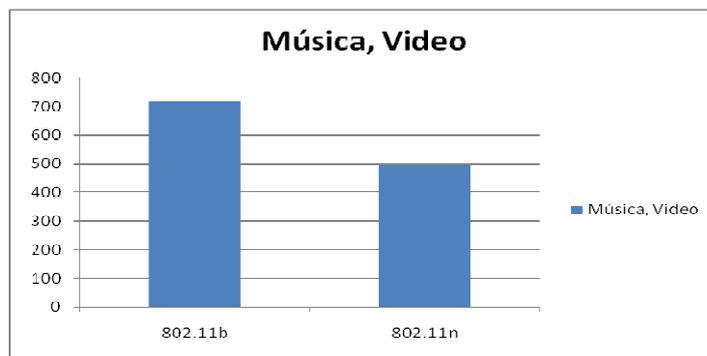


Grafico IV.11.- Paquetes perdidos de música y video en la red 802.11b y n

Interpretación

Los paquetes perdidos que fueron de menor número recibieron un peso del 100 por ciento en los escenarios de prueba.

Debemos recalcar que la pérdida de paquetes no tiene relación con los paquetes transmitidos ya que las condiciones de la red no se ven afectadas obteniendo de esta forma una mejora en la red n del 1.67% en archivos ejecutables y 31.34% en archivos de música y video.

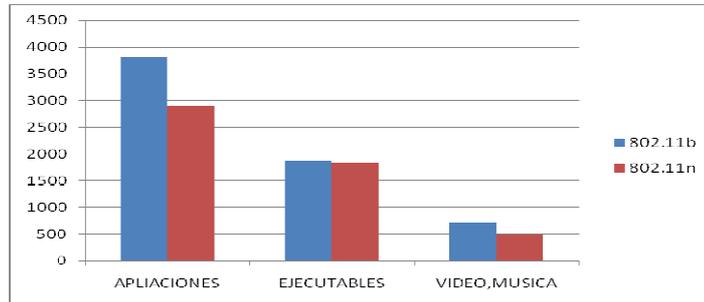


Grafico IV.12.- Paquetes perdidos en la red 802.11b y n

El total de paquetes perdidos en los escenarios de prueba, tanto con 802.11b y n, es un índice muy importante para el análisis. Porque nos permite identificar la red que reacciona mejor en tiempo real sin pérdidas.

En el grafico IV.12 se puede apreciar que la red 802.11 n tiene una pérdida de paquetes menor que la red b.

En total tenemos un impacto del 18.03% mejorando la no retransmisión de datos que acarrea la saturación de la red.

INDICADOR 2: Velocidad en la transmisión.

El ancho de banda depende del tráfico que existe, mientras menos congestionado este la red más ancho de banda tendremos.

INDICE 3: Ancho de Banda

Para analizar el ancho de banda se realiza una relación entre los dos ambientes para construir la otra tabla IV.11 y el gráfico IV.15.

Tabla IV.XIII.- Comparación del ancho de banda en la red b y n

	802.11b	802.11n
APLIACIONES	101553	112553
EJECUTABLES	103453	109987
VIDEO,MUSICA	112407	129407

Se realiza una relación entre archivos ejecutables, música y video para construir la otra tabla IV.12 y el gráfico IV.13 y IV.14. El porcentaje fue calculado dándole un peso del 100% al mayor valor.

Tabla IV.XIV.- Comparación del ancho de banda en la red b y n

RED	Ejecutables	% Ejecutables	Música, Video	% Música, Video
802.11b	103453	94.06	112407	86.86
802.11n	109987	100	129407	100

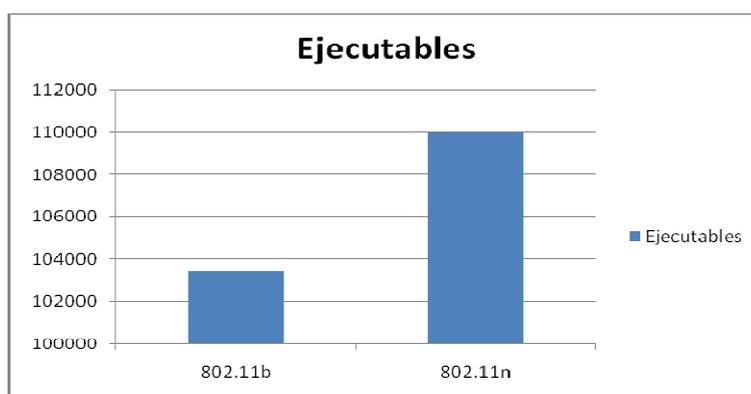


Gráfico IV.13.- Ancho de banda de archivos ejecutables

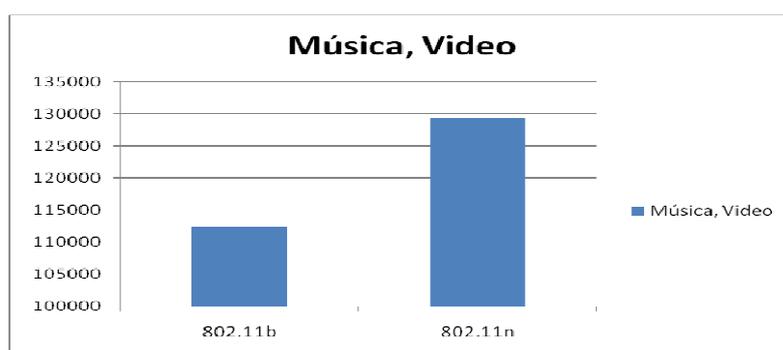


Gráfico IV.14.- Ancho de banda de música y video

Interpretación

El ancho de banda es la cantidad de información o de datos que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado.

En los escenarios esta varía como se muestra en los gráficos IV13 Y 14. La red n posee mayor ancho de banda en comparación con la b, observándose una mejoría del 5.94% en los archivos ejecutables y 13.14% en música y video.

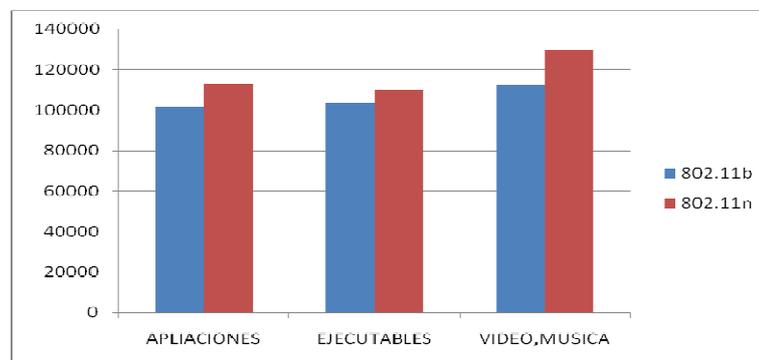


Gráfico IV.15.- Ancho de banda en la red 802.11b y n

El ancho de banda de la red n tiene un impacto total del 9.81% este resultado se lo comparara mas adelante con otros datos que obtendremos del analizador de espectros. Esta es una de las ventajas más importantes que posee este estándar en su teoría.

INDICADOR 3: Tiempo de transmisión.

El Tiempo de transmisión es el indicador que mientras menor sea su valor mejor es la eficiencia de la red.

INDICE 4: Retardo

Para analizar el retardo se realiza una relación entre los dos ambientes para construir la otra tabla IV.13 y el gráfico IV.18. El porcentaje fue calculado dándole un peso del 100% al menor valor.

Tabla IV.XV.- Comparación del retardo en la red b y n

	802.11b	802.11n
APLIACIONES	180.265	162.540
EJECUTABLES	259.48	208.270
VIDEO,MUSICA	105.74	100

Para construir la otra tabla IV.14 y los gráficos IV.16 y IV.17 se tomo datos solo de archivos ejecutables, música y video. El porcentaje fue calculado dándole un peso del 100% al menor valor.

Tabla IV.XVI.- Comparación del retardo en la red b y n

RED	Ejecutables	% Ejecutables	Música, Video	% Música, Video
802.11b	259.48	80.27	105.74	94.57
802.11n	208.27	100	100	100

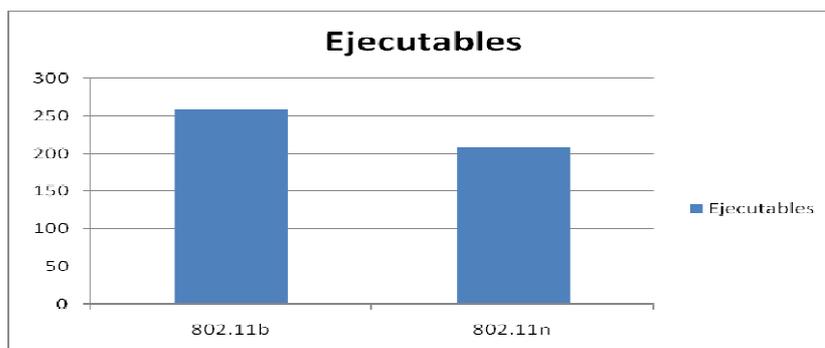


Grafico IV.16.- Retardo en la red 802.11b y n

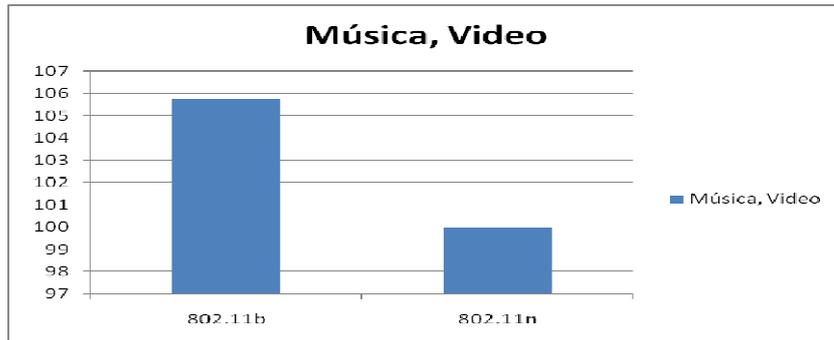


Grafico IV.17.- Retardo en la red 802.11b y n

Interpretación

El retardo es un índice que identifica cual de las dos redes ocasiona menor tiempo de transmisión y buenas prestaciones en lo que se refiere a archivos ejecutables se aprecia una mejora del 19.73% y 5.42% en los otros archivos.

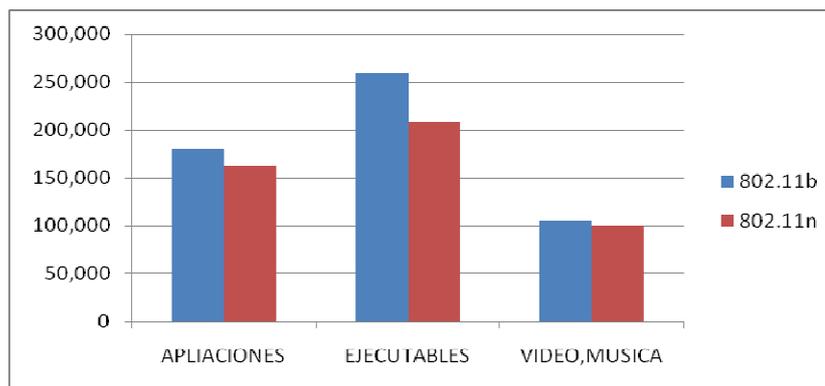


Grafico IV.18.- Retardo en la red 802.11b y n

La red MIMO presenta un beneficio 13.68% en el índice de retardo beneficiando muchísimo al tiempo de transmisión.

INDICE 5: Jitter

El Jitter es un promedio de todos los retardos se realiza una relación entre los dos ambientes para construir la otra tabla IV.15 y el gráfico IV.21. El porcentaje fue calculado dándole un peso del 100% al menor valor.

