



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“CIUDAD DIGITAL: DISEÑO DE REDES WI-FI PARA LA CIUDAD DE  
GUAYAQUIL”**

## **INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELETRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:

**Antonio Alejandro Paucar Niola**

Guayaquil - Ecuador

AÑO – 2015

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por guiar mi camino a mis padres por su apoyo incondicional, a mis queridos 3 hermanos, mi familia en general, a mis profesores en este largo camino de enseñanza y en especial el Ing. Cesar Yépez que me guio en este laborioso proyecto.

## DEDICATORIA

Dedicado a mis queridos padres Luis Antonio Paucar y mi hermosa madre Julia Mercedes Niola, este esfuerzo es dedicado a ustedes por haber resuelto con coraje las adversidades de la vida y así pudieran brindarme la educación necesaria para que el día de hoy su hijo pueda culminar una meta en la vida académica.

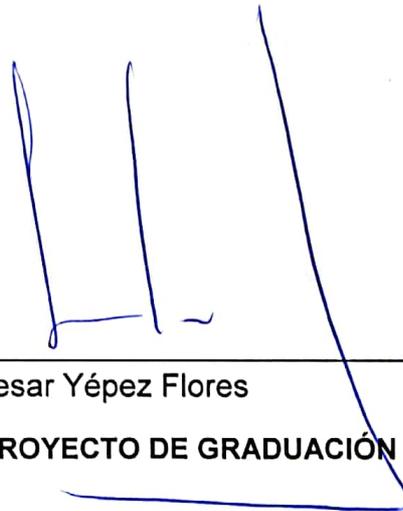
## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



---

Msc. Sara Ríos O.

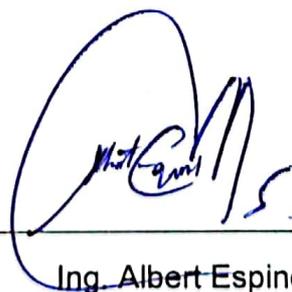
**SUB- DECANA DE LA FIEC**



---

Ing. Cesar Yépez Flores

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN**



---

Ing. Albert Espinel S.

**PROFESOR MIEMBRO PRINCIPAL DEL  
TRIBUNAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en el presente informe, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)

  
Antonio Alejandro Paucar Niola

## RESUMEN

Hoy en día en un mundo globalizado y con la prioridad de estar conectado a internet, se busca las facilidades para que las personas puedan conectarse sin cables, de una manera rápida y segura. La tecnología inalámbrica da paso a las redes WI-FI las cuales nos permiten estar conectados de una manera fácil, dándole movilidad y seguridad al usuario, dando una eficiente cobertura a mercados donde las clásicas conexiones por cable coaxial, ADSL, y fibra óptica no llegan.

Las redes WI-FI están diseñadas para trabajar en el rango de frecuencia de las bandas no licenciadas, esto permite disminuir costos a diferencias de los sistemas celulares, si se requiere diseñar una red WI-FI en un área metropolitana.

En base a esta tecnología el municipio de Guayaquil se acoge para poder convertir la ciudad en una *CIUDAD DIGITAL* la cual consiste en cubrir la mayor parte de la ciudad con puntos WI-FI aproximadamente 6000 puntos repartidos en diferentes zonas de la urbe y así que cualquier transeúnte pueda conectarse y disfrutar del servicio el cual por parte del municipio es gratis por un lapso de tiempo.

La realización de este trabajo tiene como principal objetivo plantear un diseño de una red WI-FI para la ciudad de Guayaquil bajo las exigencias del municipio que está interesado en realizar una inversión importante que permita de ser factible una conexión gratuita realizando los respectivos análisis técnicos, regulatorios, estadísticos y económicos que permita la conexión a internet a los usuarios de la perla del pacifico y dar un gran paso como lo están haciendo otras ciudades.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	v
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ABREVIATURAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	xviii
CAPÍTULO 1.....	1
1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	1
1.1 Objetivo .....	3
1.2 Justificación.....	3
1.3 Metodología.....	4
1.4 Limitaciones .....	4
2 REDES WI-FI .....	6
2.1 Principios de Radio Frecuencia de las Redes Inalámbricas.....	6
2.1.1 Factores que afectan la potencia y transmisión de una señal inalámbrica .....	8
2.1.2 Topología Inalámbrica .....	13
2.1.3 Estándar IEEE 802.11 .....	16
2.1.3.1 Topologías básicas de la red.....	21
2.1.3.2 Modelo de Referencia .....	24
2.1.3.2.1 Capa Física .....	26
2.1.3.2.2 Tecnologías de Transmisión.....	27
2.1.3.3 Capa Mac.....	35

2.1.3.3.1	Función de Coordinación Distribuida .....	35
2.1.3.3.1.1	Protocolos y técnicas de acceso al medio.....	36
2.1.3.3.2	Formato de la trama MAC .....	42
2.1.3.4	Seguridad.....	46
2.1.3.4.1	SSID.....	46
2.1.3.4.2	Filtrado de direcciones MAC.....	47
2.1.3.4.3	Autenticación y Encriptación.....	48
2.1.3.4.3.1	WEP (Wired Equivalent Privacy).....	48
2.1.3.4.3.2	WPA y WPA2.....	50
2.1.4	Estándares Wireless 802.11 .....	56
2.1.4.1	Protocolo Original 802.11 .....	56
2.1.4.2	Protocolo 802.11b .....	57
2.1.4.3	Protocolo 802.11g .....	57
2.1.4.4	Protocolo 802.11a .....	58
2.1.4.5	Protocolo 802.11n .....	59
2.1.4.6	Protocolo 802.11ac.....	61
2.2	Gestión de Red.....	62
2.2.1	Administración de la red .....	63
2.2.2	Herramientas de gestión de red.....	67
2.3	Equipos de Transmisión y Soporte para la Red WI-FI .....	72
2.3.1	Antenas .....	72
2.3.1.1	Antenas (dipolo) Omnidireccionales .....	73
2.3.1.2	Antenas Semi-direccionales .....	74
2.3.1.3	Antenas Altamente - direccional .....	76
2.3.2	Power over Ethernet (PoE).....	81
2.3.3	Equipos principales .....	82
2.3.3.1	Punto de acceso.....	82
2.3.3.2	WLC (Wireless LAN Controller) .....	85
CAPÍTULO 3.....		88

3	MARCO REGULATORIO DEL USO DE LA BANDA NO LICENCIADA PARA EL PROYECTO WI-FI A GRAN ESCALA. ....	88
3.1	Análisis de reglamentos de servicios de Telecomunicaciones. ....	88
3.2	Definición de servicios a prestar para el diseño de la red WI-FI.....	93
3.3	Procedimientos Técnicos y Regulatorios para la puesta en operación el proyecto WI-FI a gran escala en Guayaquil.....	93
3.3.1	Normas para la implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha. ....	94
3.3.2	Anexo no correspondiente a la resolución, pero parámetros establecidos por IEEE en el estándar 802.11n y 802.11ac. ....	103
	CAPÍTULO 4.....	106
4	RECOPIACIÓN DE ESTADÍSTICAS .....	106
4.1	Definición de la información deseada. ....	106
4.2	Recopilación de información: Censo, Gobierno, Municipio .....	107
4.2.1	Entidades Gubernamentales. ....	113
4.3	Clasificación de la información. ....	114
	CAPÍTULO 5.....	141
5	DISEÑO DE LA RED WI-FI EN LA CIUDAD GUAYAQUIL .....	141
5.1	Definiciones de zonas.....	141
5.2	Cobertura .....	142
5.2.1	Esquema del diseño de una RED WIFI .....	142
5.2.1.1	Topología física de la Red WI-FI .....	143
5.2.1.2	Equipos para cubrir zonas propuestas.....	146
5.2.1.3	Conexión entre capas.....	152
5.2.2	Diseño de cobertura .....	154
5.3	Controladoras de Red.....	165
5.3.1	Segmentación de red y Roaming de zonas. ....	167
5.4	Capacidad y seguridad de la Red.....	172
5.4.1	Cálculo de ancho de banda .....	172

5.4.2	Restricciones de la Red.....	176
5.4.3	Autenticación de usuarios y tiempo de conectividad.....	177
CAPÍTULO 6.....		184
6	MEJORAS RESPECTO AL PROYECTO OFRECIENDO OTROS SERVICIOS UTILIZANDO RED WI FI A GRAN ESCALA EN GUAYAQUIL.....	184
6.1	Reutilización de la nueva red WI-FI para servicio de Offloading .....	184
6.1.1	Offloading.....	184
6.1.2	Aplicación de Offloading en proyecto WI-FI Guayaquil. ....	188
6.2	Posibilidad de prestar servicio en otras ciudades y servicio de Roaming	190
CAPÍTULO 7.....		194
7	SIMULACIONES PRÁCTICAS .....	194
7.1	Simulación y análisis del tráfico de datos y espectro radioeléctrico con las proveedoras de equipamiento de la red WI-FI.....	194
7.1.1	Tráfico de datos de la red que está en las estaciones de la Metrovía 195	
7.1.2	Análisis del espectro radioeléctrico.....	200
7.2	Interferencias por uso de frecuencias y por volúmenes de tráfico.....	207
7.2.1	Interferencias por uso de frecuencias .....	207
7.2.2	Interferencia por volumen de tráfico de datos de la red que está en las estaciones de la Metrovia .....	210
CAPÍTULO 8.....		215
8	RENTABILIDAD DEL USO DE WI-FI A GRAN ESCALA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.....	215
8.1	Análisis de costos de inversión y mantenimiento para la implementación de una nueva Red WI-FI a gran escala .....	215
8.2	Financiamiento por publicidad: Análisis del potencial comercial en las zonas de la ciudad de Guayaquil definidas para el financiamiento .....	221
8.3	Alternativas de financiamiento .....	224

8.3.1	Financiamiento por prestación de servicio a las operadoras celulares por medio de offloading .....	224
8.3.2	Financiamiento por prestación de servicio WI-FI prepago por una tarifa semanal 228	
8.3.3	Flujo de caja .....	230
	CONCLUSIONES .....	233
	RECOMENDACIONES .....	235
	BIBLIOGRAFÍA.....	237

## ABREVIATURAS

<b>AP</b>	Punto de Acceso
<b>CPE</b>	Equipo local del cliente
<b>DHCP</b>	Protocolo de asignación automática de IP.
<b>ISP</b>	Proveedor de servicio de Internet
<b>IP</b>	Protocolo de Internet
<b>LAN</b>	Red local inalámbrica
<b>PtP</b>	Punto a punto
<b>TIC</b>	Tecnología de la información y Comunicación
<b>WLC</b>	Controlador inalámbrico
<b>WLAN</b>	Red Local inalámbrica

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Espectro Electromagnético [5] .....	7
Figura 2.2 Irradiación de la señal de un punto de acceso .....	9
Figura 2.3 Multitrayectoria de la señal .....	10
Figura 2.4 Fenómeno de Refracción de una onda .....	11
Figura 2.5 Interferencia por Reflexión .....	11
Figura 2.6 Línea de Vista .....	12
Figura 2.7 Topología Inalámbrica .....	14
Figura 2.8 Componentes de servicio Básicos .....	18
Figura 2.9 Sistema de Distribución .....	19
Figura 2.10 Conjunto de Servicios Básicos .....	20
Figura 2.11 Portal .....	20
Figura 2.12 Conexión Modo Ad- Hoc .....	21
Figura 2.13 Conexión Ad- Hoc con varias estaciones .....	22
Figura 2.14 Topología BSS .....	23
Figura 2.15 Topología modo ESS .....	24
Figura 2.16 Modelo de Referencia .....	25
Figura 2.17 Familia IEEE 802.11 .....	27
Figura 2.18 Representación de FHSS .....	29
Figura 2.19 Espectro de la señal utilizando FHSS .....	29
Figura 2.20 Representación de la Secuencia Baker .....	31
Figura 2.21 Espectro de la Señal Utilizando DSS .....	31
Figura 2.22 Canales de frecuencia .....	32
Figura 2.23 Representación de OFDM [12] .....	34
Figura 2.24 Representación estación de zona oculta .....	38
Figura 2.25 Estación expuesta .....	39
Figura 2.26 Uso de los protocolos RTS/CTS .....	40
Figura 2.27 Representación envío recepción de la trama .....	41
Figura 2.28 Representación de la autenticación usando el protocolo EAP [4] .....	53
Figura 2.29 Representación de MIMO [14] .....	60
Figura 2.30 Representación de los canales espaciales [14] .....	61
Figura 2.31 Representación de OBJETOS [15] .....	65
Figura 2.32 Software de Gestión Ruckus I [17] .....	69
Figura 2.33 Software de Gestión Ruckus II [17] .....	70
Figura 2.34 software de gestión CISCO I [18] .....	71
Figura 2.35 Software de gestión CISCO II [18] .....	71

Figura 2.36 Área de cobertura de una Antena Omnidireccionales [9] .....	73
Figura 2.37 Muestra de Antenas Omnidireccionales [9] .....	74
Figura 2.38 Muestra de diferentes tipos de Antenas Semi-direccionales [9] .....	75
Figura 2.39 Área de cobertura de una Antena Semi-Direccional [9].....	75
Figura 2.40 Patrón de radiación de una antena Altamente direccional [9].....	76
Figura 2.41 Ejemplo de una Antena parabólica altamente direccional [9] .....	77
Figura 2.42 Muestra de una antena de rejilla altamente direccional [9].....	77
Figura 2.43 Polarización Vertical y Horizontal [3].....	79
Figura 2.44 Polarización Circular [3] .....	79
Figura 2.45 Instalación POE [9] .....	82
Figura 2.46 Equipo WLC Ruckus modelo Zone Director 3000 .....	85
Figura 2.47 Equipo WLC Cisco modelo 2504 .....	86
Figura 2.48 Roaming de Capa 2 [3] .....	87
Figura 2.49 Roaming de Capa 3 [3].....	87
Figura 4.1 Porcentaje de personas que tienen acceso al Internet por provincia en el 2013 [25] .....	108
Figura 4.2 Lugar de uso de Internet por área (2013) [25].....	109
Figura 4.3 Estadísticas lugar de uso de servicio del servicio de internet por estatus social (2012), No Pobres [25].....	110
Figura 4.4 Estadísticas lugar de uso de servicio del servicio de internet por estatus social (2012), Pobres [25] .....	111
Figura 4.5 Estadísticas de Razones de Uso de internet [25].....	112
Figura 4.6 Estadística de personas con un teléfono inteligente a nivel nacional [25]. .....	112
Figura 4.7 Porcentaje de personas que tienen teléfono inteligente (SMARTPHONE) - por provincia (2012) [2].....	113
Figura 4.8 Puntos WI-FI por parte del municipio I .....	115
Figura 4.9 Puntos WI-FI por parte del municipio II .....	116
Figura 4.10 Puntos WI-FI por parte del municipio III .....	116
Figura 4.11 Puntos WI-FI por parte del municipio IV .....	117
Figura 4.12 Puntos WI-FI por parte del municipio V .....	117
Figura 5.1 Esquema básico de la red WI-FI para la ciudad de Guayaquil. ....	144
Figura 5.2 Esquema alternativo de la Red WI- FI para la ciudad de Guayaquil.....	145
Figura 5.3 Equipo Cisco 2901 .....	146
Figura 5.4 Equipo CISCO SG300-20 .....	148
Figura 5.5 Equipo Ruckus serie 7782 .....	151
Figura 5.6 Conexión de los Niveles 1 y 2.....	153
Figura 5.7 Mapa de Cobertura de NETLIFE-TELCONET [27].....	154
Figura 5.8 Zona de Prueba de cobertura del Punto de Acceso.....	155
Figura 5.9.5 Potencia del AP1 en función de la distancia.....	159
Figura 5.10.5 Potencia del AP2 en función de la distancia.....	159

Figura 5.11 Cobertura Aproximada de los puntos de acceso en la zona de prueba	160
Figura 5.12 Diseño de Cobertura	161
Figura 5.13 Esquema de Diseño en toda la Av. 9 de Octubre	163
Figura 5.14 Controlador Inalámbrico (WLC) modelo SCG 200 Ruckus	166
Figura 5.15 Esquema de la segmentación de la Red WI-FI	169
Figura 5.16 Parámetros de configuración del servicio de Hotspot en WLC Ruckus [28]	179
Figura 5.17 Parámetros de Configuración de un servidor AAA para WLC Ruckus [28]	179
Figura 5.18 Esquema del Portal Cautivo proceso a [28]	180
Figura 5.19 Esquema del Portal Cautivo proceso b [28]	181
Figura 5.20 Proceso de Autenticación [28]	181
Figura 5.21 Autenticación Completa [28]	182
Figura 6.1 Total (uplink + downlink) Tráfico Móvil Mensual Móvil (PetaBytes) [29]	185
Figura 6.2 Repartición en el mercado de las Operadoras Celulares [42]	186
Figura 6.3 Diagrama de Bloques del proceso de Offloading [31] [33]	187
Figura 6.4 Puntos de cobertura WI-FI propuesto por el municipio de Guayaquil descritos en el Capítulo 4	188
Figura 6.5 Controlador Ruckus SCG 200 realizando proceso Offloading [34]	189
Figura 6.6 Servicio de WI-FI y servicio de Offloading	190
Figura 6.7 Esquema de Roaming entre dos ciudades bajo la misma infraestructura WI-FI	192
Figura 7.1 Tráfico WI-FI Metrovia estación las Monjas	196
Figura 7.2 Tráfico WI-FI Metrovia estación Plaza del Centenario	197
Figura 7.3 Tráfico WI-FI Metrovia estación Jardines del Malecon	198
Figura 7.4 Tráfico WI-FI Metrovia estación Terminal Guasmo	198
Figura 7.5 Tráfico WI-FI Metrovia estación Terminal Bastión	199
Figura 7.6 Redes Propagadas por el punto de Acceso ubicado en el Parque Seminario	201
Figura 7.7 Canales de los radios del punto de acceso en el espectro electromagnético en la banda de 2.4 GHz y 5GHz (Parque Seminario)	201
Figura 7.8 Información de la red Telconet en la banda 5 GHz (Parque Seminario)	202
Figura 7.9 Información de la red Telconet en la banda 2.4 GHz (Parque Seminario)	203
Figura 7.10 Redes Propagadas por el punto de Acceso ubicado en 9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa	204
Figura 7.11 Canales de los radios del punto de acceso en el espectro electromagnético en la banda de 2.4 GHz y 5GHz (9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa)	204
Figura 7.12 Información de la red Telconet en la banda 5 GHz (9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa)	205

Figura 7.13 Información de la red Telconet en la banda 2.4 GHz (9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa) .....	206
Figura 7.14 Redes WI-FI Propagadas ubicado en el Parque Seminario .....	207
Figura 7.15 Uso de Canales de todas las redes WI-FI en el espectro electromagnético en la banda de 2.4 GHz y 5GHz (Parque Seminario).....	208
Figura 7.16 Redes WI-FI Propagadas ubicado en la calle 9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa.....	209
Figura 7.17 Uso de Canales de todas las redes WI-FI en el espectro electromagnético en la banda de 2.4 GHz y 5GHz (calles 9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa).....	209
Figura 7.18 Tráfico mensual WI-FI Metrovia, estación Las Monjas .....	210
Figura 7.19 Tráfico mensual WI-FI Metrovia, estación Plazo Centenario .....	211
Figura 7.20 Tráfico mensual WI-FI Metrovia, estación Jardines del Malecon.....	212
Figura 7.21 Tráfico mensual WI-FI Metrovia, estación Terminal Guasmo .....	213
Figura 7.22 Tráfico mensual WI-FI Metrovia, estación Terminal Bastión.....	214
Figura 8.1 Posicionamiento en el Mercado de los ISP's en el Ecuador [41].....	229
Figura 8.2 Flujo de Caja y TIR .....	232

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Campos de la trama MAC [7] .....	43
Tabla 2 Campos Control de la trama MAC [7].....	45
Tabla 3 Puntos de Acceso Ruckus y Cisco con sus respectivas características .....	83
Tabla 4 Bandas utilizadas para las técnicas de Modulación .....	95
Tabla 5 Modulación de Ancho de Banda [23].....	97
Tabla 6 Densidad de P.I.R.E.....	100
Tabla 7 Regulación de Equipos en base al rango de Potencia, .....	101
Tabla 8 Límites de Potencia en base a la banda de operación [23] .....	102
Tabla 9 MSC para el estándar 802.11n [24].....	104
Tabla 10 MSC para el estándar 802.11ac [24].....	105
Tabla 11 Puntos de zonas WI-FI propuestos por el municipio (Documentación Provista por el Municipio de Guayaquil) .....	140
Tabla 12 Vista de la Zona de Prueba.....	141
Tabla 13 Comparación de Equipos WI-FI .....	150
Tabla 14 Descripción de equipos y software para pruebas de cobertura en campo .....	157
Tabla 15 Recopilación de la Potencia Recibida con respecto al AP1.....	157
Tabla 16 Recopilación de la Potencia Recibida con respecto al AP2.....	158
Tabla 17 Segmentación IP de toda la red WI-FI.....	170
Tabla 18 Aplicaciones en internet con su correspondiente tasa de transferencia aproximada [4].....	173
Tabla 19 Diferentes subredes con su respectivo ancho de banda. ....	175
Tabla 20 Valores Equipos Capa de Distribución [35] [36] .....	216
Tabla 21 Valores Equipos Capa de Acceso [37] .....	216
Tabla 22 Valores de Equipos Controlador/Gestión de Red [38] .....	217
Tabla 23 Valor de Vehículo de Movilización.....	217
Tabla 24 Desglose de costo total de Equipos .....	218
Tabla 25 Valores por costos de Mantenimiento .....	219
Tabla 26 Valores de instalación de la última milla.....	219
Tabla 27 Costo de Ancho de Banda .....	220
Tabla 28 Consumo de ancho de banda y su representación económica .....	227
Tabla 29 Ingresos por uso de offloading del 0.6% de las personas que usa plan de datos en Guayaquil.....	228
Tabla 30 Ingresos por prestación de servicio WI-FI Guayaquil por parte del 0.8% de aceptación de usuarios .....	230

## INTRODUCCIÓN

Guayaquil con una población de aproximadamente 2.5 millones de habitantes, siendo una de las principales ciudades del Ecuador por medio del municipio requiere convertirse en una ciudad digital lo que en otras ciudades del mundo es una realidad. Para poder realizar esto se necesita implementar un proyecto que abastezca a la ciudad del servicio WI-FI para que la mayoría de las personas que actualmente tengan un teléfono inteligente, Tablet, etc. puedan conectarse y tengan acceso a internet, a un bajo costo y de ser factible sin ningún costo beneficiando al ciudadano común en diferentes tipos de usos de que pueden realizar con una conexión gratis (comunicación, información, turismo, ocio, etc.).

Para poder realizar este proyecto se analizará la tecnología WI-FI la cual se basa en el estándar IEEE 802.11, para poder tener el conocimiento técnico necesario para realizar un estudio de ingeniería para una futura implementación.

Para poder plantear el proyecto también se requiere revisar los diferentes requerimientos y reglamentos legales que depende del marco regulatorio de

las telecomunicaciones del país, como la potencia máxima permitida del punto de acceso WI-FI y otros aspectos técnicos para poner en puesta de operación el proyecto.

Es necesario el estudio del diseño de la red para una infraestructura de gran magnitud debido que hay que optimizar recursos, verificar que tipos de equipos (puntos de acceso y controladores inalámbricos) son los más adecuados, además del ancho de banda requerido de la red para que cada usuario pueda tener una conexión sin problemas de tal forma que se sienta a gusto de poder usar este servicio.

Después de los planteamientos de diseño hay que comparar con esquemas o servicios de igual similitud para proyectarse que podría pasar y tener un plan de contingencia, un servicio que se ofrece de igual similitud es el WI-FI gratis en la metróvía.

Finalmente se debe realizar el estudio económico con todos los gastos e ingresos, además de plantearse que otros posibles servicios se pueden brindar para obtener ingresos adicionales que se tendría al momento de implementarlo, para tener una base que el proyecto es rentable o no.

# **CAPÍTULO 1**

## **1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN**

La necesidad de conectarse al mundo, hoy pasa a ser una prioridad básica para el ser humano especialmente en los países desarrollados pero los países en vías de desarrollo como el nuestro necesitan incluirse a esa necesidad para ser parte de la sociedad de la información. Uno de los problemas está en la forma en cómo ayudamos a los ciudadanos específicamente de la ciudad de Guayaquil con alternativas para poder conectarse a Internet, independientemente de su clase social.

Podemos tomar como referencia las cifras del último Censo de Población y Vivienda en donde 174.478 hogares en Guayaquil disponen de una computadora. En cambio, 104.633 tienen Internet [1]. En base a las cifras citadas podemos ver que hay problemas para que la mayoría de la población de Guayaquil pueda conectarse y cubrir esa brecha digital al acceso a la red.

También debemos tomar en cuenta que uno de los grandes problemas es el costo del servicio de Internet no toda la población está en condiciones de pagar mensualmente el servicio de Internet cabe además recalcar que hay personas que solo necesitan el servicio a ciertas horas y no hay tiempo para ir a un establecimiento para alquilar el servicio, pero si esa persona posee un dispositivo WIFI y puede conectarse a una red inalámbrica puede realizar su actividad con toda normalidad.

Si tenemos en cuenta que en la provincia del Guayas es la que posee el mayor porcentaje con un teléfono inteligente (incluye tecnología WI-FI), 20,8% [2] con respecto a todas las provincias del país y la mayoría de las personas pertenecen a la ciudad de Guayaquil, se prevé que es viable una alternativa inalámbrica para tratar de cubrir esa brecha digital y poder convertir a la ciudad de Guayaquil en una ciudad digital.

En base a los argumentos citados, en los párrafos anteriores podemos concluir que el problema para el ciudadano de Guayaquil son las pocas alternativas, dificultad y el alto costo para la conexión a Internet.

## 1.1 Objetivo

Se plantean dos objetivos fundamentales:

- Analizar y contribuir con la investigación de alternativas para que en sectores de la ciudad de Guayaquil se tenga una mejor conectividad al internet, con tecnología inalámbrica; analizar la rentabilidad del proyecto, su sustentabilidad y su puesta en práctica.
- Plantear una solución de red que complemente a los servicios móviles existentes y que permitan que la población, a través de una mejor conectividad, ser eficiente en las actividades diarias que realiza y que se soportan en el internet.

## 1.2 Justificación

Con este proyecto se pretende analizar si es posible generar sustentablemente, redes WIFI en ciertos sectores de la ciudad de Guayaquil, para que los ciudadanos que transitan en estos sectores puedan, a un bajo costo y si es posible a ningún costo, tener acceso a internet.

### **1.3 Metodología**

Por medio de la investigación de cifras y estadísticas recogidas por parte de los departamentos Gubernamentales, Municipios y de instituciones dedicadas a obras sociales, se determinarán las zonas de cobertura con la red WI-FI, realizando el respectivo estudio de ingeniería para su implementación.

Se buscarán alternativas de financiamiento para cada uno de los sectores a cubrir, en base a publicidad comercial de establecimientos ubicados en dichos sectores.

### **1.4 Limitaciones**

Las limitaciones del proyecto básicamente consisten a las pruebas prácticas las cuales dependemos de una de las empresas en competencia como Telconet, Movistar, Tv Cable que están dispuestos a implementar la Red WI-FI y nos den las facilidades de verificar equipos, configuraciones, gráficas de tráfico, para poder

realizar el análisis correspondiente y poder plasmarlo en el proyecto.

## **CAPITULO 2**

### **2 REDES WI-FI**

Las redes WI-FI, nos permiten conectarnos a través de cualquier dispositivo que cuente con esta tecnología, en tiempo real, no importa la marca del producto siempre que trabaje bajo el estándar IEEE802.11, esto ha hecho popularizar esta tecnología que ya es usada para dar conectividad a universidades, ayuntamientos, escuelas, parques, empresas.

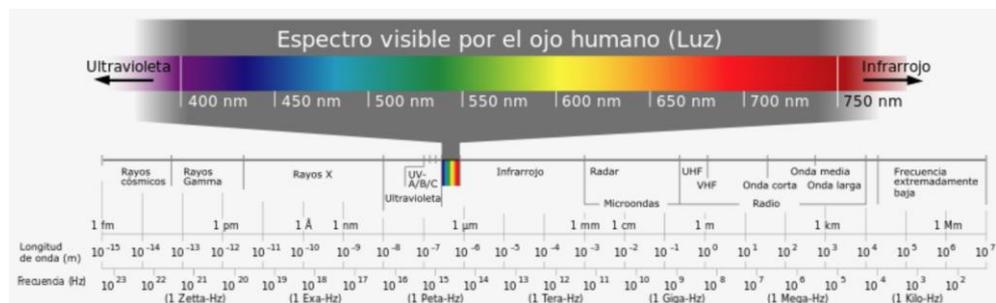
En este capítulo se analizaran las diferentes características, funcionalidades de este estándar además de que problemas presenta como toda red inalámbrica y la información básica que debemos tener en cuenta para el levantamiento de una red inalámbrica.

#### **2.1 Principios de Radio Frecuencia de las Redes Inalámbricas.**

Las comunicaciones por radiofrecuencia están caracterizadas por su longitud de onda medida en metros que es básicamente la distancia entre las crestas sucesivas de una onda. La señal de la

onda que comienza como una señal CA (corriente alterna) se genera por transmisor dentro de un punto de acceso y se envía a la antena en donde se irradia como una onda sinusoidal, durante este proceso la corriente cambia por lo tanto se produce un campo electromagnético alrededor de la antena y esta transmite señales eléctricas y magnéticas [3].

Un término muy importante y siempre a utilizar es la frecuencia y es medida en Hertzios (Hz) la cual representa el número de ondas enteras que pasan por un punto fijo en un segundo, conociendo estos dos términos podemos verificar la siguiente figura del espectro radioeléctrico [4].



**Figura 2.1 Espectro Electromagnético [5]**

Como se puede apreciar en la figura 2.1 de acuerdo a la longitud de la onda está caracterizada para ciertos usos por ejemplo:

- Una onda de radio AM tiene una longitud de onda 500 metros

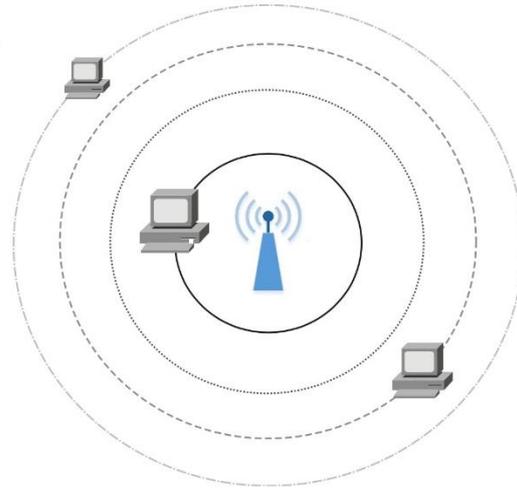
- Una onda de para una red inalámbrica en base a WI-FI tiene una longitud de pocos centímetros.

### 2.1.1 Factores que afectan la potencia y transmisión de una señal inalámbrica

Una transmisión inalámbrica puede verse afectada por diversos factores por eso es importante aprender que parámetros están involucrados para que se realice la comunicación sin problemas [4]. Los problemas más comunes son:

- Pérdida de espacio libre
- Multitrayectoria (Multipath)
- Refracción
- Línea de Vista
- Dispersión(Scattering)

**Pérdida en espacio libre:** básicamente es la disminución de la potencia de la señal, cuantos más lejanos estén los dos radios, esta pérdida es independiente del medio ambiente solo depende de la distancia, la misma ocurre porque la energía de la señal irradiada se expande en función de la distancia del transmisor [3].



**Figura 2.2 Irradiación de la señal de un punto de acceso**

Como se puede observar en la figura 2.2 un punto de acceso irradia la señal inalámbrica y a medida que se aleja la señal es más débil esto está representado por los puntos de líneas circulares alrededor del AP mientras más alejados de la fuente el color y grosor de los puntos son más atenuados. Se puede aproximar particularmente para enlaces punto a punto cuanto sería la pérdida de espacio libre con la siguiente fórmula [4]:

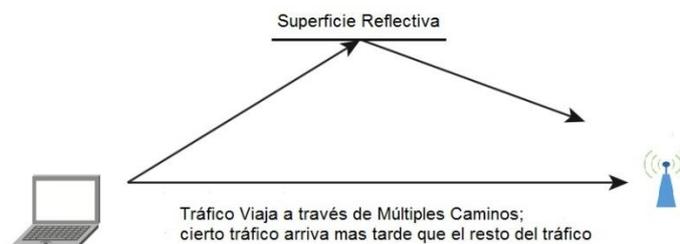
$$L_{fsl} = 32.4 + 20 \log(D) + 20 \log(f) \quad [4]$$

**Ecuación 2.1 Fórmula de Pérdida de espacio Libre**

Dónde:

- $D$  : es la distancia del enlace en [Km].
- $f$  : es la frecuencia del enlace [GHz]

**Multitrayectoria:** esto sucede cuando parte de la de señal son reflectadas y luego llegan al destino en un orden diferente en el receptor como se observa en la figura 2.3.



**Figura 2.3 Multitrayectoria de la señal**

Una de las características de la trayectoria múltiple es que el receptor podría obtener la misma señal en varias ocasiones. Otra característica es que la señales que reciba el receptor tienda a estar fuera de fase y cuando suceda pueden anularse donde como resultado una señal nula [3].

**Refracción:** es el cambio en la dirección o la curvatura de una forma de onda a medida que pasa a través de algo que es una densidad o medio diferente [3]. Este comportamiento hace que parte de la señal inalámbrica se refleje de distancia y parte a doblarse a través del objeto. Para entender mejor este concepto, la figura 2.4 muestra el efecto de la refracción.

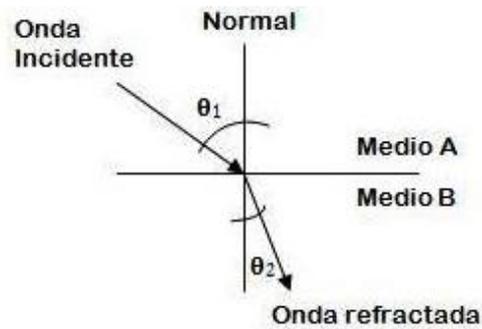


Figura 2.4 Fenómeno de Refracción de una onda

**Dispersión:** cuando se trata de las señales inalámbricas dispersión ocurre cuando se transmite la señal y esta se propaga en muchas direcciones diferentes [3]. Esto puede ser causado por algún objeto que tiene bordes reflectantes, sin embargo, irregulares, tales como partículas de polvo en el aire y el agua, como está representado en la siguiente figura 2.5.

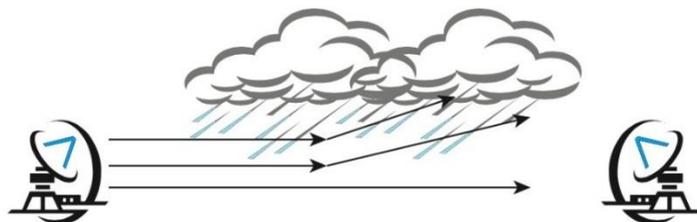
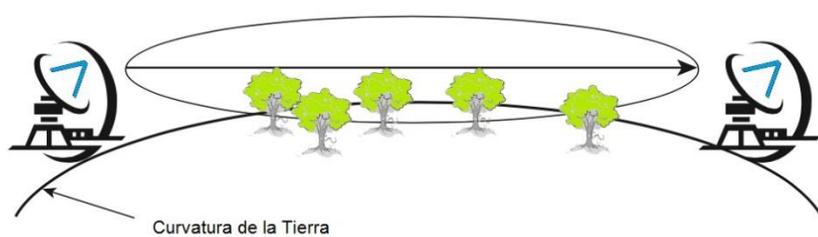


Figura 2.5 Interferencia por Reflexión

**Línea de vista:** Básicamente es cuando tenemos dos Puntos (Emisor y Receptor) y la trayectoria esté libre de obstáculos, pero en situaciones reales es muy difícil que se de este escenario porque a medida que la distancia aumente entre emisor y receptor la misma tierra se convierte en un obstáculo [3].



**Figura 2.6 Línea de Vista**

Como se puede apreciar en la figura 2.6 tenemos algunos obstáculos entre emisor y receptor pero tenemos un la línea de vista directa dentro de una zona en forma de elipse en el cual se darán diferentes tipos de reflexiones que causaran que la señal este desfasada o no, a esta zona es denominada Fresnel. Hay diferentes zonas de Fresnel pero la más importante es la primera zona y para fines prácticos no es necesario que esté completamente despejada basta que el 60% [3] del radio de la primera zona de Fresnel este libre, se puede realizar el cálculo con la siguiente fórmula [6]:

$$r_1 = \sqrt{\left(\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}\right)} \quad [6]$$

### Ecuación 2.2 Formula de la primera zona de Fresnel

En donde:

- $\lambda$  : longitud de la onda de la señal en [m].
- $d_1$  : es la distancia desde el transmisor al objeto en [m].
- $d_2$  : es la distancia desde el objeto al receptor en [m].

Simplificando la formula anterior asumiendo que  $d_1 = d_2$  tenemos la siguiente formula [6]:

$$r_1 = 8,657 \sqrt{\left(\frac{D}{f}\right)} \quad [6]$$

### Ecuación 2.3 Formula simplificada de la primera zona de Fresnel

Dónde:

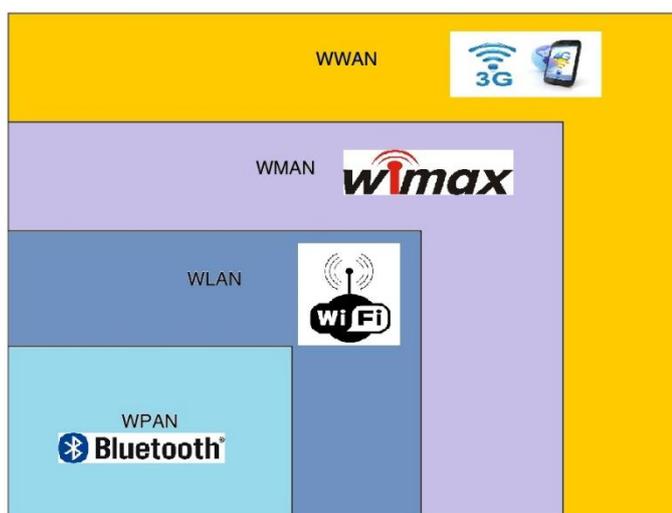
$D$  : es la distancia del enlace entre el Receptor y transmisor en [Km].

$f$  : es la frecuencia del enlace en [GHz].

#### 2.1.2 Topología Inalámbrica

Cuando se habla acerca de las topologías inalámbricas, hay diferentes tipos de caminos depende del tipo de conexión, cobertura, tecnología y necesidades del usuario final, en

la siguiente figura 2.7 podemos apreciar como es la jerarquía de los diferentes tipos de redes inalámbricas que existen hoy en día.



**Figura 2.7 Topología Inalámbrica**

Basándonos en la figura se procede a realizar un breve comentario acerca de cada una de las topologías presentadas.

Las redes inalámbricas de Área Personal, WPAN (*Wireless Personal Area Network*): es básicamente una red integrada por todos los dispositivos en el entorno local y cercano de su usuario aproximadamente unas decenas de metros, es decir que la componen todos los aparatos que están cerca del mismo. La principal característica de este tipo de red que le permite al usuario establecer una comunicación con sus dispositivos de forma sencilla, práctica y veloz. Tecnologías que están dentro de

esta clasificación son: Bluetooth bajo el protocolo IEEE 802.15.1, Zigbee bajo el protocolo IEEE 802.15.4, infrarrojo, etc. [3]

Las redes inalámbricas de Área Local, WMAN (*Wireless Local Area Network*): es la topología que estudiaremos en a continuación en el siguiente subcapítulo, básicamente está ligada al estándar IEEE 802.11 puede utilizarse en oficinas, edificios, en Parques, municipios, etc. La cobertura básicamente puede ser desde 150 m desde el punto de acceso hacia los usuarios finales o aproximadamente hasta unos 5 Km para enlaces punto a punto [3].

Las redes inalámbricas de Área Metropolitana, WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*): Para redes de área metropolitana se encuentran tecnologías basadas en WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access, es decir, Interoperabilidad Mundial para Acceso con Microondas), un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16 [3].

Las redes inalámbricas de Área extensa, WLAN (*Wireless Wide Area Network*): redes que usan tecnologías celular de comunicaciones móviles como UMTS (Universal Mobile

Telecommunications System), GPRS, EDGE, CDMA2000, GSM, CDPD, HSPA y 3G para transferir los datos, estas redes inclusive cubren casi la totalidad de un país [3].

### **2.1.3 Estándar IEEE 802.11**

Debido al gran crecimiento de usuarios que buscan conectarse a redes inalámbricas de área local el estándar IEEE 802.11 el cual ha desarrollado un protocolo para la capa de Control de Acceso al Medio (MAC) y una capa física (PHY) estándar para la conectividad inalámbrica, ha logrado abarcar todo el mercado desde el primer momento en que surgió que fue en el año 1997 [3].

#### **Características:**

- Una de las características principales es que para el diseño de una red LAN una dirección es una localización física mientras que para una red WLAN bajo el estándar IEEE 802.11 no siempre es el caso. En el estándar IEEE 802.11 tenemos unidades direccionables las cuales son

llamadas STA (estaciones) y las STA pueden ser fijas, portables o móviles.

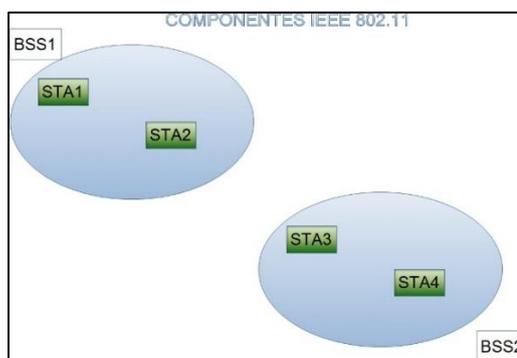
- Operación de un dispositivo que obedece al estándar 802.11 dentro de una WLAN y que puede coexistir con otras redes WLAN 802.11.
- Descripción de los requerimientos y procedimientos para proveer privacidad a los datos del usuario transferidos sobre un medio inalámbrico así como autenticación para los dispositivos 802.11.
- El estándar 802.11 utiliza la banda no licenciada lo cual el costo de implementar una WLAN se reduce, el estándar usa la banda de los 2.4 GHz y la banda 5GHz.

### **Componentes básicos IEEE 802.11**

La arquitectura del estándar IEEE 802.11 está formada de varios componentes, los cuales se describen a continuación:

**STA (Estación):** Una estación en 802.11 es un dispositivo móvil, portátil o fija. La estación portátil se puede llevar de un punto a otro pero, se utiliza solamente en un punto fijo. Las estaciones móviles además de poder transportarse de un punto a otro, tienen acceso a la LAN durante el movimiento [7].

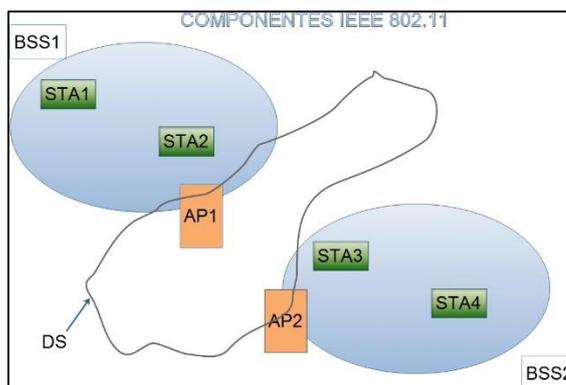
**BSS (Conjunto de servicios básicos)** : Es el componente básico de una LAN 802.11, se define como el área de cobertura dentro de la cual las estaciones pertenecientes a ésta se mantienen en comunicación. Una BSS que trabaja sola y no está conectada a un punto de acceso es llamada: IBSS (BSS independiente) o también se le conoce como Red Ad-Hoc [7].



**Figura 2.8 Componentes de servicio Básicos**

**BSA (área de servicios básicos):** Es el área de cobertura geográfica de un BSS [7].

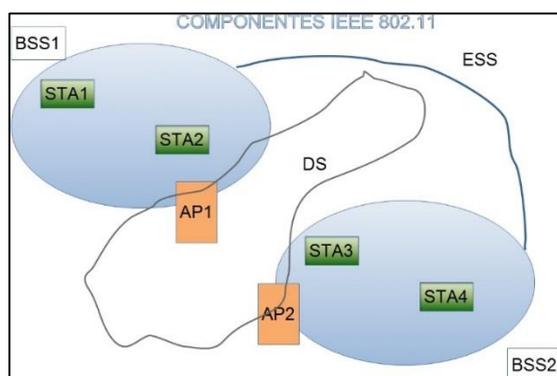
**DS (Sistema de distribución):** Sistema usado para interconectar 2 o más BSS, puede ser una red cableada, inalámbrica, un switch o un router [7].



**Figura 2.9 Sistema de Distribución**

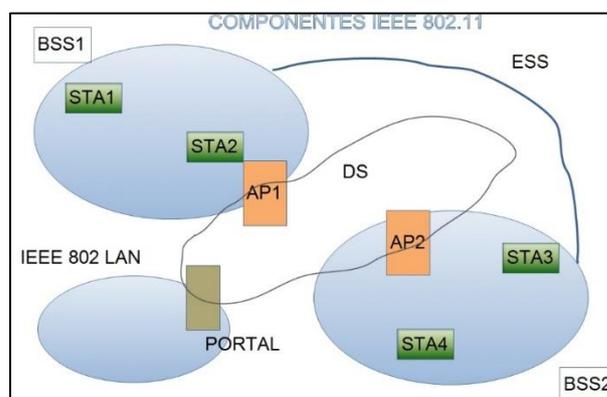
**AP (Punto de Acceso):** Es la entidad que le da funcionalidad a una estación y permite el acceso al sistema de distribución. El AP es direccionable por lo que los datos se mueven entre el BSS y el sistema de distribución con la ayuda de éstos [7].

