

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD
DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DE COMPUTACIÓN**

NAVARRETE RAMIREZ JORGE HERNAN

jorge_n@web.de

PAZMIÑO ARMIJOS DAVID ALEJANDRO

david.pazmino.armijos@gmail.com

DIRECTOR: DR. ENRIQUE MAFLA

mafla@epn.edu.ec

Quito, Febrero

DECLARACIÓN

Nosotros: Jorge Hernán Navarrete Ramírez y David Alejandro Pazmiño Armijos, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Jorge Hernán Navarrete Ramírez

David Alejandro Pazmiño Armijos

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jorge Hernán Navarrete Ramírez y David Alejandro Pazmiño Armijos, bajo mi supervisión.

Dr. Enrique Mafla
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento es para Dios, por ser razón y causa, sin él nada sería posible.

Agradezco en forma infinita a mis padres, a mi hermana por su apoyo y ayuda en todo este tiempo.

Un especial agradecimiento a Jairo Méndez, a la familia Gaibor, a la familia Tobar, a mis amigos por haber prestado ayuda y colaboración en la culminación de este proyecto.

Extiendo un agradecimiento al Dr. Enrique Mafla por su guía en este trabajo y a mi compañero de tesis David Pazmiño por su paciencia y dedicación en el desarrollo y entrega del presente trabajo.

Jorge Navarrete R.

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios por guiarme en mi vida y ayudarme a encontrar amigos que han hecho que crezca como persona.

Agradezco a mi familia, por ser un apoyo y brindarme su ayuda en la culminación de mis estudios.

Un agradecimiento a mis amigos, a Jorge Navarrete mi compañero y amigo, por ser un apoyo y ayuda para completar este proyecto. Un agradecimiento especial a JENNY que es una persona muy especial en mi vida y que me ha brindado su colaboración para culminar este proyecto.

Un agradecimiento al Dr. Enrique Mafla por su guía y ayuda en la realización de este proyecto.

David Pazmiño A.

DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a mi padre, a mi madre
y a mi hermana, su apoyo, ayuda y
confianza en mi fueron fundamentales
para la culminación de este ciclo de
estudios.*

Jorge Navarrete R.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia que confió y me apoyo durante todos mis estudios, ayudándome a culminar este objetivo.

David Pazmiño A.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	VI
INDICE DE GRAFICOS	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN	
INALÁMBRICA A UTILIZARSE.....	2
1.1 Red física	2
1.1.1 Conjunto de servicio Básico (BSS).	3
1.1.2 Conjunto de servicio Extendido (ESS)	3
1.1.3 Punto de Acceso.	5
1.1.4 Descripción de las Estaciones	7
1.2 Red de datos.....	7
1.2.1 Estructura Lógica de los BSS.....	7
1.2.2 Protocolos y sistemas de Comunicaciones	9
1.2.3 Seguridad en las transmisiones	15
1.3 Aplicaciones	16
1.3.1 PING	16
1.3.2 CLINK.....	18
1.3.3 WIRESHARK	19
1.3.4 SCP (Secure Copy).....	20
1.4 Resumen	20
CAPITULO 2. DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....	22
2.1 Experimentos de Rendimiento.....	22
2.1.1 Hipótesis preliminar.....	22
2.1.2 Definición Del Escenario Para Ejecución De Experimentos.....	23
2.2 Experimentos de Disponibilidad.....	24
2.2.1 Hipótesis preliminar.....	24

2.2.2	Definición Del Escenario Para Ejecución De Experimentos.....	25
2.3	Condiciones Ambientales	26
2.3.1	Variables dependientes.....	27
2.3.2	Variables independientes.....	29
2.4	Configuraciones de hardware y software	36
2.4.1	Hipótesis definitivas.....	37
2.4.2	Procedimiento y condiciones para la ejecución de los experimentos.....	37
2.4.3	Definición de Experimentos.....	43
2.5	Resumen	46
CAPITULO 3. REALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		47
3.1	Resultados de la ejecución de los Experimentos de Rendimientos	47
3.1.1	Experimento 1	49
3.1.2	Experimento 2	53
3.1.3	Experimento 3	57
3.1.4	Experimento 4	62
3.1.5	Experimento 5	67
3.1.6	Experimento 6	72
3.1.7	Experimento 7	77
3.1.8	Experimento 8	82
3.1.9	Experimento 9	86
3.1.10	Experimento 10	91
3.1.11	Experimento 11	96
3.1.12	Experimento 12	101
3.1.13	Experimento 13	106

3.1.14	Experimento 14	111
3.1.15	Experimento 15	116
3.1.16	Experimento 16	122
3.1.17	Experimento 17	127
3.1.18	Experimento 18	132
3.1.19	Experimento 19	137
3.1.20	Experimento 20	142
3.1.21	Experimento 21	147
3.1.22	Experimento 22	152
3.1.23	Experimento 23	158
3.1.24	Experimento 24	163
3.2	Resultados de la ejecución de los Experimentos de Disponibilidad	168
3.3	Análisis de Resultados	170
3.2.1	Análisis Global de Experimentos.....	170
3.3.1	Análisis de resultados para aplicaciones	179
3.3.2	Análisis de resultados para aplicaciones en tiempo Real.....	180
3.3.3	Análisis de resultados para aplicaciones de procesamiento en lotes..	182
3.3.4	Análisis de resultados para aplicaciones Interactivas	183
CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		184
4.1	Conclusiones.....	184
4.2	Recomendaciones.....	186
BIBLIOGRAFÍA.....		186
ANEXOS		186

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Distribución de IPs.....	8
Tabla 2 Coordenadas geográficas ubicación uno	30
Tabla 3 Coordenadas geográficas ubicación dos.....	31
Tabla 4 Potencia de transmisión	32
Tabla 5 Relación entre canal y frecuencia	32
Tabla 6 Relación entre canal y frecuencia	33
Tabla 7 Configuración IP caso 1	34
Tabla 8 Configuración IP caso 2	35
Tabla 9 Ubicación geográfica nodo principal.....	38
Tabla 10 Tiempo de ejecución de atest1 y atest2	40
Tabla 11 Tiempo de ejecución de las pruebas.....	40
Tabla 12 Valor de variables independientes en cada experimento	45
Tabla 13 Condiciones Meteorológicas de los Experimentos	49
Tabla 14 Variables Independientes experimento 1	49
Tabla 15 Pérdida Paquetes Experimento 1	50
Tabla 16 Latencia Experimento 1.....	51
Tabla 17 Tasa de Transferencia Experimento 1.....	52
Tabla 18 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 1	53
Tabla 19 Variables Independientes	54
Tabla 20 Pérdida Paquetes Experimento 2.....	54
Tabla 21 Latencia Experimento 2.....	55
Tabla 22 Tasa de Transferencia Experimento 2.....	56
Tabla 23 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 2	57
Tabla 24 Variables Independientes	58
Tabla 25 Pérdida Paquetes Experimento 3.....	59
Tabla 26 Latencia Experimento 3.....	60
Tabla 27 Tasa de Transferencia Experimento 3.....	61
Tabla 28 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 3	62
Tabla 29 Variables Independientes	62
Tabla 30 Pérdida Paquetes Experimento 4.....	63

Tabla 31 Latencia Experimento 4.....	65
Tabla 32 Tasa de Transferencia Experimento 4.....	66
Tabla 33 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 4	67
Tabla 34 Variables Independientes	67
Tabla 35 Pérdida Paquetes Experimento 5.....	68
Tabla 36 Latencia Experimento 5.....	70
Tabla 37 Tasa de Transferencia Experimento 5.....	71
Tabla 38 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 5	72
Tabla 39 Variables Independientes	72
Tabla 40 Pérdida Paquetes Experimento 6.....	74
Tabla 41 Latencia Experimento 6.....	75
Tabla 42 Tasa de Transferencia Experimento 6.....	76
Tabla 43 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 6	77
Tabla 44 Variables Independientes	78
Tabla 45 Pérdida Paquetes Experimento 1	78
Tabla 46 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 7	82
Tabla 47 Variables Independientes	82
Tabla 48 Pérdida de Paquetes Experimento 8.....	83
Tabla 49 Latencia Experimento 6.....	84
Tabla 50 Tasa de Transferencia Experimento 8.....	85
Tabla 51 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 8	86
Tabla 52 Variables Independientes	86
Tabla 53 Pérdida de Paquetes Experimento 9.....	87
Tabla 54 Latencia Experimento 9.....	89
Tabla 55 Tasa de Transferencia Experimento 9.....	90
Tabla 56 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 9	91
Tabla 57 Variables Independientes	91
Tabla 58 Pérdida de Paquetes Experimento 10.....	92
Tabla 59 Latencia Experimento 10.....	94
Tabla 60 Tasa de Transferencia Experimento 10.....	95
Tabla 61 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 10	96
Tabla 62 Variables Independientes	96
Tabla 63 Pérdida de Paquetes Experimento 11	97

Tabla 64 Latencia Experimento 11.....	99
Tabla 65 Tasa de Transferencia Experimento 11.....	100
Tabla 66 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 11	101
Tabla 67 Variables Independientes.....	101
Tabla 68 Pérdida de Paquetes Experimento 12.....	102
Tabla 69 Latencia Experimento 12.....	104
Tabla 70 Tasa de Transferencia Experimento 12.....	105
Tabla 71 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 12	106
Tabla 72 Variables Independientes.....	106
Tabla 73 Pérdida de Paquetes Experimento 13.....	107
Tabla 74 Latencia Experimento 13.....	109
Tabla 75 Tasa de Transferencia Experimento 13.....	110
Tabla 76 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 13	111
Tabla 77 Variables Independientes.....	111
Tabla 78 Pérdida de Paquetes Experimento 14.....	112
Tabla 79 Latencia Experimento 14.....	114
Tabla 80 Tasa de Transferencia Experimento 14.....	115
Tabla 81 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 14	116
Tabla 82 Variables Independientes.....	116
Tabla 83 Pérdida de Paquetes Experimento 15.....	118
Tabla 84 Latencia Experimento 15.....	120
Tabla 85 Tasa de Transferencia Experimento 15.....	121
Tabla 86 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 15	122
Tabla 87 Variables Independientes.....	123
Tabla 88 Pérdida de Paquetes Experimento 16.....	123
Tabla 89 Latencia Experimento 16.....	125
Tabla 90 Tasa de Transferencia Experimento 16.....	126
Tabla 91 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 16	127
Tabla 92 Variables Independientes.....	127
Tabla 93 Pérdida de Paquetes Experimento 17	129
Tabla 94 Latencia Experimento 17.....	130
Tabla 95 Tasa de Transferencia Experimento 17.....	131
Tabla 96 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 17	132

Tabla 97 Variables Independientes	133
Tabla 98 Pérdida de Paquetes Experimento 18	133
Tabla 99 Latencia Experimento 18	135
Tabla 100 Tasa de Transferencia Experimento 18	136
Tabla 101 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 18	137
Tabla 102 Variables Independientes	137
Tabla 103 Pérdida de Paquetes Experimento 19	138
Tabla 104 Latencia Experimento 19	140
Tabla 105 Tasa de Transferencia Experimento 19	141
Tabla 106 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 19	142
Tabla 107 Variables Independientes	142
Tabla 108 Pérdida de Paquetes Experimento 20	143
Tabla 109 Latencia Experimento 20	145
Tabla 110 Tasa de Transferencia Experimento 20	146
Tabla 111 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 20	147
Tabla 112 Variables Independientes	148
Tabla 113 Pérdida de Paquetes Experimento 21	149
Tabla 114 Latencia Experimento 21	150
Tabla 115 Tasa de Transferencia Experimento 21	151
Tabla 116 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 21	152
Tabla 117 Variables Independientes	152
Tabla 118 Pérdida de Paquetes Experimento 22	154
Tabla 119 Latencia Experimento 22	156
Tabla 120 Tasa de Transferencia Experimento 22	157
Tabla 121 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 22	158
Tabla 122 Variables Independientes	158
Tabla 123 Pérdida de Paquetes Experimento 23	159
Tabla 124 Latencia Experimento 23	161
Tabla 125 Tasa de Transferencia Experimento 23	162
Tabla 126 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 23	163
Tabla 127 Variables Independientes	163
Tabla 128 Pérdida de Paquetes Experimento 24	165
Tabla 129 Tasa de Transferencia Experimento 24	167

Tabla 130 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 24	168
Tabla 131 Resultados de Disponibilidad	169
Tabla 132 Escala para el análisis de experimentos	171
Tabla 133 Matriz Global de Resultados	172
Tabla 134 Tabla de guía de comparación de Experimentos	172
Tabla 135 Análisis en Pérdida de Paquetes.....	173
Tabla 136 Análisis de Latencia.....	173
Tabla 137 Análisis de Tasa de Transferencia	174
Tabla 138 Análisis de Tiempo de Transmisión.....	175
Tabla 139 de Análisis Paquetes Transmitidos.....	175
Tabla 140 Análisis de Disponibilidad.....	175
Tabla 141 Rango de configuraciones de mejores resultados de los Experimentos	176
Tabla 142 Ranking de Experimentos con mejores resultados.....	178
Tabla 143 Experimentos con mejores resultados.....	179
Tabla 144 Factores que Influyen en Aplicaciones Tiempo Real.....	180
Tabla 145 Configuraciones de Experimentos para Aplicaciones de tiempo Real.....	180
Tabla 146 Factores que Influyen en Aplicaciones procesamiento por Lotes.....	182
Tabla 147 Configuraciones de Experimentos para Aplicaciones por procesamiento por Lotes	182
Tabla 148 Factores que Influyen en Aplicaciones Interactivas.....	183
Tabla 149 Configuraciones de Experimentos para Aplicaciones Interactivos	183

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1 Pérdida de Paquetes Experimento 1	50
Grafico 2 Latencia Experimento 1	51
Grafico 3 Tasa de Transferencia Experimento 1	52
Grafico 4 Pérdida de Paquetes Experimento 2	54
Grafico 5 Latencia Experimento 2	55
Grafico 6 Tasa de Transferencia Experimento 3.....	56
Grafico 7 Pérdida de Paquetes Experimento 3	58
Grafico 8 Latencia Experimento 3	59
Grafico 9 Tasa de Transferencia Experimento 3.....	61
Grafico 10 Pérdida de Paquetes Experimento 4	63
Grafico 11 Latencia Experimento 4	65
Grafico 12 Tasa de Transferencia Experimento 4.....	66
Grafico 13 Pérdida de Paquetes Experimento 5	68
Grafico 14 Latencia Experimento 5	70
Grafico 15 Tasa de Transferencia Experimento 5.....	71
Grafico 16 Pérdida de Paquetes Experimento 6	74
Grafico 17 Latencia Experimento 6	75
Grafico 18 Tasa de Transferencia Experimento 6.....	76
Grafico 19 Pérdida de Paquetes Experimento 7	78
Grafico 20 Pérdida de Paquetes Experimento 8	83
Grafico 21 Pérdida de Paquetes Experimento 9	87
Grafico 22 Pérdida de Paquetes Experimento 10	92
Grafico 23 Pérdida de Paquetes Experimento 11	97
Grafico 24 Pérdida de Paquetes Experimento 12	102
Grafico 25 Pérdida de Paquetes Experimento 13	107
Grafico 26 Pérdida de Paquetes Experimento 14	112
Grafico 27 Pérdida de Paquetes Experimento 15	118
Grafico 28 Pérdida de Paquetes Experimento 16	123
Grafico 29 Pérdida de Paquetes Experimento 17	128
Grafico 30 Pérdida de Paquetes Experimento 18	133
Grafico 31 Pérdida de Paquetes Experimento 19	138

Grafico 32 Pérdida de Paquetes Experimento 20	143
Grafico 33 Pérdida de Paquetes Experimento 21	148
Grafico 34 Pérdida de Paquetes Experimento 22	154
Grafico 35 Pérdida de Paquetes Experimento 23	159
Grafico 36 Pérdida de Paquetes Experimento 24	164
Grafico 37 Resultados de Disponibilidad.....	170

INTRODUCCIÓN

El proyecto analiza el rendimiento y disponibilidad de un **Sistema Inalámbrico Experimental (SIE)** establecido previamente. Este sistema está compuesto por dos redes inalámbricas independientes, cada red tiene un punto de acceso, los puntos de acceso están unidos por un enlace inalámbrico de varios kilómetros. El sistema inalámbrico experimental utiliza protocolos de red, que permiten la transmisión de datos.

El objetivo del proyecto es establecer por medio de un estudio experimental las combinaciones de distancia, potencia, frecuencia y estructura lógica de la red, que generan el mejor rendimiento y disponibilidad del enlace inalámbrico formado por los dos puntos de acceso.

Los puntos de acceso enlazan todos los dispositivos inalámbricos del sistema. Las configuraciones de hardware y software de los puntos de acceso influyen en el SIE. Las configuraciones de hardware son: la potencia y canal de frecuencia, y estas son configuradas usando el software de cada punto de acceso. La potencia y canal de frecuencia son elegidas porque afectan a las radiofrecuencias que son las que forman el enlace inalámbrico. Las configuraciones lógicas de la red influyen de la forma en la que los puntos de acceso establecen un enlace.

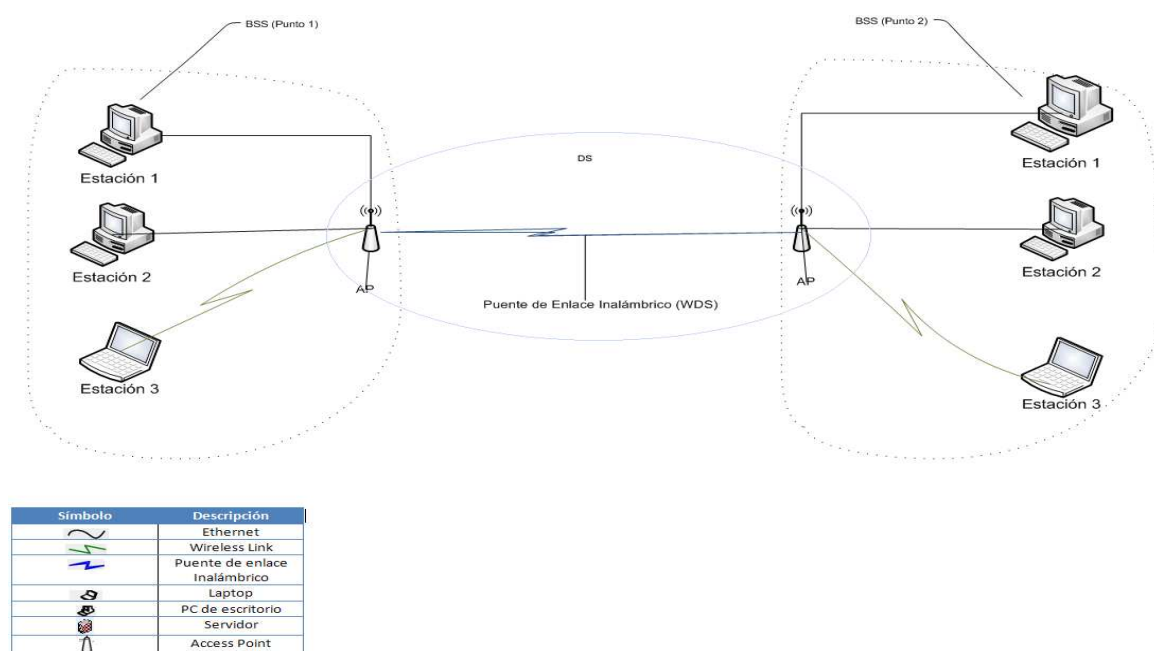
El proyecto está organizado en cuatro capítulos, el primer capítulo describe los elementos, el funcionamiento y las características del sistema inalámbrico experimental establecido. El segundo capítulo describe los experimentos para determinar el mejor rendimiento y disponibilidad del sistema inalámbrico experimental. El tercer capítulo expone y analiza los resultados de la ejecución de cada experimento, para encontrar las configuraciones con mejor rendimiento y disponibilidad del SIE. El cuarto capítulo contempla las conclusiones y recomendaciones recopiladas a lo largo del desarrollo del SIE.

CAPITULO 1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA A UTILIZARSE

El presente capítulo describe los elementos, las características y el funcionamiento del Sistema Inalámbrico Experimental (SIE¹), en base al estándar IEEE 802.11 que define el funcionamiento y estructura de una red inalámbrica, proporcionando los conceptos generales para describir de manera formal el sistema. Por esta razón el SIE está dividido en dos componentes: red física que engloba la capa física del modelo TCP/IP y red de datos que engloba la parte lógica de los sistemas de comunicación. Finalmente identificamos aplicaciones que permiten medir el rendimiento y disponibilidad del SIE.

1.1 RED FÍSICA

Red física es el conjunto de componentes conectados entre sí. En base al estándar IEEE 802.11 los elementos del SIE son: (ver [Figura 1](#))



¹ SIE: Sistema Inalámbrico Experimental.

Figura 1 Estructura de la Red Inalámbrica (IEEE 802.11)

1.1.1 CONJUNTO DE SERVICIO BÁSICO (BSS²).

Un BSS es la unidad básica que define el estándar IEEE 802.11. Consiste en un área de cobertura donde cada una de las estaciones puede comunicarse entre sí. El BSS es un sistema de comunicación independiente, ninguna estación de un BSS puede comunicarse con las estaciones de otro BSS sin establecer un enlace.

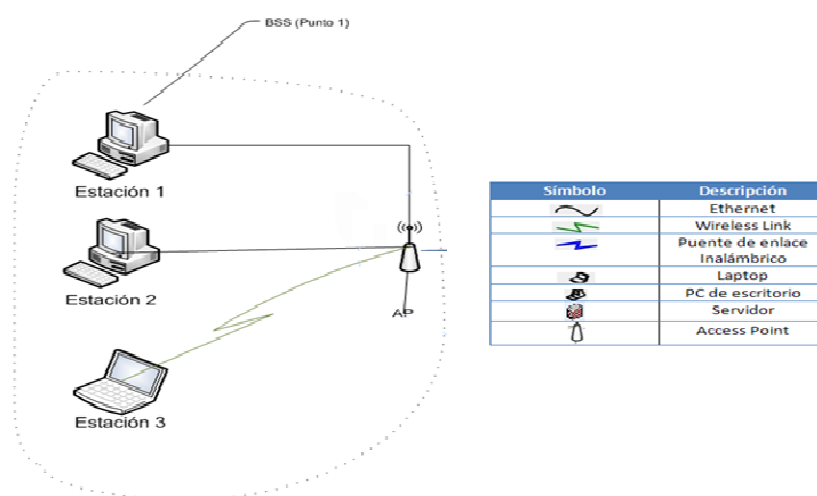


Figura 2 BSS del Sistema Inalámbrico

SIE cuenta con dos BSS (ver Figura 1). Cada BSS está conformado por varias estaciones y un AP³ (ver Figura 2).

1.1.2 CONJUNTO DE SERVICIO EXTENDIDO (ESS⁴)

Un ESS es la unión de dos o más BSS de forma inalámbrica o alámbrica. Cada BSS se conecta al otro mediante los puntos de acceso, los puntos de acceso proporcionan servicios de distribución para el funcionamiento de la red.

² BSS: Basic Service Set.

³ AP: Access Point.

⁴ ESS: Extended Service Set.

El SIE consta de dos BSS, interconectados de forma inalámbrica mediante un sistema de distribución inalámbrica (WDS⁵) que forma un puente entre cada BSS⁶ (ver Figura 1), por lo tanto el SIE es un ESS. La distancia máxima a la que puede estar un BSS de otro, depende del alcance de la potencia de señal de radio frecuencia que cada punto de acceso puede mantener.

Al existir una mayor distancia entre los BSS se hallan mayores dificultades para el enlace. Por este motivo, una variable que influye en el rendimiento y disponibilidad en un sistema inalámbrico de estas características es la distancia, razón por la cual esta variable es tomada en cuenta para la realización de experimentos.

1.1.2.1 Ubicación Geográfica y Elementos Principales del SIE

El SIE está compuesto por dos redes BSS ubicadas en la ciudad de Quito como muestra la Figura 10. El primer punto está localizado en el sector de San Carlos con coordenadas: latitud = -0.134453670774, longitud = - 78.5031221094. El segundo punto está localizado en el sector del Batán con coordenadas: latitud= - 0.161302777778, longitud= -78.4673436579.

Los puntos de acceso de cada BSS están localizados en los puntos 1 y 2 (ver Figura 3) y tienen línea de vista, lo que permite realizar el enlace inalámbrico formando un ESS⁷ con una distancia de 4.96 kilómetros entre ambos BSS del sistema.

⁵ WDS: Wireless Distribution System.

⁶ BSS: Basic Service Set.

⁷ ESS: Extended Service Set.



Figura 3 Ubicación Geográfica (Fuente de gráfico: Google Earth)

La ubicación geográfica del SIE y la distancia que existe entre los dos BSS causa que, el tiempo atmosférico afecte al rendimiento y disponibilidad del SIE. El tiempo atmosférico es tomado como variable influyente en el desempeño del SIE y considerado en el desarrollo de los experimentos.

1.1.3 PUNTO DE ACCESO.

Los puntos de acceso facilitan el funcionamiento de cada BSS, proporcionan servicios de distribución, establecen la comunicación entre las estaciones y enlazan los puntos de acceso. Los puntos de acceso que forman parte de SIE son del mismo modelo en cada BSS y poseen las siguientes características:

- Marca: Linksys
- Modelo: WRT54G, versión 3.0
- Tipo de Hardware: Broadcom
- Tipo de CPU: BCM4712
- Velocidad de CPU: 216 Mhz
- Capacidad de memoria RAM: 16 MB

- Capacidad de memoria FLASH: 4 MB
- Tipo de conector de antena: RP-TNC
- Puertos Ethernet: 4 LAN, 1 WAN
- Alimentación: 12V 0.5 A

Se escogió el punto de acceso de este modelo porque tiene las características de hardware para establecer un enlace inalámbrico entre dos puntos de acceso y al mismo tiempo mantener un enlace con las estaciones clientes que están al alcance de la señal.

El punto de acceso WRT54G constaba de un firmware de fábrica, que fue sustituido por el firmware DD-WRT #22, conocido como talismen. El firmware está basado en el sistema operativo Linux. El sistema talismen brinda funciones adicionales, que permiten el control total de las capacidades que tienen los dispositivos. A continuación se detallan sus características

:

- Establecer configuraciones vía web o utilizar el protocolo ssh⁸ para acceder al punto de acceso de forma remota
- Establecer configuraciones lógicas de red, creando interfaces de red virtuales.
- Ejecutar todo tipo de aplicación de consola que Linux ofrece, como ssh, scp⁹, ping¹⁰.

Los puntos de acceso permiten personalizar el funcionamiento del SIE, permitiendo configurar variables que pueden afectar al sistema. Las variables configurables son: la potencia y la frecuencia de los canales de comunicación.

⁸ ssh: Secure Shell -intérprete de comandos seguro- es el nombre de un protocolo y del programa que lo implementa.

⁹ scp: Secure Copy es un medio de transferencia segura de archivos informáticos.

¹⁰ ping: Utilidad que comprueba el estado de la conexión con uno o varios equipos remotos por medio de los paquetes de solicitud de eco y de respuesta de eco.

1.1.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES

Cada BSS¹¹ consta de estaciones clientes, que están conectadas al sistema para obtener servicios de red. Algunas estaciones trabajan con sistemas operativos Windows y otras con sistema operativo Linux. Las estaciones están conectadas de forma inalámbrica o alámbrica. Cada estación es independiente del SIE y su presencia no afecta el funcionamiento del enlace inalámbrico entre los dos BSS.

1.2 RED DE DATOS

La red de datos comprende las características de comunicación y la forma de transportar los paquetes de datos a nivel lógico, así como también la seguridad en las transmisiones. Para que el sistema inalámbrico funcione se necesita la estructura de la red lógica y los protocolos que hagan uso de la red física, permitiendo la conexión y estableciendo una red de comunicación.

1.2.1 ESTRUCTURA LÓGICA DE LOS BSS

La estructura lógica de los BSS está definida por una red tipo C. Los puntos de acceso permiten la interconexión entre los BSS. La interconexión se realiza mediante un puente de red, denominado sistema de distribución inalámbrica (WDS¹²). Si los BSS utilizan la misma red lógica, la comunicación entre las estaciones es transparente sin la necesidad de enrutadores. El SIE está conformado por dos BSS pertenecientes a una misma red lógica (ver Figura 4) y utilizado solamente el WDS para su comunicación.

¹¹ BSS: Basic Service Set.

¹² WDS: Wireless Distribution System.

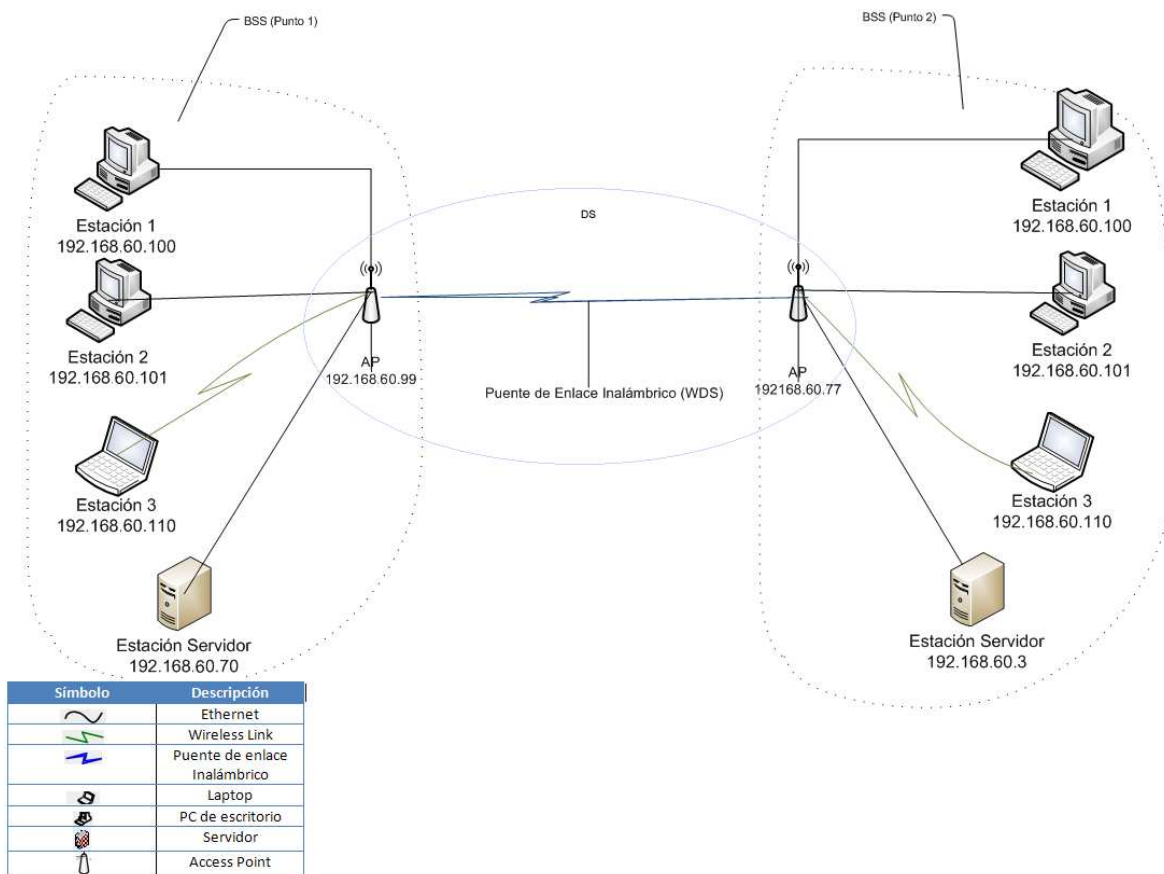


Figura 4 Estructura Lógica de la red

La Tabla 1 indica las direcciones IP¹³ de los puntos de acceso y el rango de IPs de las estaciones en cada BSS. El SIE utiliza la red lógica 192.168.60.0

	IP en punto de acceso	Estaciones
Punto 1	192.168.60.99	192.168.60.81 - 192.168.60.254
Punto 2	192.168.60.77	192.168.60.1 - 192.168.60.80

Tabla 1 Distribución de IPs

La configuración lógica de la red puede influir en el rendimiento y disponibilidad del SIE, situación que en el diseño de los experimentos es tomada en cuenta.

¹³ IP: Número que identifica de manera lógica una interfaz de red.

1.2.2 PROTOCOLOS Y SISTEMAS DE COMUNICACIONES

El SIE necesita protocolos y sistemas de comunicaciones para su funcionamiento, los mismos que se detallan a continuación:

- Sistema de distribución Inalámbrica (WDS¹⁴): Permite el enlace físico y el transporte de paquetes entre los puntos de acceso.
- Protocolo TCP/IP¹⁵: Permite el enlace lógico entre los dispositivos que conforman el SIE.
- Protocolo ssh¹⁶: Permite configurar los dispositivos de forma remota y determinar el rendimiento del SIE en la capa de aplicación.
- Protocolo de Enrutamiento: Permite la transmisión de paquetes entre diferentes redes lógicas

1.2.2.1 Sistema de Distribución Inalámbrica (WDS).

El WDS es la base que permite la comunicación entre los BSS¹⁷ del SIE, es necesario conocer el funcionamiento básico del sistema, para entender de qué forma existe y funciona el enlace.

En base al IEEE 802.11¹⁸, un sistema de distribución es un sistema que interconecta los BSS, permitiendo a los usuarios de equipos portátiles moverse y permanecer conectados a los recursos de red disponibles. Un sistema de distribución puede ser alambrado o inalámbrico. El siguiente diagrama muestra un sistema de distribución alambrado

¹⁴ WDS: Wireless Distribution System.

¹⁵ TCP/IP: Conjunto de protocolos de red en la que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre redes de computadoras.

¹⁶ ssh: Secure Shell -intérprete de comandos seguro- es el nombre de un protocolo y del programa que lo implementa.

¹⁷ BSS: Basic Service Set.

¹⁸ IEEE 802.11: estándar que 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.

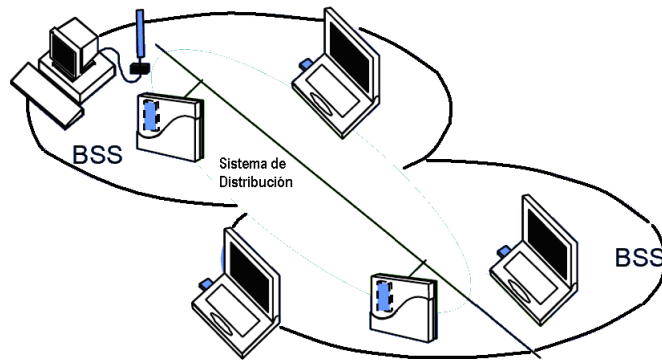


Figura 5 Sistema de distribución alámbrado

En el caso de no existir un cable, la conexión de los puntos de acceso es establecida usando una tarjeta inalámbrica, como muestra la Figura 6.

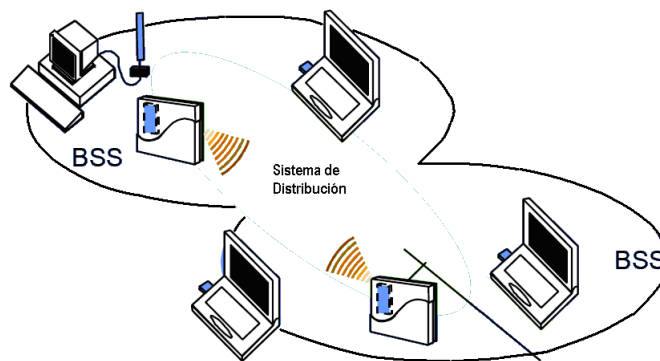


Figura 6 Sistema de distribución inalámbrico

El WDS del SIE permite solo la interconexión inalámbrica entre los dos BSS que son parte del sistema. Un aspecto importante del WDS es, que una tarjeta de red en los puntos de acceso puede desempeñar múltiples roles al mismo tiempo. Esta tarjeta puede sostener enlaces alámbricos e inalámbricos, permitiendo el establecimiento de los BSS y a la vez mantener conexiones con otros puntos de acceso. Para que esto sea posible, la frecuencia de conexión debe ser la misma para cada BSS, esta frecuencia es controlada por el punto de acceso.

El WDS trabaja de la siguiente forma:

Los dispositivos LAN¹⁹ se comunican unos con otros usando direcciones MAC²⁰. Cada tarjeta inalámbrica tiene una dirección MAC única, la misma que es usada por el sistema para enviar información. Si un paquete de datos es transmitido sobre un cable de red Ethernet²¹, solo se requieren dos direcciones MAC. Cuando los paquetes de datos son transmitidos entre estaciones de trabajo de una LAN, que no están conectadas en el mismo segmento de la red, un dispositivo intermedio es requerido para hacer un “puente” que dirija el paquete de un segmento al otro.

El tráfico entre los dispositivos LAN inalámbricos conforme al estándar IEEE 802.11, requiere de cuatro direcciones MAC en lugar de dos. Cuando un dispositivo inalámbrico es asociado a un punto de acceso, este dispositivo re direccionará siempre su tráfico a ese punto de acceso, debido a que es necesario incluir la dirección MAC de la tarjeta en el punto de acceso como su dirección de destino directo. La dirección MAC de la estación a la cual el paquete fue enviado, es también incluida en la cabecera del paquete, así la tarjeta en el punto de acceso puede determinar a donde enviar el paquete. Finalmente la dirección MAC de la estación emisora está en el paquete como la dirección origen. Así un total de tres direcciones son usadas.

Cuando un enlace WDS es establecido entre dos puntos de acceso, los cuatro campos de dirección MAN²² son registrados en la cabecera:

- La dirección MAC del emisor
- La dirección MAC del destinatario
- La dirección de la tarjeta emisora en el AP
- Dirección MAC de la tarjeta receptora en el otro AP

¹⁹ LAN: Local Area Network: Red de área local.

²⁰ MAC: Medium Access Control address - Dirección de control de acceso al medio.

²¹ Ethernet: Estándar de redes de computadoras de área local.

²² MAN: Metropolitan Area Network.

El flujo de tráfico básico entre dos estaciones, que residen en dos diferentes BSS interconectados por un enlace WDS se ilustra en la Figura 7.

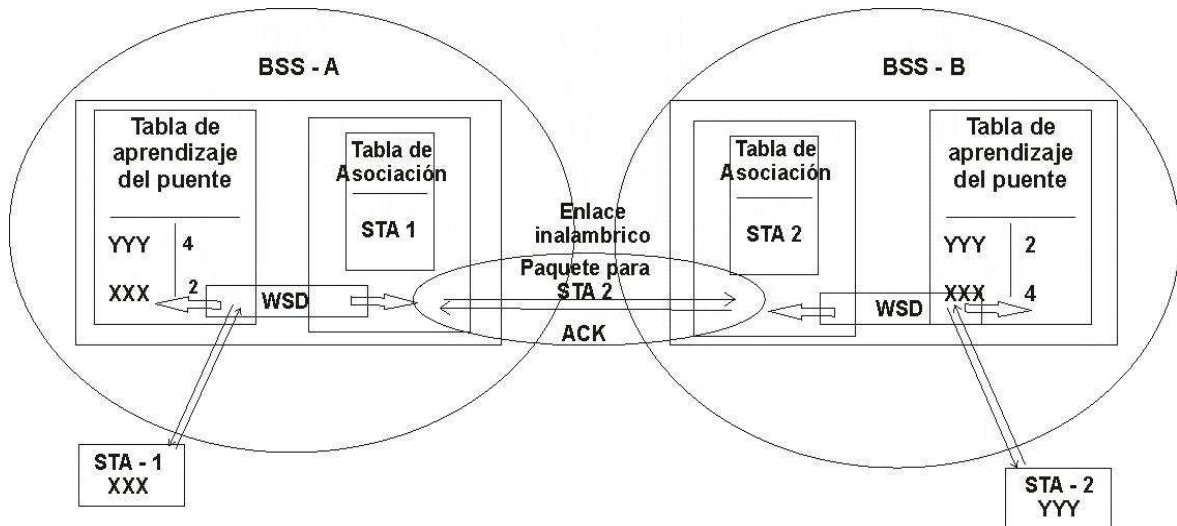


Figura 7 Flujo de tráfico básico

Como muestra la Figura 7, la Estación1 (EST-1) en la celda izquierda quiere transmitir un paquete a la Estación 2 (EST-2) en la celda del lado derecho. Las estaciones están asociadas a sus respectivos puntos de acceso y sus direcciones MAC “xxx” y “yyy” respectivamente están registradas en las tablas de aprendizaje del puente y relacionadas a un código llamado “número de puerto”.

Los pasos en el flujo del tráfico son los siguientes:

1. EST-1 envía su paquete a la tarjeta de su punto de acceso, el paquete incluye la dirección MAC del destino final, EST-2.
2. La tarjeta del punto de acceso en el lado izquierdo recibe el tráfico y los reportes de la correcta recepción a la EST-1, convierte el paquete desde un formato IEEE 802.11 (con cuatro direcciones) a un paquete con formato IEEE 802.3 (Ethernet con dos direcciones, siendo estas la dirección de la EST-1 como emisor y EST-2 como destino). La tarjeta entonces pasa el paquete al código del puente en el punto de acceso.

3. El código del puente busca la dirección de la EST-2 en su tabla de aprendizaje y concluye que EST-2 está relacionado con el puerto 4, y el puerto 4 en si mismo está relacionado a la misma tarjeta. Así el paquete es transmitido a la tarjeta con la indicación que este paquete sea enviado por el puerto 4.
4. La tarjeta por si misma mantiene una tabla con las direcciones MAC de las estaciones, que se encuentran al otro extremo de las conexiones que soportan enlaces WDS. La tarjeta local basada en el número de puerto sabrá las direcciones MAC de la tarjeta correspondiente al otro punto de acceso.
5. La tarjeta en el punto de acceso del lado izquierdo ahora usará la dirección MAC de la tarjeta en el otro punto de acceso como dirección de destino, su propia dirección MAC como dirección de origen, y agregará las dos direcciones que estaban en el paquete original, el que fue recibido desde el puente. De este modo un total de 4 direcciones se encuentran ahora en la cabecera del paquete.
6. El paquete es transmitido por el aire y la tarjeta del punto de acceso receptor devuelve un reporte como confirmación de recepción, mientras que convierte el paquete a, un paquete de dos direcciones y lo pasa a su puente.
7. El puente consultará su tabla, y pasará el paquete a la tarjeta con la indicación de ser enviado por el puerto 2, siendo el BSS donde esta conocida la EST-2.
8. Finalmente la EST-2 acepta el paquete y envía un reporte de regreso a la tarjeta del punto de acceso.

1.2.2.2 Protocolos de TCP/IP

El conjunto de protocolos TCP/IP ²³ es un estándar formal en muchos de los dispositivos que están de venta en el mercado, y encontramos una amplia documentación de este conjunto de protocolos.

Los protocolos TCP/IP ayudan a establecer la red de datos en cada BSS y facilitan el uso de herramientas para la obtención de datos de rendimiento y disponibilidad, además que permiten el uso de aplicaciones existentes, diseñadas para este grupo de protocolos.

1.2.2.3 Protocolos SSH

SSH (*Secure Shell*) es un protocolo para crear conexiones seguras entre dos sistemas. El protocolo SSH establece un medio de transferencia segura de archivos entre una estación local y una remota o entre dos estaciones remotas, utilizando el protocolo SCP²⁴, que deja al servidor y al cliente tener múltiples conversaciones sobre una TCP²⁵ normal.

Con SCP, los datos son cifrados durante su transferencia, para evitar que potenciales analizadores de paquetes extraigan información útil de los datos. Sin embargo, el protocolo mismo no provee autenticación ni seguridad; sino que espera que el protocolo subyacente, SSH, lo asegure.

Utilizando SSH es posible establecer comunicación, configurar y manejar por completo el punto de acceso a las máquinas clientes mediante un intérprete de comandos. Esto permite ejecutar comandos de administración, copiar datos de

²³ TCP/IP: Conjunto de protocolos de red en la que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre redes de computadoras.

²⁴ SCP: Secure Copy Protocol.

²⁵ TCP (Transmission-Control-Protocol) -Protocolo de Control de Transmisión- es uno de los protocolos fundamentales en Internet.

forma segura (tanto ficheros sueltos como simular sesiones FTP²⁶ cifradas) y pasar los datos de cualquier otra aplicación por un canal seguro a manera de túnel, mediante SSH.

1.2.2.4 Protocolos de Enrutamiento

Un aspecto que puede afectar el desempeño de la red es la estructura lógica del sistema, por este motivo es necesario prever de qué forma es realizado el enrutamiento en el SIE.

El SIE como fue descrito en el punto 1.1, cuenta con dos BSS interconectados de forma inalámbrica, por lo tanto puede existir una red distinta en cada BSS. Por esta razón se considera utilizar el enrutamiento estático, dada la complejidad de la red, esta no amerita utilización de protocolos de enrutamiento dinámico.