Tabla IV.XVII.- Comparación del ancho de banda en el ambiente 1 y 2

	802.11b	802.11n
APLIACIONES	3879.547	3609.477
EJECUTABLES	947.978	896.982
VIDEO,MUSICA	702.521	682.351

Para construir la tabla IV.16 y el gráfico IV.19 e IV.20. Se tomo datos solo de archivos ejecutables, música y video. El porcentaje fue calculado dándole un peso del 100% al menor valor.

Tabla IV.XVIII.- Comparación del ancho de banda en el ambiente 1 y 2

RED	Ejecutables	% Ejecutables	Música, Video	% Música, Video
802.11b	947.978	94.70	702.521	97.13
802.11n	896.982	100	682.351	100

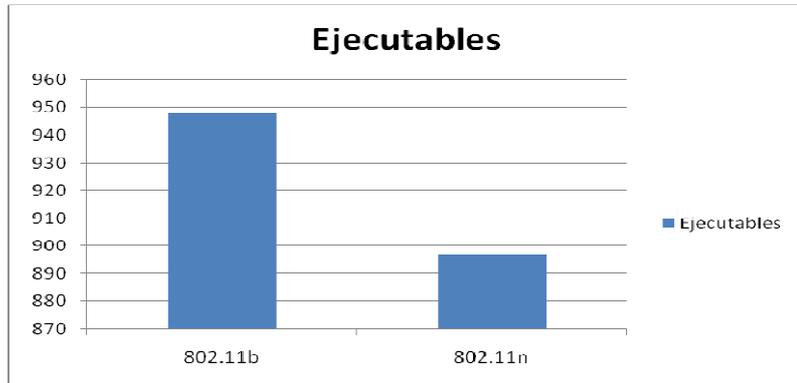


Grafico IV.19.- Jitter en la red 802.11b

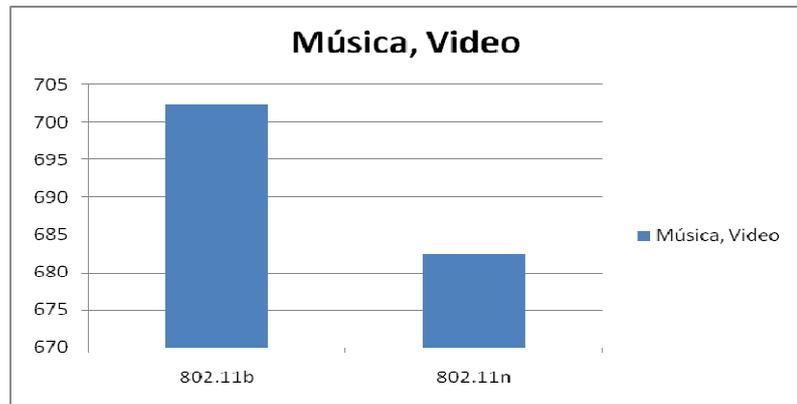


Grafico IV.20.- Jitter en la red 802.11b

Interpretación

Se denomina Jitter a la variabilidad del tiempo de ejecución de los paquetes. Este efecto es especialmente molesto en aplicaciones multimedia en Internet y otras, ya que provoca que algunos paquetes lleguen demasiado pronto o tarde para poder entregarlos a tiempo

Si el Jitter es demasiado grande, ya no puede asegurarse que las informaciones críticas de proceso lleguen a tiempo.

Tenemos un impacto 5.30% esto en datos ejecutables mientras que en música y video es del 2.87% en comparación de la red 802.11b.

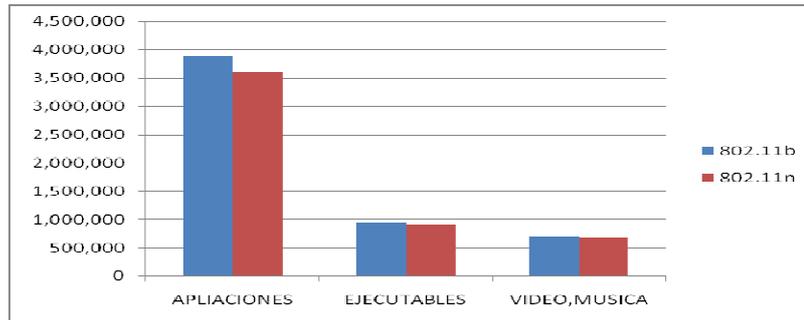


Grafico IV.21.- Jitter en la red 802.11b

El Jitter total en nuestro análisis es del 5188.81ms en la red n y del 5530.046ms en la red b dándonos una diferencia del 6.16%, que identifica que la red MIMO ocasiona menor variabilidad del tiempo de transmisión.

Además de los indicadores expuestos se tomo datos de la potencia y del uso del canal donde en la red 802.11b se obtuvo los siguientes datos:

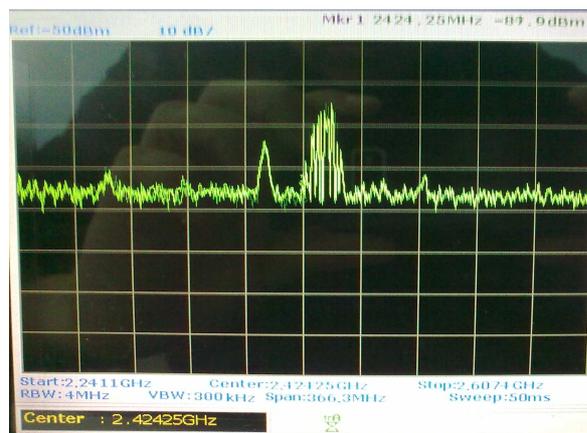


Grafico IV.22.- Potencia y frecuencias en la red 802.11b

Tabla IV.XIX.- Datos de la potencia en la red b.

Potencia Max	-89dbm
Potencia Ref.	-50dbm
Potencia Min	-24dbm

Potencia max de -39dbm y min de -26dbm, dándonos una potencia promedio del 32 dbm procedemos aplicar la formula de la potencia radiada.

Potencia radiada de B [dBm]= Potencia del transmisor [dBm] – Pérdidas del cable[dB] + Ganancia de la antena [dBi]

Potencia radiada de B [dBm]= -30dBm

La pérdida del cable es igual 1db y la ganancia de la antena la tomamos de las especificaciones del router y es 2dbi, dándonos una potencia radiada total de -30dBm que equivale a 1uW

Para la red Mimo se utilizo un analizador de espectros de 5GHz, de la súper intendencia de telecomunicaciones, porque el estándar 802.11n utiliza las dos bandas de 2.4 y 5.2 GHz, para nuestro estudio vamos a estudiar solo en la banda de 2.4GHz.

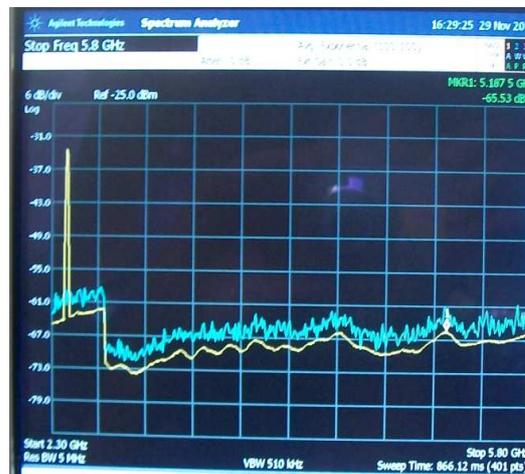


Grafico IV.23.- Potencia y frecuencias en la red 802.11n

Colocamos la frecuencia de inicio en los 2.3 GHz y la frecuencia de parada en 5.8 GHz, para analizar que el router n está trabajando en una sola frecuencia



Grafico IV.24.- Transmisión de datos en la red 802.11n

Luego obtuvimos el comportamiento de la señal en dicha frecuencia, donde pude tomar los siguientes datos:



Grafico IV.25.- Transmisión de datos de 2.3 a 2.4 GHz, en la red 802.11n

Tabla IV.XX.- Datos de la potencia en la red n.

Potencia Max	-61dbm
Potencia Ref.	-25dbm
Potencia Min	-21dbm

Dándonos una potencia promedio del 40dbm procedemos aplicar la formula de la potencia radiada.

Potencia radiada de N [dBm]= Potencia del transmisor [dBm] – Pérdidas del cable[dB] +
Ganancia de la antena [dBi]

Potencia radiada de N [dBm]= -20dBm

La pérdida del cable es igual 1db y la ganancia de la antena la tomamos de las especificaciones del router y es 2dbi, dándonos una potencia radiada total de -20dBm que equivale a 10uW.

Luego realizamos el cálculo del uso del canal mediante el análisis de lo obtenido en el analizador de espectros.

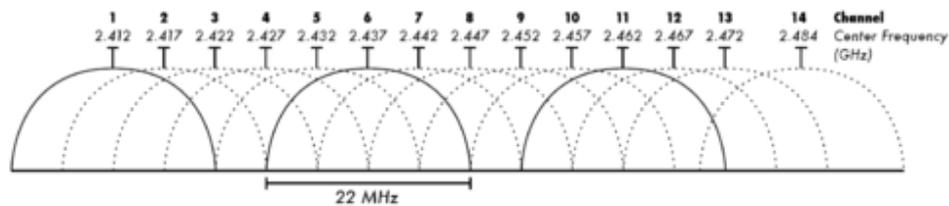


Grafico IV.26.- Canales de Transmisión

Tradicionalmente, los canales que se han considerado óptimos porque no interfieren nada entre sí son el 1, el 6 y el 11.

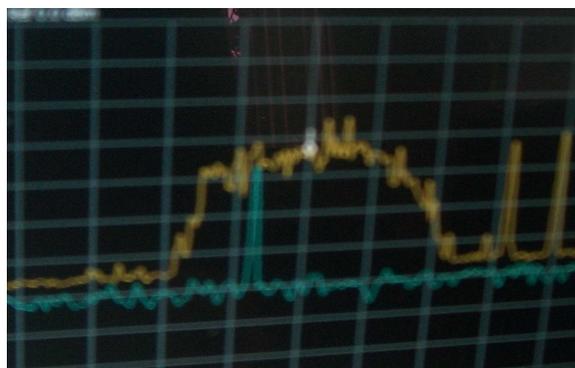


Grafico IV.27.- Uso del canal de la red 802.11b del 12%



Grafico IV.28.- Uso del canal de la red 802.11b chanalyzer

Gracias al chanalyzer 2.1 que es un analizador de espectros USB , se pudo confirmar los datos tomados en el analizador de espectros real .

Podemos Observar que el canal que se esta utilizando es el 9 de 20Mhz , obteniendo una potencia promedio del -82.4 dBm según los reportes que nos brindan el analizador.



Grafico IV.29.- Uso del canal de la red 802.11n del 25%

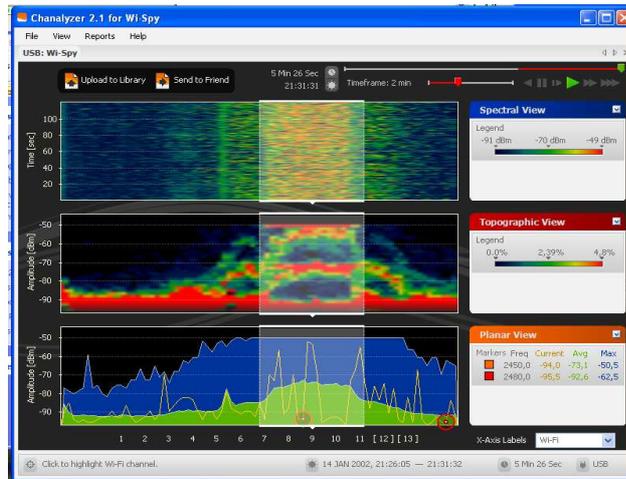


Gráfico IV.30.- Uso del canal de la red 802.11n chanalyzer

Además de observar que el canal que se está utilizando es el 9 de 20MHz que es la parte sombreada del gráfico IV.30, la parte roja nos indica el uso del canal como podemos apreciar sobre pasa y se extiende hasta el canal 5 y 13 respectivamente, dándonos un total de 40MHz reiterando los datos que obtuvimos.