**ESS (Conjunto de Servicios Extendidos):** Un ESS se forma cuando 2 o más BSS se interconectan por medio de un DS. La mayor ventaja del ESS es que la red se ve como un conjunto de servicio básico independiente para la capa de LLC (control de enlace lógico), lo que significa que las estaciones dentro del ESS pueden comunicarse o moverse entre BSS de manera transparente a la LLC bajo el mismo SSID [7].



**Figura 2.10 Conjunto de Servicios Básicos**

**Portal:** Es la integración lógica que permite al IEEE 802.11 trabajar con las redes cableadas. Un Portal puede servir como punto de acceso al DS. Todos los datos que van de una LAN 802.X a una LAN 802.11 deben pasar a través de un portal, por tanto, las funciones de un portal, son funciones de puente entre cable e inalámbrico [7].



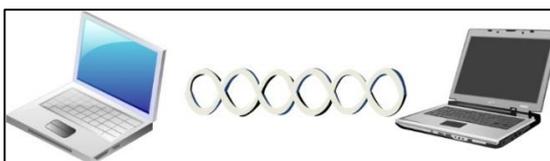
**Figura 2.11 Portal**

### 2.1.3.1 Topologías básicas de la red

Las topologías del estándar IEEE 802.11 depende básicamente de las necesidades que la red requiera cubrir, anteriormente se mencionó los componentes básicos del estándar los cuales van ligados a la topología de la red, a continuación se verá las tres topologías que se acogen al estándar:

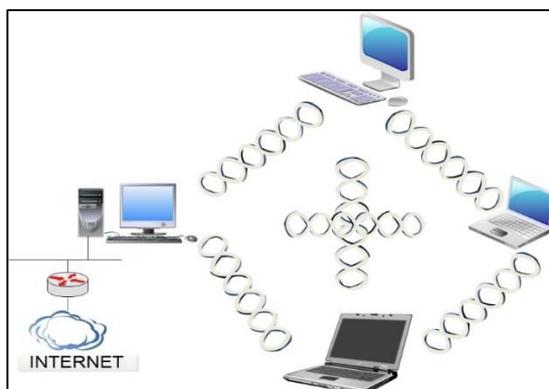
#### **Topología modo Ad-Hoc o IBSS**

Básicamente es una conexión *peer to peer* (punto a punto), donde no hay una base central, solo hay estaciones por lo tanto nadie pide permiso para comunicarse. En la figura 2.12 podemos ver el ejemplo de dos estaciones o clientes comunicándose.



**Figura 2.12 Conexión Modo Ad- Hoc**

Si se requiere de más estaciones y bajo esta misma topología se la puede diseñar sin problema, recalcando que cada trama que se reciba será para todas las estaciones que se encuentren dentro del rango del alcance del emisor [3]. Usualmente una de las estaciones podría tener una tarjeta de red Ethernet y actuar como router de manera que las demás estaciones puedan salir a la LAN cableada a través de él como podemos ver en la figura 2.13

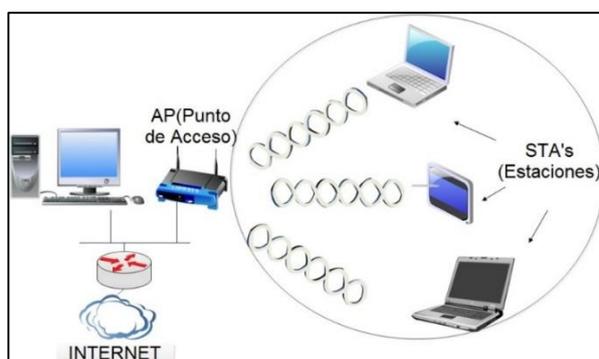


**Figura 2.13 Conexión Ad- Hoc con varias estaciones**

### **Topología modo BSS**

En esta topología a diferencia de la anterior tenemos un punto de acceso por el cual pasará todo el tráfico de datos, no hay

comunicación directa entre estaciones. Como podemos ver en la figura 2.14 ese punto de acceso proveerá de servicios a las estaciones que estén al alcance del radio de cobertura [3].

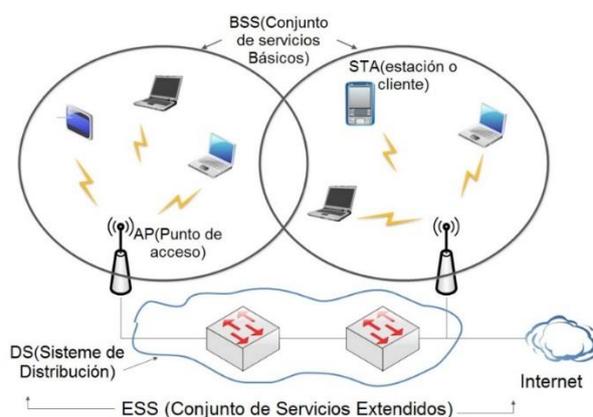


**Figura 2.14 Topología BSS**

### **Topología BSS modo extendido o ESS**

Esta topología se resume en la unión de dos o más BSS por medio de un sistema de distribución que suele ser la red Ethernet, cada BSS cuenta con su AP la cual abarca una zona o celda que corresponde a su radio de enlace [3].

Cabe recalcar que los usuarios o estaciones se pueden mover libremente dentro del radio de cobertura de una celda a otra y su conexión pasara de un AP a otro AP donde tenga la señal de mayor intensidad automáticamente a este proceso se lo denomina roaming.



**Figura 2.15 Topología modo ESS.**

### 2.1.3.2 Modelo de Referencia

El estándar 802.11 presenta la misma arquitectura de toda la familia 802.X y esta referenciada al modelo OSI enfatizando la separación del sistema en dos partes principales: la capa de enlace de datos (DLL) Mac y la PHY (capa física) [7].

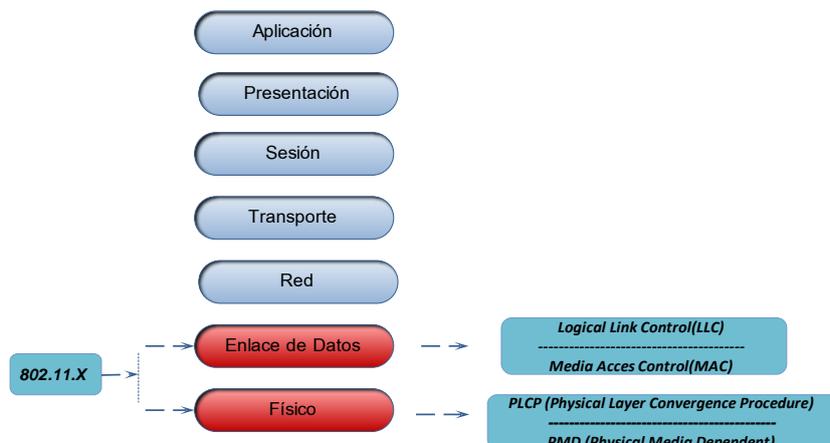


Figura 2.16 Modelo de Referencia

Debemos tomar en cuenta que capa tiene subcapas, para la capa física tenemos:

- La subcapa inferior, **PMD (Physical Media Dependent)**, que corresponde al conjunto de especificaciones de cada uno de los sistemas de transmisión a nivel físico en el medio inalámbrico. El estándar define cuatro: Infrarrojos, FHSS, DSSS y OFDM [7].
- La subcapa superior, **PLCP (Physical Layer Convergence Procedure)**, se encarga de adaptar las diversas especificaciones de la subcapa PMD y les da un formato específico para la subcapa MAC, inmediatamente superior [7].

La capa de enlaces de Datos Mac tenemos las siguientes subcapas:

- La subcapa **MAC (Media Access Control)** utiliza el protocolo de acceso al medio para el correcto entendimiento de la comunicación en el envío/recepción de datos además de la fragmentación, cabeceras y la encriptación de las tramas de los datos transmitidos [7].
- La subcapa **LLC (Logical Link Control)**, que ofrece un servicio del manejo de control de errores, control del flujo, entramado, control de diálogo y direccionamiento de la subcapa MAC [7].

#### 2.1.3.2.1 Capa Física

Es la capa más baja del modelo OSI, es la encargada de recibir-transmitir la información del medio en este caso en el aire, como se lo menciono antes tiene dos subcapas las cuales son PMD y PLCP. Como se ilustra en la figura 2.17 se puede apreciar las diferentes técnicas de transmisión usadas por la familia IEEE

802.11 posteriormente se analizará las diferentes tecnologías de transmisión las cuales la capa física está a cargo [3] [7].

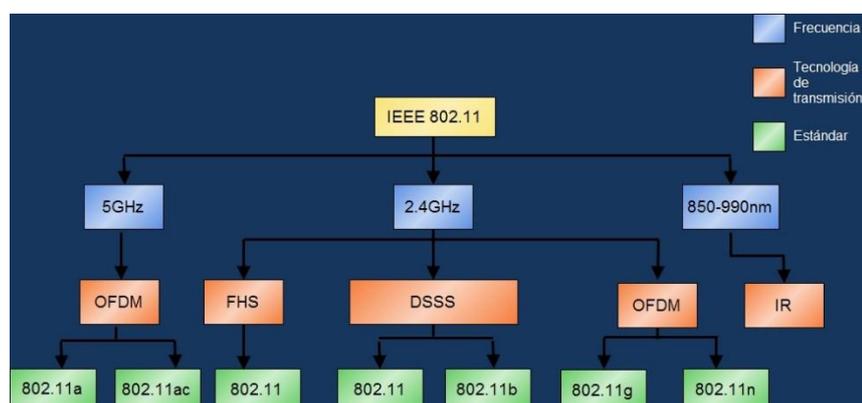


Figura 2.17 Familia IEEE 802.11

### 2.1.3.2.2 Tecnologías de Transmisión

Como se pudo ver en el cuadro anterior hay diferentes técnicas de transmisión de la familia 802.11, el uso de cada una depende del entorno y de las necesidades de la red y la variante del estándar que se esté usando.

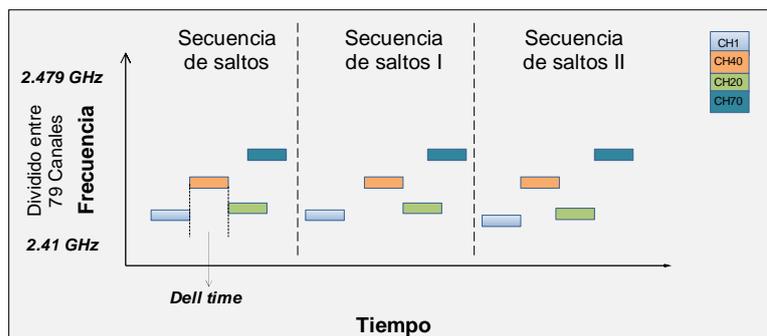
Las diferentes técnicas se las puede dividir en dos grupos transmisión por infrarrojos y transmisión por onda de radios, la transmisión por infrarrojo casi ha desaparecido debido a su corto alcance y debido a que los equipos que estén transmitiendo deben tener una línea de vista directa (la señal emitida no

puede atravesar paredes) por lo tanto se enfocara en la trasmisión por onda de radio las cuales son: FHSS, DSSS y OFDM.

### **FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)**

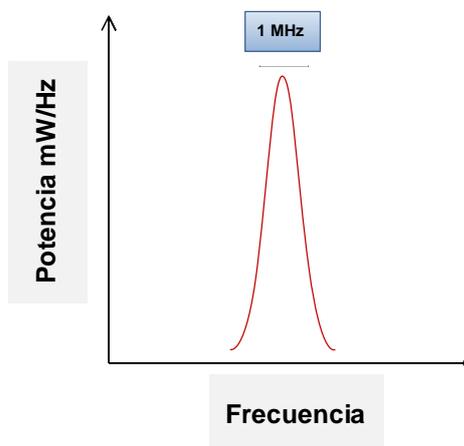
EL estándar IEEE802.11 describe esta tecnología mediante la modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK), utiliza la zona de los 2.4GHz, la cual organiza en 79 canales 1MHz de ancho de banda y de tasa de trasmisión de 1Mbps ampliables hasta 2Mbps.

La tecnología de espectro ensanchado por salto en frecuencia consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo llamada ***dwel time***, pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia. De esta manera cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo [9] [10].



**Figura 2.18 Representación de FHSS**

Cada una de las transmisiones a una frecuencia concreta se realiza utilizando una portadora de banda estrecha que va cambiando (saltando) a lo largo del tiempo.



**Figura 2.19 Espectro de la señal utilizando FHSS**

Tal y como muestra la ilustración de la figura 2.19, la potencia de emisión se concentra en una franja estrecha del espectro. Tenemos una señal transmitida de banda estrecha pero de gran intensidad (suficiente para cubrir el área de la WLAN), lo cual da

una elevada relación señal/ruido (SNR o S/N). De acuerdo con el teorema de Shannon la elevada SNR permitirá una capacidad de canal alta (tasa de bits de información alta) [11].

$$C = B \cdot \log_2(1 + SNR) \text{ [11]}$$

#### Ecuación 2.4 Teorema de Shannon

Donde:

$B$  : Ancho de Banda

$SNR$ : Relación Señal Ruido.

### DSSS

Esta técnica consiste en la generación de un patrón de bits redundante llamado señal de chip para cada uno de los bits que componen la señal de información y la posterior modulación de la señal resultante mediante una portadora de RF. Cuanto mayor sea esta señal, mayor será la resistencia de la señal a las interferencias.

El estándar IEEE 802.11 recomienda un tamaño de 11 bits, pero el óptimo es de 100. En recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la señal de información original. La secuencia de bits utilizada para modular cada uno de los bits de información es la llamada secuencia de **Barker** (también llamado código de dispersión o pseudo noise) Es una secuencia

rápida diseñada para que aparezca aproximadamente la misma cantidad de 1 que de 0 [9] [10].

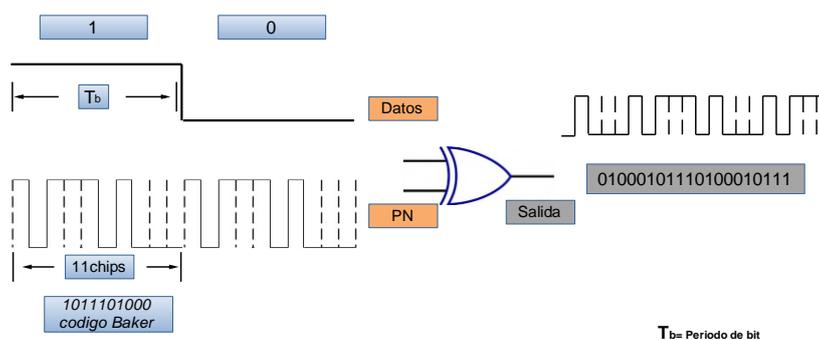


Figura 2.20 Representación de la Secuencia Baker

El proceso de codificación consiste en realizar una función XOR de la secuencia de Baker y la secuencia original de tal manera que cada bit a transmitir se codifica con toda la secuencia completa de 11 chips. El resultado de esta operación es una secuencia con una frecuencia once veces superior a la de la señal de datos original que se pretendía. Todo esto se muestra en la ilustración anterior [9] [10].

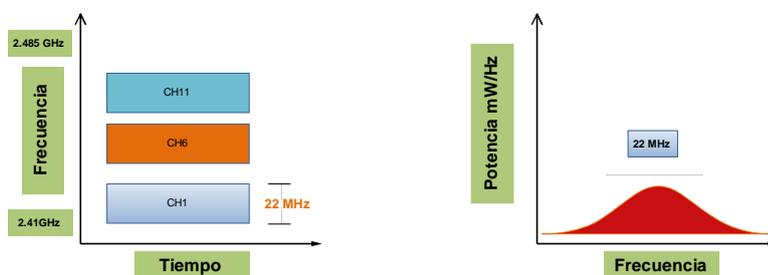
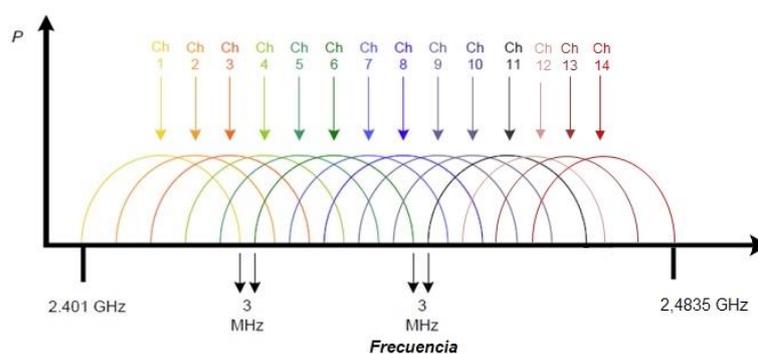


Figura 2.21 Espectro de la Señal Utilizando DSS

Ahora, la potencia de transmisión se reparte en un rango mucho más amplio que en FHSS, sin embargo ahora tenemos una señal de banda ancha pero de baja intensidad, lo cual nos dará una SNR pequeña. La ley de Shannon nos dice que con una relación señal/ruido pequeña la capacidad del canal será menor.

Cabe recalcar que DSSS opera en la banda de 2.4 GHz con un ancho de banda total disponible de 83.5 MHz. Este ancho de banda total se divide en 14 canales con un ancho de banda por canal de 22 MHz. Cada canal está desplazado 5MHz con respecto al anterior, por lo que los canales contiguos se solapan [9] [10].



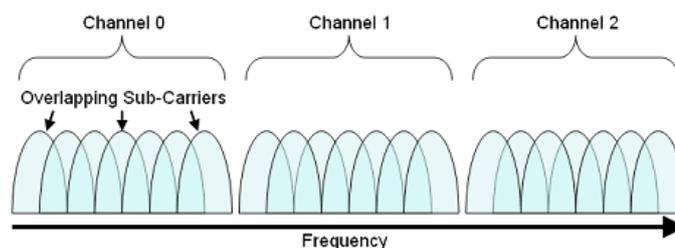
**Figura 2.22 Canales de frecuencia**

En topologías de red que contengan varias celdas, ya sean solapadas o adyacentes, los canales pueden operar

simultáneamente sin apreciarse interferencias en el sistema si la separación entre las frecuencias centrales es como mínimo de 30 MHz. Esto significa que de los 83.5 MHz de ancho de banda total disponible podemos obtener un total de 3 canales independientes que pueden operar simultáneamente en una determinada zona geográfica sin que aparezcan interferencias en un canal procedentes de los otros dos canales. En Estados Unidos la Comisión Federal de Comunicaciones (Federal Communications Commission, FCC) sólo define 11 canales, de los cuales los no solapados son el 1, 6 y 11 [9] [10].

### **OFDM**

La multiplexión por división de frecuencia consiste en dividir un canal de comunicaciones en un número de bandas de frecuencia las cuales están igualmente espaciadas para así aprovechar de una mejor manera el espectro se lo puede apreciar en la siguiente ilustración.



**Figura 2.23 Representación de OFDM [12]**

Básicamente el proceso que realiza OFDM es transmitir una trama digital a una gran tasa de transferencia mediante las subportadoras (comúnmente llamados tonos) con características de ser contiguas y ortogonales entres sí, y estos tonos transportan símbolos independientes que son producto de algún tipo de modulación digital como QPSK, 16-QAM, 64-QAM etc.

OFDM define un número de canales en un rango de frecuencia y estos canales son divididos en un gran número de subportadoras y aquellas son de reducidos ancho de banda. Los canales son de 20 MHz, y las subportadoras son 300 kHz de ancho. Se termina con 52 subportadoras válidas por canal. Cada una de las subportadoras tiene una velocidad de datos baja, pero los datos se envían simultáneamente a través de las subportadoras en paralelo. De esta forma se consigue llegar a velocidades de transmisión de hasta 54Mbps. OFDM puede

trasmitir datos a distintas velocidades (6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54Mbps) utilizando distintas técnicas demodulación (BPSK, QPSK o QAM) [12] [3].

### **2.1.3.3 Capa Mac**

Como se revisó anteriormente en la figura 16.2 podemos ver que la Capa Mac se encuentra en la parte más baja de la capa Enlace de datos y es uno de los pilares fundamentales para el protocolo 802.11 debido que lleva el control de los datos transmitidos en el medio en este caso específico el aire.

Una de las funciones importantes que realiza es ser eje principal de operación de las tramas a transmitirse además de permitir interactuar con el *backbone* de la red cableada. Cabe mencionar que proporciona un mecanismo para asignar el medio físico a las diversas estaciones en la red.

#### **2.1.3.3.1 Función de Coordinación Distribuida**

Como se lo mencionó anteriormente la capa MAC está encargada del control de la transmisión de los datos y eso

implica la determinación de cuando una estación puede transmitir y/o recibir unidades de datos de protocolos que se manejan en esta capa. En el nivel inferior del subnivel MAC se encuentra la función de coordinación distribuida (DFC) y su funcionamiento se basa en técnicas y protocolos de acceso aleatorias de contienda por el medio.

#### **2.1.3.3.1.1 Protocolos y técnicas de acceso al medio**

##### ***CSMA (Carrier Sense Multiple Access).***

Al igual que en Ethernet se usa el protocolo que consiste en detectar el canal, cuando está inactivo, las estaciones comienzan a transmitir emitiendo su trama completa pero sin escuchar el canal en el proceso por lo cual podría ser destruida debido a la interferencia.

##### **Colisiones**

Las colisiones pueden producirse porque dos estaciones a la espera elijan el mismo número de intervalos (mismo tiempo aleatorio) para transmitir después de la emisión en curso. En este caso la estación repite el proceso antes descrito, pero al tratarse de un segundo intento esta vez se amplía el rango de

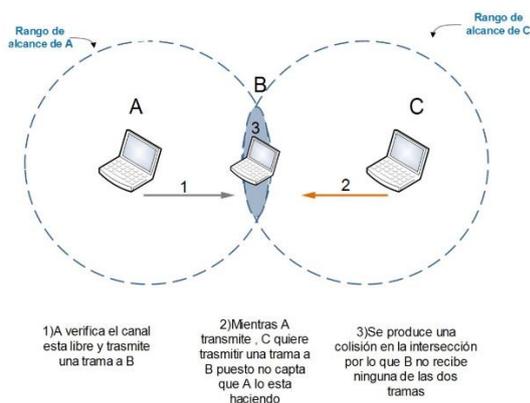
intervalos para la elección del tiempo aleatorio. El número de intervalos crece de forma exponencial.

Para evitar dichas colisiones y corrupción de datos el 802.11 usa un sistema de prevención de colisiones **Collision Avoidance** (CA), en unión con **CSMA**, el cual consiste en censar el canal repetidas veces para detectar cuando esté libre de otras transmisiones.

### **El problema de CSMA/CA en entornos inalámbricos**

CSMA/CA en un entorno inalámbrico y celular presenta dos problemas principalmente:

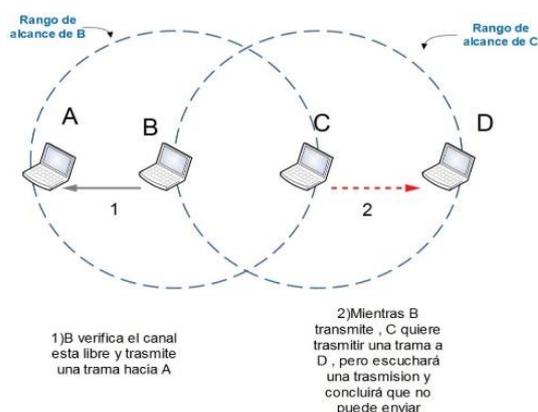
- **Estación oculta:** Una estación cree que el canal está libre, pero en realidad está ocupado por otro nodo al que no oye. En la siguiente figura 2.24 podremos ver un ejemplo de este problema



**Figura 2.24 Representación estación de zona oculta**

Supongamos que “A” quiere enviar una trama a “B”. “A” detecta que el canal está libre y empieza a transmitir. Instantes más tarde, cuando “A” está aún transmitiendo, “C” quiere también enviar una trama a “B”; “C” detecta que el canal está libre, ya que él no está recibiendo la emisión de “A” pues se encuentra fuera de su radio de cobertura. Por tanto “C” empieza a transmitir y en “B” se produce una colisión. Como consecuencia “B” no recibe correctamente ni la trama de “A” ni la trama de “C”.

- **Estación expuesta.** Una estación cree que el canal está ocupado, pero en realidad está libre pues el nodo al que oye no le interferiría para transmitir a otro destino, se podrá apreciar mejor en la siguiente ilustración de la figura 2.25:



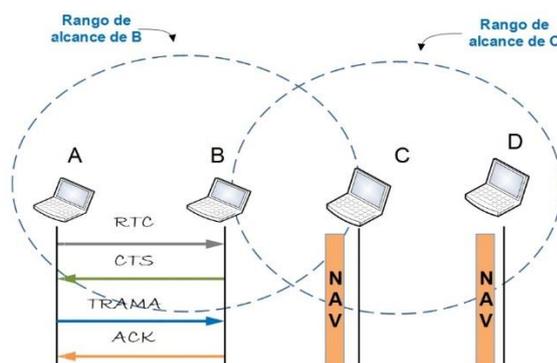
**Figura 2.25 Estación expuesta**

Ahora consideremos la situación inversa: B transmite a A. Si C detecta el medio, escuchará una transmisión y concluirá que no puede enviar a D. Cuando de hecho tal transmisión causaría una mala recepción solo en la zona entre B y C, en la que no está localizado ninguno de los receptores pretendidos.

### ***MACA (MultiAccess Collision Avoidance).***

La solución que propone 802.11 al problema de la estación oculta/expuesta es complementar el protocolo CSMA/CA con el intercambio de mensajes RTS y CTS. Antes de transmitir el emisor envía una trama RTS (Request to Send), indicando la longitud de datos que quiere enviar. El receptor le contesta

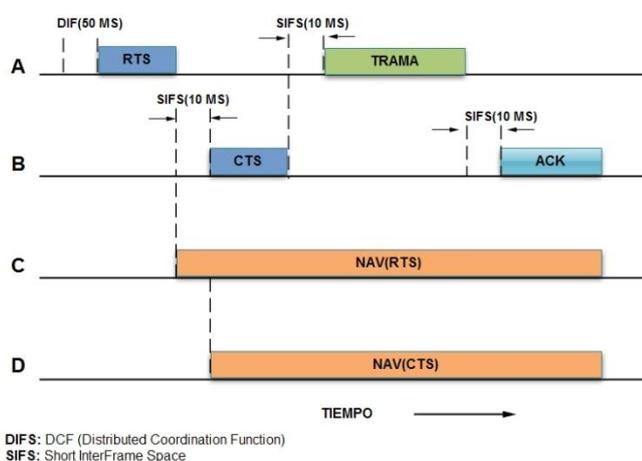
con una trama CTS (Clear to Send), repitiendo la longitud. Al recibir el CTS, el emisor envía sus datos. En la siguiente ilustración podremos apreciar mejor el uso de RTS/CTS [7].



**Figura 2.26** Uso de los protocolos RTS/CTS

En base a la figura 2.26 podemos observar cuatro estaciones (A-D) se encuentran en una misma área. Las estaciones B y C están en el rango de detección de A, lo mismo que lo son B y C para la estación D. A desea transmitir a B así que envía un mensaje RTS (Request to Send) a B; como el canal está libre B manda una confirmación usando CTS (Clear to Send). La estación A envía los datos y B prepara el ACK para confirmar la recepción. La estación C puede procesar mensajes RTS, sin embargo al detectar la actividad de A y B no puede transmitir para evitar las colisiones, así que hace un cálculo para estimar el tiempo que tardarán A y B para

terminar el envío y mandar el ACK El resultado se coloca en forma de un **NAV (Network Allocation Vector)**, que es un temporizador interno que permite saber cuánto duran los periodos de silencio. La estación D efectúa el mismo procedimiento pues puede escuchar el mensaje CTS de B.



**Figura 2.27 Representación envío recepción de la trama**

Todo el proceso del ejemplo anterior se puede apreciar en el siguiente gráfico de la figura 27.2 en el cual está incluido el **DIF (50ms)** de esta forma se asegura que cualquier trama emitida en la red irá separada de la anterior confirmando que el canal este libre al menos por este espacio de tiempo además se ha agregado el **SIFS (10ms)** es un tiempo de espera más corto entre los mensajes confirmación de envío/recepción debido que estos son de alta importancia [7].

### 2.1.3.3.2 Formato de la trama MAC

#### **Tipos de tramas**

Se definen tres tipos de tramas:

- **Datos:** es el encargado de transportar los datos de forma segura y adecuada proveniente de las capas superiores.
- **Control:** es utilizado para controlar la comunicación que se establece entre las estaciones básicamente se encarga del intercambio de mensajes de las estaciones adecuadamente. Algunas de ellas son las tramas CTS, RTS y ACK
- **Administración (management):** permiten soportar los servicios que define la subcapa MAC, los cuales son: distribución, integración, asociación, re-asociación, desasociar, autenticación, privacidad y entrega MSDU, son usados para soportar la entrega de paquetes entre las estaciones además de enfocarse en la seguridad y confidencialidad.

### Formato general de la trama

El formato genérico para la trama MAC está compuesto de un grupo de campos en un orden fijo, de acuerdo al tipo de trama el formato puede variar haciendo desaparecer algunos campos, sin embargo, con el objeto de tener un estudio de la eficiencia volumétrica más preciso se tomara en cuenta éste formato genérico [7].

OCTETOS:  
2                    2                    6                    6                    6                    2                    6                    0                    4

Control Trama	Duración/ID	Add1	Add2	Add3	Control Secuencia	Add4	Cuerpo trama	FCS
---------------	-------------	------	------	------	-------------------	------	--------------	-----

**Tabla 1 Campos de la trama MAC [7]**

La trama MAC genérica tiene los siguientes campos:

**Encabezado:** contiene cuatro campos: control de trama (frame control), duración (duration), direcciones (address1-address4) y control de secuencia (SequenceControl) [7].

- **Control de trama:** se estudiará posteriormente[7]
- **Duration/ID:** Tiene dos significados dependiendo del tipo de trama. En tramas del tipo Power-Save para dispositivos con limitaciones de potencia, contiene el

identificador de estación. En el resto de tramas, es el valor reservado para la transmisión, usado para el cálculo de NAV [7].

- **Campos Address1-4:** Contiene las direcciones de 48 bits (direcciones MAC) de la estación que transmite, la que recibe, el punto de acceso origen y el punto de acceso destino [7].
  
- **Control de secuencia:** Contiene tanto el número de secuencia como el número de fragmento en la trama que se está enviando [7].

**Cuerpo de la trama:** está constituido por los datos útiles, en ese caso la MSDU proveniente de la subcapa LLC [7].

**FCS (Frame Check Sequence):** se agrega a la trama para añadir robustez, es decir, para que se pueda verificar que no esté corrupta la información que se recibe al llegar al destino [7].

## Control de Trama

Aquí podemos verificar los campos de control de la trama Mac tal como se aprecia en la tabla 2

OCTETOS:

	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Protocol Version	Type	Subtype	To Ds	From DS	More Frag	Retry	Pwr Mng	More Data	Wep	Order	

**Tabla 2 Campos Control de la trama MAC [7]**

- **ProtocolVersion:** para expansiones futuras [7].
- **Type/Subtype:** Type identifica si la trama es del tipo de datos, control o gestion; Subtype identifica el subtipo dentro de cada uno de estos tipos [7].
- **ToDS/FromDS:** Indica si la trama se envía/recibe al/del sistema de distribución [7].
- **More Fragments:** Se activa si se usa fragmentación [7].
- **Retry:** Se activa si la trama es una retransmisión [7].
- **PowerManagement:** Se activa si se utiliza el modo ahorro de energía [7].

#### **2.1.3.4 Seguridad**

Como en todo medio de comunicación, el medio inalámbrico también está expuesto a diferentes tipos de ataques, interferencias aleatorias, acceso no autorizado suplantación de identidad, denegación de servicio, etc. Para poder evitar todo esto es necesario que las redes inalámbricas tenga un mecanismo de protección y garanticen la seguridad de la comunicación para una calidad de servicio que necesita el usuario. A continuación veremos los mecanismos de protección que el protocolo 802.11 acoge para tener una red segura.

##### **2.1.3.4.1 SSID**

El "Service Set ID" (SSID) es una cadena de generalmente 32 caracteres alfanuméricos que identifican a nuestra Wireless Local Área Network. Algunos fabricantes se refieren al SSID como el nombre de nuestra WLAN, aunque en realidad es algo más que el simple nombre. Para que los dispositivos de nuestra WLAN se comuniquen los unos con los otros deben de ser todos configurados con el mismo SSID debido que esto

pertenecen al mismo segmento de red que pueden estar asociados a una VLAN.

Se puede establecer una estrategia de seguridad con respecto al SSID la cual es ocultarlo de nuestra WLAN. Sería como tener una “contraseña” sin la cual el cliente no podrá conectarse a la red (si no sabemos el nombre de la red a la que queremos conectarnos no podemos conectarnos). Pero este nivel de seguridad es fácilmente sobrepasado porque existen métodos alternativos para averiguar el SSID oculto como la captura y posterior análisis de las tramas de asociación.

#### **2.1.3.4.2 Filtrado de direcciones MAC**

Este método consiste en definir listas de control de acceso en los puntos de acceso. Cada uno de estos puntos puede contar con una relación de las direcciones MAC (direcciones físicas de 48 bits que nos suministra el fabricante y que identifican unívocamente a cada dispositivo físico) de cada uno de los clientes que queremos que se conecten a nuestra red inalámbrica. Cada tarjeta de red o adaptador inalámbrico cuenta con una dirección MAC que lo identifica de forma inequívoca, y si el punto de acceso no la tiene registrada, no se realizará el

proceso de autenticación y ese usuario no se podrá registrar. Sin embargo este método puede ser peligroso porque se puede suplantar la identidad de las direcciones MAC fácilmente y por lo tanto no es muy recomendado.

#### **2.1.3.4.3 Autenticación y Encriptación**

Para poder tener una mayor seguridad en las redes inalámbricas, el protocolo 802.11 usa procesos de autenticación y encriptación a continuación veremos los métodos sus usos, ventajas y desventajas.

##### **2.1.3.4.3.1 WEP (Wired Equivalent Privacy)**

WEP es el método de seguridad original del protocolo 802.11 que permite la autenticación de los usuarios y el encriptado de los datos. En la actualidad está obsoleto debido que son defectuosas y fáciles de atacar por lo tanto no se recomienda [3].

#### **Autenticación**

Un punto de acceso debe de autenticar a una estación antes de que ésta se asocie al AP. Es importante recalcar que lo que se autentica con WEP son las estaciones, y no los

usuarios. El estándar IEEE 802.11 define dos tipos de autenticación:

➤ ***Open System Authentication***

El Sistema de Autenticación Abierta es el protocolo de autenticación por defecto para 802.11 por el cual el sistema autentica a cualquiera que lo requiera incluso sin aportar la clave WEP correcta. Es como considerar que no hay autenticación, es decir, la estación puede asociarse a cualquier punto de acceso.

Esto se usa normalmente cuando se tiene un interés especial en la facilidad de uso, y el administrador de red no tiene preocupación por la seguridad.

➤ **Shared Key Authentication**

El Sistema de Autenticación de Clave Compartida usa un mecanismo de desafío/respuesta con una clave secreta (de 64 o 128 bits) compartida por la estación y el punto de acceso, de manera que se niega el acceso a todo aquel que no tenga la clave asignada.

### **Encriptación WEP**

La clave compartida que se usará para encriptar o desencriptar las tramas de datos, es la misma que se usa para la autenticación, lo que puede ser considerado un riesgo de seguridad. WEP utiliza el algoritmo RC4 para ello, con claves de 64 o 128 bits [3] [4].

Algoritmo RC4: es el sistema de cifrado de flujo de claves al cual se aplica un OR exclusivo con el texto llano para dar lugar a un texto cifrado se usa en algunos de los protocolos más populares como Transport Layer Security (TLS/SSL) (para proteger el tráfico de Internet) y Wired Equivalent Privacy (WEP) (para añadir seguridad en las redes inalámbricas).

#### **2.1.3.4.3.2 WPA y WPA2**

WPA (Wi-Fi Protected Access) es un estándar propuesto por los miembros de la Wi-Fi Alliance (asociación que reúne a los grandes fabricantes para WLANs), en colaboración con la IEEE, para la seguridad de WLANs. Está basado en las especificaciones de 802.11i y es de obligatorio cumplimiento para todos los miembros de la Wi-Fi Alliance [3] [4].

WPA intenta resolver las deficiencias de seguridad de WEP mejorando la encriptación de los datos además de la autenticación.

### **Autenticación**

Utilizará un método u otro según el modo de operación que configuremos en el punto de acceso. De acuerdo con la complejidad de la red, habrá dos modalidades:

**a) Modo empresarial.** El punto de acceso emplea el protocolo EAP (Extensible Authentication Protocol) sobre 802.1x y RADIUS para la autenticación y la distribución de claves. Bajo esta modalidad se requiere de la existencia de un servidor de autenticación en la red.

802.1x es un protocolo de control de acceso y autenticación basada en la arquitectura cliente/servidor que restringe la conexión de equipos no autorizados a una red. Fue inicialmente creado por la IEEE para uso en redes de área local cableadas, pero se ha extendido también a las redes inalámbricas. Prácticamente la totalidad de los puntos de

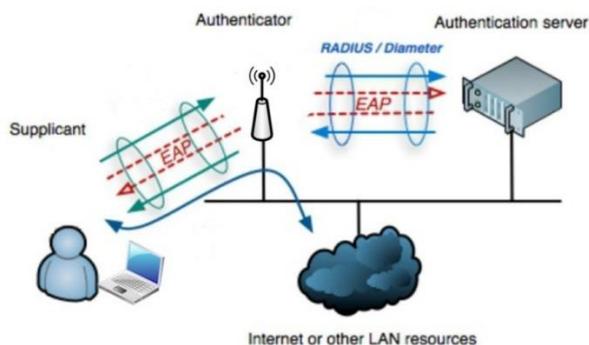
acceso que se fabrican en la actualidad son compatibles con 802.1x [3] [4].

El protocolo 802.1x involucra tres participantes:

**Cliente.** Es aquella entidad que pretende tener acceso a los recursos de la red. Por ejemplo, un usuario con un PC con adaptador inalámbrico que intenta conectarse a la WLAN [4].

**Servidor de autenticación.** Es la entidad que contiene toda la información necesaria para saber cuáles equipos y/o usuarios están autorizados para acceder a la red. Aporta la inteligencia al proceso ya que es el que realiza la negociación. Por ejemplo, un servidor RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service) [4].

**Autenticador.** Es el equipo de red que recibe la conexión del cliente actúa como intermediario entre el suplicante y el servidor de autenticación y solamente permite el acceso del suplicante a la red cuando el servidor de autenticación así lo autoriza. En nuestro caso sería el punto de acceso [4].



**Figura 2.28 Representación de la autenticación usando el protocolo EAP [4]**

A continuación se explicará el proceso debido que es el método recomendado a aplicar en el proyecto:

1. El cliente se asocia al Punto de Acceso (autenticador).
2. El Punto de Acceso le pide al cliente (en la figura 2.28) la autenticación.
3. El cliente le envía al AP un mensaje EAP que contiene un paquete TLS con una identidad externa `anonymous@domain.com`, y dentro del paquete TLS `username@domain.com` y la clave sobre el enlace 802.11 el Punto de Acceso recibe el mensaje EAP, lo encapsula en RADIUS y lo envía al servidor RADIUS (servidor de autenticación).
4. El servidor RADIUS desencapsula el mensaje EAP y verifica las credenciales del usuario en un archivo del administrador (backend) del tipo archivo plano (flat file),

un directorio LDAP (Protocolo Ligero de Acceso a Directorios) u otros.

5. Si las credenciales son válidas el servidor RADIUS le manda al Punto de Acceso un mensaje de aceptación (RADIUS Access Accept). El Punto de Acceso le da al usuario entonces el acceso a la LAN inalámbrica
6. El cliente hace una solicitud DHCP, obtiene una dirección IP y se conecta a la red.

**b) Modo Personal.** En el entorno del hogar o en pequeñas empresas, en donde no se precisa llevar a cabo una compleja gestión de usuarios, el mecanismo de autenticación usado es PSK. Esta modalidad no requiere de servidor de autenticación, Es un método de autenticación se basa en el uso de claves o contraseñas introducidas manualmente.

### **Encriptación**

Para el cifrado WPA emplea el protocolo TKIP (Temporal Key Encryption Protocol) que es más sofisticado en base a la

encriptación y resuelve las debilidades de WEP. Aporta importantes mejoras como son:

- Proceso de encriptación independiente del proceso de autenticación.
- Actualización de claves en cada envío de trama para evitar ataques que puedan revelarla. El cambio de clave es sincronizado entre las estaciones y el punto de acceso.
- Mantiene la compatibilidad con WEP, y con el hardware utilizado anteriormente tan sólo mediante una actualización del firmware.

## **WPA2**

Wi-Fi Protected Access 2 es un estándar de seguridad que básicamente es la evolución de WPA. La estructura es muy parecida a su antecesor pero presenta algunos elementos diferenciadores [3]:

- Método seguro IBSS para redes en modo AdHoc
- Utilidades para VoIP en 802.11
- Protocolo de encriptación mejorado: AES (Advanced Encryption Standard)

### **AES**

El AES tiene las mismas funciones que el TKIP, pero utiliza información adicional del encabezado de la MAC que les permite a los hosts de destino (estaciones) reconocer si se alteraron los bits no encriptados. Además, agrega un número de secuencia al encabezado de información encriptada [3].

#### **2.1.4 Estándares Wireless 802.11**

En esta sección se verá las características principales de las familias de este protocolo, cabe recalcar que la IEEE ha estandarizado cada protocolo desde 1997 comenzando con el protocolo original 802.11 y a partir de entonces cada protocolo se ha perfeccionado en el uso de las tecnologías inalámbricas para el beneficio del usuario final [3].

##### **2.1.4.1 Protocolo Original 802.11**

El protocolo 802.11 original era donde las redes LAN inalámbricas recién comenzaban. Hoy en día este protocolo está en desuso debido que solo función a tasas de 1 y 2 Mbps y el hardware que se fábrica actualmente está diseñado para mayores exigencias.

El estándar 802.11 describe con saltos de frecuencia de espectro ensanchado (FHSS), que opera sólo en 1 y 2 Mbps. La norma

también describe ensanchado de secuencia directa espectro (DSSS), que opera sólo en 1 y 2 Mbps. Si un cliente opera en cualquier otra velocidad de datos, se considera que no cumple con 802.11, incluso si puede usar los 1 - tasas y 2-Mbps.

#### **2.1.4.2 Protocolo 802.11b**

802.11b ofrece una mayor tasa de datos de hasta 11 Mbps además de ser compatible con las versiones anteriores ósea a 1 y 2 Mbps. Cabe aclarar que cuando está en las tasas más bajas (1 y 2 Mbps) utiliza la misma codificación y modulación que 802.11. Cuando opera a las nuevas tasas que ofrece este protocolo entre 5.5 Mbps y 11 Mbps utiliza una modulación y codificación diferente [3].

#### **2.1.4.3 Protocolo 802.11g**

El IEEE 802.11g ratificó en junio de 2003. Además de las tasa de datos establecidas en los protocolos anteriores se añadieron 8 más tasas. La tasa de datos máxima es de 54 Mbps permaneciendo en la gama de frecuencias de 2,4 GHz. En el extremo inferior, 802.11g sigue siendo compatible con 802.11b, utilizando la misma modulación y de codificación como 802.11b de los 1, 2, 5.5, y de 11 Mbps de velocidad. Para alcanzar velocidades de datos más altas, 802.11g utiliza ortogonal

multiplexación por división de frecuencia (OFDM) para la modulación. Todavía hay sólo tres canales que no se superponen [3].

#### **2.1.4.4 Protocolo 802.11a**

802.11a fue ratificada en 1999 y opera en el rango de frecuencia de 5 GHz a diferencia de los protocolos anteriores. Esto hace que sea incompatible con 802.11, 802.11b y 802.11g, pero a su vez tiene la ventaja de evitar las interferencias de estos dispositivos además de enlaces microondas, dispositivos Bluetooth y teléfonos convencionales inalámbricos.

El protocolo 802.11a no tenía mucha acogida en el mercado, por lo que no es tan ampliamente desplegado como los protocolos 802.11b y g. Otra diferencia es que 802.11a admite entre 12 y 23 canales que no se superponen a diferencia de los 3 canales que no se superponen en 802.11b / g. Debido a que se utiliza OFDM, sub-canales pueden solaparse. 802.11a soporta velocidades de datos de 6, 12 y 24 Mbps permitiendo una velocidad máxima de datos de hasta 54 Mbps [3].

#### **2.1.4.5 Protocolo 802.11n**

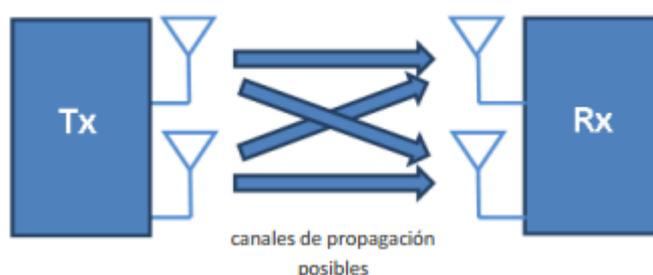
En 2009 IEEE ratificó a 802.11n como estándar. La principal meta de la IEEE para este estándar fue proveer una efectiva mucho más alta con respecto a la velocidad de tasa de transferencia, idealmente con este protocolo se alcanzaría una tasa de 600Mbps y trabajaría en las gama de los 2.4 GHz y 5 GHz por lo tanto cuenta con la ventaja de ser compatible con 802.11b/g y a. En 802.11n se utiliza canales de 20 MHz y canales de 40 MHz. Los canales de 40 MHz en 802.11n son en realidad dos canales de 20 MHz que son adyacentes entre sí y unidos para aumentar el rendimiento.