1.2.3 SEGURIDAD EN LAS TRANSMISIONES

Por el área de cobertura de la red, pueden existir terceros que traten de capturar el tráfico de paquetes de información o intenten conectarse a la red, por lo que es necesario que el sistema inalámbrico use encriptación de paquetes.

El SIE utiliza el mecanismo WEP²⁷, basado en el algoritmo de cifrado RC4²⁸ utilizando claves de diversa longitud (entre 64 y 256 bits), en este caso 64 bits. WEP es, básicamente, un mecanismo fundamentado en la utilización de un secreto compartido entre el punto de acceso y las estaciones que acceden a la red.

²⁶ FTP: (File Transfer Protocol) - Protocolo Transferencias Archivos.

²⁷ WEP: Wired Equivalency Privacy - Privacidad Equivalente a Cableado, es el sistema de cifrado incluido en el estándar IEEE 802.11 como protocolo para redes inalámbricas que permite cifrar la información que se transmite.

²⁸ RC4: Rivest Cipher 4 - Sistema simétrico de cifrado de flujo.

WEP no impide que el tráfico sea capturado por una persona, tampoco garantiza que la información encriptada no sea descifrada, por esto, es menester utilizar seguridad adicional. Con este objetivo fue añadido a las seguridades del sistema el control de acceso por MAC a la red. Se trata de identificar las estaciones autorizadas, realizando un filtrado de las tarjetas autorizadas para conectarse a través de la identificación de la dirección MAC.

La unión de estos dos mecanismos permite que no exista interferencia por parte de terceros en la red. Interferencia que puede entorpecer los experimentos en el enlace inalámbrico, ya que por el área de cobertura de la red, pueden existir intentos de acceso.

1.3 APLICACIONES

Las aplicaciones son herramientas de software, que permiten analizar y grabar los resultados de los experimentos en la red. Actualmente existe una variedad de herramientas, que permiten analizar el estado de una red. Al analizar las herramientas populares de software libre, se realizó pruebas para identificar la forma en que los datos son recolectados y almacenados. Luego de comparar las herramientas, elegimos las que proporcionan datos relevantes y de fácil procesamiento.

A continuación se detallan las aplicaciones que permiten analizar el funcionamiento del enlace inalámbrico.

1.3.1 PING

Ping (Packet Internet Grouper) es una herramienta que comprueba el estado de la conexión con uno o varios equipos remotos. Esta actividad es realizada por medio de los paquetes de solicitud de eco y de respuesta de eco (definidos en el protocolo de red ICMP²⁹), para determinar si un sistema IP específico es accesible en una red. Es útil para diagnosticar los errores en redes o enrutadores IP.

²⁹ ICMP: Internet Control Message Protocol.

Ping depende del protocolo ICMP, que permite diagnosticar las condiciones de transmisión. Utiliza dos tipos de mensajes de protocolo (de los 18 que ofrece ICMP):

- El tipo 0, corresponde a un comando "solicitud de eco" enviado por la máquina fuente.
- El tipo 8, corresponde a un comando "solicitud de eco" enviado por la máquina destino.

1.3.1.1 Funcionamiento de Ping

La herramienta ping permite diagnosticar la conectividad a la red mediante el siguiente comando:

```
Ping nombre.del.equipo
```

nombre.del.equipo se refiere a la dirección ip de la máquina, o su nombre.

La máquina que ejecuta el comando ping, envía una "solicitud de eco" a intervalos regulares a la máquina destino. Cuando se recibe el paquete "respuesta de eco", la máquina fuente muestra una línea que contiene cierta información. En caso de no recibir una respuesta, aparecerá una línea indicando: "el tiempo de espera de la solicitud ha finalizado". La respuesta del comando *ping* permite conocer:

1. La cantidad de **paquetes perdidos**.
2. **La dirección IP**, que corresponde al nombre de la máquina remota.
3. **El número de secuencia ICMP: ICMP** indica el número del paquete de datos enviado.

4. **La vida útil del paquete (TTL³⁰):** TTL es un número que permite conocer la cantidad de enrutadores por los que pasó el paquete mientras viajó de una máquina a otra. Cada vez que el paquete pasa por un enrutador, el valor de TTL se reduce en una unidad. Si este número llega a cero, el enrutador interpretará que el paquete está viajando en círculos, por lo tanto, elimina el paquete.
5. **Tiempo de transmisión** corresponde al lapso de tiempo en milisegundos, que se necesita para dar una vuelta entre las máquinas fuente y destino.

1.3.2 CLINK

Es una herramienta que estima la latencia³¹ y la tasa de transferencia de enlaces de red. Utiliza técnicas de recolección de datos y realiza experimentos, que consisten en enviar una secuencia de paquetes UDP³² de distintos tamaños. De esta forma mide el tiempo total que tarda un paquete enviado en volver (RTT). En función del tamaño del paquete, clink presentan algunas mejoras en las técnicas para el cálculo de la tasa de transferencia, con las que consigue estimaciones más precisas.

1.3.2.1 Funcionamiento del Clink

Clink permite obtener los datos de latencia y tasa de transferencia entre un enlace mediante el siguiente comando:

```
clink nombre.del.equipo
```

nombre.del.equipo se refiere a la dirección ip de la máquina, o su nombre.

³⁰ TTL:(Time To Live) -Tiempo de Vida- Concepto usado en redes de computadores para indicar por cuántos nodos puede pasar un paquete antes de ser descartado por la red o devuelto a su origen.

³¹ latencia: En redes informáticas de datos se denomina latencia a la suma de retardos temporales dentro de una red.

³² UDP: (User Datagram Protocol) Es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas.

Si clink se ejecuta satisfactoriamente, devuelve los siguientes resultados en la consola:

```

clink to 192.168.70.109 (192.168.70.109)
  8 probes at each of 93 sizes (28 to 1500 by 16)
0 localhost
|      n= 744  lat= 0.579 ms  bw= (25.887, 25.786, 26.370) Mb/s
1 192.168.70.109 (192.168.70.109)

```

1. n es el número de pruebas que fueron usadas para cada enlace, de forma predeterminada ejecuta 8 medidas cada una de 93 tamaños, para un total de 744 conexiones. Si clink encuentra una ruta inestable, enviará más pruebas hasta obtener un conjunto completo de pruebas de cada tamaño.
2. Lat indica la latencia, en milisegundos.
3. bw indica la tasa de transferencia en megabits por segundo. Tres valores son dados para la tasa de transferencia:
 - a) El primero muestra un bajo estimado de tasa de transferencia.
 - b) El segundo indica el mejor estimado de tasa de transferencia.
 - c) El tercero representa un alto estimado de tasa de transferencia.

La distancia entre el alto y el bajo muestra que tan fiable es el valor del mejor estimado de tasa de transferencia. El mejor estimado no siempre se encuentra dentro del bajo y alto estimado.

1.3.3 WIRESHARK

Wireshark, es un analizador de protocolos utilizado para realizar análisis y solucionar problemas en redes de comunicaciones para el desarrollo de software y protocolos. La aplicación permite ver todo el tráfico que pasa a través de una red (usualmente una red Ethernet, aunque es compatible con otras). También incluye una versión para consola llamada tshark.

Wireshark ayuda a examinar datos de una red viva o de un archivo de captura guardado en disco. Se puede analizar la información capturada por cada paquete, a través de los detalles y sumarios. Wireshark incluye un completo lenguaje para filtrar lo que queremos ver y tiene la habilidad de mostrar el flujo reconstruido de una sesión de TCP.

1.3.4 SCP (SECURE COPY)

SCP es la aplicación elegida que trabaja conjuntamente con Wireshark para monitorear el estado del enlace del SIE.

SCP es un medio de transferencia segura de archivos entre un host local y otro remoto o entre dos hosts remotos, usando el protocolo SSH.

La sintaxis para el uso del programa scp es:

```
scp usuario@host:directorio/ArchivoOrigen ArchivoDestino
scp ArchivoOrigen usuario@host:directorio/ArchivoDestino
```

1.4 RESUMEN

El sistema inalámbrico experimental (SIE) cuenta con dos BSS conformados por varias estaciones y un punto de acceso que provee servicios de comunicación e interconexión a la red inalámbrica. (Ver Figura 1).

Los BSS están ubicados en la ciudad de Quito, utilizan una red lógica tipo C y emplea el sistema de distribución inalámbrica para su comunicación.

El SIE necesita protocolos y sistemas de comunicaciones enunciados a continuación:

- Sistema de distribución Inalámbrica (WDS): Permite el enlace físico y el transporte de paquetes entre los puntos de acceso.

- Protocolo TCP/IP: Permite el enlace lógico entre los dispositivos que conforman el SIE.
- Protocolo ssh: Permite configurar los dispositivos remotamente y determinar el rendimiento del SIE en la capa de aplicación.
- Protocolo de Enrutamiento: Permite la transmisión de paquetes entre diferentes redes lógicas.

El SIE utiliza el mecanismo WEP y autenticación por direcciones MAC, para impedir el ingreso no autorizado de terceros en la red.

Existen aplicaciones que permitirán analizar el funcionamiento del SIE en los experimentos de rendimiento y disponibilidad. Las aplicaciones designadas son: ping, clink, wireshark, scp.

CAPITULO 2. DISEÑO DE EXPERIMENTOS

El presente capítulo diseña experimentos para determinar las combinaciones de distancia, potencia, canal de frecuencia, configuración lógica de la red y condiciones meteorológicas; que generan un mejor rendimiento y disponibilidad del SIE, descrito anteriormente. El proceso para el diseño de experimentos es: formular la hipótesis preliminar sobre las situaciones y parámetros que afectan el rendimiento y disponibilidad del SIE, diseñar un escenario con los elementos necesarios del SIE, para realizar los experimentos, identificar las variables dependientes, que permiten determinar: el rendimiento la disponibilidad y las condiciones y valores de los parámetros que influyen en el SIE y finalmente diseñar la hipótesis definitiva, en base al escenario, las variables dependientes e independientes.

Una vez formuladas las hipótesis definitivas, el escenario, las variables dependientes e independientes, se establece el procedimiento y las configuraciones específicas para cada experimento para obtener un conjunto de ensayos distintos, que agrupan las combinaciones de los valores definidos para cada variable independiente. Finalmente, los experimentos son ejecutados utilizando un mismo procedimiento en el escenario definido para el SIE.

2.1 EXPERIMENTOS DE RENDIMIENTO

En este punto se definirá la hipótesis preliminar y el escenario para la ejecución de los experimentos de rendimiento del SIE.

2.1.1 HIPÓTESIS PRELIMINAR

Con la descripción del SIE determinamos las variables que alteran el rendimiento y disponibilidad del sistema. Las variables identificadas son: la distancia, potencia,

canal de frecuencia, configuración lógica de la red y las condiciones meteorológicas, que afectan directamente a las ondas electromagnéticas de los puntos de acceso en el SIE. Al identificar las variables que afectan al SIE desarrollamos la siguiente hipótesis preliminar: *El SIE tiene un mejor rendimiento y disponibilidad bajo alguna de las combinaciones de potencia, canal de frecuencia y distancia.*

2.1.2 DEFINICIÓN DEL ESCENARIO PARA EJECUCIÓN DE EXPERIMENTOS

El escenario tiene solo los elementos necesarios, para obtener datos de rendimiento y disponibilidad del SIE. El escenario está constituido por los siguientes elementos del SIE (ver Figura 8):

1. Un BSS denominado nodo principal, donde son ejecutadas las aplicaciones y almacenados los datos de los experimentos. El nodo principal tiene los siguientes elementos:
 - a. Cliente
 - b. Servidor
 - c. Punto de acceso

2. Un segundo BSS denominado nodo secundario, que esta interconectado al nodo principal de forma inalámbrica. El nodo secundario tiene los siguientes elementos:
 - a. Cliente
 - b. Punto de acceso

El nodo principal comprueba la disponibilidad y rendimiento del nodo secundario durante la realización de los experimentos.

La estación servidor cuenta con sistema operativo Linux SUSE 10.0, que permite la ejecución de aplicaciones para monitoreo de la red y almacena los resultados obtenidos de cada experimento. Las estaciones clientes permiten conectarse al servidor o al punto de acceso, para configurar o monitorear las pruebas de los experimentos.

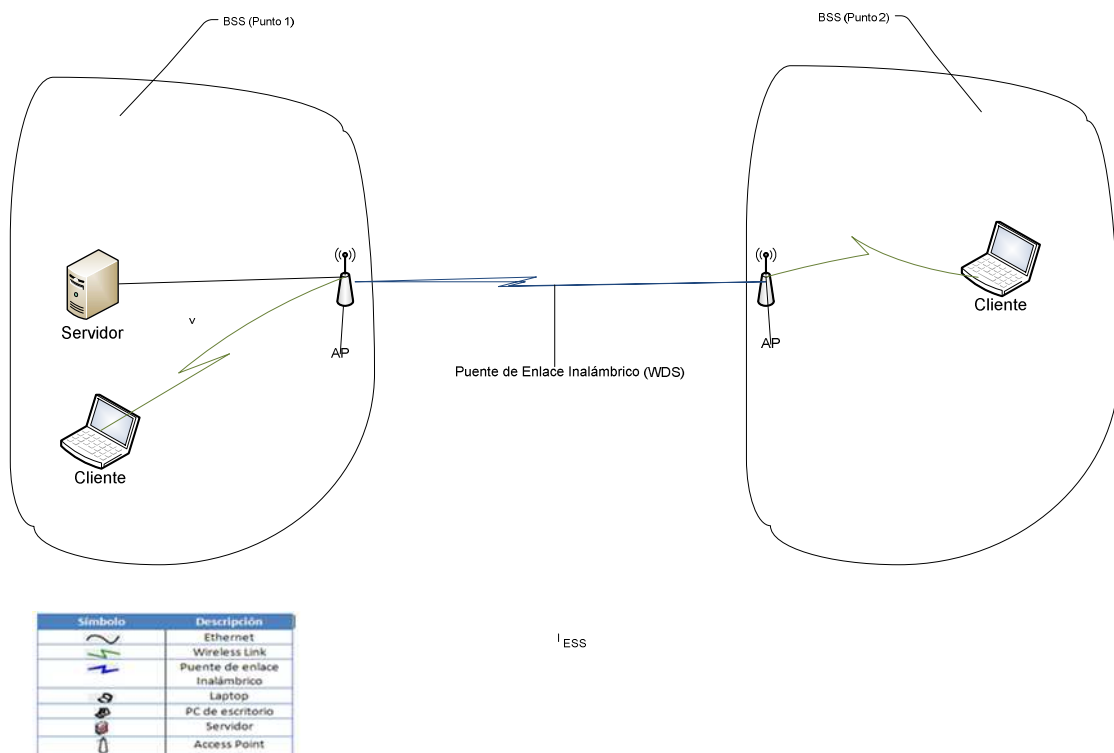


Figura 8 Escenario para los experimentos

2.2 EXPERIMENTOS DE DISPONIBILIDAD

En este punto se definirá la hipótesis preliminar y el escenario para la ejecución de los experimentos de disponibilidad del SIE.

2.2.1 HIPÓTESIS PRELIMINAR

Con la descripción del SIE determinamos las variables que alteran el rendimiento y disponibilidad del sistema. Las variables identificadas son: la distancia, potencia,

canal de frecuencia, configuración lógica de la red y las condiciones meteorológicas, que afectan directamente a las ondas electromagnéticas de los puntos de acceso en el SIE. Al identificar las variables que afectan al SIE desarrollamos la siguiente hipótesis preliminar: *El SIE tiene un mejor rendimiento y disponibilidad bajo alguna de las combinaciones de potencia, canal de frecuencia y distancia.*

2.2.2 DEFINICIÓN DEL ESCENARIO PARA EJECUCIÓN DE EXPERIMENTOS

El escenario tiene solo los elementos necesarios, para obtener datos de rendimiento y disponibilidad del SIE. El escenario está constituido por los siguientes elementos del SIE (ver Figura 8):

1. Un BSS denominado nodo principal, donde son ejecutadas las aplicaciones y almacenados los datos de los experimentos. El nodo principal tiene los siguientes elementos:
 - a. Cliente
 - b. Servidor
 - c. Punto de acceso

2. Un segundo BSS denominado nodo secundario, que esta interconectado al nodo principal de forma inalámbrica. El nodo secundario tiene los siguientes elementos:
 - a. Cliente
 - b. Punto de acceso

El nodo principal comprueba la disponibilidad y rendimiento del nodo secundario durante la realización de los experimentos.

La estación servidor cuenta con sistema operativo Linux SUSE 10.0, que permite la ejecución de aplicaciones para monitoreo de la red y almacena los resultados obtenidos de cada experimento. Las estaciones clientes permiten conectarse al servidor o al punto de acceso, para configurar o monitorear las pruebas de los experimentos.

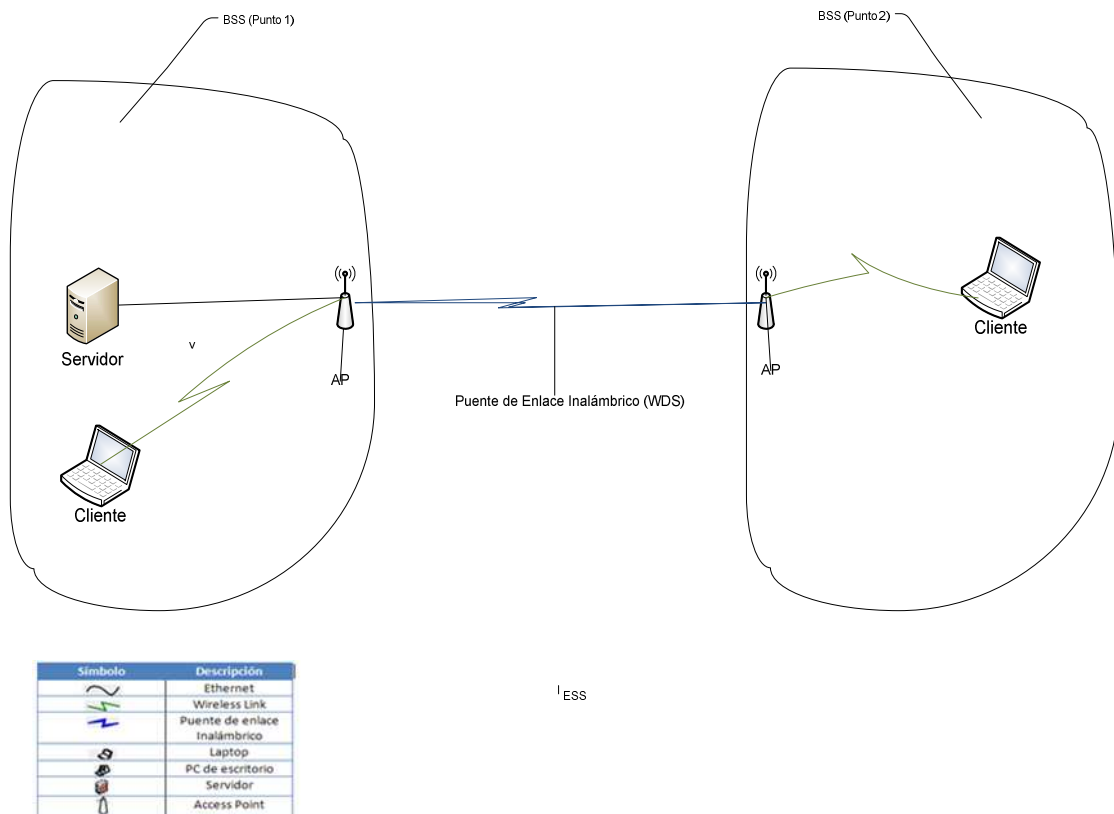


Figura 9 Escenario para los experimentos

2.3 CONDICIONES AMBIENTALES

Las condiciones ambientales establecen las variables que participan en el diseño de los experimentos. Las variables identificadas son agrupadas en variables dependientes como el rendimiento y disponibilidad, que son afectadas por las variables independientes.

En base a la descripción realizada en el capítulo uno y las hipótesis preliminares definidas en los puntos 2.1.1 y 2.2.1 son establecidas las siguientes variables:

VARIABLES INDEPENDIENTES: Distancia, potencia de transmisión y canal de frecuencia de los puntos de acceso y configuración lógica de la red. El tiempo atmosférico es tomado como una variable adicional que será monitoreada para determinar su influencia en el SIE.

VARIABLES DEPENDIENTES: Rendimiento y Disponibilidad.

2.3.1 VARIABLES DEPENDIENTES

Variable dependiente es aquella variable, que se mide en cada observación del experimento, para establecer si la variable independiente influye efectivamente sobre sus valores. Las variables dependientes que van a ser registradas son: el rendimiento y la disponibilidad. Cada variable y el método utilizado para capturar la información de las mismas en el desarrollo de los experimentos, están detallados en este capítulo.

2.3.1.1 Rendimiento

El rendimiento refleja si una red de computadoras está funcionando en forma óptima. El rendimiento es medido o cuantificado usando las siguientes variables: Pérdida de paquetes, Latencia (Tiempo de Respuesta), Tasa de Transmisión y Rendimiento a nivel de aplicación

2.3.1.1.1 Pérdida de paquetes

Se define como pérdida de paquetes cuando los datos enviados no llegan a su destino. La pérdida de paquetes influye en el rendimiento de una red, al experimentar una demora en la transmisión de información, debido a que muchos paquetes son reenviados varias veces y algunos no llegan a su destino.

Para medir la pérdida de paquetes se utiliza la herramienta ping, descrita en el punto 1.3.1, que proporciona la información de cuántos paquetes no llegan a su destino en el SIE.

2.3.1.1.2 Latencia

Latencia es la suma de retardos temporales, un retardo es producido por demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red. La latencia influye en el rendimiento de una red cuando un usuario, que necesita una respuesta por parte de una terminal, la que está sujeta a la latencia. Si el valor del tiempo de respuesta es muy grande, el usuario recibirá una respuesta tardía. Para determinar la latencia del sistema se utiliza la herramienta clink descrita en el punto 1.3.2, que proporciona un valor de latencia al finalizar la ejecución.

2.3.1.1.3 Tasa de Transmisión

La tasa de transmisión es la cantidad de información enviada a través de una conexión de red, en un tiempo dado. La tasa de transmisión influye en el rendimiento de una red, de forma que mientras mayor sea la tasa de transmisión, menor será el tiempo de transmisión de los datos entre los nodos. Esto mejora la experiencia de navegación del usuario. Para determinar la tasa de transmisión del sistema se utiliza la herramienta clink descrita en el punto 1.3.2, que proporciona un valor de tasa de transmisión al finalizar la ejecución.

2.3.1.1.4 Rendimiento a Nivel de Aplicación

La existencia de una comunicación a nivel de capa física y de enlace no garantiza que la información a nivel de capa de aplicación sea la adecuada. Los paquetes a nivel de capa de enlace pueden llegar, pero a nivel de capa de aplicación los paquetes pueden ser insuficientes para levantar una comunicación funcional. El método para determinar el rendimiento a nivel de capa de aplicación es utilizar la herramienta Wireshark, que analiza la transmisión de datos generada al enviar o recibir información desde el nodo secundario al nodo principal, midiendo el tiempo y los paquetes transmitidos durante el proceso.

2.3.1.2 Disponibilidad

La disponibilidad es el tiempo en el cual existe comunicación en una red. En el SIE la disponibilidad es el tiempo en el cual existe el enlace y comunicación entre los nodos principal y secundario.

La disponibilidad considera que, cada punto de acceso siempre está funcionando y que la única razón por la cual no exista comunicación entre los nodos, es por causa de una pérdida o caída del enlace. Para determinar la disponibilidad del enlace nos basaremos en la herramienta Ping descrita en el punto 1.3.1 que brinda datos sobre la existencia o no del enlace entre los nodos.

2.3.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes influyen en los valores de rendimiento y disponibilidad del enlace. Al determinar la hipótesis preliminar, establecimos de forma general las variables que afectan el desempeño de la red, por lo cual es necesario definir de forma específica cada variable y los valores que tomarán en cada experimento. Una variable que tiene un tratamiento diferente por su naturaleza, es el tiempo meteorológico, la misma que no puede ser definida directamente.

2.3.2.1 Distancia

La distancia es una magnitud escalar, que mide la relación de lejanía entre dos puntos. La distancia entre los nodos principal y secundario del escenario del SIE puede influir en el rendimiento y disponibilidad del sistema, por esta razón planteamos variar la ubicación del nodo secundario y obtener diferentes valores de distancia entre los nodos. A continuación definimos dos ubicaciones para el nodo secundario, con la finalidad de variar la distancia.

2.3.2.1.1 Ubicación Uno

La ubicación mencionada en el punto 1.1.2.1 permite definir el primer valor de distancia para los experimentos a efectuar y es la siguiente: el nodo principal está localizado en la ciudad de Quito, sector de San Carlos, denominado punto 1 y el nodo secundario localizado en la misma ciudad, sector El Batán denominado punto 2. Los dos puntos definidos permiten representar la ubicación uno (ver Figura 10).



Figura 10 Ubicación Geográfica Uno (Fuente de gráfico: Google Earth)

La Tabla 2 muestra las coordenadas correspondientes a la ubicación uno.

Ubicación1	Coordenadas Geográficas	
	Latitud	Longitud
Punto1	-0.134453670774	- 78.5031221094
Punto2	-0.161302777778	- 78.4673436579

Tabla 2 Coordenadas geográficas ubicación uno

2.3.2.1.2 Ubicación Dos

El nodo principal está localizado en la ciudad de Quito, sector San Carlos denominado punto 1 y el nodo secundario localizado en la misma ciudad, sector la Kennedy denominado punto 3. Los dos puntos definidos representan la ubicación dos (ver Figura 11).



Figura 11 Ubicación Geográfica Dos (Fuente de gráfico: Google Earth)

Las coordenadas de cada punto están definidas en la Tabla 3.

Ubicación1	Coordenadas Geográficas	
	Latitud	Longitud
Punto1	-0.134453670774	- 78.5031221094
Punto3	- 0.14422646476	- 78.4801120958

Tabla 3 Coordenadas geográficas ubicación dos

2.3.2.2 Potencia de transmisión

La potencia es la fuerza de la señal inalámbrica, con la cual un punto de acceso establece la comunicación con otras estaciones u otro punto de acceso. La potencia toma dos niveles para los experimentos (ver Tabla 4); nivel bajo (120

mW³³ y nivel alto (200mW). Cada punto de acceso utiliza el mismo nivel de potencia definido en la ejecución del experimento, para así identificar si la potencia afecta al rendimiento y disponibilidad del enlace.

Potencia	Valor (mW)
Baja	120
Alta	200

Tabla 4 Potencia de transmisión

2.3.2.3 Canales de Transmisión

Un canal de transmisión es una banda de frecuencia estrecha, que es usada en la comunicación. En la Tabla 5 exponemos todos los canales que pueden ser configurados en cada punto de acceso con sus respectivas frecuencias. El rango de frecuencia de los canales esta entre 2.412 GHz³⁴ a 2.484 GHz.

Canal	Frecuencia Ghz
1	2.412
2	2.417
3	2.422
4	2.427
5	2.432
6	2.437
7	2.442
8	2.447
9	2.452
10	2.457
11	2.462
12	2.467
13	2.472
14	2.484

Tabla 5 Relación entre canal y frecuencia

³³ mW: milivatio o miliwatt es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades.

³⁴ GHz: gigahercio es un múltiplo de la unidad de medida de frecuencia hercio (Hz) y equivale a 10⁹ Hz.

Para la realización de los experimentos tomaremos una muestra de los canales disponibles y obtendremos una estimación sobre el rango de frecuencia con mejor rendimiento y disponibilidad.

Los canales elegidos son tres (Tabla 6): El primero el canal 1, segundo el canal 7 y tercero el canal 11. Los canales elegidos abarcan el espectro de frecuencia disponible en los puntos de acceso.

Canal	Frecuencia Ghz
1	2.412
7	2.442
11	2.462

Tabla 6 Relación entre canal y frecuencia

2.3.2.4 Configuración Lógica de la red.

De igual forma hemos determinado que es importante saber cómo influye la sola utilización del WDS en el enlace entre los dos BSS o que cada BSS este en una red distinta. De esta forma es necesario establecer un enrutamiento para la comunicación.

Tomando en cuenta el escenario expuesto en el punto 2.1.2 y 2.2.2, definiremos la estructura lógica de la red para cada caso, en las ubicaciones, el nodo secundario tendrá siempre la misma configuración lógica de red.

2.3.2.4.1 Configuración Lógica de la Red. Caso 1

El escenario del SIE está conformado por dos BSS pertenecientes a una misma red lógica (ver Figura 12), por lo cual la comunicación se realiza únicamente utilizando el sistema de distribución inalámbrica (WDS).

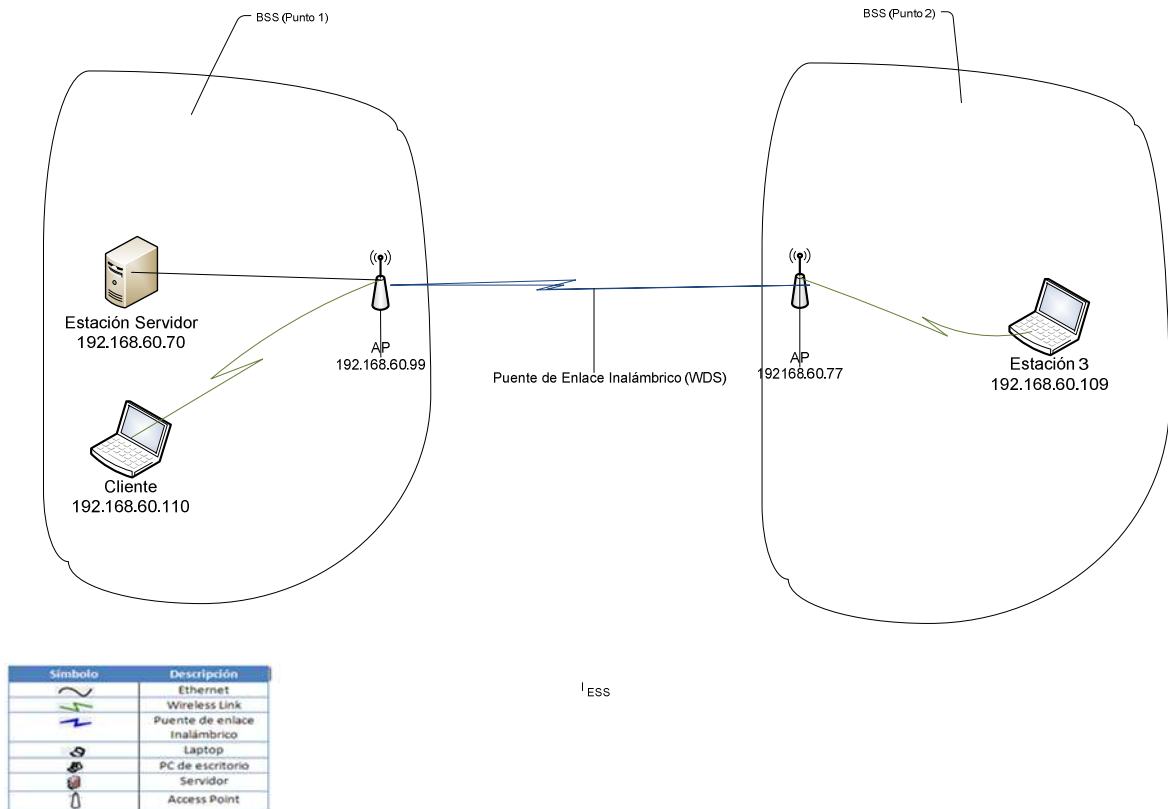


Figura 12 Estructura Lógica de la red (Utilizando WDS³⁵)

En la Tabla 7 están especificadas las direcciones IP de los puntos de acceso y del servidor en cada BSS. Cada BSS pertenece a la red 192.168.60.0

	AP	Cliente	Servidor
Nodo Principal	192.168.70.99	192.168.70.110	192.168.70.70
Nodo Secundario	192.168.70.77	192.168.70.109	

Tabla 7 Configuración IP caso 1

2.3.2.4.2 Configuración Lógica de la Red. Caso 2

El escenario del SIE está conformado por dos BSS³⁶ con diferentes redes lógicas (ver Figura 13), por lo cual la comunicación se realiza utilizando protocolos de

³⁵ WDS: Wireless Distribution System.

³⁶ BSS: Basic Service Set

enrutamiento, además del sistema de distribución inalámbrica para la comunicación entre las estaciones de cada BSS.

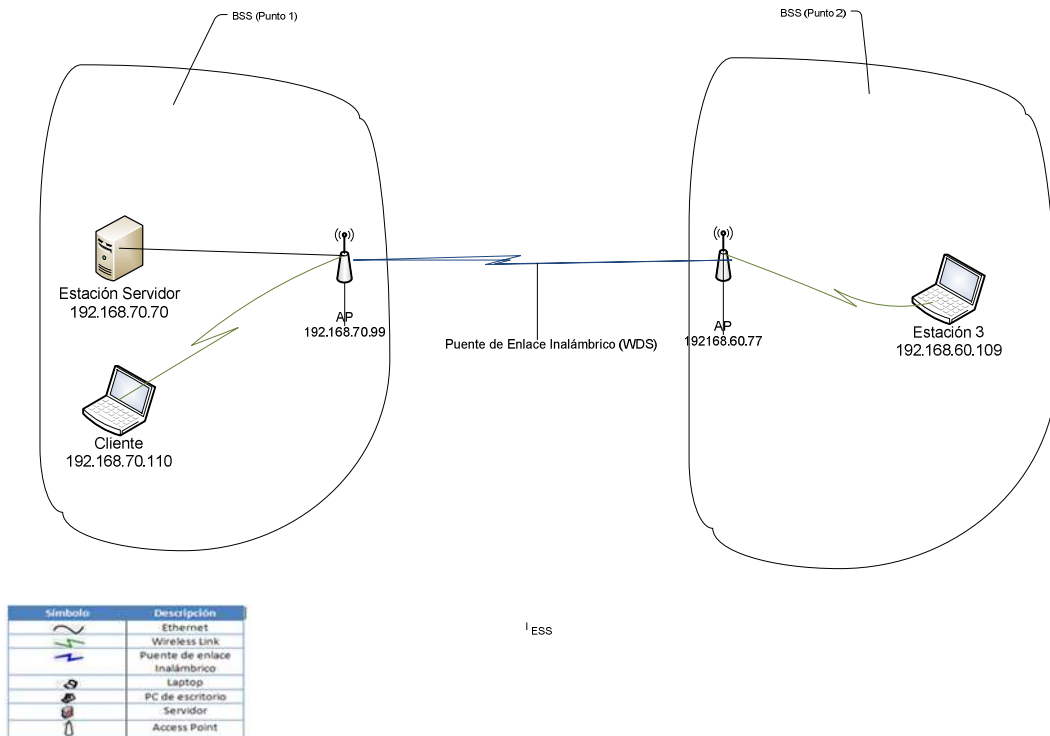


Figura 13 Estructura Lógica de la red (Utilizando Enrutamiento)

El BSS Punto 1 pertenece a la red 192.168.70.0 y el BSS Punto 2 a la red 192.168.60.0. La Tabla 8 detalla las direcciones IP de los puntos de acceso y del servidor en cada BSS.

	Punto de acceso	Cliente	Servidor
Nodo Principal	192.168.70.99	192.168.70.110	192.168.70.70
Nodo Secundario	192.168.60.77	192.168.60.109	

Tabla 8 Configuración IP caso 2

2.3.2.5 Tiempo Atmosférico

Se considera como tiempo atmosférico las variaciones que ocurren en la atmósfera de la Tierra, los fenómenos meteorológicos regulares incluyen: viento,

tormentas, lluvia y granizo. El tiempo atmosférico puede interrumpir la comunicación en el SIE debido a que la transmisión inalámbrica está basada en ondas electromagnéticas, las que al atravesar algún material, generalmente se debilitan o atenúan. La cantidad de potencia pérdida depende de la frecuencia y del material. Para las ondas electromagnéticas, los dos materiales más absorbentes son:

- *Metal*: Los electrones pueden moverse libremente en los metales, y son capaces de oscilar y por lo tanto, absorber la energía de una onda que los atraviesa.
- *Agua*: Las microondas provocan que las moléculas de agua se agiten, capturando algo de la energía de las ondas

Durante la realización de los experimentos es necesario el registro de los datos meteorológicos del enlace con el SIE. Los datos son tomados de los reportes de la estación meteorológica 840710 (SEQU)³⁷.

2.4 CONFIGURACIONES DE HARDWARE Y SOFTWARE

La configuración de hardware y software establece el procedimiento y las configuraciones específicas para ejecutar cada experimento. Los experimentos son definidos a partir de la combinación de los valores que son tomados de las variables independientes. Utilizando las variables independientes y dependientes definidas, establecemos la hipótesis definitiva. En la ejecución de los diferentes experimentos, se alterarán los valores de las variables independientes para obtener resultados y corroborar o refutar las hipótesis definidas. Utilizando el escenario definido en el punto 2.1.2 y 2.2.2 del presente documento, establecemos los experimentos que tienen el objetivo de comprobar la veracidad de las hipótesis definidas en el punto 2.1.1 y 2.2.1

³⁷ Los datos climáticos son registrados en el siguiente enlace:

http://www.tutiempo.net/clima/Quito_Mariscal_Sucre/2008/840710.htm y son los utilizados por el aeropuerto Mariscal Sucre.

2.4.1 HIPÓTESIS DEFINITIVAS

La siguiente hipótesis es planteada en base a la hipótesis preliminar, el escenario de ejecución de los experimentos y a las variables dependientes e independientes del SIE. La hipótesis plantea que *el rendimiento y disponibilidad del SIE es mejor cuando: una potencia de transmisión es mayor en los puntos de acceso en cada nodo, al ubicar a una distancia menor los nodos primario y secundario, al utilizar un canal radio frecuencia alto durante la transmisión de datos entre los nodos y al utilizar una red no enrutada en el SIE.*

2.4.2 PROCEDIMIENTO Y CONDICIONES PARA LA EJECUCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Se define como procedimiento el plan a seguir para la ejecución de los experimentos. Todos los experimentos tienen un mismo procedimiento de ejecución y solo cambian los valores de las variables independientes. Al ejecutar los experimentos obtenemos un grupo de archivos en formato de texto, que serán procesados para obtener la información individual.

Las variables independientes tienen el siguiente manejo:

- La potencia y el canal de frecuencia son configuradas en cada punto de acceso de acuerdo al punto 2.3.2.2 y 2.3.2.3, el valor de los mismos es idéntico en los puntos de acceso de cada nodo.
- La distancia, refiere a la ubicación de cada nodo de acuerdo al punto 2.3.2.1.
- La configuración lógica de la red es configurada en cada nodo de acuerdo al punto 2.3.2.4.
- Las variables independientes que afectan a la red y que no pueden ser controladas son: el tiempo atmosférico y el ambiente radial presentes en la ejecución del experimento.

A continuación detallamos las condiciones y procedimientos para la ejecución de cada experimento:

- a. El nodo principal en todos los experimentos no varía su ubicación geográfica y permanece en el punto 1 (ver Tabla 9)

Ubicación1	Coordenadas Geográficas	
	Latitud	Longitud
Punto1	-0.134453670774	- 78.5031221094

Tabla 9 Ubicación geográfica nodo principal

En la definición del escenario del punto 2.1.2 y 2.2.2, el nodo principal cuenta con una estación servidor que está encargada de ejecutar y almacenar los datos de los experimentos. El servidor cuenta con las herramientas definidas en el punto 1.3, que son: PING, CLINK, WIRESHARK, SCP.

- b. Se utiliza el ping para obtener datos sobre la pérdida de paquetes.
- c. Se utiliza el clink para obtener datos sobre la latencia y tasa de transferencia.
- d. Se utiliza Wireshark para monitorear la actividad del SCP de un punto a otro, para obtener datos sobre el rendimiento del SIE en la capa de aplicación.

2.4.2.1 Procedimiento para Ejecutar Ping y Clink

1. Escribir un programa en Shell llamado “test1” y “test2”, que permite automatizar la ejecución de las aplicaciones, ping y clink respectivamente.

A continuación el código del programa:

```
La fecha a registrar esta en formato año-mes-
día/hora:minuto:segundo:nanosegundos
```

a) Test1: Ping hacia el punto de acceso del nodo secundario

```
date +%F/%T/%N
ping 192.168.60.77 -c 100 //ejecutara 100 ping al destino
date +%F/%T/%N
```

b) Test2: Clink hacia el punto de acceso del nodo secundario

```
date +%F/%T/%N
clink 192.168.60.77
date +%F/%T/%N
```

2. Creamos una subrutina de comandos en consola llamada "atest1" y "atest2" para guardar los datos que genere el programa "test1" y "test2" respectivamente, en un archivo que tendrá de nombre la fecha y hora en que se ejecutó cada programa, con el siguiente formato yyyy-mm-dd_hh:mm:ss. A continuación el código de esta subrutina:

```
Today: variable toma las fechas por año/mes/día
horas:minutos: segundos y nano segundos
```

a) Test1: PING

```
Today="`date +%F_%T_%N`"
cd /root/test1/
/root/test/test1 > $Today
```


b) Test2: CLINK

```
Today="`date +%F_%T_%N`"
cd /root/test2/
/root/test/test2 > $Today
```

3. Utilizando la ejecución de tareas programadas del sistema operativo Linux instalado, programamos un evento en la tabla de tareas, para que los programas “atest1” y “atest2” sean ejecutados cada cierto tiempo y de esta forma obtener más muestras para cada experimento.

El periodo de repetición de “atest1” y “atest2” fue definido mediante la realización de una prueba en la que fueron ejecutados los programas “atest1” y “atest2”. El tiempo promedio de ejecución de la prueba está representado en la Tabla 10.

Programa	t1	t2	t3	t4	t5	t6	Promedio	
atest1	0:01:39	0:01:39	0:01:39	0:01:38	0:01:39	0:01:39	0:01:39	Min
atest2	0:21:59	0:14:08	0:14:24	0:17:55	0:16:12	0:15:38	0:16:43	Min

Tabla 10 Tiempo de ejecución de atest1 y atest2

Utilizando la Tabla 10, elegimos intervalos mayores al tiempo promedio de ejecución de la prueba de los programas atest1 y atest2 para proveer la existencia de un evento que incremente el tiempo de ejecución. La estimación para ejecutar los experimentos se presenta en la Tabla 11.

Programa	Tiempo	
atest1	0:05:00	Min
atest2	0:30:00	Min

Tabla 11 Tiempo de ejecución de las pruebas

Si, durante la ejecución de cada experimento es detectado que el tiempo de ejecución es mayor al establecido, es necesario reconfigurar el tiempo de repetición para ese experimento.

4. Establecido cada tiempo de repetición ejecutamos los programas “atest1” y “atest2” simultáneamente para aprovechar las mismas condiciones meteorológicas.
5. El programa “atest1” es ejecutado cada 5 minutos durante tres horas y cada ejecución envió 100 solicitudes de eco y de respuesta de datos en un tiempo promedio de dos minutos entre el nodo principal y el secundario.
6. El programa “atest2” es ejecutado cada 30 minutos durante tres horas y cada ejecución lanza la aplicación clink.
7. Al finalizar la ejecución del programa “atest1” son obtenidos los datos de pérdida de paquetes entre el nodo principal y el secundario, con un total de 37 muestras o 3700 paquetes enviados durante el periodo de ejecución del experimento
8. Al finalizar la ejecución del programa “atest2” son registradas la latencia y tasa de transferencia entre el nodo principal y el secundario, con un total de 6 muestras durante el periodo de ejecución del experimento.

2.4.2.2 Procedimiento para Ejecutar Wireshark y SCP

El procedimiento para ejecutar scp y Wireshark es el siguiente:

1. El programa scp es utilizado para transmitir datos desde el nodo secundario al nodo principal mediante el enlace inalámbrico.

2. Los datos transmitidos corresponden a un directorio en el punto de acceso del nodo secundario, que contiene varios archivos, los que en total tienen un tamaño en disco de 1.1 megabytes (1137 kilobytes).
3. Configuramos la herramienta Wireshark, definiendo la interfaz de red para monitorear el tráfico de datos en el enlace inalámbrico.
4. En la configuración son establecidos filtros de paquetes para no capturar información de tráfico no relevante con el experimento planeado, los filtros utilizados son los siguientes:

```
(ip.addr==192.168.60.77) cuando la red sea enrutada  
(ip.addr==192.168.70.77) cuando la red no sea enrutada  
not ip host numero_de_ip38
```

5. Al establecer los filtros, se inicia el monitoreo de la interfaz de red.
6. En una consola es ejecutado el siguiente comando³⁹:

```
scp -rv root@dirrección_ip_del_Punto_de_Acceso:/www/ ./
```
7. La captura de datos en la interfaz de red se realiza hasta que la transmisión con el comando scp finalice.
8. La información obtenida es procesada por la aplicación Wireshark.
9. La transmisión promedio necesita más de dos mil paquetes, cada paquete puede ser tomado como una muestra individual; cada prueba realizada tendría dos mil muestras.

³⁸ El número de ip corresponde a cualquier maquina que pueda generar trafico adicional en el SIE.