En cuanto a la potencia la podemos tomar del lado derecho del gráfico IV.30 donde nos muestra la potencia promedio de -72.1dBm.

4.5. RESUMEN DE LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS

Los experimentos realizados durante el tiempo programado, nos ayudaron para obtener la información necesaria para poder analizarla y adquirir los resultados deseados

En los anexos se puede visualizar la información recolectada, que nos permitirá evaluar los sistemas de múltiples antenas MIMO en comparación con otro estándar Wifi.

En las pruebas se utilizaron descarga y transferencia de archivos aplicables, ejecutables, música y video, ya que son las más utilizadas por los usuarios, en escenario con tráfico para asemejar a una red real.

Además de las comparaciones que se realizaron sobre el uso del canal y la potencia.

Tabla IV.XXI.- Datos de los indicadores en ambas redes.

Ambientes		Transmisión en la red 802.11b	Transmisión en la red 802.11n
Paquetes transmitidos	Paquetes perdidos	81.97	100
	Total 100%	81.97	100
Velocidad en la transmisión	Ancho de banda	90.19	100
	Total 100%	90.19	100
Tiempo de transmisión	Retardo(40)	34.53	40
	Jitter(60)	56.30	60
	Total 100%	90.83	100

$$V.D. (n) = 0.3(100) + 0.4(100) + 0.3(100) = 100\%$$

$$V.D. (b) = 0.3(81.97) + 0.4(90.19) + 0.3(90.83) = 87.916\%$$

$$\text{Variabilidad} = V.D. (n) - V.D. (b)$$

$$\text{Variabilidad} = 100\% - 87.916\%$$

$$\text{Variabilidad} = 12.08\%$$

Gracias a los analizadores utilizados se encontro una diferencia en cuanto a potencia del 90% y en el uso del canal del 52%

4.6. COMPROBACION DE LA TESIS

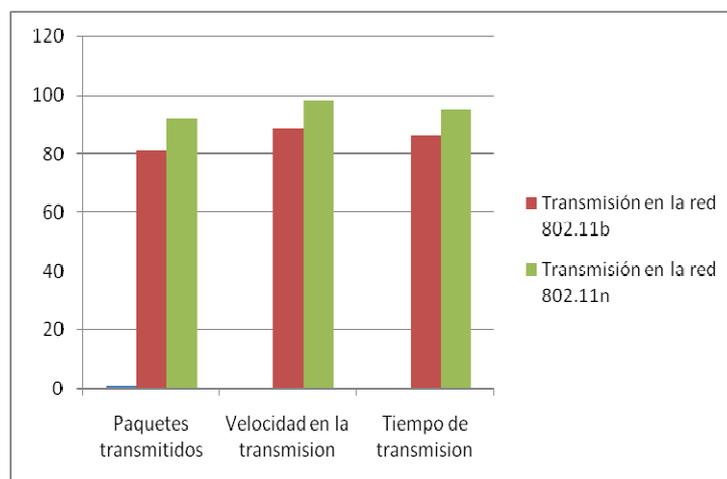


Grafico IV.31.- Comprobación de la Hipótesis

Gracias a la información recolectada y analizada, pudimos obtener la variabilidad que nos proporciona un dato exacto del porcentaje de mejora de una red sobre la otra y gracias a esta medida hemos determinado que existe una diferencia del 12.08 % en indicadores de transmisión.

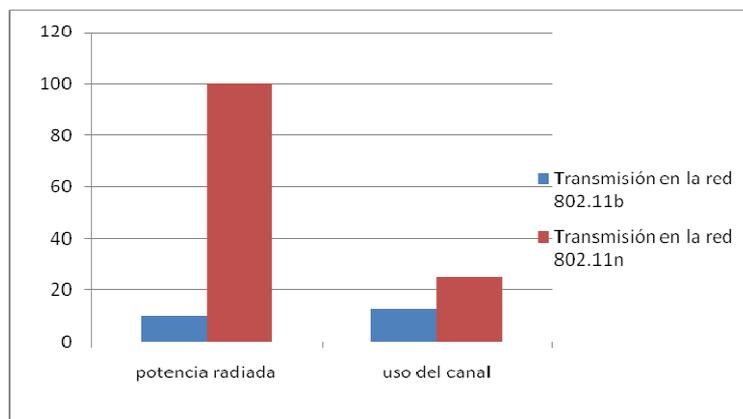


Grafico IV.32.- Comprobación de la Hipótesis en potencia, uso del canal.

Según el gráfico la mejora en potencia es del 90% y del 52% en el uso del canal de la red MIMO con la otra red, esta evaluación se realizó en escenarios de iguales características.

CAPÍTULO V

MARCO PROPOSITIVO

5.1. IMPLEMENTACION DE LA SOLUCION

Después del análisis realizado se procedió a la implementación de una red MIMO bajo el estándar 802.11n.

Para la cual se adquirió un Router TEW-652BRP y dos tarjetas wireless pci TEW-643PI, las características de estos equipos se encuentran descritos en la tabla III.3, los mismos que se instalaron en las maquinas del aula de profesores de Ingeniería Electrónica

Por la presentación de la red se busco el lugar más estratégico, para la ubicación del Router, con el objetivo de tener mayor cobertura y menos obstáculos.

Se utilizo canaleta 12x32 para cubrir los cables de red y de poder, la misma que se sujeto con tornillos y silicona, ayudándonos del taladro, tacos Fisher número 6.



Grafico V.33.- Equipos adquiridos para la red n implementada.

Aquí se detallara los pasos para la configuración de la red MIMO que es exactamente igual a la de cualquier estándar.

1.- Ingresamos a la pantalla de configuración del router con la ip 192.168.10.1

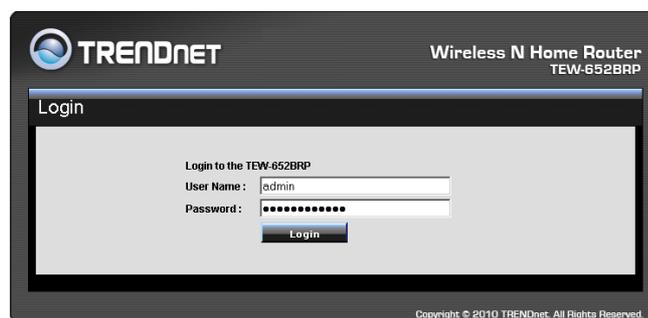


Grafico V.34.- Pantalla de ingreso al Router n.

En la pantalla de configuración ingresamos

- el user name es admin
- el password

2.- Ingresamos a la pestaña wireless BASIC ahí colocamos el SSID que en nuestro caso es EIE Profesores, escogemos el canal y la opción de trabajo en modo n solamente o mezclado con el b y g, el ancho del canal

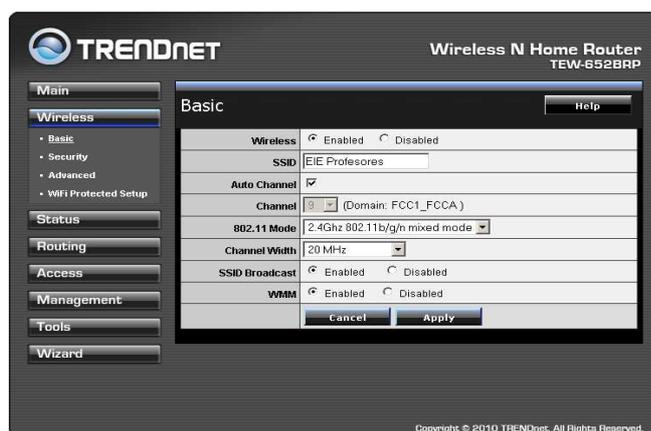


Grafico V.35.- Pantalla de ingreso al Router n.



Grafico V.36.- Pantalla de la seguridad Router n.

La red se encuentra en uso y disponible desde el 6 de Noviembre, a la cual se han incrementado una estación más con una tarjeta pci con el estándar 802.11g, por lo que en el modo de operación se colocó lo que se visualiza en el gráfico.

3.- Ingresamos a la ventana la ventana MAIN y ahí podemos configurar parámetros del servidor DHCP

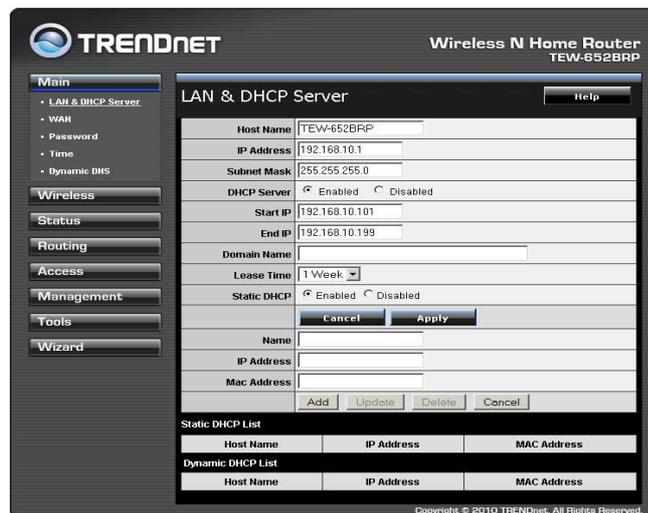


Grafico V.37.- Pantalla de Información básica del Router n.

4.- Para verificar el funcionamiento y configuración del Router podemos ingresar a la pestaña STATUS

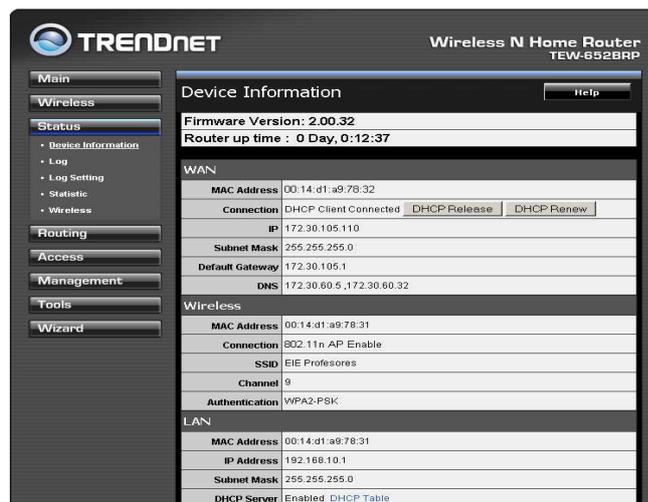


Grafico V.38.- Pantalla de estado.

Conclusiones

1. Los datos obtenidos, muestran que la red 802.11n brinda una mejora considerable en la velocidad de transferencia gracias al incremento de ancho de banda.
2. Los Sistemas de múltiples antenas mimo son una de las características importantísimas, en el estándar 802.11n que le permiten brindar mayor recepción viéndose reflejado en la capacidad de recolección de datos y menor número de paquetes perdidos.
3. Al cuantificar las ventajas de una red mimo y otra que no posee este sistema podemos verificar que la red mimo en estudio posee un nivel confiable para su utilización.

CONCLUSIONES

1. El sistema MIMO permite que cada antena ajuste de forma dinámica la recepción y la emisión de datos maximizando el alcance del mismo sobretodo en entornos muy cargados.
2. La tecnología MIMO depende de señales multiruta. Las señales multiruta son señales reflejadas que llegan al receptor un tiempo después de que la señal de línea de visión (line of sight, LOS) ha sido recibida. En una red no basada en MIMO, como son las redes 802.11a/b/g, las señales multiruta son percibidas como interferencia.
3. MIMO presenta sus prestaciones como opcionales o recomendados en los principales estándares y proyectos que se desarrollan actualmente como 3GPP - HSDPA, IEEE 802.11n, IEEE 802.16, IEEE 802.20 o IS-856 (evolución de cdma2000).
4. El estándar 802.11n hace uso simultáneo de ambas bandas, 2,4 Ghz y 5,4 Ghz.
5. Una vez configuradas, las redes Wi-Fi permiten el acceso de múltiples ordenadores sin ningún problema ni gasto en infraestructura, no así en la tecnología por cable
6. Uno de los problemas más graves a los cuales se enfrenta actualmente la tecnología Wi-Fi es la progresiva saturación del espectro radioeléctrico, debido a la masificación de usuarios, esto afecta especialmente en las conexiones de larga distancia (mayor de 100 metros), cualquier uso de mayor alcance está expuesto a un excesivo riesgo de interferencias.