La capacidad de compatibilidad con versiones anteriores y la velocidad de 802.11n provienen de su uso de múltiples antenas y una tecnología llamada múltiple entrada, múltiple salida (MIMO). MIMO, utiliza diferentes antenas para enviar y recibir, lo que aumenta rendimiento y logrando más de una operación full-duplex [3].

#### **Funcionamiento de MIMO**

Tanto el transmisor como el receptor cuentan con dos antenas. Tal y como muestran las flechas, la señal transmitida por una

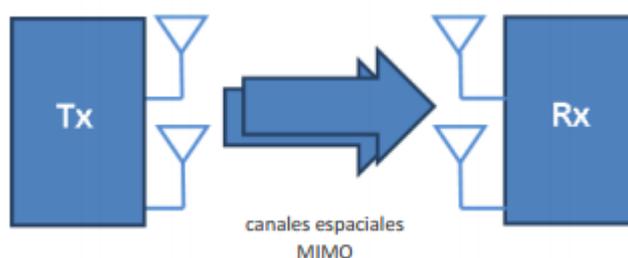
antena es recibida por las dos antenas receptoras, por lo que la señal recibida en una determinada antena receptora es una combinación lineal de las señales transmitidas por cada antena transmisora. Las cuatro antenas operan en la misma frecuencia y polarización [14].



**Figura 2.29 Representación de MIMO [14]**

La tecnología MIMO logra mediante métodos matemáticos crear dos “canales espaciales” diferenciados, de modo que entre el transmisor y el receptor se crean dos canales independientes que operan en la misma frecuencia y al mismo tiempo por los que transmitir información. La transmisión físicamente se realiza a través de los cuatro canales de propagación mostrados en la figura anterior, pero matemáticamente es como si existieran dos canales independientes entre el transmisor y el receptor. Podríamos hablar por tanto de canales matemáticos, o canales

espaciales, en contraste con los cuatro canales físicos que realmente existen entre el transmisor y el receptor [14].



**Figura 2.30 Representación de los canales espaciales [14]**

#### **2.1.4.6 Protocolo 802.11ac**

Este protocolo es el más reciente en la actualidad, se lo aprobó en Enero del 2014, es conocido como *Wi-Fi Gigabit* debido que puede llegar a tasas de 6Gbps trabajando en la banda de los 5Ghz además de trabajar con la tecnología MIMO Multiusuario basado en lo anterior. La especificación IEEE 802.11ac añade anchos de banda de canal de 80 MHz y 160 MHz con canales 160 MHz tanto contiguos y no contiguos para asignación de canal flexible. Se añade modulación de orden superior en forma de 256 de modulación de amplitud en cuadratura (QAM). Compatible con 802.11n solo si este trabaja en la gama de 5Ghz. El protocolo está en crecimiento debido que necesita equipos que soporte esta tecnología y por lo tanto esto demanda un costo

adicional pero no cabe duda que esto cambiará debido a la gran calidad de servicio que ofrecería una red inalámbrica bajo este estándar.

## **2.2 Gestión de Red**

Cuando se establece el proyecto de una red y debido a la importancia que siempre esté operativa y monitoreada estamos refiriéndonos a la gestión de la red. La gestión define control de recursos de una red con el fin de evitar que esta llegue a funcionar incorrectamente degradando sus prestaciones, esta va acompañada del monitoreo en el cual es el proceso continuo de recolección de datos que nos permiten un análisis con el fin de anticipar o corregir problemas en la red.

Un sistema de gestión de red con el correcto monitoreo debe estar diseñado para ver la red entera como una estructura unificada incluyendo el escalamiento continuo de la misma y así poder tener acceso y control a todos los recursos de hardware y software de cada elemento de mi red.

Con la gestión de red se pretende por lo general los siguientes objetivos:

- Operativa
- Eficiente

- Segura
- Constantemente Monitoreada
- Con una planificación adecuada y documentada.

### **2.2.1 Administración de la red**

#### **Protocolo SNMP**

El protocolo de gestión de Red Simple (SNMP) está basado en un conjunto de estándares para la administración de una red y así proporcionar de una manera simple la información de todos los dispositivos de la red y así poder gestionarlos de una manera remota. Básicamente el protocolo SNMP forma un conjunto de operaciones basadas en la información de todos los dispositivos de la red y así tener la capacidad de modificar el estado de algún dispositivo de la red en particular los cuales están basado en SNMP [4].

Los sistemas gestión y monitoreo de redes tienen un conjunto de elementos clave:

- Estación de Gestión o Gestor.
- Agente.
- Base de Datos de Información.
- Protocolo de Gestión de Red.

**La Estación de Gestión o NMS (Network Monitoring System - Sistema de Monitoreo de Red)** sirve como interfaz entre el Administrador de red humano y el sistema de gestión de red, y tiene una base de datos de información de gestión de red extraída de las bases de datos de todas las entidades gestionadas en la red.

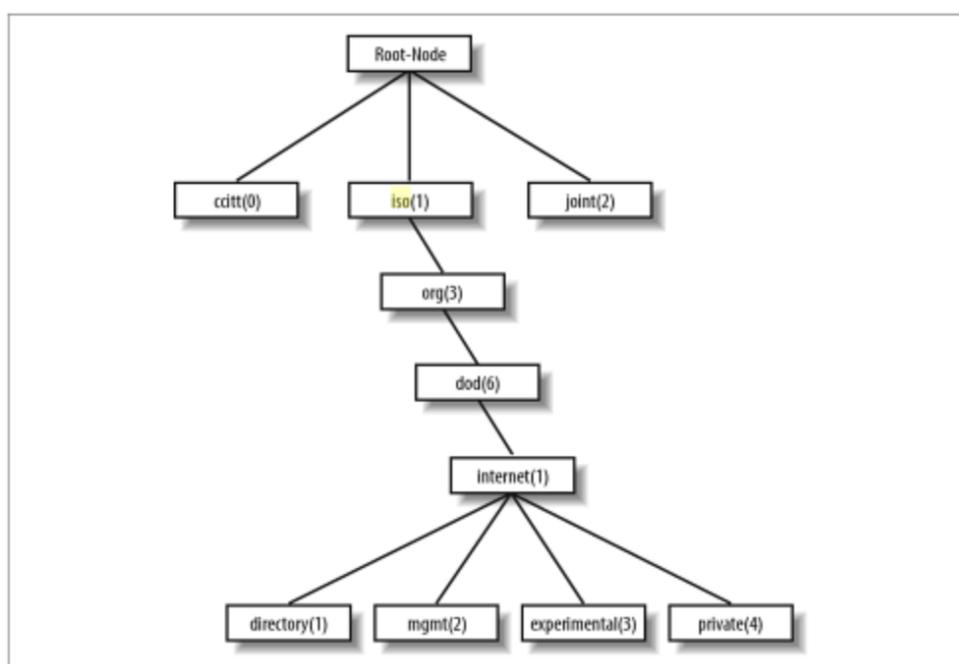
**Agente** es el elemento activo del sistema el cual responde a todas las solicitudes de acción o requerimientos desde la estación de gestión y puede de una forma asíncrona, proporcionar a la estación de gestión información importante de la red.

Para gestionar los recursos de red, estos se presentan como objetos, la colección de objetos se conoce como **MIB (Management Information Base – Base de Información de Gestión)**.

#### **OID (Identificador de Objetos)**

Cada objeto, si es un dispositivo o una característica de un dispositivo, debe tener un nombre mediante el cual pueda ser identificado de manera única. El nombre es el identificador de

objeto (object identifier) estos objetos son organizados dentro de un árbol jerárquico y es escrito como una secuencia de enteros separados por puntos [15].



**Figura 2.31 Representación de OBJETOS [15]**

En la figura 2.31 podemos ver un árbol jerárquico con pocos niveles, se puede apreciar nodo principal (Root-Node) tiene un subárbol que está conformado por ccitt (0), iso (1) y joint (2). En la ilustración iso (1) es el único nodo que tiene otro subárbol que conjuntamente con org (3), dod (6) e internet (1) formarían un OID de tal forma que se representaría 1.3.6.1 o iso.org.dod.internet. Cada objeto de gestión tiene un OID numérico y un nombre textual asociado tal como se vio anteriormente [15].

La Estación de Gestión y el Agente están enlazados por el protocolo SNMP (**Simple Network Management Protocol - Protocolo de Gestión de Red Simple**), que tiene ciertas capacidades clave [15]:

- **Get:** La Estación de Gestión obtiene del Agente valores específicos.
- **Set:** La Estación de Gestión establece valores específicos en el Agente.
- **Notify:** El agente notifica a la estación eventos significativos.

El formato general de los mensajes SNMP para todas las versiones define:

- ❖ **Versión:** Número de la versión SNMP. El NMS y los agentes deben usar la misma versión de SNMP en una red. Los mensajes que contengan diferentes versiones SNMP son descartados sin ser procesados [16].
- ❖ **Comunidad:** Nombre de la comunidad usada para autenticación del agente antes de acceder al NMS [16].
- ❖ **PDU (Protocol Data Unit - Unidad de Datos de Protocolo):** Son diferentes para cada versión de SNMP [16].

### 2.2.2 Herramientas de gestión de red

Hoy en día es indispensable el monitoreo de una red y en base a esa necesidad varias compañías han sacado su software de gestión las cuales pueden ser de uso libre o también hay comerciales como veremos a continuación:

- **Scotty**, también llamado tkined, que es una herramienta completa de monitorización con capacidades de gestión/monitorización de dispositivos SNMP para sistemas GNU/Linux.
- **NetMRG** es una herramienta para monitorizar, hacer gráficos e informar del estado de una red. Está basada en la RRDTOol, el mejor sistema actual de gráficos de código abierto. NetMRG es capaz de crear gráficos de cualquier parámetro de la red y en el que se basan casi todas las herramientas de monitorización de software libre actuales.
- **Nagios** es un programa de monitorización de red libre (de código abierto) para diferentes versiones de Linux (Open BSD, Ubuntu, Suse, Debian, etc.).

*Algunos ejemplos de herramientas comerciales son:*

- **Cisco Works de Cisco Systems** es una familia de herramientas de gestión de red especialmente dirigido a redes con dispositivos Cisco. Esta herramienta también está basada en el protocolo SNMP.
- **Flex master Ruckus** es un software ideal para operadores de telecomunicaciones, los operadores de servicios múltiples, y los proveedores de banda ancha que buscan obtener beneficios económicos de los servicios Wi-Fi en el crecimiento de los nuevos mercados de servicios, incluidos los puntos de acceso, puntos para el hogar, y servicios de IPTV.
- **HP Open View NNM** (HP OpenView Network Node Manager for operators) es otra herramienta de gestión para distintas plataformas (Linux, Windows, etc.) basada en el protocolo SNMP, en las mibs (management information base), en eventos y alarmas.

**Ejemplos de herramientas para la gestión de una red Wireless.**

**Flex master Ruckus:** El Sistema de Gestión de FlexMaster Ruckus es una con todas las funciones, intuitiva y completa plataforma de servicios gestionados basados en Linux para la configuración, detección de fallas, auditoría, gestión del rendimiento y optimización de los cientos de miles de puntos de acceso Wi-Fi inteligentes remotos o inteligente LANs inalámbricas desde un único punto. Aprovecha los protocolos estándar de la industria, tales como SNMP, TR-069, SOAP, TCP y HTTP / S de dispositivos de acceso a redes que de otra manera podrían ser bloqueados por los cortafuegos locales [17].

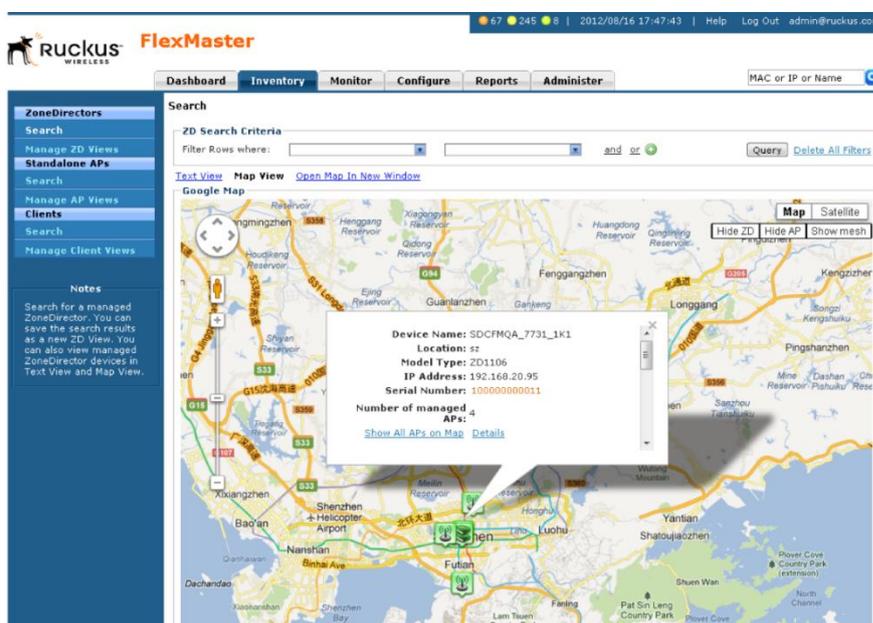


Figura 2.32 Software de Gestión Ruckus I [17]

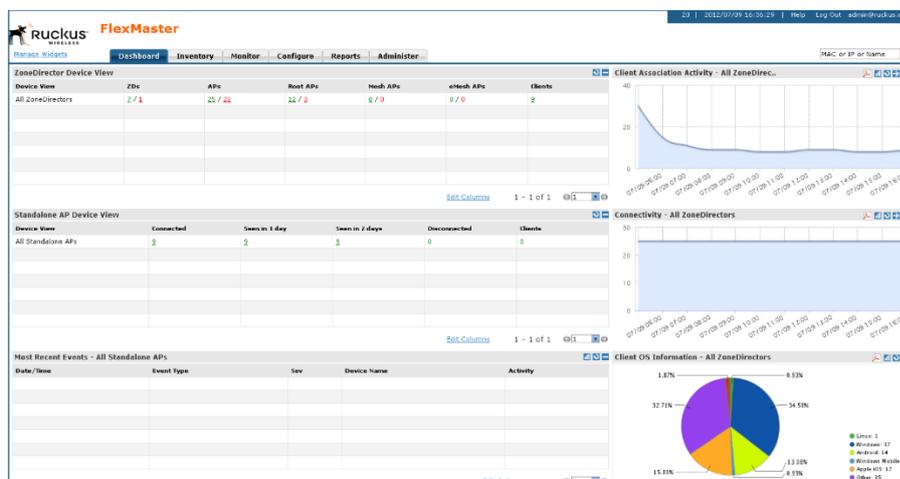


Figura 2.33 Software de Gestión Ruckus II [17]

## Cisco Wireless Control System (WCS)

Servidor es utilizado para centralizar la administración y configuración de los Controladores WLC, con la ayuda de esta herramienta se minimiza el trabajo del administrador cuando se debe agregar alguna nueva configuración en la red inalámbrica, también ayuda a eliminar la posibilidad de errores cuando se debe configurar el mismo parámetro en cada Controlador. La herramienta es parte importante en la optimización de la red, ofreciendo reportes calendarizados que indican el comportamiento de la red. Trabaja bajo el protocolo SNMP v1, v2c, v3 and TACACS+ [18].

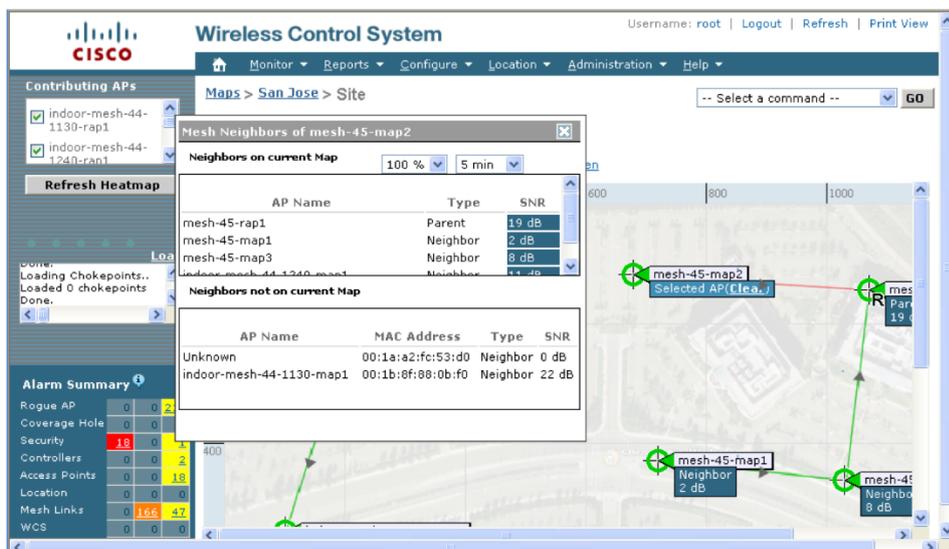


Figura 2.34 software de gestión CISCO I [18]

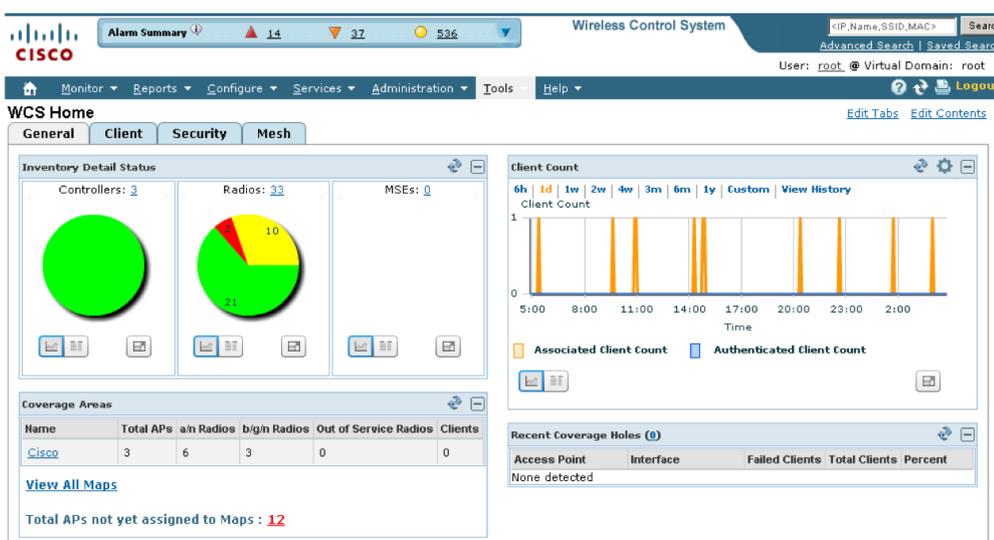


Figura 2.35 Software de gestión CISCO II [18]

## **2.3 Equipos de Transmisión y Soporte para la Red WI-FI**

### **2.3.1 Antenas**

Una antena de RF es un dispositivo el cual nos permite convertir una línea de transmisión de alta frecuencia en ondas que se propagan en el aire. Debido a la importancia del espacio que requiramos cubrir, se escoge el tipo de antena. Hay tres tipos de antenas RF las cuales son:

- Omnidireccional
- Semi-direccional
- Altamente direccional

Cada categoría tiene algunos tipos de antenas además de cada una posee diferentes RF características con su respectivo uso. Cabe mencionar que a medida que la ganancia de una antena aumenta el área de cobertura se estrecha y crece a lo largo por lo tanto las antenas de gran ganancia ofrecen áreas de cobertura más largas que los de baja ganancia. Las antenas van acompañadas de un tipo de soporte y cada uno va adaptado para cada tipo de antena [9].

### 2.3.1.1 Antenas (dipolo) Omnidireccionales

La mayoría de las antenas para una red inalámbrica es una antena omnidireccional también llamadas dipolo. La antena dipolo es equipo estándar en la mayoría de los puntos de acceso. Este tipo de antenas irradian de energía de manera equitativa en todas las direcciones alrededor de su eje [9].

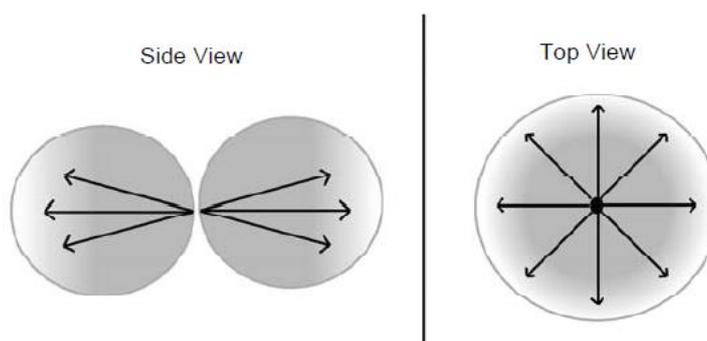


Figura 2.36 Área de cobertura de una Antena Omnidireccionales [9]

Las antenas omnidireccionales son utilizadas cuando se requiere cubrir el área de cobertura alrededor del eje horizontal de la antena. Las antenas omnidireccionales *exteriores (outdoor)* se deberían colocar en la parte superior de una estructura de gran tamaño (edificios, rascacielos) en medio del área de cobertura. Las antenas omnidireccionales *interiores (indoor)* deben ser colocadas en el centro del edificio o área de cobertura deseada,

cerca del techo, para una cobertura óptima dentro de la infraestructura.



**Figura 2.37 Muestra de Antenas Omnidireccionales [9]**

Las antenas omnidireccionales utilizadas con redes LAN inalámbricas son mucho más pequeñas porque las frecuencias de una LAN inalámbrica están en el espectro de microondas de 2,4 GHz a diferencia del espectro de televisión el cual es de 100 MHz. A medida que la frecuencia aumenta, la longitud de onda y las antenas se hacen más pequeños [9].

### **2.3.1.2 Antenas Semi-direccionales**

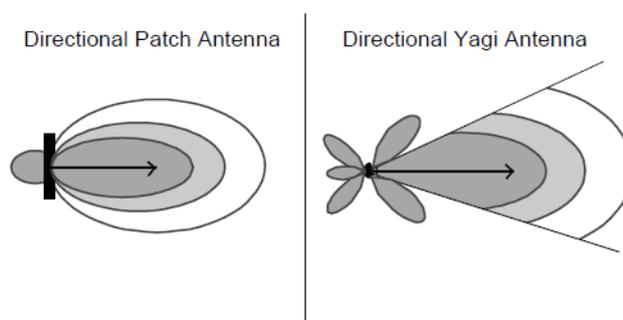
Las antenas semi-direccionales se pueden encontrar en el mercado una gran variedad de estilos y formas. Algunos tipos de antenas semi-directional de uso frecuente con las redes LAN inalámbricas son Patch Panel, y Yagi (pronunciado "YAH-gee") antenas. Todas estas antenas son generalmente planas y diseñadas para montaje en pared. Cada tipo tiene diferentes

características de cobertura. La figura 2.38 muestra algunos ejemplos de antenas semi-direccionales.



**Figura 2.38 Muestra de diferentes tipos de Antenas Semi-direccionales [9]**

Este tipo de antenas concentran la energía del transmisor hacia un punto en particular a diferencia de la dirección uniforme de las antenas omnidireccionales. Antenas semi-direccionales a por lo general irradian en un patrón de cobertura semiesférica o cilíndrica, como puede verse en la Figura 2.39



**Figura 2.39 Área de cobertura de una Antena Semi-Direccional [9]**

Antenas Semi-direccionales son ideales para coberturas específicas además se servir como puente por ejemplo, dos edificios de oficinas que se encuentran al otro lado de la calle el uno del otro y la necesidad de compartir una conexión de red sería un buen escenario en el que poner en práctica las antenas semi direccionales. En un espacio interior grande, si el transmisor debe estar ubicado en la esquina o al final de un edificio, un pasillo o una habitación grande, una antena semi-direccional sería una buena opción para proporcionar la cobertura adecuada.

### 2.3.1.3 Antenas Altamente - direccional

Este tipo de antenas como su nombre lo indica son altamente direccionales y por ende la señal transmitida es más estrecha y directa que los otros tipos de antenas.



Figura 2.40 Patrón de radiación de una antena Altamente direccional [9]

Por lo general las antenas direccionales son cóncavas en forma de plato algunos modelos se los conoce como platos parabólicos y también hay modelos en forma de grilla su diseño es básicamente para la resistencia a la fuerza de rozamiento del viento. Estas antenas son ideales para larga distancia, enlaces inalámbricos punto a punto.



**Figura 2.41** Ejemplo de una Antena parabólica altamente direccional [9]



**Figura 2.42** Muestra de una antena de rejilla altamente direccional [9]

### **Conceptos de antena RF**

Hay varios conceptos que son importantes recalcar al momento de implementar una solución que requiera una antena de RF. Entre los que se describirán son:

- Polarización

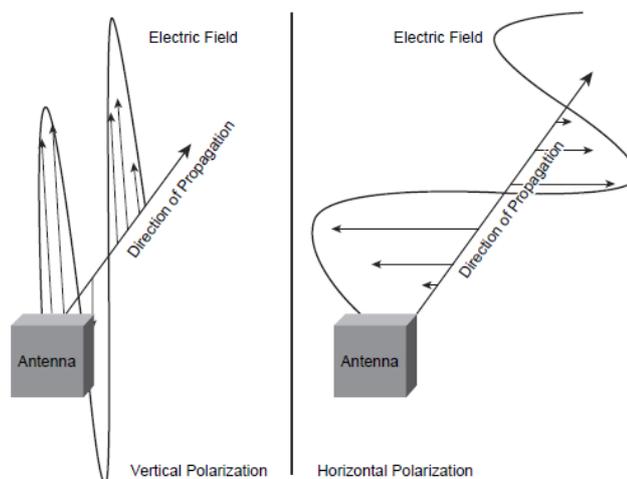
- Ganancia

### **Polarización**

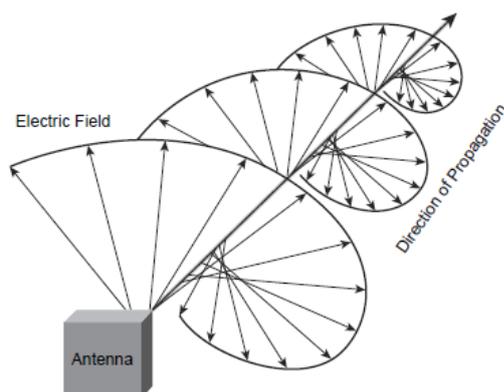
Básicamente la meta de una antena es emitir una onda electromagnética, esta onda puede moverse de diferentes formas en el medio inalámbrico. La dirección del vector del campo eléctrico de esta onda se la denomina polarización. Hay tres tipos de polarización:

- Vertical
- Horizontal
- Circular

Como se muestra en la Figura 2.43, la polarización vertical significa que la onda del campo eléctrico se mueve hacia arriba y hacia abajo de una manera lineal. Polarización Horizontal significa que la onda del campo eléctrico se mueve a la izquierda y derecha de una manera lineal [3]. El tercer tipo de polarización, la polarización circular, indica que el campo eléctrico sigue una trayectoria circular, como se ilustra en la Figura 2.44



**Figura 2.43 Polarización Vertical y Horizontal [3]**



**Figura 2.44 Polarización Circular [3]**

En simple palabras podemos describir a la polarización como orientación física de la antena en una posición horizontal o vertical con respecto a la tierra, cabe mencionar que el campo eléctrico es paralelo a los elementos radiantes (el elemento de antena es el metal parte de la antena que está haciendo el radiante).

La polarización vertical, que se utiliza típicamente en las redes LAN inalámbricas, es perpendicular a la Plano de la Tierra. Las antenas que no son polarizadas de la misma forma no están en la capacidad de comunicarse con total efectividad y la señal transmitida será degradada [3].

### **Ganancia**

La ganancia de una antena básicamente es la relación entre la intensidad de radiación en una determinada dirección y la intensidad de la potencia de una antena de referencia alimentada con la misma potencia.

La antena de referencia teóricamente está constituida por la antena isotrópica que radia de igual forma en todas las direcciones, cabe recalcar que es una antena ideal por lo tanto no existe sin embargo se puede realizar una antena de referencia llamada dipolo estándar (o dipolo ideal) es una antena casi perfecta usada como punto de comparación cuya ganancia sobre la isotrópica es conocida [9].

El dipolo de 1/2 onda es una antena de referencia. Presenta una ganancia de 2.15 dBi, esta anotación dBi, significa que son decibeles sobre isotrópica para llevarlos a dBd que es ganancia

sobre la radiación estándar se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

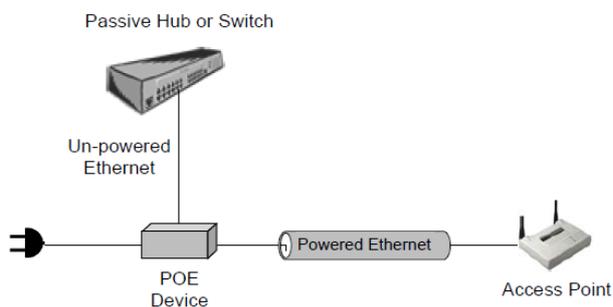
$$dBd = dBi - 2.15 [19]$$

#### **Ecuación 2.5 Equivalencia entre dBd y dBi**

Por eso cuando se dice que una antena direccional tiene una ganancia de 9.15 dBi sabemos que esa antena tendrá una ganancia aproximadamente real de  $9.5 - 2.15 = 7$  dBd

### **2.3.2 Power over Ethernet (PoE)**

Power over Ethernet (PoE) está tecnología consiste en transferir de forma segura potencia eléctrica junto con los datos a cualquier dispositivo remoto a través del cable categoría 3,5 o 6. Por lo general se lo utiliza cuando los tomacorrientes de corriente alterna no están disponibles donde los dispositivos en este caso particular de la infraestructura de una red LAN inalámbrica se van a instalar [9].



**Figura 2.45 Instalación POE [9]**

### 2.3.3 Equipos principales

#### 2.3.3.1 Punto de acceso

Los puntos de acceso son dispositivos que permite la comunicación entre dispositivos inalámbricos algunos ofrecen múltiples opciones de configuración dependiendo del fabricante. La mayoría de ellos soportan antenas externas, algunas antenas internas de apoyo y algunos se van a desplegar en el exterior y otros están diseñados para ser desplegado en el interior de una infraestructura. Algunos puntos de acceso están diseñados para ser implementados para la creación de una red amplia (metropolitana) y además también puede ser usado para propósitos de puente y mientras se opera como un puente, también puede permitir al cliente conectarse.

Los AP para la creación de una red LAN inalámbrica pueden operar de dos formas:

- Autónomos: configuración individual e independiente de cada AP[3]
- Controlados: utiliza el protocolo *LWAPP Lightweight Access Point Protocol* proporcionando la gestión al WLC(Wireless LAN Controller) [3]

	<p><b>AP Ruckus:7782-N</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Banda Dual 802.11n (5Ghz/2.4GHZ)</li> <li>• 600 Mbps throughput (300 Mbps por radio)</li> <li>• 2x2:2 MIMO</li> <li>• Uso Exteriores: Sectorial de 30°</li> <li>• Beamforming: BeamFlex</li> </ul>
	<p><b>AP Cisco: Aironet 1700</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Banda Dual 802.11ac 5Ghz/2.4GHZ)</li> <li>• 867 Mbps de throughput</li> <li>• 3x3:2 MIMO</li> <li>• Uso Interiores: oficinas, edificios</li> <li>• Beamforming: ClientLink Technology</li> </ul>

**Tabla 3 Puntos de Acceso Ruckus y Cisco con sus respectivas características**

A continuación en la tabla 3 podemos apreciar 2 AP con algunas de sus respectivas características, se tomó como referencia 2 marcas que resaltan en el mercado por su calidad como lo son Rukus y Cisco. Es importante al momento de implementar una solución para un proyecto escoger el equipo adecuado basándonos en los dos equipos podemos ver una notación

importante en el equipo Cisco la cual es 3x3:2, esta numeración significa que nuestro equipo posee 3 antenas de las cuales usara para la transmisión 3 y para la recepción 3 junto con 2 canales espaciales (spatial stream) a diferencia del modelo Ruckus que tiene una antena menos para transmisión y recepción pero igualmente trabaja con 2 canales espaciales cabe recalcar que mientras más canales espaciales tenga el equipo más capacidad se tendrá para el enlace.

Otro aspecto que se debe tomar en cuenta al momento de elegir un proveedor para una solución inalámbrica es el *beamforming* lo cual nos indica la técnica para el procesamiento de señal utilizado para controlar la direccionalidad de la transmisión y recepción de señales de radio, como esta detallado en la tabla cada marca tiene su propia tecnología.

A continuación una breve descripción de las dos técnicas basado en los proveedores Ruckus y Cisco:

- **BeamFlex:** combinación de la capa física (antenas inteligentes) y un sofisticado mecanismo de retroalimentación con la información de la señal del cliente, con esta técnica se asegura los niveles más altos de la señal

y permite rechazar interferencias escogiendo la mejor posible ruta de la señal para cualquier cliente determinado [20].

- ClientLink Technology: implementación de chip basado técnicas para ajustar la fase y la amplitud potencia de las señales transmitidas en cada antena. Mediante la variación de la fase y la amplitud de la señal transmitida, el AP es capaz de organizar que la señal recibida en el cliente tiene la interferencia constructiva, aumentando así la calidad de la señal en el cliente [21].

### 2.3.3.2 WLC (Wireless LAN Controller)

Wireless LAN Controller es un dispositivo el cual nos permite tener la gestión sobre los puntos de acceso que se están utilizando en la red de tal manera que proporcionan la visibilidad, la escalabilidad y fiabilidad necesarias para las redes inalámbricas de alta seguridad, a una escala empresarial [3].



Figura 2.46 Equipo WLC Ruckus modelo Zone Director 3000



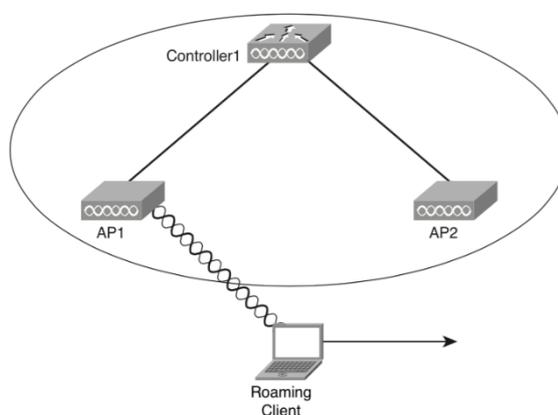
**Figura 2.47 Equipo WLC Cisco modelo 2504**

En la figura 2.46 y 2.47 podemos ver dos WLC, dependiendo del fabricante y de las especificaciones soportará una determinada cantidad de puntos de acceso para la gestión de los mismos. Los principales beneficios de un WLC es optimizar el rendimiento de la red inalámbrica al mismo tiempo reduce los costos y aumenta la eficiencia operativa. Implementar controles inalámbricos ayuda a gestionar de forma centralizada, segura y configurar los puntos de acceso en toda la organización [3].

### **Tipos de Roaming**

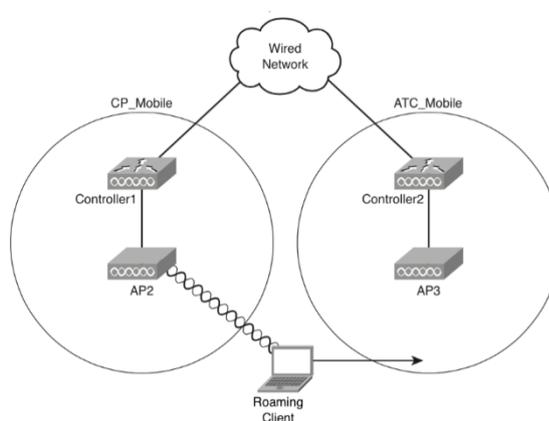
Los WLC dependiendo del fabricante pueden soportar un roaming de capa 2 y capa3.

Roaming de Capa 2: cuando el usuario camina hacia un diferente AP pero el usuario permanece en la misma VLAN con la misma dirección IP, incluso puede haber varios controladores pero con la premisa que todo esté en la misma subred tal como se muestra en la figura 2.48 [3].



**Figura 2.48 Roaming de Capa 2 [3]**

Roaming de Capa 3: cuando el usuario camina hacia un diferente AP pero se asocia hacia a una diferente subred usando el mismo SSID, la meta es que para el usuario este proceso sea transparente, en este tipo de roaming se pueden tener diferentes tipos de controladores en diferentes subredes [3].



**Figura 2.49 Roaming de Capa 3 [3]**

## **CAPÍTULO 3**

### **3 MARCO REGULATORIO DEL USO DE LA BANDA NO LICENCIADA PARA EL PROYECTO WI-FI A GRAN ESCALA.**

#### **3.1 Análisis de reglamentos de servicios de Telecomunicaciones.**

La regulación es importante para los entes reguladores, los operadores y sobre todo para los usuarios, ya que pone normas de juego claras. En nuestro país existen tres entes encargados de la regulación, administración y control de las telecomunicaciones, cada uno de los cuales tiene funciones asignadas.

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), es el organismo regulador encargado de las políticas de estado, tales como pliegos tarifarios, normas de homologación, regulación y control de equipos y servicios, etc.

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SNT) es la encargada de la ejecución de las normas que dicta el CONATEL, es quien administra el espectro radioeléctrico, la asignación de bandas de frecuencia, permisos de operación, concesiones, etc.

La Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) vigila que los sistemas cumplan con las disposiciones y resoluciones del CONATEL. Todo tipo de proyectos de Telecomunicaciones que se desarrolle en nuestro país deben cumplir con los requisitos generales previstos en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, Reglamento General de Radiocomunicaciones, El Plan Nacional de Frecuencias, Reglamento de Tarifas por el Uso de Frecuencias y Reglamentos, Normas Técnicas, Planes y Resoluciones expedidos sobre la materia por el CONATEL.

A continuación revisaremos artículos y definiciones importantes:

Art. 1.- **Ámbito de la Ley.-** La presente Ley Especial de Telecomunicaciones tiene por objeto normar en el territorio nacional la instalación, operación, utilización y desarrollo de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, sonidos e información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.” [22]

Dentro de esta ley cabe resaltar algunos artículos de gran relevancia como son:

“Art. 4.- **Uso de frecuencias.-....** El uso de frecuencias radioeléctricas para otros fines diferentes de los servicios de radiodifusión y televisión requieren de una autorización previa otorgada por el Estado y dará lugar al pago de los derechos que corresponda.....”, que determina que el uso de frecuencias para la operación de sistemas móviles que usan técnicas de espectro ensanchado requieren de una autorización. ” [22]

“Art. 5.- Normalización y homologación.- El Estado formulará, dictará y promulgará reglamentos de normalización de uso de frecuencias, explotación de servicios, industrialización de equipos y comercialización de servicios, en el área de telecomunicaciones, así como normas de homologación de equipos terminales y otros equipos que se considere conveniente acordes con los avances tecnológicos, que aseguren la interconexión entre las redes y el desarrollo armónico de los servicios de telecomunicaciones.” [22]

El Artículo 8, en donde se clasifican los servicios de telecomunicaciones en servicios finales y portadores y se los define de la siguiente manera:

“Servicios finales de telecomunicaciones son aquellos servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios, incluidas las funciones del equipo terminal y que generalmente requieren elementos de conmutación.

Forman parte de estos servicios, inicialmente, los siguientes: telefónico rural, urbano, interurbano e internacional; videotelefónico; telefax; burofax; datafax; videotex, telefónico móvil automático,

telefónico móvil marítimo o aeronáutico de correspondencia pública; telegráfico; radiotelegráfico; de télex y de teletextos.”..... [22]

“Servicios portadores son los servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación de red definidos.”..... [22]

Estas definiciones son de gran importancia, ya que es necesario definir el tipo de servicio que prestará el usuario y las reglas a las cuales éste debe apegarse.

“Art. 13.- Regulación del espectro radioeléctrico.- Es facultad privativa del Estado el aprovechamiento pleno de los recursos naturales como el espectro de frecuencias radioeléctricas, y le corresponde administrar, regular y controlar la utilización del espectro radioeléctrico en sistemas de telecomunicaciones en todo el territorio ecuatoriano, de acuerdo con los intereses nacionales.”  
[22]

“Art. 14.- Derecho al secreto de las telecomunicaciones.- El Estado garantiza el derecho al secreto y a la privacidad de las telecomunicaciones. Es prohibido a terceras personas interceptar,

interferir, publicar o divulgar sin consentimiento de las partes la información cursada mediante los servicios de telecomunicaciones.”

En sus demás artículos la ley contempla las tasas y tarifas para la prestación de los servicios de telecomunicaciones, la finalidad del Plan de Desarrollo de las Telecomunicaciones. ” [22]

### **3.2 Definición de servicios a prestar para el diseño de la red WI-FI.**

El diseño principalmente se basa en dar servicio de internet al usuario final pero en el proyecto también mencionamos que se podría mejorar usando la infraestructura ya establecida para desfogar el tráfico de datos a las operadoras que ofrecen servicios de paquetes contratados como CLARO, MOVISTAR por lo tanto el proyecto prestaría Servicio final y Servicio de Portador.

### **3.3 Procedimientos Técnicos y Regulatorios para la puesta en operación el proyecto WI-FI a gran escala en Guayaquil.**

El proyecto WI-FI a gran escala en Guayaquil está basado en el estándar 802.11 y actualmente las familias que están vigente son los estándares 802.11g/n/ac los cuales utilizan modulación digital en la banda ancha por lo tanto nos regiremos a las normas vigentes dispuestas por el ente regulador CONATEL expedida el 18 de

Octubre del 2010 bajo la resolución TEL-560-18-CONATATEL-2010.

### **3.3.1 Normas para la implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.**

La Norma tiene el objetivo de regular cualquier tipo de instalación y la puesta de operación de Sistemas de Radiocomunicaciones que utilicen técnica de Modulación digital de Banda Ancha en rangos de frecuencia que determine el consejo nacional de Telecomunicaciones, CONATEL.

A continuación procederemos a ver los puntos más relevantes de la Norma.

#### **Características de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.**

Los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha son aquellos que se caracterizan por:

- a) Una distribución de la energía media de la señal transmitida, dentro de una anchura de banda mucho mayor que la convencional, y con un nivel bajo de potencia. [23]

- b) La utilización de técnicas de modulación que proporcionan una señal resistente a las interferencias. [23]
- c) Permitir a diferentes usuarios utilizar simultáneamente la misma banda de frecuencias. [23]
- d) Coexistir con Sistemas de Banda Angosta, lo que hace posible aumentar la eficiencia de utilización del Espectro Radioeléctrico. [23]
- e) Operar en Bandas de frecuencias inscritas en el cuadro de atribución de bandas de frecuencias. [23]

### **Bandas de Frecuencias**

Las bandas de frecuencias que se aprobará para la puesta de operación de los sistemas de radiocomunicaciones utilizando técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha son las siguientes:

Banda (MHZ)
902-928
2400-2483.5
5150-5250
5250-5350
5470-5725
5725-5875

**Tabla 4 Bandas utilizadas para las técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha [23]**

El CONATEL aprobará y establecerá las características técnicas de operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha en bandas distintas a las indicadas en la presente Norma, previo estudio sustentado y emitido por la SENATEL.

### **Configuración de Sistemas que emplean Modulación Digital de Banda Ancha**

Las configuraciones que se aprobarán para la operación de Sistemas con técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha son:

- Sistemas punto - punto;
- Sistemas punto - multipunto;
- Sistemas móviles.

### **Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha**

Se establecen los límites de Potencia para cada una de las bandas de acuerdo con la siguiente tabla 5 correspondiente al anexo resolución TEL-560-18-CONATATEL-2010.

SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA				
Tipo de Configuración del Sistema	Bandas de Operación (MHz)	Potencia Pico Máxima del Transmisor (mW)	P.I.R.E. (mW)	Densidad de P.I.R.E. (mW/MHz)
punto-punto	902 – 928	500	---	---
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	2400 – 2483.5	1000	---	---
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	5150 – 5250	50 i	200	10
punto-multipunto				
móviles				
Punto-punto	5250 – 5350	--	200	10
punto-multipunto		250 ii	1000	50
móviles				
punto-punto	5470 – 5725	250 ii	1000	50
punto-multipunto				
móviles				
punto-punto	5725-5850	1000	---	---
punto-multipunto				
Móviles				

(i)  $50 \text{ mW o } (4 + 10 \log B)$   
(ii)  $250 \text{ mW o } (11 + 10 \log B)$

dBm, la que sea menor  
dBm, la que sea menor

Donde: B es la anchura de emisión en MHz

**Tabla 5 Modulación de Ancho de Banda [23]**

Ítems aclaratorios de la resolución TEL-560-18-CONATATEL-2010 correspondientes a la tabla 6:

- i. Si la ganancia de la antena direccional empleada exclusivamente en los sistemas fijos punto – punto, punto – multipunto y que operan en la banda 2400 – 2483.5 MHz es superior a 6 dBi, deberá reducirse la potencia máxima de salida del transmisor, esto es 1 Watt, en 1 dB por cada 3 dB de ganancia de la antena que exceda los 6 dBi.
- ii. Cuando en las bandas de 5150 - 5250 MHz, 5250 - 5350 MHz y 5470 - 5725 MHz, se utilicen en equipos con antenas de transmisión de ganancia direccional mayor a 6 dBi, la potencia de transmisión pico y la densidad espectral de potencia pico deberán ser reducidas en la cantidad de dB que superen la ganancia de la antena direccional que exceda los 6 dBi.
- iii. Cualquier dispositivo que opere en la banda de 5150 - 5250 MHz deberá utilizar una antena de transmisión que sea parte integral del dispositivo.

- iv. Dentro de la banda de 5150 - 5250 MHz y 5250 - 5350 MHz, los dispositivos que emplean Modulación Digital de Banda Ancha que estuvieran restringidos a operaciones al interior de recintos cerrados, deberán contar con sistemas que dispongan de selección dinámica de frecuencia (DFS) de acuerdo a la Recomendación UIT-R M.1652 sobre sistemas de acceso de radio incluyendo RLAN en 5000 MHz

En estas bandas, la densidad espectral de la P.I.R.E. media no debe exceder 0.04mw/4kHz medida en cualquier ancho de banda de 4 kHz o lo que es lo mismo 10mW/MHz.