³⁹ La opción -r permite una copia recursiva en caso de existir directorios dentro del directorio que es copiado, la opción -v muestra el estado del proceso de copia.

10. Se realizan diez pruebas con cada configuración, obteniendo resultados del tiempo de transmisión y paquetes enviados durante la prueba.

2.4.2.3 Procedimiento para Obtener Datos de Disponibilidad

1. Los datos de disponibilidad son obtenidos a partir de los resultados al ejecutar el programa "atest1".
2. La disponibilidad es obtenida en base al siguiente criterio:
 - a. Al finalizar la ejecución del programa "atest1", son determinados los paquetes perdidos de los 3700 paquetes enviados durante la prueba⁴⁰.
 - b. Mediante una relación entre los paquetes exitosos y los paquetes totales establecemos un porcentaje de disponibilidad, utilizando la siguiente formula.

$$\text{Porcentaje de Disponibilidad} = \frac{\text{Paquetes Recibidos}}{\text{Paquetes Totales}} \times 100$$

2.4.3 CONJUNTO DE EXPERIMENTOS

Los experimentos son establecidos en base a la combinación de los valores de las variables independientes, generando un conjunto de experimentos distintos⁴¹. Los experimentos definidos son ejecutados utilizando el procedimiento del punto 2.4.2. El conjunto de experimentos a realizarse son:

⁴⁰ La prueba "atest1" envía 3700 paquetes durante su ejecución. Página 34.

⁴¹ Variables independientes. Página 29.

Experimento	Distancia (km) ⁴²	Potencia (mW) ⁴³	Frecuencia (GHz) ⁴⁴	Red
1	Ubicación 1 4.96	120	Canal 1 2.412	Enrutada
2	Ubicación 1 4.96	120	Canal 7 2.442	Enrutada
3	Ubicación 1 4.96	120	Canal 11 2.462	Enrutada
4	Ubicación 1 4.96	200	Canal 1 2.412	Enrutada
5	Ubicación 1 4.96	200	Canal 7 2.442	Enrutada
6	Ubicación 1 4.96	200	Canal 11 2.462	Enrutada
7	Ubicación 1 4.96	120	Canal 1 2.412	No Enrutada
8	Ubicación 1 4.96	120	Canal 7 2.442	No Enrutada
9	Ubicación 1 4.96	120	Canal 11 2.462	No Enrutada
10	Ubicación 1 4.96	200	Canal 1 2.412	No Enrutada
11	Ubicación 1 4.96	200	Canal 7 2.442	No Enrutada
12	Ubicación 1 4.96	200	Canal 11 2.462	No Enrutada
13	Ubicación 2 2.5	120	Canal 1 2.412	Enrutada
14	Ubicación 2 2.5	120	Canal 7 2.442	Enrutada

Tabla 12 Valor de variables independientes en cada experimento

⁴² km: Kilómetros.

⁴³ mW: Millivatio.

⁴⁴ GHz: Gigahercio.

Experimento	Distancia (km) ⁴⁵	Potencia (mW) ⁴⁶	Frecuencia (GHz) ⁴⁷	Red
15	Ubicación 2 2.5	120	Canal 11 2.462	Enrutada
16	Ubicación 2 2.5	200	Canal 1 2.412	Enrutada
17	Ubicación 2 2.5	200	Canal 7 2.442	Enrutada
18	Ubicación 2 2.5	200	Canal 11 2.462	Enrutada
19	Ubicación 2 2.5	120	Canal 1 2.412	No Enrutada
20	Ubicación 2 2.5	120	Canal 7 2.442	No Enrutada
21	Ubicación 2 2.5	120	Canal 11 2.462	No Enrutada
22	Ubicación 2 2.5	200	Canal 1 2.412	No Enrutada
23	Ubicación 2 2.5	200	Canal 7 2.442	No Enrutada
24	Ubicación 2 2.5	200	Canal 11 2.462	No Enrutada

Tabla 12 Valor de variables independientes en cada experimento

Con los datos de la Tabla 12, configuramos el escenario y los parámetros de cada punto de acceso, y a continuación ejecutamos los experimentos, siguiendo el procedimiento definido en el punto 2.4.2. Al terminar la ejecución verificaremos los datos obtenidos y procederemos a la depuración y extracción de información. Los resultados de cada experimento serán expuestos en forma de resumen para su análisis en el siguiente capítulo.

⁴⁵ km: Kilómetros.

⁴⁶ mW: Millivatio.

⁴⁷ GHz: Gigahercio.

2.5 RESUMEN

El diseño de los experimentos para determinar el rendimiento y disponibilidad corroborarán o refutarán las siguientes hipótesis en base al cambio de los valores que toman las variables dependientes. La hipótesis plantea que *el rendimiento y disponibilidad del SIE es mejor cuando: una potencia de transmisión es mayor en los puntos de acceso en cada nodo, al ubicar a una distancia menor los nodos primario y secundario, al utilizar un canal radio frecuencia alto durante la transmisión de datos entre los nodos y al utilizar una red no enrutada en el SIE.*

El escenario para la realización de los experimentos está basado en el SIE, conformado por dos BSS, nodo principal y nodo secundario.

El nodo principal es la base en el cual son ejecutados y almacenados los datos de los experimentos que determinan el rendimiento y disponibilidad del enlace con nodo secundario.

Los experimentos son ejecutados en el escenario del SIE, siguiendo el mismo procedimiento establecido en el punto 2.4.2 de este documento. La diferencia en la ejecución de cada experimento es el valor que cada variable independiente toma en base a la Tabla 12.

CAPITULO 3. REALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El capítulo tres expone y analiza los resultados de la ejecución de cada experimento para encontrar las configuraciones con mejor rendimiento y disponibilidad del SIE. Cada experimento expone sus resultados clasificados de acuerdo al rendimiento y disponibilidad presentados en su ejecución.

Los resultados son analizados de manera general para todos los experimentos y proporcionan las bases para definir qué configuraciones de las variables independientes permiten obtener mejores resultados de las variables dependientes de rendimiento y disponibilidad en el SIE. Los resultados también son analizados con la perspectiva de encontrar que configuraciones de las variables independientes son mejores para aplicaciones de tiempo real, interactivas y de procesamiento por lotes

3.1 RESULTADOS DE LA EJECUCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS DE RENDIMIENTOS

Los experimentos fueron ejecutados siguiendo el procedimiento detallado en el punto 2.4.2, a partir de los resultados de la ejecución obtenemos los valores de las variables dependientes de rendimiento. Los experimentos fueron configurados de acuerdo a los valores asignados a las variables independientes definidas en la Tabla 12. El rendimiento es obtenido del cambio de los valores de las variables independientes (potencia, frecuencia de canal, distancia, configuración lógica de red) en cada experimento. Las variables dependientes, cambian en base a combinaciones únicas de configuraciones de las variables independientes establecidas en el punto 2.4.3.

Los resultados de los experimentos son generados al ejecutar las herramientas ping, clink, scp y Wireshark. El rendimiento es cuantificado mediante la medición

de la pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y tiempo de transmisión a nivel de aplicación. El rendimiento es obtenido de la siguiente forma: la pérdida de paquetes, es obtenida con la aplicación ping de acuerdo al procedimiento establecido en el punto 2.4.2.1, la latencia y la tasa de transmisión son obtenidas con la herramienta clink de acuerdo al procedimiento establecido en el punto 2.4.2.1, el rendimiento a nivel de aplicación lo obtenemos utilizando la herramienta de resumen estadístico incluida en Wireshark de acuerdo al procedimiento establecido en el punto 2.4.2.2.

Los experimentos fueron ejecutados saltando un día desde el 20 de noviembre al 5 de diciembre del 2008. Las variables meteorológicas y los días de ejecución de cada experimento están indicadas a continuación en la Tabla 13⁴⁸.

Experimento	Día de ejecución	Temperatura media (°C)	Humedad relativa media (%)	Precipitación total de lluvia (mm.)	Velocidad media del viento (Km/h)
Octubre					
1	20	13.1	79	-	4.8
2	22	14.4	75	0	6.3
3	24	13.6	72	0	7
4	26	14.6	72	-	8.1
5	28	12.9	84	7.11	5
6	30	13.7	74	0	6.3
Noviembre					
7	1	11.7	91	0	5.2
8	3	11.4	82	3.05	5.4
9	5	13	78	1.02	5
10	7	13.6	73	-	7.8
11	9	13.4	74	-	6.1
12	11	14.7	75	0	8.1
13	13	12.9	85	-	6.3
14	15	12.9	78	-	6.9
15	17	13.3	78	-	5.6
16	19	13.9	77	0	6.9
17	21	13.9	83	-	6.9

⁴⁸ Los datos climáticos fueron registrados por el Aeropuerto Mariscal Sucre y publicados en el siguiente enlace: http://www.tutiempo.net/clima/Quito_Mariscal_Sucre/2008/840710.htm .

Tabla 13 Condiciones Meteorológicas de los Experimentos

Experimento	Día de ejecución	Temperatura media (°C)	Humedad relativa media (%)	Precipitación total de lluvia (mm.)	Velocidad media del viento (Km/h)
18	23	14.2	83	-	6.7
19	25	14.2	82	-	7.2
20	27	14.1	77	-	5.4
21	29	14.2	69	0	6.5
Diciembre					
22	1	12.6	76	-	5.6
23	3	13.8	77	-	8.9
24	5	12.7	83	-	4.8

Tabla 13 Condiciones Meteorológicas de los Experimentos

A continuación los resultados de los experimentos en cuanto a rendimiento:

3.1.1 EXPERIMENTO 1

El experimento uno fue realizado a las 11:00:02 del 20/10/2008 hasta 14:00:02

Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	4.96 km
Potencia	120 mw
Frecuencia	2.412 Ghz Canal 1
Red	Enrutada

Tabla 14 Variables Independientes experimento 1

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.1.1 Pérdida de Paquetes

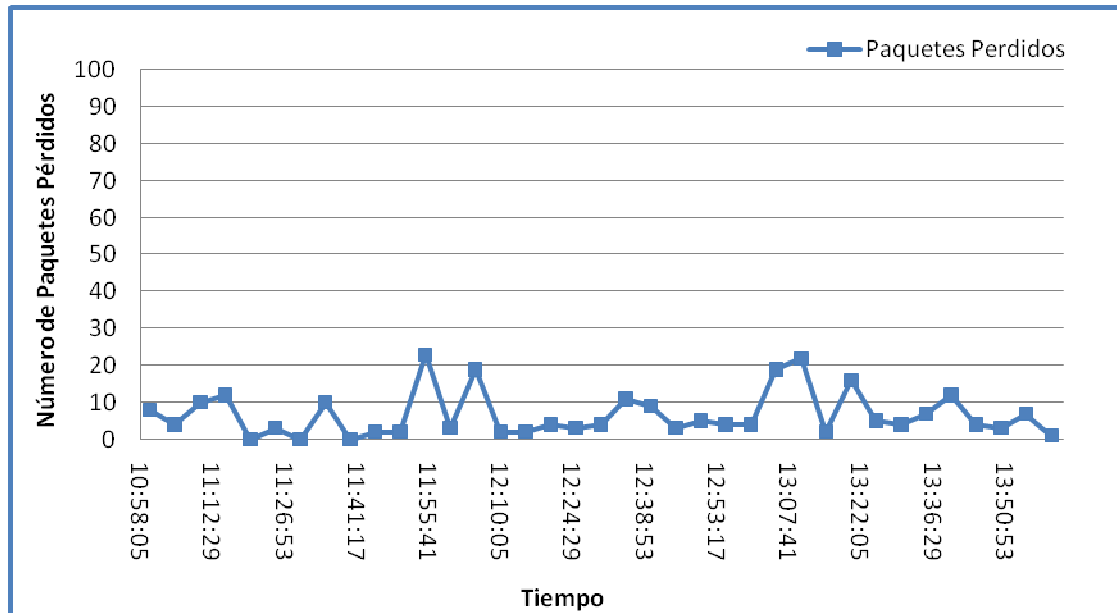


Grafico 1 Pérdida de Paquetes Experimento 1

Análisis

En el grafico vemos que el índice de pérdida de paquetes no es constante, existen muchas variaciones en el tiempo que se ejecuta la prueba.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	6,729
Desviación Estándar	6,225

Tabla 15 Pérdida Paquetes Experimento 1

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 1 – 1.

3.1.1.2 Latencia

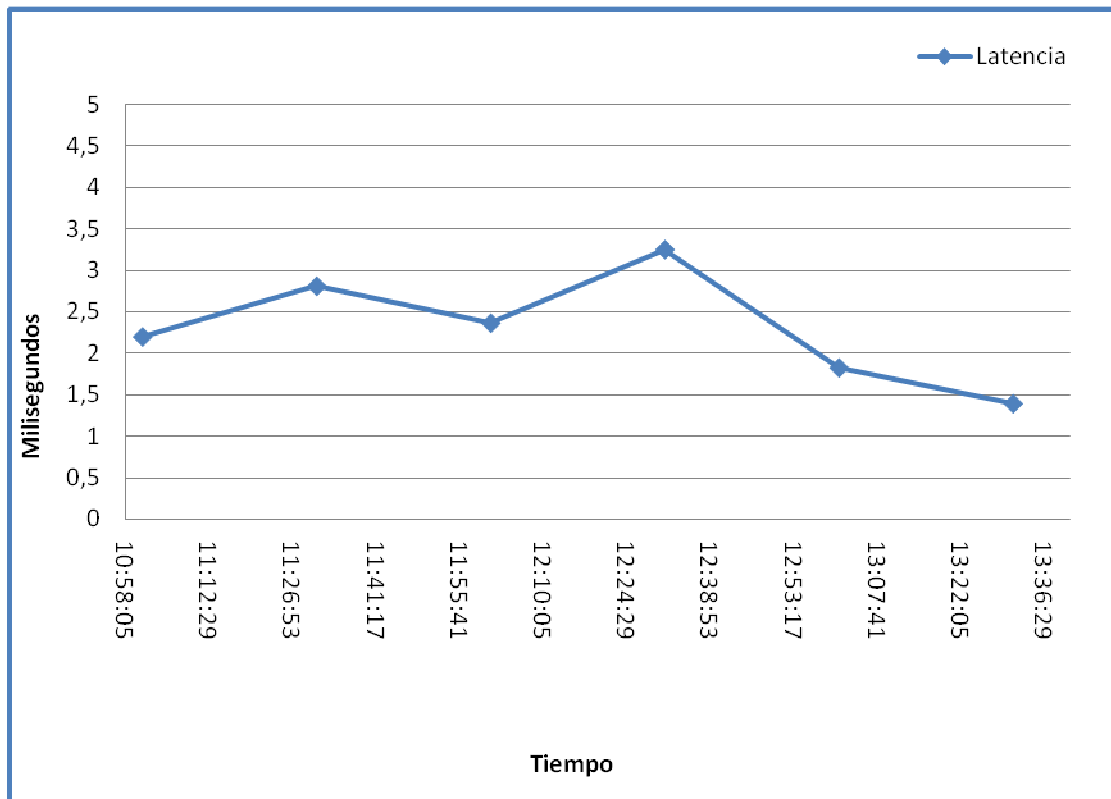


Grafico 2 Latencia Experimento 1

Análisis

El experimento uno tiene una mayor latencia en la cuarta muestra, esto se debe por una caída en el enlace.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	2.304
Desviación Estándar	0.662

Tabla 16 Latencia Experimento 1

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 1 – 2.

3.1.1.3 Tasa de Transmisión

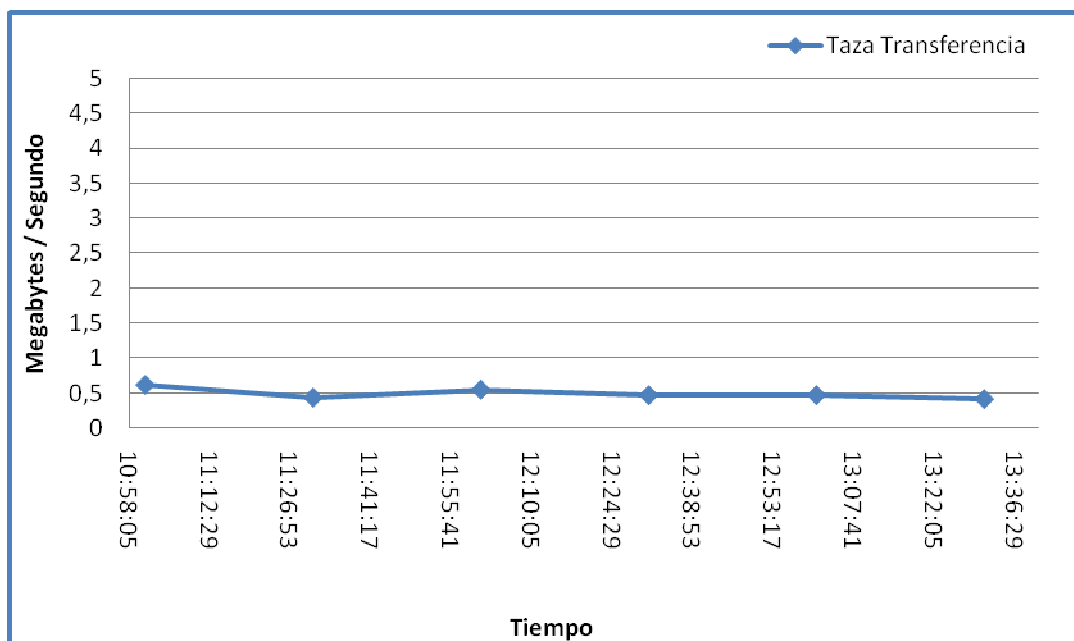


Grafico 3 Tasa de Transferencia Experimento 1

Análisis

El grafico muestra una tasa de transferencia baja pero constante a lo largo del experimento.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	0.494
Desviación Estándar	0.074

Tabla 17 Tasa de Transferencia Experimento 1

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 1 – 2.

3.1.1.4 Resultados de Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / segundo	Bytes
Prueba 1	200.352	2330	11.63	1365778
Prueba 2	198.327	1555	7.841	961252
Prueba 3	234.728	2394	10.199	1379972
Prueba 4	224.347	2293	10.221	1362662
Prueba 5	213.187	2360	11.07	1371152
Prueba 6	221.682	2321	10.47	1372034
Prueba 7	136.311	22.72	16.668	1357224
Prueba 8	115.058	2350	20.425	1371544
Prueba 9	134.559	2296	17.063	1364352
Prueba 10	132.877	2340	17.61	1368384
Media Aritmética	181.1428	2026	13.3197	1327435

Tabla 18 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 1

Análisis

El tiempo medio de transmisión fue de 181.14 segundos con una media aritmética de 2026 paquetes transmitidos.

3.1.2 EXPERIMENTO 2

El experimento 2 fue realizado a las 10:00:01 del 22/10/2008 hasta 13:00:03. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	4.96 km
Potencia	120 mw
Frecuencia	2.442 Ghz Canal 7
Red	Enrutada

Tabla 19 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.2.1 Pérdida de Paquetes

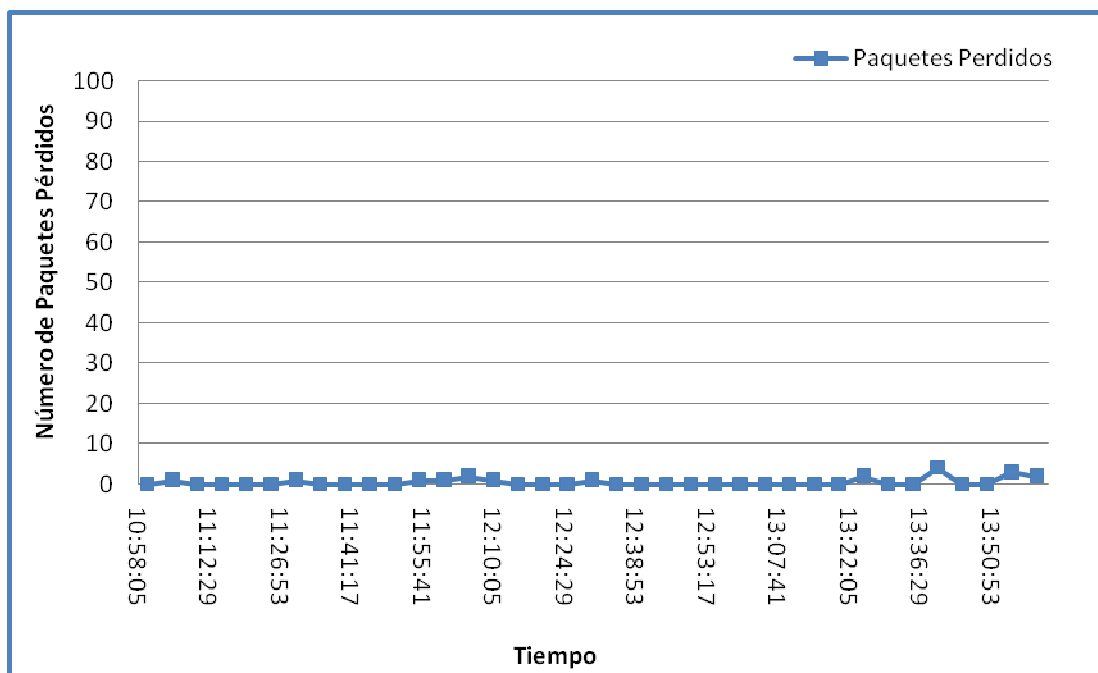


Gráfico 4 Pérdida de Paquetes Experimento 2

Análisis

El gráfico muestra una línea casi horizontal en la medida de cero paquetes perdidos, al tener casi cero paquetes el resultado aquí se acerca al ideal.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	0.513
Desviación Estándar	0.960

Tabla 20 Pérdida Paquetes Experimento 2

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 2 – 1.

3.1.2.2 Latencia

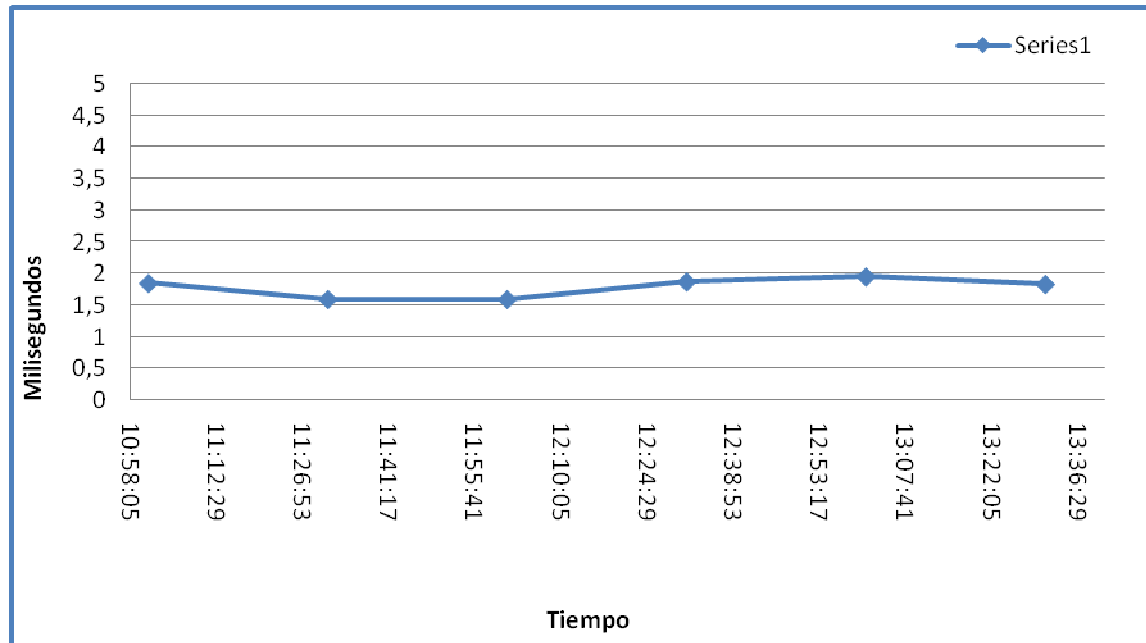


Grafico 5 Latencia Experimento 2

Análisis

El gráfico muestra una curva suave siendo esta una latencia constante que no causaría molestias significativas, los puntos de esta curva están entre 2 y 1.5 milisegundos.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	1.78
Desviación Estándar	0.153

Tabla 21 Latencia Experimento 2

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 2 – 2.

3.1.2.3 Tasa de Transmisión

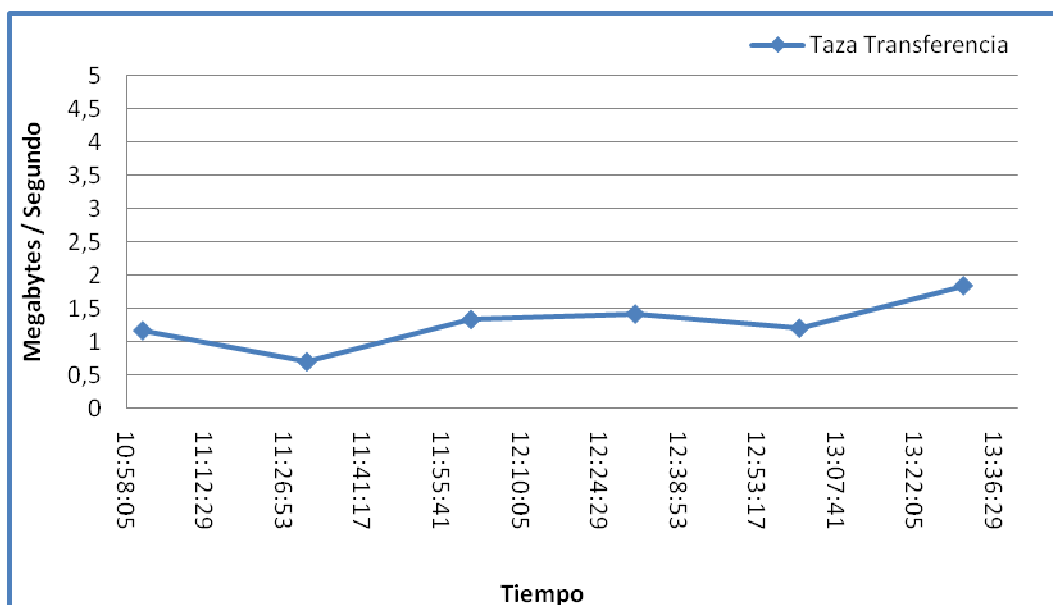


Gráfico 6 Tasa de Transferencia Experimento 3

Análisis

La línea presentada en el gráfico en la tasa de transmisión, varía conforme avanza el experimento. El experimento tiene una tasa de transferencia 1.277 megabyte por segundo promedio durante las pruebas lo que es una velocidad bastante buena si se la compara con una conexión comercial de internet.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	1.277
Desviación Estándar	0.372

Tabla 22 Tasa de Transferencia Experimento 2

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 2 – 3.

3.1.2.4 Resultados de Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / segundo	Bytes
Prueba 1	42.023	2053	48.854	1338026
Prueba 2	33.711	2025	60.069	1332018
Prueba 3	32.981	2005	60.793	1330610
Prueba 4	53.174	2141	40.264	1342162
Prueba 5	41.206	2080	50.478	1336560
Prueba 6	49.569	2115	42.668	1342030
Prueba 7	48.176	2143	44.482	1350298
Prueba 8	43.224	2065	47.775	1335378
Prueba 9	53.875	2095	38.887	1338502
Prueba 10	47.501	2147	45.199	1347206
Media Aritmética	44.544	2087	47.946	1339279

Tabla 23 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 2

El tiempo medio de transmisión fue de 44.54 segundos con una media aritmética de 2087 paquetes transmitidos.

3.1.3 EXPERIMENTO 3

El experimento 3 fue realizado a las 11:00:02 del 24/10/2008 hasta 14:00:02
Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	4.96 km
Potencia	120 mw
Frecuencia	2.462 Ghz Canal 11
Red	Enrutada

Tabla 24 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.3.1 Pérdida de Paquetes

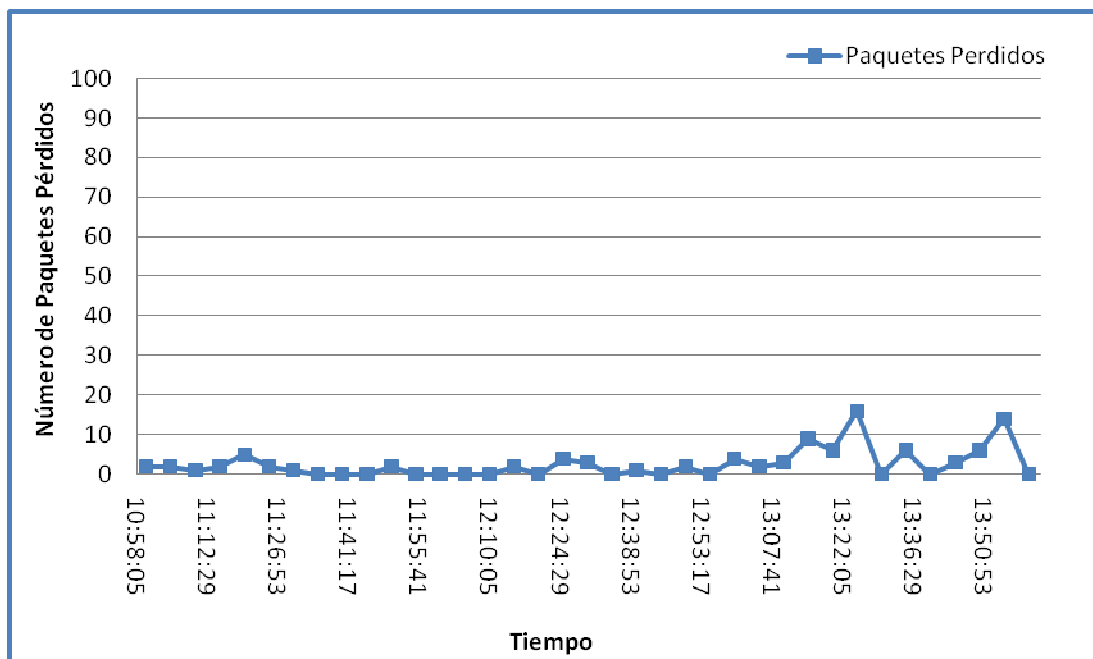


Gráfico 7 Pérdida de Paquetes Experimento 3

Análisis

La línea en el gráfico tiende a quebrarse un poco al final del experimento lo que indicaría que existieron factores externos que influyeron, a pesar de esto la media de paquetes perdidos es baja.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	2.648
Desviación Estándar	3.728

Tabla 25 Pérdida Paquetes Experimento 3

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 3 – 1.

3.1.3.2 Latencia

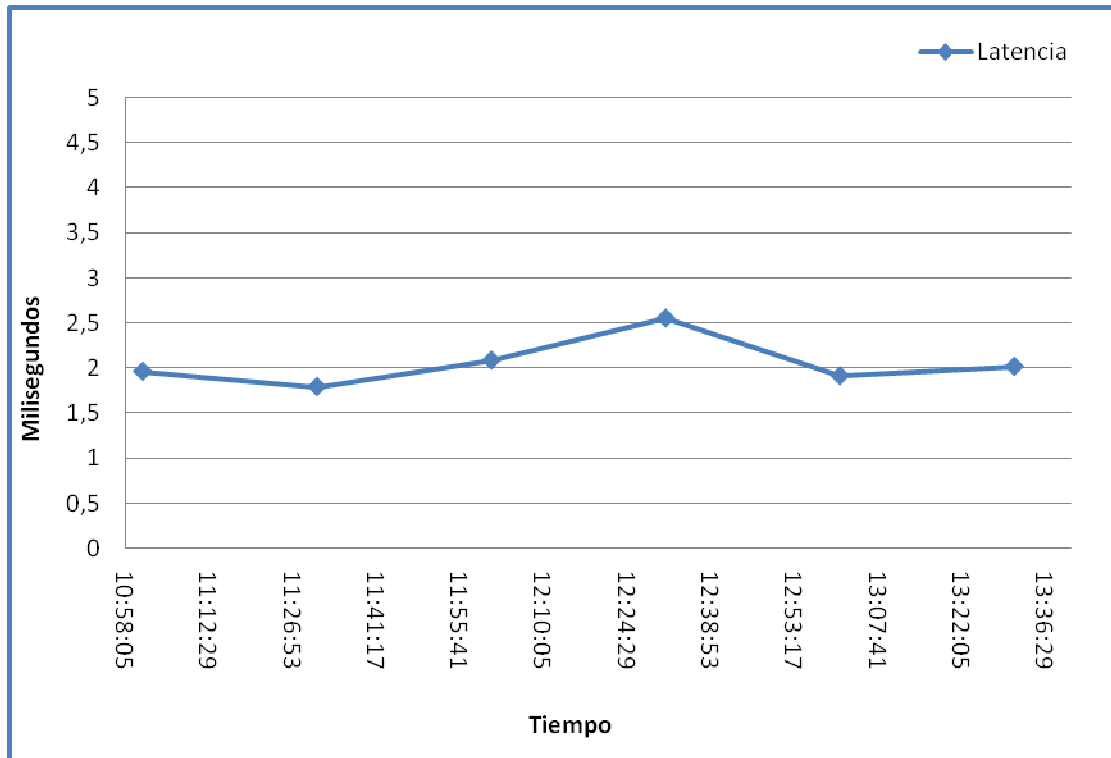


Grafico 8 Latencia Experimento 3

Análisis

El experimento tiene una latencia promedio baja durante las pruebas. La variación de los datos baja a lo largo del experimento.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	2.054
Desviación Estándar	0.265

Tabla 26 Latencia Experimento 3

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 3 – 2.

3.1.3.3 Tasa de Transmisión

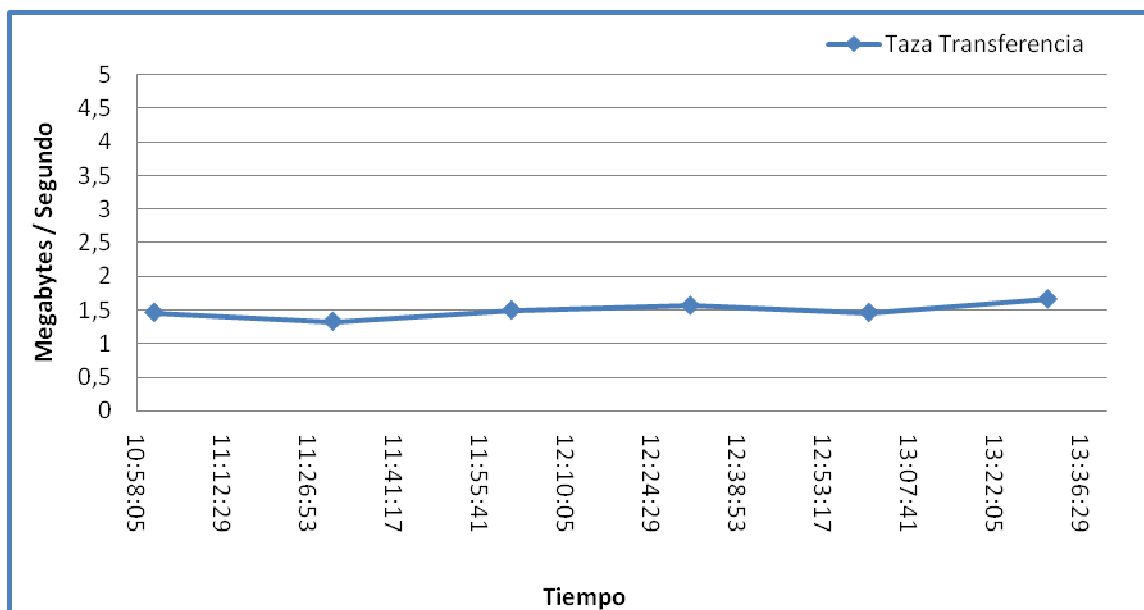


Gráfico 9 Tasa de Transferencia Experimento 3

Análisis

La línea en el gráfico muestra una tasa constante de 1.491 megabyte por segundo promedio durante las pruebas, lo que indicaría una estabilidad aceptable en la red.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	1.491
Desviación Estándar	0.111

Tabla 27 Tasa de Transferencia Experimento 3

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 3 – 3.

3.1.3.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / Segundo	Bytes
Prueba 1	72.352	2241	30.973	1347090
Prueba 2	65.043	2155	33.132	1341026
Prueba 3	69.667	2186	31.378	1343000
Prueba 4	35.05	2042	58.26	1333220
Prueba 5	71.013	3108	43.766	1450940
Prueba 6	78.447	3115	39.708	1460327
Prueba 7	71.119	3169	44.559	1467466
Prueba 8	66.259	3114	46.997	1462642
Prueba 9	66.823	2142	32.055	1339860
Prueba 10	77.141	2228	28.882	1348152
Media Aritmética	67.291	2550	38.971	1389372

Tabla 28 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 3

El tiempo medio de transmisión fue de 67.29 segundos con una media aritmética de 2550 paquetes transmitidos.

3.1.4 EXPERIMENTO 4

El experimento 4 fue realizado a las 15:00:01 del 26/10/2008 hasta 18:00:01.

Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	4.96 km
Potencia	200 mw
Frecuencia	2.412 Ghz Canal 1
Red	Enrutada

Tabla 29 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.4.1 Pérdida de Paquetes

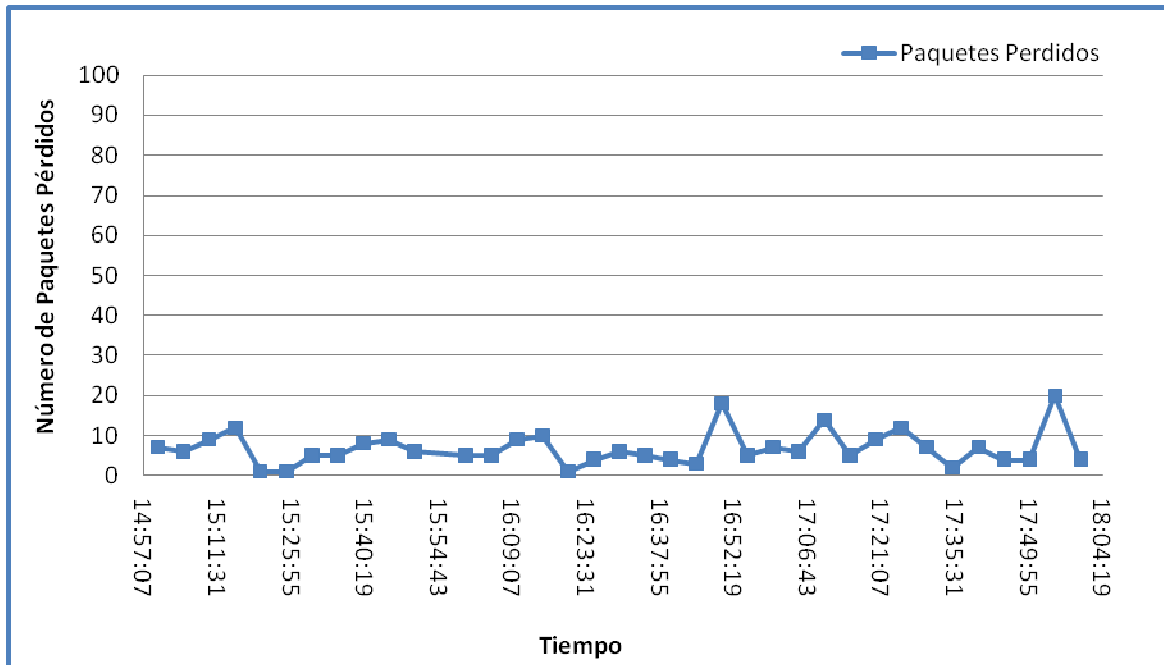


Gráfico 10 Pérdida de Paquetes Experimento 4

Análisis

El gráfico muestra una dispersión en los resultados. La variación de los datos es de 4.225 alrededor de la media, presenta una media relativamente alta en lo que se refiere a pérdida de paquetes.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	6.756
Desviación Estándar	4.225

Tabla 30 Pérdida Paquetes Experimento 4

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 4 – 1.

3.1.4.2 Latencia

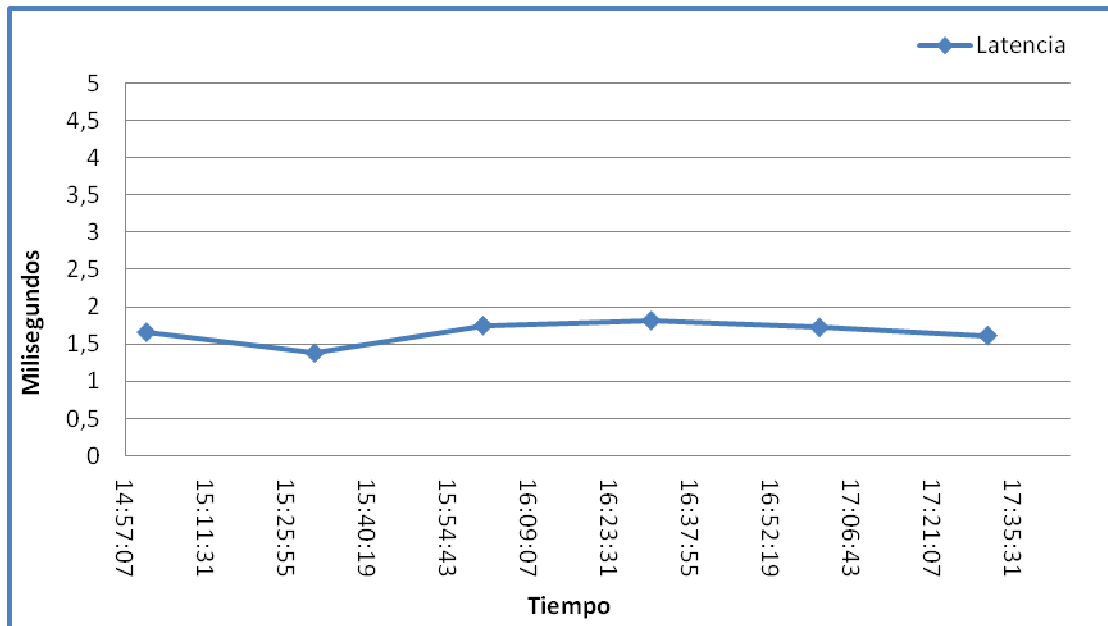


Grafico 11 Latencia Experimento 4

Análisis

El gráfico muestra que la mayor cantidad de datos está entre 2 y 1.5 milisegundos. La curva dibujada es suave a la mayor parte del tiempo, tendiendo a una estabilidad relativa.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	1.604
Desviación Estándar	0.120

Tabla 31 Latencia Experimento 4

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 4 – 2.

3.1.4.3 Tasa de Transmisión

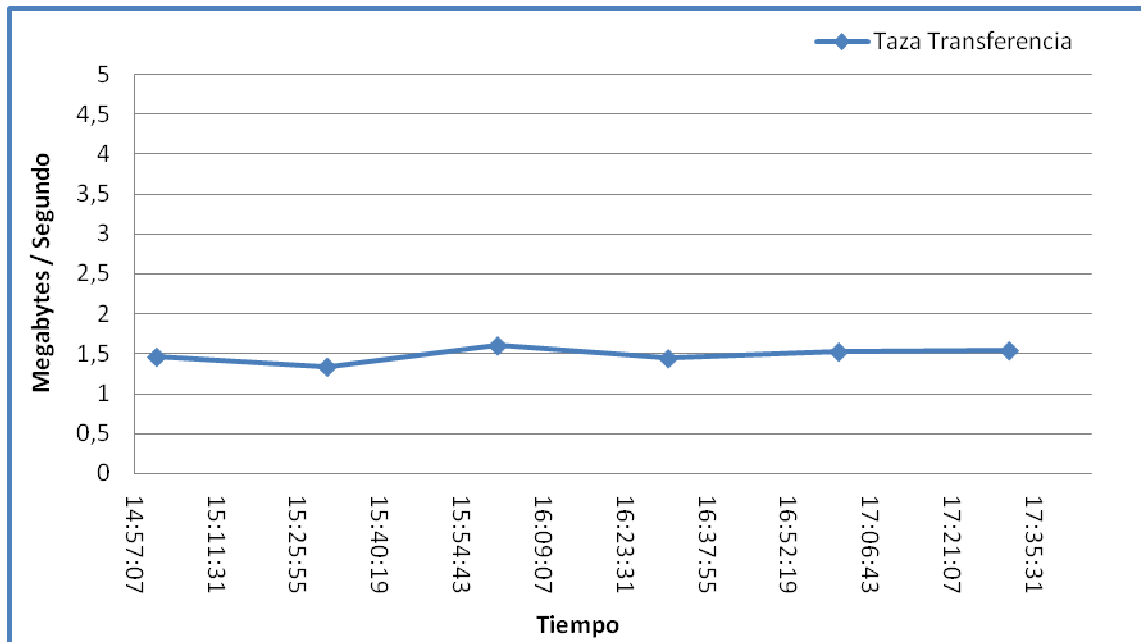


Gráfico 12 Tasa de Transferencia Experimento 4

Análisis

La línea trazada en el gráfico muestra una tasa de transferencia constante durante las pruebas, dando una información de una tasa de transferencia constante en este experimento.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	1.482
Desviación Estándar	0.093

Tabla 32 Tasa de Transferencia Experimento 4

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 4 – 3.