7. IEEE 802.11n está construido basándose en estándares previos de la familia 802.11, agregando Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) y unión de interfaces de red (Channel Bonding), además de agregar tramas a la capa MAC
8. Los productos 802.11n tienden a caer rápidamente en los precios y sustituir tanto 802.11a y 802.11g, ya que ofrecen ventajas sobre ambos.
9. Existen varias alternativas de sistemas para analizar redes pero se decidió utilizar Wireshark, Observer y Look @ LAN Monitor.
10. Se puede realizar un diagnóstico de red con hardware barato y software gratuito.
11. Hemos aprendido varias técnicas de diagnóstico y análisis de red.

Limitaciones a la hora de realizar las mediciones:

Look @ LAN Monitor:

- Incapacidad de análisis a más bajo nivel de flujos de información.

Wireshark:

- Falta de resolución de dominios.
- Centrada sólo al análisis a bajo nivel.
- Falta de resumen estadístico.

12. Ambas herramientas permiten un diagnóstico profundo de la red y cabe destacar:

Observer:

- Versatilidad y facilidad de manejo.
- Casi nula necesidad de configuración.

Wireshark:

- Vocación educativa de Wireshark.
- Posibilidades de configuración y filtrado de paquetes.

13. Los datos obtenidos, muestran mediante el análisis que el mejor rendimiento nos proporciona el estándar 802.11n.
14. La administración de redes requiere: Conocimientos técnicos para interpretar los datos y la inteligencia necesaria para intentar pensar como los usuarios.

RECOMENDACIONES

1. Revisar que se encuentren todos los requisitos y dependencias necesarias para el correcto funcionamiento de las herramientas de Análisis
2. Monitorear de manera frecuente el tráfico de red para identificar que nuestros analizadores obtengan información real.
3. Evitar el uso de contraseñas muy sencillas, ya que esta va hacer utilizada por docentes y la seguridad de su información es importante.
4. Aplicar la implementación de la red que más eficiencia presente en comparación de los dos estándares.
5. Verificar que la red inalámbrica tenga un nivel de seguridad confiable.

RESUMEN

Se realizó la evaluación de sistemas de múltiples antenas MIMO bajo el estándar 802.11n, en los laboratorios de Ingeniería Electrónica de la Escuela Superior de Chimborazo, con el propósito de evaluar el rendimiento, beneficios y ventajas de estos sistemas.

En la investigación se utilizó el método Comparativo – Experimental, que se realizaron en dos redes inalámbrica 802.11n y 802.11b implementadas con características similares. Gracias a la utilización de herramientas muy poderosas para analizar redes como: WireShark, Observer y Look @ LAN Monitor se pudo obtener información del ancho de banda, tiempo de transmisión, etc. Además de datos sobre la potencia y el consumo del canal en el analizador de espectros, después de recolectar la información de las dos redes se procedió a analizar los datos mediante la variabilidad.

Se obtuvo una diferencia considerable en la red con el sistema MIMO que fue del 18.03% en paquetes perdidos, 9.81% en el ancho de banda, 13.68% en el retardo y el 6.16% en el Jitter dando un impacto total del 12.08% de mejoría en las transmisiones de las redes inalámbricas, además de un incremento del 90% de potencia y 52% de uso del canal.

La red 802.11n es la más rápida y eficiente, en cuanto estándares de redes inalámbricas. Se recomienda su utilización en la Espoch, además de hacer actualizaciones constantes para evitar problemas de seguridad.

SUMMARY

An MIMO multiple-antenna system evaluation under 802.11n standard was carried out in the Electronics Engineering labs from Escuela Superior Politécnica de Chimborazo in order to evaluate the performance, benefits and advantages of these systems.

Cooperative - Experimental Method was used in this research by using two wireless networks 802.11n and 802.11b applied with similar features. Very powerful tools were used to analyze networks such as: WireShark, Observer and Look @ LAN Monitor and band width information, transmission time and so on were gotten by means of them. Potency data and channel usage in the spectrum analyzer were also gotten. After collecting the two net information, data were analyzed by variation.

A remarkable difference of 18.03% was gotten in the MIMO system networks in lost packages, 9.81% in band width, 13.68% in delays and 6.16% in jitter with a total impact of 12.08% about wireless network transmission improvement, 90% of potency and 52% of channel usage were increased.

802.11n is the fastest and the most efficient network related to wireless network standards. It is recommend to use this one in ESPOCH. In addition to this, it is necessary to update constantly in order to avoid security problems.

GLOSARIO

A

ARP: Protocolo de Resolución de Direcciones

ASCII: Estándar Americano para Intercambio de Información

ATM: Modo Transferencia Asíncrono

B

BOOTP: Protocolo de Arranque-Asignación

D

DNS: Sistema de Nombre de Dominio

DTP: Proceso de Transferencia de Datos

dBi: Decibelios medidos con respecto a una antena isotrópica

dBm: Cuando el valor expresado en vatios es muy pequeño, se usa el milivatio (mW).

F

FTP: Protocolo de Transferencia de Archivos

G

GNU: No es UNIX

H

HDLC: Control de Enlace de Datos de Alto Nivel

HTML: Lenguaje de Marcas de Hipertexto

HTTP: Protocolo de Transferencia de Hypertexto

I

ICMP: Protocolo de Mensajes de Control de Internet

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

IP: Protocolo de Internet

M

MIB: Base de Datos de Información

N

NVT: Terminal Virtual de Red

O

OSI: Interconexión de Sistemas Abiertos

P

POP: Protocolo de Oficina de Correos

PPP: Protocolo Punto a Punto

R

RDSI: Red Digital de Servicios Integrados

RR: Registro de Recurso

RTP: Protocolo de Transporte de Tiempo Real

S

Seguridad: WEP/WPA

SMTP: Protocolo de Transferencia Simple de Correo

SNMP: Protocolo Simple de Administración de Red

SSH: Intérprete de Órdenes Seguro

SSID: Es el nombre que va a ser radiado por el router WIFI, puede ser cambiado y poner algún nombre más descriptivo.

T

TCP/IP: Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet

TELNET: Tele Red

TTL: Tiempo de Vida

U

UDP: Protocolo de Datagrama de Usuario

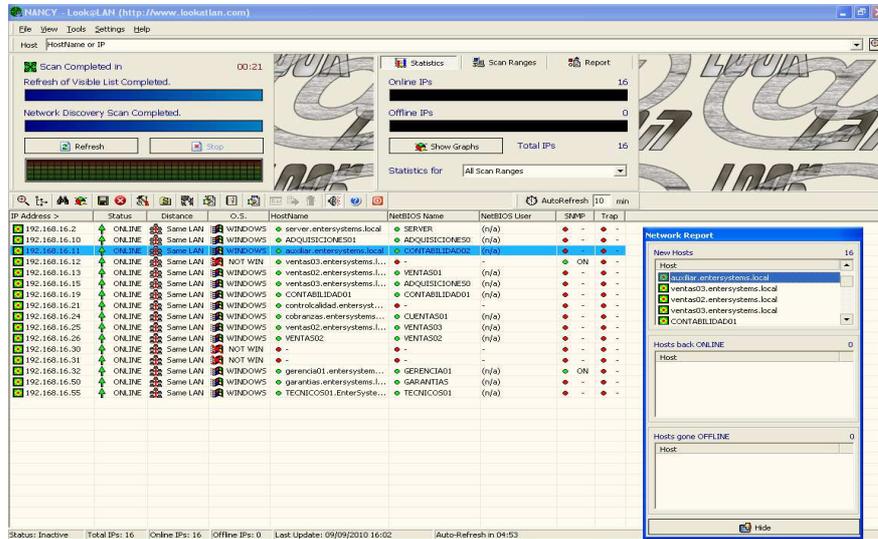
URL: Localizador Uniforme de Recurso

W

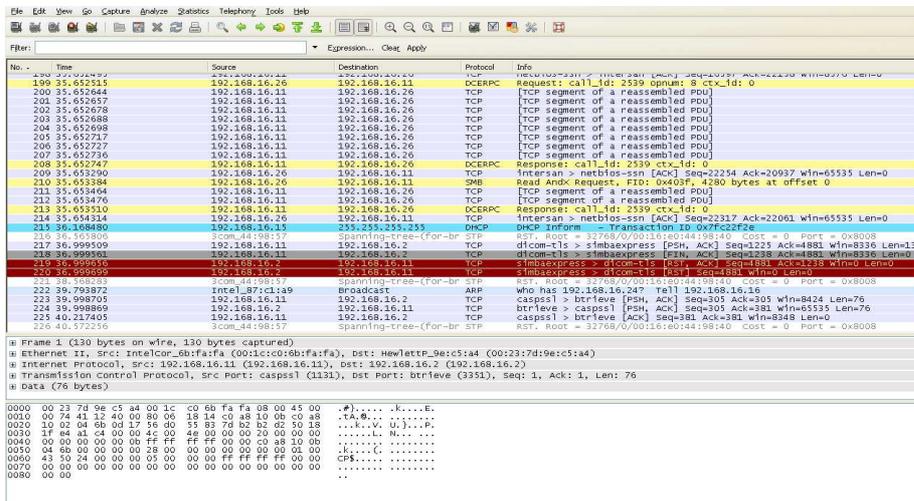
WAN: Red de Área Amplia

WLAN: Red de Área Amplia Inalámbrica

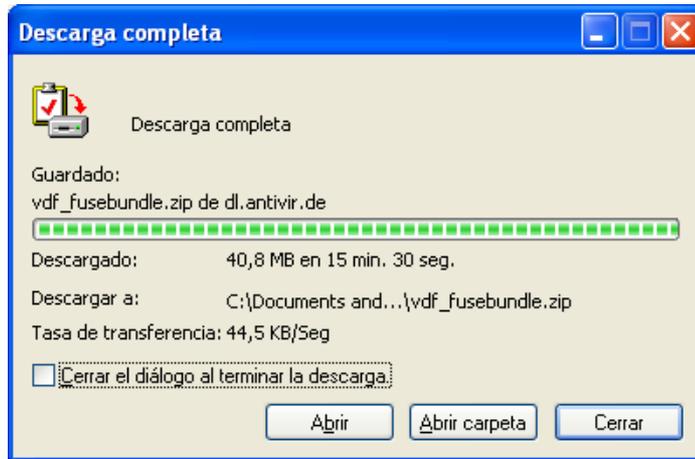
ANEXOS



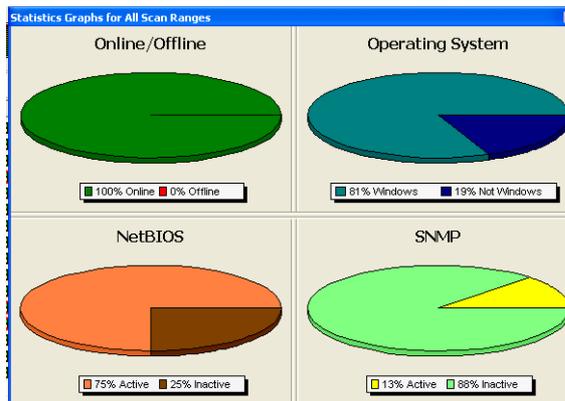
Anexo 1. Los equipos y características que pertenecen a la red.