- v. En las bandas de 5250 - 5350 MHz y 5470 - 5725 MHz los usuarios de sistemas móviles deben emplear controles de potencia en el transmisor capaces de garantizar una reducción media de por lo menos 3 dB de la potencia de salida media máxima de los sistemas o, en caso de no emplearse controles de potencia de transmisor, que la P.I.R.E. máxima se reduzca en 3 dB.
- vi. En la banda de 5250 - 5350 MHz, los sistemas que funcionen con una P.I.R.E. media máxima de 1 W y una densidad de

P.I.R.E. media máxima de 50 mW/MHz en cualquier banda de 1 MHz, y cuando funcionen con una P.I.R.E. . media superior a 200 mW deberán cumplir con la densidad de P.I.R.E. de acuerdo a la Tabla 6 tomada del Anexo de la resolución TEL-560-18-CONATATEL-2010

Densidad de P.I.R.E. dB(W/MHz)	Intervalo de $\theta$		
-13	0°	≤	$\theta \leq 8^\circ$
-13-0.716 * ( $\theta$ -8)	8°	≤	$\theta \leq 40^\circ$
-35.9-1.22 * ( $\theta$ -40)	40°	≤	$\theta \leq 45^\circ$
-42	$\theta > 45^\circ$		

**Tabla 6 Densidad de P.I.R.E.**

Dónde:

$\theta$ : Es el ángulo, expresado en grados, por encima del plano horizontal local (de la Tierra).

- vii. Los sistemas que operen en la banda de 5725 - 5850 MHz pueden emplear antenas de transmisión con ganancia direccional mayor a 6 dBi y de hasta 23 dBi sin la correspondiente reducción en la potencia pico de salida del transmisor.

Si emplean ganancia direccional en la antena mayor a 23 dBi, será requerida una reducción de 1 dB en la potencia pico del transmisor y en la densidad espectral de potencia pico por cada dB que la ganancia de la antena exceda a los 23 dBi.

- viii. Los equipos que emplean Modulación Digital de Banda Ancha que requieren Autorización de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Radiocomunicaciones, deben cumplir con lo establecido en la Tabla 7 correspondiente al anexo de la resolución TEL-560-18-CONATATEL-2010.

Equipos con Potencia (P)	antenas	áreas
$P < 100 \text{ mW}$	directivas	públicas o privadas
$P < 300 \text{ mW}$ ,	exteriores	privadas
$300 \leq P \leq 1000 \text{ mW}$ ,	directivas o exteriores	públicas o privadas

**Tabla 7 Regulación de Equipos en base al rango de Potencia, antenas y áreas [23]**

Las emisiones pico fuera de las bandas de frecuencia de operación deberán ser atenuadas de acuerdo con los siguientes límites:

- a) En las bandas de 902-928 MHz y 2400-2483.5 MHz, para cualquier ancho de banda de 100 kHz fuera de la banda de frecuencias de operación de los sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, la potencia radiada por el equipo deberá estar al menos 20 dB por debajo de dicha potencia en el ancho de banda de 100 kHz que contenga el mayor nivel de potencia deseada.
- b) En las bandas de 5150-5250 MHz - 5250 - 5350 MHz, 5470

-5725 MHz y 5725 – 5850 MHz deben cumplir con lo establecido en la tabla 8

Banda de Operación (MHz)	Rango de frecuencias considerado (MHz)	P.I.R.E. para emisiones fuera de banda (dBm/MHz)
5150 – 5250	< 5150 > 5250	-27
5250 – 5350	< 5250 > 5350	-27
5470 – 5725	< 5470 > 5725	-27
5725 – 5850	5715 – 5725 5850 – 5860	-17
	< 5715 > 5860	-27

**Tabla 8 Límites de Potencia en base a la banda de operación [23]**

### **Respecto de los Sistemas de Explotación**

Cuando la aplicación que se dé a un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha corresponda a la prestación de un Servicio de Telecomunicaciones, el concesionario deberá contar con el Título Habilitante respectivo, de conformidad con la normativa vigente.

### **Modificaciones.**

Los usuarios que requieran modificar la ubicación de sus sitios de transmisión o la información de las características técnicas

registradas en la SENATEL, deberán solicitar previamente dicha modificación a la SENATEL a fin de que sea autorizada por la referida entidad.

Los usuarios que requieran interrumpir el proceso de registro de un “Certificado de Registro de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha”, únicamente lo podrán realizar por voluntad del concesionario o usuario, expresada mediante solicitud escrita dentro de las 48 horas posteriores a la solicitud original.

### **3.3.2 Anexo no correspondiente a la resolución, pero parámetros establecidos por IEEE en el estándar 802.11n y 802.11ac.**

El estándar 802.11n y 801.11ac usa diferentes tipos de modulaciones y esquemas de velocidad y junto a otros parámetros se puede determinar la tasa de transferencia de mi enlace a la cual aproximadamente debería transmitir. Los estándares ya antes mencionados poseen una tabla denominada MSC (esquema de modulación y codificación) la cual nos indicará en base al índice cual es mi tasa de transferencia a continuación presentamos las tablas 9 y 10 donde se puede apreciar lo mencionado.

MCS índice	Espacial corrientes	Modulación tipo	Codificación n velocidad	La velocidad de datos (Mbit / s)			
				20 canales MHz		40 canales MHz	
				800 ns GI	400 ns GI	800 ns GI	400 ns GI
0	1	<a href="#">BPSK</a>	1/2	6.50	7.20	13.50	15.00
1	1	<a href="#">QPSK</a>	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
2	1	<a href="#">QPSK</a>	3/4	19.50	21.70	40.50	45.00
3	1	<a href="#">16 - QAM</a>	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
4	1	<a href="#">16 - QAM</a>	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
5	1	<a href="#">64 - QAM</a>	2/3	52.00	57.80	108.00	120.00
6	1	<a href="#">64 - QAM</a>	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
7	1	<a href="#">64 - QAM</a>	5/6	65.00	72.20	135.00	150.00
8	2	<a href="#">BPSK</a>	1/2	13.00	14.40	27.00	30.00
9	2	<a href="#">QPSK</a>	1/2	26.00	28.90	54.00	60.00
10	2	<a href="#">QPSK</a>	3/4	39.00	43.30	81.00	90.00
11	2	<a href="#">16 - QAM</a>	1/2	52.00	57.80	108.00	120.00
12	2	<a href="#">16 - QAM</a>	3/4	78.00	86.70	162.00	180.00
13	2	<a href="#">64 - QAM</a>	2/3	104.00	115.60	216.00	240.00
14	2	<a href="#">64 - QAM</a>	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
15	2	<a href="#">64 - QAM</a>	5/6	130.00	144.40	270.00	300.00
16	3	<a href="#">BPSK</a>	1/2	19.50	21.70	40.50	45.00
17	3	<a href="#">QPSK</a>	1/2	39.00	43.30	81.00	90.00
18	3	<a href="#">QPSK</a>	3/4	58.50	65.00	121.50	135.00
19	3	<a href="#">16 - QAM</a>	1/2	78.00	86.70	162.00	180.00
20	3	<a href="#">16 - QAM</a>	3/4	117.00	130.00	243.00	270.00
21	3	<a href="#">64 - QAM</a>	2/3	156.00	173.30	324.00	360.00
22	3	<a href="#">64 - QAM</a>	3/4	175.50	195.00	364.50	405.00
23	3	<a href="#">64 - QAM</a>	5/6	195.00	216.70	405.00	450.00
24	4	<a href="#">BPSK</a>	1/2	26.00	28.80	54.00	60.00
25	4	<a href="#">QPSK</a>	1/2	52.00	57.60	108.00	120.00
26	4	<a href="#">QPSK</a>	3/4	78.00	86.80	162.00	180.00
27	4	<a href="#">16 - QAM</a>	1/2	104.00	115.60	216.00	240.00
28	4	<a href="#">16 - QAM</a>	3/4	156.00	173.20	324.00	360.00
29	4	<a href="#">64 - QAM</a>	2/3	208.00	231.20	432.00	480.00
30	4	<a href="#">64 - QAM</a>	3/4	234.00	260.00	486.00	540.00
31	4	<a href="#">64 - QAM</a>	5/6	260.00	288.80	540.00	600.00
32	1	<a href="#">BPSK</a>	1/2	N / A	N / A	6.50	7.20

**Tabla 9 MSC para el estándar 802.11n [24]**

Theoretical throughput for single Spatial Stream (in Mb/s)										
MCS	Modulation	Coding	20 MHz channels		40 MHz channels		80 MHz channels		160 MHz channels	
index	type	rate	800 ns GI	400 ns GI	800 ns GI	400 ns GI	800 ns GI	400 ns GI	800 ns GI	400 ns GI
0	BPSK	1/2	6.5	7.2	13.5	15	29.3	32.5	58.5	65
1	QPSK	1/3	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130
2	QPSK	1/4	19.5	21.7	40.5	45	87.8	97.5	175.5	195
3	16-QAM	1/5	26	28.9	54	60	117	130	234	260
4	16-QAM	1/6	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390
5	64-QAM	1/7	52	57.8	108	120	234	260	468	520
6	64-QAM	1/8	58.5	65	121.5	135	263.3	292.5	526.5	585
7	64-QAM	1/9	65	72.2	135	150	292.5	325	585	650
8	256-QAM	1/10	78	86.7	162	180	351	390	702	780
9	256-QAM	1/11	N/A	N/A	180	200	390	433.3	780	866.7

**Tabla 10 MSC para el estándar 802.11ac [24]**

## **CAPÍTULO 4**

### **4 RECOPIACIÓN DE ESTADÍSTICAS**

#### **4.1 Definición de la información deseada.**

Es importante verificar que tipo de información es necesaria para plantearse la idea de instalar una red de gran magnitud básicamente se necesita estadísticas de necesidad y demanda por parte de los usuarios, lugares de uso del servicio actual del internet, tendencias de uso del servicio de internet, entidades gubernamentales serias y competentes que deseen financiar este proyecto en cuestión, zonas donde se requiera implementar el proyecto, toda esta información debe ser recopilada de fuentes oficiales para tener la seguridad de que este proyecto tendría el impacto de uso por parte de los futuros usuarios.

## 4.2 Recopilación de información: Censo, Gobierno, Municipio

El proyecto Ciudad Digital tiene como principal propósito dar acceso a internet a la mayoría de los ciudadanos de Guayaquil, pero caben ciertas interrogantes al dar este servicio por Ejemplo: como sabemos que el ciudadano necesita este servicio o que lugares son los puntos más relevantes para el servicio además si los usuarios tendrán las herramientas para proceder a utilizar este servicio además de las entidades que pueden poner en marcha el proyecto.

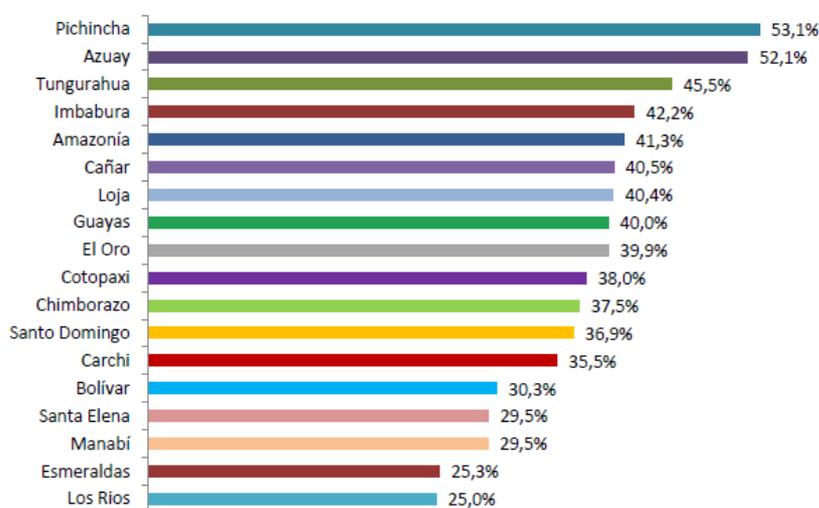
A continuación veremos estadísticas proporcionadas por el INE C en su reporte anual sobre Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC's) los temas principales a verificar son:

- ✓ Acceso a internet por provincia
- ✓ Lugares de uso de internet por área
- ✓ Lugares de uso por Statu Social
- ✓ Razones de uso de internet
- ✓ Cifras de personas que utilizan Smartphone

### **Acceso a internet por provincia**

Se puede apreciar que la provincia con mayor acceso a internet es la de Pichincha con un 53.1% lo cual significa que más de la mitad de esta población tiene por algún medio el acceso a internet

mientras que en la provincia de interés que es Guayas con su capital que es Guayaquil tiene un porcentaje del 40%, menos de la mitad de la población tiene acceso a internet por lo cual es un justificativo la implementación del proyecto Ciudad Digital.



**Figura 4.1 Porcentaje de personas que tienen acceso al Internet por provincia en el 2013 [25]**

### **Lugares de uso de internet por área**

Los lugares de acceso son muy importantes y significativos al momento de poner en práctica un proyecto para dar el servicio de internet, como se puede ver actualmente en el gráfico la parte rural del país tiene poco acceso en su hogar con un 22.3% por lo tanto buscan otros lugares de acceso como lo son centros de acceso

público con un 42.5% a diferencia de la parte urbana del país pasa lo contrario con un 50.9% en sus hogares y con un 26.6% centros de acceso público, estas cifras dan el indicio que en la parte rural de las ciudades son aprovechadas los centros públicos de acceso en el cual el proyecto de Ciudad Digital entra dentro de esta clasificación.

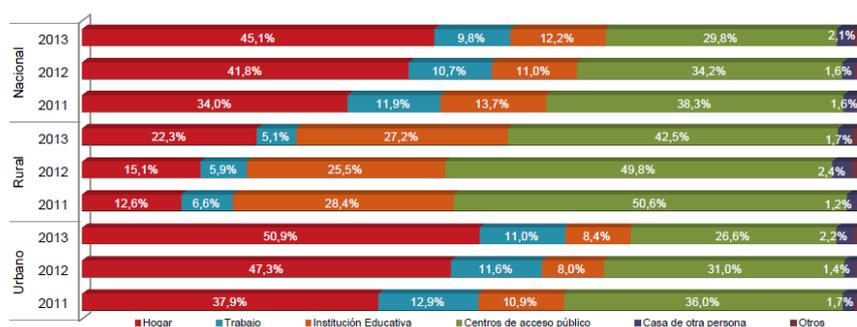
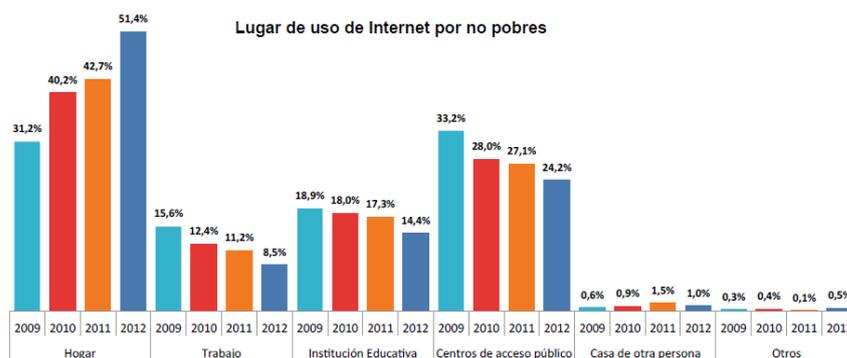


Figura 4.2 Lugar de uso de Internet por área (2013) [25]

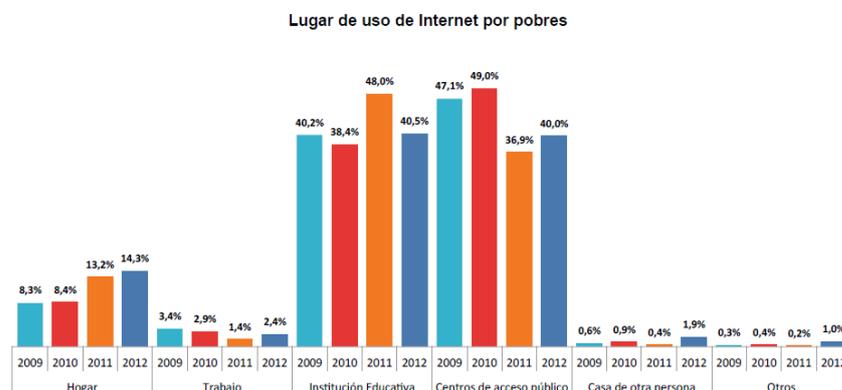
### Lugares de uso por Status Social

Estas cifras van ligadas con el parámetro anterior, a pesar que estos datos son recopilados en el 2012 y presentados en el 2013 no hay una diferencia significativa, si nos basamos en las figuras 4.3 y 4.4 se puede observar que las personas con un status social considerado no pobre tienen el servicio de internet en sus hogares con un 51.4% mientras que las personas consideradas como pobres tienen acceso a internet por medio de instituciones

educativas con 40.5% y centros de acceso públicos con 40%, lo cual da la pauta que el Proyecto de Ciudad Digital tenga como una prioridad el abastecimiento a la mayoría de las instituciones educativas de la ciudad de Guayaquil para que las personas con escasos recursos tengan más opciones de poder a tener este servicio que hoy en día es considerado como básico.



**Figura 4.3 Estadísticas lugar de uso de servicio del servicio de internet por estatus social (2012), No Pobres [25].**



**Figura 4.4 Estadísticas lugar de uso de servicio del servicio de internet por estatus social (2012), Pobres [25]**

### **Razones de uso de Internet por área (2013)**

Al momento de proveer un servicio de internet se verifica las necesidades del usuario, podemos ver que el usuario rural de nuestro país tiene la necesidad de acceder a la red para su educación y aprendizaje con un 48.3% mientras que la parte Urbana de la población se reparte un porcentaje de 34.2% y 26.8% para obtener información y en comunicación general, esto puede ser una pauta para las prioridades y limitaciones de uso de ancho de banda y acceso a sitios web que le demos a los usuarios del Proyecto ciudad Digital.

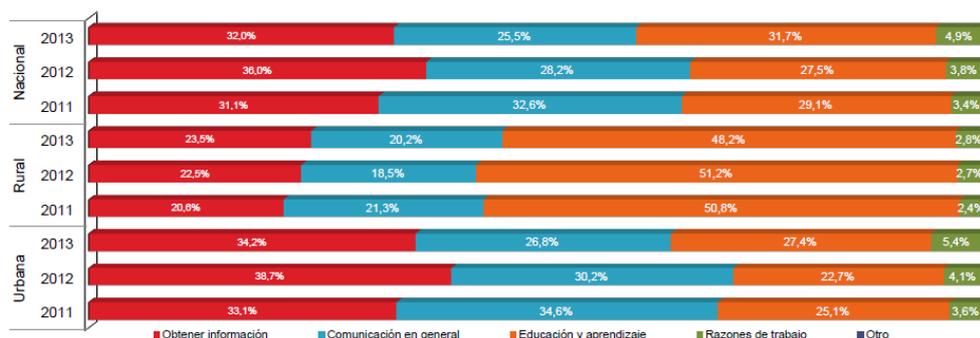


Figura 4.5 Estadísticas de Razones de Uso de internet [25].

### Cifras de personas que utilizan Smartphone

El proyecto de ciudad Digital se base en una redes WI-FI por lo tanto el mayor acceso que tendrán los ciudadanos de Guayaquil es por medio de un dispositivo que use la tecnología WI-FI el cual puede ser un Smartphone, tablet o laptop se tienen cifras que más de la mitad la población con 51.3% cuenta con un Smartphone como vemos en la figura 4.6.

#### Porcentaje de personas que tienen teléfono inteligente (SMARTPHONE) a nivel nacional

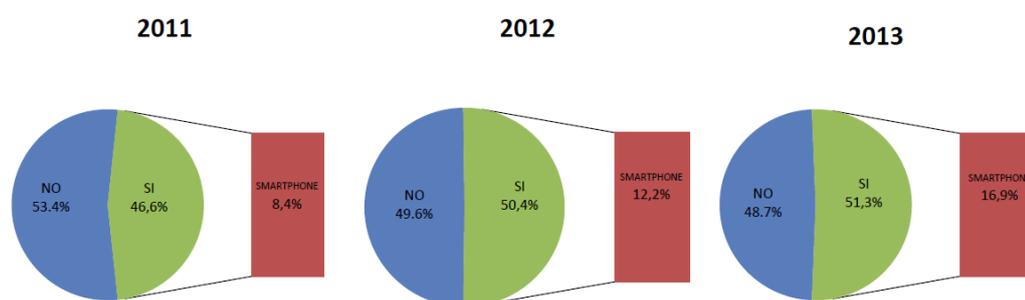


Figura 4.6 Estadística de personas con un teléfono inteligente a nivel nacional [25].

En base a lo anteriormente mencionado y enfocándonos en nuestra provincia de interés que es Guayas con la ayuda de los datos

registrados hasta el 2012 podemos decir que en Guayaquil la mayoría de personas cuenta con un Smartphone y podrá conectarse a una red WI-FI sin problemas con lo cual este sería el dispositivo final más usado para tener acceso a la red WI-FI planteado por el proyecto Ciudad Digital.

	2011	2012
Guayas	14,3%	20,8%
Pichincha	7,4%	12,6%
<b>NACIONAL</b>	<b>8,4%</b>	<b>12,2%</b>
Azuay	10,7%	11,7%
Santo Domingo	6,2%	11,6%
Tungurahua	6,8%	10,9%
Imbabura	5,6%	9,8%
El Oro	11,2%	9,4%
Amazonia	4,0%	7,7%
Loja	3,2%	7,4%
Los Ríos	4,4%	7,3%
Cañar	5,9%	6,6%
Manabi	5,2%	6,0%
Esmeraldas	2,4%	6,0%
Carchi	2,3%	5,0%
Cotopaxi	1,9%	4,9%
Santa Elena	5,2%	4,9%
Bolivar	3,8%	4,0%
Chimborazo	4,5%	3,8%

**Figura 4.7 Porcentaje de personas que tienen teléfono inteligente (SMARTPHONE) - por provincia (2012) [2]**

#### **4.2.1 Entidades Gubernamentales.**

Se verificó los principales aspectos y justificativos para que se realice el Proyecto Ciudad Digital pero quienes son los entidades Gubernamentales que estarían a cargo del proyecto, podemos mencionar dos entidades como lo son el gobierno a través del Ministerio de Telecomunicaciones MINTEL y el Municipio de la

ciudad de Guayaquil, no hay información reciente que el Gobierno al menos en la ciudad de Guayaquil esté dispuesto a desarrollar este proyecto en cambio el Municipio con el Ab. Jaime Nebot a la cabeza ha dicho oficialmente que está en planes de realizar este proyecto a largo plazo para que todo Guayaquil tenga acceso a internet.

#### **4.3 Clasificación de la información.**

El Proyecto ciudad Digital es idea original del Municipio de Guayaquil en el cual se desea cubrir puntos estratégicos de la ciudad tratando de abarcar todo Guayaquil y lo cual se ha justificado en las cifras presentadas anteriormente que el proyecto tendría un esperado éxito favoreciendo a la mayoría de los ciudadanos. En cada uno de estos puntos se instalarán equipos WI-FI los cuales servirán como medio de acceso para que cada computador, smarthphone, tablet, etc se pueda conectar a internet.

Se tiene como datos del departamento de informática del municipio que la ciudad de Guayaquil tiene 27,600 manzanas, idealmente en la intercesión de 4 manzanas se pondría un punto de acceso por lo tanto si dividimos las 27,600 manzanas para 4, tendremos

aproximadamente 6,000 puntos por cubrir en un proyecto estipulado a un plazo de 5 años, la restricción establecida por el municipio es el tiempo de conexión por usuario es de 30 minutos diarios [26].

A continuación se presenta imágenes de Google Earth de los puntos estratégicos propuestos por el municipio, adicionalmente en el anexo del capítulo presente a través de la tabla 11 se detalla las coordenadas exactas con su correspondiente ancho de banda.

### Metrovia

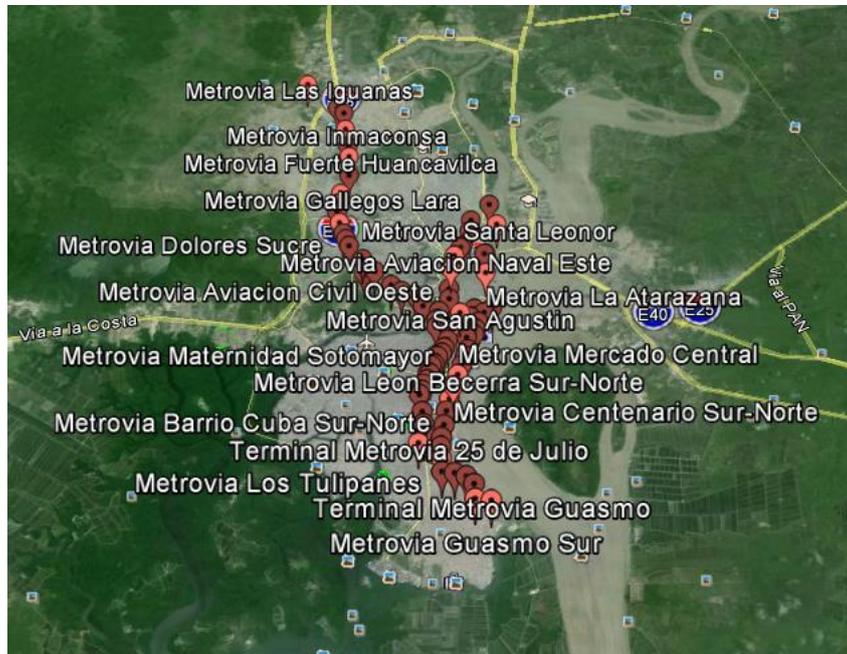
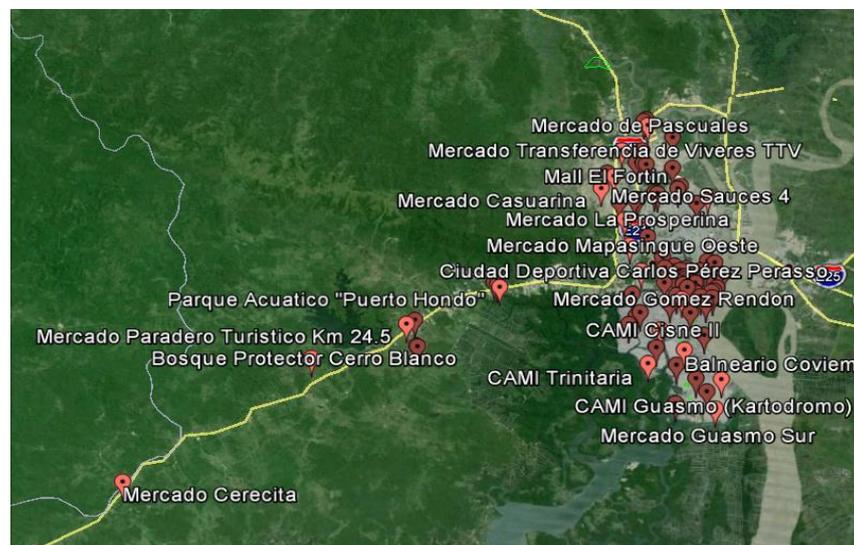


Figura 4.8 Puntos WI-FI por parte del municipio I

## Municipio y Colegios



**Figura 4.9 Puntos WI-FI por parte del municipio II  
Parques y Mercados**



**Figura 4.10 Puntos WI-FI por parte del municipio III**

### Servicio Comunal

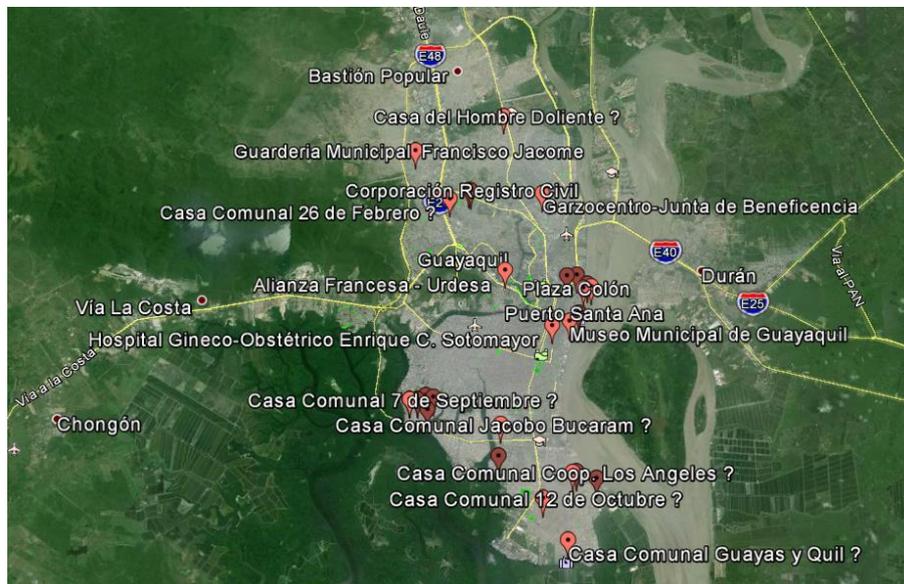


Figura 4.11 Puntos WI-Fi por parte del municipio IV

### Universidades y Parques

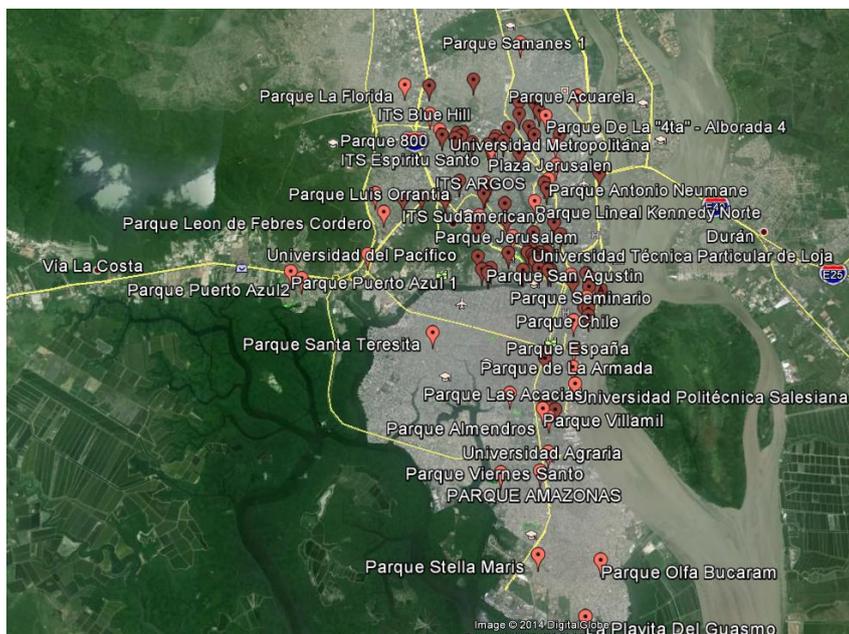


Figura 4.12 Puntos WI-Fi por parte del municipio V

### Anexo (Documentación Provista por el Municipio de Guayaquil)

TIPO LUGAR	NOMBRE LUGAR	COBERTURA	Mbps	COORDENADAS
Centros Educativos	Escuela Politécnica del Litoral	40 puntos en sitios a definir. Solo necesitan los access point.	0	
Centros Educativos	Centro Artesanal Manuela Cañizares	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	3	-79.94169473648071,-2.1355951368494908,0.0
Centros Educativos	Centro de Formacion Artesanal Amazonas	Laboratorio	4	-79.92509186267853,-2.1959740947276303,0.0
Centros Educativos	Centro de Formación Artesanal Huancavilca	Laboratorio	4	-79.91412162780762,-2.2017848420713895,0.0
Centros Educativos	Centro de Formación Artesanal O'Connor	Laboratorio	4	-79.89771723747253,-2.220452518368044,0.0
Centros Educativos	Centro de Formacion Artesanal Rumiñahui	Laboratorio	3	-79.9188020825386,-2.221886422038606,0.0
Centros Educativos	Colegio 1 de Junio	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.79164123535156,-2.9958201934183113,0.0
Centros Educativos	Colegio Academia Naval Guayaquil	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88795700000003,-2.133043,0.0
Centros Educativos	Colegio Adolfo H. Simmonds	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89609200000001,-2.189744,0.0
Centros Educativos	Colegio Aguirre Abad-Replica	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	10	-79.93136286735535,-2.151119622544856,0.0
Centros Educativos	Colegio Agustin Vera Loo	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.8937475681305,-2.2129157906123105,0.0
Centros Educativos	Colegio Aida León de Rodriguez Lara	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.91900800000002,-2.218669,0.0
Centros Educativos	Colegio Alejo Lascano Bahamonde	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.94547128677368,-2.0688423639379843,0.0
Centros Educativos	Colegio Alejo Lascano Bahamonde	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89124774932861,-2.277346594831535,0.0
Centros Educativos	Colegio Alfonso Aguilar Ruilova	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.91536617279053,-2.1166610560424663,0.0
Centros Educativos	Colegio Alfredo Baquerizo Moreno (U.E.B.)	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90713179111481,-2.218774715297309,0.0
Centros Educativos	Colegio Alfredo Vera Vera	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90564584732056,-2.0657330265046143,0.0
Centros Educativos	Colegio Amazonas CEB	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88083004951477,-2.18653158212433,0.0
Centros Educativos	Colegio Ana Paredes de Alfaro	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88456906878662,-2.1959179294049247,0.0
Centros Educativos	Colegio Angel Polibio Chavez	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92963299999997,-2.209617,0.0

Centros Educativos	Colegio Anne Sullivan UEF	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-80.01720999999998,-2.187325,0.0
Centros Educativos	Colegio Antonio Jose de Sucre	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.8832654953003,-2.2780434182096037,0.0
Centros Educativos	Colegio Antonio Jose de Sucre CEB	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89203095436096,-2.213827061298418,0.0
Centros Educativos	Colegio Baltazara Calderon	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89523351192474,-2.2339820810555797,0.0
Centros Educativos	Colegio Batalla de Tarqui	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89228844642639,-2.1831651766483,0.0
Centros Educativos	Colegio Bernardino Echeverría Ruiz	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.93430999999998,-2.168589,0.0
Centros Educativos	Colegio Bolivar Cali Bajaña (Juan Montalvo F.)	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.91901397705078,-2.1211640861046046,0.0
Centros Educativos	Colegio Calicuchima	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.9028080701828,-2.1292534250232014,0.0
Centros Educativos	Colegio Camilo Destruge	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90953,-2.202168,0.0
Centros Educativos	Colegio Camilo Gallegos Dominguez	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90350008010864,-2.22816073928293,0.0
Centros Educativos	Colegio Camilo Ponce Enriquez	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.94105100631714,-2.1379323968257955,0.0
Centros Educativos	Colegio Carlos Cueva Tamariz	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.91156799999999,-2.216507,0.0
Centros Educativos	Colegio Carlos Estarellas Aviles	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.87780800000002,-2.252246,0.0
Centros Educativos	Colegio Carlos Julio Arosemena Tola	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90382194519043,-2.202881055244818,0.0
Centros Educativos	Colegio Carlos Monteverde Romero	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90234136581421,-2.187721615375081,0.0
Centros Educativos	Colegio Carmen Pita	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89779233932495,-2.0825877066060206,0.0
Centros Educativos	Colegio Chongón	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-80.08079409599304,-2.231687853347775,0.0
Centros Educativos	Colegio Cinco de Febrero	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.91472244262695,-2.085589793601481,0.0
Centros Educativos	Colegio Clara Bruno de Piana	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.93682384490967,-2.1530494509089686,0.0
Centros Educativos	Colegio Clemente Yerovi Indaburu	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88858699798584,-2.137149736771198,0.0
Centros Educativos	Colegio Club de Leones	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89911889999996,-2.2017497,0.0
Centros Educativos	Colegio Comisión de Tránsito	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89924200000002,-2.261264,0.0
Centros Educativos	Colegio Domingo Comín	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.888307,-2.218987,0.0
Centros Educativos	Colegio Dr. Jorge Icaza Coronel	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.94078100000002,-2.228135,0.0
Centros Educativos	Colegio Dr. Luis Fernando Vivero - Posorja	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-80.24819076061249,-2.713037787932534,0.0

Centros Educativos	Colegio Eduardo Flores Torres	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90798473358154,-2.191967131708075,0.0
Centros Educativos	Colegio Eduardo Kingman Riofrio	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.93130922317505,-2.069442787016341,0.0
Centros Educativos	Colegio Elias Severo Bohorquez	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-80.22040843963623,-2.4797752722285216,0.0
Centros Educativos	Colegio Eloy Ortega Soto	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92889523506165,-2.23979267911615,0.0
Centros Educativos	Colegio Emilio Murillo Landín	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.94308999999998,-2.219756,0.0
Centros Educativos	Colegio Emilio Uzcátegui Garcia	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92783308029175,-2.078502714758856,0.0
Centros Educativos	Colegio Enrique Gil Gilbert	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88311529159546,-2.189533465988526,0.0
Centros Educativos	Colegio Esteban Cordero Borrero. Fe y Alegría	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.91734600000001,-2.152895,0.0
Centros Educativos	Colegio FAE No. 2	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88282561302185,-2.1663491181487986,0.0
Centros Educativos	Colegio Fe y Alegría	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.939731,-2.210556,0.0
Centros Educativos	Colegio FEDEGUAYAS	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.8935866355896,-2.1783943024721775,0.0
Centros Educativos	Colegio Ficoa de Montalvo	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92420673370361,-2.124423413973698,0.0
Centros Educativos	Colegio Francisco Arizaga Luque	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.923756,-2.216486,0.0
Centros Educativos	Colegio Francisco Campos Coello	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88550782203674,-2.1746097555784076,0.0
Centros Educativos	Colegio Francisco García Jiménez ?	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.99608993530273,-2.11393778865594,0.0
Centros Educativos	Colegio Francisco Huerta Rendón	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	10	-79.91378400000002,-2.150975,0.0
Centros Educativos	Colegio Francisco de Orellana	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90046999999998,-2.226244,0.0
Centros Educativos	Colegio Fuerte Militar Huancavilca	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92675997616578,-2.1141523404484572,0.0
Centros Educativos	Colegio Guadalupe Larriva Gonzalez	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.9578309059143,-2.1088879376737752,0.0
Centros Educativos	Colegio Guayas y Quil?	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88374829292297,-2.2787295208986103,0.0
Centros Educativos	Colegio Huancavilca	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.87787961959839,-2.182948075399267,0.0
Centros Educativos	Colegio Ismael Perez Pazmino	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89915400000001,-2.143398,0.0
Centros Educativos	Colegio Jaime Roldós Aguilera	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89813566207886,-2.2573208193728815,0.0
Centros Educativos	Colegio Joaquin Gallegos Lara	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.94499921798706,-2.203267007857161,0.0
Centros Educativos	Colegio Jorge Carrera Andrade	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92015421593857,-2.1619832413740854,0.0
Centros Educativos	Colegio Jose Alfredo Llerena	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89902079105377,-2.220704456683836,0.0

Centros Educativos	Colegio José Andrés Matheus	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.8792690038681,-2.1883327131639687,0.0
Centros Educativos	Colegio José Domingo de Santistevan	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.877542,-2.179348,0.0
Centros Educativos	Colegio José Joaquín de Olmedo	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90100026130676,-2.1988714305258528,0.0
Centros Educativos	Colegio Jose Joaquin Pino Ycaza	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88235800000001,-2.172324,0.0
Centros Educativos	Colegio José María Egas	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.895614,-2.246697,0.0
Centros Educativos	Colegio José María Lequerica	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88339424133301,-2.2641712094930515,0.0
Centros Educativos	Colegio Jose Peralta	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.877633,-2.258459,0.0
Centros Educativos	Colegio Jose Vicente Trujillo	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88938093185425,-2.238924307068606,0.0
Centros Educativos	Colegio Juan José Plaza	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88836169242859,-2.2128300239306684,0.0
Centros Educativos	Colegio Juan Montalvo	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90710496902466,-2.178437186801795,0.0
Centros Educativos	Colegio Juan Tanca Marengo	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.91975426673889,-2.2016588713127456,0.0
Centros Educativos	COLEGIO Leon Febres Cordero	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.939731,-2.21813,0.0
Centros Educativos	Colegio Leonidas Ortega Moreira	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88498210906982,-2.25196055419261,0.0
Centros Educativos	Colegio Leonidas Proaño	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.918966,-2.24117,0.0
Centros Educativos	Colegio Lola Arosemana de Carbo	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90318100000002,-2.237419,0.0
Centros Educativos	Colegio Los Vergeles	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90864992141724,-2.0964187026065315,0.0
Centros Educativos	Colegio Luis Alfredo Noboa Icaza CEM	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92770433425903,-2.0809579998411447,0.0
Centros Educativos	Colegio Luis Bonilla Castillo C.E.B.	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92785453796387,-2.1873785428230588,0.0
Centros Educativos	Colegio Luis Bonini Pino	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.896698,-2.150626,0.0
Centros Educativos	Colegio Luis Felipe Borja Perez	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.94081497192383,-2.1438291378202226,0.0
Centros Educativos	Colegio Manuel Cordova Galarza	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92464661598206,-2.1024013746849763,0.0
Centros Educativos	Colegio Manuel Donoso Armas	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.91676092147827,-2.2209349534032166,0.0
Centros Educativos	Colegio Maria Auxiliadora	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89939093589783,-2.2727368316921903,0.0
Centros Educativos	Colegio Maria Mazzarello	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89530500000001,-2.202984,0.0
Centros Educativos	Colegio Martha Bucaram de Roldós	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92482999999999,-2.141568,0.0

Centros Educativos	Colegio Matilde Amador Santistevan	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89963501691818,-2.17631709129521,0.0
Centros Educativos	Colegio Militar Teniente Hugo Ortiz	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90597700000001,-2.107622,0.0
Centros Educativos	Colegio Modesto Carbo	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88327300000003,-2.265262,0.0
Centros Educativos	Colegio Nacional Augusto Mendoza Moreira	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92412999999999,-2.153885,0.0
Centros Educativos	Colegio Nacional Cesar Borja Lavayen	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.884545,-2.207074,0.0
Centros Educativos	Colegio Nacional Rita Lecumberry	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89135699999997,-2.189833,0.0
Centros Educativos	Colegio Narcisa de Jesús	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89655315876007,-2.212192134080245,0.0
Centros Educativos	Colegio Nocturno Procer Leon de F. Cordero	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.91204023361206,-2.1268893482523246,0.0
Centros Educativos	Colegio Nuestra Señora del Quinche ?	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88941311836243,-2.2717398344715134,0.0
Centros Educativos	Colegio Nueve de Octubre	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90167617797852,-2.232438302057581,0.0
Centros Educativos	Colegio Numa Pompilio Llona	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.91025924682617,-2.19834610456346,0.0
Centros Educativos	Colegio Otton Castillo Velez	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92791891098022,-2.222157121453851,0.0
Centros Educativos	Colegio Pablo Anibal Vela	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89632785320282,-2.2092170979624943,0.0
Centros Educativos	Colegio Pablo Weber Cubillo	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-80.36501169204712,-2.405577754228004,0.0
Centros Educativos	Colegio Paraiso de la Flor?	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.95768070220947,-2.101479315606955,0.0
Centros Educativos	Colegio Particular Claretiano	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90553899999998,-2.209187,0.0
Centros Educativos	Colegio Pasionista	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89425599999998,-2.182391,0.0
Centros Educativos	Colegio Pedro Mendez Navarro	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90623900000003,-2.2076662791272446,0.0
Centros Educativos	Colegio Perla del Pacifico	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.93189930915833,-2.194293583785106,0.0
Centros Educativos	Colegio Plan Internacional?	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.9986219406128,-2.1189769017098645,0.0
Centros Educativos	Colegio Provincia Azuay	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.937532,-2.222672,0.0
Centros Educativos	Colegio Provincia de Bolivar	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.891369,-2.123166,0.0
Centros Educativos	Colegio Provincia de Cotopaxi	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89279270172119,-2.262530978183845,0.0
Centros Educativos	Colegio Provincia De Loja?	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.876146,-2.271411,0.0

Centros Educativos	Colegio Provincia de Los Ríos	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.91008699999998,-2.205432,0,0
Centros Educativos	Colegio Provincia de Tungurahua	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88657699999999,-2.139248,0,0
Centros Educativos	Colegio Provincia del Carchi	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89682674407959,-2.126556983427103,0,0
Centros Educativos	Colegio Provincia del Chimborazo	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90122556686401,-2.221696128360562,0,0
Centros Educativos	Colegio Provincia del Guayas, antes Union de Educadores	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.932387,-2.213535,0,0
Centros Educativos	Colegio Provincia del Pichincha	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90960478782654,-2.2104178339781386,0,0
Centros Educativos	Colegio Puna	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90879476070404,-2.7390847142219106,0,0
Centros Educativos	Colegio Rafael Garcia Goyena	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.91878867149353,-2.2038244947872854,0,0
Centros Educativos	Colegio Rafael Morán Valverde	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.93611574172974,-2.2155959969130095,0,0
Centros Educativos	Colegio Replica Guayaquil	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	10	-79.921922,-2.250299,0,0
Centros Educativos	Colegio Replica Simón Bolívar	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	10	-79.9811339378357,-2.087069391513875,0,0
Centros Educativos	Colegio Replica Veintiocho de Mayo	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	10	-79.98100519180298,-2.0867691833543667,0,0
Centros Educativos	Colegio Replica Vicente Rocafuerte	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	10	-79.96390342712402,-2.1300414498077616,0,0
Centros Educativos	Colegio Republica de Francia	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89970207214355,-2.197692127086631,0,0
Centros Educativos	Colegio República de Venezuela C.E.B.	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90012049674988,-2.2049823515904685,0,0
Centros Educativos	Colegio Sagrada Familia	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.8989349603653,-2.2199861643509875,0,0
Centros Educativos	Colegio Salesiano Domingo Savio	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.90335299999998,-2.213942,0,0
Centros Educativos	Colegio San Benildo La Salle	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.93699550628662,-2.131579973225221,0,0
Centros Educativos	Colegio San Gabriel de la Dolorosa-Cerecita	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-80.26920318603516,-2.333091391307081,0,0
Centros Educativos	Colegio San Pedro Daular	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-80.08370697498322,-2.246131243426571,0,0
Centros Educativos	Colegio Santa Luisa de Marillac	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.89060938358307,-2.18391564986017,0,0
Centros Educativos	Colegio Santiago de Guayaquil CECIB	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92330551147461,-2.1044384800188674,0,0
Centros Educativos	Colegio Sultana de los Andes CECIB	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.94529962539673,-2.1248522723920487,0,0
Centros Educativos	Colegio Técnico Particular Montepiedra	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.93247400000001,-2.147173,0,0