3.1.4.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / Segundo	Bytes
Prueba 1	76.174	2093	27.476	1336686
Prueba 2	84.052	2195	26.115	1347690
Prueba 3	90.128	2263	25.109	1350722
Prueba 4	64.514	2106	32.644	1337400
Prueba 5	76.306	2149	28.163	1342078
Prueba 6	93.502	2267	24.245	1354962
Prueba 7	89.856	2248	25.018	1349684
Prueba 8	98.855	2302	23.287	1357084
Prueba 9	94.719	2215	23.385	1347278
Prueba 10	104.608	2235	21.365	1349158
Media Aritmética	87.271	2207	25.68	1347274

Tabla 33 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 4

El tiempo medio de transmisión fue de 87.271 segundos con una media aritmética de 2207 paquetes transmitidos.

3.1.5 EXPERIMENTO 5

El experimento 5 fue realizado a las 00:00:02 del 28/10/2008 hasta 3:00:02. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	4.96 km
Potencia	200 mw
Frecuencia	2.442 Ghz Canal 7
Red	Enrutada

Tabla 34 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.5.1 Pérdida de Paquetes

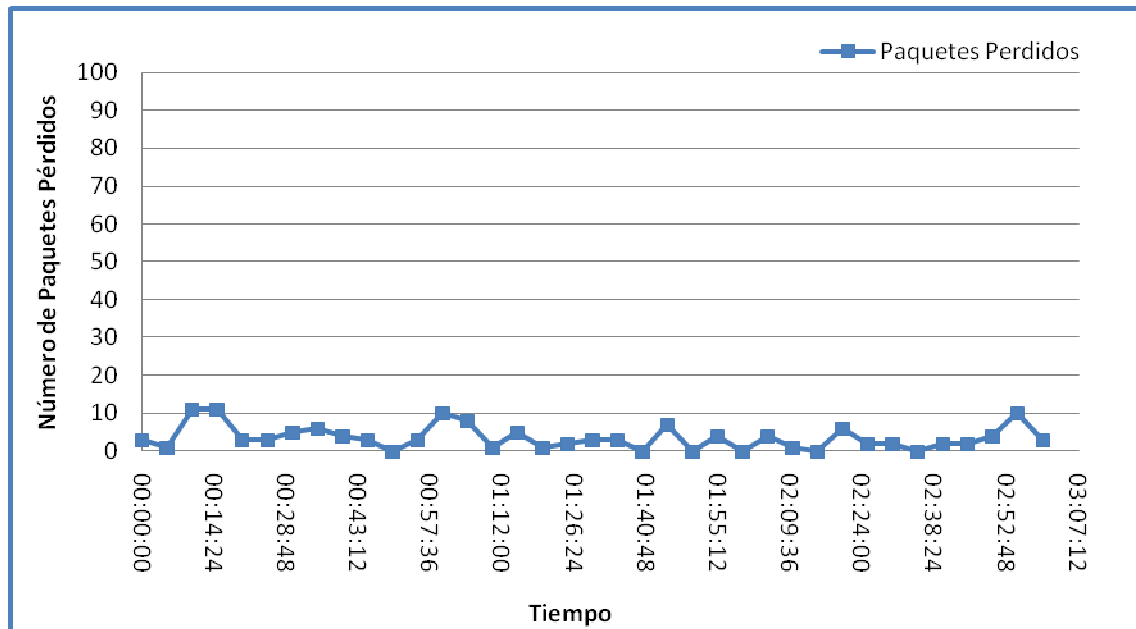


Grafico 13 Pérdida de Paquetes Experimento 5

Análisis

La pérdida de paquetes en el gráfico no es mayor de 10 paquetes en ciertos puntos, la media de paquetes perdidos es baja, puede considerarse como una pérdida aceptable.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	3.594
Desviación Estándar	3.157

Tabla 35 Pérdida Paquetes Experimento 5

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 5 – 1.

3.1.5.2 Latencia

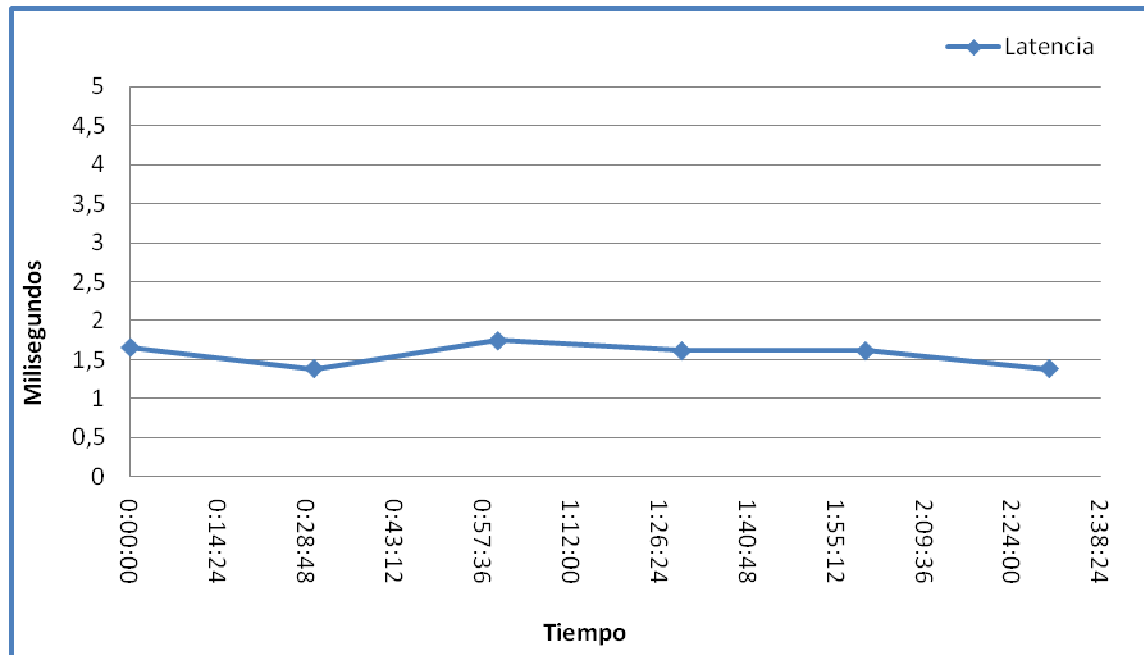


Grafico 14 Latencia Experimento 5

Análisis

La grafica muestra una media aritmética de la latencia que tiende a estabilizarse a lo largo de la prueba, indicado por la disminución de la desviación estándar al finalizar el experimento.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	1.565
Desviación Estándar	0.150

Tabla 36 Latencia Experimento 5

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 5 – 2.

3.1.5.3 Tasa de Transmisión

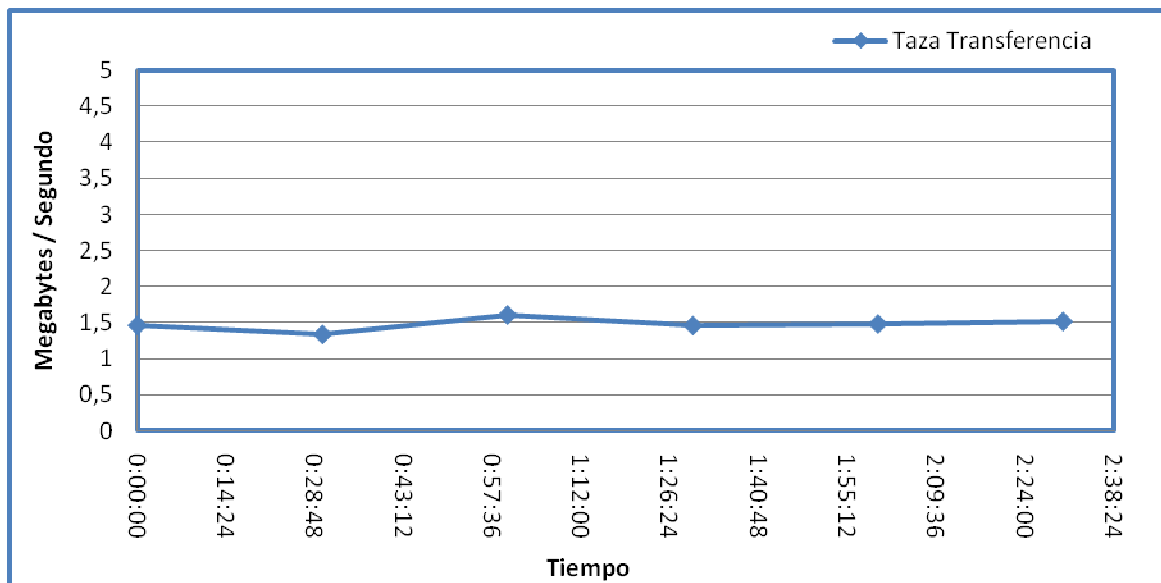


Gráfico 15 Tasa de Transferencia Experimento 5

Análisis

El experimento muestra una gráfica en la que la tasa de transferencia es casi una línea horizontal, esto nos indica que la estabilidad de la tasa a lo largo de las pruebas.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	1.473
Desviación Estándar	0.086

Tabla 37 Tasa de Transferencia Experimento 5

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 5 – 3.

3.1.5.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / Segundo	Bytes
Prueba 1	41.931	2105	50.202	1339342
Prueba 2	36.93	2050	55.51	1334488
Prueba 3	40.928	2059	50.308	1335126
Prueba 4	33.998	2035	59.856	1333006
Prueba 5	38.386	2081	54.213	1336218
Prueba 6	43.342	2119	48.89	1339634
Prueba 7	40.389	2098	51.945	1338096
Prueba 8	53.037	2142	40.387	1340840
Prueba 9	42.535	2108	49.559	1338988
Prueba 10	55.654	2101	37.751	1337546
Media Aritmética	42.713	2090	49.862	1337328

Tabla 38 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 5

El tiempo medio de transmisión fue de 42.7 segundos con una media aritmética de 2090 paquetes transmitidos.

3.1.6 EXPERIMENTO 6

El experimento 6 fue realizado a las 08:00:02 del 29/10/2008 hasta 11:00:02

Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	4.96 km
Potencia	200 mw
Frecuencia	2.462 Ghz Canal 11
Red	Enrutada

Tabla 39 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.6.1 Pérdida de Paquetes

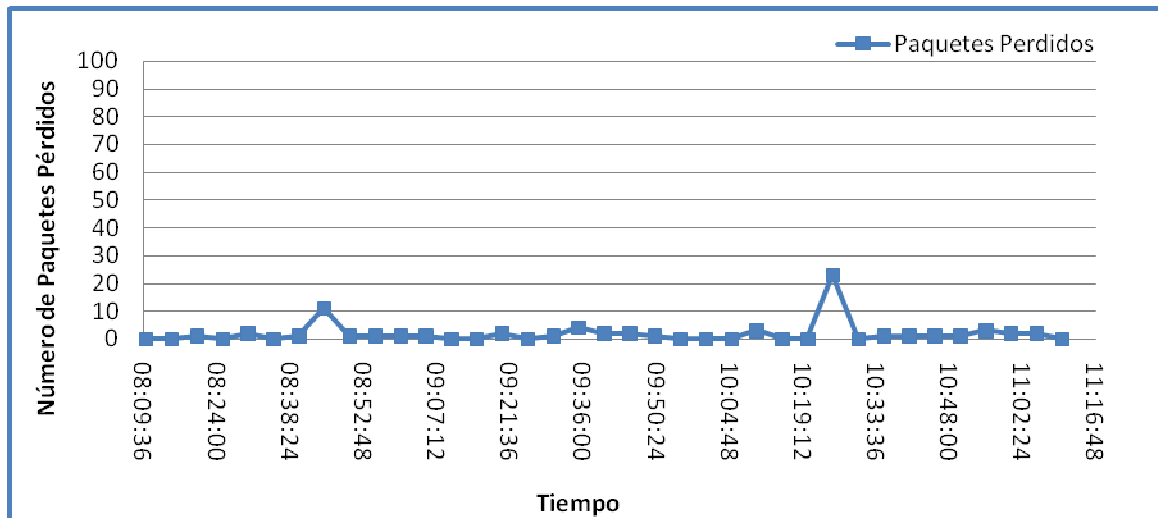


Gráfico 16 Pérdida de Paquetes Experimento 6

Análisis

En la gráfica se aprecia dos picos significativos en comparación del resto de resultados que están cercanos al cero, los resultados obtenidos son en general favorables por los pocos paquetes perdidos.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	1.837
Desviación Estándar	4.065

Tabla 40 Pérdida Paquetes Experimento 6

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 6 – 1.

3.1.6.2 Latencia

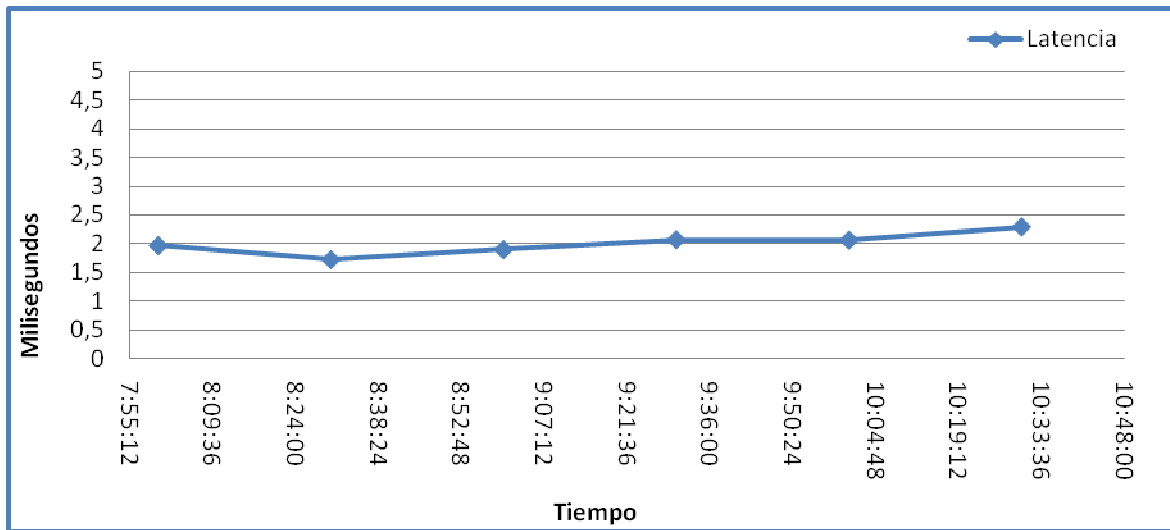


Grafico 17 Latencia Experimento 6

Análisis

El gráfico muestra una media aritmética de la latencia con una curva leve, que varía en el tiempo medido, a pesar de eso la latencia es baja en toda la prueba.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	1.997
Desviación Estándar	0.193

Tabla 41 Latencia Experimento 6

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 6 – 2.

3.1.6.3 Tasa de Transmisión

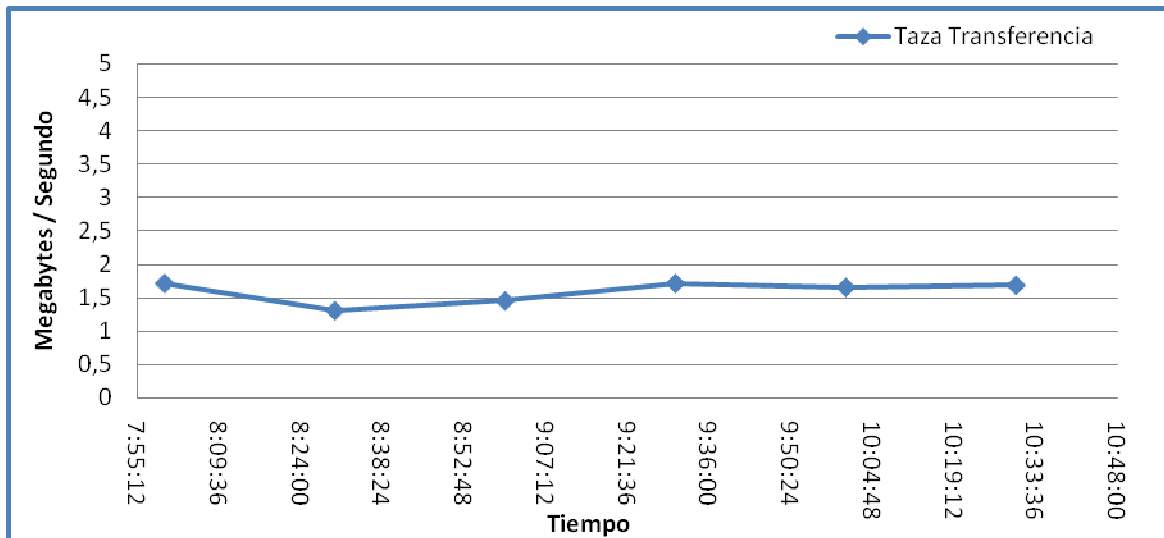


Grafico 18 Tasa de Transferencia Experimento 6

Análisis

La tasa de transferencia tiene una tasa de transferencia constante durante las pruebas, mostrando una velocidad aceptable para trabajar como una conexión de internet. La desviación estándar es pequeña lo que indica una tasa de transferencia constante.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	1.581
Desviación Estándar	0.168

Tabla 42 Tasa de Transferencia Experimento 6

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 6 – 3.

3.1.6.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / Segundo	Bytes
Prueba 1	32.253	1981	61.42	1328946
Prueba 2	40.079	2004	50.001	1331248
Prueba 3	36.56	2017	55.17	1331510
Prueba 4	35.925	2028	56.45	1332552
Prueba 5	37.65	2028	53.864	1332244
Prueba 6	33.202	2013	60.629	1331310
Prueba 7	35.868	2006	55.927	1331004
Prueba 8	34.774	2003	57.601	1331245
Prueba 9	39.861	2030	50.928	1332868
Prueba 10	54.893	2089	38.001	1336552
Media Aritmética	38.106	2020	53.999	1331948

Tabla 43 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 6

El tiempo medio de transmisión fue de 38.106 segundos con una media aritmética de 2020 paquetes transmitidos.

3.1.7 EXPERIMENTO 7

El experimento 7 fue realizado a las 19:00:02 del 1/11/2008 hasta 22:00:02.

Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	4.96 km
Potencia	120 mw
Frecuencia	2.412 Ghz Canal 1
Red	No Enrutada

Tabla 44 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.7.1 Pérdida de Paquetes

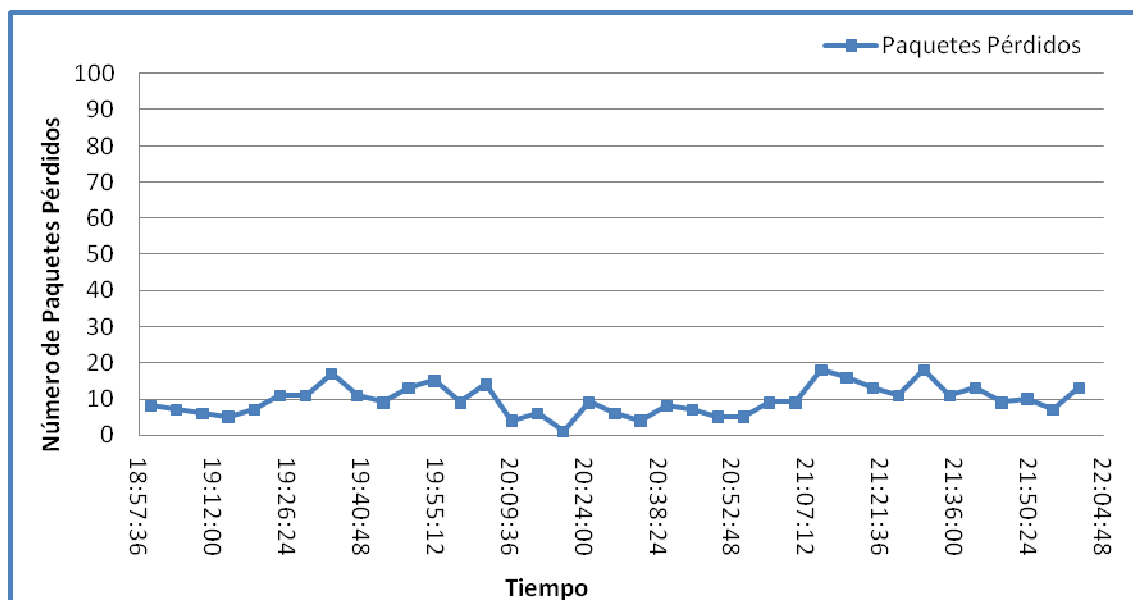


Gráfico 19 Pérdida de Paquetes Experimento 7

Análisis

En el gráfico es apreciable que los datos de pérdida de paquetes están dispersos en un rango de 20 a 0 paquetes, así tenemos una desviación estándar alta, lo que dificultaría la operación de ciertas aplicaciones en esta red.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	9.594
Desviación Estándar	4.132

Tabla 45 Pérdida Paquetes Experimento 1

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 1 – 1.

3.1.7.2 Latencia

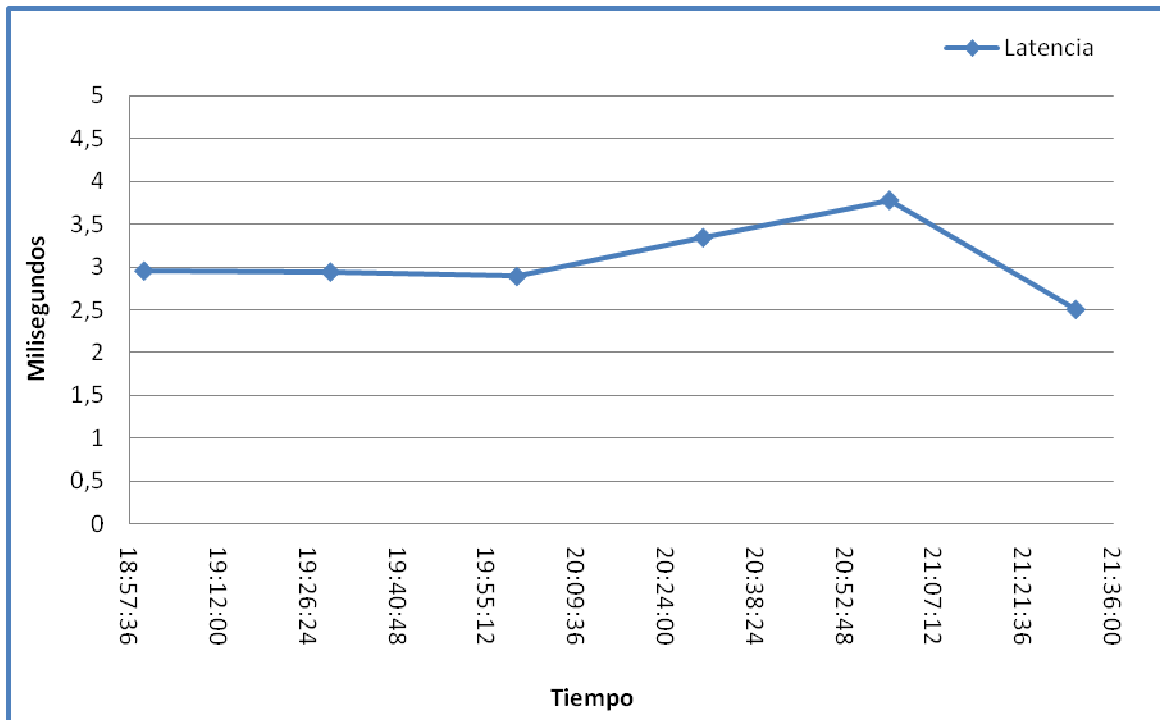


Figura 14 Latencia Experimento 7

Análisis

El gráfico muestra que el experimento siete tiene una latencia estable al inicio de la prueba pero al final varía con respecto a los 3 primeros resultados, sin embargo la latencia es baja y no dificulta la ejecución de aplicaciones sobre esta red.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	3.069
Desviación Estándar	0.436

Tabla 46 Latencia Experimento 7

3.1.7.3 Tasa de Transmisión

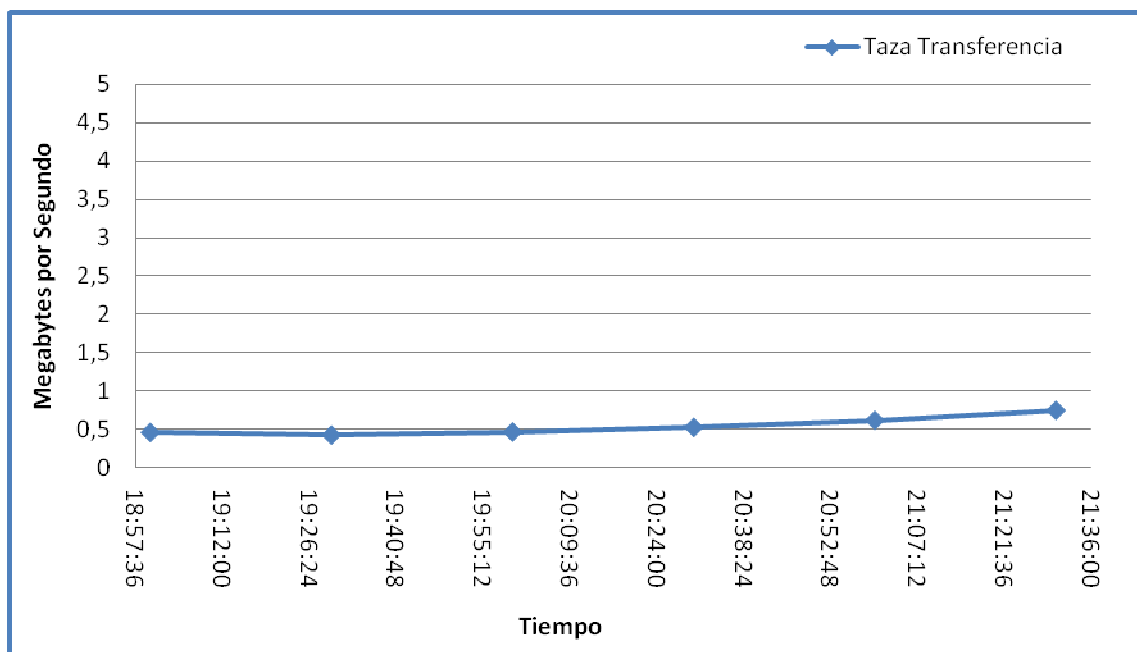


Figura 15 Tasa de Transferencia Experimento 7

Análisis

El gráfico muestra una tasa de transferencia que es constante al inicio pero sufre un leve incremento al finalizar las pruebas, este incremento puede deberse a la variación de factores fuera del control de los experimentos.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	0.541
Desviación Estándar	0.121

Tabla 47 Tasa de transferencia Experimento 7

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 1 – 2.

3.1.7.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / Segundo	Bytes
Prueba 1	116.435	2268	19.479	1363080
Prueba 2	137.451	2248	16.355	1353128
Prueba 3	138.539	2289	16.522	1362434
Prueba 4	159.933	2358	14.744	1363124
Prueba 5	143.933	2292	15.924	1358680
Prueba 6	126.748	2260	17.831	1350272
Prueba 7	113.786	2240	19.686	1349604
Prueba 8	118.751	2237	18.838	1352462
Prueba 9	113.386	2217	19.553	1345950
Prueba 10	142.939	2249	15.734	1350074
Media Aritmética	131.1901	2266	17.4666	1354881

Tabla 46 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 7

El tiempo medio de transmisión fue de 131.19 segundos con una media aritmética de 2266 paquetes transmitidos.

3.1.8 EXPERIMENTO 8

El experimento 8 fue realizado a las 17:20:02 del 3/11/2008 hasta 20:10:02. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	4.96 km
Potencia	120 mw
Frecuencia	2.442 Ghz Canal 7
Red	No Enrutada

Tabla 47 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.8.1 Pérdida de Paquetes

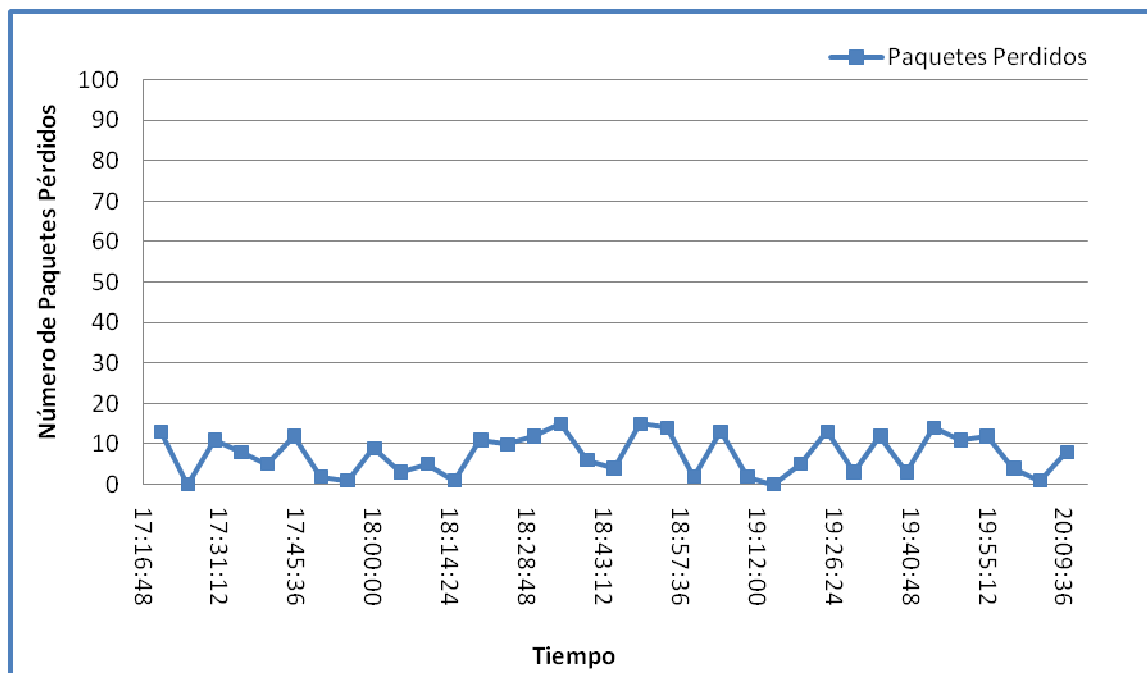


Gráfico 20 Pérdida de Paquetes Experimento 8

Análisis

En el gráfico es apreciable que los datos de pérdida de paquetes están dispersos en un rango entre 20 a 0 paquetes, a lo largo del experimento en número de paquetes perdidos no es constante.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	7.378
Desviación Estándar	4.866

Tabla 48 Pérdida de Paquetes Experimento 8

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 8 – 1.

3.1.8.2 Latencia

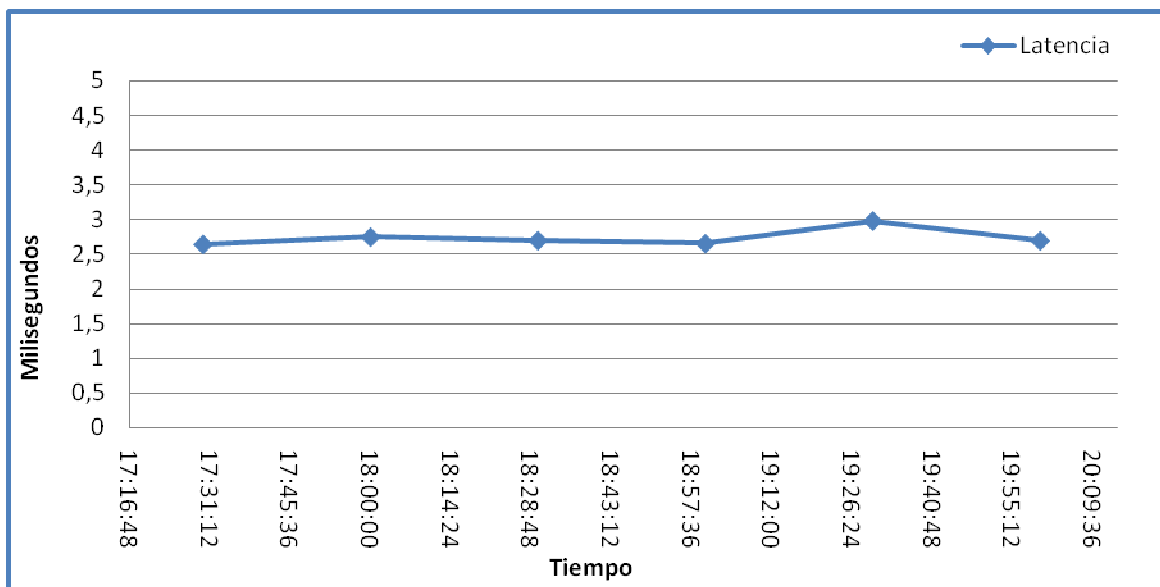


Figura 16 Latencia Experimento 8

Análisis

El gráfico muestra una latencia constante durante el principio del experimento a pesar que varia al final, la latencia tiende a ser estable a lo largo del experimento.

Estadístico Muestral	Valor
Media Aritmética	2.734
Desviación Estándar	0.124

Tabla 49 Latencia Experimento 6

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 8 – 2.

3.1.8.3 Tasa de Transferencia

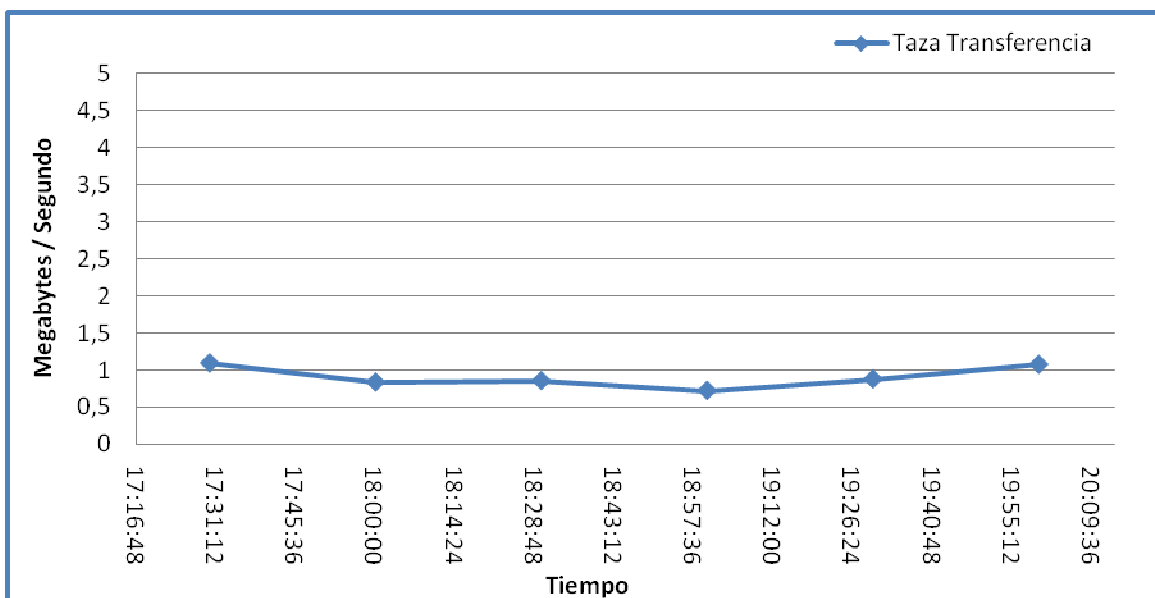


Figura 17 Tasa de Transferencia Experimento 8

Análisis

La tasa de transferencia en este experimento tiene una desviación estándar baja lo que dibuja una suave curva, esto nos dice que se trata de una tasa de transferencia estable.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	0.908
Desviación Estándar	0.145

Tabla 50 Tasa de Transferencia Experimento 8

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 8 – 3.

3.1.8.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / Segundo	Bytes
Prueba 1	120.517	2305	19.126	1351886
Prueba 2	123.094	2283	18.547	1358198
Prueba 3	113.082	2191	19.375	1347410
Prueba 4	77.523	2057	26.534	1335670
Prueba 5	115.904	2213	19.093	1354598
Prueba 6	112.829	2200	19.498	1347848
Prueba 7	122.812	2227	18.133	1351334
Prueba 8	107.706	2236	20.76	1349156
Prueba 9	103.176	2184	21.168	1351392
Prueba 10	98.076	2126	21.677	1339636
Media Aritmética	109.471	2202	20.391	1348713

Tabla 51 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 8

El tiempo medio de transmisión fue de 109.47 segundos con una media aritmética de 2202 paquetes transmitidos.

3.1.9 EXPERIMENTO 9

El experimento 9 fue realizado a las 9:00:02 del 5/11/2008 hasta 12:00:01.

Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	4.96 km
Potencia	120 mw
Frecuencia	2.462 Ghz Canal 11
Red	No Enrutada

Tabla 52 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.9.1 Pérdida de Paquetes

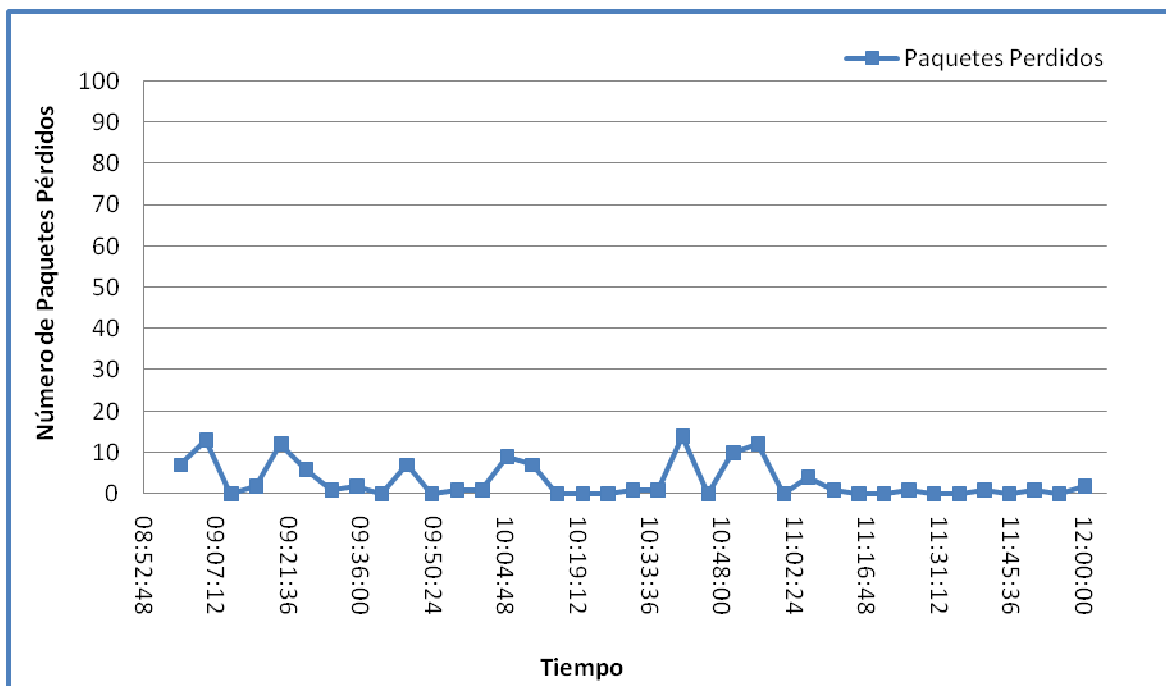


Grafico 21 Pérdida de Paquetes Experimento 9

Análisis

La pérdida de paquetes graficada en este caso muestra algunas pérdidas, lo que hace que la desviación estándar sea de 4.379, un número considerable de paquetes perdidos para ciertas aplicaciones que utilizan la red de datos.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	3.135
Desviación Estándar	4.379

Tabla 53 Pérdida de Paquetes Experimento 9

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 9 – 1.

3.1.9.2 Latencia

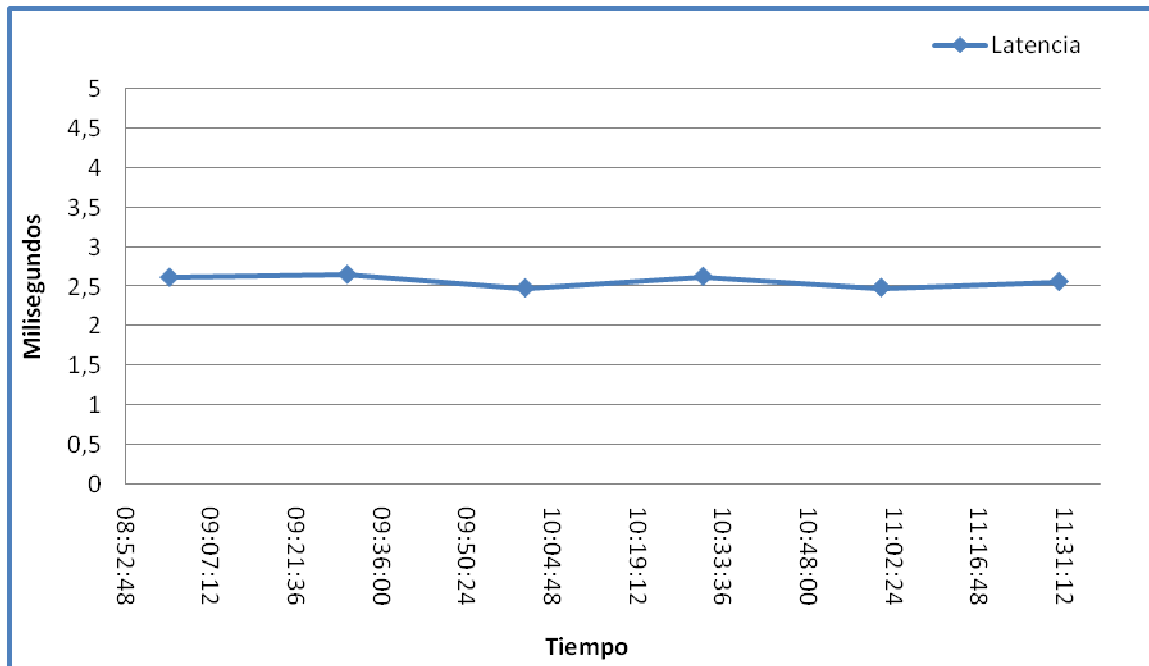


Figura 18 Latencia Experimento 9

Análisis

EL grafico muestra una latencia constante, lo que dibuja una línea casi horizontal a lo largo de la ejecución del experimento, esta estabilidad es favorable para la ejecución de aplicaciones en la red de datos.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	2.571
Desviación Estándar	0.074

Tabla 54 Latencia Experimento 9

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 9 – 2.

3.1.9.3 Tasa de Transmisión

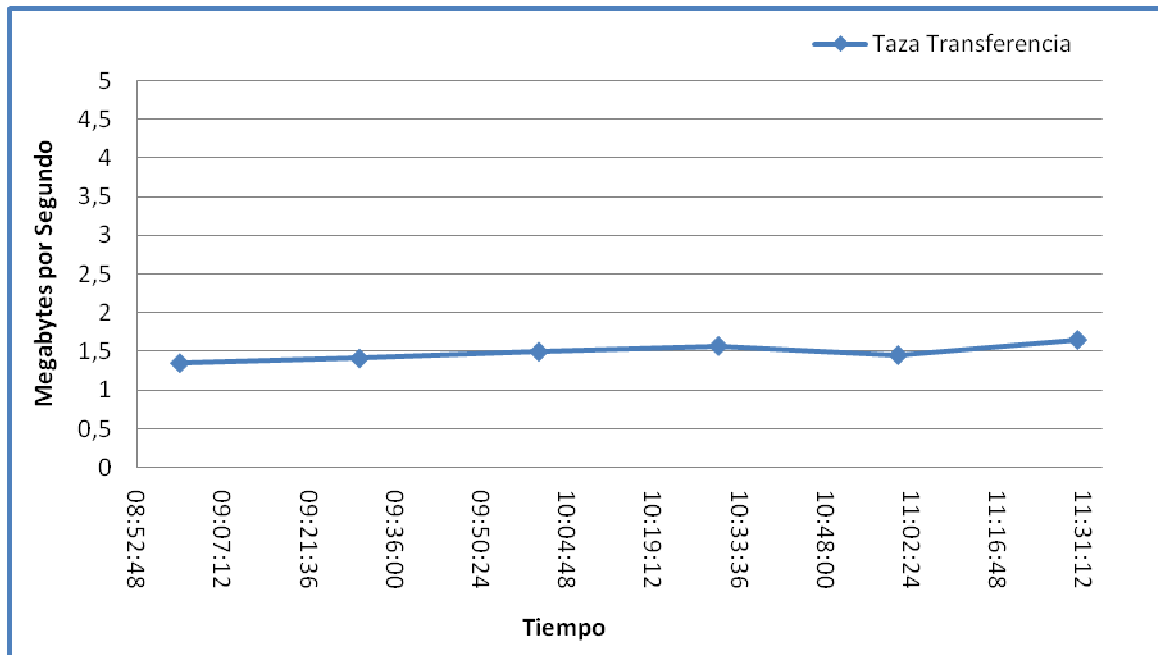


Figura 19 Tasa de Transferencia Experimento 9

Análisis

La tasa de transferencia graficada muestra una línea que se encuentra entre los 1.5 megabytes por segundo, y al tener una desviación estándar baja se trata de una tasa constante que favorece al uso de la red.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	1.487
Desviación Estándar	0.107

Tabla 55 Tasa de Transferencia Experimento 9

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 9 – 2.

