



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E SCIENTIA HOMINIS SALUS "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

***Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.***

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE UN BACKBONE INALÁMBRICO PARA UNA RED  
DE VOZ DATOS Y VIDEO EN BASE AL ESTÁNDAR IEEE 802.16  
(WiMAX) Y ACCESO DE ÚLTIMA MILLA CONSIDERANDO  
ASPECTOS DE CALIDAD DE SERVICIO PARA LA PROVINCIA  
DE GALÁPAGOS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**DIEGO FERNANDO BENÍTEZ RUANO**

**benodfbr@gmail.com**

**ANDREA MARCELA MARTÍNEZ MENDIETA**

**andremarcemartinez@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. CARLOS HERRERA**

**carlos.herrera@epn.edu.ec**

**Quito, Marzo 2013**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Diego Fernando Benítez Ruano, Andrea Marcela Martínez Mendieta, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

---

**Diego Fernando Benítez Ruano**

---

**Andrea Marcela Martínez Mendieta**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Fernando Benítez Ruano y Andrea Marcela Martínez Mendieta bajo mi supervisión.

---

**Ing. Carlos Herrera Muñoz**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## AGRADECIMIENTO

A lo largo de mi vida, he tenido la oportunidad de tener a mi lado a personas maravillosas, mi familia. Sin ustedes ninguno de mis sueños hubiera podido cumplirse. Gracias por siempre apoyarme, por su cariño y su confianza.

Clemen y Jorge, gracias por recibirme en su hogar y ser mi apoyo durante estos años de estudio. Gracias Clemen por todo el cariño.

También quisiera agradecer, a mi familia Politécnica. Gracias amigos por las amanecidas de estudio, los abrazos y el aliento, en cada etapa de la “Poli” siempre estuvimos juntos luchando para no morir en el intento. Gracias chicos, siempre tendré los mejores recuerdos de ustedes.

Un agradecimiento especial al CGREG y a la CNT. E.P, en especial al Ing. Fernando Solórzano por toda la información y apoyo que amablemente ofrecieron, durante el desarrollo de este proyecto.

Ing. Carlos Herrera, sin su apoyo y guía este proyecto no hubiera sido posible. Gracias por su preocupación y el inmenso interés que usted pone en la formación de sus alumnos.

Andrea Martínez Mendieta

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero al Big Boss, Dios quien me ha cuidado, guiado en el transcurso de mi vida y me ha colocado donde estoy.

A mis padres Carlos y Carmita por su constante apoyo, motivación, consejo quienes me dieron la educación para que siga adelante a través de este camino tan corto llamado vida.

A mis profesores, que han sabido inculcarme valores como la responsabilidad hacia mis estudios y de manera especial al Ing. Carlos Herrera por su ayuda constante en el desarrollo de este proyecto y a todas las personas que contribuyeron con la culminación exitosa del mismo.

Agradezco al Ing. Rodrigo Martínez y Lcda. Marcela Mendieta por haberme recibido en su casa en el momento que hubo la necesidad de desplazarnos hacia Galápagos.

A mi compañera de Tesis, Andrea, que con su paciencia, apoyo y consejo, me ha ayudado mucho, sobre todo gracias por darme otro punto de vista para ver los estudios y la vida.

Diego F. Benítez R.

## DEDICATORIA

Todo lo que hago y todo lo que soy, está dedicado a ustedes mi familia: Marcela, Rodrigo, Gaby y Adriano, porque sin ustedes me hubiera desanimado con el primer cero del prepo. A mis tías y tíos: Anita, Alfon, Marthi, Marquito, Pachi y Rusy, por todo el cariño y amor. A mis primos Marcia, Lore, Diego, Wady y Marlon, por ser los hermanos mayores que siempre me han hecho reír.

Pero sobre todo este trabajo, se lo dedico a quienes desde mi infancia estuvieron forjando mi educación: Mi Papi Monfi y Mi Mamita Martha, que aunque están en el cielo, siempre me acompañaran a cualquier lugar que vaya.

Andrea Martínez Mendieta

## DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Carlos, Carmita, mis hermanos Carlos, Carolina con el deseo de que ellos también continúen sus caminos y tomen las mejores decisiones para su vida.

A mi abuelita, Clara Auz, quien me ha apoyado desde que inicié mis estudios y ha estado pendiente día a día.

A mi Familia, Santi, Lore, Pachito, Gaby, Lilian, Martha, Tio Pepe, Sebas, Ramiro, quienes me han dado aliento para seguir.

A mis amigos, Israel, César quienes en el trayecto de mi vida, me brindaron consejos y compartieron conmigo experiencias de vida.

A todas las personas que siempre creyeron en mí desde que tengo uso de memoria y no fueron mencionadas pues el espacio es corto.

Una especial dedicatoria a personas que estuvieron conmigo y ahora no Hipólito Ruano, Vicente Benítez y Blanca Landeta, mis abuelos que donde quiera que se encuentren deben estar pendientes de cómo nos va a los que seguimos aquí.

Finalmente quiero dejar escrito un mensaje que llegó a mí en un regalo

Señor, haz de mi un instrumento de tu paz; que allá donde haya odio, yo ponga el amor; que allá donde haya ofensa, yo ponga el perdón; que allá donde haya discordia, yo ponga la unión; que allá donde haya error, yo ponga la verdad; que allá donde haya duda, yo ponga la Fe; que allá donde haya desesperación, yo ponga la esperanza; que allá donde haya tinieblas, yo ponga la luz; que allá donde haya tristeza, yo ponga la alegría.

Diego F. Benítez R.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DECLARACIÓN</b>	<b>II</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>XVI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>XIX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XXIV</b>
<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>XXVI</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS EN LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS Y DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO</b>	<b>1</b>
<b>1.1 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS</b>	<b>1</b>
<b>1.2 PROVINCIA DE GALÁPAGOS</b>	<b>2</b>
<b>1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS EN LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS</b>	<b>7</b>
1.3.1 ACCESO A LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC <sub>s</sub> ) EN LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS	7
1.3.2 EMPRESAS QUE BRINDAN SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES	9
1.3.2.1 Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P	10
1.3.2.2 Telefonía Celular	11
1.3.2.3 REDGAL	11

<b>1.4</b>	<b>REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE LA RED</b>	<b>12</b>
1.4.1	HABITANTES POR ISLA	12
1.4.1.1	Isla San Cristóbal	13
1.4.1.2	Isla Isabela	14
1.4.1.3	Isla Santa Cruz	16
1.4.1.4	Isla Baltra	17
1.4.1.5	Isla Floreana	18
1.4.2	ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE USUARIOS	19
1.4.3	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO	20

## **CAPÍTULO 2**

### **DISEÑO DE UN BACKBONE INALÁMBRICO EN BASE AL ESTÁNDAR IEEE 802.16 (WiMAX), Y ACCESO DE ÚLTIMA MILLA CON CRITERIOS DE CALIDAD DE SERVICIO EN VOZ, DATOS Y VIDEO PARA LAS ISLAS: BALTRA, FLOREANA, ISABELA, SAN CRISTÓBAL Y SANTA CRUZ**

23

<b>2.1</b>	<b>REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE ANCHO DE BANDA PARA GARANTIZAR QoS EN SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEO PARA EL DISEÑO DEL BACKBONE</b>	<b>24</b>
2.1.1	ANCHO DE BANDA	24
2.1.1.1	Ancho de Banda en Telecomunicaciones	24
2.1.1.2	Capacidad del Canal	25
2.1.2	ANCHO DE BANDA PARA GARANTIZAR QoS EN TRANSMISIÓN DE VOZ	26
2.1.2.1	Codificador-Decodificador (CÓDEC) para Compresión de Audio	26
2.1.2.1.1	Factor de Compresión	27
2.1.2.1.2	Tamaño de Trama	27
2.1.2.1.3	Longitud de Trama	27
2.1.2.2	Retardo	28
2.1.2.3	Cálculo de Ancho de Banda para VoIP	28
2.1.3	ANCHO DE BANDA PARA GARANTIZAR QoS EN TRANSMISIÓN DE VIDEO	34
2.1.4	ANCHO DE BANDA PARA GARANTIZAR QoS EN TRANSMISIÓN DE DATOS	35
2.1.5	CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA MÍNIMO PARA CADA USUARIO	35
2.1.6	DEMANDA DE ANCHO DE BANDA	36
<b>2.2</b>	<b>FRECUENCIAS DE USO PARA EL ESTÁNDAR IEEE 802.16</b>	<b>39</b>
2.2.1	FRECUENCIAS WiMAX CON LÍNEA DE VISTA (LINE OF SIGHT, LOS)	39
2.2.2	FRECUENCIAS WiMAX SIN LÍNEA DE VISTA (NON LINE OF SIGHT, NLOS)	40
<b>2.3</b>	<b>USO DE FRECUENCIAS Y POTENCIA DE TRANSMISIÓN EN ECUADOR</b>	<b>41</b>

<b>2.4</b>	<b>TOPOLOGÍAS DE USO EN WiMAX</b>	<b>44</b>
2.4.1	RED WiMAX CONEXIÓN PUNTO A MULTIPUNTO	44
2.4.2	RED WiMAX CONEXIÓN MALLA	44
<b>2.5</b>	<b>DEFINICIÓN DE FRECUENCIAS DE USO Y SELECCIÓN DE TOPOLOGÍA PARA LA CONEXIÓN ENTRE ISLAS Y ACCESO DE ÚLTIMA MILLA</b>	<b>44</b>
2.5.1	UBICACIÓN GEOREFERENCIADA DE TORRES EN LAS ISLAS	46
2.5.1.1	Santa Cruz	47
2.5.1.2	Baltra	50
2.5.1.3	Isabela	53
2.5.1.4	Floreana	55
2.5.1.5	San Cristóbal	58
2.5.2	ÁREAS GEOGRÁFICAS EN LAS QUE SE OFRECERÁ EL SERVICIO PARA LOS CLIENTES DE ÚLTIMA MILLA	60
2.5.2.1	Santa Cruz	61
2.5.2.2	Baltra	61
2.5.2.3	Isabela	62
2.5.2.4	Floreana	62
2.5.2.5	San Cristóbal	63
<b>2.6</b>	<b>CÁLCULOS TEÓRICOS PARA LOS RADIOENLACES</b>	<b>63</b>
2.6.1	CÁLCULO DE DISTANCIA PARA RADIOENLACES ENTRE ISLAS	65
2.6.2	DETERMINACIÓN DE LA RED PRINCIPAL Y RESPALDO PARA EL BACKBONE INALÁMBRICO	67
2.6.3	CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE (PATHLOSS) PARA LOS RADIOENLACES DE LA RED PRINCIPAL Y DE RESPALDO	67
2.6.4	PÉRDIDAS POR LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	69
2.6.5	PÉRDIDAS POR CONECTORES	69
2.6.6	CÁLCULO DE POTENCIAS PARA EL SISTEMA	70
2.6.6.1	Potencia de Recepción	70
2.6.6.2	Potencia de Transmisión	70
2.6.6.3	Ganancia de Transmisión	71
2.6.6.4	Pérdidas en el Transmisor	71
2.6.6.5	Cálculo de Potencia de Recepción	71
<b>2.7</b>	<b>APUNTAMIENTO DE ANTENAS PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE ISLAS</b>	<b>72</b>
2.7.1	ÁNGULO DE ELEVACIÓN DE LAS ANTENAS UBICADAS EN CADA ISLA	72
2.7.2	ÁNGULO DE APUNTAMIENTO DE LAS ANTENAS	73
2.7.3	ÁNGULO DE AZIMUT PARA LAS ANTENAS DE LOS RADIOENLACES	74

2.7.4	SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR (MARGEN UMBRAL)	75
2.7.5	RELACIÓN SEÑAL A RUIDO	76
2.7.6	INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA	76
2.7.7	CONFIABILIDAD DEL SISTEMA	77
2.7.8	MARGEN DE DESVANECIMIENTO	78
2.7.9	UBICACIÓN GEOREFERENCIADA DE CLIENTES ÚLTIMA MILLA	81
2.7.10	DISTANCIA DE CLIENTES PARA RADIOENLACES DE ÚLTIMA MILLA	82
2.7.11	PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE (PATHLOSS) DE CLIENTES DE ÚLTIMA MILLA	83
2.7.12	POTENCIA DE RECEPCIÓN CLIENTES ÚLTIMA MILLA	84
2.7.13	INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA PARA CLIENTES ÚLTIMA MILLA	85
2.7.14	CONFIABILIDAD DEL SISTEMA PARA CLIENTES DE ÚLTIMA MILLA	86
2.7.15	MARGEN DE DESVANECIMIENTO PARA CLIENTES ÚLTIMA MILLA	87
2.7.16	ZONA DE FRESNEL	88
<b>2.8</b>	<b>MULTIPLEXACIÓN</b>	<b>89</b>
2.8.1	OFDM	89
2.8.1.1	Modulación para OFDM	90
2.8.1.1.1	Modulación PSK (Phase Shift Keying)	90
2.8.1.1.2	Modulación BPSK	90
2.8.1.1.3	Modulación QPSK	90
2.8.1.1.4	Modulación en Amplitud por Cuadratura QAM	90
2.8.1.1.5	Modulación Adaptativa	91
2.8.2	SELECCIÓN DE MULTIPLEXACIÓN Y MODULACIÓN PARA EL DISEÑO BACKBONE	92
<b>2.9</b>	<b>SOFTWARE RADIO MOBILE</b>	<b>92</b>
<b>2.10</b>	<b>SIMULACIÓN PARA LA CONEXIÓN ENTRE ISLAS CON EL SOFTWARE RADIO MOBILE</b>	<b>92</b>
2.10.1	SELECCIÓN MAPA GALÁPAGOS	92
2.10.2	POSICIONAMIENTO DE ANTENAS USANDO RADIO MOBILE	94
2.10.3	PROPIEDADES DE LAS REDES	95
2.10.3.1	Parámetros	95
2.10.3.1.1	Nombre de la Red	96
2.10.3.1.2	Selección de Frecuencia	96
2.10.3.1.3	Modo Estadístico	96
2.10.3.1.4	Refractividad de la Superficie, Conductividad del Suelo, Permitividad relativa al suelo	97
2.10.3.2	Topología	98
2.10.3.3	Miembros	98

2.10.3.4	Sistemas	99
2.10.3.5	Estilo	102
2.10.4	SIMULACIÓN RED PRINCIPAL	102
2.10.5	CERRO CROCKER (SANTA CRUZ) – CERRO SAN JOAQUÍN (SAN CRISTÓBAL)	103
2.10.6	CERRO CROCKER (SANTA CRUZ) – FLOREANA (FLOREANA)	106
2.10.7	CERRO CROCKER (SANTA CRUZ) – CERRO EL CURA (ISABELA)	109
2.10.8	CERRO CROCKER (SANTA CRUZ) – BALTRA (BALTRA)	112
2.10.9	SIMULACIÓN RED DE RESPALDO O SECUNDARIA	116
2.10.10	CERRO SAN JOAQUÍN (SAN CRISTÓBAL) – FLOREANA (FLOREANA)	116
2.10.11	FLOREANA (FLOREANA) – CERRO EL CURA (ISABELA)	119
2.10.12	CERRO EL CURA (ISABELA) - BALTRA (BALTRA)	122
2.10.13	BALTRA (BALTRA) – CERRO SAN JOAQUÍN (SAN CRISTÓBAL)	124
<b>2.11</b>	<b>SIMULACIÓN DE CONEXIÓN DE ÚLTIMA MILLA CON RADIO MOBILE</b>	<b>126</b>
2.11.1	COBERTURA DE ANTENAS DE LAS ESTACIONES BASE	127
2.11.2	PROVINCIA DE GALÁPAGOS	127
2.11.2.1	Santa Cruz	128
2.11.2.2	San Cristóbal	128
2.11.2.3	Isabela	129
2.11.2.4	Baltra	129
2.11.2.5	Floreana	130
2.11.3	ENLACE ÚLTIMA MILLA SAN CRISTÓBAL	130
2.11.3.1	Radioenlace Cerro San Joaquín – Aeropuerto San Cristóbal	131
2.11.3.2	Radioenlace Cerro San Joaquín – Segunda Zona Naval	133
2.11.3.3	Radioenlace Cerro San Joaquín – Muelle De Pasajeros	135
2.11.3.4	Radioenlace Cerro San Joaquín – Playa Man	137
2.11.4	ENLACE ÚLTIMA MILLA FLOREANA	139
2.11.4.1	Radioenlace Floreana – Puerto Velasco Ibarra	139
2.11.4.2	Radioenlace Floreana – Escuela Amazonas	140
2.11.5	ENLACE ÚLTIMA MILLA ISABELA	141
2.11.5.1	Radioenlace Cerro El Cura – Hotel Casa Rosada	142
2.11.5.2	Radioenlace Cerro El Cura – Puerto Villamil	143
2.11.5.3	Radioenlace Cerro El Cura – Aeropuerto Isabela	145
2.11.5.4	Radioenlace Cerro El Cura – Municipio Isabela	146
2.11.6	ENLACE ÚLTIMA MILLA SANTA CRUZ	148
2.11.6.1	Radioenlace Cerro Crocker – Puerto Ayora	148
2.11.6.2	Radioenlace Cerro Crocker – Puerto Ayora Zona Norte	150
2.11.6.3	Radioenlace Cerro Crocker – Santa Rosa	151

2.11.7	ENLACE ÚLTIMA MILLA BALTRA	153
2.11.7.1	Radioenlace Baltra– Canal De Itabaca	153
2.11.7.2	Radioenlace Baltra– Aeropuerto	155
2.11.8	SIMULACIÓN DE RADIOENLACE DESDE SANTA CRUZ PARA CLIENTES EN BALTRA	156
2.11.8.1	Radioenlace Cerro Crocker – Canal De Itabaca	156
2.11.8.2	Radioenlace Cerro Crocker – Aeropuerto (Baltra)	158
<b>2.12</b>	<b>SELECCIÓN DE RADIOENLACES ENTRE ISLAS</b>	<b>160</b>
<b>2.13</b>	<b>SECTORIZACIÓN, REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS PARA EL DISEÑO DEL BACKBONE</b>	<b>161</b>
<b>2.14</b>	<b>CALIDAD DE SERVICIO (QoS)</b>	<b>164</b>
2.14.1	PARÁMETROS PARA OFRECER UNA BUENA CALIDAD DE SERVICIO	165
2.14.1.1	Disponibilidad	165
2.14.1.2	Confiabilidad	165
2.14.1.3	Ancho de banda	165
2.14.1.4	Retardo	165
2.14.1.5	Jitter o Fluctuación	165
2.14.2	CALIDAD DE SERVICIO EN WIMAX	167
2.14.2.1	Protocolo de Reserva de Recursos (RSVP, Resource reSerVation Protocol)	168
2.14.2.2	IntSERV (Servicios Integrados)	168
2.14.2.3	Desventajas de IntSERV y RSVP	168
2.14.2.4	DiffSERV (Servicios Diferenciados)	169
2.14.2.4.1	Servicio EF (Expedited Forwarding)	169
2.14.2.4.2	Servicio AF (Assured Forwarding)	169
2.14.2.4.3	Servicio Best Efford	169
2.14.2.5	DiffSERV con MPLS	169
2.14.3	SELECCIÓN DEL MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO PARA EL DISEÑO DEL BACKBONE	169
<b>2.15</b>	<b>SEGURIDAD EN REDES</b>	<b>170</b>
2.15.1	SEGURIDAD EN WIMAX	171
2.15.1.1	DES3 (Triple Estándar De Encriptación De Datos)	173
2.15.1.2	AES (Estándar Avanzado de Encripción)	173
2.15.1.3	Autenticación End to End	174
2.15.1.4	Servidores para Autenticación	174
2.15.2	SELECCIÓN DE SEGURIDAD PARA EL DISEÑO DEL BACKBONE	174
<b>2.16</b>	<b>INFRAESTRUCTURA JERÁRQUICA DEL BACKBONE</b>	<b>175</b>
2.16.1	MODELO JERÁRQUICO PARA EL BACKBONE	176