Centros Educativos	Colegio Teodoro Maldonado Carbo	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92784,-2.223198,0,0
Centros Educativos	Colegio Tepeyac Torres-Fe y Alegria	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.92993899999999,-2.211095,0,0
Centros Educativos	Colegio Transito Amaguaña?	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.95697259902954,-2.1146668528342993,0,0
Centros Educativos	Colegio Unidad Educativa San José	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.88105535507202,-2.1887749548295408,0,0
Centros Educativos	Colegio Víctor Hugo Mora Barrezueta	Laboratorio o a la entrada (Vía Pública)	6,25	-79.9441409111023,-2.127747063599483,0,0
Centros Educativos	ITS Almirante Illingworth	Entrada Principal, Vía Pública	6,25	-79.93019342422485,-2.1289693071448825,0,0
Centros Educativos	ITS ARGOS	Entrada Principal, Vía Pública	4	-79.91270500000002,-2.159874,0,0
Centros Educativos	ITS BENJAMIN ROSALES PAREJA de IIASA Cat	Entrada Principal, Vía Pública	2	-79.90772600000003,-2.14663,0,0
Centros Educativos	ITS Blue Hill	Area recreacional y Bar, entre el edificio administrativo y las aulas de estudio. 50 x 50 mts	8	-79.92976399999998,-2.138007,0,0
Centros Educativos	ITS BOLIVARIANO DE TECNOLOGIA	INDOOR -Sede Principal: 2do. Piso, tamaño: 50 m2. Cafetería y Biblioteca -Sede Boyacá: Planta Baja 70 m2. Biblioteca y Cafetería -Sede Rocafuerte: 1er. Piso 50 m2. Hall y Cafetería	Por verificar	-79.88080859184265,-2.1905305189421007,0,0
Centros Educativos	ITS CENTRO TECNOLOGICO NAVAL	Entrada Principal, Vía Pública	2	-79.87916707992554,-2.156683954357957,0,0
Centros Educativos	ITS de Artes del Ecuador	Entrada Principal del Instituto	3	-79.89501899999999,-2.21105,0,0
Centros Educativos	ITS de Estudios de Television ITV	Patio del Instituto de 23x22 mt.	12	-79.91493475826644,-2.1738618296915213,0,0
Centros Educativos	ITS DE FORMACION PROF. ADMIN. Y COMERCIAL	Entrada Principal, Vía Pública	2	-79.88329768180847,-2.1875500791088784,0,0
Centros Educativos	ITS de Fútbol	Entrada Principal, Vía Pública	2	-79.91218600000002,-2.160952,0,0
Centros Educativos	ITS DESARROLLO INTEGRAL DE LA PERSONA	Patio y Bar del Instituto (45x20 mt.)	6	-79.906589,-2.171353,0,0
Centros Educativos	ITS DYBRAIN	Toda la Planta baja, 8x17 mt. Indoor	2	-79.9061930179596,-2.14239247937787,0,0
Centros Educativos	ITS ESCA	Entrada Principal, Vía Pública	5	-79.89439129829407,-2.186553024173233,0,0
Centros Educativos	ITS Espiritu Santo	Entrada Principal, Vía Pública	5	-79.911224,-2.149073,0,0

Centros Educativos	ITS Euroamericano	Biblioteca del Instituto	4	-79.8936402797699,-2.18653158212433,0.0
Centros Educativos	ITS Eurodiseño del Ecuador	Entrada Principal, Vía Pública	2	-79.91334915161133,-2.1632560580089715,0.0
Centros Educativos	ITS GRAFICO DE ARTES Y CIENCIAS DIGITALES	Patio del Instituto, de 25x25 mts	10	-79.9316,-2.164259,0.0
Centros Educativos	ITS LATINOAM. DE EXPRESIONES ARTISTICAS	Entrada Principal, Vía Pública	3	-79.89549599999998,-2.159808,0.0
Centros Educativos	ITS Liceo Cristiano	Entrada Principal, Vía Pública	5	-79.91035,-2.146194,0.0
Centros Educativos	ITS LIFE COLLEGE INTERNATIONAL	Entrada Principal, Vía Pública	3	-79.89094734191895,-2.144622515785108,0.0
Centros Educativos	ITS Pedagogico Rita Lecumberry	Entrada Principal, Vía Pública	3	-79.91688966751099,-2.1269751198085105,0.0
Centros Educativos	ITS SPEEDWRITING	Entrada Principal, Vía Pública	2	-79.88252520561218,-2.1915784959279088,0.0
Centros Educativos	ITS Sudamericano	Patio Frontal y Lateral Izquierdo. Patio Trasero, incluyendo Bar. Según Plano: Zonas WiFi 1, 2 y 3	16	-79.91452900000002,-2.170053,0.0
Centros Educativos	ITS Urdesa	Zona de Recepción del Instituto	6	-79.91297900676727,-2.1628513330350985,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Administracion	PB incluyendo patios externos, hall interno, sala de estudio de Asoc. Estudiantes	75	-79.89630371332169,-2.182572838598618,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Arquitectura	PB incluyendo patio frontal y posterior	7	-79.89612132310867,-2.183856684121381,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Ciencias Matematicas	PB incluyendo Hall interno, Biblioteca y Salas de Estudio	13	-79.8971888422966,-2.183240223986356,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Ciencias Naturales	Patio de la planta baja	10	-79.91706669330597,-2.147109860250782,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Ciencias Quimicas	PB incluyendo Halles externos e internos, Biblioteca y Bar	25	-79.89900469779968,-2.1819697792584827,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Comunicacion Social	Coordinar con Directivos	25	-79.92062111408615,-2.1592753196954906,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Economia	PB incluyendo Patio externo, Hall interno, Asoc. Estudiantes, Bar y Biblioteca	25	-79.89719957113266,-2.18391564986017,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Educacion Fisica	PB incluyendo Comedor, Coliseo, Gimnasio, patio exterior y Estadio	25	-79.89962160587311,-2.179616505387556,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Filosofia	PB incluyendo plazoletas, obelisco universitario, Salón Multiple (Centro Cultural), halles internos y externos	60	-79.89818394184113,-2.1838888472519153,0.0

Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Industrial	Patio Trasero	25	-79.912392,-2.147807,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Ingeniería Química	PB incluyendo Hall Interno y Externo. Primer Piso: Biblioteca y antesala Biblioteca	50	-79.90042090415955,-2.181283631448486,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Jurisprudencia	PB incluyendo Halles internos, Patios Externos y Bar	40	-79.89818125963211,-2.183202700317805,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Medicina	PB incluyendo Hall interno y patio externo. Biblioteca	50	-79.89776015281677,-2.1819912213724977,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Odontología	PB incluyendo Hall Interno, Clínicas dentales, Asoc. Estudiantes, Bar y Patio Frontal	40	-79.89680528640747,-2.1813425972882006,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Parvulos	Coordinar con Directivos	10	-79.90991055965424,-2.145115696474852,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Psicología	Hall principal	10	-79.89850197420503,-2.1826614057694966,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Sistemas	Patio principal	25	-79.881859,-2.189089,0.0
Centros Educativos	U. de Guayaquil. Fac. Veterinaria	Coordinar con Directivos	5	-79.883936,-2.197841,0.0
Centros Educativos	Universidad Agraria	Entrada Principal, Vía Pública	10	-79.89443,-2.239784,0.0
Centros Educativos	Universidad Católica Santiago de Guayaquil	Las Salas de Lectura de 9 Facultades (Artes, Arquitectura, Filosofía, Economía, Medicina, Empresariales, Ingeniería, Técnica y Jurisprudencia)	75	-79.90597700000001,-2.181411,0.0
Centros Educativos	Universidad del Pacífico	Entrada Principal, Vía Pública	5	-79.94690000000003,-2.181991,0.0
Centros Educativos	Universidad EcoTec	Corredores superiores del edificio de aulas (130x140mts)	25	-79.90300300000001,-2.150379,0.0
Centros Educativos	Universidad Federico Santa María	Parqueo	9	-79.924692,-2.164742,0.0
Centros Educativos	Universidad Laica Vicente Rocafuerte	Zonas A, B, C, D, E, según planos entregados	50	-79.89075600000001,-2.17571,0.0
Centros Educativos	Universidad Metropolitana	Entrada Principal, Vía Pública	3	-79.89210069179535,-2.147565515587146,0.0
Centros Educativos	Universidad Politécnica Salesiana	Entrada Principal, Vía Pública	20	-79.88669600000003,-2.220206,0.0
Centros Educativos	Universidad Técnica Particular de Loja	Entrada Principal, Vía Pública	5	-79.8990073800087,-2.178817785173594,0.0
Centros Educativos	Universidad Tecnológica empresarial de Guayaquil	Entrada Principal, Vía Pública	5	-79.90711569786072,-2.1662901517233655,0.0

Parques	Parque Olfa Bucaram	Todo el parque	4	-79.87989664077759,-2.269777999221615,0.0
Parques	Parque Forestal-Area Juegos Infantiles	Area de Juegos infantiles	9	-79.89527642726898,-2.2127925010058833,0.0
Parques	Parque Almendros	Todo el parque	2	-79.89423036575317,-2.229725964197106,0.0
Parques	Parque Villamil	Todo el parque	2	-79.89591479301453,-2.2273888469318317,0.0
Parques	Parque Las Acacias	Todo el parque	7	-79.90533471107483,-2.222993341116186,0.0
Parques	Parque International School	Todo el parque	2	-79.89240109920502,-2.227699748066346,0.0
Parques	Parque Saiba	Todo el parque	2	-79.89511549472809,-2.2256413669206494,0.0
Parques	Parque de La Armada	Todo el parque	2	-79.88734245300293,-2.215360138953104,0.0
Parques	Parque España	Todo el parque	2	-79.886999,-2.209614,0.0
Parques	Parque Seminario	Todo el parque	3	-79.88320599999997,-2.194653,0.0
Parques	Parque Centenario	Todo el parque	3	-79.88722711801529,-2.1901070395428763,0.0
Parques	Parque Olmedo	Todo el parque	3	-79.88277196884155,-2.2001901050859503,0.0
Parques	Parque Juan Montalvo	Todo el parque	3	-79.8827612400055,-2.198201371867872,0.0
Parques	Parque Puerto Azul 1	Todo el parque	2	-79.96916055679321,-2.1871426803980234,0.0
Parques	Parque Puerto Azul2	Todo el parque	2	-79.9658989906311,-2.1892225568673083,0.0
Parques	Parque Chile	Todo el parque	2	-79.88706350326538,-2.2016588713127456,0.0
Parques	Plaza Rodolfo Baquerizo Moreno	Toda el área externa de la plaza	6	-79.89708423614502,-2.1860812990265694,0.0
Parques	Parque Kennedy	Todo el parque	3	-79.89871501922607,-2.1752101375892385,0.0
Parques	Parque Jerusalem	Todo el parque	3	-79.90479800000003,-2.176368,0.0
Parques	Parque Bellavista	Todo el parque	2	-79.91109609603882,-2.186027693886889,0.0
Parques	Parque Bellavista 2	Todo el parque	2	-79.91190612316132,-2.1874267874054225,0.0
Parques	Parque Bernardino Echeverria1	Todo el parque	2	-79.91363614797592,-2.186427052131528,0.0
Parques	Parque Bernardino Echeverria2	Todo el parque	2	-79.91486191749573,-2.1825674780722166,0.0
Parques	Parque Los Ceibos	Todo el parque	3	-79.93703842163086,-2.1648856780028067,0.0
Parques	Parque Leon de Febres Cordero	Todo el parque	2	-79.94255299999998,-2.169217,0.0
Parques	Parque Luis Orrantia	Todo el parque	2	-79.9451494216919,-2.163577693672795,0.0

Parques	Parque Dañin	Todo el parque	2	-79.89259958267212,-2.172015244857084,0,0
Parques	Parque Lineal Kennedy Norte	Desde la Av. Justino Cornejo hasta la calle Nahim Isaias B.	2	-79.89834487438202,-2.165502145635874,0,0
Parques	Parque Jardín Japonés	Todo el parque	2	-79.89479899406433,-2.161540666503305,0,0
Parques	Parque Antonio Neumane	Todo el parque	2	-79.89423036575317,-2.158538727109278,0,0
Parques	Plaza Jerusalem	Todo el parque	2	-79.89198803901672,-2.154003642919621,0,0
Parques	Parque Alborada 1era	Todo el parque	3	-79.89847898483276,-2.144643958427108,0,0
Parques	Parque Alborara 3era	Todo el parque	3	-79.90009903907776,-2.142038675226275,0,0
Parques	Parque Acuarela	Todo el parque	3	-79.88552927970886,-2.1321106830369847,0,0
Parques	Parque De La "5ta" - Alborada 5	Todo el parque	3	-79.89702999999997,-2.137047,0,0
Parques	Parque De La "4ta" - Alborada 4	Todo el parque	3	-79.89504099999999,-2.138521,0,0
Parques	Parque De La "9na" - Alborada 9	Todo el parque	3	-79.898347,-2.134644,0,0
Parques	Parque De La "8va" - Alborada 8	Todo el parque	3	-79.90302600000001,-2.137982,0,0
Parques	Parque Rodolfo Baquerizo Nazur	Todo el parque	3	-79.90309000000002,-2.134126,0,0
Parques	Parque 400	Todo el parque	3	-79.92149999999998,-2.144113,0,0
Parques	Parque Jaime Roldós	Todo el parque	4	-79.91988200000003,-2.143762,0,0
Parques	Parque 100	Todo el parque	3	-79.92036300000001,-2.145013,0,0
Parques	Parque 200	Todo el parque	3	-79.92215599999997,-2.145743,0,0
Parques	Parque 700	Todo el parque	3	-79.92600400000003,-2.14471,0,0
Parques	Parque 800	Todo el parque	3	-79.92674699999998,-2.143014,0,0
Parques	Parque Samanes 1	Todo el parque	6	-79.90276399999999,-2.114705,0,0
Parques	Parque San Agustin	Todo el parque	2	-79.88772869110107,-2.187936035680236,0,0
Parques	Parque Santa Teresita	Todo el parque	5	-79.92765337228775,-2.2052396529799556,0,0
Parques	Parque Lineal Matilde Hidalgo Procel	Todo el parque	5	-79.89477753639221,-2.180924475829409,0,0
Parques	Parque Ferroviaria	Todo el parque	5	-79.9017083644867,-2.186641472621728,0,0
Parques	Parque La Florida	Sector Frente a la Iglesia, donde están las máquinas de ejercicios	5	-79.93750512599945,-2.1287816821021988,0,0

Parques	Parque Stella Maris	Las 4 esquinas del parque, para dar acceso al parque y a las casas aledañas	12	-79.89722999999998,-2.2683,0.0
Parques	Parque Viernes Santo	Area de Asientos frente a la Piscina	5	-79.90772477378846,-2.2456297355385044,0.0
Parques	PARQUE AMAZONAS	Todo el parque	4	-79.896705,-2.245104,0.0
Parques	La Playita Del Guasmo	Cubrir toda el área	12	-79.88423930919265,-2.2850652299876777,0.0
Parques	Complejo Jaime Nebot Velasco	Todo el complejo	3	-79.88586992025375,-2.268486188217877,0.0
Parques	Parque Samanes	Cubrir todas las canchas ubicadas en la intersección de Av. Paseo del Parque y Av. Orellana	8	-79.90908417468262,-2.103140227130835,0.0
Parques	Parque Multipropósito "El Fortin"	Plazoleta de comidas	8	-79.9533807790985,-2.1068785601409625,0.0
Parques	Malecon Universitario	Todo el malecón, desde Calle 9 de Octubre hasta entrada U. de Guayaquil	7	-79.89763677120209,-2.185679260432282,0.0
Parques	Malecon del Salado 5 de Junio	Todo el Area externa del Malecón desde Calle 9 de Octubre hasta la altura de la Calle Hurtado	7	-79.89831537008286,-2.1874857530039877,0.0
Parques	Malecon del salado-Pileta-Juegos	Area de Juegos infantiles	3	-79.89996761083603,-2.186083979283498,0.0
Parques	Parque Lineal C.J. Arosemena	Entrada al Parque Lineal	2	-79.90026533603668,-2.1844865453024433,0.0
Parques	Escalinatas Cerro Santa Ana	Plazoleta del primer descanso, al ascender	4	-79.87546294927597,-2.1830794082573766,0.0
Parques	Parque Iglesia Señor de La Buena Esperanza	Todo el parque	3	-79.88549799999998,-2.17297,0.0
Parques	Malecon Puerto El Morro	Todo el Malecón (50 mts x 150 mts)	4	-80.30057698488235,-2.611282803341342,0.0
Parques	Parque del Mono	Todo el parque	4	-80.07910698652267,-2.235362368195457,0.0
Parques	Parque Puertoliza	Todo el parque	4	-79.910525,-2.204754,0.0
Parques	Parque Pascuales	Todo el parque	3	-79.92878526449203,-2.06746996747694,0.0
Parques	Parque Juan Montalvo	Todo el parque	3	-79.9212697148323,-2.122053969066625,0.0
Parques	Parque Bastión Popular	Todo el parque	4	-79.92896765470505,-2.099970246813313,0.0
Parques	Parque Peca	Todo el parque	4	-79.93390291929245,-2.0991902479844513,0.0
Parques	Parque Principal El Morro	Todo el parque	3	-80.3272944688797,-2.6331547493487637,0.0

Parques	Biblioteca El Morro	Dar acceso a la entrada de la Biblioteca y a las casas aledañas	3	-80.32706648111343,-2.633401252009471,0.0
Parques	Parque 2 El Morro	Todo el parque	3	-80.32521843910217,-2.6322571577264116,0.0
Parques	Parque de la Iglesia Corazon de Jesús	Todo el parque	3	-80.30255109071732,-2.6107897892551333,0.0
Parques	Parque de la Madre - Posorja - Frente Escuela Jose Vicente Alvarez	Todo el parque	3	-80.24309456348419,-2.7099218712871442,0.0
Parques	Parque Acuatico "Puerto Hondo"	Area de Asientos frente a la Piscina	5	-80.02442987731553,-2.1922212974750472,0.0
Parques	Parque Iglesia Señor de la Justicia - Puerto Hondo	Todo el parque	3	-80.0258919596672,-2.190010550549097,0.0
Parques	Parque Progreso - Al lado del Mercado Municipal	Todo el parque	3	-80.36477565765381,-2.408943635788208,0.0
Parques	Malecon 2000	Todo el Malecón (áreas exteriores), desde el Palacio de Cristal hasta el Centro Cultural Simón Bolívar	250	-79.879208,-2.19258,0.0
Parques	Parque Acuatico Av. Barcelona	Area de Asientos frente a la Piscina	2	-79.91433084011078,-2.1889598922146414,0.0
Parques	Malecon de Bellavista	Entrada, frente al monumento del Pescador	2	-79.9058523774147,-2.1882764278517204,0.0
Parques	Malecón del Salado-Guitarra	Desde el puente del Velero hasta el área en forma de guitarra	3	-79.90158498287201,-2.19015260378778,0.0
Parques	Plaza Carlos Armando Romero Rodas	Toda la plazoleta	3	-79.90360736846924,-2.1797129950491505,0.0
Parques	Parque Lineal de la 29	Todo el parque	4	-79.93283808231354,-2.213162369794415,0.0
Parques	Parque Pancho Jacome	Todo el parque	5	-79.94501531124115,-2.129186416094356,0.0
Parques	Parque Samanes 3	Todo el parque	4	-79.90363419055939,-2.11683260028466,0.0
Parques	Parque Alborada 14	Todo el parque	4	-79.90551173686981,-2.1188536044583506,0.0
Parques	Plazoleta de Comidas Pte Velero	Toda la Plazoleta	4	
Otros	Mirador Cerro Paraiso	Todo el parque	1	-79.91411,-2.178062,0.0
Otros	Jardín Botánico	Coordinar con Directivos	2	-79.909065,-2.080014,0.0
Otros	Centro Gerontológico Municipal	Coordinar con Directivos	2	-79.91559699999999,-2.170128,0.0
Otros	COPEI	Coordinar con Directivos	3	-79.89031899999998,-2.179868,0.0

Otros	Conservatorio Federico Chopin	Coordinar con Directivos	3	-79.89624800000001,-2.188262,0.0
Otros	Alianza Francesa	Patio	9	-79.89272499999998,-2.188926,0.0
Otros	COPEI Kennedy	Coordinar con Directivos	3	-79.89937299999997,-2.178302,0.0
Otros	Ciudad Deportiva Carlos Pérez Perasso	Parqueo y Entrada Principal (Administración)	3	-79.92976399999998,-2.180362,0.0
Otros	Bosque Protector Cerro Blanco	Coordinar con Directivos	2	-80.14844099999999,-2.24426,0.0
Otros	Hospital Luis Vernaza	Todo el patio entre la Pileta Central y la Iglesia	8	-79.8815514246063,-2.18283372762123,0.0
Otros	SECAP	Coordinar con Directivos	3	-79.88836169242859,-2.1863386036704,0.0
Otros	Conservatorio Antonio Neumane	Coordinar con Directivos	1	-79.89367246627808,-2.189083183792033,0.0
Otros	Hospital Solca	Sala de Espera General, Sala de Espera Unidad Pediátrica, Sala de Espera Consulta Externa, Sala de Espera de PreAdmisión, Centro de Diagnóstico Preventivo	12	-79.880608,-2.174128,0.0
Otros	Biblioteca Municipal	Salon Pedro Carbo + las 11 salas de la Biblioteca ubicadas en PB, MZ y P1	8	-79.88285257672118,-2.1955748815560288,0.0
Otros	Mercado La Prosperina	Hall Entrada 3 y 4	4	-79.94112195337294,-2.1419272059371552,0.0
Otros	Mercado de La Florida	Parqueo	8	-79.93473413261029,-2.1270509268584004,0.0
Otros	Mercado Sauces 9	Entradas 2 y 3 + Parqueo posterior (Entrada 8 y 9, incluyendo parque posterior)	8	-79.89276587963104,-2.1297412499373514,0.0
Otros	Mercado Transferencia de Viveres TTV	Toda la Avenida Principal (50 mts x 400mts aprox)	16	-79.94352769444276,-2.089824965400112,0.0
Otros	Mercado de Mariscos	Parqueo	4	-79.93570358895494,-2.197123895663537,0.0
Otros	Mercado Este	Parqueo de la Calle Gomez Rendon	2	-79.8865248134918,-2.2047891093051257,0.0
Otros	Mercado Caraguay	Toda el área de parqueo	8	-79.88765113988114,-2.227564045691912,0.0
Otros	Mercado Municipal "Esclusas"	Cubrir las 2 esquinas ESTE de las calles Raul C. Huerta y Calle 53D SE, para dar acceso a casas y al mercado	9	-79.89310878406144,-2.2590092206160706,0.0

Otros	Mercado de Viveres de Posorja	Cubrir las 4 esquinas del Mercado (R. Civil/Comisaria), para dar acceso a casas y al mercado	4	-80.2470937371254,-2.7116633562140535,0.0
Otros	Mercado de Pascuales	Parqueo Principal	3	-79.92609099999999,-2.070752,0.0
Otros	Mercado Francisco de Asis	Hall y Parqueo Entrada 2	3	-79.92567291038131,-2.1547734834371735,0.0
Otros	Mercado Norte	Parqueo	3	-79.88066917790985,-2.18605208796893,0.0
Otros	Mercado Artesanal	Parqueos de la Calle Loja	3	-79.88001006745912,-2.185085148228297,0.0
Otros	Mercado de Artesanías Machala	Entrada Principal, Calle Pedro Pablo Gómez	3	-79.89276799999999,-2.196684,0.0
Otros	Mercado Jose Mascote	Parqueo Entrada 4	5	-79.8943877410698,-2.1952223831712345,0.0
Otros	PUERTO GUAYAQUIL	Entrada Principal	9	-79.90667544705201,-2.2772610313845507,0.0
Otros	Mercado Guasmo Sur	Cuatro esquinas del Mercado, Para dar acceso a casas y al mercado	12	-79.88028077050018,-2.280903455949288,0.0
Otros	Plaza de la Administración	Plazoleta entre el Palacio Municipal y Edif. Crillón	8	-79.88120555877686,-2.1947117015167334,0.0
Otros	Mercado Oeste	Entrada Calle Sucre, Vía Pública	4	-79.89889199999999,-2.192336,0.0
Otros	Mercado Articulos Varios	Toda el área de Parqueo	5	-79.8899442209015,-2.1990345174291748,0.0
Otros	Mercado Trinitaria	Cuatro esquinas del Mercado, Para dar acceso a casas y al mercado	6	-79.91944593617632,-2.2364722274428974,0.0
Otros	Mercado Sauces 4	Parqueo y Hall de Entrada Principal	2	-79.88515699999999,-2.124258,0.0
Otros	Mercado Puerto Hondo	Parqueo	2	-80.02814501523972,-2.188732070794964,0.0
Otros	CAMI Cisne II	Indoor: Salon Multiple + Outdoor: Parqueo Frontal	4	-79.91682200000002,-2.223577,0.0
Otros	CAMI 29ava	Indoor: Salon Multiple + Outdoor: Plazoleta ubicada entre Salon Multiple y Centro Multimedia	4	-79.93037849664688,-2.2108949118576233,0.0
Otros	CAMI Zumar Bastion Popular	Indoor: Salón de Eventos, Salas de Capacitacion, Biblioteca. Outdoor: Parqueo + Agora	4	-79.92987155914307,-2.0897498189677646,0.0
Otros	CEN Centro	Coordinar con Directivos	3	-79.880539,-2.188798,0.0
Otros	CEN Urdesa	Coordinar con Directivos	3	-79.90762876190183,-2.176469489869349,0.0

Otros	Mercado Paradero Turistico Km 24	Parqueo	2	-80.08064925670624,-2.2164536619050663,0,0
Otros	Mercado Paradero Turistico Km 24.5	Parqueo	2	-80.08612632751465,-2.2192839528523174,0,0
Otros	Mercado Articulos Varios Posorja	Entrada 1 (Vía Pública)	2	-80.24458855390549,-2.7124215711758946,0,0
Otros	Mercado de Flores	Parqueo	2	-79.88934382705304,-2.1839049999999998,0,0
Otros	Mercado Gomez Rendon	Entrada1, Abel Castillo y Maldonado	4	-79.90262567996979,-2.200822639623804,0,0
Otros	Mercado Garay	Entrada Calle Nicolás Segovia (Patio de Comidas)	2	-79.9061393737793,-2.1980459182162213,0,0
Otros	Mercado Jockey	Esquina de la Calle Bolivia y Antepara, para dar acceso al mercado, SERLI y casas aledañas	5	-79.89689379930496,-2.2110986079841775,0,0
Otros	CAMI Pascuales	Salon Uso Multiple	2	-79.92737174034119,-2.066062723779707,0,0
Otros	CAMI Trinitaria	Cuatro esquinas del CAMI, Para dar acceso a casas aledañas y al CAMI	8	-79.92495238780975,-2.248154753940682,0,0
Otros	CAMI Fertisa	Salon Uso Multiple + Cancha izquierda + Cancha derecha	4	-79.90604013204575,-2.2492991752014926,0,0
Otros	CAMI Guasmo (Kartodromo)	Salon Multiple + Canchas	8	-79.87623400000001,-2.259662,0,0
Otros	CAMI Chongon	Salon de Uso Multiple + Cancha Este (Ubicada entre la Iglesia y Salon Multiple)	3	-80.07838547229767,-2.235820676842289,0,0
Otros	Mercado Batallon del Suburbio	Parqueo Entrada 3 y 4	4	-79.93802011013031,-2.219493008218853,0,0
Otros	Mercado San Jacinto (Juan Montalvo)	Cuatro esquinas del Mercado, Para dar acceso a casas y al mercado	10	-79.91915613412857,-2.122496229986766,0,0
Otros	Mercado Casuarina	Parqueo principal	4	-79.95717644691467,-2.118692781941609,0,0
Otros	Mercado Bastion Popular	Entrada 1	4	-79.92692917585367,-2.100608183710361,0,0
Otros	Comerciantes La Bahia	Vía Pública. Calle Villamil entre Colón y Malecón	9	-79.88203167915344,-2.19983631446474,0,0
Otros	Mercado La Florida Articulos Varios	Parqueo	4	-79.93229627609253,-2.1269027500582993,0,0
Otros	Mall El Fortin	Patio de Comidas o a la entrada (Vía Pública)	9	-79.94889378547668,-2.10945618074775,0,0
Otros	Mercado Mapasingue Oeste	Entrada 3 y 4 (Vía Pública)	4	-79.93755877017975,-2.1614414955281203,0,0
Otros	CAMI Tenguel	Salon Uso Multiple	4	-79.79069709777832,-2.996013048524262,0,0

Otros	CAMI Posorja	Salon Uso Multiple	3	-80.24997979402542,-2.7060959540671723,0.0
Otros	Balneario Coviem	Parqueo	4	-79.90078032016754,-2.2382596268820856,0.0
Otros	Mercado Tenguel	Entrada principal, Vía Pública para dar acceso al mercado y casas aledañas	3	-79.7911262512207,-2.994813060646438,0.0
Otros	Mercado Cerecita	Entrada principal, Vía Pública para dar acceso al mercado y casas aledañas	3	-80.26973962783813,-2.3332200306099176,0.0
Otros	Playa Varadero - Data Posorja	Comedor y Playa	2	-80.29968917369843,-2.7231758480419237,0.0
Otros	Cancha Data Posorja - Barrio Santa Clara	Toda la cancha + casas aledañas	2	-80.30246526002884,-2.720322517856562,0.0
Otros	Parque Data Posorja - frente a Iglesia San José	Todo el parque + casas aledañas	2	-80.30334502458572,-2.7200358448730366,0.0
Otros	Malecón Posorja	Todo el Malecón	2	-80.24283170700073,-2.711540112747793,0.0
Otros	Cancha Futbol Posorja	Toda la cancha + casas aledañas	2	-80.2434915304184,-2.7123224406248525,0.0
Otros	Cancha Indor Posorja - Barrio 9 de Octubre	Toda la cancha + parque anexo + casas aledañas	3	-80.24378389120102,-2.7131288808177363,0.0
Otros	Hospital del Dia - Posorja	A la Entrada, para dar acceso al hall del hospital y a las casas aledañas	3	-80.24491846561432,-2.710157641700844,0.0
Otros	Malecon - Muelle - Puna	Todo el Muelle	3	-79.91245329380035,-2.735055273946947,0.0
Otros	Estadio Municipal Progreso	Todo el Estadio y casas aledañas	3	-80.36516189575195,-2.4083433517878867,0.0
Otros	Cancha Deportiva Progreso	Toda la cancha y casas aledañas	2	-80.36417484283447,-2.4066282531868115,0.0
Otros	Hospital de Niños Dr. Roberto Gilbert E.	Sala de Espera Consulta Externa + Hall de entrada principal	8	-79.88358299999999,-2.177628,0.0
Otros	Hospital Gineco-Obstétrico Enrique C. Sotomayor	Sala de Espera Consulta Externa	6	-79.88935700000002,-2.197493,0.0
Otros	Instituto de Neurociencias	Coordinar con Directivos	3	-79.87973299999999,-2.177299,0.0
Otros	Garzocentro-Junta de Beneficencia	Plazoleta ubicada entre los dos pabellones principales	3	-79.89329023082735,-2.1441316720542885,0.0
Otros	Casa del Hombre Doliente ?	Coordinar con Directivos	3	-79.90877330303192,-2.1118417272361034,0.0
Otros	Museo Municipal de Guayaquil		-	-79.88264700000002,-2.195722,0.0
Otros	Guarderia Municipal Francisco Jacome	Parque interno y externo, situados detrás de la guardería	4	-79.94374394416809,-2.1263961617117846,0.0

Otros	Puerto Santa Ana	Plazoleta ubicada antes de llegar al Museo de la Música	4	-79.87412452697754,-2.181956377937072,0,0
Otros	Corporación Registro Civil	Hall de entrada y Parqueo	4	-79.92233099999999,-2.14272,0,0
Otros	CORPORACIÓN PARA LA SEGURIDAD CIUDADANA DE	Hall de entrada y Parqueo	3	-79.92160100000001,-2.143051,0,0
Otros	Casa Comunal 12 de Octubre ?	Dentro de la casa	1	-79.89281415939331,-2.263988961661463,0,0
Otros	Casa Comunal Coop. Los Angeles ?	Dentro de la casa	1	-79.881591796875,-2.25423330903985,0,0
Otros	Casa Comunal Guayas y Quil ?	Dentro de la casa	1	-79.88343715667725,-2.279619309836488,0,0
Otros	Casa Comunal Coop. Centro Civico ?	Dentro de la casa	1	-79.87257957458496,-2.256506060338265,0,0
Otros	Casa Comunal 26 de Febrero ?	Dentro de la casa	1	-79.92976427078247,-2.1464451392811537,0,0
Otros	Casa Comunal 16 de Junio ?	Dentro de la casa	1	-79.94090616703033,-2.2264132601872255,0,0
Otros	Casa Comunal Jose Joaquin de Olmedo ?	Dentro de la casa	1	-79.94396924972534,-2.2263998592659036,0,0
Otros	Casa Comunal 7 de Septiembre ?	Dentro de la casa	1	-79.94389683008194,-2.2264159403714725,0,0
Otros	Casa Comunal 23 y Maracaibo ?	Dentro de la casa	1	-79.93489265441895,-2.2254483935408493,0,0
Otros	Casa Comunal Jacobo Bucaram ?	Dentro de la casa	1	-79.90903615951538,-2.235976126526249,0,0
Otros	Terminal Metrovía Guasmo	Toda el área cubierta de espera de pasajeros	22	-79.87348079681396,-2.2610086703414938,0,0
Otros	Metrovía Guasmo Sur	Dentro de la estación de espera de pasajeros	5	-79.87871646881104,-2.2604083231476477,0,0
Otros	Metrovía Guasmo Norte	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.87938165664673,-2.25491942301349,0,0
Otros	Metrovía Floresta 2	Dentro de la estación de espera de pasajeros	6	-79.8820424079895,-2.2520892007880895,0,0
Otros	Metrovía Floresta1	Dentro de la estación de espera de pasajeros	5	-79.88592624664307,-2.2508670576725076,0,0
Otros	Metrovía Guasmo Central	Dentro de la estación de espera de pasajeros	5	-79.89006757736206,-2.2503739119146426,0,0
Otros	Metrovía Los Tulipanes	Dentro de la estación de espera de pasajeros	7	-79.89064693450928,-2.2454210039721296,0,0
Otros	Metrovía Pradera 2	Dentro de la estación de espera de pasajeros	7	-79.89105463027954,-2.2409183458190305,0,0

Otros	Metrovia Pradera1	Dentro de la estación de espera de pasajeros	7	-79.8910117149353,-2.237530622460005,0.0
Otros	Metrovia Cdl. 9 de Octubre	Dentro de la estación de espera de pasajeros	5	-79.89047527313232,-2.2326419952127083,0.0
Otros	Metrovia Caraguay	Dentro de la estación de espera de pasajeros	7	-79.8900032043457,-2.2272387567054794,0.0
Otros	Metrovia Barrio Cuba Sur-Norte	Dentro de la estación de espera de pasajeros	7	-79.88925218582153,-2.2224358613939237,0.0
Otros	Metrovia Centenario Sur-Norte	Dentro de la estación de espera de pasajeros	7	-79.88824367523193,-2.2172684431872556,0.0
Otros	Metrovia Leon Becerra Sur-Norte	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.88702058792114,-2.212851465601543,0.0
Otros	Metrovia El Astillero Sur-Norte	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.88579750061035,-2.2088847512151766,0.0
Otros	Metrovia La Providencia Sur-Norte	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.88481044769287,-2.2053683036580205,0.0
Otros	Metrovia Plaza de la Integracion Sur-Norte	Dentro de la estación de espera de pasajeros	10	-79.88408088684082,-2.202688078901148,0.0
Otros	Metrovia Biblioteca Municipal	Dentro de la estación de espera de pasajeros	20	-79.88232135772705,-2.1964699389030473,0.0
Otros	Metrovia Correo	Dentro de la estación de espera de pasajeros	13	-79.88189220428467,-2.1941542111819143,0.0
Otros	Metrovia Banco Central	Dentro de la estación de espera de pasajeros	10	-79.8810338973999,-2.191259546488129,0.0
Otros	Metrovia Jardines del Malecón	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.87929582595825,-2.187292774672789,0.0
Otros	Metrovia Las Peñas	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3	-79.8766565322876,-2.185191453459972,0.0
Otros	Metrovia La Atarazana	Dentro de la estación de espera de pasajeros	22	-79.87955331802368,-2.1702676999999895,0.0
Otros	Metrovia Base Naval Sur-Norte	Dentro de la estación de espera de pasajeros	7	-79.8799180984497,-2.161883745077181,0.0
Otros	Metrovia Base Naval Norte-Sur	Dentro de la estación de espera de pasajeros	9	-79.88041162490845,-2.161948072273587,0.0
Otros	Metrovia Santa Leonor	Dentro de la estación de espera de pasajeros	1	-79.87661361694336,-2.148782382701666,0.0

Otros	Terminal Metrovia Rio Daule	Toda el área cubierta de espera de pasajeros	125	-79.87970352172852,-2.139776470992566,0,0
Otros	Metrovia Aeropuerto	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3	-79.88592624664307,-2.147002647210712,0,0
Otros	Metrovia Cdla Simon Bolivar	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.8861837387085,-2.1519344392631954,0,0
Otros	Metrovia Centro de Convenciones Este	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.88837242126465,-2.1583671875278054,0,0
Otros	Metrovia Centro de Convenciones Oeste	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.88901615142822,-2.159246327678263,0,0
Otros	Metrovia Aviacion Naval Este	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.8910117149353,-2.162827210351124,0,0
Otros	Metrovia Aviacion Civil Este	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3	-79.8919129371643,-2.1669655851863645,0,0
Otros	Metrovia Aviacion Civil Oeste	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3	-79.89189147949219,-2.168573758885409,0,0
Otros	Metrovia Aguirre Abad	Dentro de la estación de espera de pasajeros	8	-79.8920202255249,-2.1771292141994683,0,0
Otros	Metrovia Coliseo Cerrado	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3	-79.89171981811523,-2.181481971081989,0,0
Otros	Metrovia U. de Guayaquil	Dentro de la estación de espera de pasajeros	8	-79.89489555358887,-2.186778165668222,0,0
Otros	Metrovia H. Luis Vernaza	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3	-79.88275051116943,-2.1857918312495324,0,0
Otros	Metrovia Boca-9	Dentro de la estación de espera de pasajeros	9	-79.88369464874268,-2.1893083249072,0,0
Otros	Metrovia La Catedral	Dentro de la estación de espera de pasajeros	9	-79.8846173286438,-2.193532394794047,0,0
Otros	Metrovia Garcia Aviles	Dentro de la estación de espera de pasajeros	13	-79.88549709320068,-2.1953978431818983,0,0
Otros	Metrovia Mercado Central	Dentro de la estación de espera de pasajeros	10	-79.8879861831665,-2.1949046788918958,0,0
Otros	Metrovia Victoria-Pedro Moncayo	Dentro de la estación de espera de pasajeros	12	-79.88961696624756,-2.1934466269961317,0,0
Otros	Metrovia Parque Centenario	Dentro de la estación de espera de pasajeros	4	-79.888436794281,-2.18960851300812,0,0

Otros	Metrovia Parada de Integración IESS	Dentro de la estación de espera de pasajeros	40	-79.88481044769287,-2.1977350108643843,0,0
Otros	Metrovia 4 manzanas	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3	-79.8912262916565,-2.1987642211607996,0,0
Otros	Metrovia Parada Brasil	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.8922348022461,-2.201916173276501,0,0
Otros	Metrovia Maternidad Sotomayor	Dentro de la estación de espera de pasajeros	4	-79.89036798477173,-2.195590820468476,0,0
Otros	Metrovia San Agustin	Dentro de la estación de espera de pasajeros	4	-79.88762140274048,-2.187421426896349,0,0
Otros	Metrovia Parada Calle Esmeraldas	Dentro de la estación de espera de pasajeros	7	-79.89538908004761,-2.1932536494328208,0,0
Otros	Metrovia Victoria-Calle Sucre	Dentro de la estación de espera de pasajeros	9	-79.89107608795166,-2.1941756531217114,0,0
Otros	Metrovia Vicente Rocafuerte	Dentro de la estación de espera de pasajeros	7	-79.89556074142456,-2.1902946570129904,0,0
Otros	Metrovia Ferroviaria	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3	-79.9006462097168,-2.1845910754303426,0,0
Otros	Metrovia U. Catolica	Dentro de la estación de espera de pasajeros	7	-79.90352153778076,-2.180431306779922,0,0
Otros	Metrovia Bellavista	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3	-79.90845680236816,-2.178544397620476,0,0
Otros	Metrovia Las Monjas	Dentro de la estación de espera de pasajeros	4	-79.91231918334961,-2.1760142202651225,0,0
Otros	Metrovia 28 de mayo	Dentro de la estación de espera de pasajeros	7	-79.91854190826416,-2.169924623471778,0,0
Otros	Metrovia FedeGuayas	Dentro de la estación de espera de pasajeros	12	-79.92326259613037,-2.164735581497658,0,0
Otros	Metrovia Centro de Arte	Dentro de la estación de espera de pasajeros	12	-79.92858409881592,-2.1587745940022165,0,0
Otros	Metrovia Mapasingue Sur	Dentro de la estación de espera de pasajeros	6	-79.93000030517578,-2.1556868790541284,0,0
Otros	Metrovia Mapasingue Norte	Dentro de la estación de espera de pasajeros	6	-79.93115901947021,-2.1531137784790264,0,0
Otros	Metrovia Dolores Sucre	Dentro de la estación de espera de pasajeros	6	-79.93296146392822,-2.1483535309657626,0,0

Otros	Metrovia Prosperina	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3	-79.93433475494385,-2.1434217273541134,0.0
Otros	Metrovia Vía a Daule - Tanca Marengo	Dentro de la estación de espera de pasajeros	12	-79.93407726287842,-2.139390502164356,0.0
Otros	Metrovia Gallegos Lara	Dentro de la estación de espera de pasajeros	6	-79.93381977081299,-2.1348875253296526,0.0
Otros	Metrovia Florida Norte	Dentro de la estación de espera de pasajeros	6	-79.93154525756836,-2.1264390475041774,0.0
Otros	Metrovia Fuerte Huancavilca	Dentro de la estación de espera de pasajeros	4	-79.93236064910889,-2.11739011894069,0.0
Otros	Metrovia Luz del Guayas	Dentro de la estación de espera de pasajeros	4	-79.93326187133789,-2.112501102361127,0.0
Otros	Metrovia Inmaconsa	Dentro de la estación de espera de pasajeros	4	-79.93493556976318,-2.104095388780514,0.0
Otros	Metrovia Parque California	Dentro de la estación de espera de pasajeros	12	-79.93622303009033,-2.0962042694906495,0.0
Otros	Terminal Metrovia Bastion Popular	Toda el área cubierta de espera de pasajeros	25	-79.93896961212158,-2.0935881831126997,0.0
Otros	Metrovia Las Iguanas	Dentro de la estación de espera de pasajeros	6	-79.95130777359009,-2.0816227488566117,0.0
Otros	Metrovia H. del Niño	Dentro de la estación de espera de pasajeros	4	-79.8929214477539,-2.2041246799708865,0.0
Otros	Metrovia Estadio Capwell	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.89427328109741,-2.205475512547899,0.0
Otros	Metrovia Estadio Capwell Oeste	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.89491701126099,-2.205261094760407,0.0
Otros	Metrovia Bloques del Seguro	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.89519596099854,-2.2085631252598943,0.0
Otros	Metrovia Bloques del Seguro Sur	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.89614009857178,-2.20920637710083,0.0
Otros	Metrovia Forestal Oeste	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.89704132080078,-2.2120581235725876,0.0
Otros	Metrovia Forestal Este	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.8963975906372,-2.2124440738018425,0.0
Otros	Metrovia Barrio del Seguro	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3,75	-79.89725589752197,-2.2148669812792274,0.0

Otros	Metrovia Parada Chambers	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.89854335784912,-2.2166680780754495,0,0
Otros	Metrovia Sagrada Familia	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3	-79.8986291885376,-2.2191767449605737,0,0
Otros	Metrovia Parada Viejo Cangrejal	Dentro de la estación de espera de pasajeros	5	-79.899423122406,-2.2207848625202584,0,0
Otros	Metrovia Mall del Sur	Dentro de la estación de espera de pasajeros	7	-79.89804983139038,-2.2274746127685914,0,0
Otros	Metrovia Hospital Iess	Dentro de la estación de espera de pasajeros	3	-79.89732027053833,-2.23219172609519,0,0
Otros	Metrovia Sopena	Dentro de la estación de espera de pasajeros	2	-79.89663362503052,-2.236608645760126,0,0
Otros	Terminal Metrovia 25 de Julio	Toda el área cubierta de espera de pasajeros	20	-79.89850044250488,-2.2395675456717683,0,0
Otros	Plazoleta Faro Las Peñas	Plazoleta + casas aledañas parte inferior del cerro	6	-79.87567484378815,-2.1809351968939032,0,0
Otros	Casa Comunal 24 de Agosto ?	Dentro de la casa	1	-79.93778944015503,-2.2248801939981213,0,0
Otros	Casa Comunal 23 de Abril ?	Dentro de la casa	1	-79.93703842163086,-2.2302619997439592,0,0
Otros	Casa Comunal Patria y Libertad ?	Dentro de la casa	1	-79.88015413284302,-2.2540617804958947,0,0
Otros	Casa Comunal 9 de Julio ?	Dentro de la casa	1	-79.90974426269531,-2.2480153864190493,0,0
Otros	Plaza Colón	Explanada	8	-79.8771259188652,-2.1825379951766526,0,0
Otros	Alianza Francesa - Urdesa	Patio	6	-79.90772724151611,-2.175397756918616,0,0

**Tabla 11 Puntos de zonas WI-FI propuestos por el municipio (Documentación Provista por el Municipio de Guayaquil)**

## CAPÍTULO 5

### 5 DISEÑO DE LA RED WI-FI EN LA CIUDAD GUAYAQUIL

#### 5.1 Definiciones de zonas

El diseño de una red WI-FI de manera general se definen zonas específicas para el desarrollo de la misma, para la red de esta magnitud se fijaron por parte del municipio sitios estratégicos los cuales están detallados en el Capítulo 4.