3.1.9.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / Segundo	Bytes
Prueba 1	127.939	2333	18.235	1353786
Prueba 2	130.418	2281	17.49	1352146
Prueba 3	136.429	2337	17.13	1354270
Prueba 4	166.286	2343	14.09	1356938
Prueba 5	122.834	2299	18.716	1355966
Prueba 6	132.415	2258	17.052	1348244
Prueba 7	126.675	2322	18.33	1353216
Prueba 8	112.314	2262	20.14	1348280
Prueba 9	140.824	2327	16.524	1356046
Prueba 10	147.501	2311	15.668	1353886
Media Aritmética	134.363	2307	17.337	1353278

Tabla 56 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 9

El tiempo medio de transmisión fue de 134.363 segundos con una media aritmética de 2307 paquetes transmitidos.

3.1.10 EXPERIMENTO 10

El experimento 10 fue realizado a las 19:00:01 del 16/08/2008 hasta 22:00:01.

Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	4.96 km
Potencia	200 mw
Frecuencia	2.412 Ghz Canal 1
Red	No Enrutada

Tabla 57 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.10.1 Pérdida de Paquetes

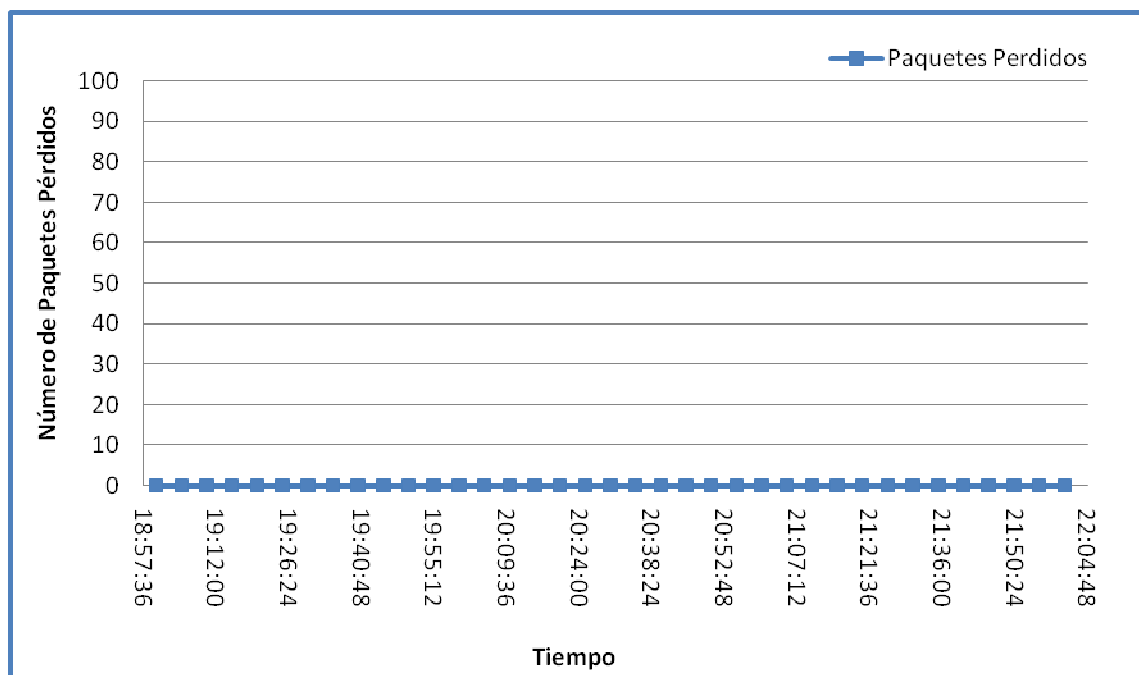


Gráfico 22 Pérdida de Paquetes Experimento 10

Análisis

El gráfico presentado en muestra un caso ideal al no tener pérdida de paquetes, la configuración utilizada para este caso es ideal para aplicaciones como ftp en al que la Pérdida de paquetes es un factor significativo para la aplicación.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	0
Desviación Estándar	0

Tabla 58 Pérdida de Paquetes Experimento 10

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 10 – 1.

3.1.10.2 Latencia

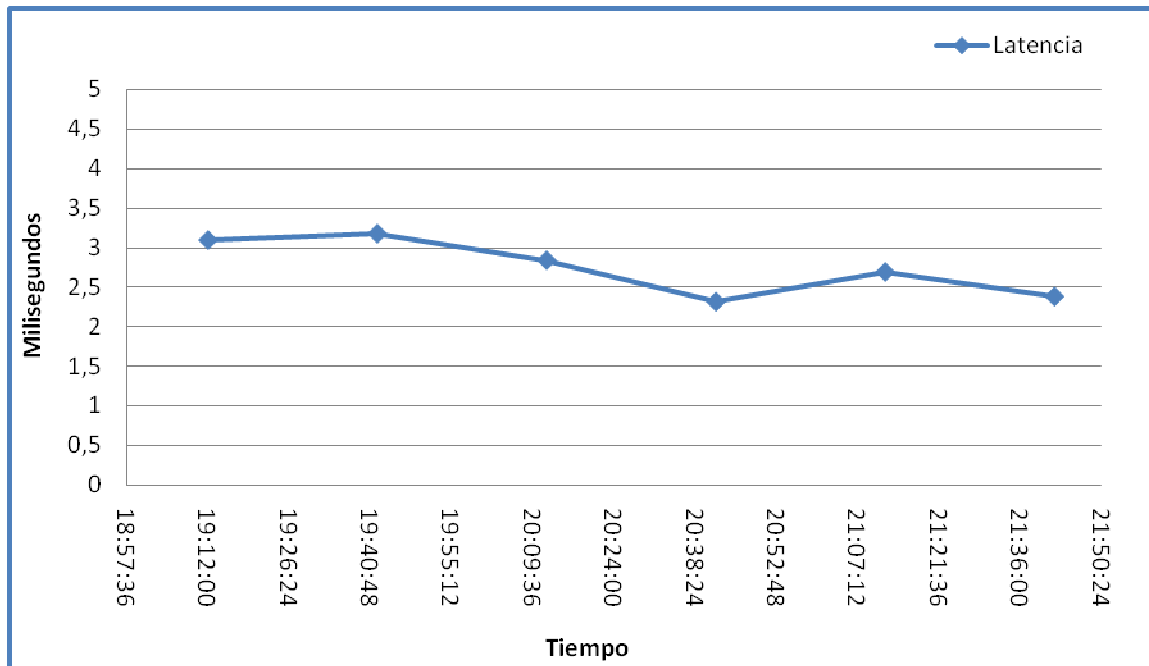


Figura 20 Latencia Experimento 10

Análisis

La latencia graficada con los resultados varía entre 3.5 y 2 milisegundos. El experimento tiene una latencia que varía durante las pruebas. Una latencia alta si se la compara con resultados anteriores.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	2.748
Desviación Estándar	0.352

Tabla 59 Latencia Experimento 10

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 10 – 2.

3.1.10.3 Tasa de Transmisión

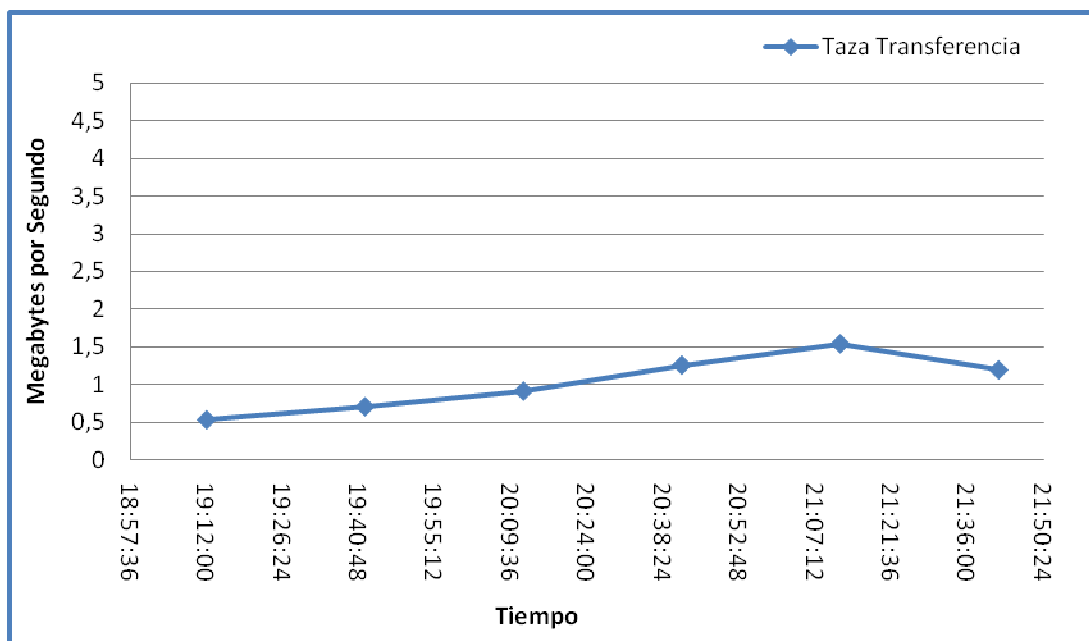


Figura 21 Tasa de Transferencia Experimento 10

Análisis

La gráfica muestra una tasa de transferencia que varía en el tiempo de la realización del experimento desde 0.5 a 1.5 megabytes por segundo. El experimento tiene una tasa de transferencia que incrementa su valor durante las pruebas. Velocidad que es buena si se compara con otras ofrecidas por proveedores de servicio de internet comerciales.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	1.027
Desviación Estándar	0.376

Tabla 60 Tasa de Transferencia Experimento 10

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 10 – 2.

3.1.10.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / Segundo	Bytes
Prueba 1	141.524	2098	14.824	1345360
Prueba 2	219.607	2303	10.487	1361466
Prueba 3	108.569	2206	20.319	1345668
Prueba 4	102.008	2160	21.175	1345028
Prueba 5	130.627	1093	8.367	646730
Prueba 6	100.566	2170	21.578	1344932
Prueba 7	142.371	988	6.94	612296
Prueba 8	100.566	2170	21.578	1344932
Prueba 9	126.284	2166	17.152	1342128
Prueba 10	89.398	2078	23.244	1334736
Media Aritmética	126.152	1943	16.566	1202328

Tabla 61 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 10

El tiempo medio de transmisión fue de 126.152 segundos con una media aritmética de 1943 paquetes transmitidos.

3.1.11 EXPERIMENTO 11

El experimento 11 fue realizado a las 10:50:01 del 9/11/2008 hasta 13:50:01. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	4.96 km
Potencia	200 mw
Frecuencia	2.442 Ghz Canal 7
Red	No Enrutada

Tabla 62 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.11.1 Pérdida de Paquetes

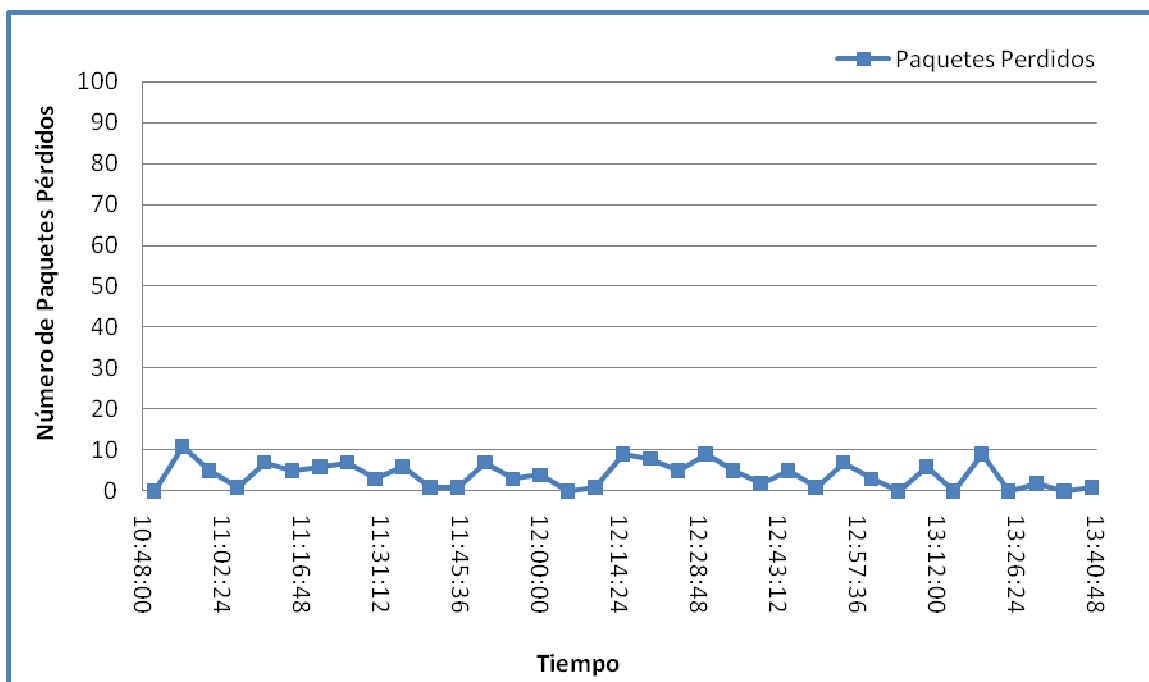


Gráfico 23 Pérdida de Paquetes Experimento 11

Análisis

Las pérdidas de paquetes graficadas muestra que están por debajo de los 10 paquetes perdidos El experimento tiene una media de paquetes perdidos baja, este bajo valor favorece a la ejecución de aplicaciones sobre la red de datos.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	3.783
Desviación Estándar	3.267

Tabla 63 Pérdida de Paquetes Experimento 11

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 11 – 1.

3.1.11.2 Latencia

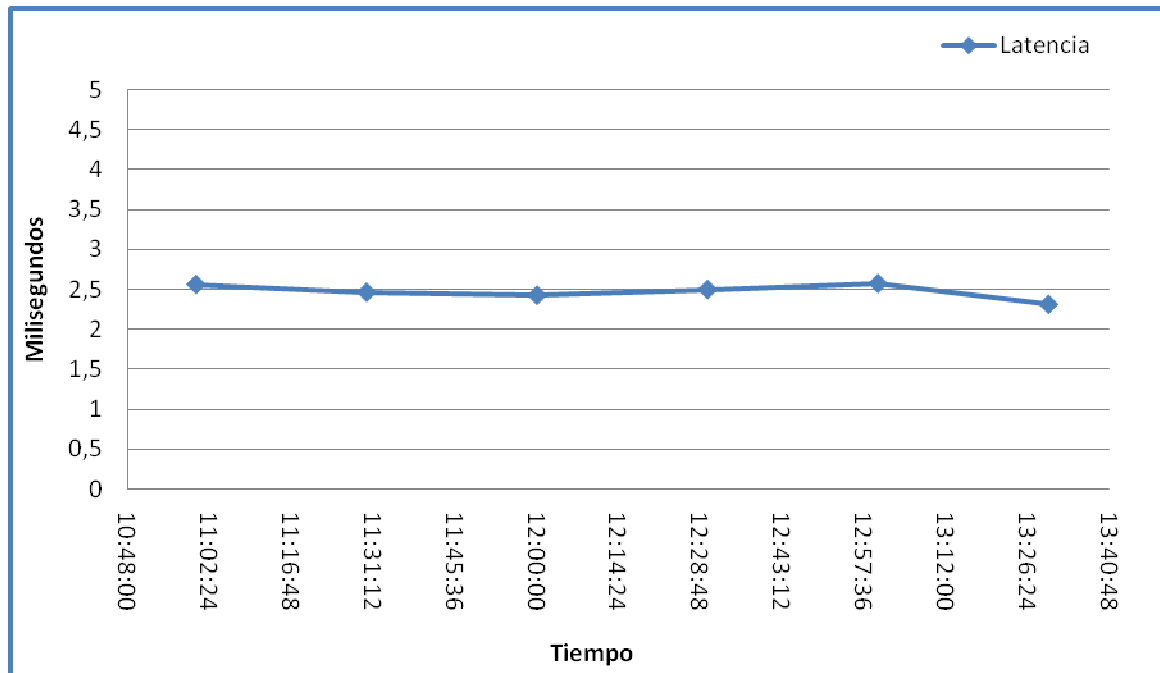


Figura 22 Latencia Experimento 11

Análisis

El gráfico de los resultados presenta una línea de latencia en 2.5 milisegundos, esto junto con la baja desviación estándar muestra una latencia constante al momento de ejecutar este experimento, esta estabilidad ayuda a la ejecución de todo programa en la red de datos.

Estadístico Muestral	Valor
Media Aritmética	2.469
Desviación Estándar	0.096

Tabla 64 Latencia Experimento 11

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 11 – 2.

3.1.11.3 Tasa de Transmisión

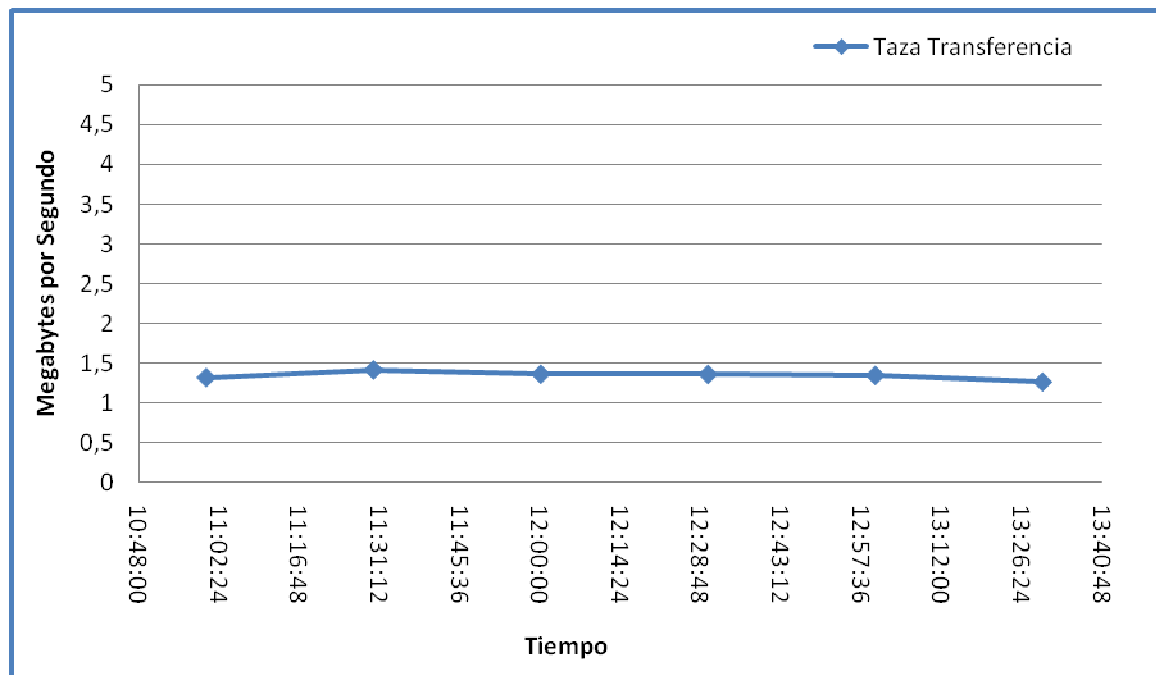


Figura 23 Tasa de Transferencia Experimento 11

Análisis

La tasa de transferencia en este gráfico es de 1.348 megabyte por segundo promedio durante las pruebas. Con una tasa de transmisión alta y constante se puede pensar en usar al red para envío de audio y video.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	1.348
Desviación Estándar	0.050

Tabla 65 Tasa de Transferencia Experimento 11

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 11 – 2.

3.1.11.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / Segundo	Bytes
Prueba 1	101.485	2173	21.412	1343210
Prueba 2	95.039	2102	22.117	1337680
Prueba 3	99.197	2099	21.16	1338878
Prueba 4	95.302	2094	21.972	1337312
Prueba 5	102.848	2121	20.623	1338382
Prueba 6	99.968	2139	21.397	1345974
Prueba 7	103.838	2172	20.917	1351712
Prueba 8	97.79	2121	21.689	1339170
Prueba 9	104.817	2176	20.76	1343432
Prueba 10	107.518	2204	20.499	1343980
Media Aritmética	100.780	2140	21.254	1341973

Tabla 66 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 11

El tiempo medio de transmisión fue de 100.78 segundos con una media aritmética de 2140 paquetes transmitidos.

3.1.12 EXPERIMENTO 12

El experimento 12 fue realizado a las 14:20:02 del 12/11/2008 hasta 17:20:02.

Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	4.96 km
Potencia	200 mw
Frecuencia	2.462 Ghz Canal 11
Red	No Enrutada

Tabla 67 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.12.1 Pérdida de Paquetes

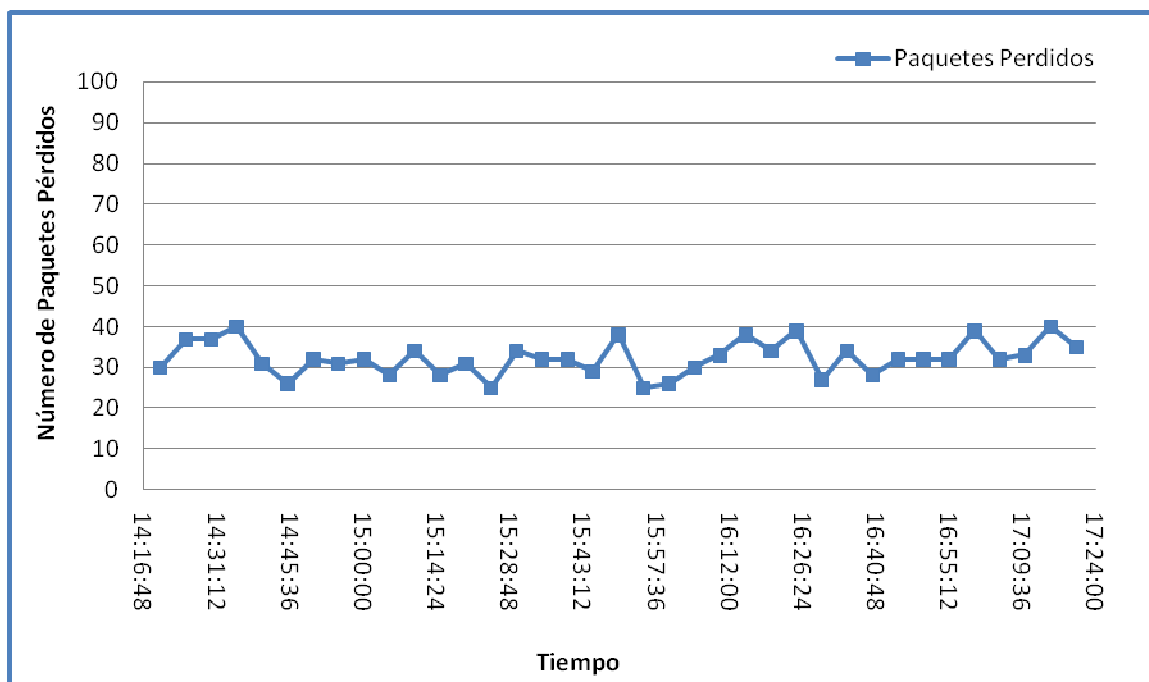


Gráfico 24 Pérdida de Paquetes Experimento 12

Análisis

La gráfica muestra una pérdida de paquetes alta, en comparación con los resultados obtenidos en experimentos anteriores, al ser la pérdida tan alta no se recomienda la configuración utilizada en este experimento para la utilización del SIE en forma práctica.

Estadístico Muestral	Valor
Media Aritmética	32.324
Desviación Estándar	4.196

Tabla 68 Pérdida de Paquetes Experimento 12

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 12 – 1.

3.1.12.2 Latencia

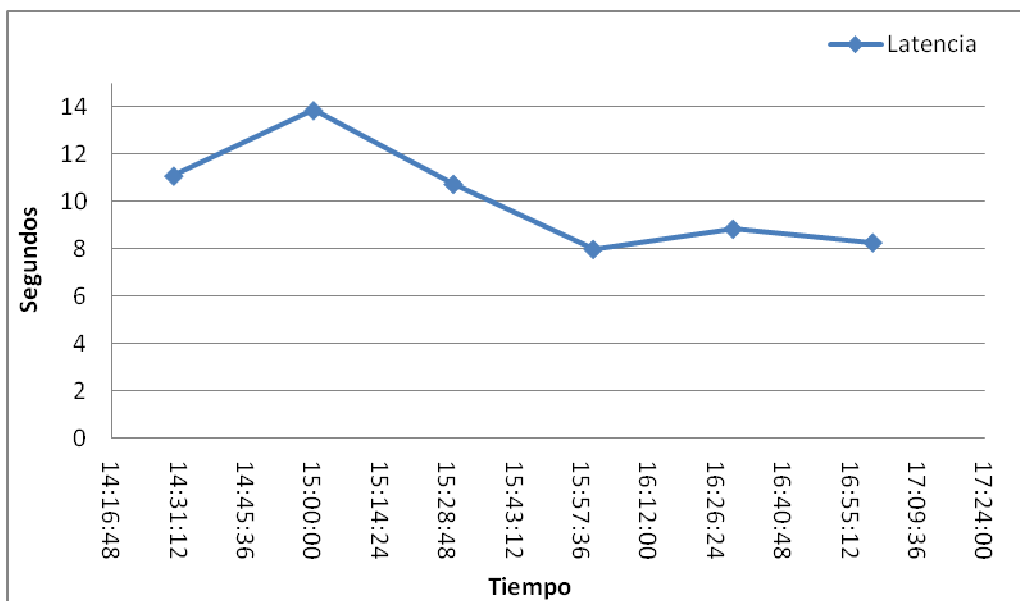


Figura 24 Latencia Experimento 12

Análisis

La latencia graficada varía entre un rango de 15 milisegundo y 7 milisegundos, la gráfica presenta una gran variación de los datos desde el principio hasta el fin de la prueba.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	10.123
Desviación Estándar	2.242

Tabla 69 Latencia Experimento 12

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 12 – 2.

3.1.12.3 Tasa de Transmisión

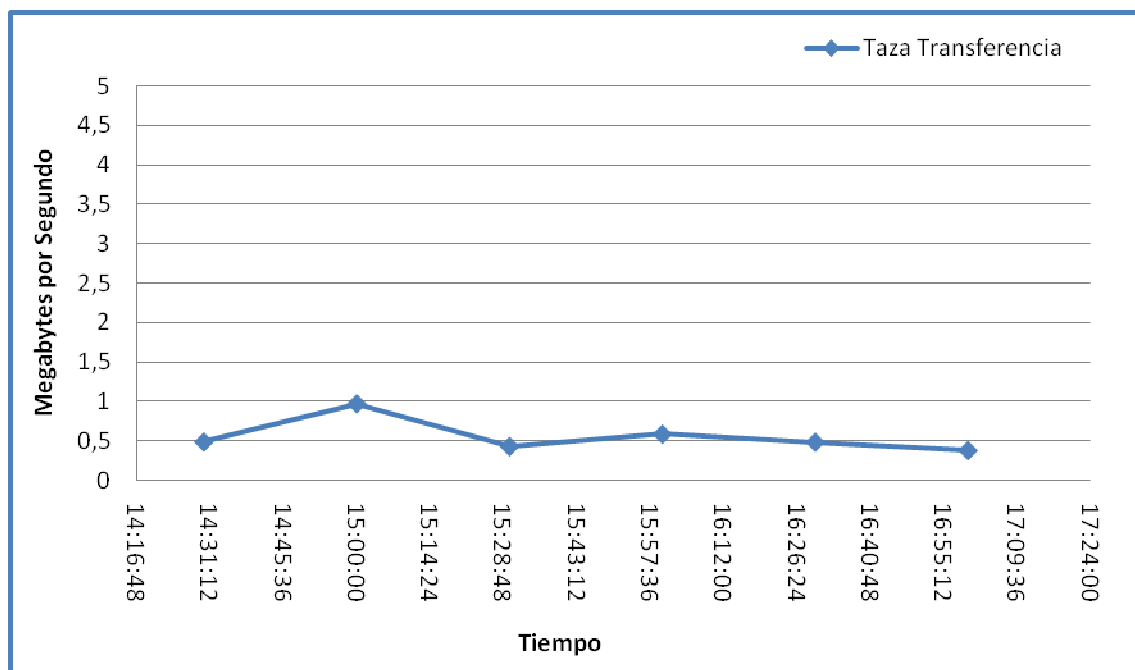


Figura 25 Tasa de Transmisión Experimento 12

Análisis

Los resultados obtenidos en este experimento indican una media aritmética en la tasa de transferencia estable pero baja a lo largo de la prueba, la desviación estándar es de 0.2 megabytes por segundo lo que indica una tasa estable.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	0.556
Desviación Estándar	0.215

Tabla 70 Tasa de Transmisión Experimento 12

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 12 – 2.

3.1.12.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes /	Bytes
			Segundo	
Prueba 1	110.193	2247	20.392	1346722
Prueba 2	112.471	2249	19.996	1347274
Prueba 3	120.446	2221	18.44	1345810
Prueba 4	101.965	2162	21.203	1341076
Prueba 5	106.554	2211	20.75	1347582
Prueba 6	118.726	2209	18.606	1344714
Prueba 7	111.653	2255	20.197	1348050
Prueba 8	102.393	2122	20.724	1337724
Prueba 9	107.937	2207	20.447	1344678
Prueba 10	107.171	2220	20.715	1345800
Media Aritmética	109.950	2210	20.147	1344943

Tabla 71 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 12

El tiempo medio de transmisión fue de 109.95 segundos con una media aritmética de 2210 paquetes transmitidos.

3.1.13 EXPERIMENTO 13

El experimento 13 fue realizado a las 15:00:02 del 13/11/2008 hasta 18:00:02 del 13/11/2008. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	2.5 km
Potencia	120 mw
Frecuencia	2.412 Ghz Canal 1
Red	Enrutada

Tabla 72 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.13.1 Pérdida de Paquetes

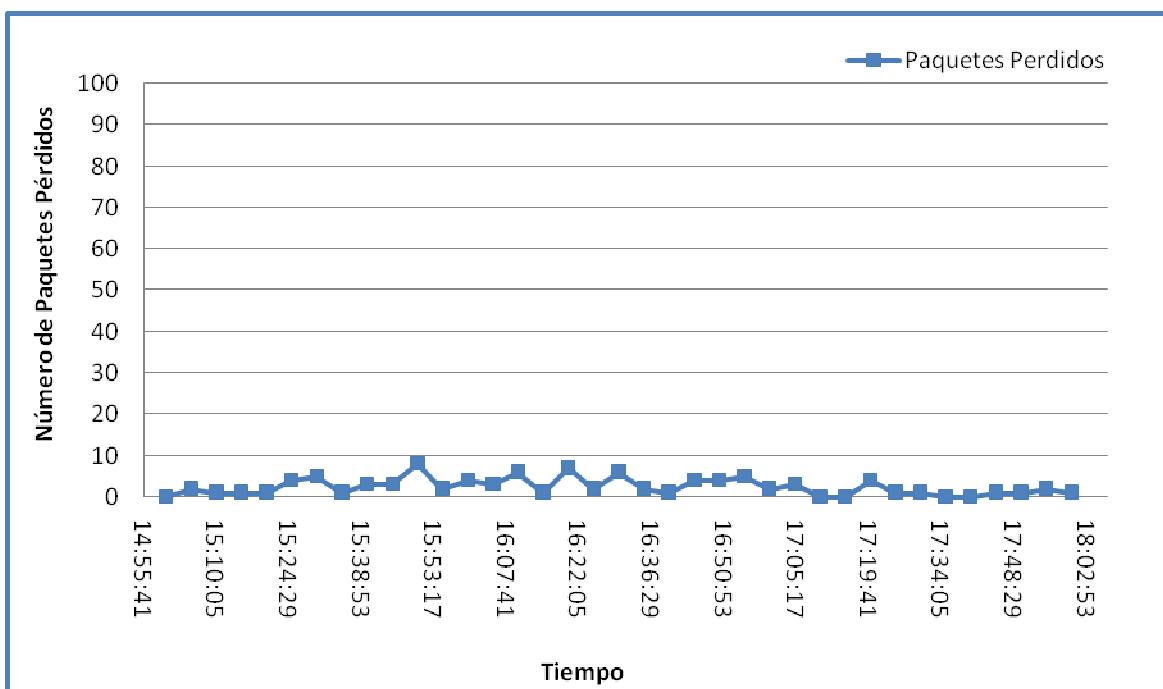


Gráfico 25 Pérdida de Paquetes Experimento 13

Análisis

Graficando los paquetes perdidos se aprecia una baja pérdida de paquetes a lo largo de la prueba, lo que nos dice que la configuración usada en este experimento es favorable.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	2.486
Desviación Estándar	2.089

Tabla 73 Pérdida de Paquetes Experimento 13

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 13 – 1.

3.1.13.2 Latencia

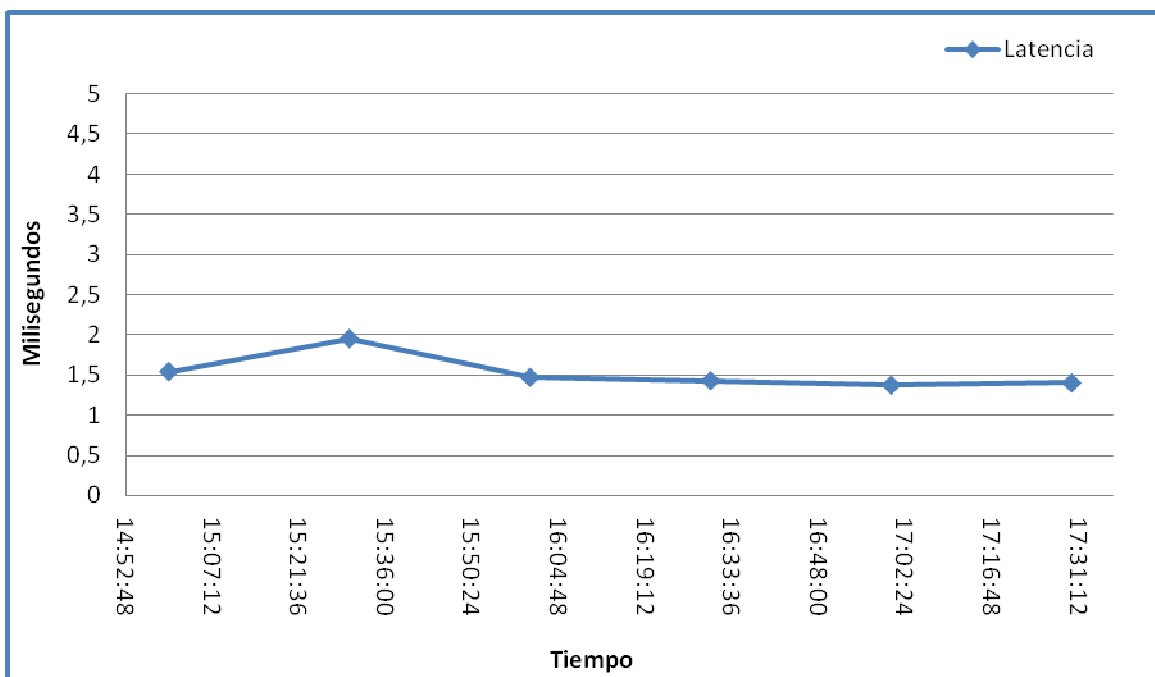


Figura 26 Latencia Experimento 13

Análisis

El gráfico presenta una latencia con una media aritmética que tiene a estabilizarse durante las pruebas y junto con una desviación estándar baja podemos decir que es una latencia constante.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	1.526
Desviación Estándar	0.216

Tabla 74 Latencia Experimento 13

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 13 – 2.

3.1.13.3 Tasa de Transmisión

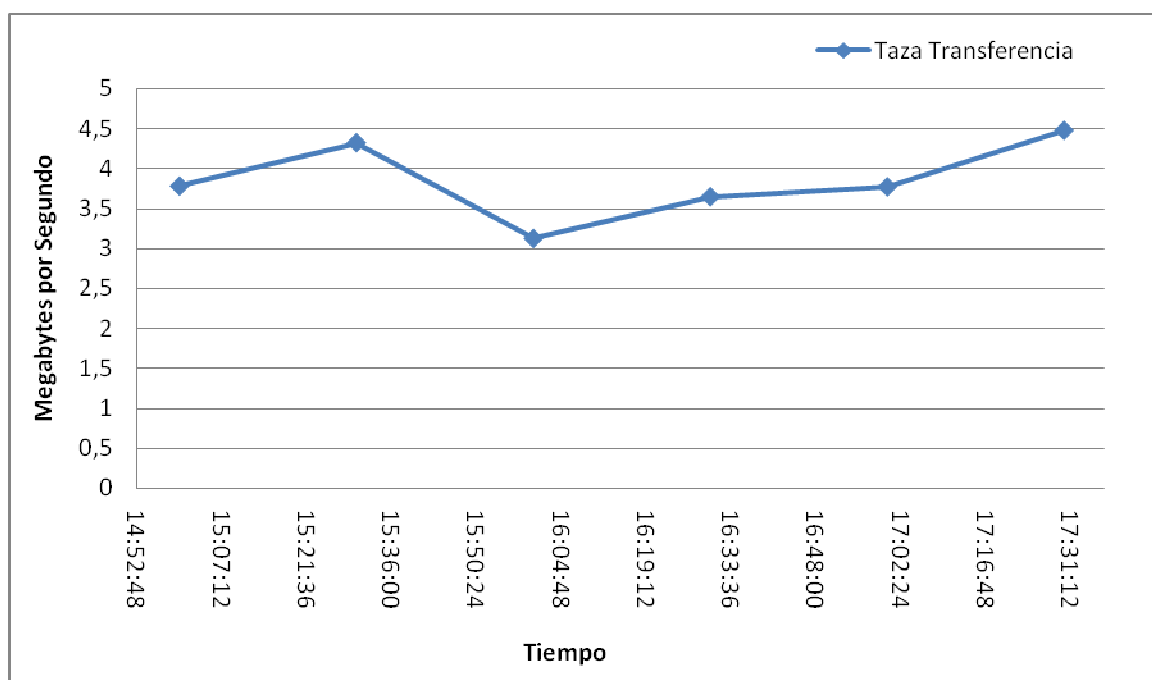


Figura 27 Tasa de Transferencia Experimento 13

Análisis

La de transferencia fluctúa en un rango ente 4.5 y 3 megabytes por segundo, a pesar de variar la tasa de transferencia la velocidad obtenida es alta en comparación con resultados de experimentos anteriores.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	3.86
Desviación Estándar	0.488

Tabla 75 Tasa de Transferencia Experimento 13

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 13 – 2.

3.1.13.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / Segundo	Bytes
Prueba 1	49.41	2062	41.732	1336128
Prueba 2	30.516	1981	64.916	1329254
Prueba 3	23.033	1972	85.617	1328288
Prueba 4	38.532	2960	76.82	1448604
Prueba 5	21.926	1963	89.527	1327666
Prueba 6	45.287	2003	44.229	1330218
Prueba 7	29.188	1977	70.135	1329202
Prueba 8	26.017	1961	75.375	1327482
Prueba 9	24.705	1987	80.428	1329626
Prueba 10	23.867	1977	82.835	1329090
Media Aritmética	31.248	2084	71.161	1341556

Tabla 76 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 13

El tiempo medio de transmisión fue de 31.248 segundos con una media aritmética de 2084 paquetes transmitidos.

3.1.14 EXPERIMENTO 14

El experimento fue realizado a las 21:00:02 del 15/11/2008 hasta 0:00:02 del 16/11/2008. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	2.5 km
Potencia	120 mw
Frecuencia	2.442 Ghz Canal 7
Red	Enrutada

Tabla 77 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.14.1 Pérdida de Paquetes

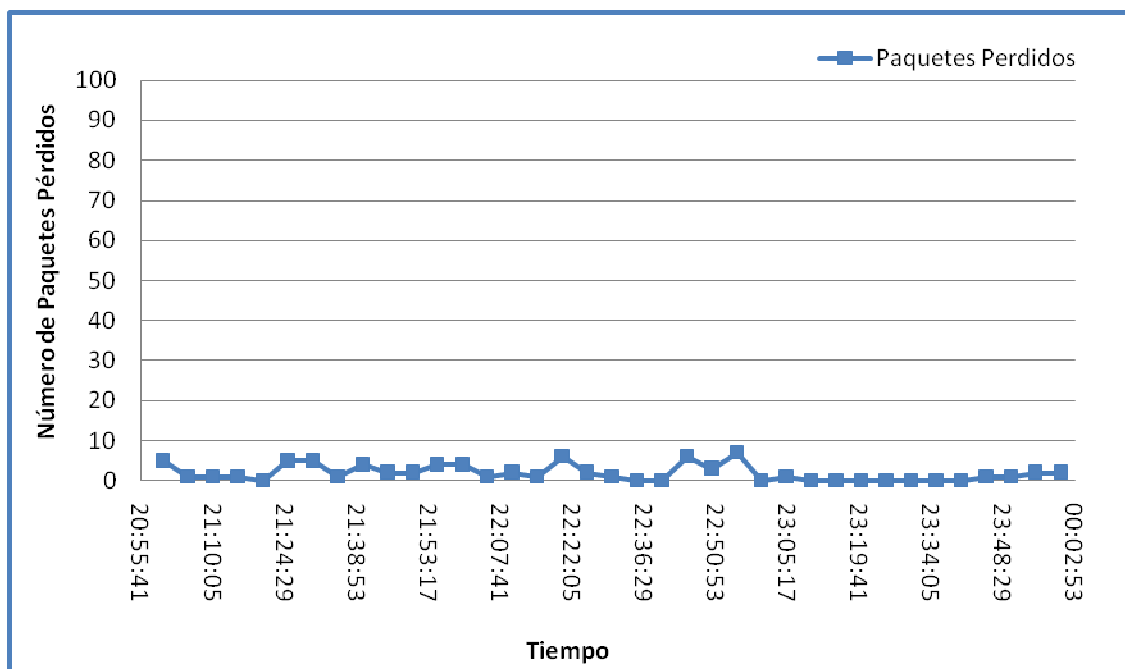


Gráfico 26 Pérdida de Paquetes Experimento 14

Análisis

En este experimento el gráfico realizado tienen una media aritmética baja de paquetes perdidos, la configuración utilizada en este experimento favorece a las aplicaciones por lotes que se ejecuten en la red de datos.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	1.918
Desviación Estándar	2.046

Tabla 78 Pérdida de Paquetes Experimento 14

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 14 – 1.

3.1.14.2 Latencia

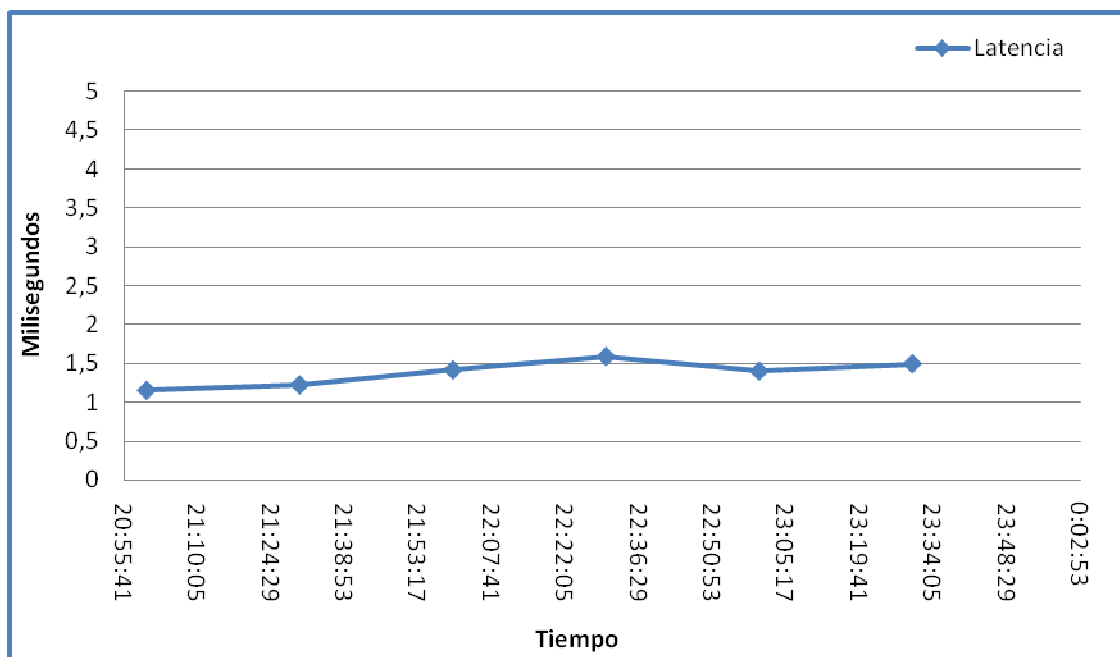


Figura 28 Latencia Experimento 14

Análisis

El gráfico muestra que este experimento tiene una latencia promedio que incrementa su valor durante las pruebas, tienen una variación leve en la prueba con lo que puede decirse que la latencia se estabiliza al final.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	1.376
Desviación Estándar	0.164

Tabla 79 Latencia Experimento 14

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 14 – 2.