Anexo 2. La recolección WireShark, paquetes capturados



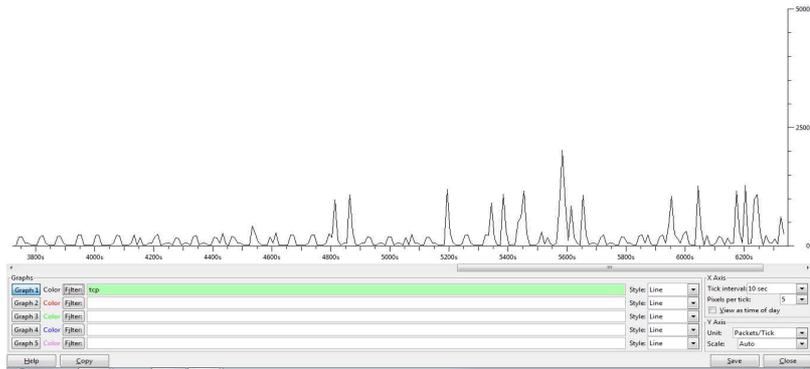
Anexo 3. Grafico de obtención de datos (Videos musicales, archivos ejecutables)



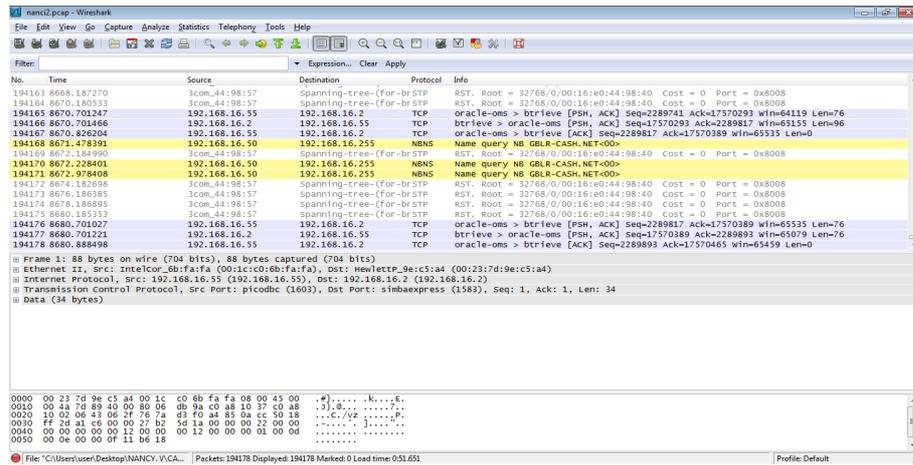
Anexo 4. Grafico del reporte de Look@lan Monitor

Anexo 5. Tabla de los datos obtenidos en las descargas en la red b

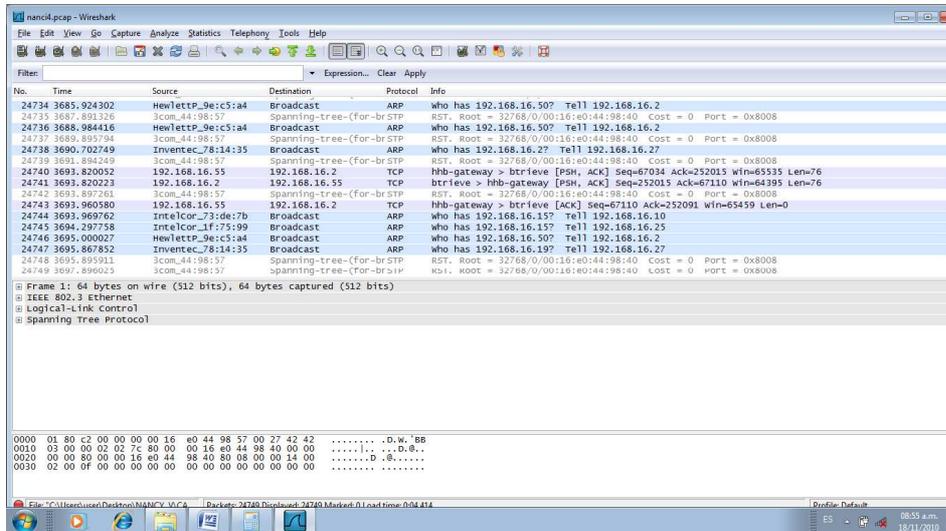
TIEMPO(seg)	TAMAÑO(kb)	TASA(kb/s)
1	149	149
1	54	54
2	79.5	39.75
3	295	98.33333333
4	147	36.75
8	256	32
8	433	54.125
11	254	23.09090909
15	972	64.8
52	1648.64	31.70461538
58	3747.84	64.61793103
60	1658.88	27.648
75	6010.88	80.14506667
83	2600.96	31.33686747
83	1566.72	18.87614458
87	8755.2	100.6344828
108	2088.96	19.34222222
133	9605.12	72.21894737
136	3737.6	27.48235294
149	171	1.147651007
150	1413.12	9.4208
152	1433.6	9.431578947
158	3133.44	19.83189873
208	3696.64	17.77230769
224	1361.92	6.08
257	2877.44	11.19626459
660	3993.6	6.050909091
930	41779.2	44.92387097
1120	84684.8	75.61142857
1970	26112	13.25482234
3530	102400	29.00849858
3790	59596.8	15.72474934



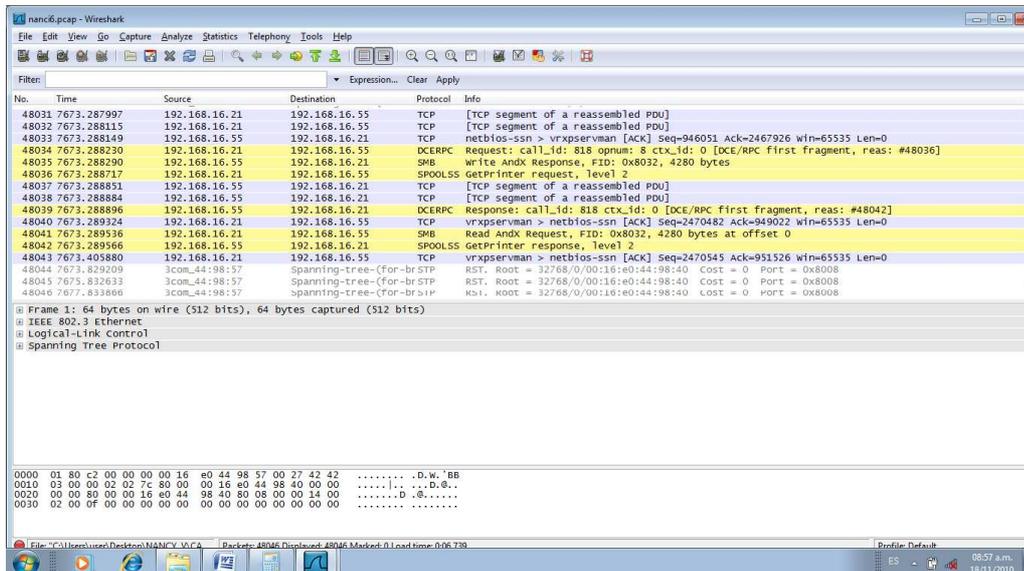
Anexo 6. Gráfica del tiempo de transmisión según el tamaño de la información.



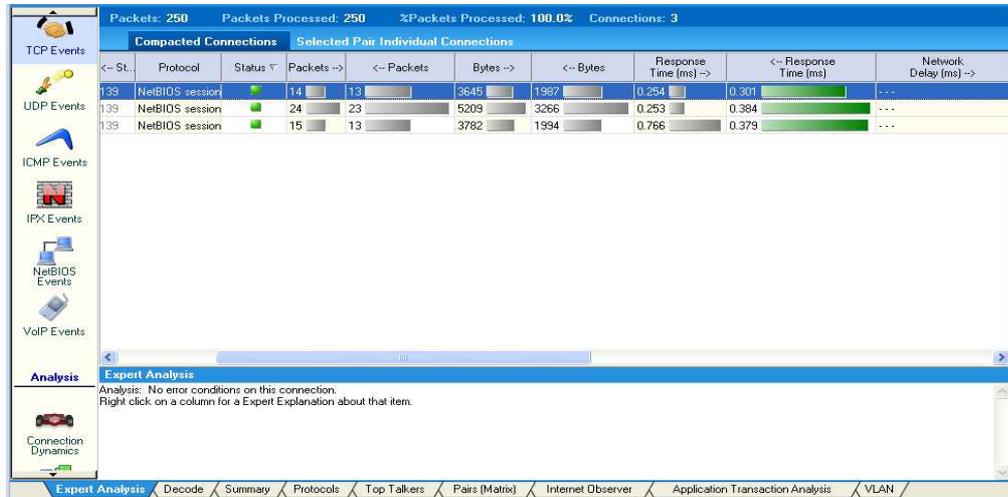
Anexo 7. Especificación del tráfico de paquetes de aplicaciones de la red n.



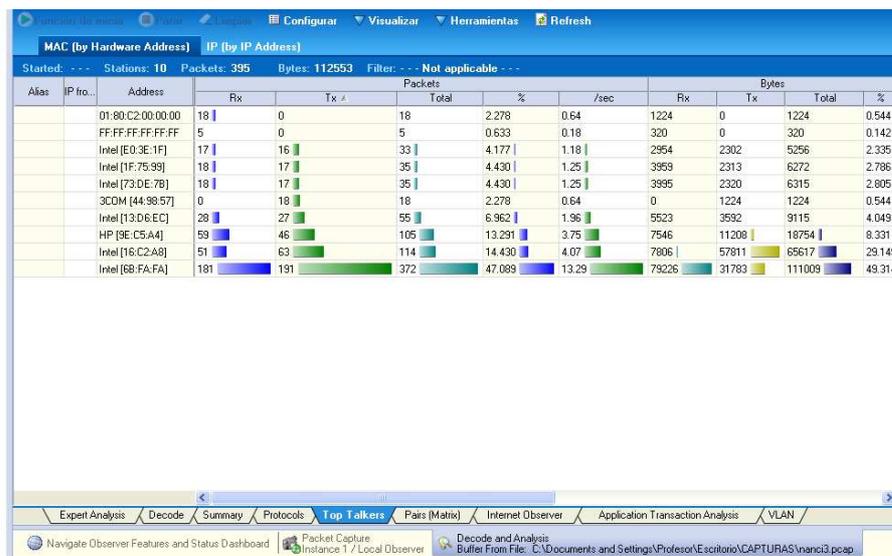
Anexo 8. Especificación del tráfico de música, video de la red b.



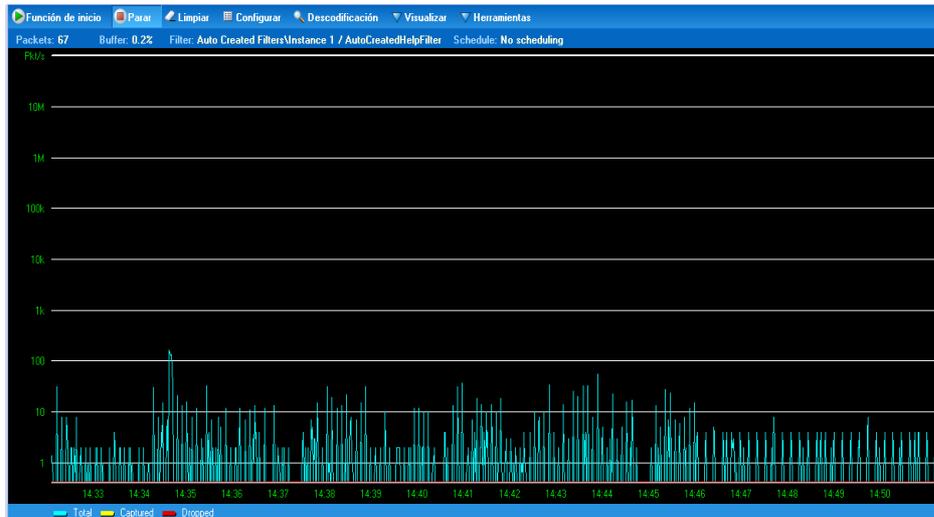
Anexo 9. Especificación del tráfico de música, video de la red n.



Anexo 10. Especificación de los indicadores de la red n.



Anexo 11. Especificación de los paquetes transmitidos y perdidos de la red n.



Anexo 12. Grafico del envío de paquetes de la red n.