2.16.1.1	Capa Núcleo	176
2.16.1.2	Capa de Distribución	177
2.16.1.3	Capa de Acceso	178
2.16.2	RED DE CONEXIÓN ENTRE ISLAS Y CONEXIÓN DE ÚLTIMA MILLA	179
2.16.3	DIAGRAMA DEL DISEÑO DE LA RED	180
<b>2.17</b>	<b>REQUERIMIENTO DE EQUIPOS PARA LA RED</b>	<b>181</b>
2.17.1	RUTEADOR PRINCIPAL	181
2.17.2	RUTEADOR CONCENTRADOR DE ACCESO	182
2.17.3	CONMUTADORES O SWITCHES	183
2.17.4	CORTAFUEGOS	183
2.17.5	SERVIDORES	184
2.17.6	CONSOLA KVM (KEYBOARD/VGA/MOUSE) CON PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO, (LCD, LIQUID CRYSTAL DISPLAY), TECLADO Y TOUCHPAD	185
2.17.7	EQUIPO WiMAX	185
2.17.7.1	Estaciones Base (BTS)	185
2.17.7.2	Equipamiento de Cliente (CPE)	186
2.17.8	FUENTE DE PODER SIN INTERRUPCIÓN (UPS, UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY)	187
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y COSTOS.</b>	<b>189</b>
<b>3.1</b>	<b>COSTOS REFERENCIALES</b>	<b>189</b>
3.1.1	RUTEADOR PRINCIPAL	190
3.1.2	RUTEADOR CONCENTRADOR DE ACCESO	191
3.1.3	CONMUTADORES O SWITCHES	192
3.1.4	CORTAFUEGOS	193
3.1.5	SERVIDORES	194
3.1.6	CONSOLA KVM	195
3.1.7	RADIO BASE	196
3.1.8	EQUIPAMIENTO CLIENTE (CPE)	197
3.1.9	UPS	198
<b>3.2</b>	<b>SELECCIÓN DE EQUIPOS.</b>	<b>200</b>
<b>3.3</b>	<b>DIAGRAMA DE LA RED CON LOS EQUIPOS SELECCIONADOS.</b>	<b>202</b>
<b>3.4</b>	<b>PRESUPUESTO DE INVERSIÓN</b>	<b>203</b>
<b>3.5</b>	<b>INGRESOS ANUALES</b>	<b>206</b>

<b>3.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD</b>	<b>207</b>
3.6.1 FACTIBILIDAD FINANCIERA.	207
3.6.1.1 Flujo de Caja	208
3.6.1.2 Flujo de Efectivo	208
3.6.1.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)	208
3.6.1.4 Valor Presente Neto (VPN)	209
3.6.1.5 Índice de Rentabilidad (IR)	210
3.6.1.6 Tiempo de Recuperación (TR)	210
3.6.1.7 Resultados	211
<b>CAPITULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>212</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>220</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>229</b>

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1 DIVISIÓN POLÍTICA DE LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS.	3
TABLA 1.2 PORCENTAJE DE POBLACIONAL DE LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS (2001-2010).	4
TABLA 1.3 NÚMERO DE HABITANTES POR PARROQUIA (2001-2010).	5
TABLA 1.4 NÚMERO DE VISITANTES A LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS (2000-2011).	6
TABLA 1.5 ACCESO A LAS TICS DE LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS.	7
TABLA 1.6 ACCESO A LAS TICS POR CANTÓN DE LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS.	8
TABLA 1.7 EMPRESAS Y ORGANISMOS CON INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS.	10
TABLA 1.8 PUERTOS PARA INTERNET, CNT E.P.	11
TABLA 1.9 HABITANTES POR ISLA.	12
TABLA 1.10 NÚMERO APROXIMADO DE CUENTAS DE USUARIOS PARA LA RED.	19
TABLA 1.11 DISTANCIA ENTRE SANTA CRUZ Y LAS OTRAS ISLAS.	20
TABLA 1.12 DISTANCIA APROXIMADA PARA LOS RADIOENLACES DE LA RED SECUNDARIA.	21
TABLA 2.1 CÓDEC ESTANDARIZADOS POR UIT-T CON SU RESPECTIVA TASA DE TRANSMISIÓN (BIT RATE).	26
TABLA 2.2 CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA PARA VOIP PARA LOS CÓDEC MÁS UTILIZADOS.	30
TABLA 2.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA PROYECTADA A 5 AÑOS PARA CUENTAS DE INTERNET.	37
TABLA 2.4 PROYECCIÓN DE DEMANDA DE ANCHO DE BANDA PARA CLIENTES CORPORATIVOS.	37
TABLA 2.5 PROYECCIÓN DE ANCHO DE BANDA PARA CLIENTES RESIDENCIALES, SIN SERVICIOS COMPARTIDOS.	38
TABLA 2.6 PROYECCIÓN DE ANCHO DE BANDA PARA CLIENTES RESIDENCIALES, CON SERVICIOS COMPARTIDOS.	38
TABLA 2.7 PROYECCIÓN A 5 AÑOS DEL ANCHO DE BANDA TOTAL DE LA RED.	39
TABLA 2.8 ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS SENATEL.	41
TABLA 2.9 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA.	42
TABLA 2.10 LÍMITES DE EMISIONES NO DESEADAS EN LAS BANDAS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA 5150 – 5250 MHZ, 5250 – 5350 MHZ, 5470 – 5725 MHZ Y 5725 – 5850 MHZ.	43
TABLA 2.11 SIMBOLOGÍA PARA LAS FIGURAS.	45
TABLA 2.12 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA TORRE.	48
TABLA 2.13 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA TORRE.	51
TABLA 2.14 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS TORRE ISABELA.	54
TABLA 2.15 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA TORRE.	57
TABLA 2.16 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS TORRES.	59
TABLA 2.17 RADIOENLACES ENTRE ISLAS.	64
TABLA 2.18 DATOS LONGITUD, LATITUD, ALTURA PARA ENLACE SANTA CRUZ-SAN CRISTÓBAL.	65
TABLA 2.19 DISTANCIA PARA RADIOENLACES ENTRE ISLAS.	66
TABLA 2.20 RED PRINCIPAL.	67

TABLA 2.21 RED SECUNDARIA.	67
TABLA 2.22 PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE, RADIOENLACES RED PRINCIPAL.	68
TABLA 2.23 PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE, RADIOENLACES RED SECUNDARIA.	68
TABLA 2.24 ALTURA Y TIPO DE TORRE EN CADA ISLA.	69
TABLA 2.25 PÉRDIDA POR LÍNEAS DE TRANSMISIÓN EN DB.	69
TABLA 2.26 PÉRDIDA TOTAL EN CADA NODO.	71
TABLA 2.27 RESULTADO CÁLCULO DE POTENCIA DE RECEPCIÓN PARA LA RED PRINCIPAL.	72
TABLA 2.28 RESULTADO CÁLCULO DE POTENCIA DE RECEPCIÓN PARA LA RED DE RESPALDO.	72
TABLA 2.29 ÁNGULO DE ELEVACIÓN DE ANTENAS PARA CONEXIÓN ENTRE ISLAS.	73
TABLA 2.30 ÁNGULO DE APUNTAMIENTO DE ANTENAS PARA CONEXIÓN ENTRE ISLAS.	74
TABLA 2.31 AZIMUT DE ANTENAS PARA CONEXIÓN ENTRE ISLAS.	75
TABLA 2.32 INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE RADIOENLACES RED PRINCIPAL Y DE RESPALDO.	77
TABLA 2.33 CONFIABILIDAD EN RADIOENLACES RED PRINCIPAL Y RESPALDO.	78
TABLA 2.34 MARGEN DE DESVANECIMIENTO RADIOENLACES RED PRINCIPAL Y RESPALDO.	80
TABLA 2.35 UBICACIÓN GEOREFERENCIADA DE CLIENTES ÚLTIMA MILLA POR ISLA.	81
TABLA 2.36 DATOS LONGITUD, LATITUD, ALTURA PARA ENLACE CERRO SAN JOAQUÍN – AEROPUERTO.	82
TABLA 2.37 DISTANCIA ENTRE ANTENA PRINCIPAL EN CADA ISLA Y USUARIOS ÚLTIMA MILLA.	83
TABLA 2.38 PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE CONEXIÓN ÚLTIMA MILLA.	84
TABLA 2.39 POTENCIA DE RECEPCIÓN PARA CADA USUARIO DE ÚLTIMA MILLA EN CADA ISLA.	85
TABLA 2.40 INDISPONIBILIDAD DE RADIOENLACES DE CLIENTES ÚLTIMA MILLA EN CADA ISLA.	86
TABLA 2.41 CONFIABILIDAD DE ENLACES DE CLIENTES ÚLTIMA MILLA EN CADA ISLA.	87
TABLA 2.42 MARGEN DE DESVANECIMIENTO DE CLIENTES ÚLTIMA MILLA EN CADA ISLA.	88
TABLA 2.43 TASA DE DATOS EN FUNCIÓN DE LA MODULACIÓN.	91
TABLA 2.44 SECTORES POR ISLA.	162
TABLA 2.45 CANALES DE FRECUENCIA.	162
TABLA 2.46 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS PARA ENLACES DE LA RED PRINCIPAL Y DE RESPALDO.	163
TABLA 2.47 CONDICIONES DE RED PARA APLICACIONES.	166
TABLA 2.48 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE QOS EN UNA RED.	166
TABLA 2.49 ESTRUCTURA DE RED WIMAX.	172
TABLA 2.50 COMPARACIÓN ENTRE PROTOCOLOS DE GATEWAY INTERIOR DINÁMICOS.	177
TABLA 2.51 POTENCIA DEL UPS DE LA CENTRAL.	187
TABLA 2.52 POTENCIA DEL UPS DE UN NODO.	188
TABLA 3.1 COSTOS REFERENCIALES RUTEADOR PRINCIPAL	190
TABLA 3.2 COSTOS REFERENCIALES DE RUTEADORES CONCENTRADORES	191
TABLA 3.3 COSTOS REFERENCIALES RUTEADOR PRINCIPAL	192
TABLA 3.4 COSTOS REFERENCIALES RUTEADOR PRINCIPAL	193
TABLA 3.5 COSTOS REFERENCIALES SERVIDORES	194

TABLA 3.6 COSTOS REFERENCIALES CONSOLA KVM	195
TABLA 3.7 COSTOS REFERENCIALES RADIO BASE	196
TABLA 3.8 COSTOS REFERENCIALES EQUIPAMIENTO CLIENTE.	197
TABLA 3.9 COSTOS REFERENCIALES PARA EL UPS DE LA CENTRAL.	198
TABLA 3.10 COSTOS REFERENCIALES DEL UPS PARA LOS NODOS.	199
TABLA 3.11 SELECCIÓN DE EQUIPOS	200
TABLA 3.12 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.	203
TABLA 3.13 PROYECCIÓN DE LA INFLACIÓN	204
TABLA 3.14 INVERSIÓN POR AÑO	205
TABLA 3.15 INGRESOS ANUALES ESPERADOS	206
TABLA 3.16 FLUJO DE CAJA	208
TABLA 3.17 FLUJO DE EFECTIVO.	208

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 PROVINCIA DE GALÁPAGOS.	2
FIGURA 1.2 DIVISIÓN POLÍTICA DE LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS.	3
FIGURA 1.3 HABITANTES POR CANTÓN (2001-2010).	5
FIGURA 1.4 NÚMERO DE VISITANTES A LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS (2000-2011).	6
FIGURA 1.5 PORCENTAJE DE ACCESO A LAS TICS DE LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS.	8
FIGURA 1.6 PORCENTAJE DE ACCESO A LAS TICS POR CANTÓN DE LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS.	9
FIGURA 1.7 PORCENTAJE DE HABITANTES POR ISLA.	13
FIGURA 1.8 ISLA SAN CRISTÓBAL: 1 PUERTO BAQUERIZO MORENO, 2 EL PROGRESO, 3 RECINTO CERRO VERDE.	14
FIGURA 1.9 ISLA ISABELA: 1 PUERTO VILLAMIL, 2 TOMAS DE BERLANGA.	15
FIGURA 1.10 ISLA SANTA CRUZ: 1 PUERTO AYORA, 2 BELLAVISTA Y 3 SANTA ROSA.	16
FIGURA 1.11 ISLA BALTRA.	17
FIGURA 1.12 ISLA FLOREANA, 1 PUERTO VELASCO IBARRA, 2 ZONA AGRÍCOLA.	18
FIGURA 1.13 PORCENTAJE TOTAL APROXIMADO DE USUARIOS.	20
FIGURA 2.1 RADIOENLACE PARA PROVINCIA DE GALÁPAGOS.	23
FIGURA 2.2 CALCULADORA DE ANCHO DE BANDA.	32
FIGURA 2.3 RESULTADOS PROPORCIONADOS POR EL SOFTWARE.	33
FIGURA 2.4 DISTRIBUCIÓN DE TORRES DE COMUNICACIONES EN LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS.	45
FIGURA 2.5 PERFIL TOPOGRÁFICO, ISLA SANTA CRUZ.	47
FIGURA 2.6 PERFIL DE LA ISLA SANTA CRUZ.	47
FIGURA 2.7 TORRE CERRO CROCKER Y CERRO LA VERTIENTE.	48
FIGURA 2.8 UBICACIÓN DE TORRES EN EL CERRO DE LA VERTIENTE.	49
FIGURA 2.9 FOTOGRAFÍA DE LAS TORRES EN EL CERRO DE LA VERTIENTE.	49
FIGURA 2.10 PERFIL DE LA ISLA BALTRA.	50
FIGURA 2.11 CANAL DE ITABACA.	50
FIGURA 2.12 TORRE AEROPUERTO.	51
FIGURA 2.13 FOTOGRAFÍA DE LA TORRE AEROPUERTO PERTENECIENTE AL CGREG.	52
FIGURA 2.14 FOTOGRAFÍA DEL MÁSTIL AEROPUERTO PERTENECIENTE A LA CNT EP.	52
FIGURA 2.15 PERFIL DE ISABELA.	53
FIGURA 2.16 PERFIL DE ISABELA, VISTO DESDE EL MURO DE LAS LÁGRIMAS.	53
FIGURA 2.17 TORRES EN ISABELA.	54
FIGURA 2.18 UBICACIÓN DEL MÁSTIL EN EL CERRO EL CURA.	54
FIGURA 2.19 UBICACIÓN DE LA TORRE DE LA ESPERANZA, PARROQUIA SANTO TOMÁS.	55
FIGURA 2.20 PERFIL DE FLOREANA.	55
FIGURA 2.21 PERFIL DE LA ISLA FLOREANA, VISTO DESDE LA LOBERÍA.	56
FIGURA 2.22 TORRE FLOREANA.	56

FIGURA 2.23 TORRE EN PUERTO VELASCO IBARRA (FLOREANA).	57
FIGURA 2.24 PERFIL DE LA ISLA SAN CRISTÓBAL.	58
FIGURA 2.25 PERFIL DEL CERRO SAN JOAQUÍN.	58
FIGURA 2.26 TORRES SAN CRISTÓBAL.	59
FIGURA 2.27 FOTOGRAFÍA DEL CERRO DEL NIÑO.	60
FIGURA 2.28 FOTOGRAFÍA DEL CERRO SAN JOAQUÍN.	60
FIGURA 2.29 ÁREA EN LA QUE SE OFRECERÁ EL SERVICIO EN PUERTO AYORA.	61
FIGURA 2.30 ÁREA EN LA QUE SE OFRECERÁ EL SERVICIO EN BALTRA.	61
FIGURA 2.31 ÁREA EN LA QUE SE OFRECERÁ EL SERVICIO EN PUERTO VILLAMIL.	62
FIGURA 2.32 ÁREA EN LA QUE SE OFRECERÁ EL SERVICIO PUERTO VELASCO IBARRA.	62
FIGURA 2.33 ÁREA EN LA QUE SE OFRECERÁ EL SERVICIO PUERTO BAQUERIZO MORENO.	63
FIGURA 2.34 RADIOENLACE PARA PROVINCIA DE GALÁPAGOS.	63
FIGURA 2.35 MODULACIÓN ADAPTATIVA.	91
FIGURA 2.36 CUADRO DE DIÁLOGO, REQUERIMIENTOS DE PROPIEDADES DE MAPA.	93
FIGURA 2.37 MAPA PROVINCIA DE GALÁPAGOS.	93
FIGURA 2.38 CUADRO DE DIÁLOGO PARA POSICIONAMIENTO DE ANTENAS.	94
FIGURA 2.39 MAPA PROVINCIA DE GALÁPAGOS CON ANTENAS POSICIONADAS.	94
FIGURA 2.40 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES.	95
FIGURA 2.41 CUADRO DIÁLOGO, PARÁMETROS.	95
FIGURA 2.42 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, PARÁMETROS, SECCIÓN NOMBRE RED.	96
FIGURA 2.43 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, PARÁMETROS, SECCIÓN FRECUENCIA.	96
FIGURA 2.44 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, PARÁMETROS, SECCIÓN MODO ESTADÍSTICO.	96
FIGURA 2.45 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, PARÁMETROS, SECCIÓN CLIMA, REFRACTIVIDAD, CONDUCTIVIDAD, PERMITIVIDAD.	97
FIGURA 2.46 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, TOPOLOGÍA.	98
FIGURA 2.47 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, MIEMBROS, RED PRINCIPAL.	98
FIGURA 2.48 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, MIEMBROS, RED SECUNDARIA.	99
FIGURA 2.49 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, SISTEMAS, SANTA CRUZ.	99
FIGURA 2.50 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, SISTEMAS, SAN CRISTÓBAL.	100
FIGURA 2.51 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, SISTEMAS, ISABELA.	100
FIGURA 2.52 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, SISTEMAS, BALTRA.	101
FIGURA 2.53 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, SISTEMAS, FLOREANA.	101
FIGURA 2.54 CUADRO DIÁLOGO, PROPIEDADES DE LAS REDES, ESTILO.	102
FIGURA 2.55 SIMULACIÓN MAPA PROVINCIA DE GALÁPAGOS, RED PRINCIPAL.	102
FIGURA 2.56 RADIOENLACE CERRO CROCKER – CERRO SAN JOAQUÍN.	103
FIGURA 2.57 RADIOENLACE CERRO CROCKER – CERRO SAN JOAQUÍN.	104