3.1.14.3 Tasa de Transmisión

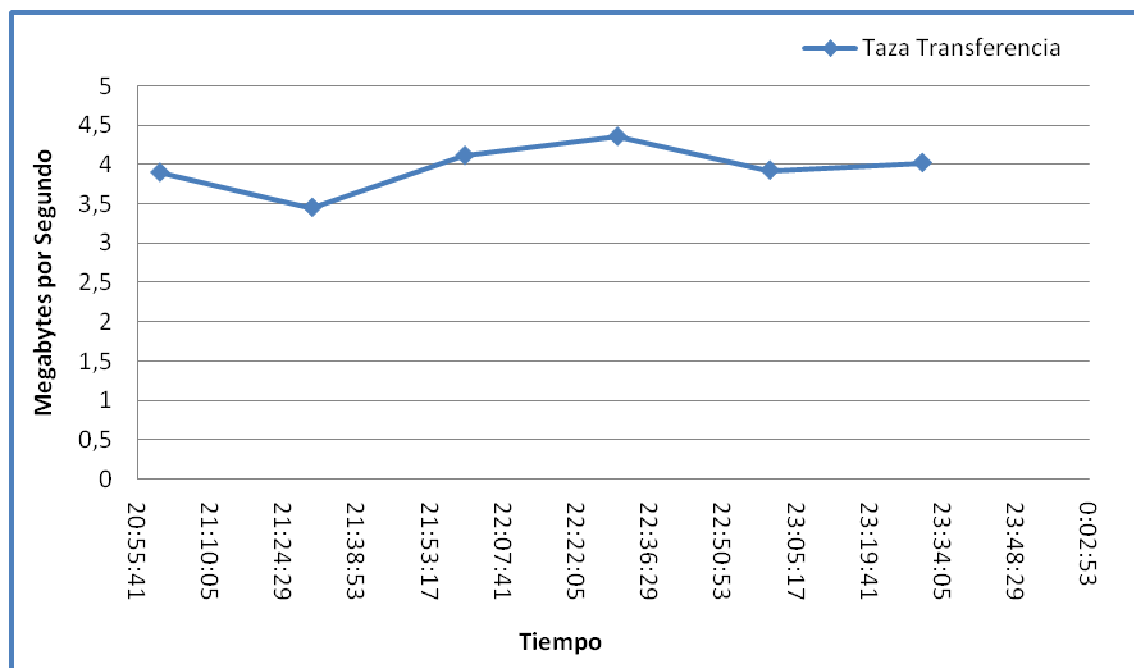


Figura 29 Tasa de Transmisión Experimento 14

Análisis

Los resultados graficados muestran una tasa de transferencia alta, con una media aunque variable en el transcurso de la prueba, la configuración utilizada en este experimento es favorable para aplicaciones de tiempo real o transmisión de audio y video.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	3.962
Desviación Estándar	0.299

Tabla 80 Tasa de Transmisión Experimento 14

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 14 – 2.

3.1.14.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo	Paquetes	Promedio	Bytes
	Transmisión (segundos)		Paquetes / Segundo	
Prueba 1	29.011	1954	67.354	1327444
Prueba 2	23.521	1953	83.034	1327098
Prueba 3	24.644	1936	78.56	1325908
Prueba 4	23.977	1956	81.577	1327236
Prueba 5	27.67	1990	71.919	1329776
Prueba 6	30.01	1953	65.78	1327070
Prueba 7	24.287	1955	80.497	1327210
Prueba 8	23.997	1986	82.761	1329712
Prueba 9	28.571	1959	68.565	1327546
Prueba 10	25.872	1949	75.331	1326658
Media Aritmética	26.156	1959	75.537	1327566

Tabla 81 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 14

El tiempo medio de transmisión fue de 26.156 segundos con una media aritmética de 1959 paquetes transmitidos.

3.1.15 EXPERIMENTO 15

El experimento fue realizado a las 19:00:02 del 17/11/2008 hasta 22:00:02 del 19/11/2008. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	2.5 km
Potencia	120 mw
Frecuencia	2.462 Ghz Canal 11
Red	Enrutada

Tabla 82 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.15.1 Pérdida de Paquetes

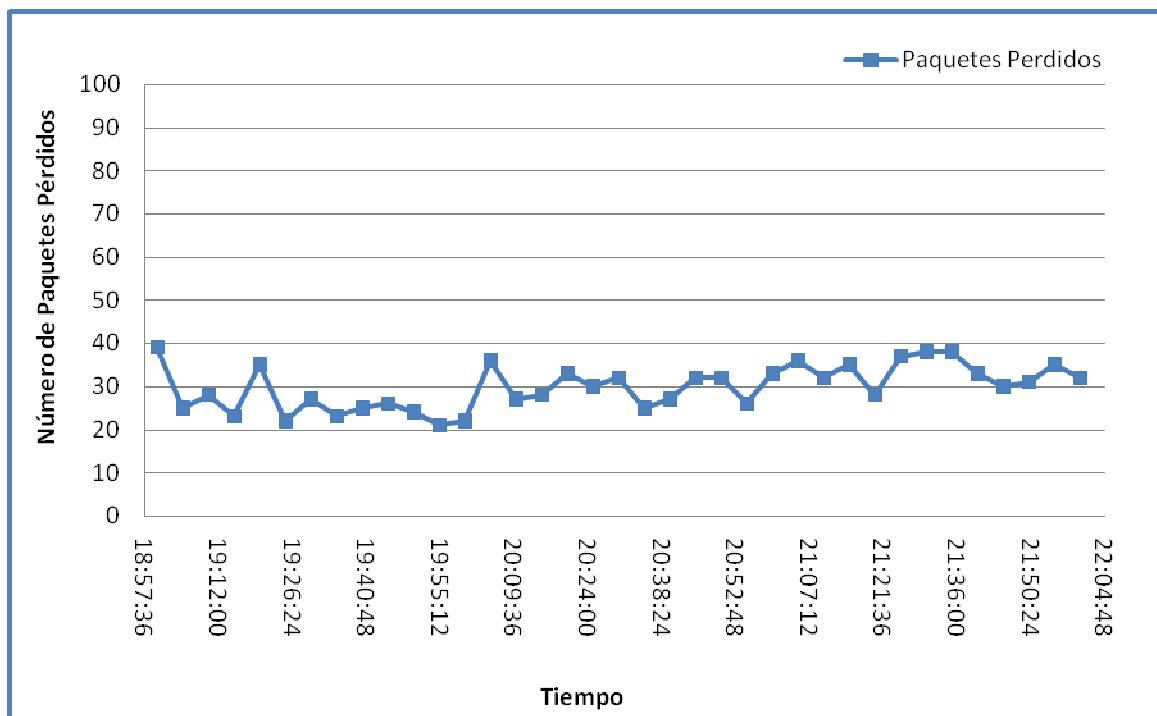


Gráfico 27 Pérdida de Paquetes Experimento 15

Análisis

La pérdida de paquetes graficada con los resultados de este experimento es alta si se compara con resultados obtenidos. La configuración utilizada en este experimento no es recomendable para una utilización práctica del SIE

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	29.891
Desviación Estándar	5.114

Tabla 83 Pérdida de Paquetes Experimento 15

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 15 – 1.

3.1.15.2 Latencia

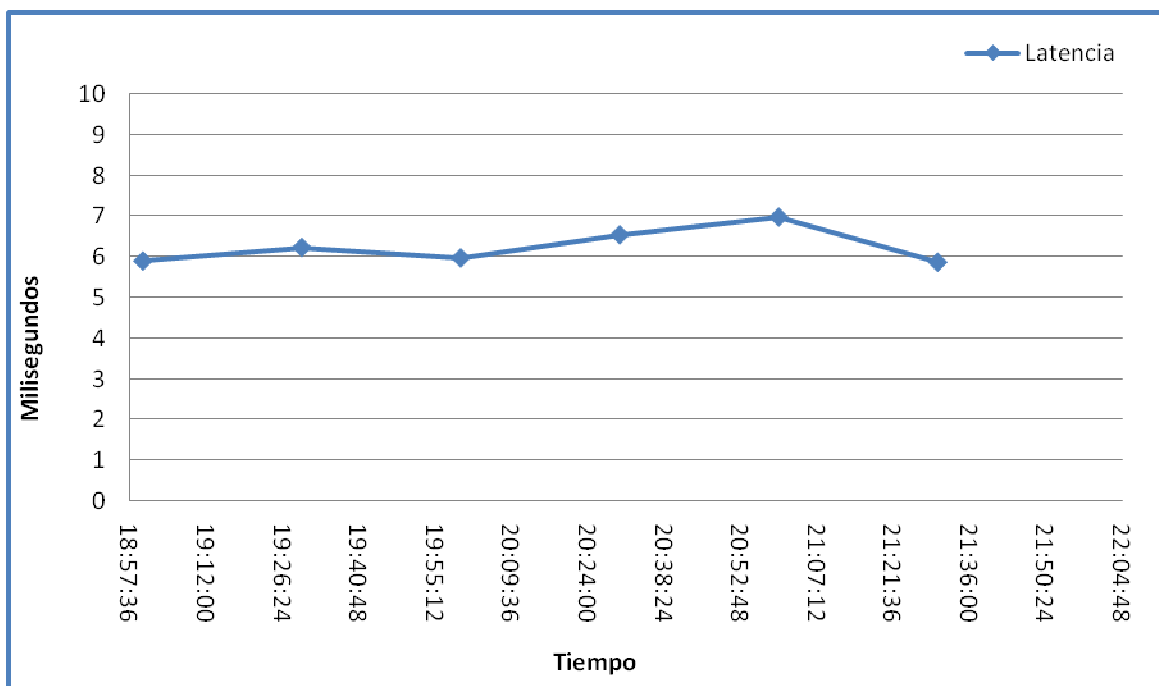


Figura 30 Latencia Experimento 15

Análisis

La latencia obtenida en este experimento es alta si se compara con resultados obtenidos, a pesar de eso es relativamente estable durante la ejecución de la prueba.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	6.244
Desviación Estándar	0.436

Tabla 84 Latencia Experimento 15

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 15 – 2.

3.1.15.3 Tasa de Transmisión

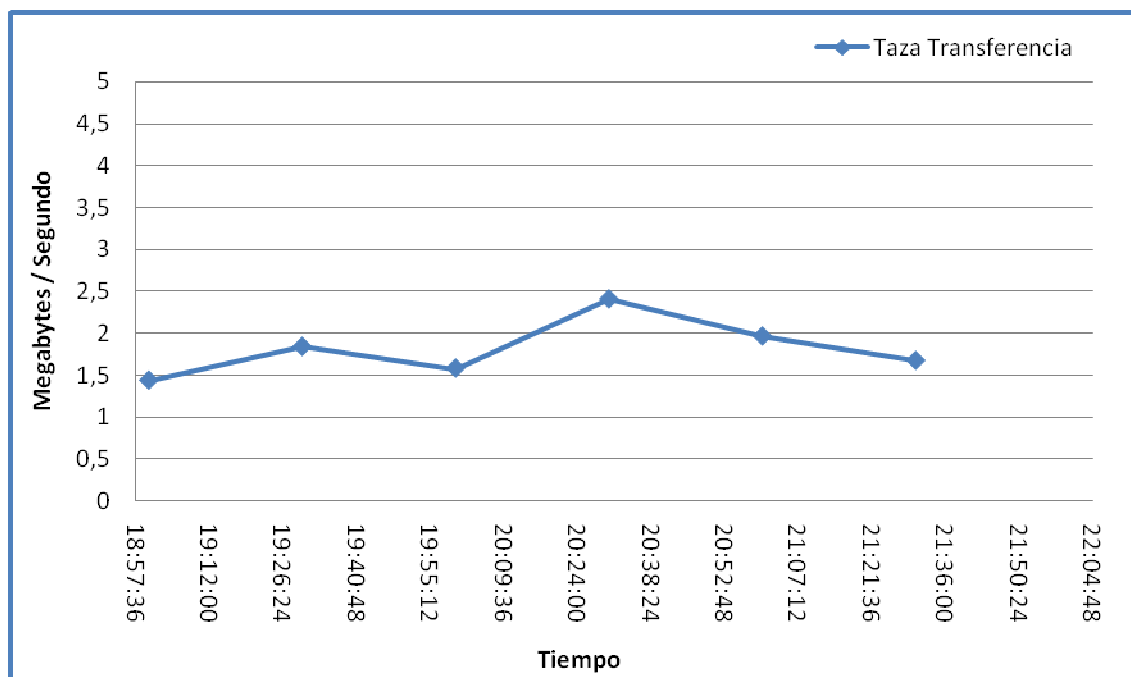


Figura 31 Tasa de Transmisión Experimento 15

Análisis

La tasa de transferencia en este experimento varía entre el rango de 2.5 y 1.5 megabytes por segundo, la media aritmética al variar durante la prueba dificulta predecir el comportamiento de ciertas aplicaciones sobre el SIE con la configuración usada en este caso.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	1.816
Desviación Estándar	0.344

Tabla 85 Tasa de Transmisión Experimento 15

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 15 – 2.

3.1.15.3.1 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes /	Bytes
			Segundo	
Prueba 1	169.332	2434	14.374	1370172
Prueba 2	119.019	2339	19.652	1355690
Prueba 3	97.648	2250	23.042	1350360
Prueba 4	126.975	2334	18.382	1357608
Prueba 5	83.986	2202	26.219	1346256
Prueba 6	117.328	2333	19.884	1357346
Prueba 7	117.92	2303	19.53	135423
Prueba 8	115.462	2277	19.721	1350154
Prueba 9	102.134	2299	22.51	1353366
Prueba 10	122.172	2329	19.063	1353370
Media Aritmética	117.197	2310	20.237	1232975

Tabla 86 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 15

El tiempo medio de transmisión fue de 117.197 segundos con una media aritmética de 2310 paquetes transmitidos.

3.1.16 EXPERIMENTO 16

El experimento fue realizado a las 1:00:02 del 19/11/2008 hasta 4:00:02 del 19/11/2008. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	2.5 km
Potencia	200 mw
Frecuencia	2.412 Ghz Canal 1
Red	Enrutada

Tabla 87 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.16.1 Pérdida de Paquetes

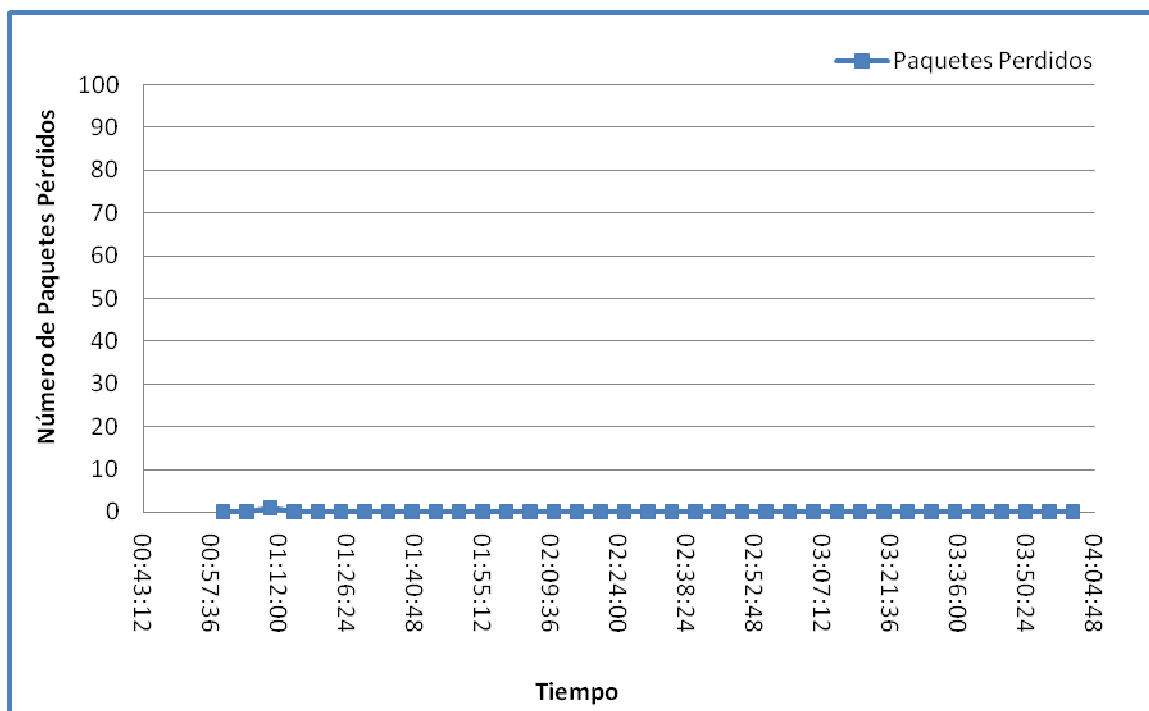


Gráfico 28 Pérdida de Paquetes Experimento 16

Análisis

El gráfico muestra que la pérdida de paquetes en este experimento casi alcanza el valor ideal de cero paquetes perdidos, ideal para la transmisión de archivos o procesos por lotes.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	0.027
Desviación Estándar	0.164

Tabla 88 Pérdida de Paquetes Experimento 16

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 16 – 1.

3.1.16.2 Latencia

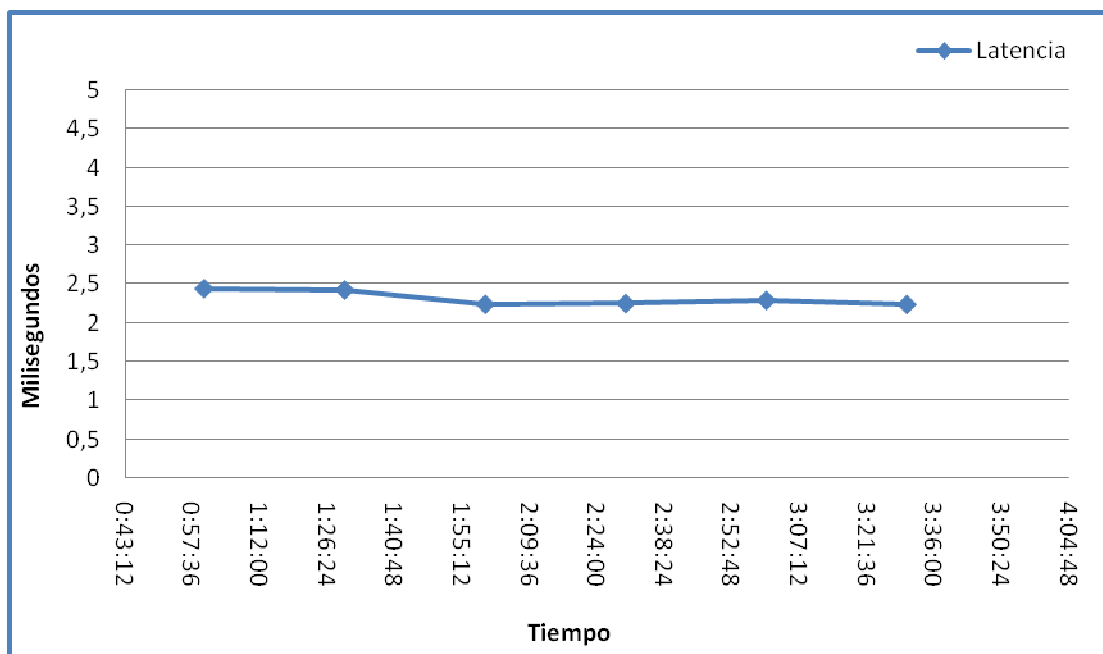


Figura 32 Latencia Experimento 16

Análisis

El gráfico nos muestra una latencia estable, esto junto con una desviación estándar baja, brinda buenas condiciones para la ejecución de aplicaciones.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	2.313
Desviación Estándar	0.093

Tabla 89 Latencia Experimento 16

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 16 – 2.

3.1.16.3 Tasa de Transmisión

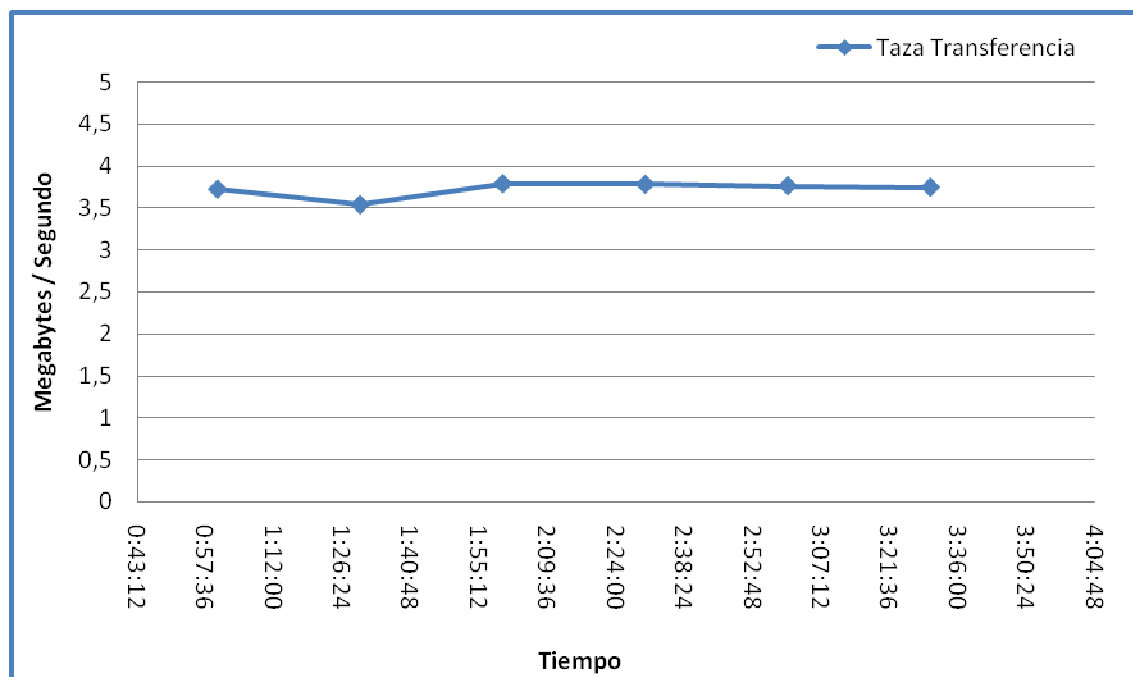


Figura 33 Tasa de Transmisión Experimento 16

Análisis

El gráfico nos muestra una tasa de transferencia entre 4 y 3.5 megabytes por segundo, esto junto con una desviación estándar baja, da una tasa de transferencia constante a lo largo del experimento.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	3.723
Desviación Estándar	0.094

Tabla 90 Tasa de Transmisión Experimento 16

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 16 – 2.

3.1.16.4 Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión		Promedio Paquetes /	
	(segundos)	Paquetes	Segundo	Bytes
Prueba 1	29.094	1986	68.262	1329304
Prueba 2	21.859	1927	88.154	1325114
Prueba 3	22.693	1948	85.842	1326748
Prueba 4	26.028	1941	74.575	1326182
Prueba 5	21.494	1944	90.442	1326168
Prueba 6	22.534	1939	86.048	1326006
Prueba 7	24.663	1948	78.983	1326776
Prueba 8	25.291	1956	77.34	1327280
Prueba 9	24.554	1953	79.539	1326982
Prueba 10	25.565	1957	76.551	1327370
Media Aritmética	24.377	1950	80.573	1326793

Tabla 91 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 16

El tiempo medio de transmisión fue de 24.37 segundos con una media aritmética de 1950 paquetes transmitidos.

3.1.17 EXPERIMENTO 17

El experimento fue realizado a las 19:00:02 del 21/11/2008 hasta 22:00:02 del 21/11/2008. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes		
Distancia	2.5 km	
Potencia	200 mw	
Frecuencia	2.442 Ghz	Canal 7
Red	Enrutada	

Tabla 92 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.17.1 Pérdida de Paquetes

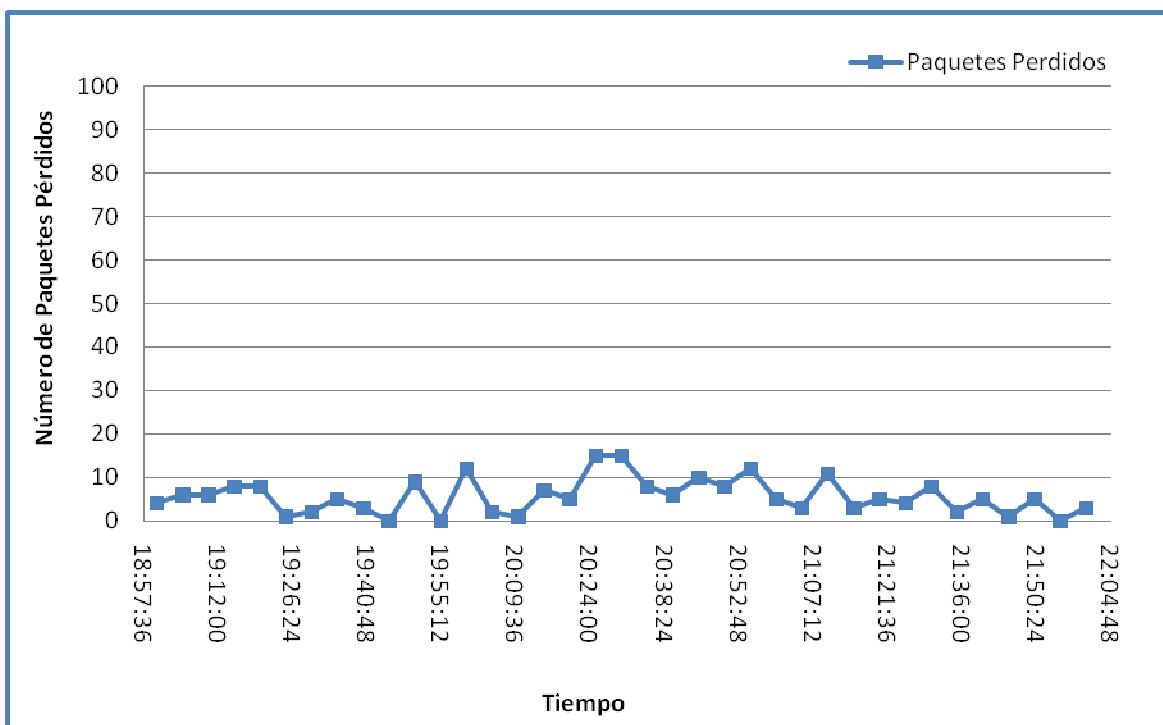


Gráfico 29 Pérdida de Paquetes Experimento 17

Análisis

El gráfico muestra el resultado del número de paquetes perdidos se encuentra en un rango de 0 a 20 paquetes, por el gráfico es apreciable que existe una dispersión significativa en los resultados.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	5.621
Desviación Estándar	4.016

Tabla 93 Pérdida de Paquetes Experimento 17

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 17 – 1.

3.1.17.2 Latencia

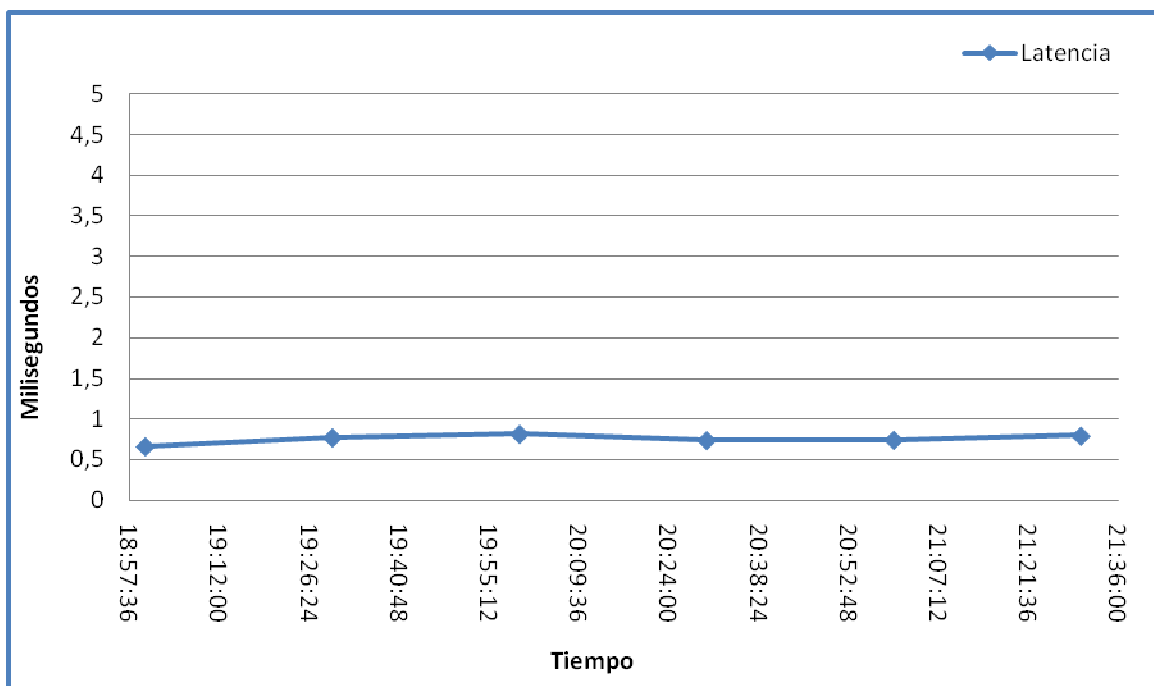


Figura 34 Latencia Experimento 17

Análisis

El gráfico de la latencia muestra una línea casi horizontal, entre 1 y 0.5 milisegundos, la media aritmética de este experimento es baja comparada con resultados anteriores.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	0.752
Desviación Estándar	0.053

Tabla 94 Latencia Experimento 17

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 17 – 2.

3.1.17.3 Tasa de Transmisión

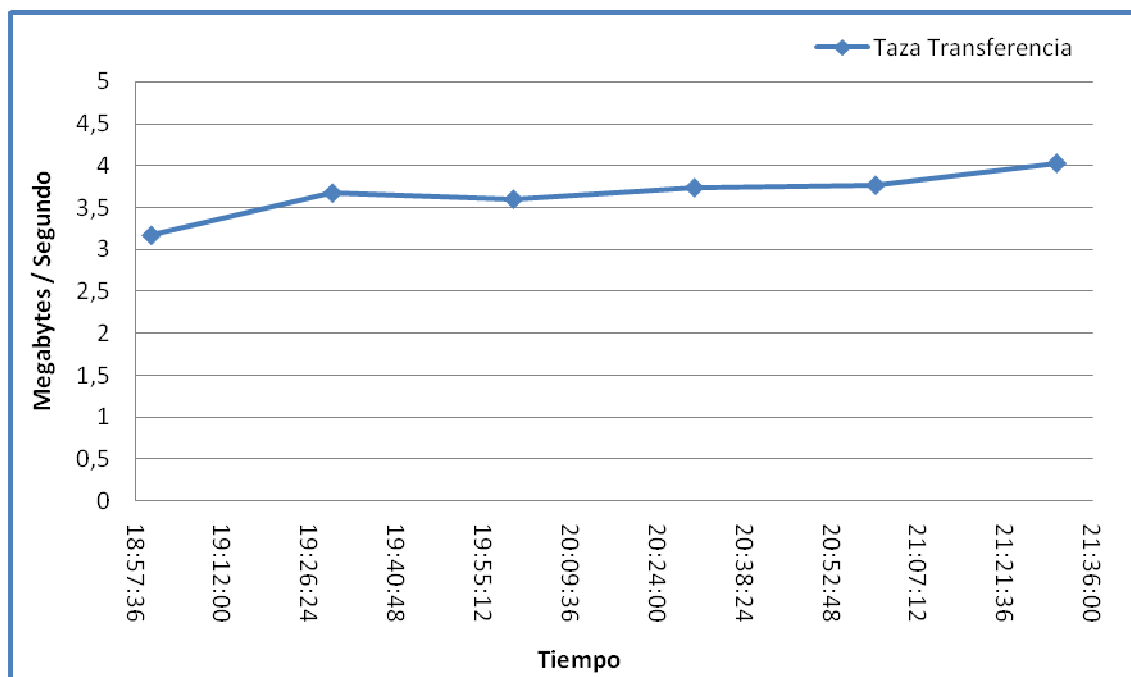


Figura 35 Tasa de Transmisión Experimento 17

Análisis

La línea en el gráfico muestra una tasa de transferencia estable y alta si se compara con resultados ya antes expuestos, entre 4 y 3.5 megabytes por segundo.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	3.662
Desviación Estándar	0.280

Tabla 95 Tasa de Transmisión Experimento 17

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 17 – 2.

3.1.17.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes / Segundo	Bytes
Prueba 1	24.611	1927	78.297	1325226
Prueba 2	22.051	1938	87.887	1326176
Prueba 3	22.053	1930	87.517	1325676
Prueba 4	22.547	1955	86.708	1327106
Prueba 5	23.042	1943	84.324	1326342
Prueba 6	26.694	1949	73.014	1326902
Prueba 7	22.453	1949	86.804	1326754
Prueba 8	26.105	1945	74.507	1327242
Prueba 9	22.284	1926	86.431	1325184
Prueba 10	23.082	1924	83.356	1324928
Media Aritmética	23.492	1939	82.884	1326154

Tabla 96 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 17

El tiempo medio de transmisión fue de 23.49 segundos con una media aritmética de 1939 paquetes transmitidos.

3.1.18 EXPERIMENTO 18

El experimento fue realizado a las 14:30:02 del 23/11/2008 hasta 17:30:02 del 23/11/2008. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	2.5 km
Potencia	200 mw
Frecuencia	2.462 Ghz Canal 11
Red	Enrutada

Tabla 97 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.18.1 Pérdida de Paquetes

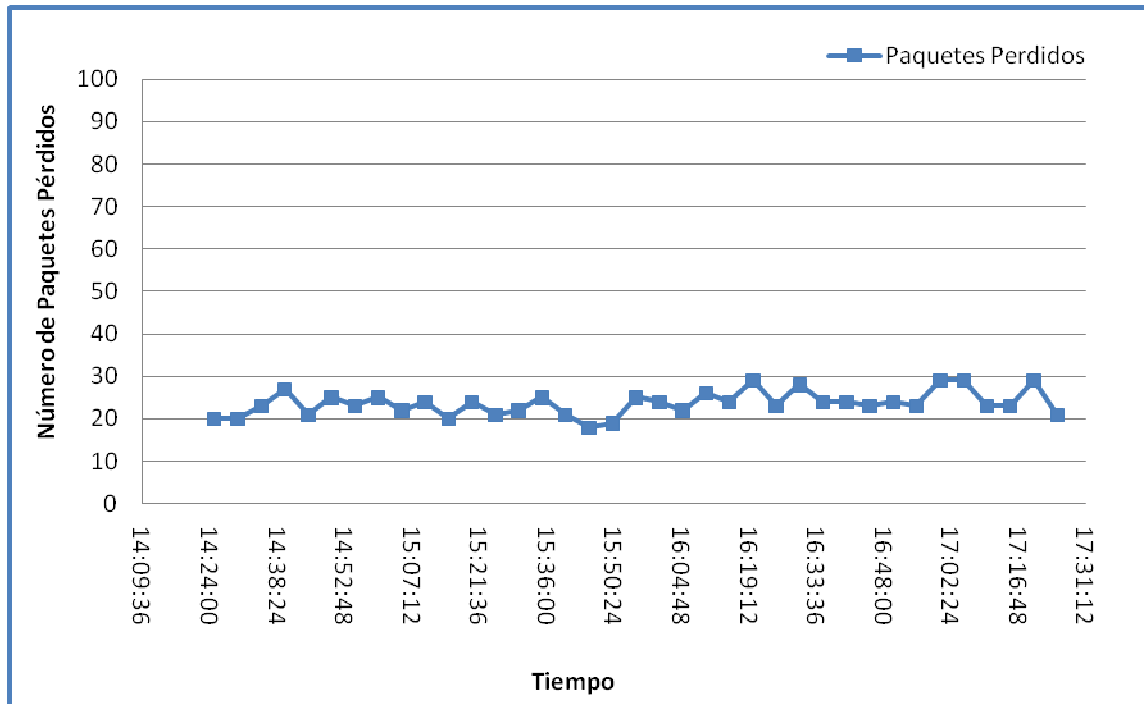


Gráfico 30 Pérdida de Paquetes Experimento 18

Análisis

Los resultados graficados muestran una distribución en el rango entre 30 y 20 paquetes perdidos a lo largo del experimento, la media aritmética es de 23.594 paquetes perdidos. Es una pérdida de paquetes estable a lo largo del experimento pero el índice de pérdida es alto lo que dificultaría el uso de ciertas aplicaciones.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	23.594
Desviación Estándar	2.842

Tabla 98 Pérdida de Paquetes Experimento 18

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 18 – 1.

3.1.18.2 Latencia

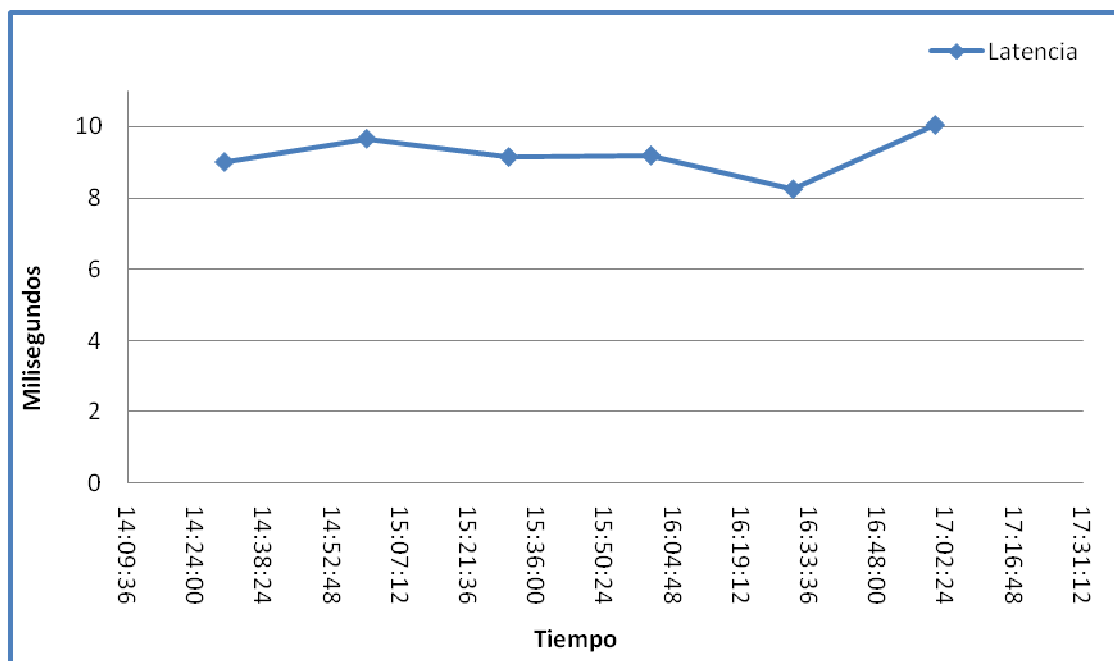


Figura 36 Latencia Experimento 18

Análisis

El gráfico presenta una desviación estándar baja, es posible decir que existe una estabilidad en la latencia de la conexión a lo largo del experimento, ero comparando este resultado con anteriores la latencia es alta.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	9.216
Desviación Estándar	0.605

Tabla 99 Latencia Experimento 18

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 18 – 2.

3.1.18.3 Tasa de Transmisión

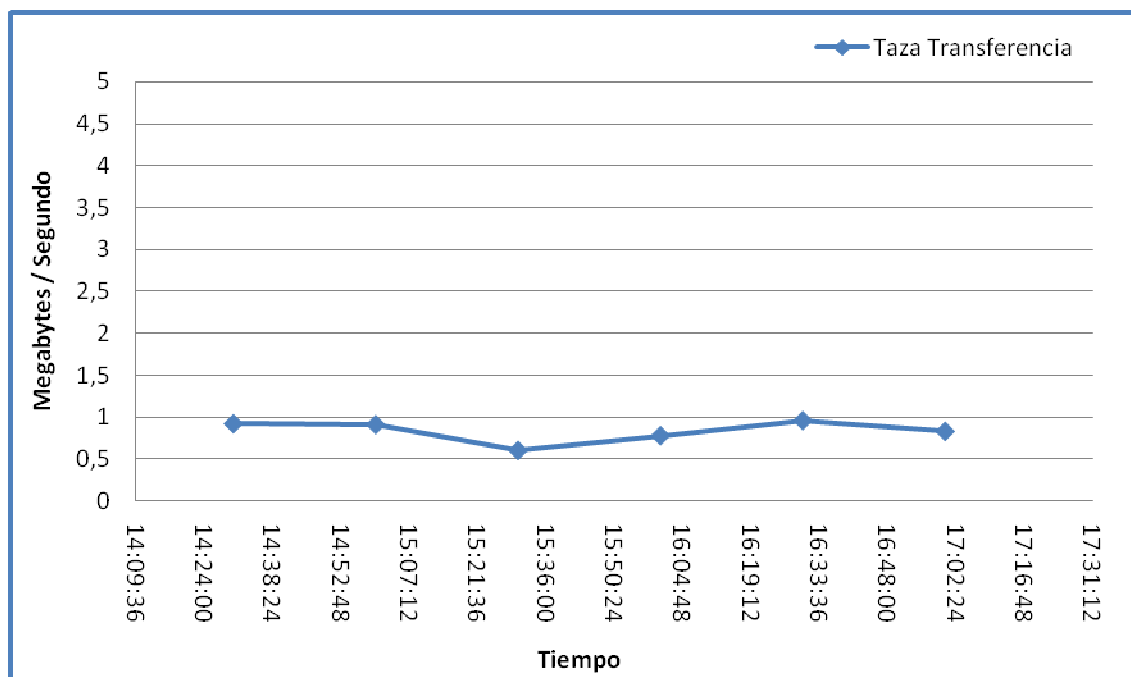


Figura 37 Tasa de Transmisión Experimento 18

Análisis

El gráfico muestra una distribución de resultados con los que se dibuja una línea casi horizontal, tenemos aquí una desviación estándar baja, así la tasa de transferencia en la red es estable durante la ejecución del experimento.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	0.834
Desviación Estándar	0.129

Tabla 100 Tasa de Transmisión Experimento 18

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 18 – 2.

3.1.18.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes /	Bytes
			Segundo	
Prueba 1	111.349	2348	21.078	1355420
Prueba 2	110.268	2322	21.058	1353960
Prueba 3	209.745	2438	11.624	1362760
Prueba 4	209.745	2438	11.624	1362760
Prueba 5	118.59	2322	19.58	1357072
Prueba 6	145.225	2393	16.478	1365894
Prueba 7	80.967	2218	27.394	1352220
Prueba 8	117.255	2338	19.939	1356804
Prueba 9	96.551	2262	23.428	1351900
Prueba 10	128.433	2352	18.313	1360744
Media Aritmética	132.812	2343	19.051	1357953

Tabla 101 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 18

El tiempo medio de transmisión fue de 132.14 segundos con una media aritmética de 2343 paquetes transmitidos.