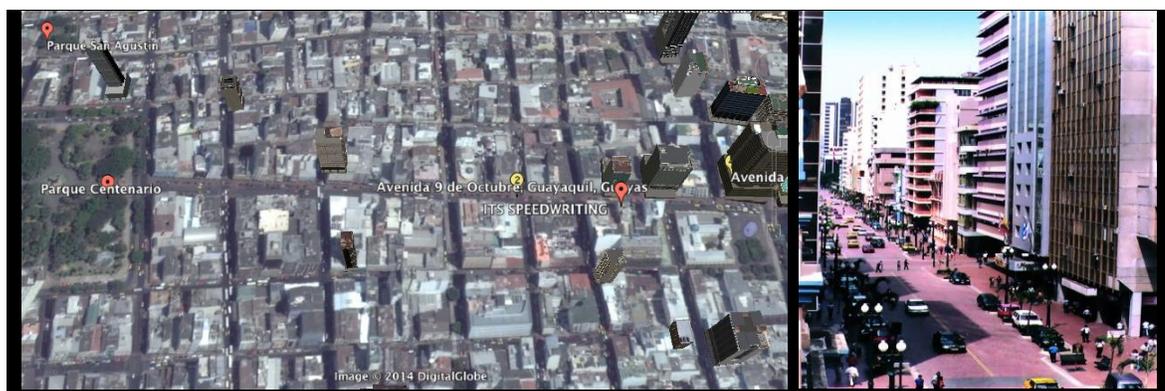


Tabla 12 Vista de la Zona de Prueba

Para el proyecto se definió una zonas estratégica de prueba la Av. 9 de Octubre la cual representaría una zona céntrica urbana cabe recalcar que cada zona de Guayaquil es diferente debido a indistintos tipos de factores (interferencias de canales, obstáculos, etc.) pero en el proyecto se va a tratar de realizar un esquema entre zonas urbanas céntricas y zonas de parques teniendo este punto como referencia.

## **5.2 Cobertura**

En este subcapítulo se explicará cómo estará constituida y distribuida la red WI-FI para poder abarcar con la mayor cobertura posible de la ciudad, además de la cobertura específicamente de las zonas de prueba tal como se detalló anteriormente.

### **5.2.1 Esquema del diseño de una RED WIFI**

Para el esquema de una red WI-FI de tal magnitud se necesita de un proveedor que tenga nodos interurbanos de acceso a internet en casi toda la ciudad para conectar los puntos de acceso y poder brindar servicio de WI-FI al usuario final que es el transeúnte común de la

ciudad de Guayaquil. Las proveedoras que tienen esta capacidad son: Telconet, TV-Cable, Claro.

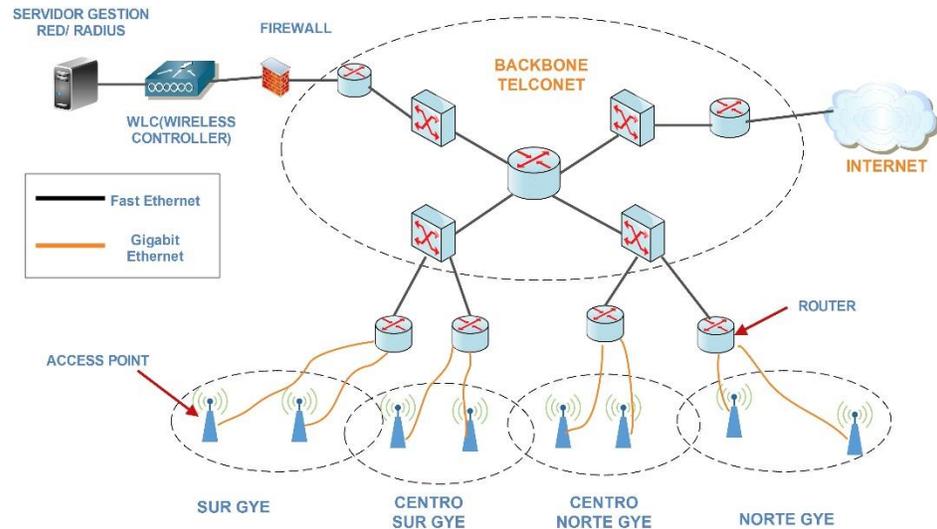
Para el Proyecto se escogió a Telconet por las siguientes razones:

- Postulante oficial para el contrato del Municipio de la ciudad Digital.
- Facilidades para las futuras pruebas en campo.
- Nodos interurbanos con posibilidad de última milla (fibra) en casi todo Guayaquil

#### **5.2.1.1 Topología física de la Red WI-FI**

Para la topología física del diseño se lo realizará en base a las exigencias del Municipio (Capítulo 4) y el backbone de la proveedora de internet en este caso es Telconet. El esquema de la red se basa en la topología ESS descrita en el Capítulo 2, en donde la red global constará de dos niveles:

Nivel1 (distribución): en este nivel se define la conexión de los diferentes nodos distribuidos en la ciudad conjuntamente con uno o varios routers que van conectados a través de un enlace Gigabit Ethernet a los diferentes puntos de acceso.



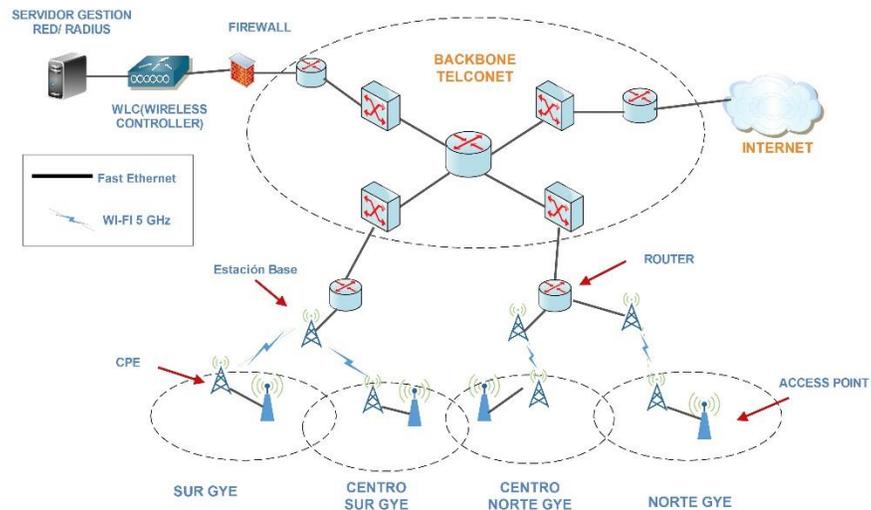
**Figura 5.1 Esquema básico de la red WI-FI para la ciudad de Guayaquil.**

Nivel 2(Acceso): Este nivel será el encargado de ofrecer cobertura a los usuarios. Los equipos (AP) para el diseño deben soportar el estándar 802.11 a/b/g/n en la banda 2.4 GHz y 5 GHz compatible con todos los dispositivos actuales con capacidad de conexión inalámbrica. En la figura 5.1 se puede apreciar los dos niveles descritos.

### **Esquema alternativo por problemas de cobertura del proveedor.**

Todo proveedor por lo general tiene zonas donde su infraestructura no puede llegar o están a una distancia considerable para el punto donde se requiere dar acceso y sería muy costoso implementarla,

habrá zonas requeridas por parte del municipio en que llegar con fibra hasta los AP sería muy costoso por lo tanto solo en esos casos emergentes se elabora para el diseño un esquema alternativo.



**Figura 5.2 Esquema alternativo de la Red WI- FI para la ciudad de Guayaquil**

En la figura 5.2 se aprecia el esquema alternativo a diferencia del esquema principal lo único que cambia es el Nivel 1 de la red pero la topología se conserva. En este esquema el Nivel 1 estaría constituido por una estación base utilizando la tecnología de transmisión 802.11 en la banda 5 GHz en modo PtP (punto a punto) con una BS (estación base) para cada enlace y en la recepción un CPE conectado directamente al AP.

### 5.2.1.2 Equipos para cubrir zonas propuestas.

Los equipos para cubrir la topología diseñada nos basaremos en el orden de los niveles.

Nivel 1 (distribución): este nivel es manejado directamente por parte del proveedor del backbone (Telconet) en los cuales en cada nodo manejan un rack para toda la distribución del tráfico y dispondrían de puertos disponibles en toda la infraestructura de sus nodos para la conexión de los puntos de acceso.

Para la distribución de la red WI-FI básicamente se tendrían estos equipos en cada nodo:

- Router: manejo de tráfico y DHCP
- Switch: Para la conexión de varios AP de la misma zona.

Para el tráfico de datos un router eficaz sería el cisco 2901 de los cuales Telconet dispone en el stock de su bodega.

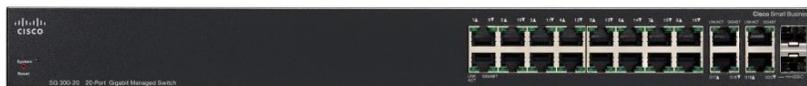


Figura 5.3 Equipo Cisco 2901

Se detalla las siguientes características:

- 2 puertos 10/100/1000 Ethernet integrados
- 4 ranuras para tarjetas de interfaz WAN mejoradas de alta velocidad
- 2 procesadores de señales a bordo digitales (DSP) ranuras
- 1 a bordo del módulo de servicio interno para los servicios de aplicación
- Distribución de energía totalmente integrado a los módulos de soporte 802.3af Power over Ethernet (PoE) y PoE Cisco Enhanced
- Seguridad
  - Embedded VPN encriptación acelerada por hardware para las comunicaciones seguras VPN de colaboración
  - Control de amenazas integrado utilizando Cisco IOS Firewall, Cisco IOS Zone-Based Firewall, Cisco IOS IPS y Cisco IOS Content Filtering
  - La gestión de identidad que utiliza la autenticación, autorización y contabilidad (AAA) y la infraestructura de clave pública

Para la conexión de varios puntos de acceso y manejo de VLANS el switch CISCO SG300-20



**Figura 5.4 Equipo CISCO SG300-20**

Se detalla las siguientes características:

- 18 puertos de 10/100/1000
- minipuertos GE combinados GBIC/SFP Seguridad y calidad de servicio
- Router estático de capa 3
- Compatibilidad con IPv6
- Redes VLAN de voz, redes
- VLAN y duplicación de puerto automáticas
- Diseño con consumo eficaz de energía y EEE en todos los modelos
- Herramienta de administración basada en la web fácil de usar, Cisco Discovery Protocol (CDP), Auto Smartports,

Cisco Configuration Assistant (CCA), Textview (CLI) y utilidad Cisco FindIT

- Compatibilidad con SNMP(Simple Network Management Protocol)

No se realiza una tabla comparativa de los equipos para el manejo tráfico debido que estos están dentro del nodo de la empresa proveedora de internet y de la última milla (Telconet).

Nivel 2: (acceso): se utilizará un equipo robusto para poder dar acceso a una gran cantidad de usuarios en cada zona que tenga un beamforming sobresaliente en el mercado y que además pueda resistir a los cambios climáticos, se realizará el análisis de 3 equipos en el mercado que pueden ofrecer una solución al proyecto en base a la Tabla 13.

	Cisco Aironet 1530( AIR-CAP1532I-E-K9)	Ruckus serie 7782	Ubiquiti UAP-Outdoor+
<b>Estándar</b>	IEEE 802.11a/b/g/n	IEEE 802.11a/b/g/n	IEEE 802.11 b/g/n
<b>Beamforming</b>	Client link	Beamflex	-----
<b>Canales Espaciales</b>	3x3:2 MIMO	3x3:3 MIMO	-----
<b>Tasa de transferencia</b>	300 Mbps	900 Mbps	300 Mbps
<b>Temperatura</b>	-30 A +65 °C	-40 A +65 °C	-30 A +65 °C
<b>Banda</b>	2.4 y 5 GHz	2.4 y 5 GHz	2.4 GHz
<b>BSSID</b>	16 por radio (32 por AP)	32 por radio (64 por AP)	4 por radio
<b>Escalabilidad del WLC del mismo Fabricante</b>	WLC Cisco 8500 : permite hasta 6000 AP	WLC Ruckus: zone director permite 1000 AP; WLC Ruckus SCG 200:permite 10000 AP	Unifi Controller Software
<b>Precio</b>	\$1.500	\$ 2.100	\$486.00

**Tabla 13 Comparación de Equipos WI-FI**

En base a las características detalladas en la Tabla 13 a criterio del creador del proyecto académico el equipo elegido es el Ruckus 7782 como primer opción, el principal motivo de escalabilidad, como segunda opción se puede hacer un análisis de los equipos Ubiquiti por el bajo costo se puede obtener una solución económica pero no es muy confiable para una infraestructura de tal magnitud sin un controlador como Ruckus o Cisco, la tercera opción son los equipos cisco que tiene un beamforming patentado como ruckus el cual esta detallado en el capítulo 2 (sección de puntos de acceso) pero tiene un precio elevado además de comprar otro WLC para poder

soportar toda la infraestructura de los 6000 AP . Cabe mencionar que una de las empresas que realizaría la puesta en operación (Telconet) tiene en su bodega equipos Ruckus modelos anteriores y para el proyecto elegirán como el proveedor de los 6000 puntos a la marca Ruckus para adaptarlos al proyecto que tienen actualmente en las estaciones de la metrovía.

A continuación Características adicionales del equipo elegido:



**Figura 5.5 Equipo Ruckus serie 7782**

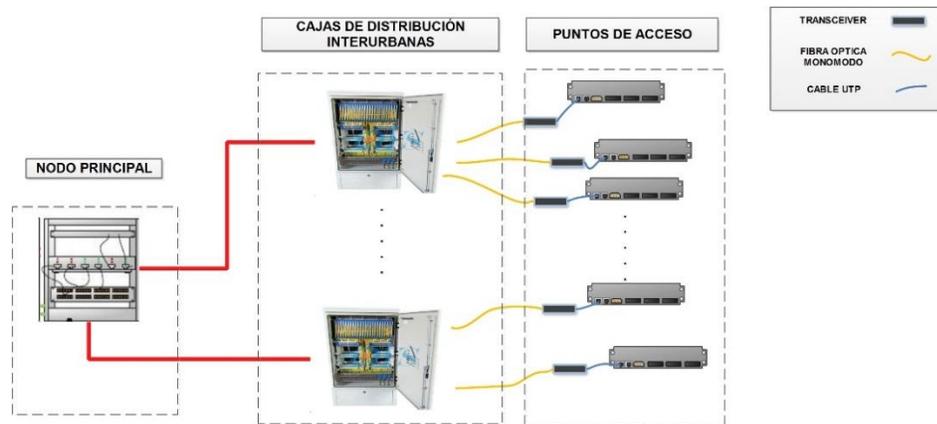
- Modelo 7782 omnidireccional 360° y 7780-S sectorial 120°
- Banda dual concurrente ( 5 GHz / 2,4 GHz )
- Soporte WEP, WPA-PSK (AES), 802.1X para RADIUS y Active Directory\*

- Portales cautivos y cuentas de invitados \*
- El beamforming de transmisión basado en chips aumenta la ganancia de señal hasta 3dB cuando se usa con clientes admitidos
- Alimentación a través de Ethernet (PoE) de 802.3af/at estándar
- 900 Mbps de rendimiento de usuario (450Mbps/radio)
- EIRP máximo varía según el país: Modelo 7780 tiene un EIRP máximo de 34 dBm (2,4GHz); 32 dBm (5GHz), y para el modelo 7780-S el EIRP máximo es de 39 dBm (ambas bandas)
- Temperatura de funcionamiento: -40 A +65 °C
- Humedad de funcionamiento: 5% a100% con condensación

### **5.2.1.3 Conexión entre capas.**

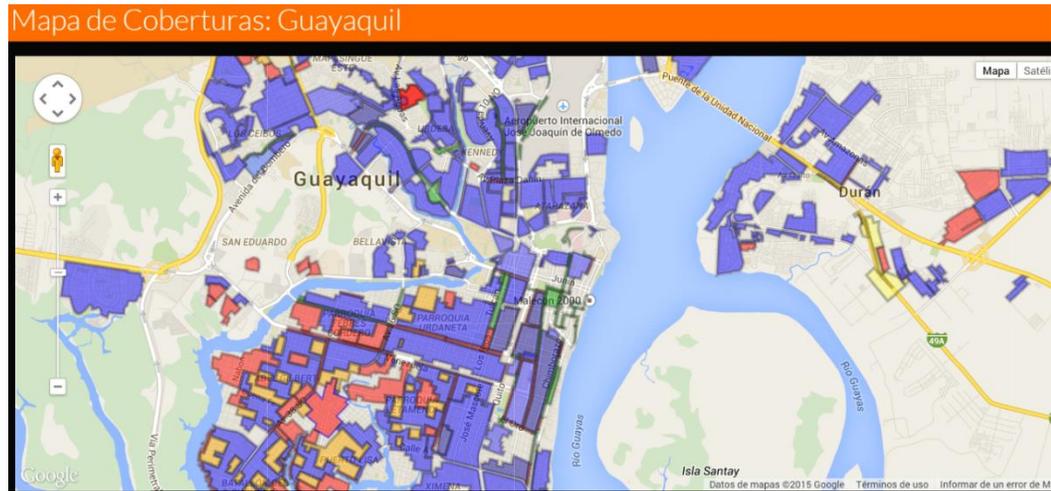
La conexión entre ambas capas(distribución y acceso) es muy importante, como podemos ver en la figura 5.6 se representa un esquema general de cómo está distribuido un ISP que tiene su nodo principal conectadas mediante un enlace troncal a las diferentes caja de distribución a partir de ahí tenemos la última milla que es fibra monomodo hasta los puntos de acceso los cuales antes de la conexión tenemos un transceiver, como se lo mencionó

anteriormente Telconet es el portador de última milla de fibra óptica de varias empresas de telecomunicaciones y la que se escogió como proveedor para el proyecto.



**Figura 5.6 Conexión de los Niveles 1 y 2**

Telconet tiene varios nodos interurbanos que a su vez están conectados a las diferentes cajas de distribución y estos a los puntos de acceso, la empresa Telconet por motivos de confidencialidad no facilitó un esquema de las cajas de distribución pero se puede verificar la capacidad de cobertura, con unas de sus filiales como es Netlife que distribuye la tecnología FTTH en Guayaquil y utiliza las cajas de distribución de Telconet



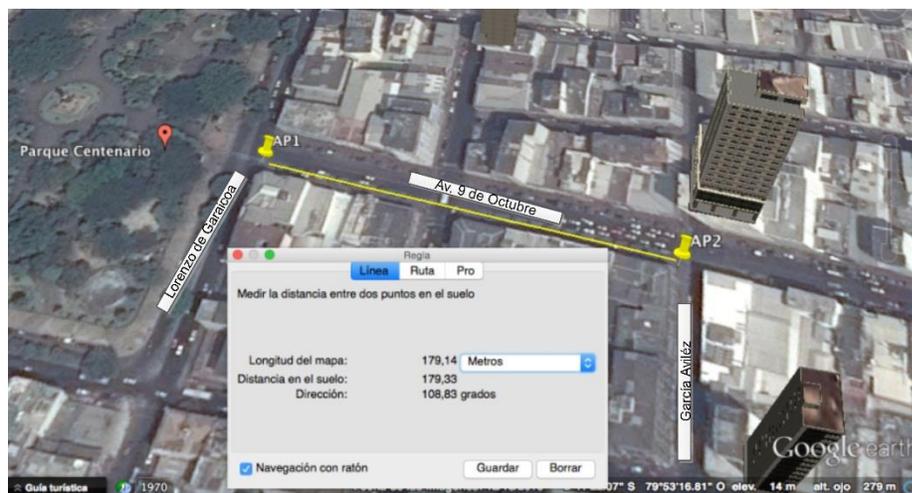
**Figura 5.7 Mapa de Cobertura de NETLIFE-TELCONET [27]**

En este mapa de cobertura de la figura 5.7 que es de uso público bajo las indicaciones que la parte sombreada azul es donde hay disponibilidad de instalar un enlace y la parte roja es donde están llenos los puertos para clientes home, se puede aproximar que al menos 10 puntos de accesos este conectados a las cajas de distribución y estén asignadas a un nodo.

### **5.2.2 Diseño de cobertura**

El diseño debe basarse en eficiencia de recursos y sobre todo evitar las zonas sin cobertura en la misma zona o sector, para un esquema de diseño macro se concentrará en una zona céntrica y de alta densidad poblacional, donde el espectro es saturado en varios rangos

de frecuencias. Se realizará un esquema de cobertura del Punto de Acceso escogido basándonos en pruebas de campo. En la siguiente figura se puede apreciar el lugar de prueba la cual comprende a lo largo de la Av. 9 de Octubre entre las calles Lorenzo de Garaicoa y García Avilés.

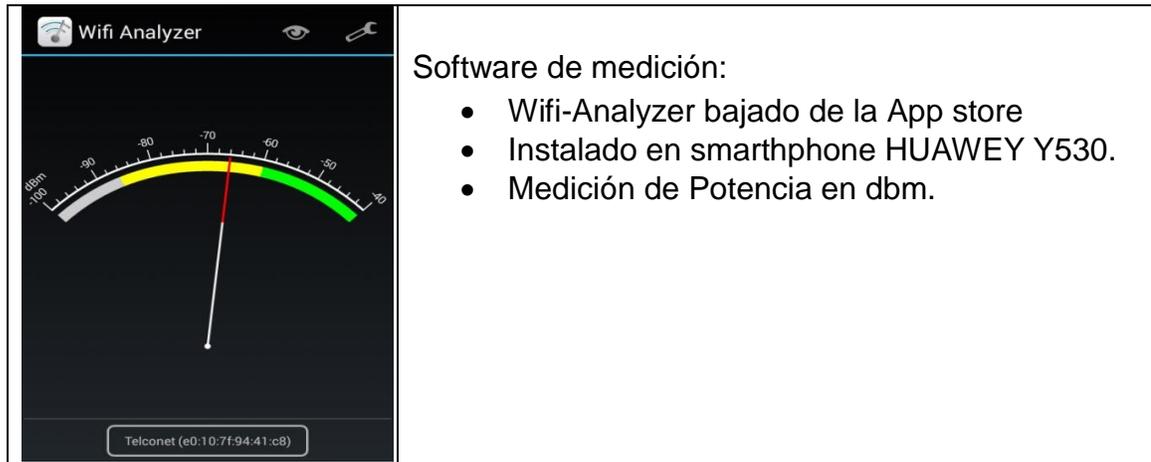


**Figura 5.8 Zona de Prueba de cobertura del Punto de Acceso**

La prueba de campo consistirá en medir la potencia recibida de cada punto de acceso a lo largo de la Avenida 9 de Octubre entre las calles mencionadas anteriormente. La prueba de campo se la realizó 12 de Octubre 2014 con la cuadrilla de Telconet bajo la autorización del Ing.

Arturo Velasco gerente de radioenlaces de Telconet. A continuación en la tabla 14 se presenta imágenes y detalles de los equipos usados para la prueba de campo.

	<p>AP Ruckus modelo 7782</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sectorial 120°.</li> <li>• Se utilizó dos equipos para la medición de cobertura de cada AP</li> <li>• Colocación de los AP, línea de Vista entre los puntos de acceso.</li> </ul>
	<p>Ap1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordenadas: 2°11'24.76"S, 79°53'12.55"O</li> <li>• Dirección: Av.9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa (Poste del Municipio)</li> <li>• Mac Address: e0:10:7f:94:41:c8</li> <li>• Alimentación de energía: fuente de AC 120 V.</li> </ul>
	<p>Ap2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordenadas: 2°11'26.73"S, 79°53'6.96"O</li> <li>• Dirección: Av. 9 de Octubre y García Aviléz. (Poste del Municipio)</li> <li>• Mac Address: e0:10:7f:91:81:78</li> <li>• Alimentación POE debido que en este poste no tenía alimentación de energía.</li> </ul>



Software de medición:

- Wifi-Analyzer bajado de la App store
- Instalado en smarthphone HUAWEY Y530.
- Medición de Potencia en dbm.

**Tabla 14 Descripción de equipos y software para pruebas de cobertura en campo**

Una vez descrito los equipos a usar, se procedieron a recoger los siguientes valores correspondientes al AP1 alejándonos y recorriendo hacia al AP2 hasta perder cobertura los datos se reflejan la tabla 15.

Distancia aproximada	Coordenadas	Potencia
10 m	2°11'24.90"S, 79°53'12.20"O	-40 dBm
30 m	2°11'25.13"S, 79°53'11.57"O	-55 dBm
50 m	2°11'25.34"S, 79°53'10.92"O	-65 dBm
60 m	2°11'25.47"S, 79°53'10.62"O	-77 dBm
70 m	2°11'25.55"S, 79°53'10.32"O	-80 dBm
90 m	2°11'25.76"S, 79°53'9.65"O	-100 dBm

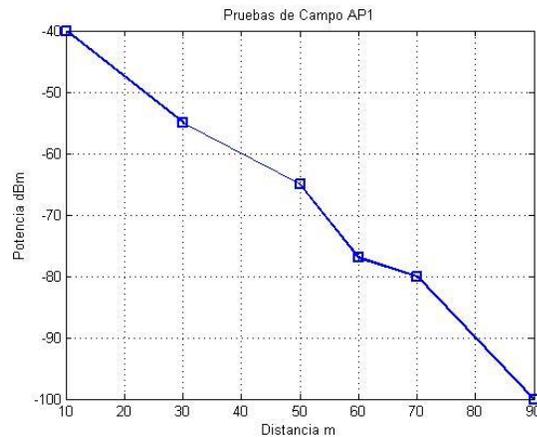
**Tabla 15 Recopilación de la Potencia Recibida con respecto al AP1**

Se realizó lo mismo con el AP2 se procedió alejarse recorriendo hacia el AP1 y se obtienen los datos reflejados en la tabla 16.

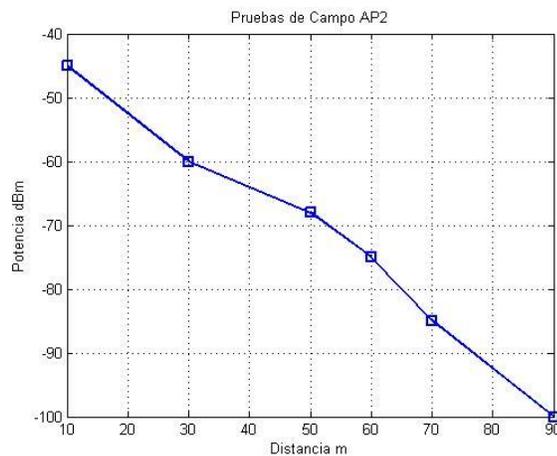
<b>Distancia Aproximada</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Potencia</b>
10 m	2°11'26.53"S, 79°53'7.32"O	-45 dBm
30 m	2°11'26.31"S, 79°53'7.95"O	-60 dBm
50 m	2°11'26.09"S, 79°53'8.57"O	-68 dBm
60 m	2°11'26.01"S, 79°53'8.89"O	-75 dBm
70 m	2°11'25.90"S, 79°53'9.16"O	-85 dBm
90 m	2°11'25.71"S, 79°53'9.81"O	-100 dBm

**Tabla 16 Recopilación de la Potencia Recibida con respecto al AP2**

Se procedió a elaborar una gráfica en Matlab para verificar el comportamiento de la potencia recibida con respecto a la distancia para cada punto de Acceso.



**Figura 5.9.5 Potencia del AP1 en función de la distancia**



**Figura 5.10.5 Potencia del AP2 en función de la distancia**

En base a las pruebas realizadas y a los datos recogidos en campo se puede apreciar en las figuras 5.9 y 5.10 que una distancia promedio de una excelente cobertura esta entre los 60 y 70 metros con lo cual tenemos potencias menores a -85 dBm con lo cual dependerá de la potencia mínima de sensibilidad del receptor pero

vamos a tomar como referencia una potencia mínima de -85 dBm para asegurar una buena conexión.



**Figura 5.11 Cobertura Aproximada de los puntos de acceso en la zona de prueba**

Con los resultados obtenidos se realizó un grafica de la cobertura en un mapa real teniendo en cuenta que la cobertura promedio aceptable de cada punto de acceso es aproximadamente de 65 m, como punto importante a recalcar tenemos una zona importante sin cubrir con la cual se interrumpiría la conexión al usuario con un pésimo roaming.

En base a las pruebas realizadas se plantea el siguiente diseño para la cobertura de este sector escogido:



**Figura 5.12 Diseño de Cobertura**

Este diseño ilustrado en la figura 5.12 cubriría teóricamente totalmente el sector de prueba sin existir zonas sin cubrir, se tendría un roaming perfecto en toda la avenida además se está cubriendo una manzana entera tal como lo muestra la figura.

### Características del diseño:

- AP sectoriales de  $120^{\circ}$  direccionados de frente a la vía pública del sector a cubrir
- AP colocados estratégicamente en zigzag a una distancia aproximadamente 65 metros en la avenida o calle principal en este caso particular la Av. 9 de Octubre
- AP sectoriales de  $120^{\circ}$  de relleno para las calles secundarias.
- Utilizar solo AP de  $360^{\circ}$  para lugares abiertos (plazas, zonas de parque, etc.) y no desperdiciar potencia dando cobertura en sitios interiores.



**Figura 5.13 Esquema de Diseño en toda la Av. 9 de Octubre**

Siguiendo el esquema del diseño como se ilustra en la figura 5.13 se puede plantear cubrir toda la Av. 9 de octubre desde la calles Lorenzo de Garaicoa hasta el malecón 2000 cubriendo aproximadamente 480 m con 10 puntos de acceso y si se requiere cubrir toda las manzanas a lo largo de la avenida se pondría los AP en las calles secundarias teniendo bajo este esquema se tendría un roaming perfecto evitando las zonas no cubiertas.

En la ciudad de Guayaquil como anteriormente se mencionó hay aproximadamente 24.000 manzanas de las cuales hay avenidas, bulevares o calles principales que pueden venir de Sur a Norte o de

Este a Oeste, para realizar pruebas o para poner en operación el proyecto se plantea basarse en esta estrategia debido que se tienen que instalar 1200 AP por año por lo tanto se necesitan que se realicen 5 instalaciones de AP por día lo que equivale a 25 a la semana, 100 al mes y a su vez completamos la meta de los 1200 AP pero para esto se recomienda un estudio del sitio antes de la instalación y tener una base de diseño de cobertura tal como está detallado anteriormente.

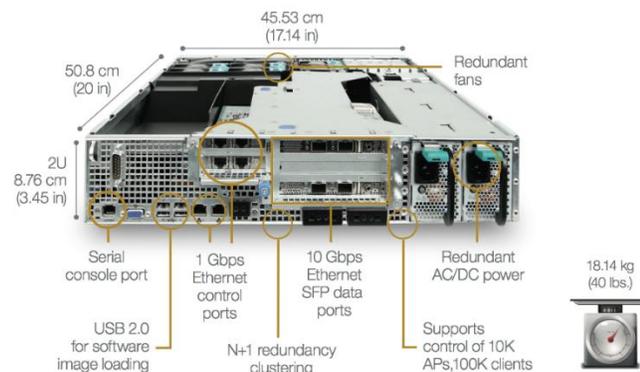
Adicionalmente Telconet plantea basarse AP omnidireccionales para solo cubrir la zona de prueba con 2 AP y realizar su esquema de cobertura.

### **5.3 Controladoras de Red**

Para poder administrar, controlar o gestionar se necesitan de diferentes tipos de herramientas para poder obtener información de los diferentes dispositivos que actúan en nuestra red los cuales están detallados en el capítulo 2, básicamente estas herramientas como el Nagios, Hp ect me permiten tener una información de la red cableada en este caso del backbone como información principal sería tráfico entrante o saliente, ancho de banda, etc.

Si se requiere administrar específicamente los puntos de acceso, tener la dirección IP, ubicación física, reporte de fallos, alarmas, potencia transmitida, canal actual de transmisión, identificación de la red que se propaga, estadísticas de equipos conectados se necesita un WLC (wireless controller)

El WLC es por lo general del mismo fabricante que el punto de acceso y en el mercado se tiene un equipo actual que puede soportar la cantidad de puntos de acceso requeridos por el municipio muy aparte de la licencia, diferentes tipos de funciones para poder brindar varios servicios de roaming y de offloading para poder sacar el mayor provecho a una infraestructura wifi se presenta al siguiente equipo SCG200 de Ruckus elegido por la escalabilidad que posee.



**Figura 5.14 Controlador Inalámbrico (WLC) modelo SCG 200 Ruckus**

El equipo SCG 200 Tiene las siguientes características:

- Administración de puntos de acceso: mayor a 10000.
- Estaciones: mayor a 100000 sesiones.
- WLANs: soporta 6144

- Protocolos de Autenticación: 802.1x/EAP, PSK, WISPr, WPA, WPA2-AES, WPA-TKIP, WEP
- Fast EAP-SIM re-authentication
- EAP-SIM, EAP-AKA, EAP-AKA' over WLAN para 802.1x WI-Fi Locations with the SCG AAA-Proxy functionality enable.

Una vez teniendo el punto de acceso y el controlador se procede con la segmentación de IP.

### **5.3.1 Segmentación de red y Roaming de zonas.**

La segmentación de la red de esta gran magnitud se requiere un diseño para poder brindar roaming, seguridad, correctivos y escalamiento por lo tanto se deben cumplir los siguientes objetivos:

- Roaming en la misma zona (Solo autentica no cambia de IP)
- Evitar congestión de broadcast
- Evitar agotamiento de IP públicas.
- Evitar exceso de Flooding.
- Detección rápida de ataques
- Aislamiento de ataques por sector.

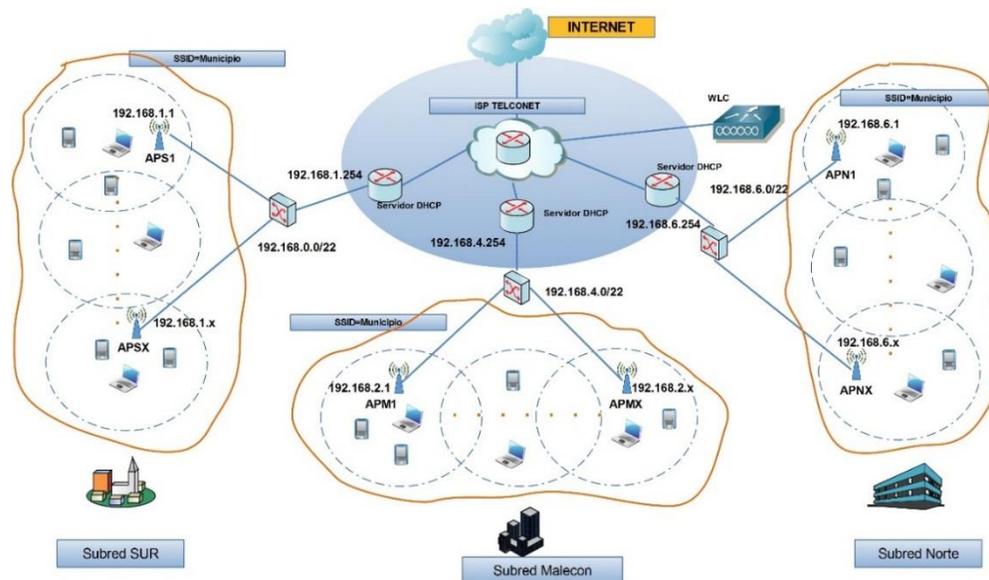
Se procede a basarse en un diseño de roaming de capa 2 distribuido en diferentes zonas en donde todo el tráfico pasa por la red cableada o el backbone del proveedor por lo tanto usaremos el AP en modo controlado.

### **Especificaciones del diseño:**

- WLC elemento de gestión de AP.
- Distribución de subred por zonas.
- Manejo del mismo SSID por cada zona.
- Usuarios: asignación de IP privadas mediante DHCP
- Dependiendo de la zona verificar si el segmento debe de ser clase a, b, c.(plan piloto asignar una subred de 240 clientes aproximadamente)
- Router en cada nodo asigna un rango DHCP para los usuarios.
- Switch conectan al menos 10 puntos de acceso asignados a un router bajo el mismo segmento de red, 120 subredes por año

En la figura 5.15 se aprecia tres zonas importantes en donde se cumple los requisitos del diseño, se toma como ejemplo que para cada zona se asigne aproximadamente 240 usuarios como plan piloto

y como referencia se aproxima que cada nodo que tiene un router con un switch el cual contenga 10 puntos de acceso, teniendo en cuenta que por parte del municipio son 6000 puntos de acceso dentro de los 5 años que se deben instalar, serian 600 subredes manejadas por cada router, cabe recalcar que cada año se instalarían 1200 puntos de acceso con lo cual se tendría 120 subredes por año.



**Figura 5.15 Esquema de la segmentación de la Red WI-FI**

En tabla 17 se puede apreciar cómo se realizaría el direccionamiento de un grupo de zonas en las cuales en el proyecto en operación se puede agregar, se tiene el nombre de la red y la dirección de la red

por zona, nombre del AP y la dirección, cabe recalcar que en el DHCP es manejado por el router y en la asignación del rango de IP debemos en la configuración excluir a las direcciones usadas por los dispositivos de cada subred.

No. De Subred	Nombre de RED	Dirección de red	AP por zona		Rango DHCP para los usuarios
			Nombre	Dirección IP	
1	Subred Sur	192.168.1.0/24	APS1	192.168.1.1	192.168.1.1 – 192.168.1.254 se excluyen las direcciones : (192.168.1.1- 192.168.1.x) y Gateway:192.168.1.254
			.	.	
			.	.	
			APsx	192.168.0.x	
2	Subred Malecon 1	192.168.2.0/24	AP2S1	192.168.2.1	192.168.2.1 – 192.168.2.254 se excluyen las direcciones: (192.168.2.1- 192.168.2.x) y Gateway:192.168.2.254
			.	.	
			.	.	
			AP2Sx	192.168.0.x	
	Subred Malecon 2	192.168.3.0/24	APM1	192.168.3.1	192.168.3.1 – 192.168.3.254 se excluyen las direcciones: (192.168.3.1- 192.168.3.x) y Gateway: 192.168.3.254
			.	.	
			.	.	
			APMx	192.168.1.x	
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
598	Subred Centro 1	192.168.4.0/24	APC1	192.168.4.0	192.168.4.1 – 192.168.4.254 se excluyen las direcciones : (192.168.4.1- 192.168.4.x) y Gateway: 192.168.4.254
			.	.	
			.	.	
			APCx	192.168.4.X	
599	Subred Centro 2	192.168.5.0/24	AP2C1	192.168.5.0	192.168.5.1 – 192.168.5.254 se excluyen las direcciones : (192.168.5.1- 192.168.5.x) y Gateway: 192.168.5.254
			.	.	
			.	.	
			AP2Cx	192.168.5.X	
600	Subred Norte	192.168.6.0/24	APN1	192.168.6.1	192.168.6.1 – 192.168.6.254 se excluyen las direcciones: (192.168.6.1- 192.168.6.x) y Gateway: 192.168.6.254
			.	.	
			.	.	
			APNx	192.168.6.x	

**Tabla 17 Segmentación IP de toda la red WI-FI.**

Con este diseño de la red el AP solo queda un elemento de acceso al usuario final para que todo el tráfico sea transparente y solo tendrá gestión de los equipos a través del WLC y cualquier tipo de configuración que se requiera en los AP, bajo este esquema se pueden cumplir los objetivos anteriormente planteados.

## **5.4 Capacidad y seguridad de la Red**

### **5.4.1 Cálculo de ancho de banda**

La capacidad de transmitir de los puntos de acceso es muy diferente al caudal o throughput que se le puede dar al enlace, particularmente si tenemos un punto de acceso que trabaja en el protocolo 802.11 n el radio tiene la capacidad de transmitir hasta 150 Mbps si trabajamos en un ancho de canal de 40 MHz pero esto no significa que nuestro enlace tenga ese ancho de banda y los clientes puedan realizar una descarga a 150 Mbps. Básicamente el ancho de banda que se requiera proporcionar va depender de la cantidad de usuarios y de las aplicaciones que se requiera brindar para el uso de un enlace establecido.

Distintas aplicaciones en internet tienen un margen de tasa velocidad preestablecida si no se elige un ancho de banda acorde con los requerimientos de las aplicaciones a utilizar podremos tener una latencia, se puede apreciar ciertas aplicaciones [4], con su respectiva tasa en la tabla 18.

Aplicaciones	Requisito / Usuario	Notas
<b>Mensajes de texto/ IM</b>	< 1 kbps	Como el tráfico es infrecuente y asíncrono, IM tolera latencia alta.
<b>Correo Electrónico</b>	1 a 100 kbps	Igual que con IM, el email es asíncrono e intermitente así que va a tolerar latencia. Archivos anexos grandes, virus, y spam incrementan significativamente el uso de ancho de banda. Noté que los servicios de email basados en web (como Yahoo y Hotmail) deben ser considerados como navegación en web y no como email.
<b>Navegación Web</b>	50 - 100+ kbps	Los navegadores web sólo usan la red cuando los datos son solicitados. La comunicación es asíncrona, así que una buena cantidad de retardo puede tolerarse. A medida que los navegadores solicitan más datos (imágenes grandes, descargas largas, etc.) el uso de ancho de banda aumenta considerablemente.
<b>Audio enTiempo real (streaming)</b>	96 - 160 kbps	Cada usuario de audio en tiempo real va a usar una cantidad considerable y constante de ancho de banda por todo el tiempo en que esté escuchando. Puede tolerar latencia transitoria utilizando grandes cantidades de memoria del cliente. Pero períodos largos de retardo van a producir "saltos" en el audio o fallos completos de la sesión.
<b>Voz sobre IP (VoIP)</b>	24 - 100+ kbps	Igual que con el audio en tiempo real, la VoIP compromete un ancho de banda constante por cada usuario durante el tiempo de la llamada. Pero con la VoIP, el ancho de banda se usa aproximadamente de manera igual en ambas direcciones. La latencia en una conexión VoIP es una molestia inmediata para los usuarios. Los retrasos más largos de unos pocos milisegundos son inaceptables en VoIP.
<b>Video en tiempo real (streaming)</b>	64 - 200+ kbps	Igual que con el audio en tiempo real, alguna latencia intermitente se puede evitar usando memoria del cliente. El video en tiempo real necesita un caudal elevado y baja latencia para funcionar adecuadamente.
<b>Aplicaciones de compartir archivos (peer-to- peer)</b>	0- infinito Mbps	Mientras que las aplicaciones peer-to-peer toleran cierta latencia, tienden a usar todo el caudal disponible para transmitir datos al mayor número de clientes posible, en el menor tiempo posible. El uso de estas aplicaciones va a ocasionar problemas de latencia y caudal para el resto de los usuarios de la red a menos que usted use un control de tráfico muy cuidadoso.

**Tabla 18 Aplicaciones en internet con su correspondiente tasa de transferencia aproximada [4]**

Al verificar la tabla y teniendo el peor de los casos que todos los usuarios se conecten al mismo tiempo se plantea la siguiente fórmula basada en el libro de Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo:

$$Usuarios_{max} \times Aplicación \left( \frac{\text{kilobite}}{s} \right) \times \frac{1\text{Megabite}}{1024\text{kilobite}} = \text{ancho de banda (Mbps)} [4]$$

#### **Ecuación 5.1 Cálculo de Ancho de Banda**

Ejemplo: se plantea 100 usuarios, aplicación principal streaming de video los cual nos vamos a tomar un ancho de banda referencial de 200 Kbps y basándonos en la fórmula propuesta se debería tener un ancho de banda de 20 Mbps para cubrir esa demanda.

$$100 \times 200(\text{Kbps}) \times \frac{1\text{Megabite}}{1024\text{kilobite}} \approx 20 \text{ Mbps}$$

#### **Ecuación 5.2 Ancho de Banda para 100 Usuarios que requieran realizar streaming**

Para la planificación del ancho de banda de la red en este caso el Proyecto WI-FI se recomienda realizarlo por la cantidad de usuarios de cada zona que pertenezca a una subred y a la subred proporcionarle el ancho de banda que necesita, la aplicación principal para este servicio gratuito para el usuario es navegación web que

actualmente oscila entre 1Mbps - 2Mbps para lo cual tomaremos un valor referencial de 150 kbps. En la tabla 19 podemos ver algunos ejemplos.

Zona	Subred	Usuarios	Ancho de Banda
<b>Subred Sur1</b>	192.168.0.x	150	22 Mbps
<b>Subred Sur2</b>	192.168.1.x	100	14 Mbps
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
<b>Subred Norte1</b>	192.168.4.x	50	7 Mbps
<b>Subred Malecón</b>	192.168.12.x	200	29 Mbps

**Tabla 19 Diferentes subredes con su respectivo ancho de banda.**

Tomando en cuenta que serían aproximadamente 600 subredes totales en los 5 años ósea 120 subredes asignadas por cada año y cada subred como plan piloto contengan 240 usuarios el ancho de banda requerido.