FIGURA 2.58 LÍNEA DE VISTA CERRO CROCKER HACIA CERRO SAN JOAQUÍN.	104
FIGURA 2.59 LÍNEA DE VISTA CERRO SAN JOAQUÍN HACIA CERRO CROCKER.	105
FIGURA 2.60 PERFIL TOPOGRÁFICO ENTRE CERRO SAN JOAQUÍN (SAN CRISTÓBAL) Y EL CERRO CROCKER (SANTA CRUZ).	105
FIGURA 2.61 RADIOENLACE CERRO CROCKER – FLOREANA.	106
FIGURA 2.62 RADIOENLACE CERRO CROCKER – FLOREANA.	106
FIGURA 2.63 LÍNEA DE VISTA CERRO CROCKER HACIA FLOREANA.	107
FIGURA 2.64 LÍNEA DE VISTA FLOREANA HACIA CERRO CROCKER.	107
FIGURA 2.65 OBSTRUCCIÓN LÍNEA DE VISTA POR OBSTÁCULO EN RADIOENLACE CERRO CROCKER – FLOREANA.	108
FIGURA 2.66 RADIOENLACE CERRO CROCKER – CERRO EL CURA.	109
FIGURA 2.67 RADIOENLACE CERRO EL CURA – CERRO CROCKER.	110
FIGURA 2.68 LÍNEA DE VISTA CERRO CROCKER HACIA CERRO EL CURA.	110
FIGURA 2.69 LÍNEA DE VISTA CERRO EL CURA HACIA CERRO CROCKER.	110
FIGURA 2.70 PERFIL TOPOGRÁFICO ENTRE EL CERRO CROCKER (SANTA CRUZ) Y EL CURA (ISABELA).	112
FIGURA 2.71 RADIOENLACE CERRO CROCKER – BALTRA.	112
FIGURA 2.72 RADIOENLACE CERRO CROCKER – BALTRA.	113
FIGURA 2.73 LÍNEA DE VISTA CERRO CROCKER HACIA BALTRA.	113
FIGURA 2.74 LÍNEA DE VISTA BALTRA HACIA CERRO CROCKER.	114
FIGURA 2.75 PERFIL TOPOGRÁFICO ENTRE BALTRA Y CERRO CROCKER (SANTA CRUZ).	115
FIGURA 2.76 SIMULACIÓN MAPA PROVINCIA DE GALÁPAGOS, RED SECUNDARIA.	116
FIGURA 2.77 RADIOENLACE CERRO SAN JOAQUÍN – FLOREANA.	116
FIGURA 2.78 RADIOENLACE CERRO SAN JOAQUÍN – FLOREANA.	117
FIGURA 2.79 LÍNEA DE VISTA DESDE CERRO SAN JOAQUÍN – FLOREANA.	117
FIGURA 2.80 OBSTRUCCIÓN, LÍNEA DE VISTA DESDE FLOREANA HACIA CERRO SAN JOAQUÍN.	118
FIGURA 2.81 RADIOENLACE FLOREANA – CERRO EL CURA.	119
FIGURA 2.82 RADIOENLACE CERRO EL CURA – FLOREANA.	120
FIGURA 2.83 LÍNEA DE VISTA DESDE CERRO EL CURA HACIA FLOREANA.	120
FIGURA 2.84 LÍNEA DE VISTA DESDE FLOREANA HACIA CERRO EL CURA.	121
FIGURA 2.85 PERFIL TOPOGRÁFICO ENTRE CERRO EL CURA (ISABELA) Y FLOREANA.	121
FIGURA 2.86 RADIOENLACE CERRO EL CURA – BALTRA.	122
FIGURA 2.87 RADIOENLACE CERRO EL CURA – BALTRA.	122
FIGURA 2.88 LÍNEA DE VISTA DESDE CERRO EL CURA HACIA BALTRA.	123
FIGURA 2.89 LÍNEA DE VISTA DESDE BALTRA HACIA CERRO EL CURA.	123
FIGURA 2.90 PERFIL TOPOGRÁFICO ENTRE EL CURA (ISABELA) Y BALTRA.	124
FIGURA 2.91 RADIOENLACE BALTRA – CERRO SAN JOAQUÍN.	124
FIGURA 2.92 RADIOENLACE BALTRA - CERRO SAN JOAQUÍN.	125

FIGURA 2.93 LÍNEA DE VISTA CERRO SAN JOAQUÍN HACIA BALTRA.	125
FIGURA 2.94 LÍNEA DE VISTA BALTRA HACIA CERRO SAN JOAQUÍN.	126
FIGURA 2.95 PERFIL TOPOGRÁFICO ENTRE EL CERRO SAN JOAQUÍN Y BALTRA.	126
FIGURA 2.96 COBERTURA BTS EN LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS.	127
FIGURA 2.97 COBERTURA BTS EN LA ISLA SANTA CRUZ.	128
FIGURA 2.98 COBERTURA BTS EN LA ISLA SAN CRISTÓBAL.	128
FIGURA 2.99 COBERTURA BTS EN LA ISLA ISABELA.	129
FIGURA 2.100 COBERTURA EN LA ISLA BALTRA.	129
FIGURA 2.101 COBERTURA BTS EN LA ISLA FLOREANA.	130
FIGURA 2.102 UBICACIÓN DE CLIENTES ENLACE ÚLTIMA MILLA SAN CRISTÓBAL.	130
FIGURA 2.103 RADIOENLACE CERRO SAN JOAQUÍN – AEROPUERTO.	131
FIGURA 2.104 RADIOENLACE CERRO SAN JOAQUÍN – AEROPUERTO.	131
FIGURA 2.105 LÍNEA DE VISTA CERRO SAN JOAQUÍN HACIA AEROPUERTO.	132
FIGURA 2.106 LÍNEA DE VISTA AEROPUERTO HACIA CERRO SAN JOAQUÍN.	132
FIGURA 2.107 RADIOENLACE CERRO SAN JOAQUÍN – SEGUNDA ZONA NAVAL.	133
FIGURA 2.108 RADIOENLACE CERRO SAN JOAQUÍN – SEGUNDA ZONA NAVAL.	133
FIGURA 2.109 LÍNEA DE VISTA CERRO SAN JOAQUÍN HACIA SEGUNDA ZONA NAVAL.	134
FIGURA 2.110 LÍNEA DE VISTA SEGUNDA ZONA NAVAL HACIA CERRO SAN JOAQUÍN.	134
FIGURA 2.111 RADIOENLACE CERRO SAN JOAQUÍN – MUELLE DE PASAJEROS.	135
FIGURA 2.112 RADIOENLACE CERRO SAN JOAQUÍN – MUELLE DE PASAJEROS.	135
FIGURA 2.113 LÍNEA DE VISTA CERRO SAN JOAQUÍN HACIA MUELLE DE PASAJEROS.	136
FIGURA 2.114 LÍNEA DE VISTA MUELLE DE PASAJEROS HACIA CERRO SAN JOAQUÍN.	136
FIGURA 2.115 RADIOENLACE CERRO SAN JOAQUÍN – PLAYA MAN.	137
FIGURA 2.116 RADIOENLACE CERRO SAN JOAQUIN – PLAYA MAN.	137
FIGURA 2.117 LÍNEA DE VISTA CERRO SAN JOAQUÍN HACIA PLAYA MAN.	138
FIGURA 2.118 LÍNEA DE VISTA PLAYA MAN HACIA CERRO SAN JOAQUÍN.	138
FIGURA 2.119 UBICACIÓN DE CLIENTES ENLACE ÚLTIMA MILLA FLOREANA.	139
FIGURA 2.120 RADIOENLACE FLOREANA – PUERTO VELASCO IBARRA.	139
FIGURA 2.121 RADIOENLACE FLOREANA – PUERTO VELASCO IBARRA.	140
FIGURA 2.122 RADIOENLACE FLOREANA – ESCUELA FLOREANA.	140
FIGURA 2.123 .RADIOENLACE FLOREANA – PUERTO VELASCO IBARRA.	141
FIGURA 2.124 UBICACIÓN DE CLIENTES ENLACE ÚLTIMA MILLA ISABELA.	141
FIGURA 2.125 RADIOENLACE CERRO EL CURA – HOTEL CASA ROSADA.	142
FIGURA 2.126 RADIOENLACE CERRO EL CURA – HOTEL CASA ROSADA	142
FIGURA 2.127 LÍNEA DE VISTA CERRO EL CURA HACIA HOTEL CASA ROSADA	143
FIGURA 2.128 RADIOENLACE CERRO EL CURA – PUERTO VILLAMIL.	143
FIGURA 2.129 RADIOENLACE CERRO EL CURA – PUERTO VILLAMIL.	144

FIGURA 2.130 LÍNEA DE VISTA CERRO EL CURA HACIA PUERTO VILLAMIL.	144
FIGURA 2.131 RADIOENLACE CERRO EL CURA – AEROPUERTO ISABELA.	145
FIGURA 2.132 RADIOENLACE CERRO EL CURA – AEROPUERTO ISABELA.	145
FIGURA 2.133 LÍNEA DE VISTA CERRO EL CURA HACIA AEROPUERTO ISABELA.	146
FIGURA 2.134 RADIOENLACE CERRO EL CURA – MUNICIPIO ISABELA.	146
FIGURA 2.135 RADIOENLACE CERRO EL CURA – MUNICIPIO ISABELA.	147
FIGURA 2.136 LÍNEA DE VISTA CERRO EL CURA HACIA MUNICIPIO ISABELA.	147
FIGURA 2.137 UBICACIÓN DE CLIENTES ENLACE ÚLTIMA MILLA SANTA CRUZ.	148
FIGURA 2.138 RADIOENLACE CERRO CROCKER – PUERTO AYORA.	148
FIGURA 2.139 RADIOENLACE CERRO CROCKER – PUERTO AYORA.	149
FIGURA 2.140 LÍNEA DE VISTA CERRO CROCKER HACIA PUERTO AYORA.	149
FIGURA 2.141 RADIOENLACE CERRO CROCKER – PUERTO AYORA ZONA NORTE.	150
FIGURA 2.142 RADIOENLACE CERRO CROCKER – PUERTO AYORA ZONA NORTE.	150
FIGURA 2.143 RADIOENLACE CERRO CROCKER – PUERTO AYORA ZONA NORTE.	151
FIGURA 2.144 RADIOENLACE CERRO CROCKER – SANTA ROSA.	151
FIGURA 2.145 RADIOENLACE CERRO CROCKER – SANTA ROSA.	152
FIGURA 2.146 LÍNEA DE VISTA CERRO CROCKER HACIA SANTA ROSA.	152
FIGURA 2.147 UBICACIÓN DE CLIENTES ENLACE ÚLTIMA MILLA BALTRA.	153
FIGURA 2.148 RADIOENLACE BALTRA – CANAL DE ITABACA.	153
FIGURA 2.149 RADIOENLACE BALTRA – CANAL DE ITABACA.	154
FIGURA 2.150 LÍNEA DE VISTA BALTRA HACIA CANAL DE ITABACA.	154
FIGURA 2.151 RADIOENLACE BALTRA – AEROPUERTO BALTRA.	155
FIGURA 2.152 RADIOENLACE BALTRA – AEROPUERTO BALTRA.	155
FIGURA 2.153 UBICACIÓN DE CLIENTES ENLACE ÚLTIMA MILLA BALTRA, ANTENA CERRO CROCKER.	156
FIGURA 2.154 RADIOENLACE CERRO CROCKER – CANAL DE ITABACA BALTRA.	156
FIGURA 2.155 RADIOENLACE CERRO CROCKER – CANAL DE ITABACA BALTRA.	157
FIGURA 2.156 LÍNEA DE VISTA CERRO CROCKER HACIA CANAL DE ITABACA BALTRA.	157
FIGURA 2.157 RADIOENLACE CERRO CROCKER – AEROPUERTO BALTRA.	158
FIGURA 2.158 RADIOENLACE CERRO CROCKER – AEROPUERTO BALTRA.	158
FIGURA 2.159 LÍNEA DE VISTA CERRO CROCKER HACIA AEROPUERTO BALTRA.	159
FIGURA 2.160 RADIOENLACE PARA LA PRINCIPAL Y SECUNDARIA.	160
FIGURA 2.161 FUNCIONAMIENTO AES EN BLOQUES.	173
FIGURA 2.162 MODELO JERÁRQUICO CISCO.	176
FIGURA 2.163 DIAGRAMA DEL DISEÑO DE LA RED.	180
FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE LA RED, CON LOS EQUIPOS SELECCIONADOS.	202

## RESUMEN

El proyecto de titulación “Diseño de un Backbone Inalámbrico para una red de voz, datos y video en base al estándar IEEE 802.16 (WiMAX) y acceso de última milla considerando aspectos de calidad de servicio para la Provincia de Galápagos”. Está compuesto de cuatro capítulos:

En el primer capítulo, se presenta un estudio general de la situación actual de las comunicaciones inalámbricas en la Provincia de Galápagos, así como de la organización geopolítica de las islas.

Se expone una lista de proveedores para servicios de telecomunicaciones, más importantes en la Provincia, al igual que las características de sus redes.

Se analiza el número de cuentas de usuarios esperadas para la red y se presentan los requerimientos técnicos para el diseño, en ellos se incluye: el número de usuarios, la distancia para los enlaces, la topología de la red, entre otros.

El segundo capítulo comprende el diseño de la red, se presenta el diagrama de los radioenlaces entre las islas. Se calcula el ancho de banda necesario para el funcionamiento de la red, analizando las necesidades de los usuarios residenciales y corporativos.

Se expone la selección de las torres adecuadas para los radioenlaces, se indica su posición georeferenciada, así como fotografías de su ubicación e infraestructura. También se realizan los cálculos teóricos necesarios, para la configuración de los radioenlaces. Los mismos que fueron simulados utilizando el Software Radio Mobile, que sirvió para comprobar los cálculos teóricos, analizar la línea de vista y las zonas de Fresnel.

En este capítulo, se determinó los modelos: Jerárquico, de QoS y Seguridad para el diseño del Backbone. Finalmente, se presentó los requerimientos técnicos para cada uno de los equipos necesarios para el diseño de la red, cumpliendo con los requerimientos de QoS, seguridades, etc.

En el tercer capítulo, se presenta el estudio de factibilidad del proyecto. También se expone la selección de equipos, en base al análisis de costos referenciales y al cumplimiento de las características técnicas de la red. Finalmente se determinó la factibilidad del proyecto en base a los aspectos: Técnicos, Financieros y de Mercado. Confirmando la viabilidad del proyecto.

En el capítulo cuatro, se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

## PRESENTACIÓN

Galápagos, es una de las Provincias más hermosas que tiene el Ecuador. Se encuentra conformada por 19 islas, 47 islotes y varias rocas de origen volcánico. De estas islas, únicamente 5 se encuentran habitadas: San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela, Floreana y Baltra.

Adicionalmente, esta Provincia es uno de los atractivos naturales más destacados en el mundo, por su condición de Patrimonio Natural de la Humanidad y por la Teoría de la Evolución desarrollada por Charles Darwin.

Lamentablemente, no cuenta con servicios de Internet de calidad, que permitan a los usuarios una conexión rápida y eficiente. Una de las posibles opciones, para optimizar el acceso a Internet en Galápagos, es el diseño de una red basada en el estándar de comunicaciones inalámbricas conocido como WiMAX. Este estándar permite la conexión a grandes velocidades, garantizando Calidad de Servicio y zonas de cobertura de varios kilómetros.

Es precisamente por esta razón, que WiMAX representa una solución a los problemas de acceso a Internet en las islas. Pues estas se encuentran separadas entre sí, por varios Kilómetros. En los cuales resulta imposible la construcción de una infraestructura de red cableada.

Es por ello que el presente proyecto, tiene como objetivo principal: el Diseño de un Backbone Inalámbrico para una red de voz, datos y video en base al estándar IEEE 802.16 (WiMAX) y acceso de última milla considerando aspectos de calidad de servicio para la Provincia de Galápagos. El mismo que ofrecerá una solución óptima para el acceso a Internet, que satisfaga las necesidades de Calidad de Servicio y Calidad de la experiencia de los usuarios.

## **CAPÍTULO 1**

# **ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS EN LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS Y DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO**

### **1.1 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS**

La comunicación inalámbrica, es aquella que no usa medios físicos. Es decir no utiliza un medio guiado, para transmitir la información entre dos o más dispositivos, separados por áreas geográficas extensas. Imposibilitando el uso de un medio guiado o en su defecto encareciendo considerablemente el costo de implementación del proyecto. Pero la comunicación inalámbrica, también puede ser utilizada en áreas pequeñas. Actualmente este tipo de comunicación está en auge, debido a las posibilidades y comodidades que brinda. Facilitando a los usuarios comunicarse a través de diferentes aplicaciones inalámbricas.

La oferta es variada, pues se puede transferir archivos a muy corta distancia, como en la tecnología Bluetooth e incluso acceder a Internet desde cualquier lugar usando tecnología; WiFi, WiMAX o contratando un plan de datos a un proveedor de telefonía celular.

Las ventajas son muchas, pues no es necesaria la instalación de cableado de cobre, para adecuar un terminal de trabajo.

Para las comunicaciones inalámbricas, se utilizan señales de radio frecuencia que pertenecen al espectro radioeléctrico. En éste existen regiones, en las cuales su utilización necesita contar con permiso o licencia, mientras que en otras no es necesario.

La utilización del espectro, se encuentra regulada de acuerdo con las leyes vigentes en cada uno de los países, en los que se implementa este tipo de comunicaciones.

## 1.2 PROVINCIA DE GALÁPAGOS

En la Figura 1.1, se muestra una foto satelital de la Provincia de Galápagos.



Figura 1.1 Provincia de Galápagos<sup>1</sup>.

La Provincia de Galápagos se encuentra conformada por: 19 islas, 47 islotes y al menos, 26 rocas de origen volcánico. Se encuentra ubicada a 960 Km. del Ecuador Continental y situada en el Océano Pacífico. Cuenta con una superficie terrestre total de 7,970 Km.<sup>2</sup>, de las cuales el 96.7% (7,610 Km.<sup>2</sup>) constituyen Parque Nacional y el 3.3% restante (260 Km.<sup>2</sup>), se encuentra destinado para el área urbana y agrícola en las islas: San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela y Floreana<sup>2</sup>.

La división política de la Provincia, se encuentra conformada por tres cantones: el Cantón San Cristóbal cuya capital cantonal y Provincial es Puerto Baquerizo Moreno, Cantón Santa Cruz capital cantonal Puerto Ayora, Cantón Isabela capital cantonal Puerto Villamil.

<sup>1</sup> Google Earth

<sup>2</sup> SENPLADES (2010), Régimen Especial Galápagos: Agenda Para el Buen Vivir Propuestas para el desarrollo y lineamientos para el ordenamiento territorial, Quito Ecuador, Pág. 6.

En la Figura 1.2, se observa la división política de la Provincia de Galápagos.