3.1.19 EXPERIMENTO 19

El experimento fue realizado a las 13:00:02 del 25/11/2008 hasta 16:00:02 del 25/11/2008. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	2.5 km
Potencia	120 mw
Frecuencia	2.412 Ghz Canal 1
Red	No Enrutada

Tabla 102 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.19.1 Pérdida de Paquetes

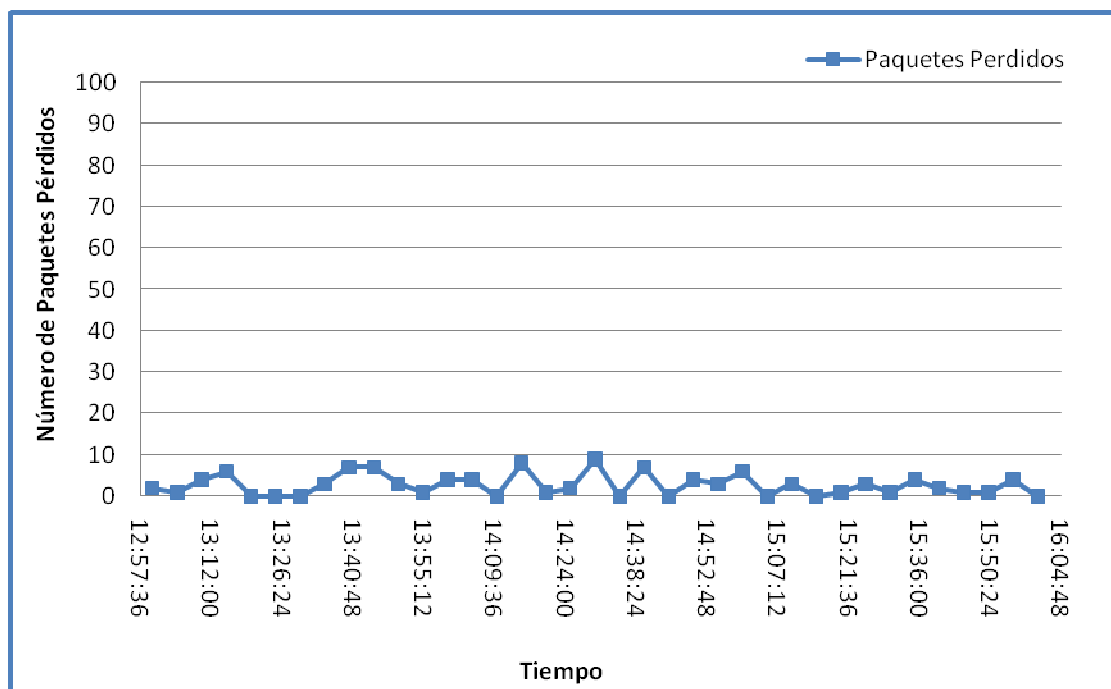


Gráfico 31 Pérdida de Paquetes Experimento 19

Análisis

En el gráfico podemos ver una distribución de los paquetes perdidos en un rango de 10 a cero paquetes. La variación de los datos es de 2.597 alrededor de la media, indicado por la desviación estándar.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	2.756
Desviación Estándar	2.597

Tabla 103 Pérdida de Paquetes Experimento 19

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 19 – 1.

3.1.19.2 Latencia

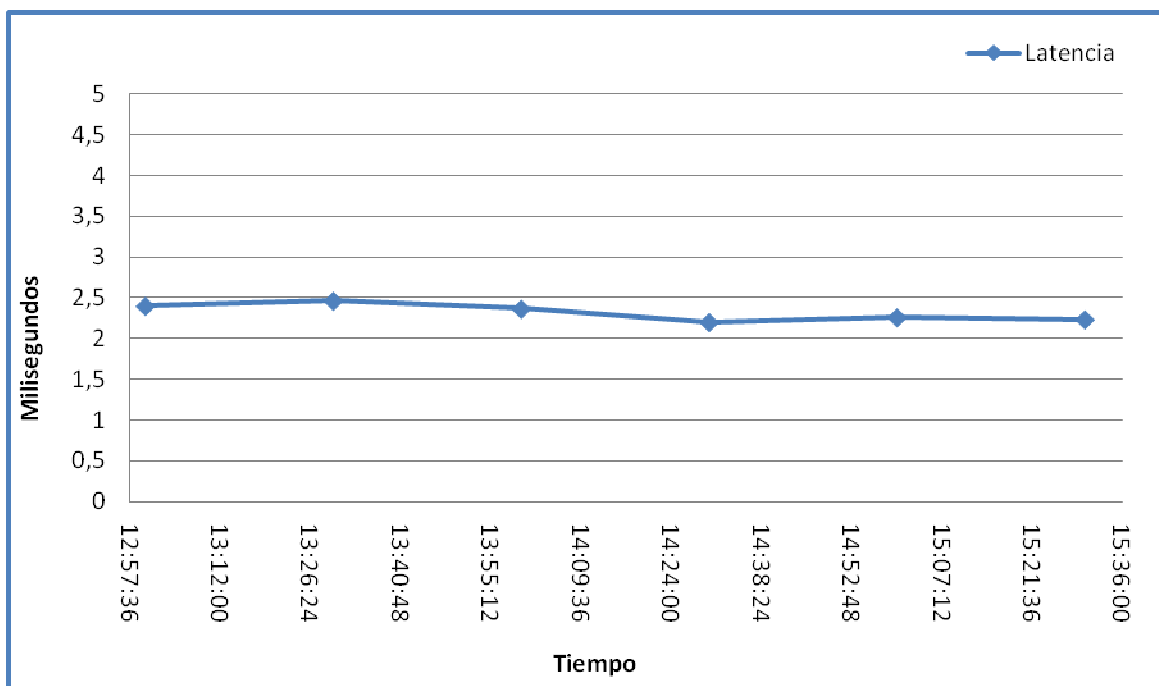


Figura 38 Latencia Experimento 19

Análisis

El gráfico muestra una distribución entre 2.5 y 2 milisegundos de latencia, y al ver la baja desviación estándar podemos decir que es una latencia estable al momento de realizar la prueba, la configuración en esta prueba es favorable para la ejecución de aplicaciones en la red.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	2.315
Desviación Estándar	0.105

Tabla 104 Latencia Experimento 19

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 19 – 2.

3.1.19.3 Tasa de Transmisión

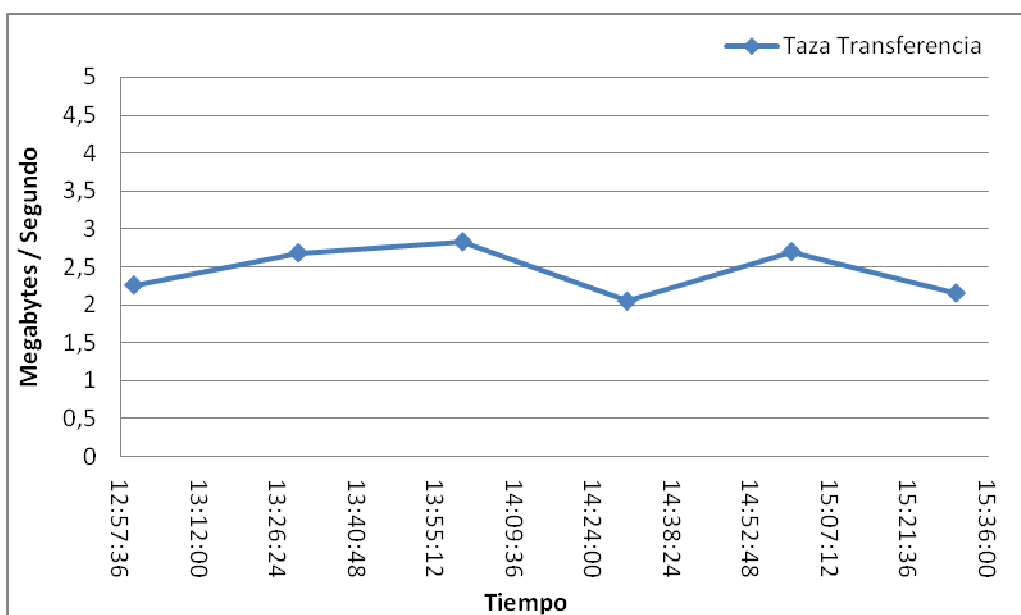


Figura 39 Tasa de Transmisión Experimento 19

Análisis

El gráfico muestra una tasa de transferencia entre y dos megabytes por segundo, y si tomamos en cuenta la desviación estándar vemos que la tasa de transmisión tienen a variar a lo largo de la prueba.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	2.449
Desviación Estándar	0.330

Tabla 105 Tasa de Transmisión Experimento 19

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 19 – 2.

3.1.19.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión		Promedio Paquetes /	
	(segundos)	Paquetes	Segundo	Bytes
Prueba 1	51.892	1917	36.942	1323610
Prueba 2	55.541	1926	34.677	1324264
Prueba 3	55.444	1930	34.81	1324460
Prueba 4	54.609	1907	34.921	1323010
Prueba 5	55.686	1937	34.784	1324982
Prueba 6	55.181	1938	35.121	1325096
Prueba 7	52.84	1923	36.393	1324082
Prueba 8	52.17	1915	36.707	1323478
Prueba 9	5.446	1918	34.592	1323724
Prueba 10	56.134	1936	34.489	1325080
Media Aritmética	49.494	1925	35.343	1324179

Tabla 106 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 19

El tiempo medio de transmisión fue de 49.494 segundos con una media aritmética de 1925 paquetes transmitidos.

3.1.20 EXPERIMENTO 20

El experimento fue realizado a las 21:00:01 del 27/11/2008 hasta 0:00:01 del 28/11/2008. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	2.5 km
Potencia	120 mw
Frecuencia	2.442 Ghz Canal 7
Red	No Enrutada

Tabla 107 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.20.1 Pérdida de Paquetes

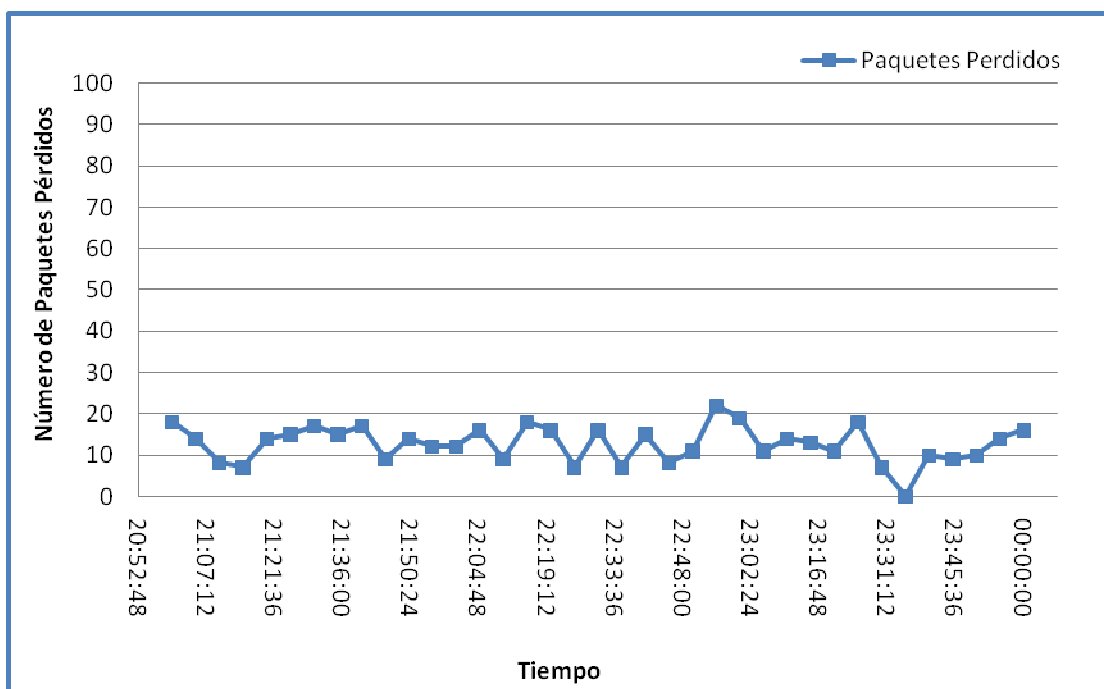


Gráfico 32 Pérdida de Paquetes Experimento 20

Análisis

El gráfico muestra una distribución en la pérdida de paquetes que varía entre los 20 y cero paquetes perdidos, la desviación estándar da razón de esta gran dispersión, la pérdida de paquetes tiene un índice variable.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	12.675
Desviación Estándar	4.460

Tabla 108 Pérdida de Paquetes Experimento 20

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 20 – 1.

3.1.20.2 Latencia

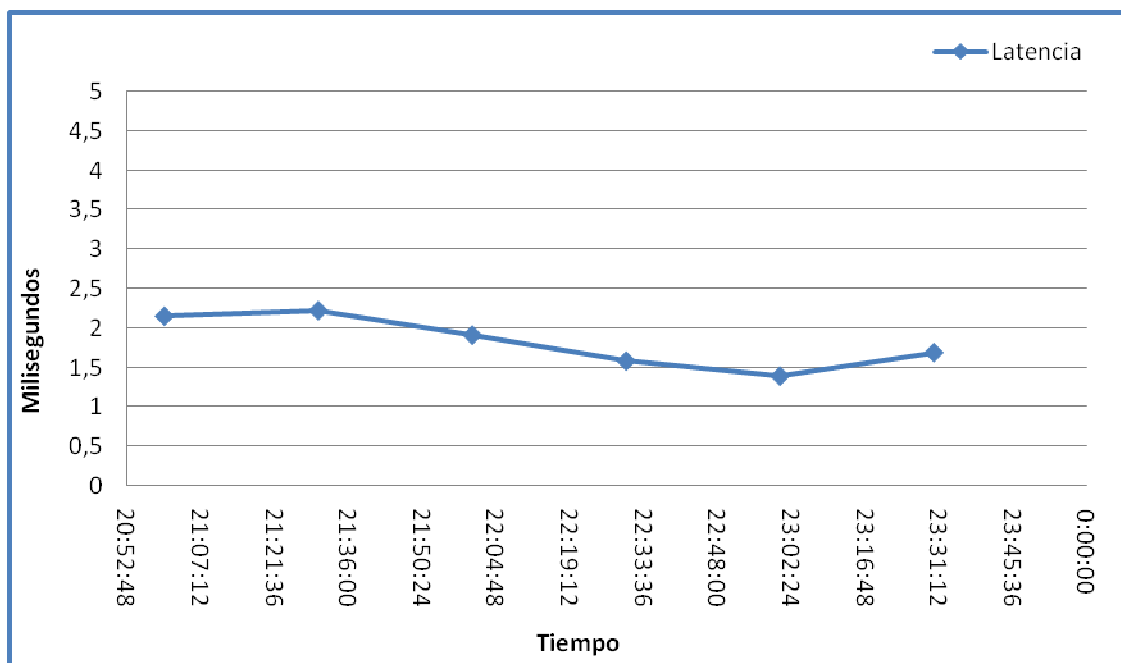


Figura 40 Latencia Experimento 20

Análisis

El gráfico muestra una latencia que varía a lo largo de la realización del experimento, a pesar de variar, es una latencia baja que oscila alrededor de 2 milisegundos.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	1.826
Desviación Estándar	0.324

Tabla 109 Latencia Experimento 20

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 20 – 2.

3.1.20.3 Tasa de Transmisión

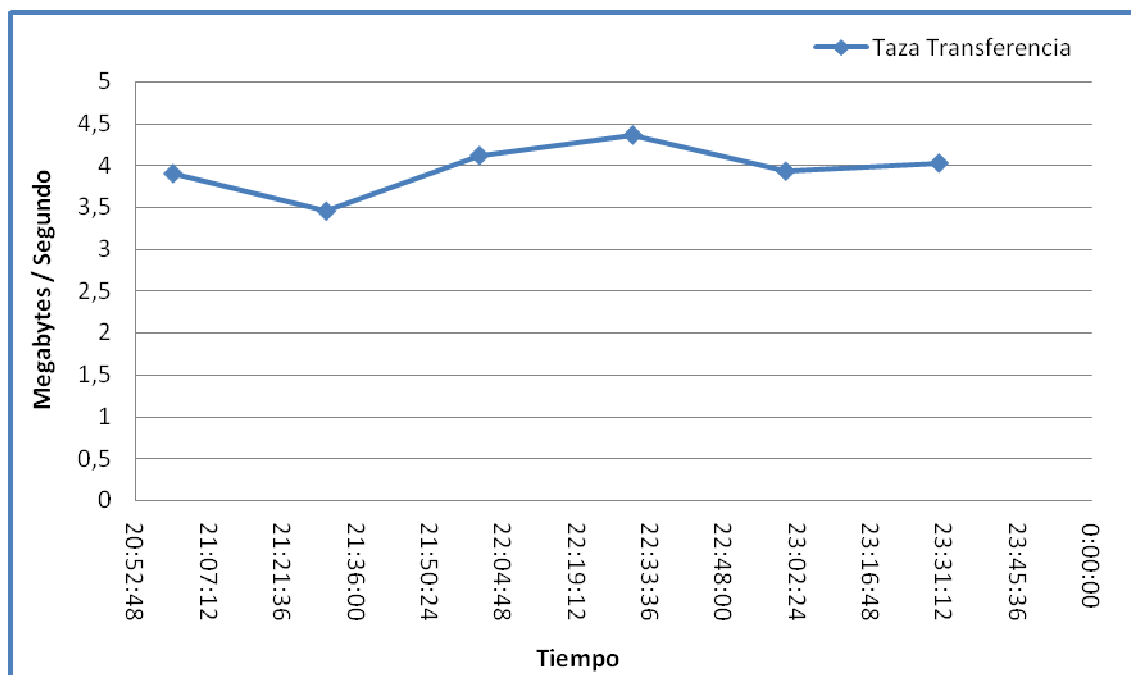


Figura 41 Tasa de Transmisión Experimento 20

Análisis

Los resultados del experimentos muestran una alta tasa de transmisión que varia a lo largo de la realización del experimento, esta tasa de transferencia está presente en presente en un rango de 4.5 y 3.5 megabytes por segundo.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	3.962
Desviación Estándar	0.299

Tabla 110 Tasa de Transmisión Experimento 20

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 20 – 2.

3.1.20.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes /	Bytes
			Segundo	
Prueba 1	61.473	2013	32.746	1330354
Prueba 2	59.616	1980	33.213	1329864
Prueba 3	76.458	3082	40.31	1464410
Prueba 4	96.365	2071	21.491	1334246
Prueba 5	61.812	1943	31.434	1325526
Prueba 6	56.051	1934	34.504	1325000
Prueba 7	54.791	1922	35.079	1324028
Prueba 8	57.013	1968	34.519	1327240
Prueba 9	54.184	1922	35.472	1324092
Prueba 10	50.606	1909	37.722	1323082
Media Aritmética	62.837	2074	33.649	1340784

Tabla 111 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 20

El tiempo medio de transmisión fue de 62.837 segundos con una media aritmética de 2074 paquetes transmitidos.

3.1.21 EXPERIMENTO 21

El experimento 21 fue realizado a las 11:00:01 del 29/11/2008 hasta 14:00:01 del 28/11/2008. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	2.5 km
Potencia	120 mw
Frecuencia	2.462 Ghz Canal 11
Red	No Enrutada

Tabla 112 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.21.1 Pérdida de Paquetes

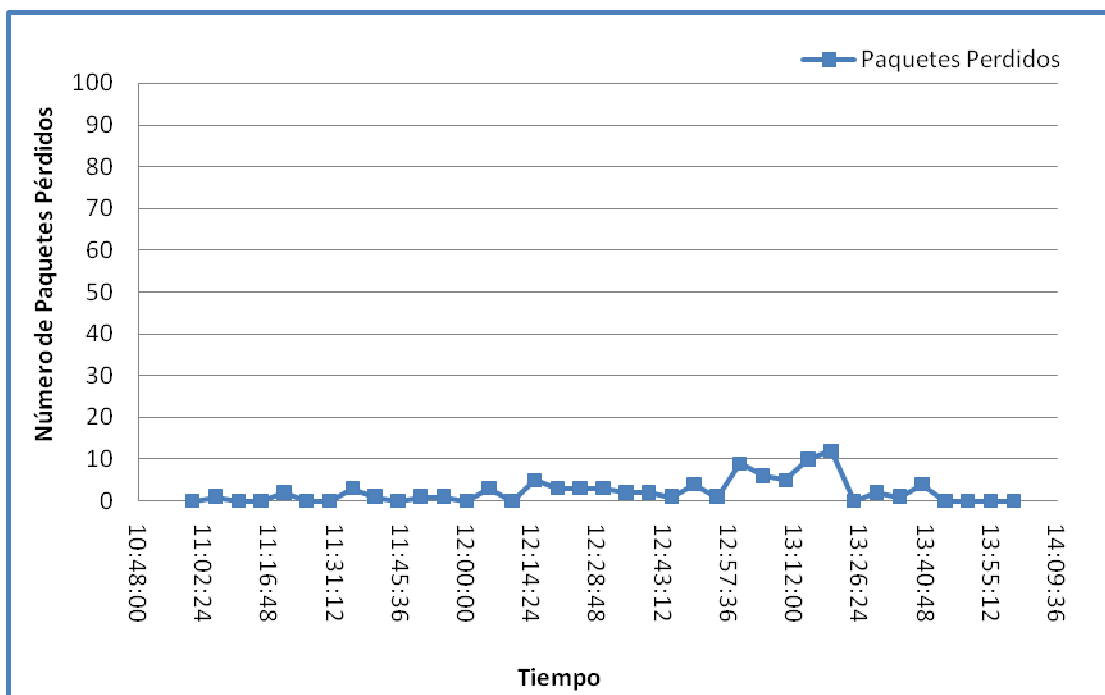


Gráfico 33 Pérdida de Paquetes Experimento 21

Análisis

El gráfico muestra que la mayoría de los datos obtenidos están por debajo de los 5 paquetes perdidos. Así la pérdida de paquetes es baja en este experimento, con una media aritmética de 2.297 paquetes a lo largo del experimento.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	2.297
Desviación Estándar	2.961

Tabla 113 Pérdida de Paquetes Experimento 21

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 21 – 1.

3.1.21.2 Latencia

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

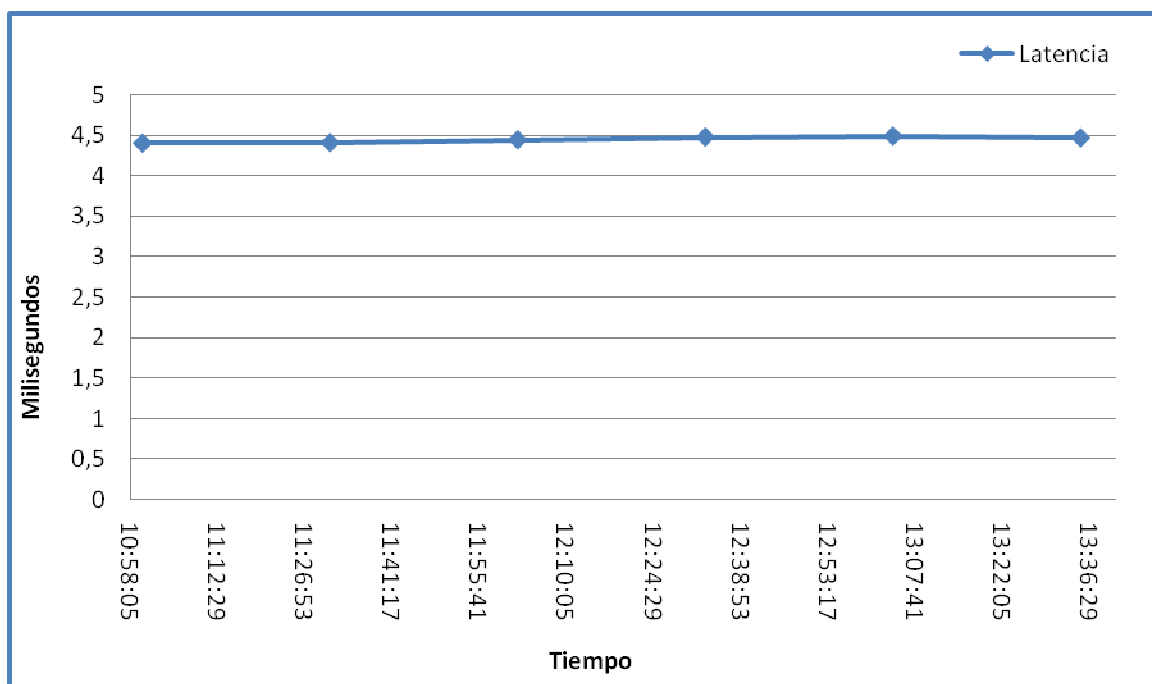


Figura 42 Latencia Experimento 21

Análisis

El gráfico obtenido muestra una línea casi horizontal, con una desviación estándar baja lo que indica una estabilidad en la latencia al momento de realizar el experimento.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	4.452
Desviación Estándar	0.036

Tabla 114 Latencia Experimento 21

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 21 – 2.

3.1.21.3 Tasa de Transmisión

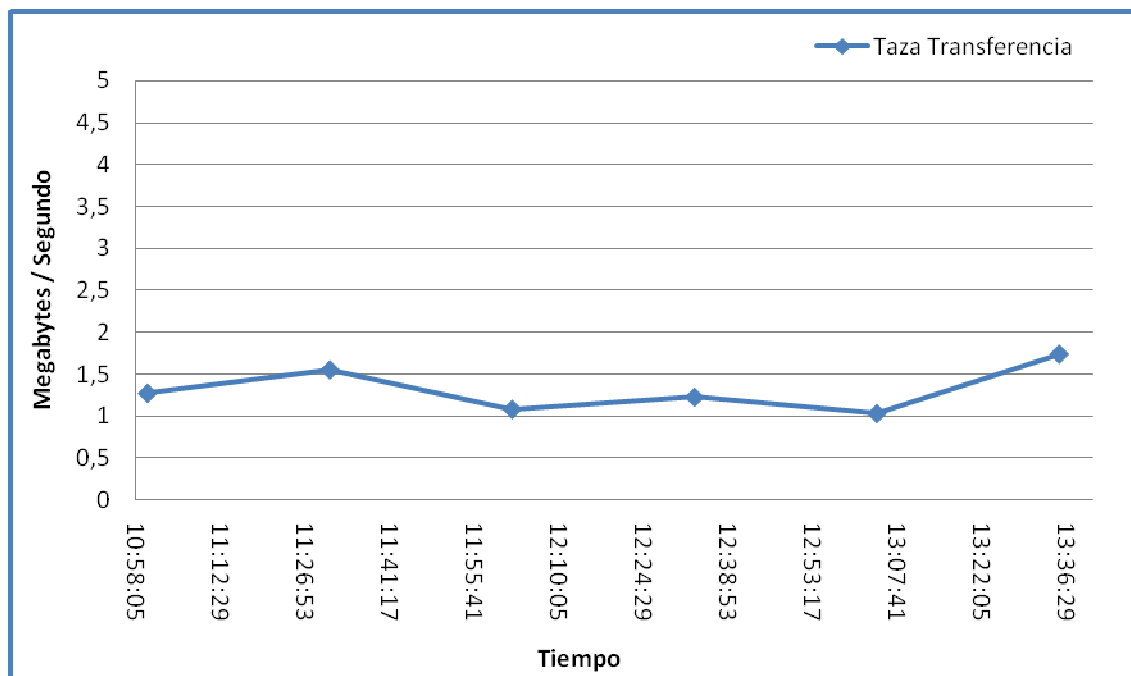


Figura 43 Tasa de Transferencia Experimento 21

Análisis

El gráfico muestra que la mayoría de los datos obtenidos se encuentran en un rango entre 1.5 y 1 megabyte por segundo, con una desviación estándar baja es posible decir que la tasa de transferencia es estable y a lo largo del experimento.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	1.318
Desviación Estándar	0.276

Tabla 115 Tasa de Transferencia Experimento 21

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 21 – 2.

3.1.21.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes /	Bytes
			Segundo	
Prueba 1	208.217	2355	11.31	1360534
Prueba 2	359.273	2296	6.391	1360624
Prueba 3	173.394	2263	13.051	1356290
Prueba 4	118.04	2230	18.892	1350324
Prueba 5	177.443	2294	12.928	1359572
Prueba 6	150.264	3303	21.981	1471051
Prueba 7	149.167	2334	15.647	1357464
Prueba 8	126.79	3314	26.138	1480931
Prueba 9	160.327	2323	14.489	1355202
Prueba 10	173.394	2263	13.051	1356290
Media Aritmética	179.630	2498	15.387	1380828

Tabla 116 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 21

El tiempo medio de transmisión fue de 179.63 segundos con una media aritmética de 2498 paquetes transmitidos.

3.1.22 EXPERIMENTO 22

El experimento fue realizado a las 08:00:01 del 01/12/2008 hasta 11:00:02 del 01/12/2008. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	2.5 km
Potencia	200 mw
Frecuencia	2.412 Ghz Canal 1
Red	No Enrutada

Tabla 117 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.22.1 Pérdida de Paquetes

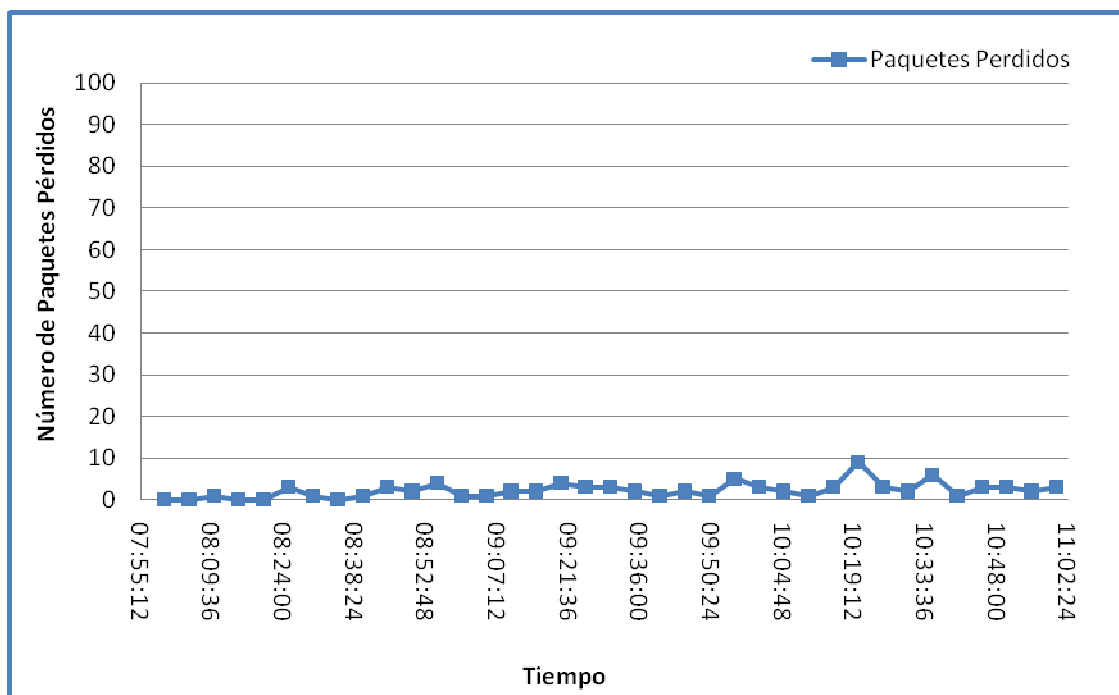


Grafico 34 Pérdida de Paquetes Experimento 22

Análisis

El grafico muestra que la mayoría de los datos obtenidos están por debajo de 3 paquetes perdidos, siendo una pérdida de paquetes baja pero persistente en la red.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	2.243
Desviación Estándar	1.816

Tabla 118 Pérdida de Paquetes Experimento 22

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 22 – 1.

3.1.22.2 Latencia

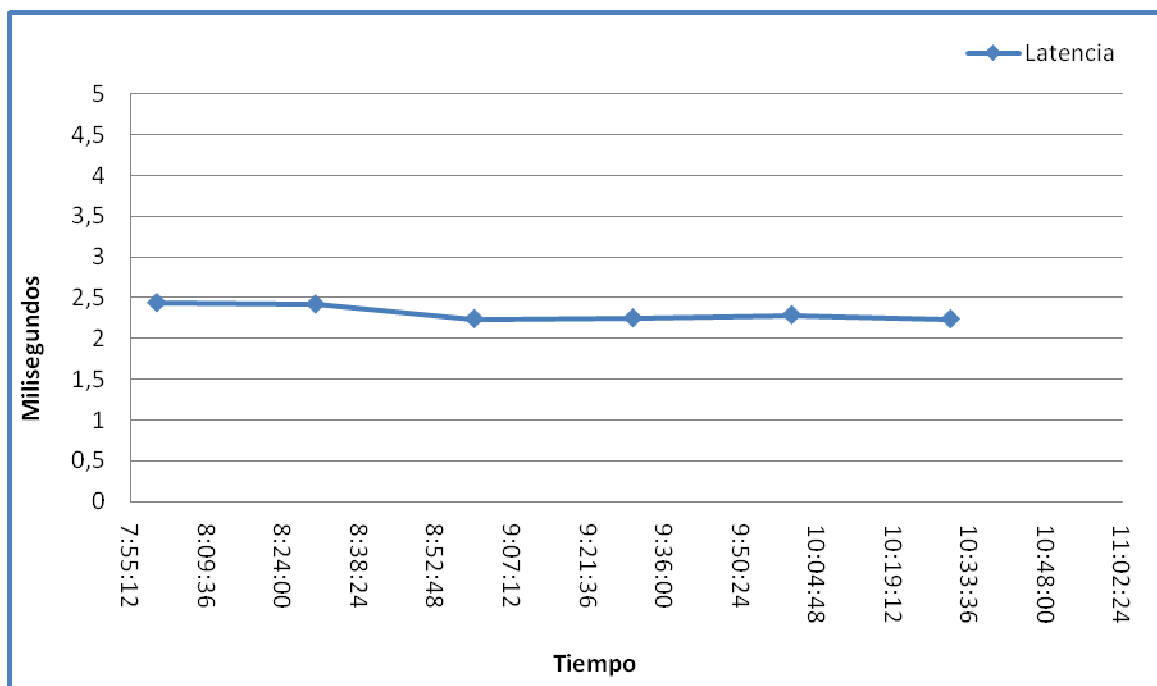


Figura 44 Latencia Experimento 22

Análisis

La latencia presentada en la gráfica muestra que los datos de latencia se encuentran en un rango entre 2.5 y 2 milisegundos, con una desviación estándar baja, podemos decir que la latencia en la red es estable.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	2.313
Desviación Estándar	0.093

Tabla 119 Latencia Experimento 22

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 22 – 2.

3.1.22.3 Tasa de Transmisión

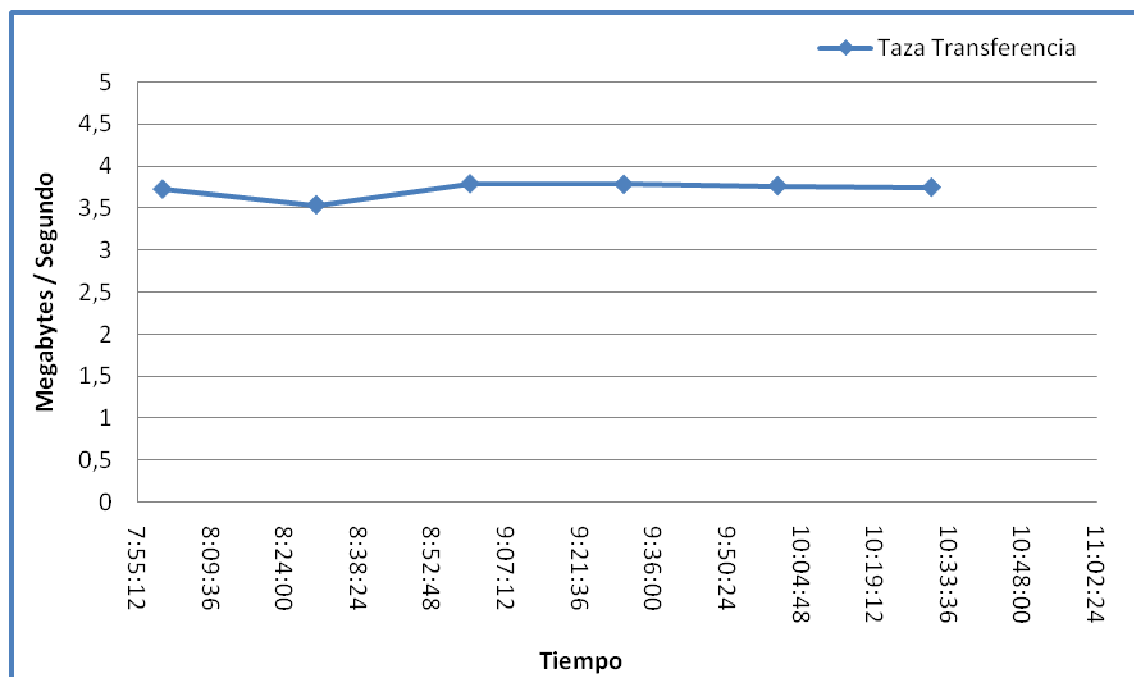


Figura 45 Tasa de Transmisión Experimento 22

Análisis

La tasa de transferencia presentada en el gráfico muestra que los datos se encuentran en un rango entre 4 y 3.5 megabytes por segundo, con una desviación estándar baja, podemos decir que la tasa de transferencia en la red es estable.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	3.723
Desviación Estándar	0.094

Tabla 120 Tasa de Transmisión Experimento 22

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 22 – 2.

3.1.22.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión		Promedio Paquetes /	
	(segundos)	Paquetes	Segundo	Bytes
Prueba 1	53.292	1966	36.891	1327088
Prueba 2	52.32	1917	36.64	1323602
Prueba 3	61.817	1944	31.448	1325392
Prueba 4	56.096	1923	34.28	1323998
Prueba 5	59.365	1930	32.511	1324460
Prueba 6	52.016	1925	37.008	1324202
Prueba 7	57.182	1929	33.735	1324486
Prueba 8	59.174	1975	33.376	1327562
Prueba 9	55.856	1918	34.338	1323668
Prueba 10	55.856	1918	34.338	1323668
Media Aritmética	56.297	1935	34.456	1324813

Tabla 121 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 22

El tiempo medio de transmisión fue de 56.297 segundos con una media aritmética de 1935 paquetes transmitidos.

3.1.23 EXPERIMENTO 23

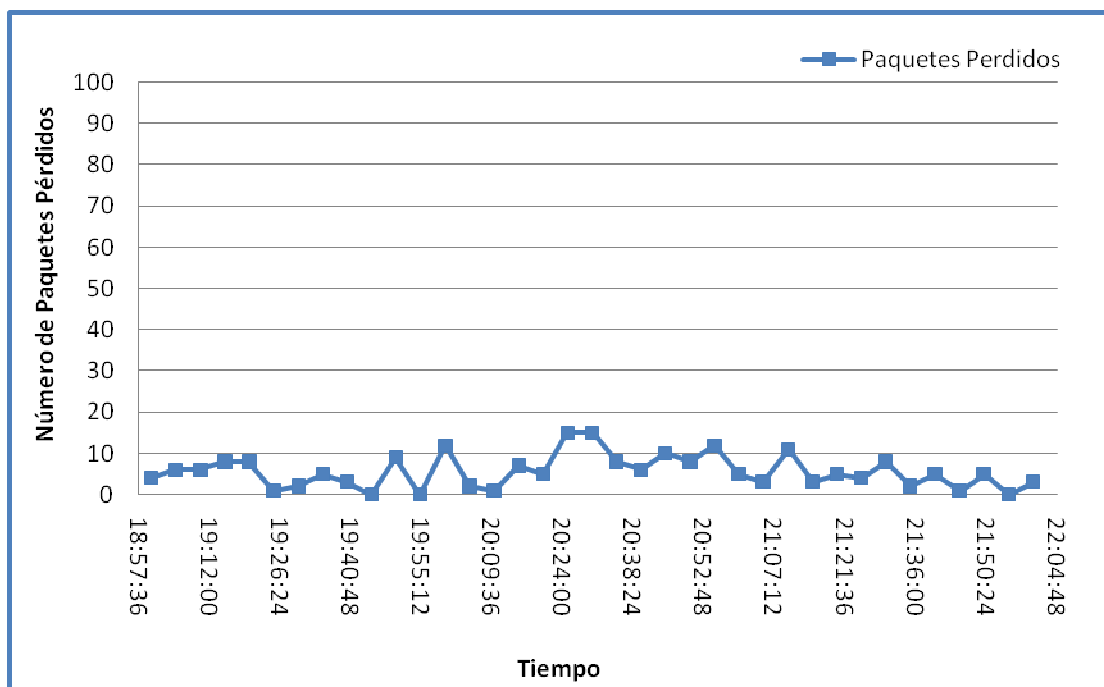
El experimento fue realizado a las 19:00:02 del 03/12/2008 hasta 22:00:01 del 03/12/2008. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes		
Distancia	2.5 km	
Potencia	200 mw	
Frecuencia	2.442 Ghz	Canal 7
Red	No Enrutada	

Tabla 122 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.23.1 Pérdida de Paquetes



3.1.23.2 Latencia

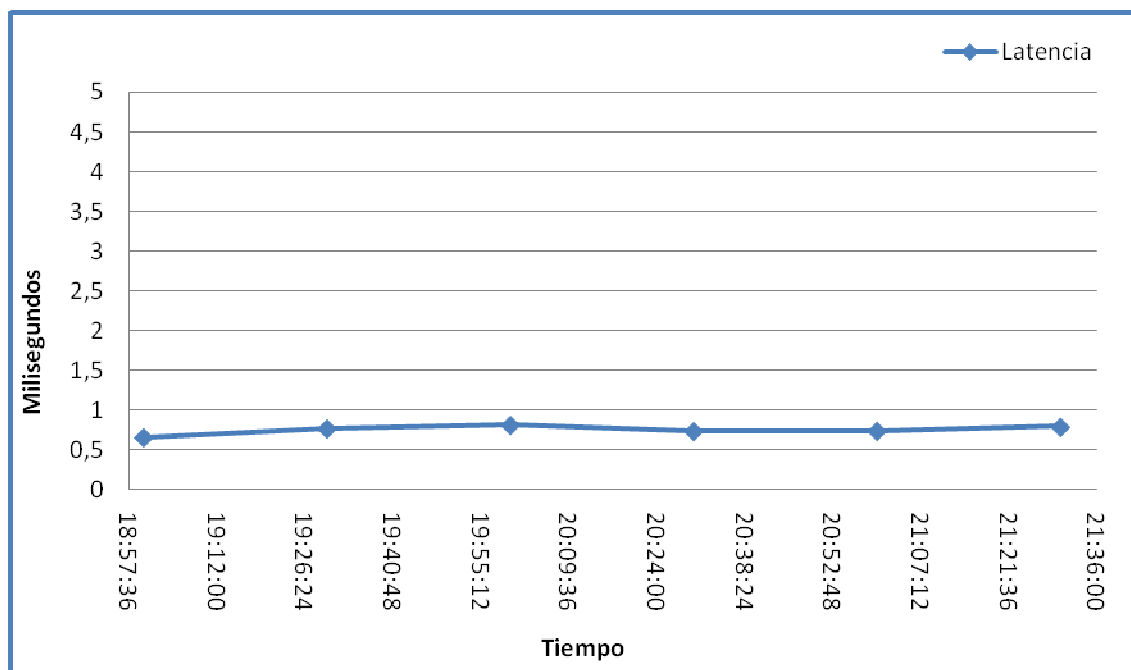


Figura 46 Latencia Experimento 23

Análisis

La latencia presentada en el gráfico muestra que los datos de latencia se encuentran en un rango entre 0,5 y 0,8 milisegundos, con una desviación estándar baja, podemos decir que la latencia en la red es estable y baja.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	0.752
Desviación Estándar	0.053

Tabla 124 Latencia Experimento 23

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 23 – 2.

3.1.23.3 Tasa de Transmisión

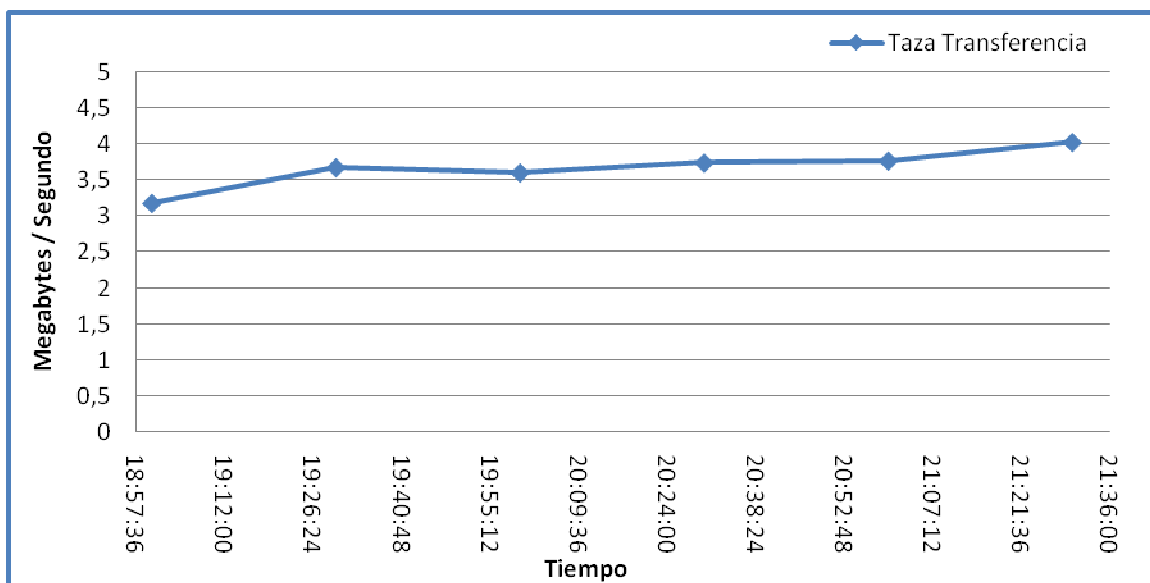


Figura 47 Tasa de Transferencia Experimento 23

Análisis

La tasa de transferencia presentada en el gráfico muestra que los datos se encuentran en un rango entre 4 y 3 megabytes por segundo, con una desviación estándar baja, podemos decir que la tasa de transferencia en la red es estable y presenta un valor alto.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	3.662
Desviación Estándar	0.280

Tabla 125 Tasa de Transferencia Experimento 23

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 23 – 2.