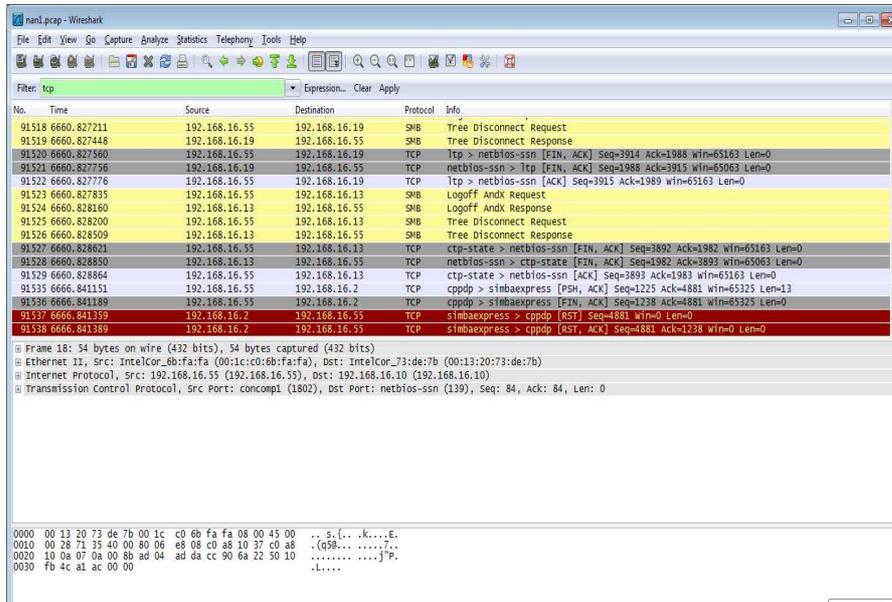
Packets: 250 Packets Processed: 250 %Packets Processed: 100.0% Connections: 4

Compacted Connections		Selected Pair Individual Connections								
Station1/Port (Conexión1->)	<- Station2/Port	Protocol	Status	Packets->	<-Packets	Bytes->	<-Bytes	Response Time (ms)->	<-Response Time (ms)	Network Delay (ms)->
192.168.16.55/1821	192.168.16.13/445	CIFS/SMB	■	25	23	5215	3067	1.071	0.500	0.044
192.168.16.55/1820	192.168.16.25/139	NetBIOS se...	■	17	16	3801	2250	0.339	0.351	...
192.168.16.55/1817	192.168.16.19/139	NetBIOS se...	■	24	22	5231	3009	0.436	0.436	...
192.168.16.55/1814	192.168.16.10/139	NetBIOS se...	■	18	16	3997	2257	0.809	0.275	...

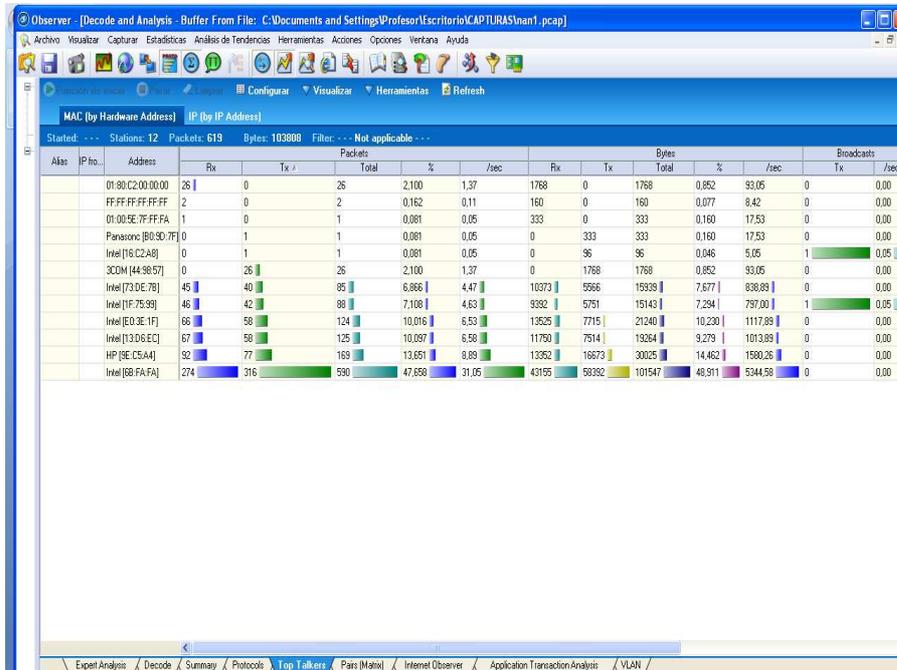
Expert Analysis
 Select a connection from the list to see Expert analysis on that connection.
 Right click on a column for a Expert Explanation about that item.

Expert Analysis Decode Summary Protocols Top Talkers Pairs (Matrix) Internet Observer Application Transaction Analysis VLAN

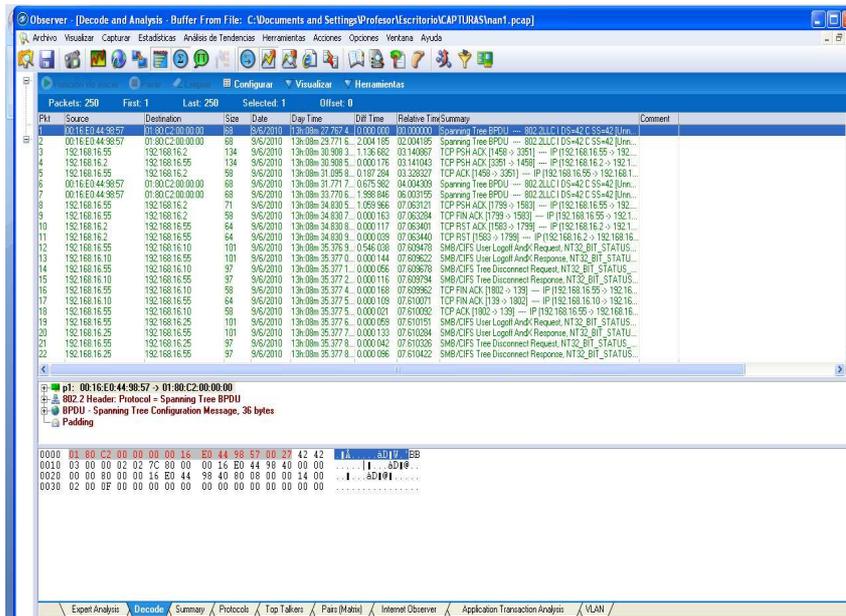
Anexo 13. Grafico de paquetes transmitidos y perdidos de la red n.



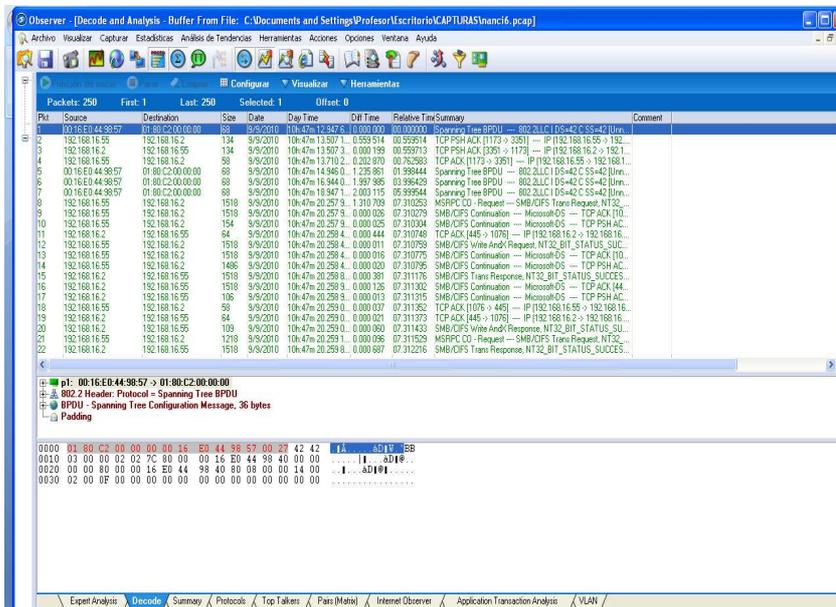
Anexo 14. Grafico de paquetes ejecutables en la red b.



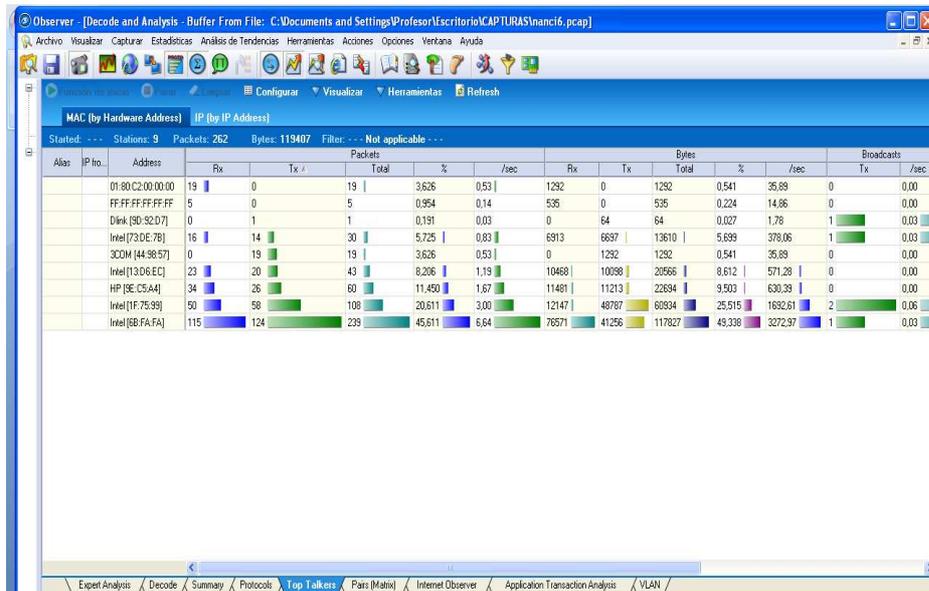
Anexo 15. Grafico de paquetes ejecutables transmitidos y perdidos de la red b.



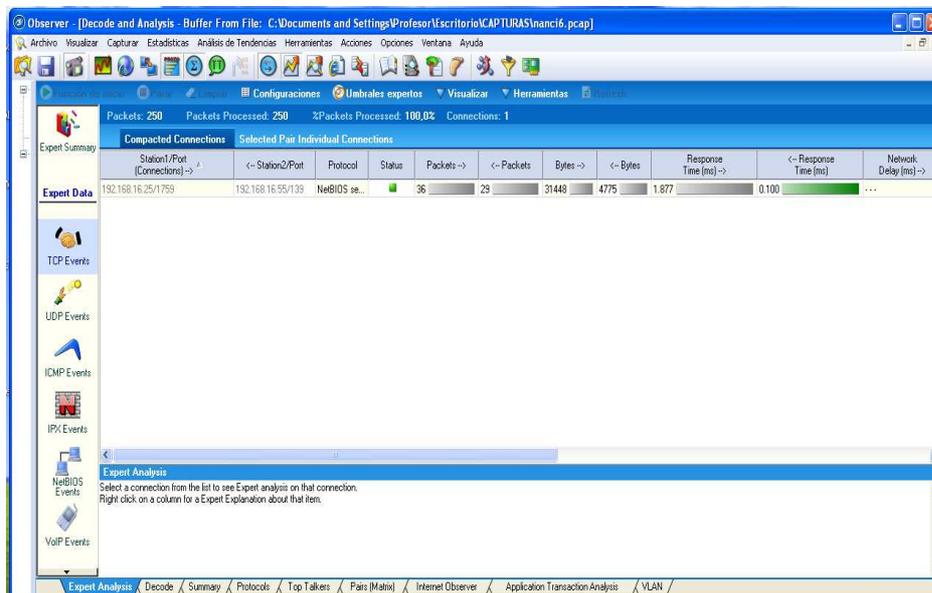
Anexo 16. Detalle de paquetes de aplicaciones transmitidos y perdidos de la red b