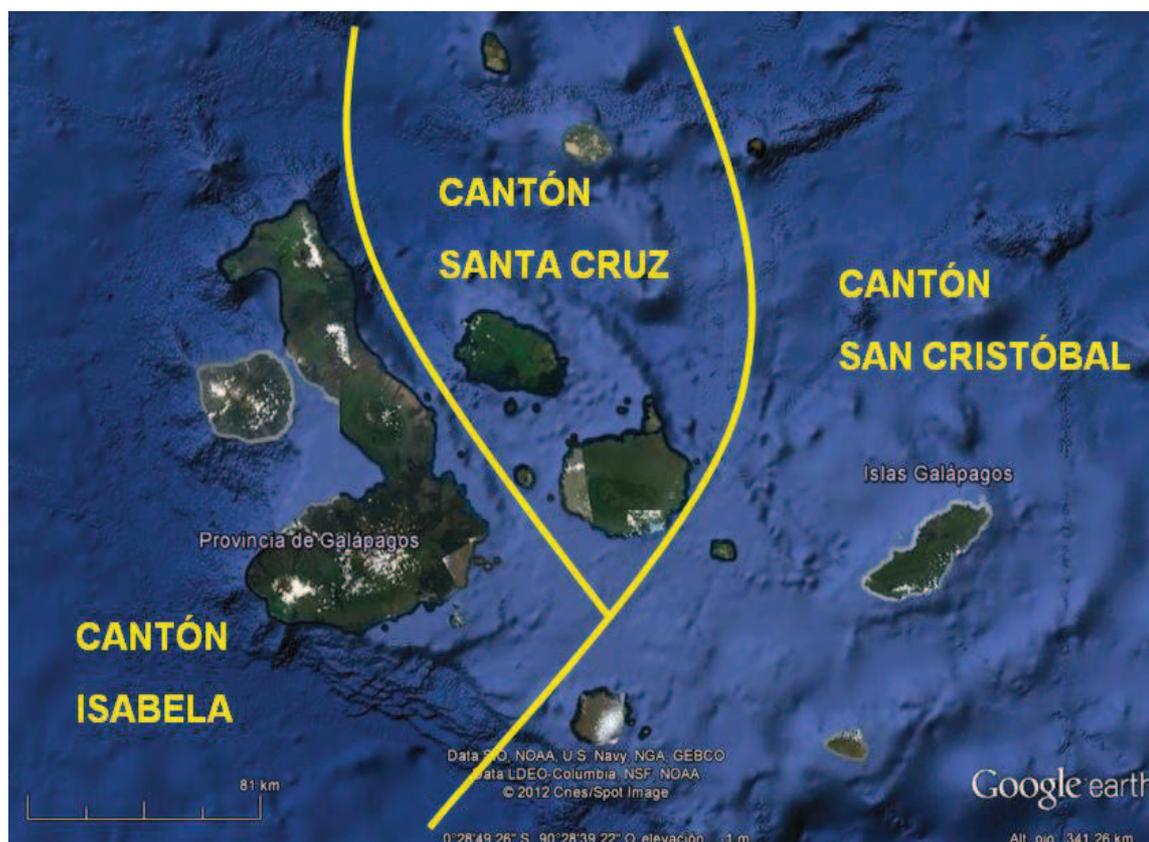


Figura 1.2 División Política de la Provincia de Galápagos.<sup>3</sup>

En la Tabla 1.1, se indica la división política de la Provincia de Galápagos: los cantones, las parroquias urbanas y rurales.

Cantones	Parroquias		
	Urbana	Rural	Islas
San Cristóbal	Puerto Baquerizo Moreno	El Progreso	San Cristóbal, Floreana
		Santa María (Floreana)	Española, Genovesa, Santa Fe
Santa Cruz	Puerto Ayora	Bellavista	Marchena, Pinta, Pinzón, Seymour y sus islotes
		Santa Rosa	Baltra
Isabela	Puerto Villamil	Tomás de Berlanga	Charles Darwin, Fernandina, Teodoro Wolf y sus islotes.

Tabla 1.1 División Política de la Provincia de Galápagos.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Google Earth.

<sup>4</sup> SENPLADES (2010), Régimen Especial Galápagos: Agenda para el buen vivir propuestas para el desarrollo y lineamientos para el ordenamiento territorial, Quito Ecuador, Pág. 7.

Según la Ley Orgánica de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos (LOREG), se define tres categorías de residencia<sup>5</sup>:

1. Residentes permanentes.
2. Residentes temporales.
3. Turistas y transeúntes.

Siendo los dos primeros, quienes residen en la Provincia de Galápagos de manera continua. Según los datos del último censo nacional realizado en el 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en Galápagos existen 25,092 habitantes, con un crecimiento poblacional anual del 3.32%<sup>6</sup>.

De acuerdo con las estadísticas de la Dirección de Parque Nacional Galápagos (DPNG), en el 2011 hubo un total de 185,028 visitantes en las islas, con un promedio de 15,419 visitantes por mes. Dicho promedio se cumplió ya que en el primer semestre del año 2012, ingresaron a la Provincia 93,364 visitantes.<sup>7</sup>

En la Tabla 1.2, se puede observar el porcentaje de la población de cada cantón, en la Provincia de Galápagos. Así como el incremento en el aporte porcentual de habitantes por cantón, entre el año 2001 y el 2010.

<b>DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN GALÁPAGOS</b>			
<b>Cantones</b>	<b>Aporte Provincial 2001</b>	<b>Aporte Provincial 2010</b>	<b>Total Habitantes</b>
Santa Cruz	61.10%	61.30%	15,361
San Cristóbal	30.20%	29.80%	7,475
Isabela	8.70%	9.00%	2,256

Tabla 1.2 Porcentaje de poblacional de la Provincia de Galápagos (2001-2010).<sup>8</sup>

<sup>5</sup> Ley Orgánica de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos (1998), Quito Ecuador, Pág. 12, Art 25.

<sup>6</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

<sup>7</sup> [http://www.galapagospark.org/onocol.php?page=turismo\\_estadisticas](http://www.galapagospark.org/onocol.php?page=turismo_estadisticas).

<sup>8</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

En la Figura 1.3, se indica el porcentaje de aporte provincial por cada cantón de la Provincia de Galápagos.

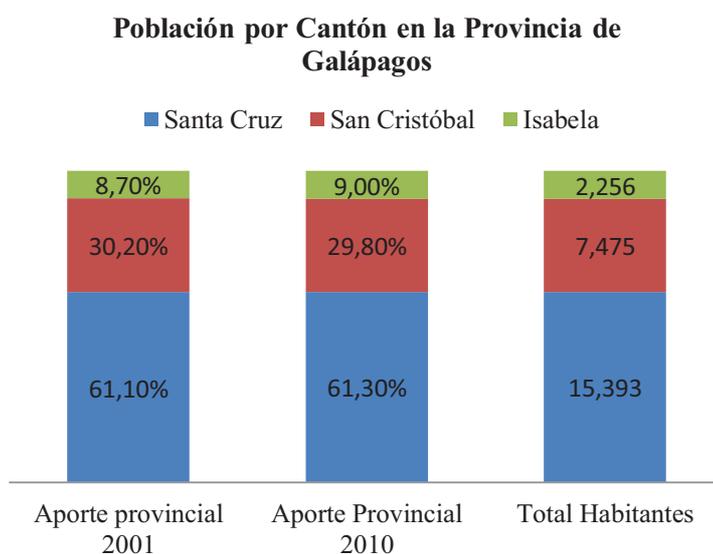


Figura 1.3 Habitantes por cantón (2001-2010).<sup>9</sup>

En la Tabla 1.3, se muestra una comparación del número de habitantes de la Provincia de Galápagos, por parroquia. Según el censo del 2001 y el último censo nacional del 2010.

Parroquias	Habitantes Censo 2001	Habitantes Censo 2010
Puerto Ayora	9,582	11,942
Puerto Baquerizo Moreno	4,908	6,672
Bellavista	1,410	2,425
Puerto Villamil	1,420	2,092
Santa Rosa	396	994
El Progreso	637	658
Tomas de Berlanga	199	164
Floreana	88	145
Total	18,640	25,092

Tabla 1.3 Número de Habitantes por parroquia (2001-2010).<sup>10</sup>

<sup>9</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

En la Figura 1.4, se indica el crecimiento turístico desde el año 2000 hasta el año 2011.

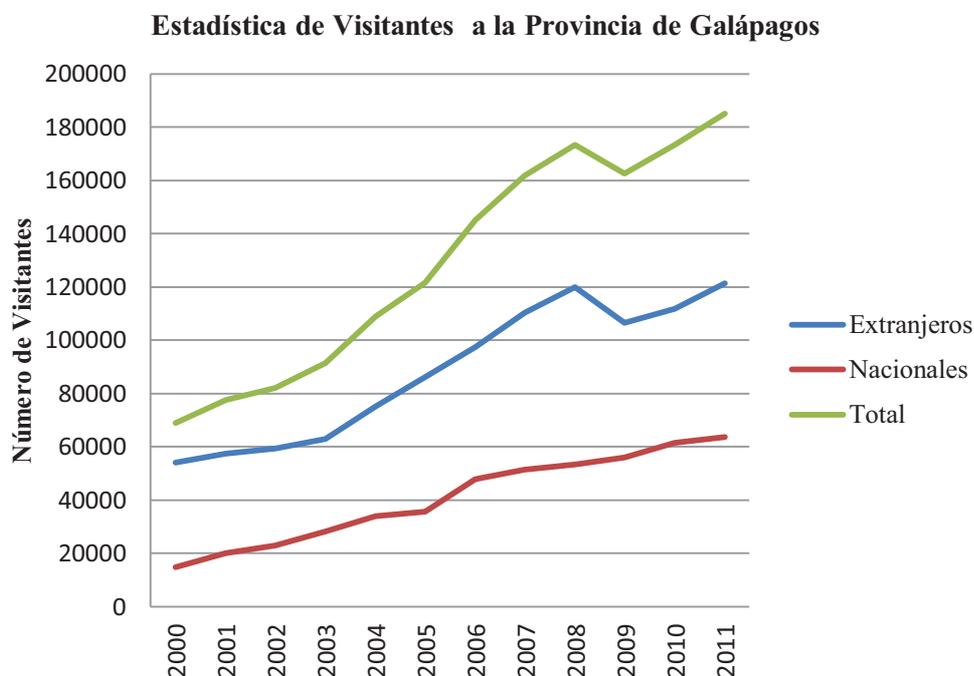


Figura 1.4 Número de Visitantes a la Provincia de Galápagos (2000-2011).<sup>11</sup>

En la Tabla 1.4, se observa la cantidad de visitantes nacionales y extranjeros desde el año 2000 hasta el año 2011, así como el total de visitas correspondiente a cada año.

<b>Año</b>	<b>Extranjeros</b>	<b>Nacionales</b>	<b>Total</b>
2000	54,210	14,779	68,989
2001	57,474	20,106	77,580
2002	59,297	22,945	82,242
2003	63,010	28,346	91,356
2004	75,072	33,876	108,948
2005	86,103	35,586	121,689
2006	97,393	47,840	145,233
2007	110,444	51,406	161,850
2008	119,951	53,468	173,419
2009	106,646	55,964	162,610
2010	111,723	61,574	173,297
2011	121,328	63,700	185,028

Tabla 1.4 Número de Visitantes a la Provincia de Galápagos (2000-2011).<sup>12</sup>

<sup>10</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

<sup>11</sup> [http://www.galapagospark.org/onecol.php?page=turismo\\_estadisticas](http://www.galapagospark.org/onecol.php?page=turismo_estadisticas)

### 1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS EN LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS

#### 1.3.1 ACCESO A LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TICs) EN LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS

El desarrollo de las comunicaciones en la Provincia de Galápagos, ha sido en su mayoría en comunicaciones inalámbricas, debido a su situación geográfica.

Por la distancia entre el Ecuador continental y las islas Galápagos, la comunicación es únicamente satelital, actualmente se encuentra en estudios la posibilidad de colocar una red de fibra óptica submarina entre las islas y el Ecuador continental. Adicionalmente la comunicación entre las islas es también satelital, incrementando aún más los costos, Pues el alquiler de ancho de banda satelital es elevado, sin olvidar que el uso de satélites incrementa el tiempo de respuesta de la red a causa del salto satelital.

En la Tabla 1.5, se presentan los resultados del censo de población y vivienda realizado en el 2010, en la Provincia de Galápagos. Obteniendo como resultado el acceso a las TICs.

<b>ACCESO A LAS TICs EN LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS</b>		
	<b>Porcentaje población</b>	<b>Número Habitantes</b>
COMPUTADOR	46.40%	11,642
CELULAR	92.10%	23,109
INTERNET	18.30%	4,591
TELEVISIÓN POR CABLE	33.20%	8,330

Tabla 1.5 Acceso a las TICs de la Provincia de Galápagos.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> [http://www.galapagospark.org/onecol.php?page=turismo\\_estadisticas](http://www.galapagospark.org/onecol.php?page=turismo_estadisticas)

<sup>13</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

En la Figura 1.5, se puede observar el porcentaje de acceso a las TICs, en Galápagos. Los resultados indican que casi el 50% de la población, tiene acceso a un computador. Pero menos del 20% tiene acceso a Internet y más del 90% tiene acceso a telefonía celular.

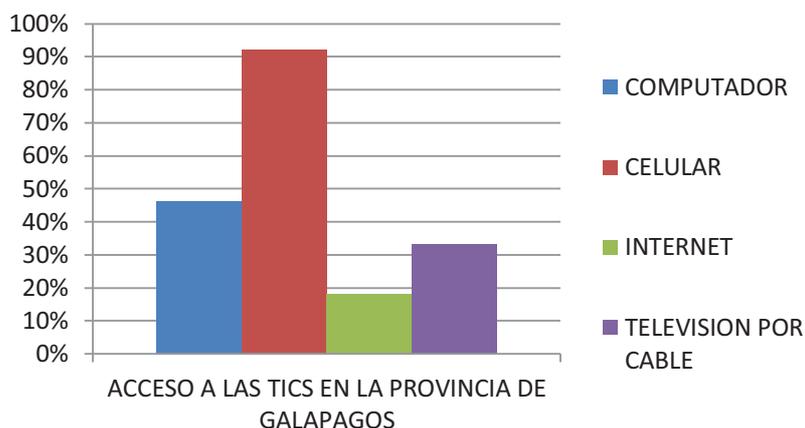


Figura 1.5 Porcentaje de acceso a las TICs de la Provincia de Galápagos.<sup>14</sup>

En la Tabla 1.6, se indican datos porcentuales por cantón del acceso a las TICs, se puede afirmar que cerca de 11,000 personas, tienen acceso a un computador. Pero solo 3,000 tienen acceso a Internet, es decir solo el 27% de las personas que tienen acceso a un computador, también tienen acceso a Internet.

ACCESO A LAS TICs POR CANTÓN EN LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS						
	SAN CRISTÓBAL		SANTA CRUZ		ISABELA	
	Porcentaje de la población	Número de habitantes	Porcentaje de la población	Número de habitantes	Porcentaje de la población	Número de habitantes
COMPUTADOR	47.60%	3,558	46.70%	7,173	40.38%	911
CELULAR	89.30%	6,675	93.10%	14,301	94.30%	2,127
INTERNET	20.00%	1,495	18.60%	2,857	10.59%	239

Tabla 1.6 Acceso a las TICs por cantón de la Provincia de Galápagos.<sup>15</sup>

Por lo que se concluye, existe alrededor de 8,000 personas interesadas en acceder a Internet. Por lo tanto se demuestra que si existen posibles usuarios para la red.

<sup>14</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

<sup>15</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

Por lo tanto se aprecia que los habitantes de la Provincia, tiene una excelente predisposición al uso de nuevas tecnologías.

La implementación de redes inalámbricas, permite que más usuarios puedan acceder a Internet, independientemente del lugar en que ellos se encuentren. Pues no será necesario tener previamente alguna instalación adicional, únicamente los permisos respectivos para ser usuarios autorizados.

En la Figura 1.6, se puede observar los datos de los habitantes que tienen acceso a las TICs en forma porcentual y por cantón.

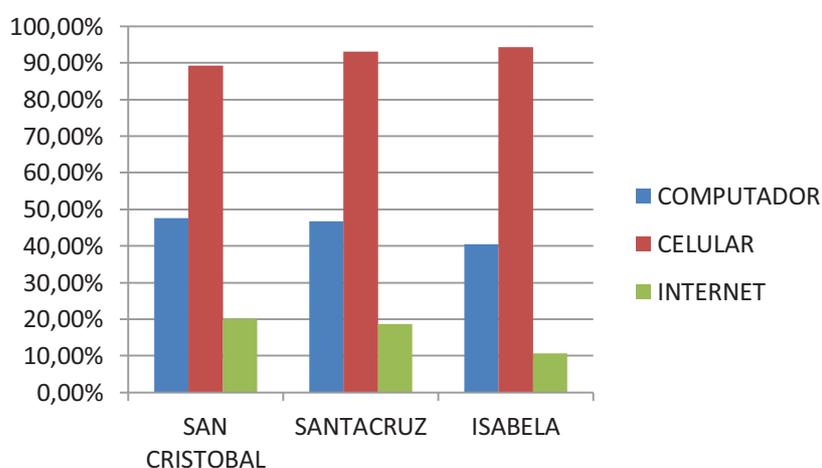


Figura 1.6 Porcentaje de acceso a las TICs por cantón de la Provincia de Galápagos.<sup>16</sup>

Analizando la Figura 1.6, se puede concluir que en la Provincia, el índice de penetración de la telefonía celular es muy alto, mientras que el acceso a un computador es cercano al 50% y el acceso a internet es mucho menor a los dos anteriores. Debido a la falta de infraestructura de telecomunicaciones que ofrezcan servicios de internet de calidad.

### 1.3.2 EMPRESAS QUE BRINDAN SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES

En la actualidad, existen varios organismos públicos y privados que poseen infraestructura y redes de telecomunicaciones de importancia en la Provincia de Galápagos. Algunas de las redes que existen en las islas, no solamente permiten comunicar a la población con el Ecuador continental y el mundo, sino también a los organismos de control y protección del Parque Nacional Galápagos.

<sup>16</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

En la Tabla 1.7, se indica las empresas y organismos, que poseen infraestructura de comunicaciones inalámbricas.

<b>ENTIDAD</b>	<b>SERVICIO</b>
Armada Nacional del Ecuador	Comunicación de Control y seguridad
Dirección de Aviación Civil	Comunicación para aviones comerciales
Televisión pública y privada	Televisión
Compañías telefonía móvil (Alegro, Claro y Movistar )	Telefonía Celular
Consejo de Gobierno del Régimen Especial para Galápagos	Comunicación interna institucional y acceso limitado de la población a Internet
Corporación Nacional de Telecomunicaciones	Telefonía Fija, Móvil e Internet
Dirección General de la Marina Mercante y del Litoral	Comunicación de control para barcos
Empresas de Soporte de Internet (TELCONET, PANCHONET)	Acceso a Internet
Parque Nacional Galápagos	Comunicación interna institucional
Radio	Radiodifusión

Tabla 1.7 Empresas y organismos con infraestructura de comunicaciones inalámbricas.

Se debe señalar que dentro de las empresas e instituciones mencionadas en la Tabla 1.7, las más relevantes que tienen concesión para brindar el servicio de comunicaciones a la Provincia de Galápagos, son la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT E.P) y las compañías de telefonía celular. Estas empresas tienen la mayor parte de clientes dentro de la Provincia.

### **1.3.2.1 Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P**

Un caso particular, es el de CNT E.P pues tiene en la Provincia de Galápagos, una concesión para brindar telefonía fija y en zonas rurales lo hace mediante la tecnología de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA). Facilitando el acceso a lugares remotos en los cuales el uso de telefonía fija por medio de alambre de cobre implicaría un costo aún mayor. En cuanto al servicio de Internet, se utiliza la tecnología conocida como Línea de Abonado Digital Asimétrica

(Asymmetric Digital Subscriber Line ADSL), pero dicho servicio no satisface la gran demanda de los usuarios.

En la Tabla 1.8, se muestra la cantidad de usuarios que tienen cuentas de internet en la CNT E.P, en la Provincia de Galápagos.<sup>17</sup>

<b>Isla</b>	<b>Cuentas de Internet (aproximadas)</b>
Isabela	197
San Cristóbal	900
Santa Cruz	1400

Tabla 1.8 Puertos para Internet, CNT E.P.<sup>18</sup>

### **1.3.2.2 Telefonía Celular**

Las empresas que ofrecen el servicio de telefonía celular dentro de la Provincia Galápagos son: la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (ALEGRO), Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones S.A. (CLARO) y OTECEL S.A. (MOVISTAR). Dichas empresas presentan inconvenientes en su servicio tanto telefónico como de Internet, ya que la conexión que ofrecen es lenta e intermitente.