Para una subred:

$$240 \times 150(Kbps) \times \frac{1Megabite}{1024kilobite} \approx 35 Mbps$$

#### **Ecuación 5.3 Ancho de banda para una Subred de 240 usuarios**

Para cada año tenemos:

$$35 \text{ Mbps} \times 120_{\text{subredes}} \approx 4.2 \text{ Gbps}$$

**Ecuación 5.4 Ancho de Banda máximo que consumiría la red WI-FI cada año**

Se aproxima que para el proyecto consumirá un total de 21Gbps como plan piloto al final de los 5 años considerando que todas las 600 subredes la ocupen los 144.000 usuarios que sería la capacidad máxima en el diseño.

Debido que es un servicio gratuito se recomienda prohibir a través del backbone del proveedor (Telconet) las aplicaciones que requieren alto consumo de ancho de banda.

**5.4.2 Restricciones de la Red**

La seguridad es indispensable en toda red para la protección a los usuarios ofreciendo una conexión estable, segura y confiable.

Específicamente en este proyecto se procede debido que es una conexión abierta a todos los usuarios debemos enfocarnos en dos puntos:

- Asegurar el correcto consumo de ancho de banda.
- Restricción de páginas ofensivas no apta para menores de 18 años.

Para esto se planteó desde el inicio del diseño tal como muestra la figura 5.1 la implementación de un firewall. El firewall que protegerá la red cableada donde se maneja todo el tráfico saliente y entrante en este caso todas las subredes pertenecientes a cada zona debe tener las siguientes restricciones configuradas:

- Las videoconferencias o VoIP, como por ejemplo Skype, Viber, etc.
- Streaming de audio y video como podría ser ver videos en Youtube.
- Consumo de tráfico FTP, SFTP y P2P de intercambio de archivos
- En lugares web prohibidos a los menores de edad: pornografía, apuestas, paginas ofensivas contra la moral etc.
- Uso de la red para descargas ilegales de música o películas.

#### **5.4.3 Autenticación de usuarios y tiempo de conectividad**

La seguridad de una red inalámbrica básicamente dependerá en la forma como se autentique los usuarios que se conecten a la red, específicamente para el proyecto WIFI se basara en un portal cautivo

y un servidor RADIUS para la autenticación de usuarios debido que es un servicio público y gratis para los ciudadanos por lo tanto se necesita un diseño que asegure un tiempo de conexión y la seguridad de encriptación de los datos. Los requerimientos para este diseño son los siguientes:

- Servidor Web externo (ejemplo: Apache, IIS, etc.)
- Servidor de Autenticación RADIUS
- Servicios de Hospot del WLC

Se puede apreciar los parámetros de configuración del WLC Ruckus modelo Zone Director que también soporta servicios de Hospots por lo tanto se lo tomara como referencia. En la figura 5.16 al habilitar el servicio de Hospots se tiene que proceder a ingresar la URL donde el usuario es redirigido para el proceso de autenticación y también se debe escoger un servidor de autenticación el cual tiene su propia configuración como se puede apreciar en la figura 5.17

**Ruckus ZoneDirector**

Dashboard Monitor **Configure** Administer

System  
WLANs  
Access Points  
Access Control  
Maps  
Roles  
Users  
Guest Access  
**Hotspot Services**  
Mesh  
AAA Servers  
Alarm Settings  
Services  
Certificate

### Hotspot Services

<input type="checkbox"/>	Name	Login Page	Start Page	Actions
<b>Create New</b>				
	Name	New Name		
<b>Redirection</b>				
	Login Page*	Redirect unauthenticated user to _____ for authentication.		
	Start Page	After user is authenticated, <input checked="" type="radio"/> redirect to the URL that the user intends to visit. <input type="radio"/> redirect to the following URL: _____		
<b>User Session</b>				
	Session Timeout	<input type="checkbox"/> Terminate user session after 1440 minutes		
	Idle Timeout	<input type="checkbox"/> Terminate idle user session after 60 minutes		
<b>Authentication/Accounting Servers</b>				
	Authentication Server	Local Database		
	Accounting Server	Disabled Send Interim-Update every 5 minutes		
Location Information				
<input type="checkbox"/> Walled Garden				
<input type="checkbox"/> Restricted Subnet Access				
				OK Cancel
<a href="#">Create New</a>				Delete 0-0 (0)
Search terms <input type="text"/> <input checked="" type="radio"/> Include all terms <input type="radio"/> Include any of these terms				

Figura 5.16 Parámetros de configuración del servicio de Hotspot en WLC Ruckus [28]

**Ruckus ZoneDirector**

Dashboard Monitor **Configure** Administer

System  
WLANs  
Access Points  
Access Control  
Maps  
Roles  
Users  
Guest Access  
Hotspot Services  
Mesh  
**AAA Servers**  
Alarm Settings  
Services  
Certificate

### Authentication/Accounting Servers

This table lists all authentication mechanisms that can be used whenever authentication is needed.

<input type="checkbox"/>	Name	Type	Actions
<input type="checkbox"/>	Active Directory	Active Directory	<a href="#">Edit</a> <a href="#">Clone</a>
<input type="checkbox"/>	RADIUS Server	RADIUS	<a href="#">Edit</a> <a href="#">Clone</a>

**Editing (RADIUS Server)**

Name: RADIUS Server

Type:  Active Directory  LDAP  RADIUS  RADIUS Accounting

IP Address: 192.168.0.5

Port: 1812

Shared Secret: \*\*\*\*\*

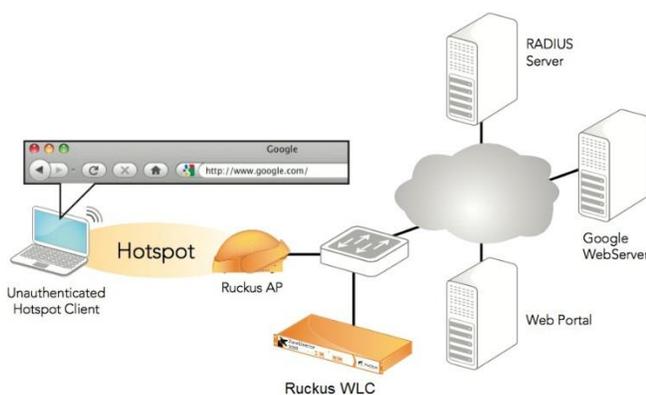
Confirm Secret: \*\*\*\*\*

OK Cancel

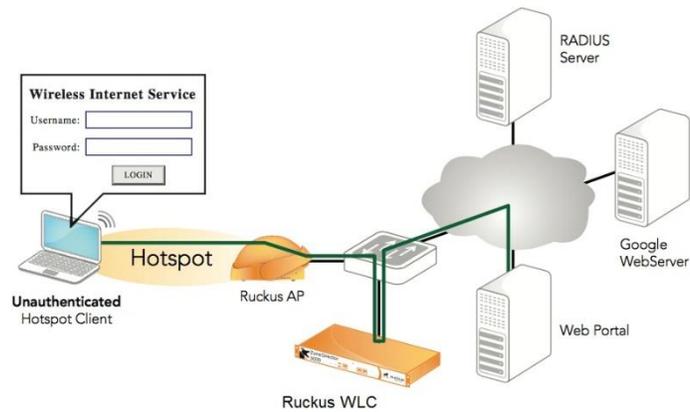
RADIUS Accounting RADIUS Accounting [Edit](#) [Clone](#)

Figura 5.17 Parámetros de Configuración de un servidor AAA para WLC Ruckus [28]

El WLC rucus SCG 200 soporta Hospot 2.0 con lo cual nos permite poder manejar un grupo de WLANS bajo este servicio descrito anteriormente, lo cual incluye que podamos tener un control del acceso a la red tal como se lo mencionó anteriormente, a continuación se presenta el siguiente esquema que pertenece al fabricante.

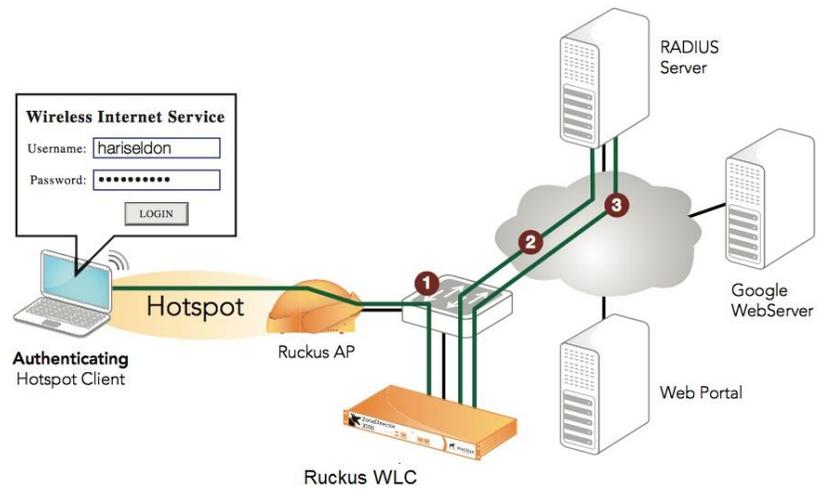


**Figura 5.18 Esquema del Portal Cautivo proceso a [28]**



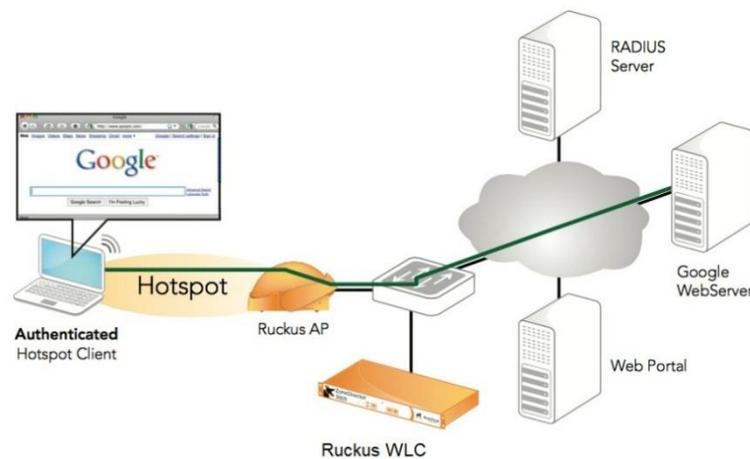
**Figura 5.19 Esquema del Portal Cautivo proceso b [28]**

En las figuras 5.18 y 5.19 se aprecia el proceso donde el usuario solicita una dirección web y el WLC lo redirecciona al servidor portal web.



**Figura 5.20 Proceso de Autenticación [28]**

En la figura 5.20 las credenciales del usuario se validan antes de que pueda pasar el tráfico HTTP. La información de autenticación es enviada al servidor web bajo el WLC (1), el WLC envía un requerimiento de acceso al servidor RADIUS(2), el servidor RADIUS envía una respuesta de regreso aceptando/rechazando el mensaje(3) [28].



**Figura 5.21 Autenticación Completa [28]**

Después de la autenticación al usuario se permite el tráfico a la red y se redirige al sitio originalmente solicitado como se observa en la figura 5.21

Aquí se termina parte del diseño piloto debido que pueden haber diferentes tipos de mejora como en infraestructura o diseño lógico etc.

## **CAPÍTULO 6**

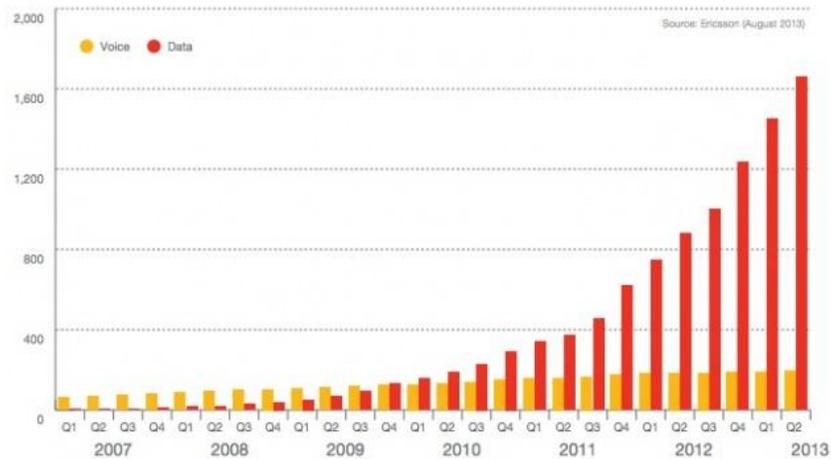
### **6 MEJORAS RESPECTO AL PROYECTO OFRECIENDO OTROS SERVICIOS UTILIZANDO RED WI FI A GRAN ESCALA EN GUAYAQUIL.**

#### **6.1 Reutilización de la nueva red WI-FI para servicio de Offloading**

##### **6.1.1 Offloading.**

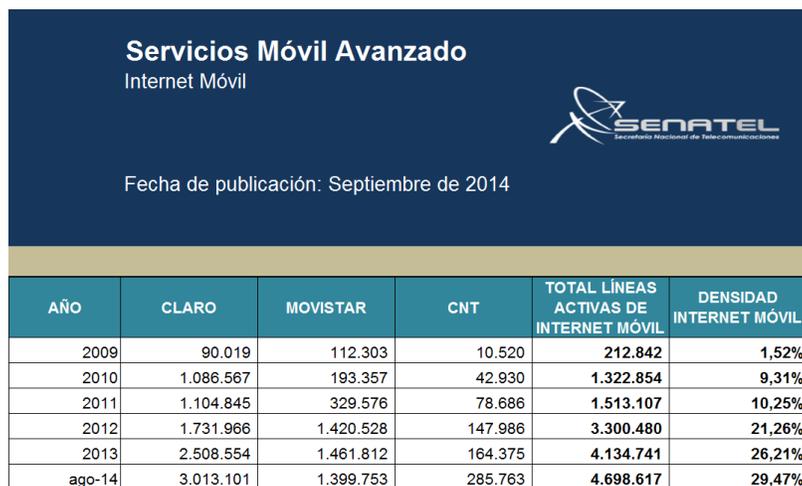
Actualmente el tráfico de datos a través de las redes de las operadoras a nivel mundial ha aumentado en forma exponencial y se prevé que siga aumentando hasta llegar al desborde de la red en los estándares 3G, HSPA y en un futuro la tecnología que está en auge LTE. Este fenómeno se da por la popularidad de servicios de datos móviles además de la venta masiva de Smartphone a nivel mundial con lo cual el usuario tiene un acceso sin obstáculo a internet.

En la figura 6.1 vemos que 1.600 PetaByte de datos se consumió en el consumo mundial del año 2013



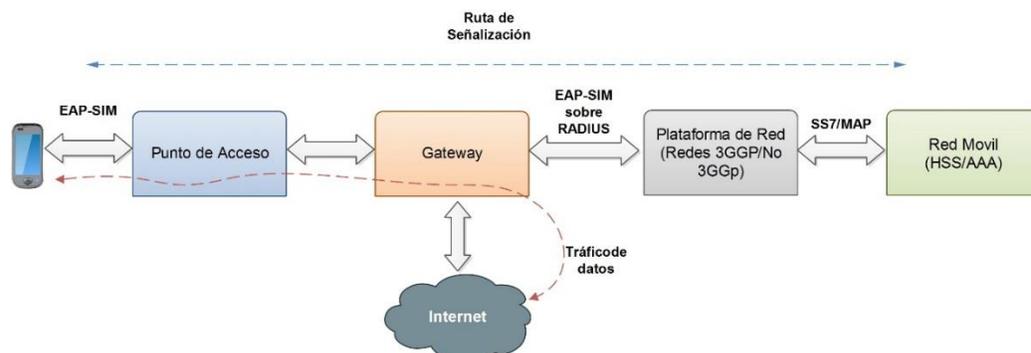
**Figura 6.1 Total (uplink + downlink) Tráfico Móvil Mensual Móvil (PetaBytes) [29]**

Específicamente en Ecuador podemos ver las operadoras que lideran el servicio de internet móvil en la figura 6.2 y quisieran optar por una medida de descongestión, además a nivel local en Guayas con su capital Guayaquil tiene el mayor porcentaje de personas con un smartphone por ende tiende a ser una las provincias con más saturación en la red de las operadoras.



**Figura 6.2 Repartición en el mercado de las Operadoras Celulares [42]**

En base a estos antecedentes las operadoras comienzan a experimentar opciones para poder aliviar este desborde y se basan en una técnica llamada offloading la cual consiste a través de la tecnología WI-FI instalar diferentes puntos de acceso en lugares críticos de consumo de datos para poder descongestionar la red y que solo la red celular sea utilizada para llamadas y mensajes de texto (SMS).



**Figura 6.3 Diagrama de Bloques del proceso de Offloading [31] [33]**

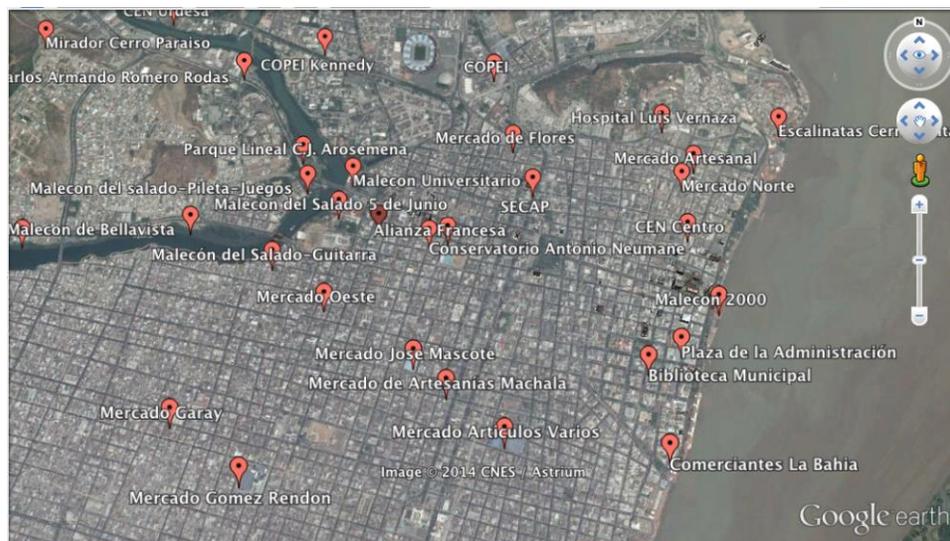
En esta imagen podemos ver un diagrama de bloques de la figura 6.3 cómo se desarrolla el proceso general el offloading, en donde todo el tráfico de datos no pasa por el núcleo de la red móvil solo la señalización en donde están involucrados diferentes protocolos como EAP-SIM, servidores de autenticación RADIUS, los protocolos que se manejen en la red móvil va a depender además si la plataforma es 3GGP o no es una red de tercera generación y dentro de la red móvil depende de las operadoras los diferentes protocolos para su señalización y procesos de autenticación.

Un ejemplo muy cotidiano sería cuando una persona que vaya al municipio o aeropuerto donde hay puntos de accesos gratuitos/facturados hace que la experiencia del usuario sea engorrosa al tratar de conectarse a cada momento [31]. Esto puede

mejorarse haciendo uso de la tarjeta SIM en donde hay protocolos de autenticación sobre SIM para que los usuarios con un teléfonos inteligente se pueda conectarse de manera automática por parte a la operadora que este asociada (Claro, Movistar, CNT).

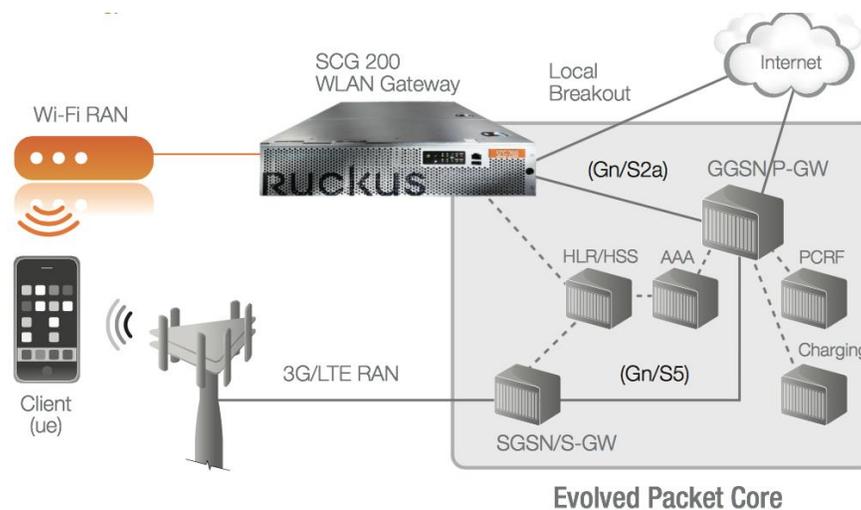
### 6.1.2 Aplicación de Offloading en proyecto WI-FI Guayaquil.

El diseño del proyecto se plantea varios puntos de acceso solicitados por parte del ente que financiaría el proyecto (Municipio) y cómo podemos verificar en la figura 6.4 son en puntos de alta densidad de gente.



**Figura 6.4 Puntos de cobertura WI-FI propuesto por el municipio de Guayaquil descritos en el Capítulo 4**

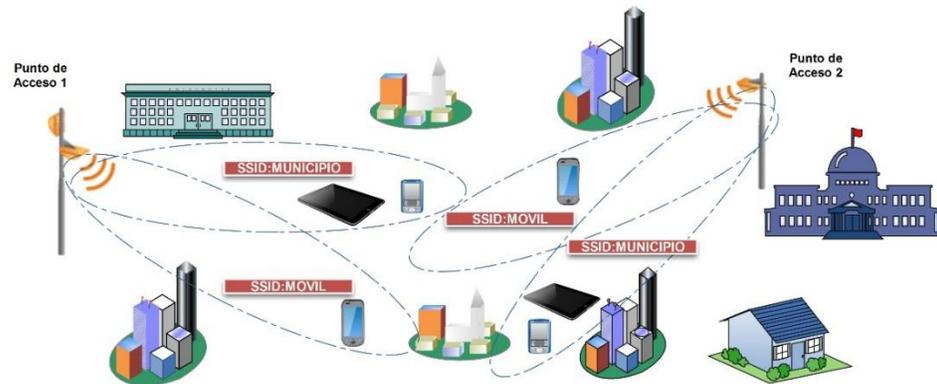
Si bien es cierto se prestará un servicio gratuito esto será por un tiempo limitado y con restricciones bajo las políticas del municipio pero esto no impide que se utilice la misma infraestructura para poder realizar una alianza estratégica con las operadoras actuales como son Claro, Movistar, CNT en donde podemos usar los diferentes puntos de acceso y con un equipo que sirva como puerta de enlace WLC que pueda soportar este tipo de tecnología se puede prestar servicio a cualquier operadora que necesite descongestionar su red.



**Figura 6.5 Controlador Ruckus SCG 200 realizando proceso Offloading [34]**

Como se puede apreciar la figura 6.5 el WLC SCG200 de Rukus además de soportar los más de 6000 puntos de acceso para la red WI-FI también tiene la posibilidad de servir como puerta de enlace

(Gateway) y realizar el offloading, se verifica que la solución del proveedor de equipo Ruckus cumple con el diagrama de bloques expuesto en la figura 6.6

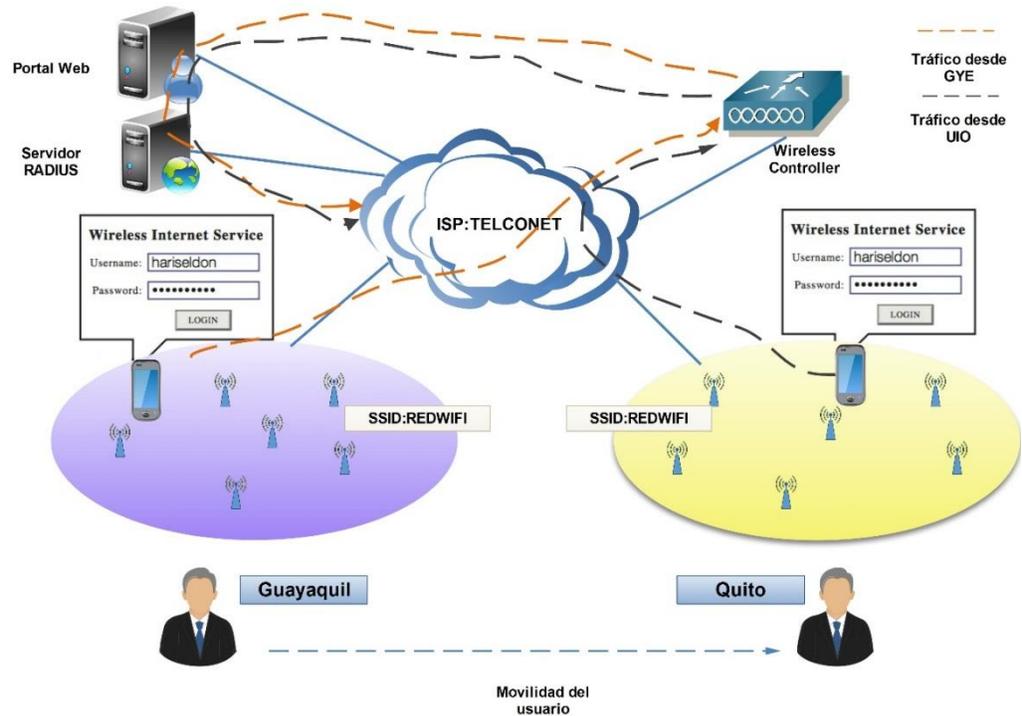


**Figura 6.6 Servicio de WI-FI y servicio de Offloading.**

Básicamente en la ciudad se puede brindar los dos servicios al mismo tiempo y con esto se consigue aumentar la rentabilidad de poner una infraestructura de este tipo aumentaría el CAPEX y OPEX en ambos lados para quien prestaría servicio de WI-FI y para la operadoras.

## **6.2 Posibilidad de prestar servicio en otras ciudades y servicio de Roaming**

La idea original por todas las condiciones mencionadas en capítulos anteriores están claras para poner una red WI-FI en Guayaquil, otras ciudades como Quito, Manta, Santa Elena, Cuenca también pueden requerir este tipo de servicio y se puede establecer un servicio WI-FI global entre las ciudades que se acojan a esta infraestructura y poder sacar los máximos beneficios uno los principales es la itinerancia (roaming) entre ciudades y poder tener las mismas credenciales validas dentro una ciudad u otra que pertenezca a la misma red WI-FI.



**Figura 6.7** Esquema de Roaming entre dos ciudades bajo la misma infraestructura WI-FI

Para cumplir este servicio se requieren las siguientes especificaciones:

- Trabajar bajo el mismo núcleo de la Red original (el mismo ISP en este caso Telconet).
- Mismo fabricante de puntos de acceso para un solo control por medio del WLC.
- Diseño y segmentación de red bajo la misma topología que el diseño original trabajar bajo capa 3.

- Direccionamiento al mismo portal cautivo y al mismo servidor RADIUS por medio del WLC para conseguir la autenticación unificada [4].

El beneficio que podría brindarse al usuario es la movilidad de conexión entre ciudades y que bajo las mismas credenciales trabajando en un portal cautivo adecuado pueda navegar sin problemas y para el proyecto sería beneficioso este sistema en donde puede llegar a comercializarse este servicio muy aparte de la red WIFI gratis por ciertos minutos y que se pueda reutilizar las infraestructura ya montada y sacar rentabilidad extra.

## **CAPÍTULO 7**

### **7 SIMULACIONES PRÁCTICAS**

#### **7.1 Simulación y análisis del tráfico de datos y espectro radioeléctrico con las proveedoras de equipamiento de la red WI-FI**

Para la simulación se procede a verificar el comportamiento en el espectro de la señal emitida por los puntos de acceso Ruckus en la banda de 2.4 GHz y 5 GHz debido que el dispositivo tiene dos radios y emite bajo las dos bandas mencionadas, para la simulación se utilizará las siguientes herramientas:

- Hardware: Macbook pro Retina (compatible con los protocolos: 802.11 a/b/g/n/ac)
- Software: WiFi Explorer comprado en la App Store.

Para verificar el tráfico se basará en una red existente que formaría parte de la red WI-FI la cual es el tráfico de la estaciones de la Metrovía lo cual nos dará una proyección de cómo sería el comportamiento global en la red WI-FI para la ciudad Guayaquil cabe recalcar que es una red que recién será implementada y por lo tanto los puntos de acceso que están instalados aún están en pruebas incluso los transeúntes no saben que existen por lo tanto se usará el tráfico de la Metrovía

#### **7.1.1 Tráfico de datos de la red que está en las estaciones de la Metrovía**

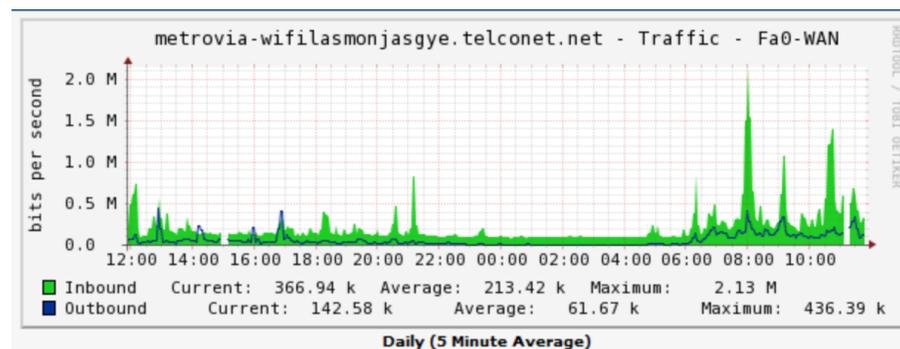
En la metrovía se ofrece actualmente el servicio de WI-FI gratuito, en un proyecto anterior que tiene Telconet con el municipio bajo las mismas condiciones, la conexión tiene una restricción de tiempo de aproximadamente 40 min y el tráfico es manejado por un router en el nodo que alimenta al menos 3 estaciones lo que corresponde a 3 puntos de acceso por lo tanto se pretende a analizar el tráfico en ciertas estaciones de la ciudad para poder realizar una analogía del comportamiento que tendría el proyecto cuando entre en

funcionamiento. La información fue facilitada por el departamento de IPCC nivel 2 de Telconet.

Se procedió analizar el tráfico en el rango de 12 horas aproximadamente que comprenden a los días 11/01/2015 - 12/01/2015 de las siguientes estaciones:

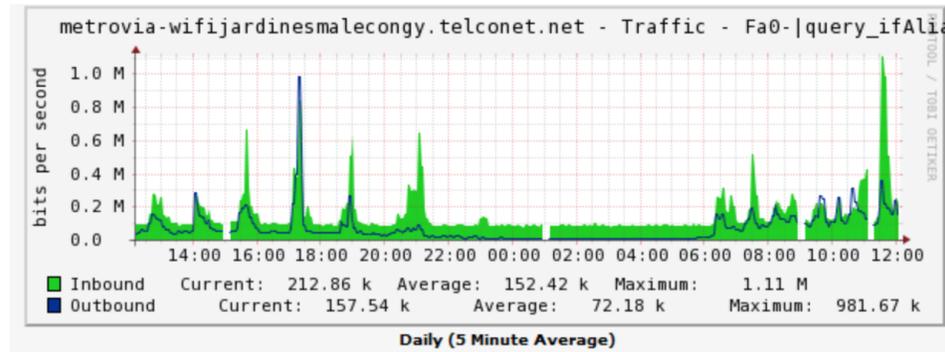
- Las monjas
- Plaza centenario
- Jardines del Malecón
- Terminal Guasmo
- Terminal Bastión

A continuación se muestran las gráficas de cada estación:

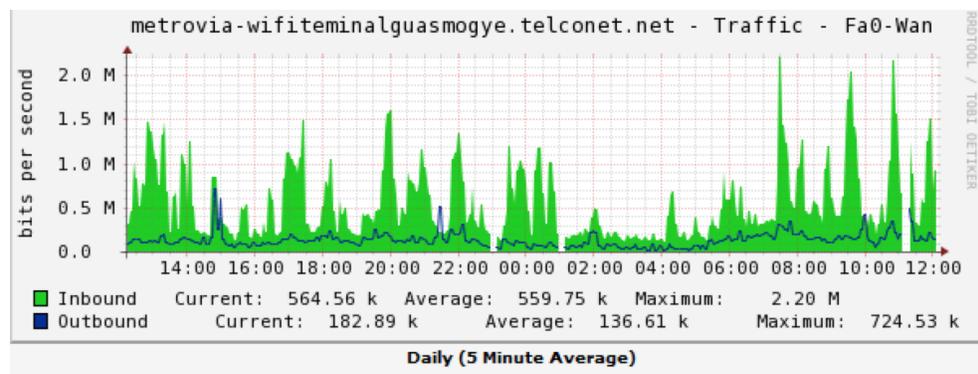


**Figura 7.1 Tráfico WI-FI Metrovia estación las Monjas**





**Figura 7.3 Tráfico WI-FI Metrovia estación Jardines del Malecon**  
 Se puede verificar en la figura 7.3 que el pico máximo fue de 1.11 Mbps aproximadamente a las 12:00 am con un promedio de 152.42 Kbps, el promedio más bajo de todas las estaciones, no se verifica ninguna anomalía se puede decir que en esta estación las personas no utilizaron el servicio de WI-FI solo se registra ciertos picos esporádicos.



**Figura 7.4 Tráfico WI-FI Metrovia estación Terminal Guasmo**



Se verifica que el momento el comportamiento de la red no ha tenido ningún tipo de problema, lo que se puede apreciar son pocos la cantidad de usuarios que utilizaron la red WI-FI gratuita de la metrovia, se podrá tener una mejor idea del comportamiento con el consumo a lo largo de un año verificando si hubo una saturación del enlace.

#### **7.1.2 Análisis del espectro radioeléctrico**

Para el análisis del espectro nos basaremos en dos puntos concurridos de la ciudad el primer punto es en el Parque Seminario y el segundo es en 9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa lugar donde se realizó las pruebas de cobertura, en cada punto se revisara el comportamiento del espectro, tal como se mencionó anteriormente los puntos de acceso tienen dos radios además por cada radio se puede propagar diferentes WLAN en todas las pruebas se podrá apreciar tres WLAN las cuales son: Telconet, Netlife, municipio\_WiFi además se verifican diferentes BSSIDs las cuales están asignadas a cada WLAN solo están seleccionadas las WLAN de interés más adelante se verificará toda la interferencia en cada punto.

## Punto de prueba: Parque seminario

✓	Nombre de la red	BSSID	Nombre del fabricante	Señal	Canal	Ancho	Banda	Modo	Tasa máxima	Seguridad	Fue vista
✓	Telconet	C4:01:7C:A3:BB:DC	Ruckus Wireless	-55	136,-1	40 MHz	5 GHz	a/n	300 Mbps	WPA2	26/12/2014 13:...
✓	Telconet	C4:01:7C:A3:BB:DB	Ruckus Wireless	-51	1	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 13:...
✓	Netlife	C4:01:7C:63:BB:DC	Ruckus Wireless	-55	136,-1	40 MHz	5 GHz	a/n	300 Mbps	WPA2	26/12/2014 13:...
✓	Netlife	C4:01:7C:63:BB:DB	Ruckus Wireless	-52	1	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 13:...
✓	municipio_wifi	C4:01:7C:23:BB:DC	Ruckus Wireless	-55	136,-1	40 MHz	5 GHz	a/n	300 Mbps		26/12/2014 13:...
✓	municipio_wifi	C4:01:7C:23:BB:DB	Ruckus Wireless	-51	1	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps		26/12/2014 13:...

**Figura 7.6 Redes Propagadas por el punto de Acceso ubicado en el Parque Seminario**

En la figura 7.6 se puede observar las redes seleccionadas, el nivel de señal la banda, el canal, protocolo, tasa de velocidad y seguridad en base estos datos podemos elegir una WLAN y realizar el respectivo análisis vamos a analizar la banda de los 5 GHz y la banda de los 2.4 GHz.



**Figura 7.7 Canales de los radios del punto de acceso en el espectro electromagnético en la banda de 2.4 GHz y 5GHz (Parque Seminario)**

El software nos permite revisar las portadoras de cada radio emitida por el punto de acceso, en la imagen expuesta en la figura 7.7 se puede verificar que efectivamente se emite en las dos bandas además cada WLAN está asignada al mismo canal, para las WLAN que trabajan en la banda de los 5 GHz están trabajando con un ancho de canal de 40 MHz y en un canal de 136 a diferencia de las WLAN que trabajan en la banda de los 2.4 GHz están trabajando con un ancho de canal 1. A continuación se verificara un poco más a fondo el comportamiento en cada banda.

### Banda de los 5 GHz

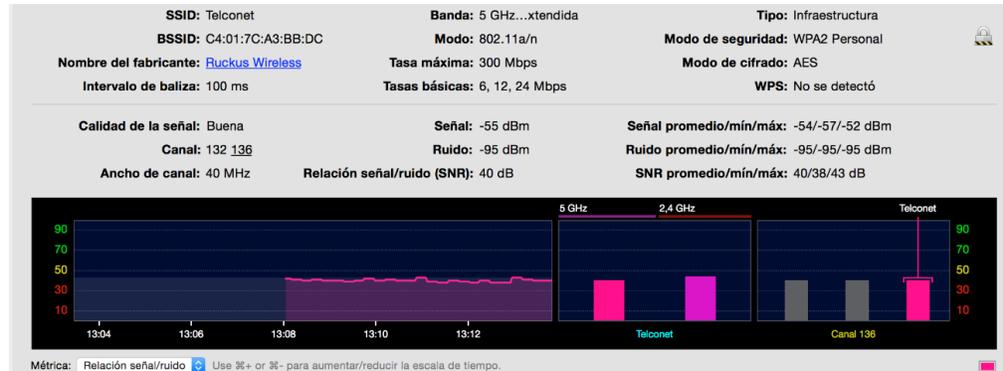


Figura 7.8 Información de la red Telconet en la banda 5 GHz (Parque Seminario)

Como se puede observar en la figura 7.8 la red Telconet tiene una respuesta continua de la señal en el grafico (señal/Ruido), con una Potencia de -55 dBm con una SNR excelente de 40 dB, en la imagen

podemos verificar el canal mencionado 136 con un tipo de seguridad WAP 2.

## Banda de los 2.4 GHz

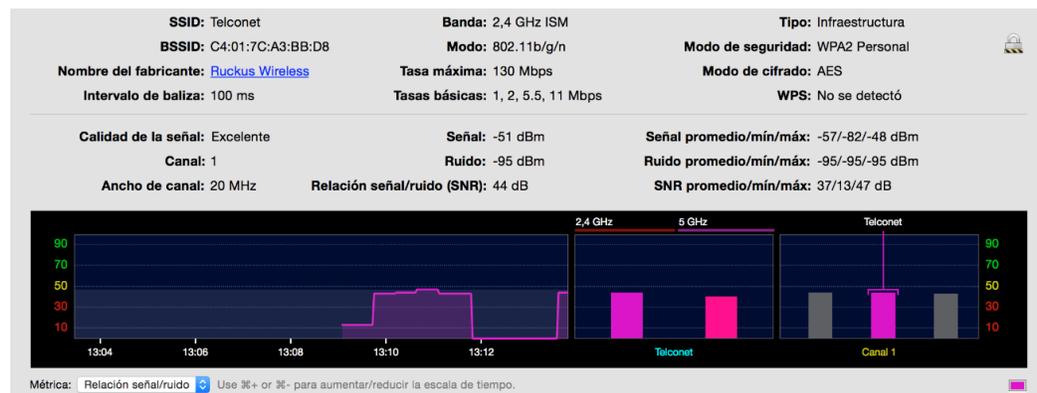


Figura 7.9 Información de la red Telconet en la banda 2.4 GHz (Parque Seminario)

Como se puede apreciar en la figura 7.9 tenemos el mismo SSID: Telconet pero este es propagado por el radio que trabaja en la banda de los 2.4 GHz aquí se puede apreciar una calidad excelente con una Potencia de -51dBm y un SNR de 44 dB pero vemos que es intermitente en ciertos tiempos lo que no sucede en la banda de los 5 GHz.

### Punto de prueba: 9 de octubre y Lorenzo de Gariacoa

Se procederá a realizar el mismo análisis que en el punto anterior, podemos apreciar en la figura 7.10 todas la WLAN con los mismos SSID

ya anteriormente vistos, cada uno con su respectivo BSSIDs trabajando en los respectivas bandas de 2.4 GHz y 5 GHz.

✓	Nombre de la red	BSSID	Nombre del fabricante	Señal	Canal	Ancho	Banda	Modo	Tasa máxima	Seguridad	Fue vista
✓	Telconet	C4:01:7C:A3:C0:3C	Ruckus Wireless	-66	36,+1	40 MHz	5 GHz	a/n	300 Mbps	WPA2	26/12/2014 11:...
✓	Telconet	C4:01:7C:A3:C0:38	Ruckus Wireless	-47	13	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 11:...
✓	Netlife	C4:01:7C:63:C0:3C	Ruckus Wireless	-66	36,+1	40 MHz	5 GHz	a/n	300 Mbps	WPA2	26/12/2014 11:...
✓	Netlife	C4:01:7C:63:C0:38	Ruckus Wireless	-47	13	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 11:...
✓	municipio_wifi	C4:01:7C:23:C0:3C	Ruckus Wireless	-66	36,+1	40 MHz	5 GHz	a/n	300 Mbps		26/12/2014 11:...
✓	municipio_wifi	C4:01:7C:23:C0:38	Ruckus Wireless	-48	13	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps		26/12/2014 11:...

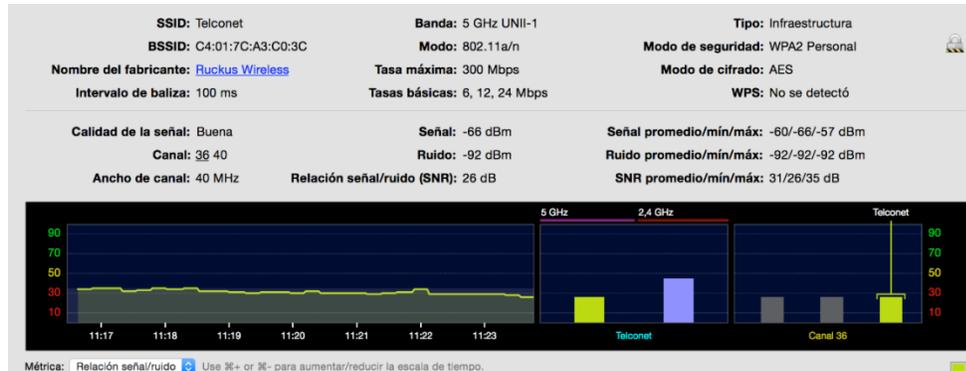
**Figura 7.10 Redes Propagadas por el punto de Acceso ubicado en 9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa.**



**Figura 7.11 Canales de los radios del punto de acceso en el espectro electromagnético en la banda de 2.4 GHz y 5GHz (9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa)**

En la figura 7.11 se puede apreciar el espectro las portadoras a diferencia del primer punto en la banda de 2.4 está configurado el canal 13 y en la banda 5 GHz está en el canal 36, una importante observación es que en la banda de las 2.4 GHz tiene más potencia que la de 5 GHz, a continuación se analiza cada banda más a fondo.

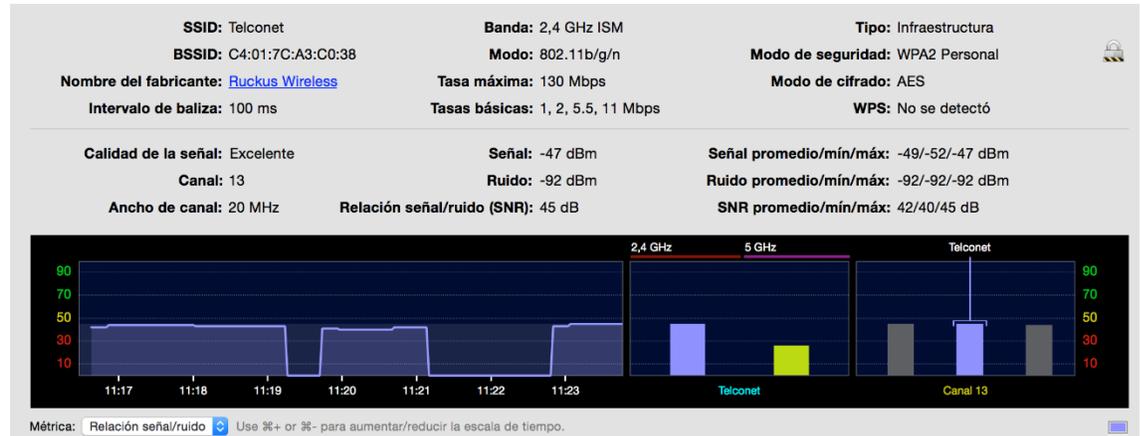
## En la banda de los 5 GHz



**Figura 7.12 Información de la red Telconet en la banda 5 GHz (9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa)**

En la figura 7.12 podemos apreciar WLAN elegida con SSID: Telconet, se verifica una respuesta continua de la señal con una calidad buena el SNR es de 26 dB ancho de canal 40 y seguridad WPA2 en este punto podemos verificar que tenemos una potencia de -66 dBm la cual es un poco menor que en el punto del parque seminario trabajando en la misma banda.

## En la banda de los 2.4 GH



**Figura 7.13 Información de la red Telconet en la banda 2.4 GHz (9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa)**

Como se puede apreciar en la figura 7.13 tenemos el mismo SSID: Telconet pero este es propagado por el radio que trabaja en la banda de los 2.4 GHz aquí se puede apreciar una calidad excelente con una Potencia de -47dBm y un SNR de 45 dB pero vemos que es intermitente en ciertos tiempos lo que no sucede en la banda de los 5 GHz a pesar de tener mejor Potencia.

## 7.2 Interferencias por uso de frecuencias y por volúmenes de tráfico

### 7.2.1 Interferencias por uso de frecuencias

Se procede a verificar bajo los mismos puntos (Parque seminario / calle 9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa) la interferencia de cada zona y a su vez hacer una relación con las gráficas obtenidas anteriormente.