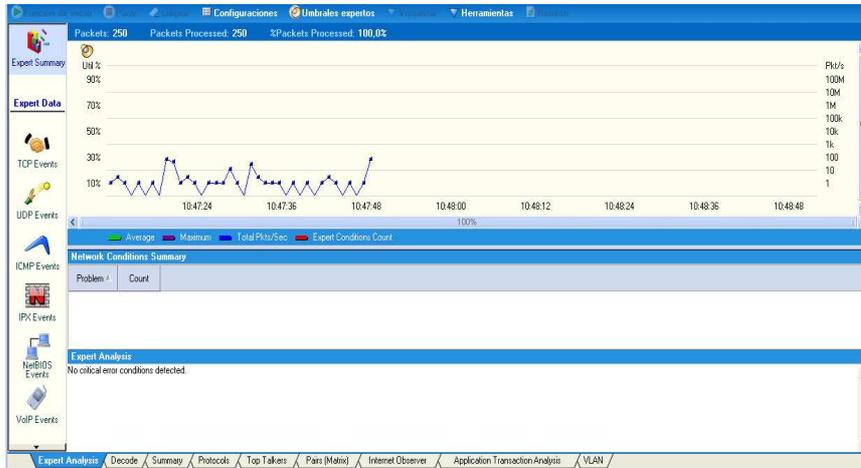
Anexo 17. Detalle de paquetes ejecutables transmitidos y perdidos de la red b



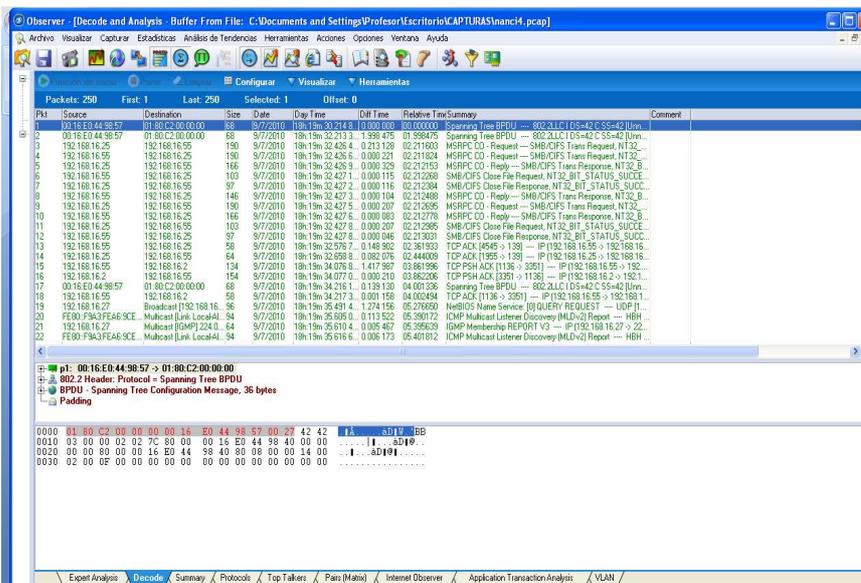
Anexo 18. Grafico de paquetes ejecutables transmitidos y perdidos de la red b



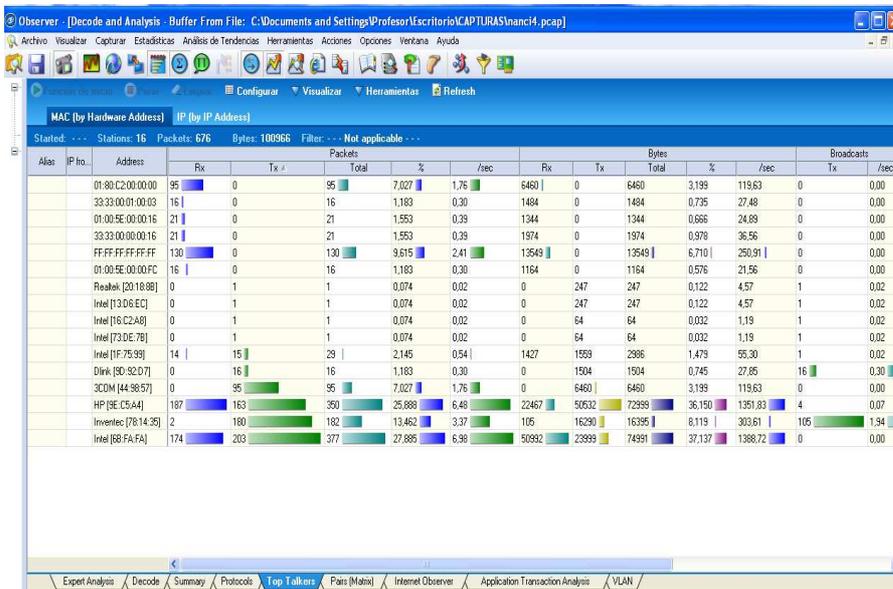
Anexo 19. Detalle del netbios de la red b



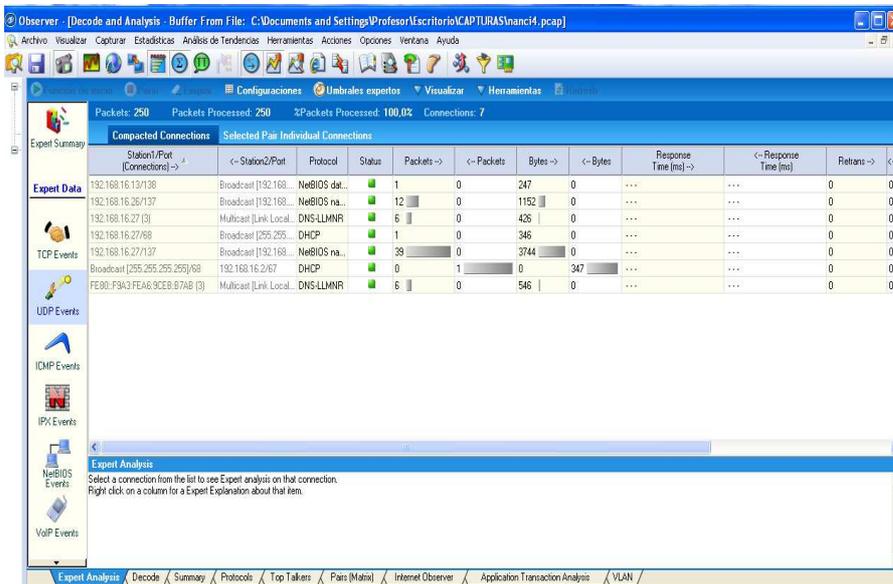
Anexo 20. Grafica del ancho de banda de la red b



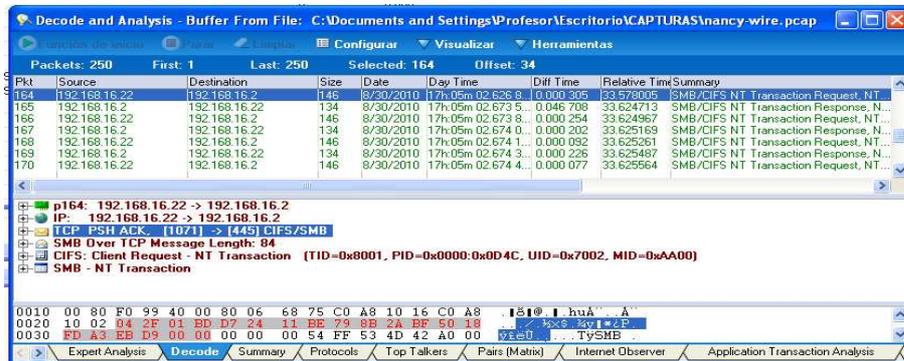
Anexo 21. Detalle de paquetes de la red b



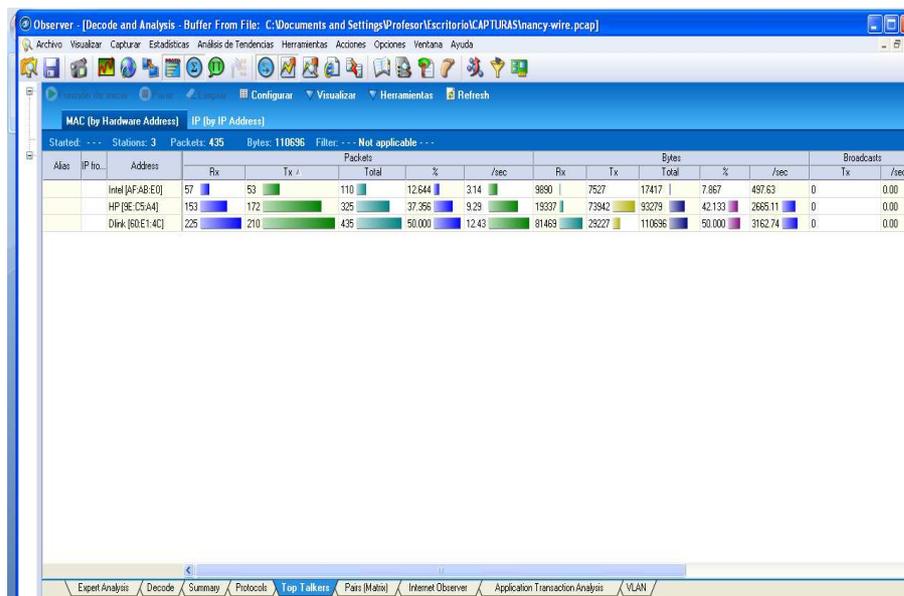
Anexo 22. Detalle de paquetes ejecutables transmitidos y perdidos de la red b



Anexo 23. Detalle del netbios de la red n



Anexo 24. Detalle de paquetes de la red b



Anexo 25. Detalle de paquetes video transmitidos y perdidos de la red b

Observer - [Decode and Analysis - Buffer From File: C:\Documents and Settings\Profesor\Escritorio\CAPTURAS\lan5.pcap]

MAC (by Hardware Address) IP (by IP Address)

Started: --- Stations: 6 Packets: 414 Bytes: 112745 Filter: --- Not applicable ---

Alias	IP No.	Address	Packets				Bytes				Broadcasts			
			Rx	Tx	Total	%	/sec	Rx	Tx	Total	%	/sec	Tx	/sec
		FF:FF:FF:FF:FF:FF	2	0	2	0,242	0,08	494	0	494	0,219	20,58	0	0,00
		01:80:C2:00:00:00	13	0	13	1,570	0,54	884	0	884	0,392	36,83	0	0,00
		Intel (73:DE:78)	0	1	1	0,121	0,04	0	247	247	0,110	10,29	1	0,04
		3COM (44:98:57)	0	13	13	1,570	0,54	0	884	884	0,392	36,83	0	0,00
		Intel (88:FA:FA)	200	199	399	48,188	16,63	80782	30585	111367	49,389	4640,29	0	0,00
		HP (9E:C5:A4)	199	201	400	48,309	16,67	30585	81029	111614	49,498	4650,58	1	0,04

Expert Analysis Decode Summary Protocols Top Talkers Pairs (Matrix) Internet Observer Application Transaction Analysis VLAN

Anexo 26. Detalle de paquetes videos transmitidos y perdidos de la red b

Observer - [Decode and Analysis - Buffer From File: C:\Documents and Settings\Profesor\Escritorio\CAPTURAS\30_31_1_agos_sep.pcap]