### **1.3.2.3 REDGAL**

Existe una red Wi-Fi denominada REDGAL, la misma que se encuentra administrada por el Consejo de Gobierno del Régimen Especial para Galápagos (CGREG), con apoyo del Fondo para el Desarrollo de las Telecomunicaciones (FODETEL)<sup>19</sup>. La misma que funciona en convenio entre el Consejo de Gobierno y la CNT E.P. Esta red tiene por objetivo brindar libre acceso a la información a la población de los principales puertos de las islas: Isabela, Santa Cruz y San Cristóbal. Además brinda acceso a Internet, a las escuelas y colegios de la Provincia.

Pero dicha red tiene una velocidad muy baja, adicionalmente la administración de la red ha adoptado medidas de restricción a la mayoría de páginas Web de uso

<sup>17</sup> Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

<sup>18</sup> Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

<sup>19</sup> Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, (CGREG).

cotidiano. Debido a la alta demanda de usuarios que tiene la red, ésta colapsa continuamente. Esta red opera en la frecuencia de 2.4 GHz.

#### **1.4 REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE LA RED**

La red a diseñarse está orientada para ser utilizada por clientes residenciales y corporativos. Siendo estos últimos empresas públicas y privadas, muchas de las cuales están ligadas al turismo. Por lo tanto, se deberá considerar como usuarios no solo a los residentes permanentes y temporales de las islas, sino también en un pequeño porcentaje a los turistas y transeúntes que las visitan a través de las empresas de turismo, presentes en el archipiélago.

Los requerimientos para el diseño del backbone de la red, son muy importantes pues permiten establecer, las características mínimas necesarias que satisfagan las necesidades para las que fue construido.

##### **1.4.1 HABITANTES POR ISLA**

Los principales usuarios de la red serán los residentes permanentes y temporales de las islas. Los usuarios secundarios serán los turistas y transeúntes.

La Tabla 1.9 describe el número de habitantes por isla, según el último censo del INEC realizado en el 2010.

<b>Habitantes por isla (Censo 2010)</b>	
<b>Isla</b>	<b>Habitantes</b>
Santa Cruz	15,361
San Cristóbal	7,330
Isabela	2,256
Floreana	145
Total	25,092

Tabla 1.9 Habitantes por isla.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

En la Figura 1.7, se observa la cantidad de habitantes por isla de la Provincia de Galápagos, representado en porcentajes.

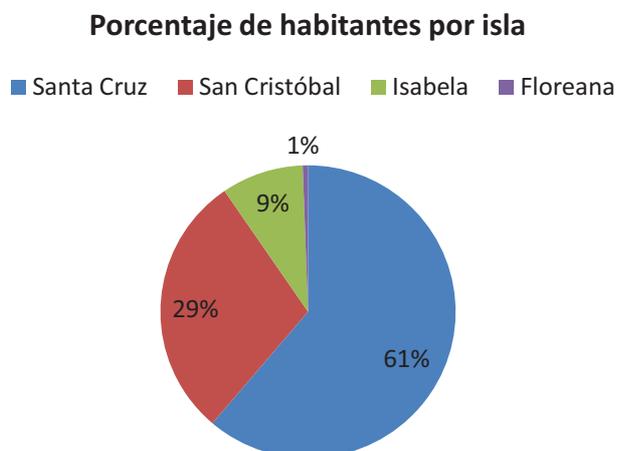


Figura 1.7 Porcentaje de habitantes por isla.<sup>21</sup>

Con los datos proporcionados en la Tabla 1.9 acerca de los habitantes en cada isla, en conjunto con la información de la Tabla 1.6, en la cual se tienen los resultados del acceso a las TICs de la Provincia de Galápagos por cantón<sup>22</sup>, se realiza el análisis de posibles clientes y usuarios de la red.

Para cada isla se efectúa un análisis individual, para tener una mejor información para el diseño de la red.

#### 1.4.1.1 Isla San Cristóbal

San Cristóbal es la segunda isla con mayor cantidad de habitantes en la Provincia luego de Santa Cruz, en esta isla se encuentra la capital cantonal y Provincial Puerto Baquerizo Moreno.

Según la Tabla 1.9, existen 7,330 habitantes<sup>23</sup> dentro de la isla San Cristóbal, los mismos que se encuentran en su mayoría establecidos en: Puerto Baquerizo Moreno, en la parroquia El Progreso y en menor cantidad en el recinto Cerro Verde.

<sup>21</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

<sup>22</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

<sup>23</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

En la Figura 1.8, se muestra la ubicación geográfica de las parroquias de la isla San Cristóbal.

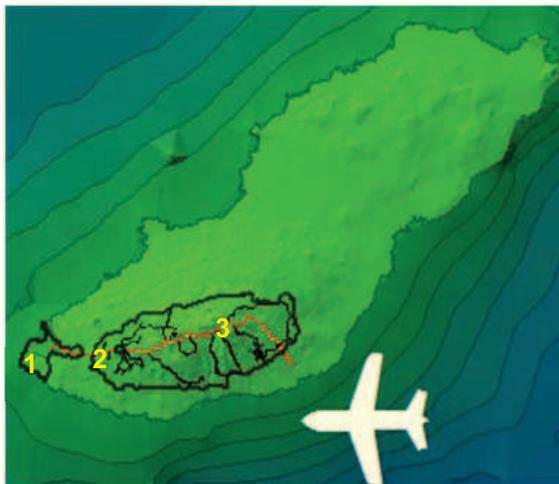


Figura 1.8 Isla San Cristóbal: 1 Puerto Baquerizo Moreno, 2 El Progreso, 3 Recinto Cerro Verde.<sup>24</sup>

En la Tabla 1.6, se muestra que de 3,558 personas que tienen acceso a un computador, únicamente 1,495 tienen acceso a Internet. Por lo tanto existe cerca de 2,036 posibles usuarios, sin dejar de lado a los usuarios que ya poseen acceso a Internet y que por su inconformidad podrían cambiar de proveedor si se les ofrece un mejor servicio.<sup>25</sup>

#### 1.4.1.2 Isla Isabela

Isabela es la más grande de las islas que se encuentran habitadas dentro de la Provincia de Galápagos. Posee una riqueza incalculable, tanto en flora como en fauna, es la tercera isla con población numerosa de todo el archipiélago.

Su capital cantonal es Puerto Villamil, lugar donde se encuentra establecido el 71% de los habitantes de la isla, el 29% restante se encuentra en la parroquia Tomas de Berlanga.

<sup>24</sup> Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, (CGREG).

<sup>25</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

En la Figura 1.9, se indica la división política dentro de la isla Isabela, en ella se observa: el puerto principal Puerto Villamil y la parroquia Tomás de Berlanga.

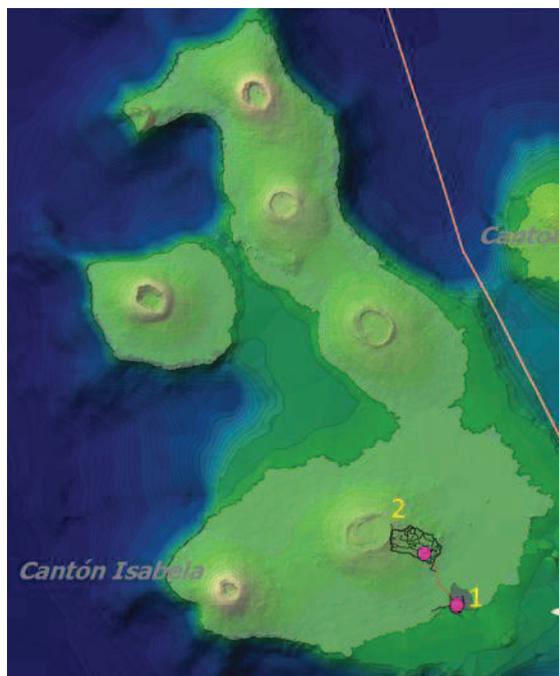


Figura 1.9 Isla Isabela: 1 Puerto Villamil, 2 Tomas de Berlanga.<sup>26</sup>

Como se puede ver en la Tabla 1.9, existen 2,256 habitantes<sup>27</sup> en Isabela, de los cuales 911 habitantes (Tabla 1.6) tienen acceso a un computador, mientras que únicamente 239 acceden a Internet. Por lo que se puede concluir que alrededor de 672 usuarios, tienen computador pero no tienen acceso a Internet. La razón principal es debido a que la infraestructura es insuficiente, para satisfacer la demanda de los clientes, ya que según la Tabla 1.8<sup>28</sup> se tienen únicamente 197 cuentas de Internet que permiten ofrecer este servicio.

Actualmente, en Isabela existen muchos proyectos inmobiliarios, hoteleros y turísticos, que amplían aún más el posible mercado en esta isla. Debido a que la mayoría de paquetes turísticos, la están escogiendo como el destino estrella del archipiélago, debido los atractivos naturales que ofrece.

<sup>26</sup> Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, (CGREG).

<sup>27</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

<sup>28</sup> Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

### 1.4.1.3 Isla Santa Cruz

Santa Cruz, es la isla que posee el mayor número de habitantes dentro de la Provincia de Galápagos, debido a la cercanía con Baltra. Baltra era la única isla que contaba con aeropuerto, siendo esta la que permitía en los primeros años el ingreso al archipiélago de turistas Nacionales y Extranjeros.

Actualmente, es el principal centro de operaciones turísticas de las islas, en ella se encuentran establecidas las delegaciones principales de los Organismos e Instituciones de la Provincia como son: Dirección de Parque Nacional, Estación Científica Charles Darwin, entre otros.

En la Figura 1.10, se indica la distribución política de la isla Santa Cruz: siendo el puerto principal Puerto Ayora junto a sus parroquias de Bellavista y Santa Rosa.

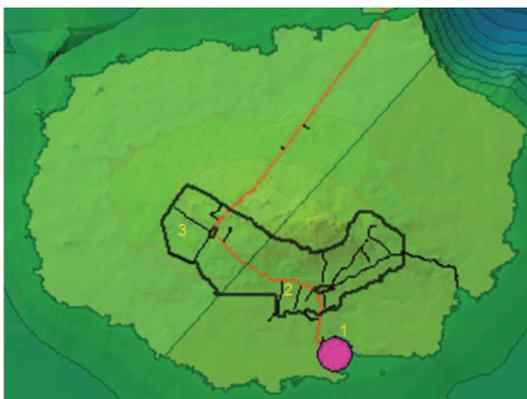


Figura 1.10 Isla Santa Cruz: 1 Puerto Ayora, 2 Bellavista y 3 Santa Rosa.<sup>29</sup>

Su capital cantonal es Puerto Ayora, es el lugar donde se encuentra establecida la mayor parte de los habitantes de la isla, el resto de la población se encuentra establecida en las parroquias: Bellavista y Santa Rosa.

De acuerdo a la Tabla 1.9, existen 15,361 habitantes en Santa Cruz, al revisar la Tabla 1.6 podemos concluir que 7,173 habitantes tienen acceso a un computador, de los cuales 2,857 poseen una conexión a Internet, es así que existen alrededor de 4,000 habitantes que no poseen este tipo de servicio.<sup>30</sup>

Santa Cruz por su posición geográfica se encuentra en el centro del archipiélago, lo que facilita la logística de comunicación con el resto de islas del archipiélago.

<sup>29</sup> Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, (CGREG).

<sup>30</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

Es por esta razón que la mayoría de empresas e instituciones la escogen para poner sus oficinas centrales, al igual que las compañías de telecomunicaciones para sus redes, aunque generalmente el enlace principal con el Ecuador continental se lo hace en San Cristóbal, debido a que es la isla más cercana al continente.

Adicionalmente Santa Cruz por las razones descritas anteriormente, recibe la mayoría de visitas por parte de turistas nacionales y extranjeros, lo que aumenta aún más el número de posibles usuarios para la red.

#### 1.4.1.4 Isla Baltra

Durante la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos construyó una base militar en Baltra, la cual contaba con su propia pista de aterrizaje, con el objetivo de proteger el Canal de Panamá. Debido a la posición estratégica que tienen las islas en el Océano Pacífico, estas fueron seleccionadas como base de operaciones.

Esta base militar fue cerrada en 1948, pero no fue hasta dos años después que entregaron la base al Ecuador totalmente destruida e inutilizable.

El gobierno ecuatoriano construyó un aeropuerto en ésta misma isla, el cual se encuentra situado hacia el este de la pista destruida.<sup>31</sup>

En la Figura 1.11, se observa la isla Baltra, en la que claramente se distingue la pista antigua y la nueva, siendo esta última la que se encuentra al este de la isla.



Figura 1.11 Isla Baltra.<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> Idrovo, H. (2008), Baltra-Base Beta: Galápagos y la Segunda Guerra Mundial, Ministerio de Cultura, Quito Ecuador.

Esta isla es el punto principal de ingreso de la mayoría de turistas hacia la Provincia de Galápagos, cabe mencionar que actualmente no es el único punto de ingreso, ya que se cuenta con aeropuertos en la isla San Cristóbal e Isabela.

Baltra no cuenta con una cantidad numerosa de habitantes, pero durante el día se tienen flujos constantes y considerables de personas en la isla, puesto que se encuentra en funcionamiento el aeropuerto.

#### 1.4.1.5 Isla Floreana

Floreana fue la primera isla en ser habitada en la Provincia de Galápagos, en la actualidad es la que tiene el menor número de habitantes.

En la Figura 1.12, se muestra los principales asentamientos humanos en Floreana, que son: Puerto Velasco Ibarra y la zona de cultivo agrícola, que se encuentra en la parte alta de la isla, hacia el suroeste de Floreana.

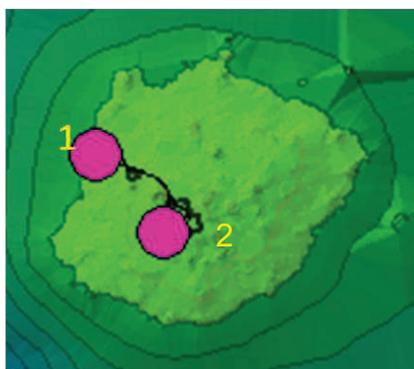


Figura 1.12 Isla Floreana, 1 Puerto Velasco Ibarra, 2 Zona agrícola.<sup>33</sup>

El recinto parroquial más importante de Floreana es Puerto Velasco Ibarra, es parte del cantón San Cristóbal. La mayor parte de la población se encuentra en el puerto. Según se observa en la Tabla 1.3 son 145 habitantes<sup>34</sup> y representan el 1% de la población actual de la Provincia de Galápagos como se puede observar en la Figura 1.7.

<sup>32</sup> GOOGLE EARTH

<sup>33</sup> Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (CGREG).

<sup>34</sup> INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

En ésta isla la población se dedica principalmente a las actividades agrícolas y turísticas.

#### 1.4.2 ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE USUARIOS

En cuanto al número de usuarios residenciales se ha estimado un 30% de la población local por isla (exceptuando Floreana por tener tan pocos habitantes) más un 2% del promedio de visitantes mensuales que se tiene en el archipiélago. Por lo que según Tabla 1.10 se tendría un total de 7,993 usuarios estimados de la red para la Provincia de Galápagos, asumiendo que el 60% de los visitantes de la Provincia visitan Santa Cruz, el 30% San Cristóbal y un 10% Isabela<sup>35</sup>.

Según el Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (CGREG), el hogar promedio en la Provincia de Galápagos está compuesto por 3.2 personas. Según los datos del último censo del 2011, existen en la Provincia de Galápagos 7,236 hogares, que representa un aumento del 50.5% respecto del censo del 2001. Asumiendo que cada hogar está compuesto por 4 miembros en promedio, el número de cuentas posibles de Internet sería el resultado de dividir el número de usuarios para 4.

En la Tabla 1.10, se indica la cantidad aproximada de cuentas posibles de Internet.

ISLA	HABITANTES	USUARIOS	TOTAL USUARIOS	TOTAL CUENTAS APROXIMADAS
SAN CRISTÓBAL	7,330	2,199	2,199	550
SANTA CRUZ	15,361	4,608	4,608	1,152
BALTRA	200	60	60	15
ISABELA	2,256	677	677	170
FLOREANA	140	140	140	35
VISITANTES	15,419	309	309	77
<b>TOTAL</b>			<b>7,993</b>	<b>1,999</b>

Tabla 1.10 Número aproximado de cuentas de usuarios para la Red.<sup>36</sup>

<sup>35</sup>[http://www.galapagospark.org/documentos/turismo/pdf/informe\\_ingreso\\_turista\\_primer\\_semestre\\_2012](http://www.galapagospark.org/documentos/turismo/pdf/informe_ingreso_turista_primer_semestre_2012).

En la Figura 1.13, se puede observar el porcentaje total de usuarios por isla de la red, con ella se puede tener una mejor apreciación de como deberá estar organizada la red.

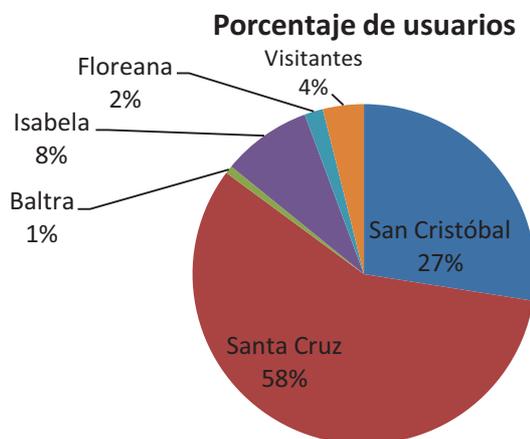


Figura 1.13 Porcentaje total aproximado de usuarios.

### 1.4.3 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO

Radioenlaces entre las islas para la red principal, que permitan garantizar calidad de servicio y disponibilidad de la red. Para el backbone inalámbrico se necesita cuatro radioenlaces, siendo la isla Santa Cruz la base central de la red, debido a que por su posición geográfica se encuentra ubicada en el centro del archipiélago, por lo tanto la distancia entre Santa Cruz y las otras islas es menor.

En la Tabla 1.11, podemos observar las distancias entre las islas y Santa Cruz.

<b>Enlace</b>	<b>Distancia Aproximada (Km.)</b>
Santa Cruz – San Cristóbal	80 Km.
Santa Cruz – Isabela	76 Km.
Santa Cruz – Baltra	23 Km.
Santa Cruz – Floreana	62 Km.

Tabla 1.11 Distancia entre Santa Cruz y las otras islas.

En la Tabla 1.12, se plantea los radioenlaces y las distancias correspondientes para la red secundaria o de respaldo.

<b>Enlace</b>	<b>Distancia Aproximada (Km.)</b>
San Cristóbal – Baltra	97
San Cristóbal – Floreana	116
Isabela – Baltra	100
Isabela – Floreana	83

Tabla 1.12 Distancia aproximada para los radioenlaces de la red secundaria.

Para las bandas de frecuencia a utilizarse para la conexión de última milla, se debe tomar en cuenta las bandas de frecuencia que están siendo utilizadas en Galápagos para comunicaciones, por parte las compañías de telecomunicaciones que brindan sus servicios en las islas y son principalmente las frecuencias de: 2.4 GHz, 1.9 GHz, 850 MHz y 450MHz.

En cuanto a la ubicación de las torres para las antenas, cabe recalcar que debido a la condición de Parque Nacional que posee la Provincia de Galápagos, los permisos para colocar antenas son solo en las torres ubicadas en sitios determinados, que ya existen en las islas. Está prohibido y penado por la ley invadir las áreas de Parque Nacional, sin previa autorización de la entidad competente. Por lo tanto, para el diseño se debe escoger la mejor ubicación dentro de las torres ya existentes para el backbone, así como para la conexión de última milla.