3.1.23.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Paquetes	Promedio Paquetes /	Bytes
			Segundo	
Prueba 1	55.17	1945	35.255	1325458
Prueba 2	51.147	1928	37.696	1324432
Prueba 3	53.625	1924	35.879	1324132
Prueba 4	51.091	1915	37.482	1323470
Prueba 5	52.391	1925	36.552	1323478
Prueba 6	54.599	1923	35.22	1324046
Prueba 7	54.185	1953	36.043	1325986
Prueba 8	54.51	1918	35.186	1323676
Prueba 9	52.197	1925	36.88	1324138
Prueba 10	57.827	1996	34.516	1329828
Media Aritmética	53.674	1935	36.070	1324864

Tabla 126 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 23

El tiempo medio de transmisión fue de 53.674 segundos con una media aritmética de 1935 paquetes transmitidos.

3.1.24 EXPERIMENTO 24

El experimento fue realizado a las 08:00:01 del 05/12/2008 hasta 11:00:02 del 05/12//2008. Las variables independientes del experimento tienen los siguientes valores:

Variables Independientes	
Distancia	2.5 km
Potencia	200 mw
Frecuencia	2.462 Ghz Canal 11
Red	No Enrutada

Tabla 127 Variables Independientes

Los resultados de rendimiento están basados en las pruebas de pérdida de paquetes, latencia, tasa de transmisión y rendimiento a nivel de aplicación.

3.1.24.1 Pérdida de Paquetes

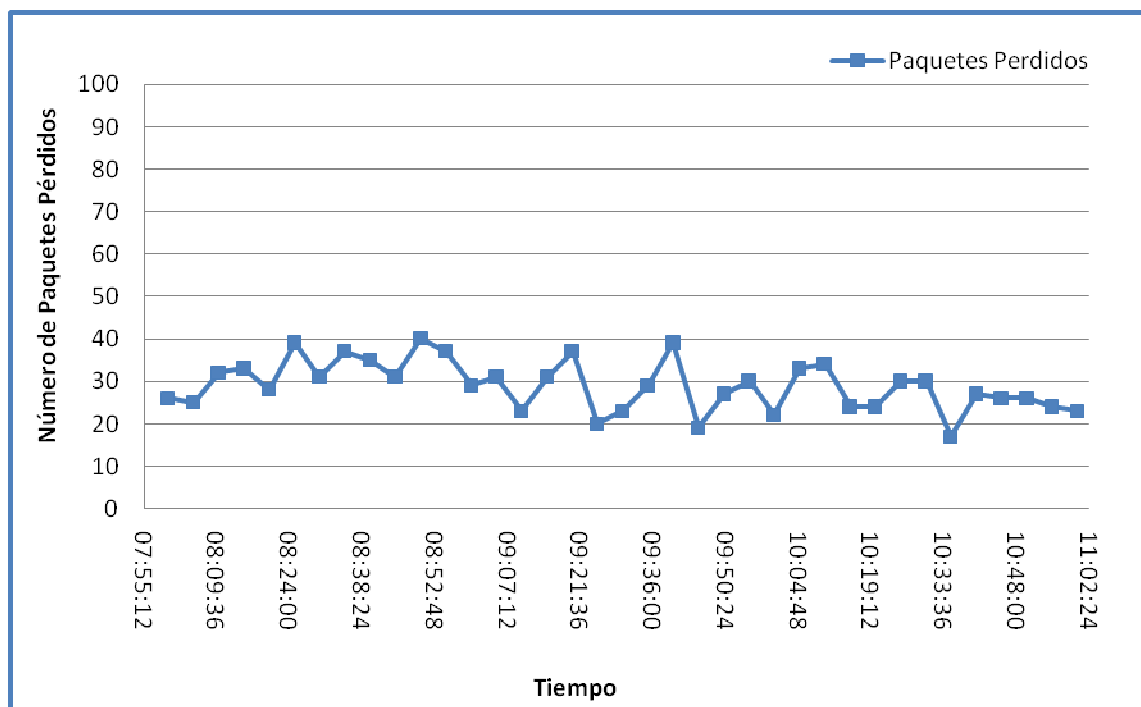


Gráfico 36 Pérdida de Paquetes Experimento 24

Análisis

El gráfico muestra una dispersión de los datos en un rango de 40 a 20 paquetes perdidos, con una desviación estándar representativa, existe un índice en la pérdida de paquetes alto en este experimento.

Estadístico Muestral	Paquetes perdidos
Media Aritmética	28.972
Desviación Estándar	5.875

Tabla 128 Pérdida de Paquetes Experimento 24

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 1 – 2.

3.1.24.2 Latencia

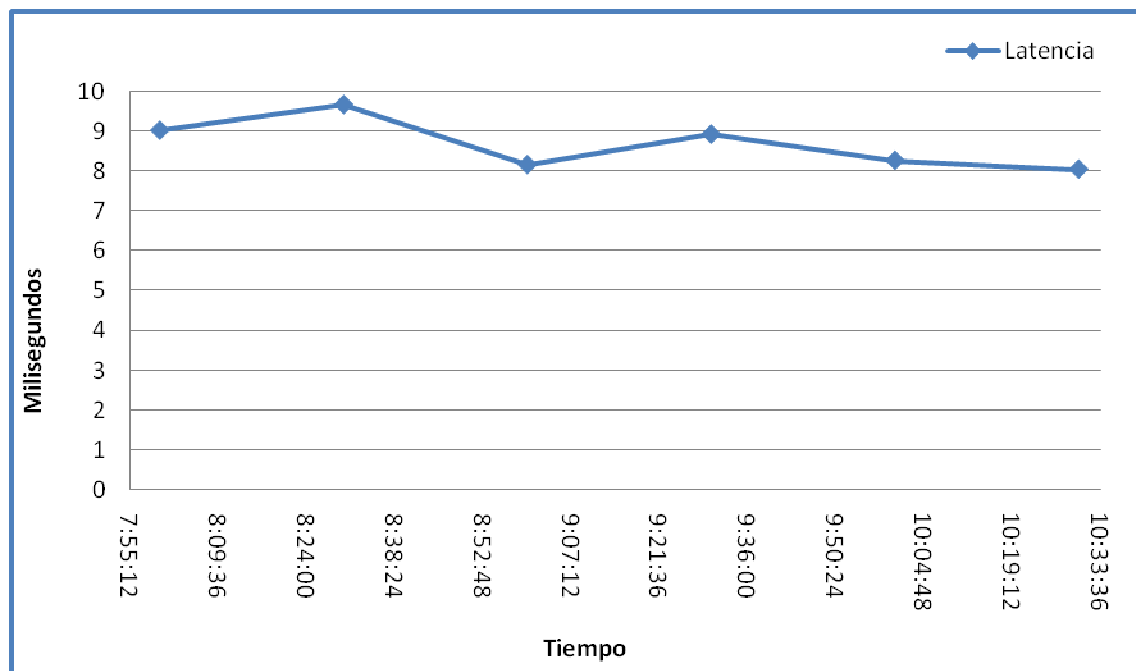


Figura 48 Latencia Experimento 24

Análisis

La latencia presentada en el gráfico muestra que los datos de latencia se encuentran en un rango entre 10 y 8 milisegundos, con una desviación estándar baja, podemos decir que la latencia en la red es estable y pero en un índice alto a lo largo de la realización del experimento.

Estadístico Muestral	Milisegundos
Media Aritmética	8.670
Desviación Estándar	0.629

Tabla 129 Latencia Experimento 24

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 24 – 1.

3.1.24.3 Tasa de Transmisión

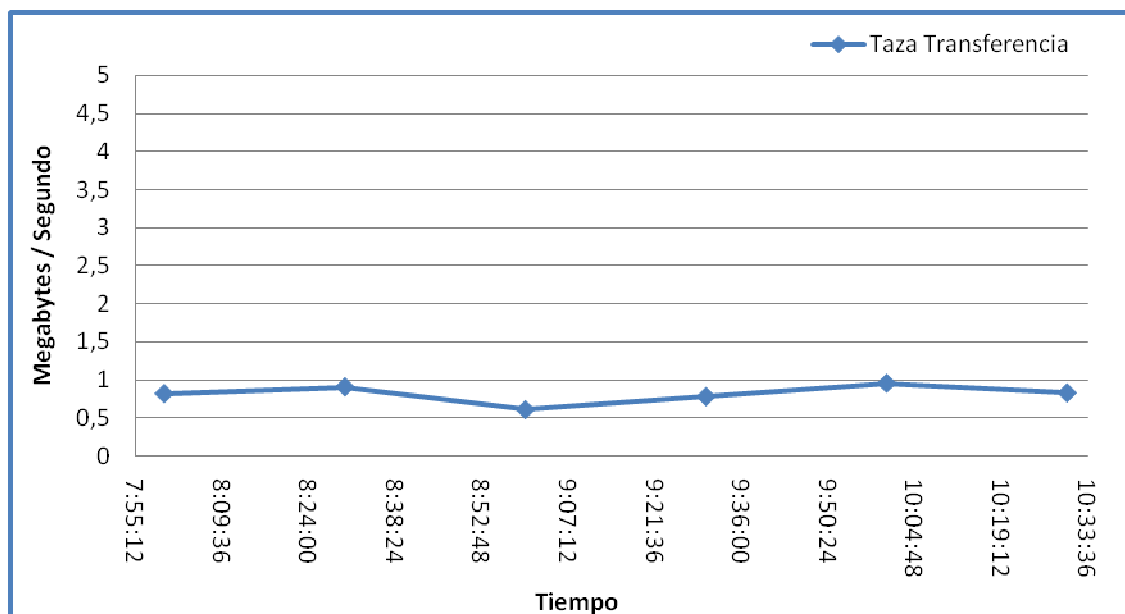


Figura 49 Tasa de Transmisión Experimento 24

Análisis

La tasa de transferencia presentada en el gráfico muestra que los datos se encuentran en un rango entre 1 y 0,5 megabytes por segundo, con una desviación estándar baja, podemos decir que la tasa de transferencia en la red es estable y presenta un valor bajo de tasa de transferencia.

Estadístico Muestral	MB/seg.
Media Aritmética	0.817
Desviación Estándar	0.122

Tabla 130 Tasa de Transmisión Experimento 24

Para referencia de los datos obtenidos, Anexo A – Experimento 24 – 1.

3.1.24.4 Resultados Rendimiento a Nivel de Aplicación

Los resultados de las diez pruebas de envío de datos a través del enlace inalámbrico se encuentran en la siguiente tabla.

	Tiempo Transmisión (segundos)	Promedio Paquetes / Segundo Bytes		
		Paquetes	Segundo	Bytes
Prueba 1	91.125	2204	24.187	1346768
Prueba 2	118.94	2257	18.976	1348878
Prueba 3	126.04	2262	17.947	1349292
Prueba 4	148.218	2302	15.531	1359312
Prueba 5	145.052	2248	15.498	1350968
Prueba 6	154.376	2331	15.1	1355942
Prueba 7	151.953	2302	15.149	1352328
Prueba 8	148.957	2318	15.562	1357856
Prueba 9	156.386	2323	14.854	1354854
Prueba 10	160.813	2314	14.389	1354508
Media Aritmética	140.186	2286	16.719	1353071

Tabla 131 Rendimiento a nivel de aplicación Experimento 24

El tiempo medio de transmisión fue de 140.186 segundos con una media aritmética de 2286 paquetes transmitidos.

3.2 RESULTADOS DE LA EJECUCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS DE DISPONIBILIDAD

Los experimentos fueron ejecutados siguiendo el procedimiento detallado en el punto 2.4.2, a partir de los resultados de la ejecución obtenemos los valores de las variables dependientes de disponibilidad. Los experimentos fueron configurados de acuerdo a los valores asignados a las variables independientes definidas en la Tabla 12⁴⁹. La disponibilidad es obtenida con el cambio de los valores de las variables independientes (potencia, frecuencia de canal, distancia, configuración lógica de red) en cada experimento. Las variables dependientes, cambian en base a combinaciones únicas de configuraciones de las variables independientes establecidas en el punto 2.4.3⁵⁰.

⁴⁹ Tabla 12 Valor de variables independientes en cada experimento. Página 45.

⁵⁰ Conjunto de Experimentos. Página 43.

La variable dependiente de disponibilidad es cuantificada utilizando las pruebas de pérdida de paquetes de acuerdo al procedimiento establecido en el punto 2.4.2.3. Los resultados son obtenidos de la ejecución de los experimentos de rendimiento y son:

Experi- mento	Paquetes Enviados	Paquetes Recibidos	Disponi- bilidad	Experi- mento	Paquetes Enviados	Paquetes Recibidos	Disponi- bilidad
1	3700	3494	94.43%	13	3700	3608	97.51%
2	3700	3681	99.49%	14	3700	3629	98.08%
3	3700	3602	97.35%	15	3700	2594	70.11%
4	3700	3450	93.24%	16	3700	3700	100.00%
5	3700	3567	96.41%	17	3700	3492	94.38%
6	3700	3632	98.16%	18	3700	2827	76.41%
7	3700	3345	90.41%	19	3700	3598	97.24%
8	3700	3440	92.97%	20	3700	3231	87.32%
9	3700	3584	96.86%	21	3700	3615	97.70%
10	3700	3700	100.00%	22	3700	3617	97.76%
11	3700	3560	96.22%	23	3700	3492	94.38%
12	3700	2504	67.68%	24	3700	2628	71.03%

Tabla 132 Resultados de Disponibilidad.

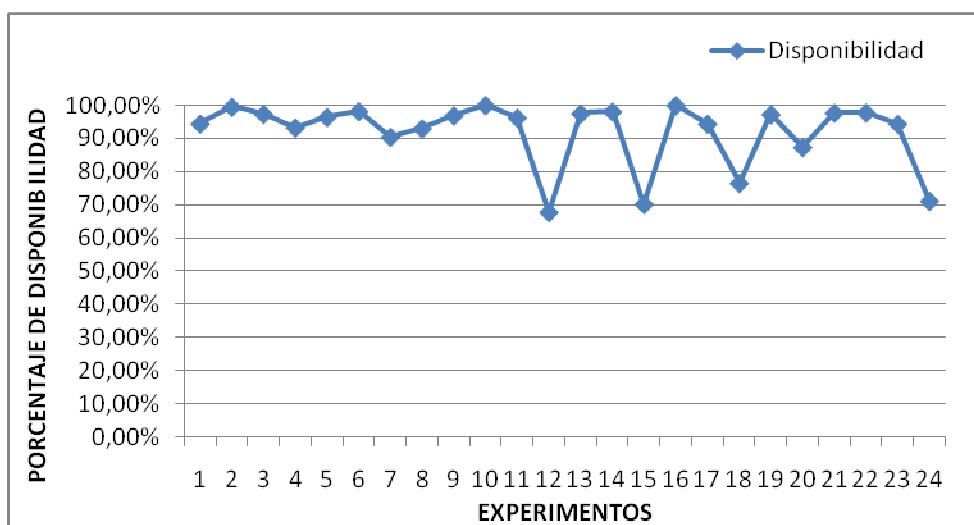


Gráfico 37 Resultados de Disponibilidad.

Los resultados muestran que los experimentos tienen una disponibilidad uniforme entre 90% y 100%. Los experimentos 12, 15, 18 y 24 tienen una disponibilidad entre el 60% y 80%, estos experimentos tienen en común el canal frecuencia 11 y los experimentos 15, 18 y 24 fueron ejecutados en la ubicación dos.

3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados está orientado a encontrar los valores y combinaciones de las variables independientes que permiten obtener mejores resultados de rendimiento y disponibilidad del SIE. El análisis de los resultados de los experimentos está dividido en dos partes: análisis global de los experimentos que permite encontrar los mejores resultados de rendimiento y disponibilidad de los experimentos realizados, y análisis de resultados para aplicaciones que está orientado a encontrar las configuraciones de las variables independientes que son aceptables para un determinado tipo de aplicación.

3.2.1 ANÁLISIS GLOBAL DE EXPERIMENTOS

El análisis global permite obtener los experimentos con mejores resultados de rendimiento y disponibilidad de las pruebas realizadas, en base a las medias aritméticas obtenidas de la ejecución de cada experimento. El criterio para determinar qué resultado es el mejor en comparación al resto de experimentos es: tener una menor cantidad de paquetes perdidos, un menor tiempo de latencia, una mayor tasa de transmisión, un menor número de paquetes transmitidos, un tiempo de transmisión menor y una alta disponibilidad. Para facilitar la interpretación de los datos se utiliza una escala de colores, partiendo del verde como mejor resultado, pasando por amarillo y llegando a rojo como el resultado menos favorable Tabla 133.

Escales de colores
1
2
3
4
5
6

Tabla 133 Escala para el análisis de experimentos.

En base a los resultados individuales de cada experimento se obtiene la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (Tabla 134). Los resultados son comparados para determinar en qué experimento existe mejores valores para las variables dependientes.

Experimento	Paquetes		Tasa de Transferencia	Tiempo de Transmisión Aplicación	Paquetes Transmitidos Disponibilidad	
	Perdidos	Latencia			Aplicación	Aplicación
1	6.73	2.304	0.494	181.142	2026	94.43%
2	0.51	1.78	1.277	44.544	2087	99.49%
3	2.648	2.054	1.491	67.291	2550	97.35%
4	6.756	1.604	1.482	87.2714	2207	93.24%
5	3.594	1.565	1.473	42.713	2090	96.41%
6	1.837	1.997	1.581	38.1065	2020	98.16%
7	9.594	3.069	0.541	131.19	2266	90.41%
8	7.378	2.734	0.908	109.471	2202	92.97%
9	3.135	2.571	1.487	134.363	2307	96.86%
10	0	2.7485	1.027	126.152	1943	100.00%
11	3.783	2.469	1.348	100.78	2140	96.22%
12	32.324	10.123	0.556	109.95	2210	67.68%
13	2.486	1.78	3.86	31.248	2084	97.51%
14	1.918	2.054	3.962	26.156	1959	98.08%
15	29.891	1.526	1.816	117.197	2310	70.11%
16	0.027	1.565	3.723	24.377	1950	100.00%
17	5.621	1.997	3.662	23.492	1939	94.38%
18	23.594	2.313	0.834	132.812	2343	76.41%
19	2.756	2.734	2.449	49.494	1925	97.24%
20	12.675	2.571	3.962	62.837	2074	87.32%
21	2.297	2.315	1.318	179.63	2498	97.70%
22	2.243	2.469	3.723	56.297	1935	97.76%
23	5.621	10.123	3.662	53.674	1935	94.38%

Experimento	Paquetes		Tasa de Transferencia	Tiempo de Transmisión Aplicación	Paquetes Transmitidos	
	Perdidos	Latencia			Aplicación	Disponibilidad
24	28.972	2.313	0.817	140.186	2286	71.03%

Tabla 134 Matriz Global de Resultados.

Los resultados de la Tabla 133 son clasificados de acuerdo a: pérdida de paquetes, latencia, tasa de transferencia, tiempo de transmisión, paquetes transmitidos y disponibilidad. Los experimentos son organizados utilizando la matriz de la Tabla 134, la matriz encasilla cada experimento acorde a las variables independientes con las que fue ejecutado.

		Enrutado		No Enrutado	
		Potencia 1	Potencia 2	Potencia 1	Potencia 2
Distancia 1	Canal 1	Exp 1	Exp 4	Exp 7	Exp 10
	Canal 7	Exp 2	Exp 5	Exp 8	Exp 11
	Canal 11	Exp 3	Exp 6	Exp 9	Exp 12
Distancia 2	Canal 1	Exp 13	Exp 16	Exp 19	Exp 22
	Canal 7	Exp 14	Exp 17	Exp 20	Exp 23
	Canal 11	Exp 15	Exp 18	Exp 21	Exp 24

Tabla 135 Tabla de guía de comparación de Experimentos

Utilizando la Tabla de guía de comparación de Experimentos, se presentan a continuación los resultados de los experimentos clasificados de acuerdo a las variables independientes:

Los resultados de pérdidas de paquetes son organizados en la Tabla 136 Análisis en Pérdida de Paquetes.

Pérdida De paquetes		Enrutado		No Enrutado	
		Potencia 1	Potencia 2	Potencia 1	Potencia 2
Media aritmética					
Distancia 1	Canal 1	6.73	6.756	9.594	0
	Canal 7	0.51	3.594	7.378	3.783

	Canal 11	2.648	1.837	3.135	32.324
Distancia 2	Canal 1	2.486	0.027	2.756	2.243
	Canal 7	1.918	5.621	12.675	5.621
	Canal 11	29.891	23.594	2.297	28.972

Tabla 136 Análisis en Pérdida de Paquetes

Los resultados de Latencia son organizados en la Tabla 137 Análisis de Latencia.

Latencia Media aritmética		Enrutado		No Enrutado	
		Potencia 1	Potencia 2	Potencia 1	Potencia 2
Distancia 1	Canal 1	2.304	1.604	3.069	2.748
	Canal 7	1.780	1.565	2.734	2.469
	Canal 11	2.054	1.997	2.571	10.123
Distancia 2	Canal 1	1.526	2.313	2.315	2.313
	Canal 7	1.376	0.752	1.826	0.752
	Canal 11	6.244	9.216	4.452	8.670

Tabla 137 Análisis de Latencia

Los resultados de la tasa de transferencia son organizados en la Tabla 138 Análisis de Tasa de Transferencia.

Tasa de transferencia Media aritmética		Enrutado		No enrutado	
		Potencia 1	Potencia 2	Potencia 1	Potencia 2
Distancia 1	Canal 1	0.494	1.482	0.541	1.027
	Canal 7	1.277	1.473	0.908	1.348
	Canal 11	1.491	1.581	1.487	0.556
Distancia 2	Canal 1	3.860	3.723	2.449	3.723
	Canal 7	3.962	3.662	3.962	3.662
	Canal 11	1.816	0.834	1.318	0.817

Tabla 138 Análisis de Tasa de Transferencia

Los resultados de tiempo de transmisión y paquetes enviados al transmitir los datos con la herramienta SCP (como fue descrito en el punto 2.4.2.2⁵¹) son organizados en las Tabla 139 y Tabla 140.

⁵¹ Procedimiento para Ejecutar Wireshark y SCP. Página 41.

Tiempo de transmisión en capa de aplicación		Enrutado		no enrutado	
		Potencia 1	Potencia 2	Potencia 1	Potencia 2
Distancia 1	Canal 1	181.142	87.2714	131.19	126.152
	Canal 7	44.544	42.713	109.471	100.78
	Canal 11	67.291	38.1065	134.363	109.95
Distancia 2	Canal 1	31.248	24.377	49.494	56.297
	Canal 7	26.156	23.492	62.837	53.674
	Canal 11	117.197	132.812	179.63	140.186

Tabla 139 Análisis de Tiempo de Transmisión

Paquetes Transmitidos Media aritmética		enrutado		no enrutado	
		Potencia 1	Potencia 2	Potencia 1	Potencia 2
Distancia 1	Canal 1	2026	2207	2266	1943
	Canal 7	2087	2090	2202	2140
	Canal 11	2550	2020	2307	2210
Distancia 2	Canal 1	2084	1950	1925	1935
	Canal 7	1959	1939	2074	1935
	Canal 11	2310	2343	2498	2286

Tabla 140 Análisis Paquetes Transmitidos

Los resultados de Disponibilidad son organizados en la Tabla 141 Análisis de Disponibilidad.

Disponibilidad		Enrutado		no enrutado	
		Potencia 1	Potencia 2	Potencia 1	Potencia 2
Distancia 1	Canal 1	94.43%	93.24%	90.41%	100.00%
	Canal 7	99.49%	96.41%	92.97%	96.22%
	Canal 11	97.35%	98.16%	96.86%	67.68%
Distancia 2	Canal 1	97.51%	100.00%	97.24%	97.76%
	Canal 7	98.08%	94.38%	87.32%	94.38%
	Canal 11	70.11%	76.41%	97.70%	71.03%

Tabla 141 Análisis de Disponibilidad

Utilizando la escala de colores ubicamos los mejores valores de las variables independientes en las tablas 180, 181, 182, 183, 184, 185. Los valores son clasificados en un rango que permite obtener los experimentos con mejores resultados (Tabla 142).

PAQUETES PERDIDOS	LATENCIA	TASA DE TRANSFERENCIA	TIEMPO TRANSMISIÓN	PAQUETES	PAQUETES / SEGUNDO
Menos de 5% de paquetes perdidos	Rango entre 0.752 y 2.054 ms	Rango entre 1.473 y 3.962 mb / s	Rango entre 23.492 y 67.291 seg.	Rango entre 1925 y 2026 paquetes enviados	Rango entre 33.649 y 82.884

Tabla 142 Rango de configuraciones de mejores resultados de los Experimentos

Clasificamos los experimentos cuyos resultados coinciden con los valores de rangos establecidos de la Tabla 142. La Tabla 187 presenta el número de veces que un experimento cumple con los criterios establecidos en la Tabla 142 Rango de configuraciones de mejores resultados de los Experimentos

Rangos obtenidos (Número de Experimentos)							
Experimento	Ranking de Resultados	Paquetes perdidos	Latencia	Tasa de transferencia	Tiempo transmisión	Paquetes	Paquetes / segundo
		Menos de 5% de paquetes perdidos	Rango entre 0.752 y 2.054 ms	Rango entre 1.473 y 3.962 mb / s	Rango entre 23.492 y 67.291 seg.	Rango entre 1925 y 2026 paquetes enviados	Rango entre 33.649 y 82.884
1	2		X			X	
2	5	X	X		X	X	X
3	4	X	X	X			X
4	2		X	X			
5	5		X	X	X	X	X
6	6	X	X	X	X	X	X
7	1			X			

Rangos obtenidos (Número de Experimentos)							
Experimento	Ranking de Resultados	Paquetes perdidos	Latencia	Tasa de transferencia	Tiempo transmisión	Paquetes	Paquetes / segundo
		Menos de 5% de paquetes perdidos	Rango entre 0.752 y 2.054 ms	Rango entre 1.473 y 3.962 mb / s	Rango entre 23.492 y 67.291 seg.	Rango entre 1925 y 2026 paquetes enviados	Rango entre 33.649 y 82.884
8	0						
9	0						
10	2	X				X	
11	1						
12	0						

Tabla 143 Ranking de Experimentos con mejores resultados.

Rangos obtenidos (Número de Experimentos)							
Experimento	Ranking de Resultados	Paquetes perdidos	Latencia	Tasa de transferencia	Tiempo transmisión	Paquetes	Paquetes / segundo
		Menos de 5% de paquetes perdidos	Rango entre 0.752 y 2.054 ms	Rango entre 1.473 y 3.962 mb / s	Rango entre 23.492 y 67.291 seg.	Rango entre 1925 y 2026 paquetes enviados	Rango entre 33.649 y 82.884
13	6	X	X	X	X	X	X
14	6	X	X	X	X	X	X
15	1			X			
16	6	X	X	X	X	X	X
17	5		X	X	X	X	X
18	0						
19	6	X	X	X	X	X	X
20	4		X	X		X	X

2							
1	1	X					
2							
2	5	X	X	X		X	X
2							
3	4		X	X		X	X
2							
4	0						

Tabla 143 Ranking de Experimentos con mejores resultados.

En base al ranking encontrado en la Tabla 143 las configuraciones de los siguientes experimentos son las que obtuvieron mejores resultados:

Experimento	Ranking de Resultados
2	5
3	4
5	5
6	6
13	6
14	6
16	6
17	5
19	6
20	4
22	5
23	4

Tabla 144 Experimentos con mejores resultados

3.3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA APLICACIONES

Al realizar y analizar las pruebas fueron encontradas configuraciones que influyen positivamente en los resultados de determinadas variables de rendimiento y disponibilidad, por ejemplo existe buenos resultados en rendimiento en pérdidas de paquetes pero la latencia y tiempo de respuestas no son favorables. Este comportamiento afecta directamente al tipo de aplicación que va a ser ejecutada en el escenario relacionado a las variables independientes.

Utilizando tres tipos de aplicaciones que funcionan en una red encontraremos que configuraciones se ajustan mejor a las necesidades de cada tipo de aplicación.

Las tipos de aplicación son: aplicaciones tiempo real, interactivas y aplicación de proceso por lotes. En cada aplicación están agrupados los experimentos que obtienen resultados aceptables para el desempeño de la aplicación respectiva. Una configuración aceptable de las variables independientes de un experimento para una aplicación puede no ser recomendable para otra aplicación.

3.3.2 ANALISIS DE RESULTADOS PARA APLICACIONES EN TIEMPO REAL

Un sistema de tiempo real (STR) es aquel en el cual los resultados son correctos, no sólo si la computación es correcta, sino también el tiempo en el cual se producen los resultados.⁵² Los factores que afectan directamente en una aplicación en tiempo real están definidos en la Tabla 145.

Aplicación	Pérdida de Paquetes	Latencia	Tasa de Transferencia	Tiempo de Transmisión	Paquetes transmitidos	Disponibilidad
Tiempo Real	X	X	X	X	X	X

Tabla 145 Factores que Influyen en Aplicaciones Tiempo Real

Utilizando los datos de la Tabla 135 y los datos de la Tabla 144, las mejores configuraciones para aplicaciones de tiempo real son de los experimentos: 2, 3, 5, 6, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23 (Tabla 146)

		Enrutado		No Enrutado	
		Potencia 1	Potencia 2	Potencia 1	Potencia 2
Distancia 1	Canal 1				
	Canal 7	Exp 2	Exp 5		
	Canal 11	Exp 3	Exp 6		
Distancia 2	Canal 1	Exp 13	Exp 16	Exp 19	Exp22
	Canal 7	Exp 14	Exp 17	Exp 20	Exp23
	Canal 11				

Tabla 146 Configuraciones de Experimentos para Aplicaciones de tiempo Real

⁵² Donald Bruce Gillies (October 15, 1928 – July 17, 1975). Matemático canadiense y estudioso en Ciencias de la Computación.

3.3.3 ANALISIS DE RESULTADOS PARA APLICACIONES DE PROCESAMIENTO EN LOTES

Las aplicaciones de procesamiento por lotes, o modo batch, son los programas ejecutados sin el control o supervisión directa del usuario.

Las aplicaciones por procesamiento de lotes son utilizados en tareas repetitivas sobre grandes conjuntos de información, porque sería tedioso y propenso a errores realizarlo manualmente. Los factores que afectan directamente en una aplicación en tiempo real están definidos en la Tabla 147.

Aplicación	Pérdida de Paquetes	Latencia	Tasa de Transferencia	Tiempo de Transmisión	Paquetes transmitidos	Disponibilidad
Procesamiento por Lotes	X					X

Tabla 147 Factores que Influyen en Aplicaciones procesamiento por Lotes

Utilizando los datos de la Tabla 136 y los datos de la Tabla 141, las mejores configuraciones para aplicaciones por procesamiento por lotes son de los experimentos: 2, 3, 6, 9, 10, 13, 14, 16, 19, 20, 21, 22 (Tabla 148).

		Enrutado		No Enrutado	
		Potencia 1	Potencia 2	Potencia 1	Potencia 2
Distancia 1	Canal 1				Exp 10
	Canal 7	Exp 2			
	Canal 11	Exp 3	Exp 6	Exp 9	
Distancia 2	Canal 1	Exp 13	Exp 16	Exp 19	Exp 22
	Canal 7	Exp 14		Exp 20	
	Canal 11			Exp 21	

Tabla 148 Configuraciones de Experimentos para Aplicaciones de procesamiento por Lotes

3.3.4 ANALISIS DE RESULTADOS PARA APLICACIONES INTERACTIVAS

Un sistema interactivo es el sistema que se interrelaciona y depende de las acciones de un usuario para realizar una tarea, todo sistema en el que interactúan persona y máquina. Podríamos considerar interactivo desde un reproductor de dvd hasta un juego de ordenador en el que nuestras acciones determinan el trascurso de los procesos. Los factores que afectan directamente en una aplicación en tiempo real están definidos en la Tabla 149.

Aplicación	Pérdida de Paquetes	Latencia	Tasa de Transferencia	Tiempo de Transmisión	Paquetes transmitidos	Disponibilidad
Interactiva	X		X			X

Tabla 149 Factores que Influyen en Aplicaciones Interactivas

Utilizando los datos de la Tabla 136, los datos de la Tabla 141 y los datos de la Tabla 138, las mejores configuraciones para aplicaciones de interactivas son de los experimentos: 13, 14, 16, 19, 20, 22 (Tabla 150).

		Enrutado		No Enrutado	
		Potencia 1	Potencia 2	Potencia 1	Potencia 2
Distancia 1	Canal 1				
	Canal 7				
	Canal 11				
Distancia 2	Canal 1	Exp 13	Exp 16	Exp 19	Exp 22
	Canal 7	Exp 14		Exp 20	
	Canal 11				

Tabla 150 Configuraciones de Experimentos para Aplicaciones Interactivas

CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las siguientes conclusiones y recomendaciones están basadas en la experiencia obtenida durante el proceso de desarrollo y ejecución del proyecto. Las conclusiones están enfocadas a encontrar si el estudio realizado fue suficiente para responder en su totalidad y veracidad las hipótesis planteadas. Las recomendaciones dan una base para futuros proyectos referentes a temas similares que ayuden a la obtención de mejores resultados utilizando el estudio ya realizado.

4.1 CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones se exponen en base al análisis realizado en el capítulo anterior, sintetizando las respuestas a la hipótesis planteada en el punto **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** La hipótesis plantea que, al utilizar una potencia de transmisión mayor en los puntos de acceso, al existir una distancia menor entre ellos, emplear un canal de radio frecuencia alto y manejar un enrutamiento durante la transmisión en los nodos del SIE, la tasa de transferencia será mayor así como la latencia y pérdida de paquetes del enlace serán menores en el SIE.

- Los resultados obtenidos en la realización de los experimentos es apreciable la influencia de la distancia en la calidad de transmisión de datos entre los puntos que conforman la red inalámbrica. Los resultados obtenidos apuntan que a una menor distancia entre los nodos el rendimiento y disponibilidad del enlace es mejor.
- La utilización de enrutamiento en el SIE, influye en forma positiva sobre la calidad del enlace. Los protocolos de ruteo y en forma particular el grupo de protocolos TCP/IP, contemplan la pérdida de paquetes en la transmisión

de datos. Los resultados indican que, una red configurada con enrutamiento ofrece un mejor manejo de los paquetes en la red.

Pero los resultados no muestran que utilizar un canal de frecuencia alto durante la transmisión de información entre los nodos del SIE, favorezca al enlace inalámbrico. Los resultados de rendimiento y disponibilidad en algunos casos son favorables en los experimentos que fue usada la frecuencia 11, pero en otros experimentos esta tendencia cambia, por lo cual deben existir otros factores que alteren los resultados. Para establecer si un canal alto de frecuencia mejora el rendimiento y disponibilidad del SIE es necesario realizar más pruebas utilizando otros canales para confirmar su influencia en la calidad del enlace del SIE.

- Los resultados de los experimentos determinan que una potencia de transmisión afecta directamente el desempeño de la red, puesto que a mayor potencia genera mejores resultados de rendimiento y disponibilidad en el SIE.
- El estudio realizado muestra que la conectividad entre los puntos de acceso a nivel de la capa de enlace no garantiza la existencia de una comunicación a nivel de capa de aplicación. La conectividad depende del tipo de aplicación ejecutada. En el presente trabajo no se realizaron pruebas con aplicaciones UDP, pero estas obtendrían mejores resultados al no verse afectadas directamente de una excesiva pérdida de paquetes, para verificar que tipo de aplicaciones obtendrían mejores resultados es necesario realizar un estudio en base a este proyecto, experimentado directamente con la ejecución de aplicaciones sobre el SIE.
- La investigación determinó que la utilización de antenas para amplificar la señal de transmisión, influye directamente en la calidad de la red de datos. La utilización de un determinado tipo de antena (direccional, omnidireccional, bipolar, etc.) depende del tipo de solución que se quiere ofrecer. Esta es la razón por la que en el SIE se decidió utilizar antenas direccionales, de igual forma, la estabilidad física de las antenas ayuda a

tener un mejor enlace entre los puntos que conforman la red de datos. Para determinar con exactitud qué tipo de antena afecta directamente al rendimiento y disponibilidad, es necesario tomar como otra variable independiente, el tipo de antena a utilizar.

- Los resultados obtenidos de los experimentos en la investigación realizada, no fueron suficientes para determinar con exactitud, si el medio ambiente afecta directamente al desempeño del SIE, debido a la imposibilidad de controlar el aspecto meteorológico en los escenarios de ejecución de los experimentos. Es necesario realizar un mayor estudio, ejecutando todos los experimentos en diferentes situaciones climáticas para evidenciar si existe una influencia directa en los resultados de rendimiento y disponibilidad.
- El SIE permite reducir los costos de implementación al no necesitar licencias para su uso. La utilización de sistemas operativos y aplicaciones de software libre permiten una configuración a un nivel más específico y técnico.

4.2 RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones están basadas en la experiencia obtenida durante el proceso de desarrollo y ejecución de todo el proyecto. Las recomendaciones dan una base para futuras investigaciones referentes a temas similares.

- Luego de realizar el trabajo recomendamos que: previo a la utilización de un punto de acceso para el levantamiento de una red inalámbrica, se adquiera documentación sobre las capacidades tanto físicas como lógicas del equipo. Luego de leer la documentación recopilada, conocimos que la utilización de potencias de transmisión muy altas pueden ser perjudiciales para los seres humanos, de allí que la aplicación de esta capacidad debe

ser hecha bajo un criterio tanto de ubicación del dispositivo, como de cercanía a otros dispositivos electrónicos.

- Para establecer un sistema inalámbrico de características similares al SIE de este proyecto es necesario el cambio del software de los puntos de accesos, por uno que permita la creación de un enlace WDS de larga distancia y la configuración de las variables de potencia y canal frecuencia. Además, es necesario utilizar métodos de seguridad en una red inalámbrica de gran extensión para evitar el acceso al SIE por parte de terceras personas.
- Una aplicación de este proyecto es dar un marco de referencia para establecer una red inalámbrica en lugares que por su ubicación no poseen la suficiente infraestructura. De esta forma, ciertas organizaciones podrían aplicar lo expuesto en esta investigación para sus programas de desarrollo humano e integración de tecnología con comunidades y grupos étnicos. Es importante destacar las ventajas de la aplicación del SIE, tales como la reducción de costos de implementación, y el menor impacto ecológico al instalarlo en las zonas rurales y periféricas.
- Para mejorar la disponibilidad y rendimiento del SIE, se podría utilizar estaciones repetidoras de señal, ubicadas estratégicamente entre los puntos de acceso ó a su vez, instalar varios puntos de acceso conectados y configurados al SIE, los que harían las funciones de estaciones repetidoras de señal, a más de proporcionar acceso a la red en lugares cercanos.
- En el ámbito de las telecomunicaciones es importante conocer el marco legal del Ecuador para saber claramente los equipos y tecnologías cuyo funcionamiento está autorizado en el país, esta práctica es recomendable para evitar problemas durante el desarrollo del proyecto.

- Para realizar el levantamiento de una red inalámbrica, se necesita adquirir documentación de los dispositivos inalámbricos como del software a utilizar. Esto debe realizarse previo a la aplicación, para conocer el potencial de los mismos. El aumento de potencia de transmisión en la señal de un equipo, puede llevar al deterioro prematuro de este. Un equipo usado a su máxima capacidad por periodos prolongados de tiempo disminuye su vida útil, por tanto, es importante conocer a fondo las ventajas y limitaciones de la tecnología que se desea utilizar, comparándola con otras disponibles para sacar mayor provecho. Continuamente son lanzados al mercado nuevos equipos y tecnologías, esto es un aspecto importante al momento de diseñar una red, en especial y más si se habla de una red inalámbrica. Esta tecnología presenta un acelerado desarrollo. El criterio para la selección de equipos es escoger aquellos que estén debidamente probados, además de estar basados en estándares y con garantía de compatibilidad entre equipos de distintos fabricantes. De esta forma se trata de evitar la actualización o cambio de dispositivos en el corto y mediano plazo. La tecnología inalámbrica utilizada en el proyecto fue elegida por demostrar las mejores prestaciones en instalación, costo y disponibilidad en el mercado local.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- Regis V. Bales; “Comunicaciones Inalámbricas” Editorial Mc. Graw Hill 1. Edición, 2003
- Platnet 3 Wirelles Inc.; “Certified wireles network Administratos” 1. Edición 2002
- Andrew Tanenbaum; “Redes de computadores”, Prentice H. México

Direcciones Electrónicas:

- <http://exa.unne.edu.ar/depar/areas/informatica/SistemasOperativos/MonogSO/REDES02.htm>, Tipos de redes
- <http://www.monografias.com/trabajos/redesinalam/redesinalam.shtml> , Aguirre José Edgar, Redes Inalámbricas
- <http://www.tech-faq.com/lang/es/wi-fi-software-tools.shtml> , ¿Cuáles son Wi-Fi herramientas de software?
- http://www.tutiempo.net/clima/Quito_Mariscal_Sucre/2008/840710.htm, Aeropuerto Mariscal Sucre
- www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/disenio_de_experimentos.pdf , FUNDIBEQ

Tesis:

- MAYRA AYO, Veronica Yacelga; Diseño e Implementación de una Wireless con Tecnología Ofdm; EPN; Quito; Ecuador; 2005
- ERIKA DUEÑAS, Belgica Velasco; Evaluación del Desempeño En Redes Inalámbricas; EPN; Quito; Ecuador; 2005

- WALTER MARROQUIN, Sandra Meza; Estudio Experimental de Enrutamiento Rip Y Ospf para Redes Ip, Basados en Modelos De Infraestructura Disponibles En Ecuador; EPN; Quito; Ecuador; 2003

ANEXOS

Glosario

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PROPÓSITO

El presente documento cumple con el objetivo de complementar la documentación, proporcionando conceptos que clarifiquen las definiciones de términos utilizados en el trabajo.

1.2 ALCANCE

El documento de glosario contiene definiciones o conceptos de términos que han sido mencionados a lo largo de la documentación generada en el proceso de desarrollo este proyecto.

2 ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

AP	Acces Point – Punto de Acceso
BSS	Basic Service Set – Conjunto de Servicio Básicos.
ESS	Extended Service Set – Conjunto de Servicio Extendidos.
Ethernet	Estándar de redes de computadoras de área local.
FTP	(File Transfer Protocol) - Protocolo Transferencias Archivos.
GHz	Gigahercio es un múltiplo de la unidad de medida de frecuencia hercio (Hz) y equivale a 10 ⁹ Hz.
ICMP	Internet Control Message Protocol.
IP	Número que identifica de manera lógica una interfaz de red.
km	Kilómetros.
LAN	Local Area Network: Red de área local
MAC	Medium Access Control address - Dirección de control de acceso al medio
MAN	Metropolitan Area Network
mW	milivatio o miliwatt es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades.
RC4	Rivest Cipher 4 - Sistema simétrico de cifrado de flujo

SIE	Sistema Inalámbrico Experimental.
ssh	Secure Shell -intérprete de comandos seguro- es el nombre de un protocolo y del programa que lo implementa.
scp	Secure Copy es un medio de transferencia segura de archivos informáticos.
TCP	(Transmission-Control-Protocol) -Protocolo de Control de Transmisiones uno de los protocolos fundamentales en Internet.
TCP/IP	Conjunto de protocolos de red en la que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre redes de computadoras.
TTL	(Time To Live) -Tiempo de Vida- Concepto usado en redes de computadores para indicar por cuántos nodos puede pasar un paquete antes de ser descartado por la red o devuelto a su origen.
UDP	(User Datagram Protocol) Es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas.
WDS	Wireless Distribution System – Sistema Inalámbrico de Distribución
WEP	Wired Equivalency Privacy

3 DEFINICIONES

3.1 DEFINICIONES GENERALES

3.1.1 LATENCIA

En redes informáticas de datos se denomina latencia a la suma de retardos temporales dentro de una red.

3.1.2 IEEE 802.11

Estándar que 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.

3.1.3 PING

Utilidad que comprueba el estado de la conexión con uno o varios equipos remotos por medio de los paquetes de solicitud de eco y de respuesta de eco.

3.1.4 ETHERNET

Estándar de redes de computadoras de área local.