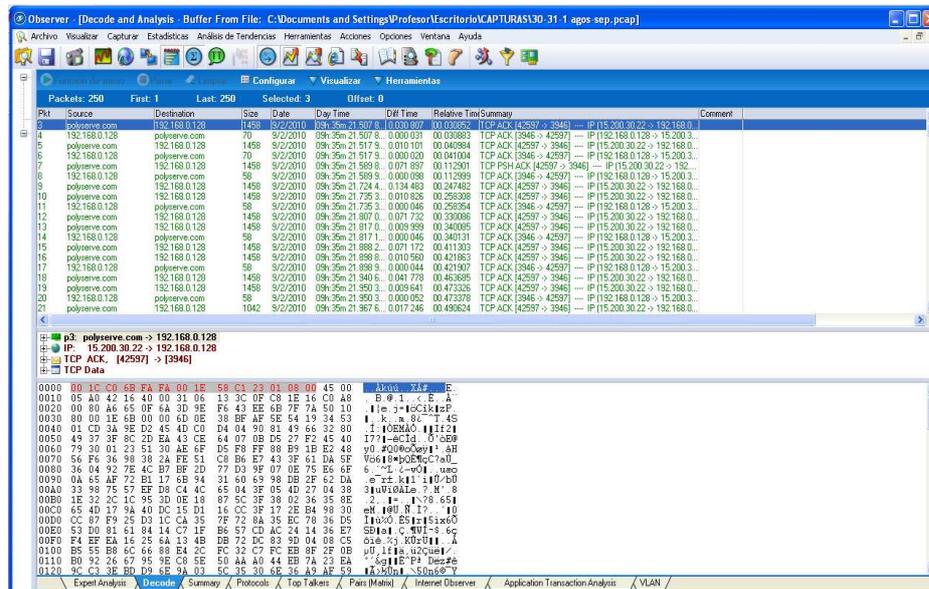
MAC (by Hardware Address) IP (by IP Address)

Started: --- Stations: 4 Packets: 269 Bytes: 248207 Filter: --- Not applicable ---

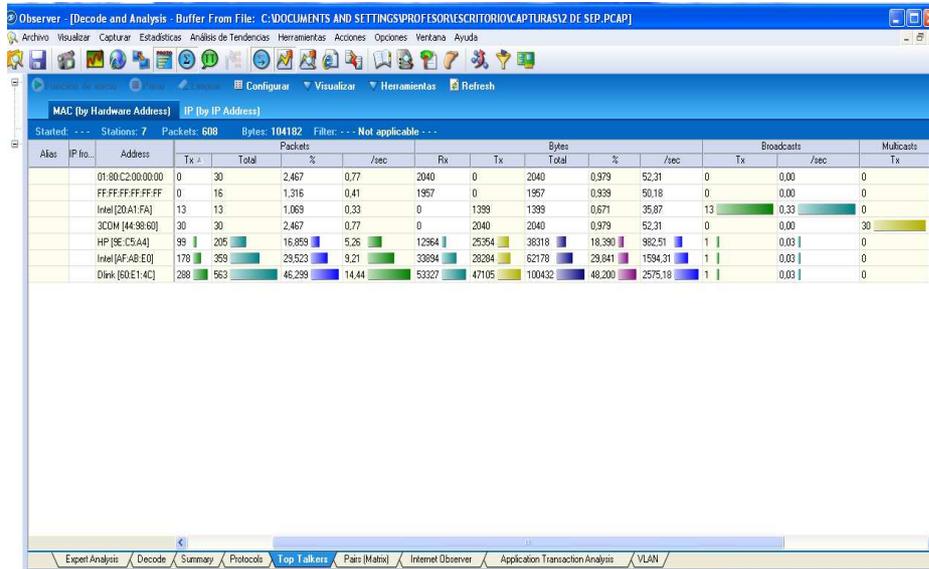
Alias	IP No.	Address	Packets				Bytes				Broadcasts			
			Rx	Tx	Total	%	/sec	Rx	Tx	Total	%	/sec	Tx	/sec
		FF:FF:FF:FF:FF:FF	1	0	1	0,186	0,17	247	0	247	0,050	41,17	0	0,00
		Realtek (01:49:5A)	0	1	1	0,186	0,17	0	247	247	0,050	41,17	1	0,17
		Intel (88:FA:FA)	170	98	268	49,814	44,67	242036	5524	247360	49,950	4132,7	0	0,00
		Dlink (C1:23:01)	98	170	268	49,814	44,67	5524	242036	247360	49,950	4132,7	0	0,00

Expert Analysis Decode Summary Protocols Top Talkers Pairs (Matrix) Internet Observer Application Transaction Analysis VLAN

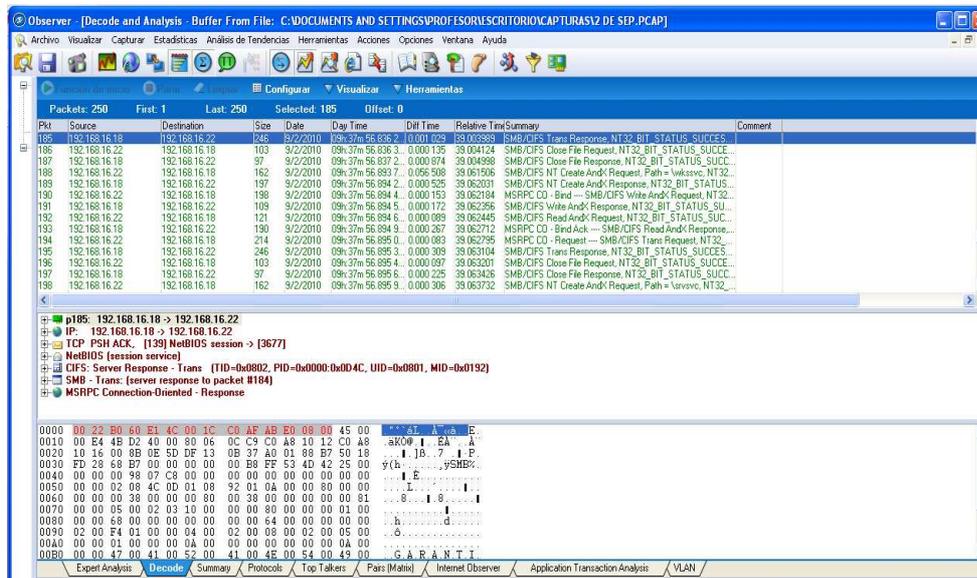
Anexo 27. Detalle de paquetes música transmitidos y perdidos de la red n



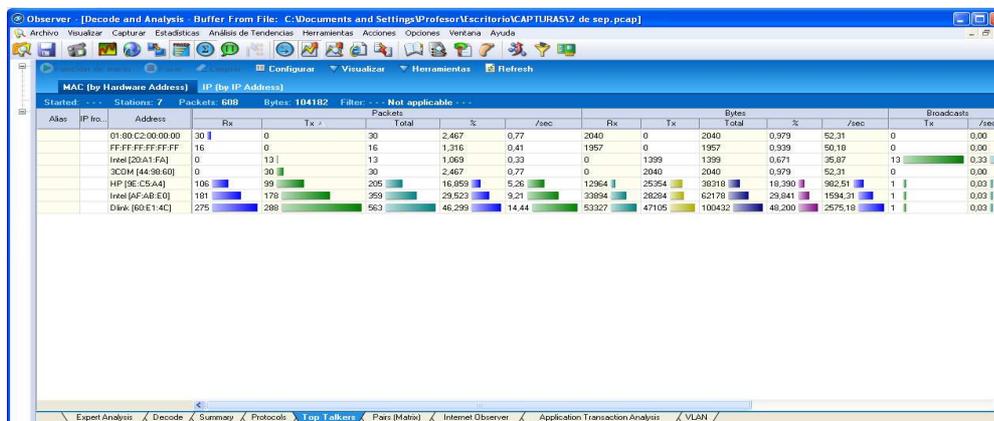
Anexo 28. Detalle de paquetes de aplicaciones transmitidos y perdidos de la red b



Anexo 29. Detalle de paquetes de aplicaciones transmitidos y perdidos de la red n



Anexo 30. Detalle de paquetes ejecutables transmitidos y perdidos de la red b



Anexo 31. Detalle de paquetes ejecutables transmitidos y perdidos de la red n

Anexo 32. Potencia típica de transmisión y potencia de señal típica de recepción de una red inalámbrica WiFi (15 a -50 dBm).

NIVEL dBm	Potencia
15 dBm	32 mW
10 dBm	10 mW
6 dBm	4.0 mW
5 dBm	3.2 mW
-10 dBm	100 μ W
-20 dBm	10 μ W
-30 dBm	1.0 μ W = 1000 nW
-40 dBm	100 nW
-50 dBm	10 nW
-60 dBm	1.0 nW = 1000 pW



Anexo 33. Transfiriendo archivos ejecutables de 336 MB

Channel	Grade	Duty Cycle	Average Floor (dBm)	Average Peak (dBm)	
1		78	3,13	-93,52	-79,39
2		79	3,11	-93,53	-78,74
3		78	3,23	-93,43	-79,59
4		67	4,14	-92,56	-79,26
5		66	5,02	-91,75	-75,8
6		60	7,95	-88,86	-70,72
7		55	11,32	-85,55	-64,26
8		52	13,77	-83,1	-59,17
9		50	15,54	-81,36	-57,35
10		52	14,49	-82,41	-59,11
11		55	11,21	-85,65	-64,98
12		61	7,57	-89,21	-71,63

OK Copy to Clipboard

Anexo 34. Reporte del simulador en la red 802.11b

Channel	Grade	Duty Cycle	Average Floor (dBm)	Average Peak (dBm)	
1		74	5,47	-91,3	-64,52
2		72	6,08	-90,68	-60,22
3		70	6,78	-89,98	-56,43
4		59	8,29	-88,5	-53,63
5		58	9,64	-87,18	-51,61
6		55	11,9	-84,94	-50,76
7		52	14,25	-82,62	-50,5
8		50	15,54	-81,31	-50,5
9		49	16,59	-80,28	-50,5
10		50	16,02	-80,87	-50,5
11		52	13,96	-82,91	-50,57
12		57	11,41	-85,42	-51,02

OK Copy to Clipboard

Anexo 35. Reporte del simulador en la red 802.11n



Anexo 36. Analizador de espectro USB

BIBLIOGRAFIA

- **ANCHO DE BANDA**

http://es.wikipedia.org/wiki/Ancho_de_banda

2009-07-15

- **CONFIGURACIÓN BÁSICA DEL ROUTER N**

<http://www.lodemenos.net/WLAN-802-11a-b-g-y-ahora-802-11n.html>

2010-03-11

- **CONFIGURACION BASICA DE UNA RED INALAMBRICA**

[http://www.maestrosdelweb.com/principiantes/configurar-una-red-inalámbrica-en-13-pasos/](http://www.maestrosdelweb.com/principiantes/configurar-una-red-inalambrica-en-13-pasos/)

2010-02-25

- **ESTANDAR 802.11N**

http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11n

2010-03-11

- **GESTION DE RECURSOS PARA SERVICIOS DE TIEMPO REAL SOBRE REDES WLAN**

[http://tstc.ugr.es/it/pcf/proyectos_realizados/downloads/Memoria JoseAntonioRodriguez.pdf](http://tstc.ugr.es/it/pcf/proyectos_realizados/downloads/Memoria_JoseAntonioRodriguez.pdf).

2010-08-10

- **IEEE, Redes inalámbricas.(20 de junio 2008)**

<http://standars.ieee.org/wireless>

2010-04-24

- **JITTER**

[http://www.voiPforo.com/Qos/QoS Jitter.php](http://www.voiPforo.com/Qos/QoS%20Jitter.php).

2009-06-10

- **LOOK @ LAN NETWORK MONITOR**

http://download.cnet.com/Look-LAN-Network-Monitor/3000-2085_4-10145550.html

2010-08-12

- **OBSERVER PARA ANALIZAR REDES**

<http://www.integracion-de-sistemas.com/analisis-y-monitoreo-de-redes/demostracion-de-observer.html>

2010-11-12

- **RETARDOS Y JITTERS**

http://es.wikipedia.org/wiki/Calidad_de_servicio

2009-05-15

- **SISTEMA DE MULTIPLES ANTENAS MIMO**

<http://www.efn.uncor.edu/escuelas/computacion/files/IntroduccionSistemasMIMO.pdf>

2010-07-15

- **WIRESHARK**

<http://seguridadyredes.nireblog.com/post/2008/02/14/analisis-de-red-con-wireshark-interpretando-los-datos>

2010-10-14