Requerimientos para los equipos externos (outdoors): las antenas a utilizarse deberán soportar vientos de hasta 180Km/h, lluvia, corrosión debido al ambiente salino y altas temperaturas.<sup>37</sup>

Otro aspecto importante es el suministro de energía, ya que algunas zonas es deficiente y existen cortes de energía eléctrica por periodos prolongados. Por lo que se deberá contar con alimentación eléctrica ininterrumpida (UPS, *uninterruptible power supply*).

---

<sup>37</sup> Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, (CGREG).

Para la determinación del área geográfica a ofrecer al servicio, debemos privilegiar los sectores con mayor número de habitantes, los mismos que se encuentran concentrados en cada uno de los puertos en las islas, también se deberá tomar en cuenta la tasa de crecimiento anual de la población para dimensionar la red.

Para la asignación de ancho de banda, se debe dar preferencia a los clientes corporativos. Para el cálculo del ancho de banda necesario, se debe considerar el tipo de tráfico a cursar.

Para la aplicación de Calidad de Servicio en la red, se debe escoger el modelo de calidad de servicio adecuado que permita garantizar principalmente la eficiencia y la disponibilidad de la red, así como: los retardos, jitter y otros aspectos propios de los conceptos de Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) en una red de datos.

Seleccionar el software y hardware adecuado que permita garantizar la seguridad de los datos, tanto de los usuarios como de la red misma, así como la tarificación por los servicios ofrecidos.

## CAPÍTULO 2

### DISEÑO DE UN BACKBONE INALÁMBRICO EN BASE AL ESTÁNDAR IEEE 802.16 (WIMAX), Y ACCESO DE ÚLTIMA MILLA CON CRITERIOS DE CALIDAD DE SERVICIO EN VOZ, DATOS Y VIDEO PARA LAS ISLAS: BALTRA, FLOREANA, ISABELA, SAN CRISTÓBAL Y SANTA CRUZ

En la Figura 2.1, se muestra la red propuesta para el diseño, se observa los radioenlaces para la red principal (amarillo) y red secundaria (celeste).

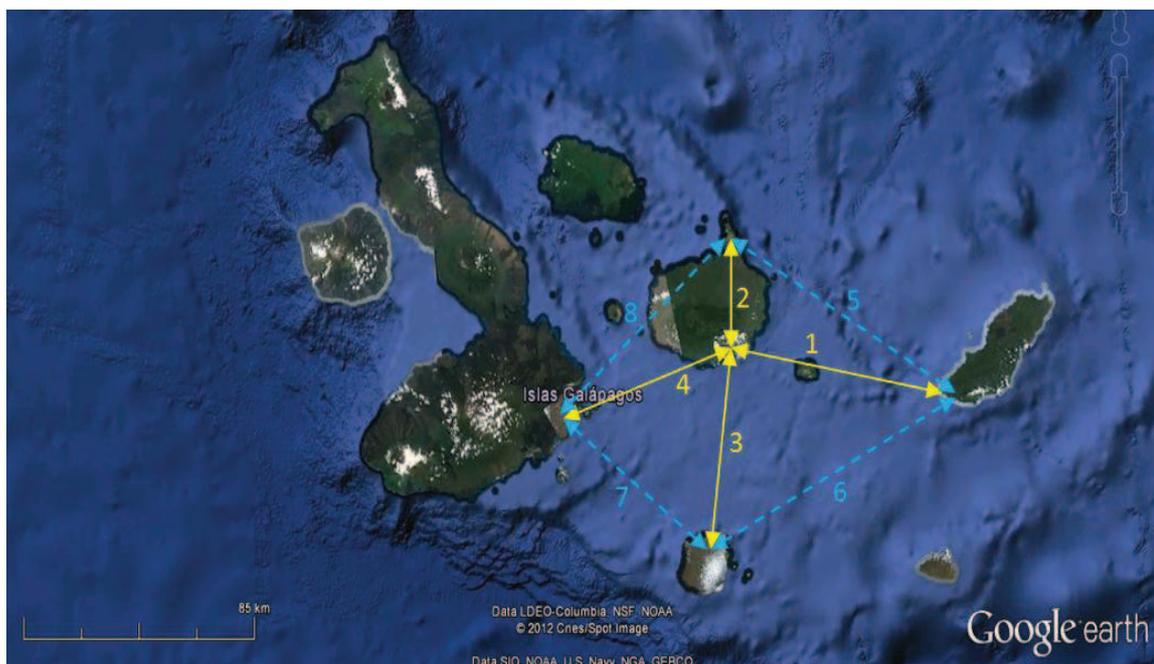


Figura 2.1 Radioenlace para Provincia de Galápagos.<sup>38</sup>

La red principal consta de cuatro radioenlaces los cuales son:

- Santa Cruz – San Cristóbal. (1)
- Santa Cruz – Baltra. (2)
- Santa Cruz – Floreana. (3)
- Santa Cruz –Isabela. (4)

<sup>38</sup> Google Earth

La red secundaria consta de cuatro radioenlaces los cuales son:

- Baltra – San Cristóbal. (5)
- San Cristóbal – Floreana. (6)
- Floreana – Isabela. (7)
- Isabela – Baltra. (8)

Los radioenlaces propuestos son analizados en el desarrollo del presente capítulo, para escoger la mejor alternativa de diseño.

## **2.1 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE ANCHO DE BANDA PARA GARANTIZAR QOS EN SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEO PARA EL DISEÑO DEL BACKBONE**

### **2.1.1 ANCHO DE BANDA<sup>39 40</sup>**

#### **2.1.1.1 Ancho de Banda en Telecomunicaciones**

“Se define como el ancho de banda absoluto de una señal, a todo el rango que ocupa el espectro de dicha señal. La mayor parte de la energía de la señal puede estar concentrada en una banda relativamente estrecha. Esta banda se denomina ancho de banda efectivo o simplemente ancho de banda”.<sup>41</sup>

Según Andrew Tanenbaum “El rango de frecuencias que se transmiten sin atenuarse con fuerza, se conoce como ancho de banda. El ancho de banda es una propiedad física del medio de transmisión y por lo general depende de la construcción, grosor y longitud de dicho medio”.<sup>42</sup>

En conclusión, el ancho de banda en telecomunicaciones se refiere al rango de frecuencias de una señal, que puede pasar a través de un medio de transmisión sin que ésta señal pierda gran cantidad de información y sin llegar a deformarla.

---

<sup>39</sup> <http://searchenterprisewan.techtarget.com/definition/bandwidth>.

<sup>40</sup> <http://www.everex.es/glosario>.

<sup>41</sup> Hidalgo P.(2010), Comunicación Digital texto de Clase, Quito, Ecuador, Pág. 11

<sup>42</sup> Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 88.

Para obtener el ancho de banda, se debe hallar la diferencia entre la componente de señal de alta frecuencia y la componente de señal de frecuencia más baja. La magnitud del ancho de banda es en Hertzios (Hz), puesto que las componentes de frecuencia se miden en Hz.

Para transmitir íntegramente una señal se debe tener en cuenta que posee un amplio rango de frecuencias, de esta forma si se desea transmitir toda la señal íntegramente se necesita de un equipo de transmisión que permita el paso de todas las componentes de la señal.

### **2.1.1.2 Capacidad del Canal**

La capacidad de canal es también conocida como la tasa de datos (Bit Rate). Es la velocidad máxima que soporta un canal de transmisión sin que la señal de información sea afectada, a menudo es utilizado este término como ancho de banda.<sup>43</sup> También suele ser definido como la cantidad de información que se puede llevar de un punto a otro entre dispositivos digitales, en una unidad de tiempo. Generalmente se usa un segundo como tiempo de referencia.

La unidad de medida de la capacidad de canal es bits por segundo (bps), así como también sus múltiplos kilobits por segundo (Kbps), o megabits por segundo (Mbps), siendo la medida de la cantidad de información (bits) transmitida en un segundo. La unidad de medida también suele ser expresada en Bytes por segundo.

La tasa de transmisión usada para la transferencia de datos es importante al momento de transmitir determinado tipo de información como: audio y video.

En la práctica, un canal de transmisión no es perfecto, pues es alterado principalmente por: ruido, interferencia intersímbolo, distorsión y retardo.<sup>44</sup> Por lo que Claude Shannon logró determinar una ecuación (Ecuación 2.1) que permite calcular la máxima capacidad de un canal en un ambiente de ruido.<sup>45</sup>

---

<sup>43</sup> Hidalgo P.(2010), Comunicación Digital texto de Clase, Quito, Ecuador, Pág. 27

<sup>44</sup> Hidalgo P.(2010), Comunicación Digital texto de Clase, Quito, Ecuador, Pág. 30

<sup>45</sup> Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 89.

$$C = AB \log_2(1 + S/N)$$

Ecuación 2.1 Fórmula de la capacidad máxima del canal.

C: Capacidad máxima del canal [bps].

AB: Ancho de banda [Hz].

S/N: relación señal a ruido.

En un canal de transmisión una de las principales alteraciones de la señal son debido al ruido, y entre ellos el ruido térmico el cual se mide “por la relación entre la potencia de la señal y la potencia del ruido y esta relación se conoce como relación señal a ruido(S/N). Siendo S la potencia de la señal y la potencia del ruido N.”<sup>46</sup>

## 2.1.2 ANCHO DE BANDA PARA GARANTIZAR QoS EN TRANSMISIÓN DE VOZ

### 2.1.2.1 Codificador-Decodificador (CÓDEC) para Compresión de Audio<sup>47 48</sup>

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) desarrolló estándares para este tipo de codificadores de audio, con el fin de reducir el ancho de banda para el transporte de voz a través de protocolo IP, el cual es una red basada en el mejor esfuerzo y a la vez compartirá el ancho de banda con más aplicaciones que se ejecutan en forma simultánea.

En la Tabla 2.1 se indica los diferentes códec estandarizados por la UIT, con su respectiva tasa de transmisión de datos (Bit Rate).

Códec	Bit Rate
G.711	56 a 64 Kbps
G.722	48,56, 64 Kbps
G.723	5,3 o 6,4 Kbps
G.728	16 Kbps
G.729	8 o 13 Kbps

Tabla 2.1 Códec estandarizados por UIT-T con su respectiva Tasa de Transmisión (Bit Rate).

<sup>46</sup> Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 90.

<sup>47</sup> <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.711/es>

<sup>48</sup> <http://www.idris.com.ar/lairerent/pdf/ART0001-CalculodeanchodebandaenVoIP.pdf>

La variación de las velocidades, dependen del factor de compresión que tiene cada uno de estos códec, se va a tomar como ejemplo la velocidad de codificación general, es decir se codifica con 8 bits y se toma 8000 muestras por segundo con se calcula la velocidad de 64 Kbps.

Tomando en cuenta lo citado anteriormente, existen otros factores de los que dependen los codificadores como: el factor de compresión, tamaño de trama y longitud de trama.

#### *2.1.2.1.1 Factor de Compresión<sup>49</sup>*

La necesidad de comprimir datos es debido a la limitación que tienen los dispositivos en almacenar grandes cantidades de información, siendo esta una manera de optimizar recursos y de almacenar menor cantidad de información.

El factor de compresión se encuentra del resultado de dividir la tasa de transferencia (bit rate) de entrada con la tasa de transferencia de salida.

Citando como ejemplo el códec G.723, que se puede ver en la Tabla 2.1, si a la entrada del códec se tiene una tasa de transferencia de 64 Kbps y a la salida una tasa de transferencia 6,4 Kbps, aplicando la división de las tasas de transferencia se obtiene un factor de compresión de 10.

#### *2.1.2.1.2 Tamaño de Trama<sup>50</sup>*

Una vez recolectada la información a ser comprimida con el tipo de codificador más adecuado o seleccionado de acuerdo al ancho de banda disponible, se envía en ráfagas de datos hacia el destino.

El tiempo que dura la transmisión entre estas ráfagas, se denomina tamaño de trama, y la unidad de medida es usualmente en milisegundos.

#### *2.1.2.1.3 Longitud de Trama*

A la salida del codificador los datos de salida, dependiendo del tamaño de la trama son organizados en bytes. A la cantidad de bytes que son transmitidos se denomina longitud de la trama.

---

<sup>49</sup> <http://es.kioskea.net/contents/video/compress.php3>

<sup>50</sup> <http://www.idris.com.ar/lairant/pdf/ART0001-CalculodeanchodebandaenVoIP.pdf>

### 2.1.2.2 Retardo<sup>51</sup>

En los medios de comunicación digitales, es importante tomar en cuenta el retardo presente dentro de la transmisión, ya que al tratarse del envío y recepción de paquetes de datos, estos deben pasar por una serie de dispositivos. Los cuales van retardando la transmisión y al tratarse de un medio compartido con otros usuarios existirán puntos que podrían causar un encolamiento de paquetes, por lo que se tendría retardos considerables al momento de establecer la comunicación.

Estos retardos son comunes dentro de las comunicaciones, hay que tomar en cuenta que los sentidos de los seres humanos, permiten que estos retardos sean tolerables. Ya que para los sentidos estos retardos son imperceptibles, siendo una ventaja para los sistemas de transmisión, ya que el usuario percibe que la comunicación está en tiempo real.

Para la comunicación de voz es imperceptible un retardo menor a 300 ms.<sup>52</sup>

### 2.1.2.3 Cálculo de Ancho de Banda para VoIP<sup>53</sup>

Para el cálculo del ancho de banda necesario para VoIP, se debe tomar en cuenta algunos factores que intervienen directamente. Para ello se aplica un método simplificado que nos permite calcular el ancho de banda mínimo necesario.

Primero se necesita calcular el tamaño de las tramas de voz, para ello intervienen los tamaños de los encabezados de las capas de enlace de datos o capa 2, capa de red o capa 3, capa de transporte o capa 4 según el modelo de interconexión de sistemas abiertos (Open System Interconnection, OSI) y el valor de la carga útil o payload del codificador utilizado.

En la Ecuación 2.2 se observa un método simplificado para calcular tamaño de trama.

$$\text{Tamaño de trama} = \text{Carga útil (Payload)} + \text{Encabezado capa 4} + \text{Encabezado capa 3} + \text{Encabezado capa 2}$$

Ecuación 2.2 Cálculo del tamaño de la trama.<sup>54</sup>

<sup>51</sup> Hidalgo P.(2010), Comunicación Digital texto de Clase, Quito, Ecuador, Pág. 29

<sup>52</sup>[http://www.ermmez.com/soporte/documentacion/Todos/AQCT\\_32/Web/Servidor\\_Trafico/Calidad\\_Voz\\_lp.htm](http://www.ermmez.com/soporte/documentacion/Todos/AQCT_32/Web/Servidor_Trafico/Calidad_Voz_lp.htm)

<sup>53</sup> <http://librosnetworking.blogspot.com/2009/04/metodo-simplificado-para-el-calculo-de.html>

Si se usa el codificador G. 711 (Tabla 2.2), su carga útil es de 160 Bytes, al cual se suma los encabezados de Protocolo de Transporte de Tiempo Real (RTP, 12 Bytes), Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP, 8 Bytes), Protocolo de Internet (IP, 20 Bytes) que intervienen en las capas 4 y 3 con alrededor de 40 Bytes y el encabezado de la capa de enlace que depende del protocolo que se use. Para este caso asumiendo que es una trama del Protocolo Punto a Punto (PPP), se agrega 6 Bytes que son el encabezado mínimo para PPP. Utilizando la Ecuación 2.2 se obtiene:

$$\text{Tamaño de trama} = 160\text{B} + 40\text{B} + 6\text{B} = 206\text{B}$$

Pero siempre se usa compresión de los encabezados de capa 3 y 4, llamada compresión RTP, por lo que los 40 Bytes iniciales se reducen a 2 o 4 Bytes, por lo tanto usando la Ecuación 2.2 se obtiene:

$$\text{Tamaño de trama} = 160\text{B} + 2\text{B} + 6\text{B} = 168\text{B}$$

Para mayor facilidad se transforma los Bytes a bits multiplicando por 8, teniendo como resultado 1,344 bits/trama.

Para el cálculo del ancho de banda requerido para una llamada, se multiplica la cantidad de tramas por segundo generada por los codificadores actualmente utilizados (G.711, G.728, G.729) que es de 50 tramas/seg, por el tamaño de la trama anteriormente calculado.

En la Ecuación 2.3, se muestra un método para calcular el ancho de banda de una llamada.

$$\text{AB/llamada} = \text{tamaño de la trama} \times \text{tramas por segundo}$$

Ecuación 2.3 Cálculo Ancho de Banda para una llamada.<sup>55</sup>

$$\text{AB/llamada} = 1344 \text{ bits/trama} \times 50 \text{ tramas/seg.} = 67200 \text{ bps/llamada}$$

$$\text{AB/llamada} = 67.2 \text{ Kbps/llamada}$$

---

<sup>54</sup> <http://librosnetworking.blogspot.com/2009/04/metodo-simplificado-para-el-calculo-de.html>

<sup>55</sup> <http://librosnetworking.blogspot.com/2009/04/metodo-simplificado-para-el-calculo-de.html>

En la Tabla 2.2, se puede encontrar información detallada referente al ancho de banda mínimo para la comunicación de VoIP, para los Códec más utilizados y estandarizados, proporcionados en la página web del fabricante CISCO Systems.

INFORMACIÓN CODEC				CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA					
Códec & Tasa de Transmisión (Kbps)	Tamaño de la muestra Del Códec (Bytes)	Intervalo De Muestra Del Códec (ms)	Prueba de Calidad (MOS)	Tamaño de carga útil de Voz (Bytes)	Tamaño de carga útil de Voz (ms)	Paquetes por Segundo (PPS)	AB PPP o FR.12 (Kbps)	AB RTP, PPP o FR. 12 (Kbps)	AB Ethernet (Kbps)
G.711 (64 Kbps)	80	10	4,1	160	20	50	82,8	67,6	87,2
G.729 (8 Kbps)	10	10	3,92	20	20	50	26,8	11,6	31,2
G.723.1 (6.3 Kbps)	24	30	3,9	24	30	33,3	18,9	8,8	21,9
G.723.1 (5.3 Kbps)	20	30	3,8	20	30	33,3	17,9	7,7	20,8
G.726 (32 Kbps)	20	5	3,85	80	20	50	50,8	35,6	55,2
G.726 (24 Kbps)	15	5	NA	60	20	50	42,8	27,6	47,2
G.728 (16 Kbps)	10	5	3,61	60	30	33,3	28,5	18,4	31,5
G.722_64k (64 Kbps)	80	10	4,13	160	20	50	82,8	67,6	87,2
Ilbc_mode_20 (15.2 Kbps)	38	20	NA	38	20	50	34	18,8	38,4
Ilbc_mode_30 (13.33 Kbps)	50	30	NA	50	30	33,3	25,86	15,73	28,8

Tabla 2.2 Cálculo de ancho de banda para VoIP para los códec más utilizados.<sup>56</sup>

A continuación se explica los conceptos utilizados en la Tabla 2.2.<sup>57</sup>

- Tasa de Transmisión del Códec (Kbps): Es el número de bits por segundo que son necesarios para realizar una llamada de voz.

<sup>56</sup> [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies\\_tech\\_note09186a0](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0)

<sup>57</sup> [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies\\_tech\\_note09186a0080094ae2.shtml](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094ae2.shtml)

- **Tamaño de la Muestra (Bytes):** Este parámetro depende directamente del códec que se está utilizando, es el número de bytes capturados por el procesador de señal digital (PDS) en cada intervalo de muestreo del códec.
- **Intervalo de Muestra del Códec:** Es el intervalo de muestreo en el que opera el códec.
- **Prueba de Calidad:** MOS por sus siglas en inglés Mean Opinion Score. Este es un sistema mediante el cual se clasifica la calidad de la voz en las conexiones telefónicas. Esta clasificación se hace con una muestra de oyentes, que juzgan según su percepción la llamada y la califican de uno a cinco, siendo la calificación de uno cuando la llamada es de mala calidad y cinco cuando es de excelente calidad. Estos resultados al final de la prueba son promediados, generando una puntuación para el códec.
- **Tamaño de carga útil de voz (bytes):** Es el número de bytes que están presentes en un paquete de datos, este tamaño debe ser múltiplo del tamaño de la muestra que es tomada por el códec.
- **Paquetes por segundo:** Es el número de paquetes que deben ser transmitidos cada segundo para cumplir la tasa de bits del códec.
- **PPP:** Protocolo de punto a punto.
- **FR:** Frame Relay.
- **RTP:** Protocolo de Transporte de tiempo real.