#### Punto de prueba: Parque seminario

En este punto donde es una zona céntrica de Guayaquil vamos a seleccionar todas las redes disponibles en las dos bandas 2.4 GHz y 5 GHz tal como se muestra la figura 7.14 hay múltiples de redes propagadas.

✓	Nombre de la red	BSSID	Nombre del fabricante	Señal	Canal	Ancho	Banda	Modo	Tasa máxima	Seguridad	Fue vista
✓	UniparkHotel	FC:0A81C4:69:C0	Zebra Technologies Inc	-83	11	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 13:...
✓	UniparkHotel	FC:0A817A:9F:10	Zebra Technologies Inc	-73	1	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 13:...
✓	UniparkHotel	FC:0A8178:34:C0	Zebra Technologies Inc	-85	1	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 13:...
✓	UniparkHotel	FC:0A810F:4F:A0	Zebra Technologies Inc	-78	1	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 13:...
✓	UniparkHotel	FC:0A810F:4F:70	Zebra Technologies Inc	-79	11	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 13:...
✓	UniparkHotel	FC:0A810F:4D:A0	Zebra Technologies Inc	-84	6	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 13:...
✓	UniparkHotel	FC:0A8106:07:90	Zebra Technologies Inc	-72	1	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 13:...
✓	MARREGUI	F8:D1:11:99:C7:98	TP-Link Technologies Co. Ltd.	-82	11	20 MHz	2,4 GHz	g	54 Mbps	WPA2	26/12/2014 13:...
✓	Hotel Continental-WIFI	DC:9FDB:34:5C:EB	Ubiquiti Networks Inc.	-75	1	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA	26/12/2014 13:...

**Figura 7.14 Redes WI-FI Propagadas ubicado en el Parque Seminario**

Verificando el espectro vemos las dos bandas y lo que se esperaba que este saturada la banda de los 2.4 GHz y es por ese motivo debido a que todos los canales están simultáneamente utilizados y a pesar de que el equipo Ruckus tenga un sistema de automático esta

se ve afectada como lo mostramos en la figura 7.15 a diferencia de la banda de 5 GHz el cual el canal que está siendo utilizado por el punto de acceso está libre.



Figura 7.15 Uso de Canales de todas las redes WI-FI en el espectro electromagnético en la banda de 2.4 GHz y 5GHz (Parque Seminario)

### Punto de prueba: 9 de octubre y Lorenzo de Gariacoa

En este otro punto céntrico también vamos a verificar si existe una saturación de uso de canales lo cuales pueda causar interferencia y a su vez lentitud cuando los cliente estén utilizando la red. Como se puede apreciar en la figura 7.16 también tenemos múltiples WLAN propagadas en las dos bandas.

Nombre de la red	BSSID	Nombre del fabricante	Señal	Canal	Ancho	Banda	Modo	Tasa máxima	Seguridad	Fue vista
✓ VANEGAS CNT	F8:01:13:0B:20:B0	Huawei Technologies Co. Ltd.	-76	11	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 11:...
✓ LASE CNT	F8:01:13:0A:6C:28	Huawei Technologies Co. Ltd.	-78	11,-1	40 MHz	2,4 GHz	b/g/n	270 Mbps	WPA2	26/12/2014 11:...
✓ TVCable_Jmanzano	E8:94:F6:42:63:94	TP-Link Technologies Co. Ltd.	-83	1,+1	40 MHz	2,4 GHz	b/g/n	300 Mbps	WPA2	26/12/2014 11:...
✓ TDA1029	DC:9F:DB:9C:13:4C	Ubiquiti Networks Inc.	-81	1	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WEP	26/12/2014 11:...
✓ Dep. Exportaciones	CC:B2:55:CE:BF:FF	D-Link International	-85	2	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	144 Mbps	WPA2	26/12/2014 11:...
✓ Telconet	C4:01:7C:A3:C0:3C	Ruckus Wireless	-66	36,+1	40 MHz	5 GHz	a/n	300 Mbps	WPA2	26/12/2014 11:...
✓ Telconet	C4:01:7C:A3:C0:38	Ruckus Wireless	-47	13	20 MHz	2,4 GHz	b/g/n	130 Mbps	WPA2	26/12/2014 11:...
✓ DIRECT-GJ-BRAVIA	9E:D2:1E:75:F8:C5		-81	13	20 MHz	2,4 GHz	g/n	144 Mbps	WPA2	26/12/2014 11:...
✓ DIRECT-xu-BRAVIA	9E:D2:1E:3C:8A:26		-80	6	20 MHz	2,4 GHz	g/n	144 Mbps	WPA2	26/12/2014 11:...

Figura 7.16 Redes WI-FI Propagadas ubicado en la calle 9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa

En esta imagen se puede apreciar nuevamente que si existe una saturación de canales en la banda de los 2.4 GHz pero además también parte de la portadora de la red Telconet en la banda de los 5 GHz está ocupada por la red FORUM-SUR2-V .Como se pudo comprobar en la figura 7.17 tenemos perdidas de la señal debido a la interferencia de los canales sobreexpuestos en la banda de los 2.4 GHz.

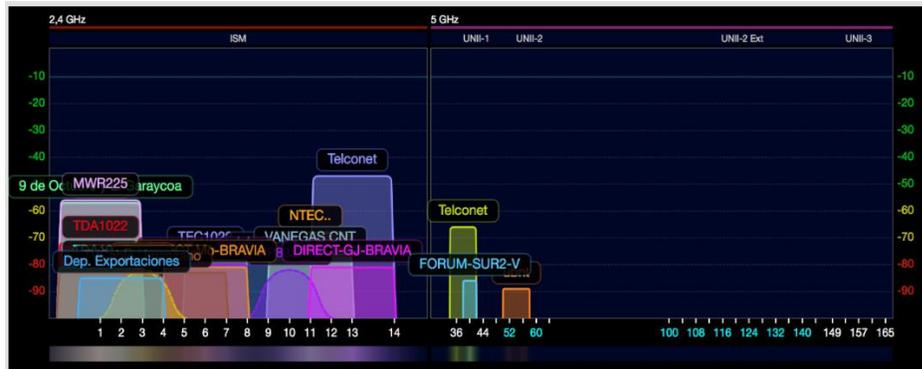


Figura 7.17 Uso de Canales de todas las redes WI-FI en el espectro electromagnético en la banda de 2.4 GHz y 5GHz (calle 9 de Octubre y Lorenzo de Garaicoa)

### 7.2.2 Interferencia por volumen de tráfico de datos de la red que está en las estaciones de la Metrovia

Para verificar la interferencia por volumen de tráfico de datos vamos a basarnos en las mismas estaciones de la Metrovia detalladas anteriormente pero se revisará el tráfico a lo largo del año del 2014 en donde tendremos una base si la red WI-FI planteada en el vigente proyecto se saturaría o se mantendría solvente con el presupuesto de megas asignados para cada año el cual es 4.2 Gigabits repartidos en 600 subredes aproximadamente, en el cual con un rango de direcciones de ip de 240 clientes cada subred tendría como máximo consumo de 35 Mbps asumiendo que todos los usuarios se conecten simultáneamente.

Se describe el gráfico de cada una de las estaciones de la metrovia:

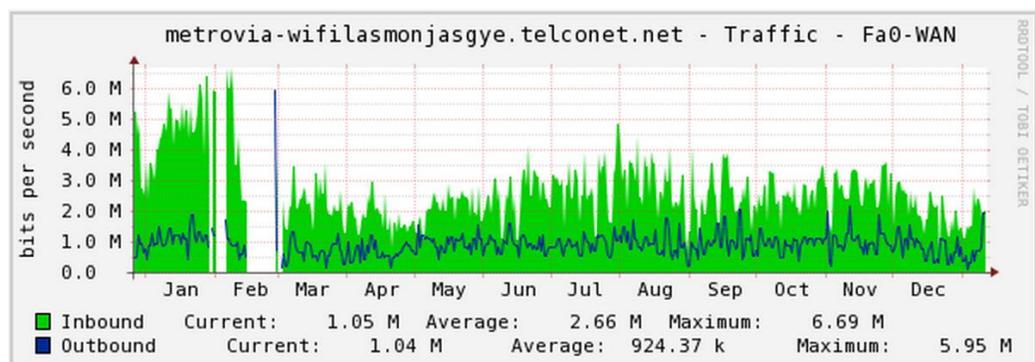
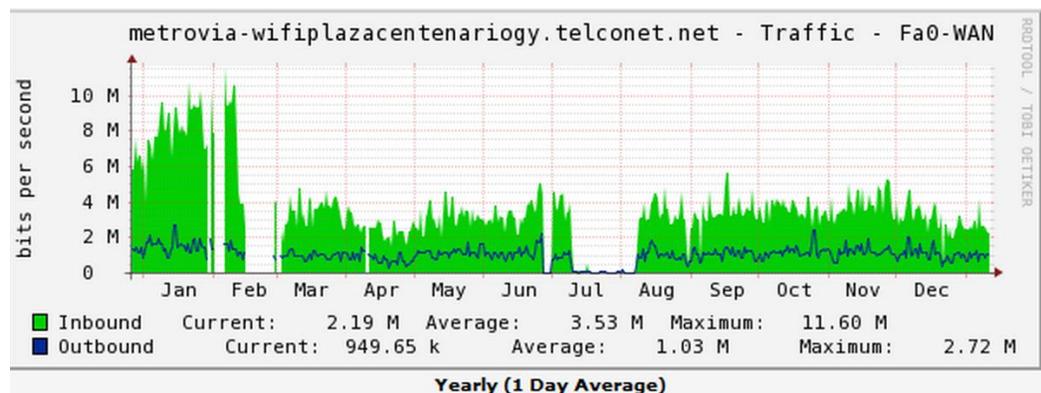


Figura 7.18 Tráfico mensual WI-FI Metrovia, estación Las Monjas

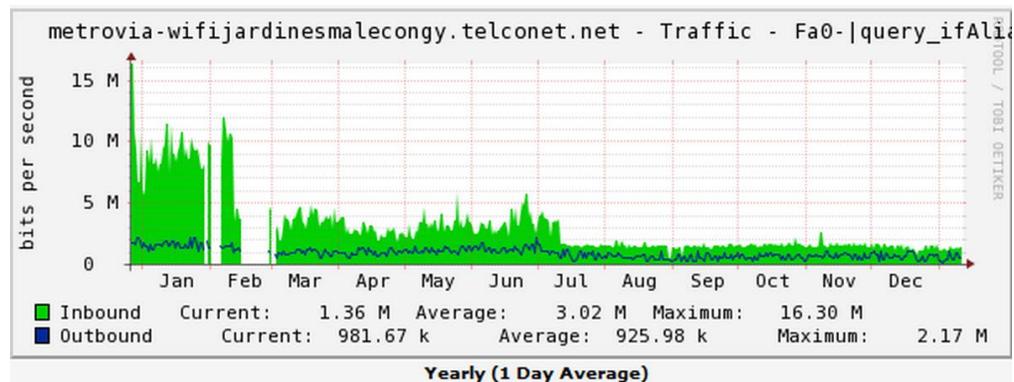
Se puede verificar en la figura 7.18 que el pico máximo fue de 6.69 Mbps de consumo en el mes de Febrero, con un promedio de 2.66 Mbps al mes, no se verifica ninguna anomalía se puede decir que en esta estación con el presupuesto actual de 31 Mbps no se verifican futuros problemas de saturación que pueda causar pérdida de paquetes, lentitud del enlace etc.



**Figura 7.19 Tráfico mensual WI-FI Metrovia, estación Plazo Centenario**

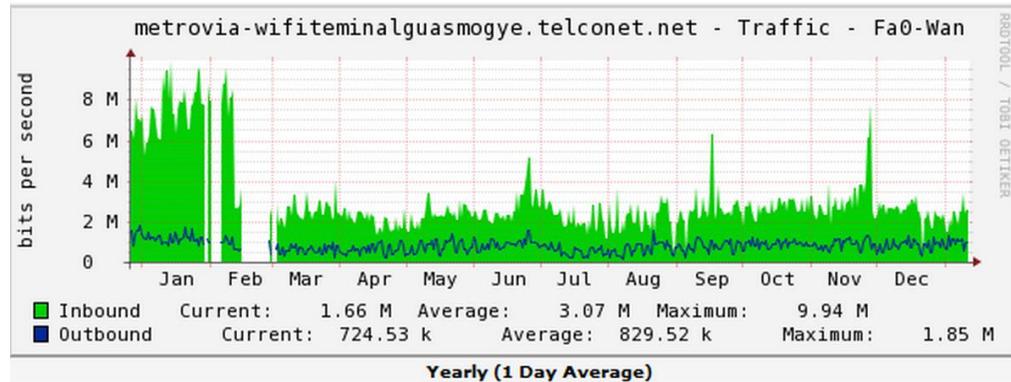
Se puede verificar en la figura 7.19 que el pico máximo fue de 11.60 Mbps de consumo en el mes de Febrero coincide en el mes con la estación anterior, con un promedio de 3.53 Mbps al mes no se verifica ninguna anomalía se puede decir que en esta estación con el presupuesto actual de 31 Mbps no se verifican futuros problemas de

saturación que pueda causar perdida de paquetes, lentitud del enlace.



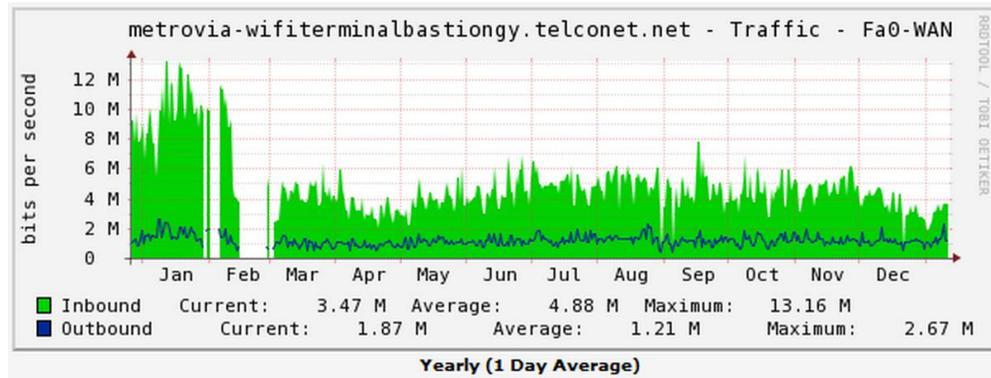
**Figura 7.20 Tráfico mensual WI-FI Metrovia, estación Jardines del Malecon**

Se puede verificar en la figura 7.20 que el pico máximo fue de 16.30 Mbps de consumo en el mes de Enero, con un promedio de 3.02 Mbps en un mes no se verifica ninguna anomalía se puede decir que en esta estación con el presupuesto actual de 31 Mbps no se verifican futuros problemas de saturación que pueda causar perdida de paquetes, lentitud del enlace.



**Figura 7.21 Tráfico mensual WI-FI Metrovia, estación Terminal Guasmo**

Se puede verificar que en la figura 7.21 el pico máximo fue de 9.94 Mbps de consumo entre los meses de Enero - Febrero, con un promedio de 3.07 Mbps al mes, no se verifica ninguna anomalía se puede decir que en esta estación con el presupuesto actual de 31 Mbps no se verifican futuros problemas de saturación que pueda causar pérdida de paquetes, lentitud del enlace.



**Figura 7.22 Tráfico mensual WI-FI Metrovia, estación Terminal Bastión**

Se puede verificar que en la figura 7.22 el pico máximo fue de 13.16 Mbps de consumo entre los meses de Enero – Febrero, con un promedio de 4.88 Mbps al mes, no se verifica ninguna anomalía se puede decir que en esta estación con el presupuesto actual de 31 Mbps no se verifican futuros problemas de saturación que pueda causar pérdida de paquetes, lentitud del enlace.

Al realizar un recuento general de todos los tráficos presentados se tiene como principal conclusión que con el presupuesto del enlace detallado en el proyecto (31.5 Mbps por cada subred) y con un comportamiento similar de la red actual de la metrovia con el de la nueva red WIFI-FI, al menos se mantendría una nula saturación del enlace que podría causar interferencia en la conexión de los usuarios.

## **CAPÍTULO 8**

### **8 RENTABILIDAD DEL USO DE WI-FI A GRAN ESCALA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

#### **8.1 Análisis de costos de inversión y mantenimiento para la implementación de una nueva Red WI-FI a gran escala**

Se procederá a realizar un análisis aproximado de los equipos para la puesta en operación, costos de la instalación de última milla y del ancho de banda del proveedor además del mantenimiento que tiene que tener una red de esta magnitud. Se procede a separar los costos de equipamientos por los diferentes niveles a continuación:

Capa de distribución: en esta capa tal como está especificado en el diseño se necesitarían 600 router aproximadamente y 600 Switch para poder conectar al menos 10 puntos de acceso en una zona específica se detalla valor en la tabla 20.

CAPA DE DISTRIBUCIÓN			
Cantidad	Equipo	Valor Unitario(\$)	Valor Total(\$)
600	Router CISCO 2901	800	480.000
600	Switch CISCO SG-300-20	268	160.800
		<b>TOTAL</b>	640.800

**Tabla 20 Valores Equipos Capa de Distribución [35] [36]**

Capa de Acceso: una de las capas fundamentales para poder acceso a una gran cantidad de personas además se necesitara un número de equipos considerables debido que la entidad gubernamental requiere 6000 puntos de acceso, anteriormente en el capítulo de diseño se especificó el modelo el equipo es un poco costoso se adjunta el valor promedio en el mercado aunque por la cantidad puede ser el valor total un poco menos del que está en la tabla 21 por algún tipo de descuento.

CAPA DE ACCESO			
Cantidad	Equipo	Valor Unitario(\$)	Valor Total(\$)
6000	Punto de acceso RUCKUS 7782	2.100	12'600.000
		<b>TOTAL</b>	12'600.000

**Tabla 21 Valores Equipos Capa de Acceso [37]**

Controlador/Gestión de Red: se basa en 3 equipos principales los cuales están detallados sus precios referenciales en el mercado a continuación en la tabla 22.

CONTROLADOR/GESTIÓN DE RED			
Cantidad	Equipo	Valor Unitario(\$)	Valor Total(\$)
1	WLC SCG200 Ruckus	81.587,52	81.587,52
1	web server	2000	2,000
1	Servidor Radius	2000	2,000
		<b>TOTAL</b>	85.587,52

**Tabla 22 Valores de Equipos Controlador/Gestión de Red [38]**

Movilización: para las diferentes instalaciones y soportes de los puntos de acceso y los administradores de la red se necesitaran vehículos a tiempo completo, se adjunta detalle del vehículo seleccionado en la tabla 23.

MOVILIZACIÓN			
Cantidad	Descripción de Actividad	Valor por unidad(\$)	Valor Total(\$)
2	Camioneta LUV DIMAX	36,000	72.000
		<b>TOTAL</b>	72.000

**Tabla 23 Valor de Vehículo de Movilización**

En equipamiento tenemos un costo total aproximado: 13'380.623,95 el cual necesitaremos al momento de empezar el proyecto.

Equipamiento	Costo(\$)
Capa de distribución	640.800
Capa de Acceso	12'600.000
Controlador/Gestión de Red	85.587,52
Movilización	72.000
<b>TOTAL</b>	<b>13'398.387,52</b>

**Tabla 24 Desglose de costo total de Equipos**

Adicionalmente a esto tenemos gastos fijos a lo largo de los 5 años los cuales se van a detallar a continuación:

Costos de Personal/Mantenimiento: Para poder dar realizar la instalación se necesitará de personal capacitado para lo cual se conforma dos equipos de instalación y soporte el equipo está conformado por: 2 técnicos en campo un chofer para la movilización y un administrador de la red se realiza el análisis de los costos anuales del personal el cual está en la siguiente tabla 25:

PERSONAL/MANTENIMIENTO				
Cantidad	Descripción de Actividad	Sueldos(\$)	Valor Total (\$)	Valor Anual(\$)
4	Técnicos instalación	400	1600	19,200
2	chofer	400	800	9,600
2	Administrador de Red	800	1600	19,200

**Tabla 25 Valores por costos de Mantenimiento**

Costo de Instalación Proveedor: los valores promedio en el mercado están entre 200 - 300 dólares de una instalación corporativa se pregunta en departamentos de Planificación y Logística de Tv cable y Telconet lo cual se escoge un valor promedio de 250 dólares. Se puede apreciar que la cantidad es de 1200 debido que según las especificaciones del municipio se deben instalar esa cantidad de puntos de acceso por año como esta en la tabla 26.

INSTALACIÓN PROVEEDOR			
Cantidad/año	Descripción de Actividad	Valor por punto(\$)	Valor Total(\$)
1200	Instalación de última milla (Proveedor)	250	300.000

**Tabla 26 Valores de instalación de la última milla**

Costo de ancho de banda del proveedor: tal como se había detallado en el capítulo del diseño se tenía había establecido que son 600 redes en los 5 años a las cuales se les dará el ancho de banda necesario

para la navegación del usuario incluso si todos se conectan de manera simultánea, en el mercado se tiene un valor aproximado de 1 Mbps el cual es 25 dólares (Consultado en empresas locales Telconet y Tv cable) entonces el primer año se tiene el siguiente valor detallado en la tabla 27.

ANCHO DE BANDA PROVEEDOR			
Subredes/año	Ancho de Banda Mbps	Valor Unitario por Mbps(\$)	Valor Total(\$)
120	4200	25	105.000

**Tabla 27 Costo de Ancho de Banda**

Para cubrir parte de costo de equipamiento (13'380.623,95) se utilizará 12'375.000 por parte del municipio con lo cual necesitaremos una inversión neta de 1'005.623,95 a parte de los diferentes costos de mantenimiento y proveedores con estos valores no se llega tener una ganancia se necesita la reutilización de esta infraestructura y brindar servicios adicionales con lo cual se puede cubrir la inversión y tener una ganancia. Adicionalmente hay que tener en cuenta que los costos de equipamiento, instalación y soporte se redujeran considerablemente si la empresa proveedora de internet Telconet pusieran en marcha el

proyecto lo cual se ajusta a la realidad debido que Telconet ganó el concurso del proyecto.

## **8.2 Financiamiento por publicidad: Análisis del potencial comercial en las zonas de la ciudad de Guayaquil definidas para el financiamiento**

Se verificará los lugares potenciales para poder brindar publicidad por medio de WI-FI a este método se denomina marketing por proximidad, es un método no muy conocido en el mercado ecuatoriano y tendría muy poco éxito según la empresa Grupo-Performance (project manager Natalia Macias) que realiza marketing automatizado y digital en Guayaquil siendo la matriz Lima – Perú [40], representante de la empresa nos indica que por este servicio en el mercado se debe dividir en locales de:

Target medio alto: Conocidas en el mercado que ofrecen productos/calidad a precios accesibles a un usuario de clase media alta.

Target medio bajo: Conocidas en el mercado que ofrecen productos/calidad regular a precios accesibles a un usuario de clase media baja.

Locales comerciales aledaños a los Puntos de acceso a WI-FI con una clasificación de Target medio Alto:

- Pica(Av 9 de Octubre)
- Etafashino(Av 9 de Octubre)
- Tablita del Tartaro(Av 9 de Octubre)
- Supercines(Av 9 de Octubre)
- Comisariato(Av 9 de Octubre)
- Unideli (Parque Seminario)

Locales comerciales aledaños a los Puntos de acceso a WI-FI con una clasificación de Target medio Bajo:

- KFC (Av 9 de Octubre)
- Pollos Gus (Av 9 de Octubre)
- Artefacta (Av 9 de Octubre)
- Creditos Economicos (Av 9 de Octubre)

Las empresas catalogadas con target medio alto por la publicidad mensual de promociones de sus productos la tarifa sería de 2000 dólares de la misma manera las empresas catalogadas con target medio bajo la tarifa aproximadamente es de 1500 dólares. Estos valores son los que están presente en el mercado, valor que pagarían los locales comerciales haciendo una analogía con la publicidad digital que ya existe (correos masivos de promociones, redes sociales, banners en páginas web, etc.)

Cabe recalcar que al inicio de la investigación se tenía planteado como principal ingreso este método de financiamiento pero en el transcurso de la búsqueda de modelos de negocio similar como la empresa española Gowex que se dedica a construir ciudades inteligentes aducían que su principal ingreso es la publicidad por WI-FI [39] la misma hoy está en la quiebra por que no basta con ese método ni con el financiamiento de municipios, por lo tanto como no son valores que aún se pueda comprobar en el mercado por lo tanto nos basaremos a otros métodos para el financiamiento con mejores bases técnicas y económicas.

### 8.3 Alternativas de financiamiento

#### 8.3.1 Financiamiento por prestación de servicio a las operadoras celulares por medio de offloading

Una alternativa de financiamiento muy rentable es el offloading WI-FI el cual es de mucho interés por parte de las operadoras celulares, Claro, Movistar y CNT, las operadoras que quisieran prestar servicios a la compañía que tenga la infraestructura WI-FI pagaría por el consumo del usuario, en el mercado ecuatoriano se maneja el consumo 100Kbytes por 1 centavo de dólar (consultado por el Ing. Cesar Yépez Gerente de Proyecto de Tv cable).

$$\text{Pago por consumo} = \frac{100\text{kbyte}}{0,01 \text{ dolares}}$$

#### Ecuación 8.1 Conversión de Datos consumidos por el usuario a dólares.

Análisis de consumo básico de un usuario común:

Para aproximar cuantos datos consume en el mes un usuario común, nos basaremos en el envío o recepción de mensajes que la mayoría de las personas utilizan a través tipos de aplicaciones como Whatsapp, Line, Telegram y el consumo de una red social como Facebook.

## Mensajes

Un claro ejemplo de un mensaje rápido que se puede usar en cualquier aplicación puede ser la siguiente:

*“Hola Antonio buenos días como estas, que tal te fue el día de hoy”*

Aquí podemos apreciar que esta línea de mensaje común tiene 65 caracteres en una conversación como base tomaremos 50 caracteres, como conversación promedio serian 10 líneas de mensajes enviados con lo cual tenemos 500 caracteres enviados y este valor se duplicaría a 1000 por los caracteres recibidos asumiendo que también se recibieron 10 líneas de mensajes con igual cantidad de caracteres.

EL tamaño de los caracteres se basa en la codificación UTF-8 en el cual cada carácter tiene un tamaño de 1 – 4 bytes en base a esta cifra tenemos que una conversación tenemos 4Kbyte de consumo

$$1000 \text{ caracteres} \times \frac{4\text{Byte}}{1 \text{ character}} = 4000\text{Byte} = 4\text{KByte}$$

**Ecuación 8.2 Consumo (Kbyte) de una conversación solo caracteres**

A esa conversación le agregaremos una imagen de baja resolución con un tamaño promedio a 160 Kbyte tenemos que una sola conversación de un usuario puede consumir aproximadamente 164Kbyte por día con lo cual al mes tenemos:

$$164 \frac{kbyte}{dia} \times \frac{30dias}{1 mes} = 4920Kbyte = 4.9MByte$$

**Ecuación 8.3 Consumo Mensual (Mbyte) de una conversación real (caracteres e imágenes)**

En una aplicación de mensajes tenemos un consumo de 4.6 MB al mes sin tomar que el usuario al día puede tener más conversaciones y aumentar esta cifra conservadora.

### **Redes Sociales**

La aplicación Facebook que es la más utilizada de las redes sociales y tiene un consumo mensual según la página [www.knowmyapp.org](http://www.knowmyapp.org) de 355.70MB mensuales en un usuario común lo cual incluye cinco comentarios, darle a *Like* en cinco actualizaciones, subir una foto, compartir un vídeo, ver tres fotos compartidas y navegar por el *timeline*, pero como un consumo base tomaremos como referencia 290MB mensuales de consumo incluyendo que pueda hacer lo

mismo otras redes sociales como Twitter, Instagram, etc solo tomaremos ese valor base.

Consumo mensual total de un usuario lo podemos verificar en la tabla 28 además de los ingresos que se cobraría a la operadora por prestar el servicio de offloading a un usuario.

Cantidad Usuario	Aplicaciones	Consumo MB/mes	Ingreso(\$)/mes	Consumo MB/anual	Ingreso(\$)/anual
1	Mensajería	4.9	0.49	58.8	5.88
	Redes Sociales	290	29	3480	348
	<b>Total:</b>	294.9	29.49	3,538.8	353.88

**Tabla 28 Consumo de ancho de banda y su representación económica**

Para tener un número de usuarios aproximados tomaremos una pequeña muestra de los 3.5 millones de habitantes de la provincia del guayas [42] el cual el 20.8% (datos del 2012, hoy puede aumentar esa cifra exponencialmente) tiene un Smartphone [2] y Guayaquil tiene una población de 2.3 millones más del 60% de la población de la provincia del Guayas por lo tanto podemos aproximar que el 10% que utiliza Smartphone de los 3.5 millones de personas de la provincia pertenecen a Guayaquil esto nos da una cifra de 350.000 personas y de esta cifra tomaremos un valor mínimo de 0.6% que utilizarían plan de datos que representarían 2.100 personas promedio

en Guayaquil, la cual si cada año aumenta en la misma proporción representaría el 3% total a lo largo de los 5 años que tiene vigencia el proyecto. El Porcentaje de 0.6% se obtuvo al realizar los diferentes cálculos con el próximo flujo de caja a realizarse y es valor mínimo realmente posible, incluso hasta depreciable en base a una muestra 350.000 personas.

Asumiendo que 2.100 usuarios por parte de una operadora o varias operadoras que realice el offloading y consuma los datos registrados en la anterior tabla 28, tenemos un ingreso de aproximadamente \$743.400 dólares, como esta detallado a continuación en la tabla 29.

Usuarios mínimo	Consumo datos MB/mes	Ingreso (\$)/mensualmente	Consumo datos MB/Año	Ingreso (\$)/Año
2.100	530.250	61950	636.3000	743.400

**Tabla 29 Ingresos por uso de offloading del 0.6% de las personas que usa plan de datos en Guayaquil**

### **8.3.2 Financiamiento por prestación de servicio WI-FI prepago por una tarifa semanal**

Si bien es cierto el municipio es el que financiara WI-FI gratis pero esto será por un tiempo limitado de aproximado de 40 minutos es ahí donde se puede utilizar la infraestructura y vender el servicio de WI-FI con un consumo aproximadamente igual a la red WI-FI gratis

(150Kbps – 200kbps) pero bajo una suscripción semanal de 2 dólares.

<b>Servicio de Valor Agregado de Internet</b> <b>Proveedores del Servicio de Internet</b> 		
Fecha de publicación: Marzo 2014		
PERMISIONARIO	TOTAL ABONADOS	% DE PARTICIPACIÓN
CNT	657.994	57,69%
SURATEL	157.265	13,79%
TELCONET	8.311	0,73%
ECUADORTELECOM	119.361	10,46%
LEVEL 3	804	0,07%
CONECCEL	846	0,07%
PUNTONET S.A.	36.012	3,16%
ETAPA EP	59.208	5,19%
MEGADATOS	48.431	4,25%
OTECCEL	463	0,04%
OTROS	51.911	4,55%
<b>TOTAL</b>	<b>1.140.606</b>	<b>100,00%</b>

**Figura 8.1 Posicionamiento en el Mercado de los ISP's en el Ecuador [41]**

El número de usuarios escogeríamos sería menor al 1% de las 350.000 personas que en Guayaquil tiene un Smartphone, tal como podemos ver en posicionamiento de mercado MEGADATOS y TELCONET (forman parte del mismo grupo empresarial) suman 4,73% en base a esta cifra le podemos dar en un año el 0,8%(2,800) de aceptación de la muestra 350.000 personas que tienen Smartphone. El 0.8% es una cifra muy conservadora debido se trata

de considerar lo mínimo para verificar si es rentable si esta cifra aumenta en la misma proporción en 5 años se tendría aproximadamente el mismo posicionamiento de 4% de aceptación del servicio por parte de grupo empresarial Telconet bajo esta primicia podemos ver el siguiente ingreso considerable el cual esta detallado en la tabla 30.

Tarifa (\$) por usuario/Semanalmente	Usuarios mínimo	Ingreso(\$)/ mensualmente	Ingreso (\$) / Año
2	2.800	22.400	268.800

**Tabla 30 Ingresos por prestación de servicio WI-FI Guayaquil por parte del 0.8% de aceptación de usuarios**

### 8.3.3 Flujo de caja

Se procede a realizar el respectivo flujo de caja en base a todos los ingresos y egresos detallados anteriormente para obtener una utilidad neta del proyecto. Cabe recalcar que para los ingresos por offloading y prestación de servicio de prepago WI-FI teniendo como un escenario crítico se fijó el mismo el porcentaje de número de usuarios para los 5 años.

El método que se utilizará es la TIR (Tasa interna de retorno) donde evaluaremos la rentabilidad de una inversión que se ajustaría a la realidad. Los parámetros de comparación para poder verificar si el proyecto es rentable:

- Tasa del Banco Central del Estado Público: 12%
- Riesgo País (puntos porcentuales): 6%

Para obtener una ganancia como corporación privada mi TIR debería ser mayor al 18% que corresponde a la suma de los parámetros mencionados anteriormente caso contrario si el proyecto representará una pérdida, el dinero de la inversión podría ser mejor aprovechada si se invierte en el banco ya que obtendríamos una tasa de interés del 12% como ganancia.

FLUJO DE CAJA						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>INGRESOS</b>						
Servicio Municipio	12.375.000,00					
Servicio Prepago		268.800,00	268.800,00	268.800,00	268.800,00	268.800,00
Servicio offloading		743.400,00	743.400,00	743.400,00	743.400,00	743.400,00
Publicidad		-	-	-	-	-
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>1.012.200,00</b>	<b>1.012.200,00</b>	<b>1.012.200,00</b>	<b>1.012.200,00</b>	<b>1.012.200,00</b>
<b>EGRESOS</b>						
<b>Equipamiento</b>	13.398.387,52					
<b>MANTENIMIENTO</b>						
Técnicos instalación		19.200,00	19.200,00	19.200,00	19.200,00	19.200,00
Choferes		9.600,00	9.600,00	9.600,00	9.600,00	9.600,00
Administrador de Red		19.200,00	19.200,00	19.200,00	19.200,00	19.200,00
<b>PROVEEDOR</b>						
Instalación de U.M.		300.000,00	300.000,00	300.000,00	300.000,00	300.000,00
Internet		105.000,00	210.000,00	315.000,00	420.000,00	525.000,00
<b>TOTAL EGRESOS</b>		<b>453.000,00</b>	<b>558.000,00</b>	<b>663.000,00</b>	<b>768.000,00</b>	<b>873.000,00</b>
<b>FLUJO NETO</b>	-	<b>1.023.387,52</b>	<b>454.200,00</b>	<b>349.200,00</b>	<b>244.200,00</b>	<b>139.200,00</b>
<b>TIR</b>		27%				

**Figura 8.2 Flujo de Caja y TIR**

En base a la figura 8.2 se confirma que tenemos una TIR del 27% y concluimos que si es rentable el proyecto, además cabe mencionar que los ingresos tienen un valor fijo lo cual significa que estamos asumiendo que el número de usuarios no incrementa en el lapso de los 5 años por lo tanto se está trabajando bajo un margen mínimo de ingreso con lo cual aseguramos que si se lleva a cabo el proyecto, este sea exitoso.

## CONCLUSIONES

1. En base al diseño de la red y comparando con una infraestructura casi similar como la red WI-FI metrovía, podemos concluir la red abastecerá a todos los usuarios incluso si todos se conectan simultáneamente cumpliendo con un ancho de banda requerido de 150 Kbps por usuario.
2. El proyecto presenta las siguientes formas de financiación las cuales son: publicidad, financiación por parte del municipio, servicio prepago de WI-FI y offloading, en base a las cifras mostradas en el capítulo 8 los ingresos por offloading el cual se basa en la prestación de servicio a las operadoras (Claro, Movistar, CNT) para disminuir el tráfico de datos se concluye que es el principal ingreso con el cual contaría el proyecto y es fundamental para que el mismo sea rentable además cabe mencionar que la financiación del proyecto no depende el ingreso por publicidad como se puede apreciar en el flujo de caja pero cualquier aporte ayudaría aumentar la utilidad del proyecto.

3. En base a las condiciones del municipio el uso del servicio WI-FI es gratuito pero por un lapso de tiempo limitado pero si el usuario quisiera tener un tiempo de conexión ilimitado por una semana, se puede reutilizar la infraestructura WI-FI y brindar el servicio por una tarifa de \$2 dólares, siendo esta cifra más económica que un plan de datos con lo cual se cumple uno de los objetivos planteados al inicio del proyecto.
  
4. En base a los datos recogidos por parte de Telconet sobre la red WI-FI de la metrovia podemos asumir que en ciertos puntos de la ciudad se puede realizar una reducción del ancho de banda asignado que es 31. Mbps para cada subred y así poder disminuir los costos anuales con respecto al ancho de banda.

## RECOMENDACIONES

1. Para poder brindar una solución inalámbrica se recomienda revisar el beamforming del proveedor de equipamiento de los puntos de acceso y analizar si la marca ofrece un escalamiento masivo para poder implementar la red WI-FI y servicios adicionales como el offloading.
2. En base a las pruebas en campo con respecto a la cobertura de los puntos de acceso se recomienda antes de la instalación un estudio del sitio en cuestión para aproximar el lugar donde los técnicos deberían colocar el equipo, así la instalación se realiza de manera más eficaz y se cumpliría la meta de los 1200 puntos de acceso instalados por año.
3. Se recomienda la revisión del tráfico de datos diariamente, mensualmente, anualmente una vez instalados los puntos para poder realizar un reajuste de ancho banda de cada subred y así poder optimizar el presupuesto anual de ancho de banda.

4. Se recomienda la revisión de la potencia emitida de cada punto de acceso la cual debe estar máximo 1 Watts (en la banda 2.4 GHz) por motivos de regulación en base al capítulo 4.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Diario El Comercio, [www.elcomercio.ec/pais/Tecnologia-Guayaquil\\_digital-red-Internet\\_0\\_950304969.html](http://www.elcomercio.ec/pais/Tecnologia-Guayaquil_digital-red-Internet_0_950304969.html), fecha de consulta Octubre 2013
- [2] Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC´S) 2012, [www.gob.inec.gob.ec](http://www.gob.inec.gob.ec) ,[www.ecuadorencifras.com](http://www.ecuadorencifras.com), fecha de consulta Octubre 2013
- [3] Brandon James Carroll, CCNA wireless official exam certification guide, Cisco Press 1 Ed 2008.
- [4] Comunidad WNDW, Libro Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo, [www.wndw.net](http://www.wndw.net), fecha de consulta Enero 2014
- [5] Wikimedia Commons, Espectro electromagnético, [http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagnético](http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagnético) , fecha de consulta Marzo 2014
- [6] Javier García Rodrigo y Gregorio Morales Santiago, Instalaciones de Radio Comunicaciones, Paraninfo 1era Ed. 2012.
- [7] IEEE, Paper IEEE std 802.11 - 2012, <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html>, fecha de consulta Marzo 2014
- [8] Aruba , Paper Aruba Networks, estandar 802.11ac, [http://www.arubanetworks.com/pdf/technology/whitepapers/WP\\_80211acInDept\\_h.pdf](http://www.arubanetworks.com/pdf/technology/whitepapers/WP_80211acInDept_h.pdf) , fecha de consulta Abril 2014
- [9] CWNA, Certified Wireless Network Administrator guide, Editorial Planet 3 Wireless, [http://mcit.ucsd.edu/documents/help/wireless/cwna\\_study\\_guide.pdf](http://mcit.ucsd.edu/documents/help/wireless/cwna_study_guide.pdf) fecha de consulta Julio 2014

- [10] Facultad Regional Tucumán Universidad Tecnológica Nacional U.T.N. – Argentina, Física de las Ondas Radioeléctricas dentro del estándar IEEE802.11b, [http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan\\_fr/fis\\_ondas\\_rad\\_IEEE802-11b.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan_fr/fis_ondas_rad_IEEE802-11b.pdf) , fecha de consulta Julio 2014
- [11] Antonio Ricardo Castro Lechtaler, Teleinformática para ingenieros en sistemas de información, Editorial Reverté S.A. 2da Ed.
- [12] National Instrument, OFDM , <http://www.ni.com/white-paper/3740/en/> , fecha de consulta Julio 2014
- [14] Alentia System, Paper Alentia System, <http://www.alentia.com/Docs/WP/Whitepaper%20MIMO.pdf> , fecha de consulta Septiembre 2014
- [15] Douglas R. Mauro y Kevin J. Schmidt, Essential SNMP, O’ Relly Media 2da Edición, 2005.
- [16] Douglas Mauro and Kevin Schmidt, Introducción a SNMP, <http://userpages.umbc.edu/~dgorin1/451/snmp/Introsnmp.htm> , fecha de consulta Julio 2014
- [17] Ruckus, FlexMaster Centralized Wi-Fi Management, <http://www.ruckuswireless.com/products/flexmaster#more-info>, fecha de consulta Julio 2014
- [18] CISCO, Cisco Wirless Control, <http://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/wireless-control-system/index.html>, fecha de consulta Octubre 2014

[19] DIGI, Antenna Gain,  
<http://www.digi.com/support/kbase/kbaseresultdetl?id=2146>, fecha de consulta  
Octubre 2014

[20] Ruckus, Beamforming Ruckus,  
<http://www.ruckuswireless.com/press/releases/20090121-beamforming>, fecha de  
consulta Julio 2014

[21] Cisco, Beamforming Cisco  
[http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1130-ag-series/white\\_paper\\_c11-516389.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1130-ag-series/white_paper_c11-516389.html), fecha de consulta Julio 2014

[22] Supertel, Ley Especial de Telecomunicaciones reformada  
[http://controlenlinea.supertel.gob.ec/wps/wcm/connect/c2f1b652-50d3-41b4-8b87-f9419d672edf/ley\\_especial\\_telecomunicaciones\\_reformada.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=c2f1b652-50d3-41b4-8b87-f9419d672edf](http://controlenlinea.supertel.gob.ec/wps/wcm/connect/c2f1b652-50d3-41b4-8b87-f9419d672edf/ley_especial_telecomunicaciones_reformada.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=c2f1b652-50d3-41b4-8b87-f9419d672edf) , fecha de consulta Julio  
2014

[23] Conatel ,Resolución TEL-560-18-CONATATEL-2010,  
[http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/560\\_tel\\_18\\_conatel.pdf](http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/560_tel_18_conatel.pdf), fecha de consulta  
Julio 2014

[24] Wirelesslan Profesional, MCS: Index, <http://www.wlanpros.com/mcs-index-802-11n-802-11ac-chart/> , fecha de consulta Julio 2014

[25] INEC, Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC´S) 2013,  
[www.gob.inec.gob.ec](http://www.gob.inec.gob.ec) ,[www.ecuadorencifras.com](http://www.ecuadorencifras.com), fecha de consulta Octubre  
2014

[26]El Universo, Municipio se enfoca en hacer una ciudad digital, <http://www.eluniverso.com/noticias/2014/10/09/nota/4084606/municipio-se-enfoca-hacer-quayaquil-ciudad-digital>, fecha de consulta Noviembre 2014

[27] Netlife, Mapa de cobertura de Netlife, <http://www.netlife.ec/mapa-de-coberturas/>, fecha de consulta Noviembre 2014

[28] Ruckus, Hospot Services Ruckus, <http://c541678.r78.cf2.rackcdn.com/appnotes/appnote-wispr.pdf>, fecha de consulta Noviembre 2014

[29] Satcom Post, Desborde y Descarga Backhaul, <http://satcompost.com/desborde-y-descarga-backhaul-nacimiento-de-una-aplicacion-satcom-clave/>, fecha de consulta Noviembre 2014

[30] Aptilo, Aptilo Networks offloading, <http://www.aptilo.com/mobile-data-offloading/3gpp-wifi-access>, fecha de consulta Octubre 2014

[31]Comunicaciones Inalámbricas, WiFi offloading, <http://www.comunicacionesinalambricashoy.com/wireless/wifi-offload/>, fecha de consulta Noviembre 2014

[32] Ruckus, Wi-Fi más inteligente para Infraestructuras de Operadores Móviles, <http://c541678.r78.cf2.rackcdn.com/wp/wp-3g-offload-es.pdf>, fecha de consulta Noviembre 2014

- [33] Paper Ruckus, Interworking Wi-Fi and Mobile Networks, <http://c541678.r78.cf2.rackcdn.com/wp/wp-interworking-wi-fi-and-mobile-networks.pdf>, fecha de consulta Noviembre 2014
- [34] WSG Ruckus, <http://en.ruckuswireless.com/assets/pdfs/products/smartcell.pdf>, fecha de consulta Julio 2014
- [35] CISCO2901, <http://www.amazon.com/Cisco-CISCO2901-Series-Integrated-Services/dp/B0030E9EVE>, fecha de consulta Enero 2015
- [36] Cisco SG 300-20, <http://www.amazon.com/Cisco-SG-300-20-SRW2016-K9-NA-20-Port/dp/B0041ORN9M>, fecha de consulta Enero 2015
- [37] Ruckus Wireless ZoneFlex, <http://www.amazon.com/Ruckus-Wireless-ZoneFlex-Dual-Band-802-11n/dp/B00FX6ZLTQ> fecha de consulta Enero 2015
- [38] Catálogo de Precios, <http://www.kernelsoftware.com/products/catalog/ruckus.html> fecha de consulta Enero 2015
- [39] Inversión y Finanzas, <http://www.finanzas.com/noticias/empresas/20140707/gowex-diez-claves-para-2707591.html> fecha de consulta Enero 2015
- [40] Publicidad Digital, <http://grupo-performance.com> fecha de consulta Diciembre 2014
- [41] Estadísticas de partición de Mercado, <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/biblioteca/> fecha de consulta Enero 2015

[42] Cantón Guayaquil, [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/asi\\_esGuayaquil\\_cifra\\_a\\_cifra.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/asi_esGuayaquil_cifra_a_cifra.pdf) fecha de consulta Noviembre 2015

[43] Servicio Móvil, <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/biblioteca/> fecha de consulta Noviembre 2015