Usando la calculadora de ancho de banda para VoIP (VoIP Bandwidth Calculator)<sup>58</sup>, se comprueba los cálculos teóricos, calculando el ancho de banda necesario para la transmisión de paquetes para VoIP, tomando en cuenta los valores mencionados anteriormente.

---

<sup>58</sup> <http://www.bandcalc.com/com>

En la Figura 2.2 se muestra la interfaz gráfica de la calculadora de Ancho de Banda para VoIP.

  
**VoIP Bandwidth Calculator™**

Parámetros <sup>1</sup>		
<input checked="" type="radio"/> Codificador es G.711 64kbps	con <sup>2</sup>	20 ms ó 160 tramas <sup>3</sup> por paquete.
<input type="radio"/> RTP es RTP (RFC 3550)		
<input type="radio"/> UDP		
<input type="radio"/> IP		
Link ethernet 802.3		
<input type="checkbox"/> Supresión de Silencios <sup>4</sup>	<input type="checkbox"/> RTCP <sup>5</sup>	1 canal(es) <sup>6</sup>

Resultados		
<b>Ancho de banda</b> Promedio <sup>7</sup> : <input type="text"/> kbps Máxima <sup>8</sup> : <input type="text"/> kbps <b>Tasa de paquete<sup>12</sup></b> Promedio: <input type="text"/> pps Máxima: <input type="text"/> pps	<b>Retardo<sup>9</sup></b> Trama: <input type="text"/> ms Lookahead: <input type="text"/> ms Algorítmico: <input type="text"/> ms	<b>Performance</b> DSP MIPS <sup>10</sup> : <input type="text"/> MOS <sup>11</sup> : <input type="text"/>

Figura 2.2 Calculadora de ancho de banda.<sup>59</sup>

Para poder realizar el cálculo se debe ingresar los datos pedidos en el programa los cuales se cita a continuación:

- Tipo de codificador o el tipo de protocolo que se va a usar. Dependiendo del tipo de protocolo seleccionado, el programa añade automáticamente los encabezados correspondientes a las tramas propuestas.
- El número de tramas por paquete o el retardo, para el ejemplo se coloca 50 tramas que es el número de tramas por segundo con el que trabaja el codificador G.711.
- Se debe considerar que para una transmisión de voz, se necesita dos canales uno para transmisión y el otro de recepción.
- En caso de que en el sistema exista un supresor de silencios, se debe señalar la opción correspondiente.

<sup>59</sup> <http://www.bandcalc.com/com>

En la Figura 2.3 se puede observar los resultados obtenidos:

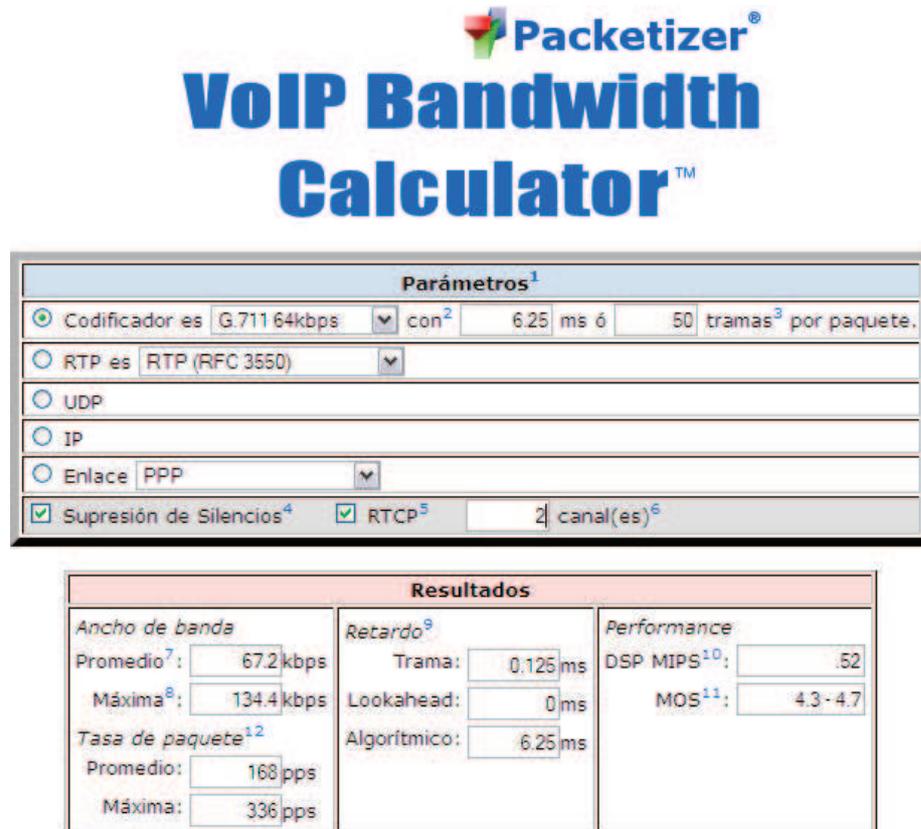


Figura 2.3 Resultados proporcionados por el software.

Como se observa, al seleccionar supresor de silencios para la transmisión el ancho de banda máximo es el doble del promedio. En caso de existir un silencio, se envía paquetes llamados descriptor de inserción de silencios (SID, Silence Insertion Descriptor).

Como se puede observar, el ancho de banda requerido para garantizar su funcionamiento sin que el usuario perciba retardo es de 134.4 Kbps.

Se puede seleccionar un ancho de banda menor a este valor, ya que como se observa el valor medio de uso es de 67.2 Kbps, lo cual garantizaría una buena transmisión.

Por lo tanto quedan comprobados los cálculos teóricos, ya que coinciden con el valor promedio calculado con el programa VoIP Bandwidth Calculator.

Según las recomendaciones técnicas de varias aplicaciones que trabajan con VoIP como Skype<sup>60</sup>, sugieren que el ancho de banda sea como mínimo 128 Kbps, para tener una buena calidad en la llamada y para una llamada de excelente calidad sugieren 1.2 Mbps.

### **2.1.3 ANCHO DE BANDA PARA GARANTIZAR QoS EN TRANSMISIÓN DE VIDEO<sup>61</sup>**

En una red, una de las aplicaciones más complicadas para transmitir es el video, Puesto que posee gran cantidad de información. Adicionalmente es extremadamente sensible al retardo y debido a la gran cantidad de paquetes de datos que se debe transportar, el ancho de banda para su transmisión es muy grande. Debido a ello se han creado varios métodos de compresión de imágenes, con el objetivo de reducir al mínimo el ancho de banda necesario para la transmisión de video, sin que el usuario perciba pérdida de información o fallas durante la reproducción de la imagen. Teniendo así varios formatos para envío y recepción.

Por lo tanto para mejorar las técnicas de transmisión y optimizar los recursos de la red, se creó varias soluciones para utilizar como medio de transporte las redes de mejor esfuerzo, entre estas soluciones se tiene:

Servidores de streaming de video: envían la información organizada en imágenes (frames). Este tipo de envío de información, permite que el usuario reproduzca el video mientras el contenido se está descargando, eliminando la necesidad de descargar todo el contenido para reproducirlo.

El ancho de banda generalmente usado para transmisión de video es menor a 60Kbps, dependiendo de los servidores que se use al igual que la calidad del video que se requiera. En una comunicación de video en tiempo real, es decir en una videoconferencia el ancho de banda es vital, por ello las aplicaciones usadas comúnmente como Skype<sup>62</sup>, sugieren como mínimo 128 Kbps y para una videoconferencia de calidad aceptable, se necesita una tasa de transmisión de

---

<sup>60</sup>[http://www.myvoipprovider.com/en/FAQs/VoIP\\_FAQs/What%27s\\_the\\_minimum\\_Internet\\_connection\\_speed\\_I\\_need\\_to\\_use\\_VoIP](http://www.myvoipprovider.com/en/FAQs/VoIP_FAQs/What%27s_the_minimum_Internet_connection_speed_I_need_to_use_VoIP)

<sup>61</sup> <http://www.grupoact.com.mx/archivos/ConsideracionesparVideconferenciIP.pdf>

<sup>62</sup> <http://techtips.salon.com/amount-bandwidth-used-skype-1016.html>

300 Kbps, mientras que para una videoconferencia en alta definición (High Definition, HD) sugiere 1.5 Mbps.<sup>63</sup>

#### 2.1.4 ANCHO DE BANDA PARA GARANTIZAR QoS EN TRANSMISIÓN DE DATOS

El ancho de banda para datos, es mucho menor que el ancho de banda para transmisión de voz o video, pues es menos susceptible al retardo, y su ancho de banda mínimo incluso para servidores es de 56 Kbps.<sup>64</sup> Para brindar un servicio adecuado de transmisión de datos, se necesita como mínimo hacerlo con una tasa de datos desde 56 Kbps. Pero actualmente se ofrece como velocidad mínima de subida 250 Kbps, que es la opción promedio en el mercado ecuatoriano<sup>65</sup> y es el ancho de banda básico actual.

#### 2.1.5 CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA MÍNIMO PARA CADA USUARIO

En la Ecuación 2.4, se observa un método de cálculo de ancho de banda por usuario, y se obtiene mediante la suma de los requerimientos para voz, datos y video.

$$AB \text{ Total/ Usuario} = AB_{\text{min datos}} + AB_{\text{min video}} + AB_{\text{min voz}}$$

Ecuación 2.4 Cálculo de ancho de banda total por usuario.

$$AB \text{ Total/ Usuario} = 56 \text{ Kbps} + 128 \text{ Kbps} + 67,2 \text{ Kbps} = 251,2 \text{ Kbps/Usuario}$$

El ancho de banda mínimo requerido es menor a 512 Kbps, que bastaría para brindar el servicio de voz datos y video, sin tener problemas de percepción del sistema.

Pero actualmente, se ofertan en el mercado velocidades mínimas de bajada de 1 Mbps (CNT, entre otras).<sup>66</sup> Por lo tanto, para el diseño de la red se ha escogido como ancho de banda mínimo para el usuario 1 Mbps para velocidad de bajada y 250 Kbps para velocidad de subida, para que la red diseñada sea competitiva con las otras empresas que también ofrecen servicios de Internet fijo.<sup>67</sup>

---

<sup>63</sup> <http://techtips.salon.com/amount-bandwidth-used-skype-1016.html>

<sup>64</sup> <http://www.microsoft.com/online/help/en-us/helphowto/3dea7174-a521-4442-a7c5-5d540e09b20d.htm>.

<sup>65</sup> [https://www.cnt.gob.ec/pdfs/Internet\\_masivo.pdf](https://www.cnt.gob.ec/pdfs/Internet_masivo.pdf)

<sup>66</sup> [https://www.cnt.gob.ec/pdfs/Internet\\_masivo.pdf](https://www.cnt.gob.ec/pdfs/Internet_masivo.pdf)

<sup>67</sup> [https://www.cnt.gob.ec/pdfs/Internet\\_masivo.pdf](https://www.cnt.gob.ec/pdfs/Internet_masivo.pdf)

### 2.1.6 DEMANDA DE ANCHO DE BANDA

En el capítulo 1, se obtuvo la cantidad aproximada de 2000 posibles cuentas residenciales, ahora para las cuentas corporativas se podría iniciar con una proyección de 5 posibles clientes corporativos grandes, cuyo ancho de banda varía entre 5 Mbps y 34 Mbps.<sup>68</sup>

Según las proyecciones del INEC hasta el 2020 la Provincia de Galápagos, tendrá una tasa de crecimiento anual del 3,2%.<sup>69</sup> Por tanto dicha tasa también deberá ser considerada para el cálculo de la proyección de la demanda.

Con la Ecuación 2.5, se calcula la proyección de la demanda para la red.

$$P_T = P_O(1 + C)^T$$

Ecuación 2.5 Proyección de cálculo de la demanda.<sup>70</sup>

PT = Número de usuarios potenciales dentro de T años.

Po = Número de usuarios potenciales del servicio.

T = Número de años.

C = Tasa de crecimiento acumulativa anual promedio.

Ejemplo de cálculo:

Po = 1,999 usuarios.

T = 2 años.

C = Para este factor se toma solo el 0.96% que corresponde al 30% de la tasa de crecimiento poblacional anual proyectada.

Usando la Ecuación 2.5, se obtiene:

$$P_2 = 1,999(1 + 0.096)^2 = 2,401$$

---

<sup>68</sup> Consejo de Gobierno para el Régimen Especial de Galápagos (CGREG).

<sup>69</sup> [http://www.inec.gob.ec/estadisticas/index.php?option=com\\_remository&Itemid= & func=startdo wn&id=1613&lang=es&TB\\_iframe=true&height=250&width=800](http://www.inec.gob.ec/estadisticas/index.php?option=com_remository&Itemid=&func=startdo wn&id=1613&lang=es&TB_iframe=true&height=250&width=800)

<sup>70</sup> RACINES P.(2007), Diseño de un ISP considerando criterios de Calidad de Servicio para la transmisión de Voz, Datos y Video utilizando el estándar IEEE 802.16 (WiMAX) para cubrir el área norte de la ciudad de Quito, Quito, Ecuador, Pág. 120.

En Tabla 2.3, se muestra la proyección de cuentas que se generarían en un lapso de 5 años.

<b>Año</b>	<b>Cuentas Corporativas</b>	<b>Cuentas Residenciales</b>	<b>Total</b>
<b>Inicio</b>	5	1,999	2,004
<b>Primero</b>	10	2,191	2,201
<b>Segundo</b>	19	2,401	2,420
<b>Tercero</b>	38	2,632	2,670
<b>Cuarto</b>	74	2,884	2,958
<b>Quinto</b>	145	3,161	3,306

Tabla 2.3 Cálculo de la demanda proyectada a 5 años para cuentas de Internet.

Para realizar el cálculo del ancho de banda total, se debe tener en cuenta que no todo el tiempo todos los clientes van a estar conectados. Por esta razón los técnicos de REDGAL del Consejo de Gobierno para el Régimen Especial de Galápagos, recomiendan considerar una simultaneidad del 20% para clientes residenciales y 50% para clientes corporativos.

Adicionalmente se ha escogido un servicio de Internet compartido para los usuarios residenciales y dedicados para los usuarios corporativos, brindándoles la opción de tener un servicio mixto (dedicado y compartido).

En la Tabla 2.4, se indica la proyección a cinco años del ancho de banda necesario para clientes corporativos.

<b>Año</b>	<b>Cuentas Corporativas</b>	<b>Velocidad Subida (5Mbps) Total</b>	<b>Velocidad Bajada (3Mbps) Total</b>	<b>Velocidad Subida (10Mbps) 50%</b>	<b>Velocidad Bajada (5Mbps) 50%</b>	<b>Ancho de Banda Total Mbps</b>
<b>Inicio</b>	5	25	15	12.5	7.5	20
<b>Primero</b>	10	50	30	25	15	40
<b>Segundo</b>	19	95	57	47.5	28.5	76
<b>Tercero</b>	38	190	114	95	57	152
<b>Cuarto</b>	74	370	222	185	111	296
<b>Quinto</b>	145	725	435	362.5	217.5	580

Tabla 2.4 Proyección de demanda de Ancho de Banda para clientes corporativos.

En la Tabla 2.5, se indica la proyección a cinco años del ancho de banda necesario para clientes residenciales.

<b>Año</b>	<b>Cuentas Residenciales</b>	<b>Velocidad Subida (1Mbps) Total</b>	<b>Velocidad Bajada (0.25Mbps) Total</b>	<b>Velocidad Subida (1Mbps) 20%</b>	<b>Velocidad Bajada (0.25Mbps) 20%</b>	<b>Ancho de Banda Total Mbps</b>
<b>Inicio</b>	1,999	1,999	499.75	399.8	99.95	499.75
<b>Primero</b>	2,191	2,191	547.75	438.2	109.55	547.75
<b>Segundo</b>	2,401	2,401	600.25	480.2	120.05	600.25
<b>Tercero</b>	2,632	2,632	658	526.4	131.6	658
<b>Cuarto</b>	2,884	2,884	721	576.8	144.2	721
<b>Quinto</b>	3,161	3,161	790.25	632.2	158.05	790.25

Tabla 2.5 Proyección de Ancho de Banda para clientes residenciales, sin servicios compartidos.

En la Tabla 2.6, se proyecta el uso de ancho de banda compartido para clientes residenciales, que permite usar de manera más eficiente los recursos de la red. En el mercado actualmente el servicio es de 8:1<sup>71</sup>, por esta razón se seleccionó ese valor, para el diseño propuesto.

<b>Año</b>	<b>Cuentas Residenciales</b>	<b>Velocidad Subida (1Mbps) 20%</b>	<b>Velocidad Bajada (0.25Mbps) 20%</b>	<b>Velocidad Subida (1Mbps) 8:1</b>	<b>Velocidad Bajada (0.25Mbps) 8:1</b>	<b>Ancho de Banda Total Mbps</b>
<b>Inicio</b>	1,999	399.8	99.95	49.97	12.5	62.47
<b>Primero</b>	2,191	438.2	109.55	54.77	13.7	68.47
<b>Segundo</b>	2,401	480.2	120.05	60	15	75
<b>Tercero</b>	2,632	526.4	131.6	65.75	16.45	82.2
<b>Cuarto</b>	2,884	576.8	144.2	72.1	18.25	90.35
<b>Quinto</b>	3,161	632.2	158.05	79	19.75	98.75

Tabla 2.6 Proyección de Ancho de Banda para clientes residenciales, con servicios compartidos.

<sup>71</sup> <http://www.claro.com.ec/wps/portal/ec/pc/personas/Internet/banda-ancha-fijo>

En la Tabla 2.7, se tiene la proyección a 5 años de la cantidad de ancho de banda total, que se va a necesitar para que el backbone funcione de manera correcta. El resultado fue obtenido luego de sumar el ancho de banda necesario de los clientes: corporativos y residenciales. En la última columna se indica el total de clientes tanto corporativos como residenciales.

<b>Año</b>	<b>Ancho de Banda Corporativo Mbps</b>	<b>Ancho de Banda Residencial Mbps</b>	<b>Ancho de Banda Total Mbps</b>	<b>Cuentas Totales</b>
<b>Inicio</b>	20	62.47	82.47	2,004
<b>Primero</b>	40	68.47	108.47	2,201
<b>Segundo</b>	76	75	151	2,420
<b>Tercero</b>	152	82.2	234.2	2,670
<b>Cuarto</b>	296	90.35	386.35	2,958
<b>Quinto</b>	580	98.75	678.75	3,306

Tabla 2.7 Proyección a 5 años del Ancho de Banda Total de la Red.

## **2.2 FRECUENCIAS DE USO PARA EL ESTÁNDAR IEEE 802.16**

El rango de frecuencias de uso para WiMAX es variado. Según el estándar, WiMAX puede trabajar tanto en áreas de uso libre del espectro de frecuencias, como en las que necesitan concesión para ello.

### **2.2.1 FRECUENCIAS WiMAX CON LÍNEA DE VISTA (LINE OF SIGHT, LOS)<sup>72</sup>**

Para conexiones con línea de vista, WiMAX puede operar en frecuencias desde 11GHz a los 60GHz, sobre el uso de estas frecuencias se basó en sus inicios el desarrollo del estándar. Al trabajar dentro de este rango de frecuencias, no se tiene interferencia con otros servicios, ya que se está dentro del espectro licenciado. Una de las desventajas de trabajar con alta frecuencia, es que se producen mayores problemas de atenuación.

Las velocidades que se pueden obtener con este sistema LOS es de 32 - 134 Mbps con canales de 28 MHz, trabajando con modulación QPSK, 16QAM y 64 QAM. El estándar WiMAX fue desarrollado para cubrir hasta 50Km de distancia,

<sup>72</sup> <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/WiMAX/ieee-802-16-standards.php>

pero actualmente los fabricantes ofrecen opciones que nos permiten alcanzar mayores distancias cercanas a los 200 Km.

### **2.2.2 FRECUENCIAS WiMAX SIN LÍNEA DE VISTA (NON LINE OF SIGHT, NLOS)**

Luego de la aparición de WiMAX para uso exclusivo con línea de vista, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE), resolvió con una corrección (IEEE 802.16a)<sup>73</sup>, estandarizar el uso de frecuencias más bajas, las cuales permiten la operación de WiMAX sin línea de vista bajo ciertas condiciones.

Para conexión de última milla, el estándar especifica que se puede usar frecuencias desde 2GHz hasta 11 GHz para topología punto a multipunto, con capacidad de interconexión entre varias estaciones base que servirán a varios usuarios.

Se debe señalar que dentro del rango de frecuencias antes mencionado, se encuentra el espectro de uso libre, por lo cual existe la probabilidad de interferencia entre algunos de los dispositivos.

Las velocidades que se pueden obtener con este tipo de conexión son de hasta 75 Mbps con canales de 20 MHz, 10MHz y 5MHz, trabajando con modulación OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64QAM.

---

<sup>73</sup> <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/WiMAX/WiMAX.php>

### 2.3 USO DE FRECUENCIAS Y POTENCIA DE TRANSMISIÓN EN ECUADOR <sup>74</sup>

En el Ecuador se encuentra vigente la RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, la cual brinda información acerca del rango de frecuencias y potencia máxima de transmisión para “Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha”, los artículos presentes en la resolución mencionada se basan en los reglamentos y recomendaciones hechas por la UIT.

“Que el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT la Nota 5.150, establece que las bandas 902 - 928 MHz, 2400 - 2500 MHz y 5725 - 5875 MHz están asignadas para aplicaciones industriales, científicas y medicas (ICM).”<sup>75</sup>

“Artículo 6. Bandas de Frecuencias.- Se aprobará la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha en las siguientes bandas de frecuencias.”<sup>76</sup>

En la Tabla 2.8 se indica el rango de frecuencias asignadas por la SENATEL en el Ecuador.

BANDA (MHz)	ASIGNACIÓN
902 - 928	ICM
2400 - 2483.5	ICM
5150 – 5250	INI
5250 – 5350	INI
5470 – 5725	INI
5725 - 5850	ICM, INI

Tabla 2.8 Asignación de frecuencias SENATEL.<sup>77</sup>

Al utilizar el rango de frecuencias que se indica en la Tabla 2.8, se tiene mayor interferencia, debido a que se encuentra dentro del espectro de frecuencias que es de uso libre. En muchos sistemas se lo utiliza, como es el caso de los 2.4 GHz

<sup>74</sup> RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec)

<sup>75</sup> RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec)

<sup>76</sup> RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec)

<sup>77</sup> RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec)

pues en esta frecuencia trabajan los sistemas WiFi, los teléfonos inalámbricos e inclusive algunos artefactos de uso doméstico como el horno microondas.

En la Tabla 2.9, se presenta la regulación de potencia máxima permitida, según el Anexo 1 de la RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005.

<b>SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA</b>				
<b>TIPO DE CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA</b>	<b>BANDAS DE OPERACIÓN (MHz)</b>	<b>POTENCIA PICO MÁXIMA DEL TRANSMISOR (mW)</b>	<b>P.I.R.E. (mW)</b>	<b>DENSIDAD DE P.I.R.E. (mW/MHz)</b>
Punto-Punto	902-928	250	---	---
Punto - Multipunto				
Móviles				
Punto-Punto	2400 – 2483.5	1000	---	---
Punto - Multipunto				
Móviles				
Punto-Punto	5150 – 5250	50 <sup>i</sup>	200	10
Punto - Multipunto				
Móviles				
Punto-Punto	5250 – 5350	---	200	10
Punto - Multipunto		250 <sup>ii</sup>	1000	50
Móviles				
Punto-Punto	5470 – 5725	250 <sup>ii</sup>	1000	50
Punto - Multipunto				
Móviles				
Punto-Punto	5725 - 5850	1000	---	---
Punto - Multipunto				
Móviles				

Tabla 2.9 Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.<sup>78</sup>

- (i) 50 mW o  $(4 + 10 \log B)$  dBm, la que sea menor.
- (ii) 250 mW o  $(11 + 10 \log B)$  dBm, la que sea menor.

<sup>78</sup> Anexo 1 RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec)

Donde:

B es el ancho de banda de emisión en MHz.

“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.”<sup>79</sup>

“Límites de Emisiones no Deseadas en las Bandas de Operación de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.”

En la Tabla 2.10, se muestra el PIRE correspondiente de cada banda de operación para sistemas de modulación de Banda Ancha en el Ecuador.

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

Tabla 2.10 Límites de Emisiones no Deseadas en las Bandas de Operación de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha 5150 – 5250 MHz, 5250 – 5350 MHz, 5470 – 5725 MHz y 5725 – 5850 MHz.

“PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente): Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia con relación a una antena isotrópica, en una dirección determinada.”<sup>80</sup>

<sup>79</sup> RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, Anexo 1, literal vii

<sup>80</sup> RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES

## **2.4 TOPOLOGÍAS DE USO EN WIMAX**

### **2.4.1 RED WIMAX CONEXIÓN PUNTO A MULTIPUNTO**

La conexión punto a multipunto, se basa principalmente en que una base central se comunica con varios dispositivos de manera simultánea, es así que estos pueden transferir información.

### **2.4.2 RED WiMAX CONEXIÓN MALLA**

Una conexión malla o mesh, como se refiere el estándar, se define como la transmisión y recepción de información, datos binarios, entre dos o más dispositivos, que se comunican todos entre si y previamente han sido configurados para soportar dicha conexión.

Para conexiones punto a punto, WiMAX está autorizado para trabajar con frecuencias de 5,4 y 5,8 GHz, estas frecuencias están dentro del espectro libre. Es por esto que se debe tener en cuenta, que puede existir interferencia con otros enlaces.

## **2.5 DEFINICIÓN DE FRECUENCIAS DE USO Y SELECCIÓN DE TOPOLOGÍA PARA LA CONEXIÓN ENTRE ISLAS Y ACCESO DE ÚLTIMA MILLA**

Para realizar la conexión entre islas, se realiza enlaces de radio entre las elevaciones de cada una de las islas: Baltra, Santa Cruz, Floreana, Isabela y San Cristóbal.

La conexión consta de una red principal, así como de un enlace de respaldo para evitar caídas del sistema, aumentando la disponibilidad del sistema y evitando la desconexión.

Para el diseño del proyecto se va a utilizar topología híbrida, una mezcla entre estrella y malla, ya que este tipo de configuración garantiza calidad de servicio.

Para evitar interferencia se utilizará la frecuencia de 5,8 Ghz, que pertenece al espectro libre. En la provincia de Galápagos esta banda no esta siendo utilizada, por lo que es perfecta para el proyecto.



cerros sobre los 500m, como es el caso del cerro Pajas y cerro Alleri, ya que son sitios de anidación de aves (Petreles o pata pegada) o de visita respectivamente.

Más adelante se explica a detalle la posición exacta de las torres para la colocación de antenas, así como la selección de las torres adecuadas, que satisfagan las necesidades para el diseño del backbone, también se proporciona la altura de las mismas, tipo de estructura, etc.

### **2.5.1 UBICACIÓN GEOREFERENCIADA DE TORRES EN LAS ISLAS<sup>82</sup>**

La Provincia de Galápagos, debido a su condición de Parque Nacional y por ser declarado Patrimonio Natural de la Humanidad, está sujeta a leyes y reglamentos para su protección. Por ello existen prohibiciones de varios tipos: importación de vehículos, migración y construcción de obras civiles. En cuanto a la colocación de torres para telecomunicaciones, está terminantemente prohibida la colocación de antenas o cualquier tipo de construcción en áreas del Parque Nacional, así como en áreas de visita.

Es por esto que existen sitios específicos para la colocación de antenas y torres las mismas que en su mayoría son compartidas. También por parte del Municipio de cada uno de los cantones de la Provincia, existe una ordenanza municipal de prohibición de construcción de obras civiles de más de 9.7m (construcción de 3 pisos). Aspecto que resulta beneficioso, pues permite que no se tengan obstáculos de importancia para el diseño de la red y proporciona mejores condiciones para el funcionamiento de los enlaces.

---

<sup>82</sup> Consejo de Gobierno para el Régimen Especial de Galápagos

### 2.5.1.1 Santa Cruz

En la Figura 2.5, se presenta el perfil topográfico de la isla Santa Cruz.

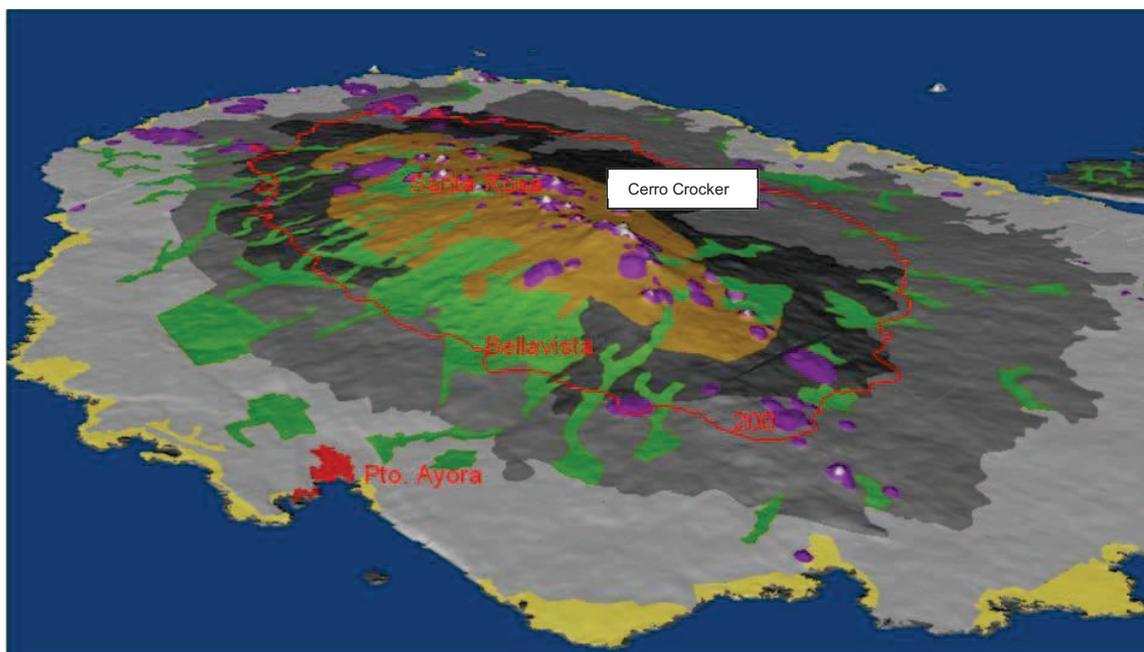


Figura 2.5 Perfil topográfico, isla Santa Cruz.<sup>83</sup>

En la Figura 2.6, indica el perfil de la isla Santa Cruz.



Figura 2.6 Perfil de la isla Santa Cruz.

---

<sup>83</sup> Ing. Danny Sánchez, CGREG.

En la Figura 2.7, se indica la posición de dos elevaciones en la isla Santa Cruz, en las que se encuentran ubicadas las torres para telecomunicaciones.



Figura 2.7 Torre Cerro Crocker y Cerro La Vertiente.<sup>84</sup>

En la Tabla 2.12, se presenta la localización georeferenciada de cada torre, en conjunto con algunas características importantes.

Nombre Elevación	Tipo de Torre	Altitud		Coordenadas Geográficas	
		Geográfica	Torre	Latitud	Longitud
Cerro Crocker	No Auto soportada	823 msnm	30m	0°38'36,34"S	90°19'55,46"O
Cerro La Vertiente	Auto soportada	669msnm	45m	0°37'14,58"S	90°22'56,2"O

Tabla 2.12 Ubicación Geográfica de la Torre.

<sup>84</sup> Google Earth

En la Figura 2.8 y Figura 2.9, se muestran las torres de comunicaciones ubicadas en el cerro La Vertiente.



Figura 2.8 Ubicación de torres en el cerro de la Vertiente.



Figura 2.9 Fotografía de las torres en el Cerro de la Vertiente.

De las torres disponibles para realizar el enlace, se seleccionó la torre ubicada en cerro Crocker, debido a que es la elevación más alta, lo que facilita el enlace y permite evitar obstrucciones. Además se encuentra unos metros más cerca de la población.

### 2.5.1.2 Baltra

En la Figura 2.10, se indica el perfil de la isla Baltra.



Figura 2.10 Perfil de la isla Baltra.

En la Figura 2.11, se indica el cruce del Canal de Itabaca.



Figura 2.11 Canal de Itabaca.

En la Figura 2.12, se muestra la posición de la torre para telecomunicaciones en la Isla Baltra.

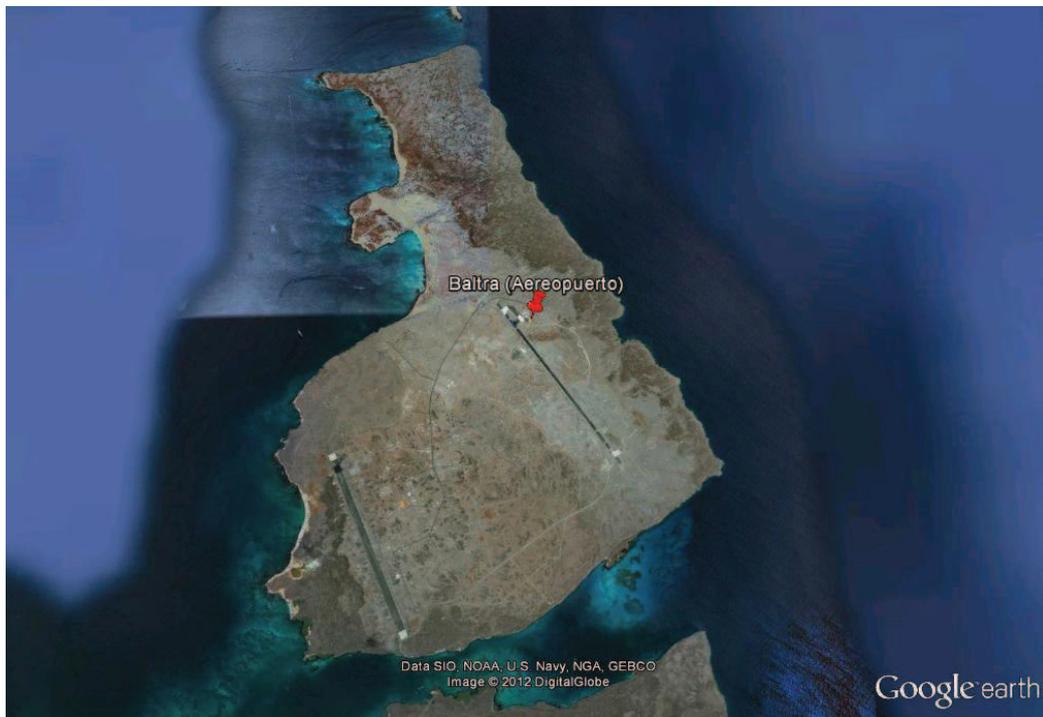


Figura 2.12 Torre Aeropuerto.<sup>85</sup>

En la Tabla 2.13, se muestra la localización georeferenciada de la torre en Baltra, en conjunto con otras características importantes.

Nombre Elevación	Tipo de Torre	Altitud		Coordenadas Geográficas	
		Geográfica	Torre	Latitud	Longitud
Aeropuerto Baltra	No Auto soportada	47 msnm	20m	0°26'46,25"S	90°16'08,14"O

Tabla 2.13 Ubicación Geográfica de la Torre.

<sup>85</sup> Google Earth

En la Figura 2.13, se puede observar la torre de comunicaciones perteneciente al Consejo de Gobierno para el Régimen Especial de Galápagos (CGREG), en el Aeropuerto de Baltra.



Figura 2.13 Fotografía de la Torre Aeropuerto perteneciente al CGREG.

En la Figura 2.14, se puede observar el mástil para comunicaciones que pertenece a la CNT E.P, el cual mide aproximadamente 15 m.

Por lo que se ha seleccionado la torre del CGREG, por ser más alta y tener una mejor estructura.



Figura 2.14 Fotografía del Mástil Aeropuerto perteneciente a la CNT EP.

### 2.5.1.3 Isabela

En la Figura 2.15, se muestra el perfil de Isabela.



Figura 2.15 Perfil de Isabela.

En la Figura 2.16, se muestra el perfil de Isabela, visto desde el Muro de las Lágrimas.



Figura 2.16 Perfil de Isabela, visto desde el Muro de las Lágrimas.

En la Figura 2.17, se muestra la posición de dos elevaciones en la isla Isabela en las que se encuentran ubicadas las torres para telecomunicaciones.



Figura 2.17 Torres en Isabela.<sup>86</sup>

En la Tabla 2.14 se muestra la localización georeferenciada de las torres la isla Isabela, en conjunto con otras características.

Nombre Elevación	Tipo de Torre	Altitud		Coordenadas Geográficas	
		Geográfica	Torre	Latitud	Longitud
La Esperanza	Auto soportada	319 msnm	60m	0°51'19,86"S	91°01'27,72"O
El cura	Auto soportada	875 msnm	20m	0°50'13,00"S	91°5'26,00"O

Tabla 2.14 Ubicación Geográfica de las Torre Isabela.

En la Figura 2.18, se observa el mástil colocado en el Cerro el Cura.



Figura 2.18 Ubicación del mástil en el cerro el Cura.

<sup>86</sup> Google Earth

En la Figura 2.19, se observa la torre ubicada en la Esperanza.



Figura 2.19 Ubicación de la torre de la Esperanza, parroquia Santo Tomás.

La torre seleccionada para el diseño del backbone, es la torre del cerro el Cura. Por cumplir con mejores condiciones para el enlace, pues se encuentra en una elevación de mayor altura.

#### **2.5.1.4 Floreana**

En la Figura 2.20 , se muestra el perfil de la isla Floreana.



Figura 2.20 Perfil de Floreana.

En la Figura 2.21, perfil de la Isla Floreana, visto desde la Lobería.



Figura 2.21 Perfil de la Isla Floreana, visto desde la Lobería.

En la Figura 2.22, se muestra la ubicación de la torre que en la isla Floreana.



Figura 2.22 Torre Floreana.<sup>87</sup>

---

<sup>87</sup> Google Earth

En la Tabla 2.15 se muestra la localización georeferenciada de la torre en la isla Floreana, en conjunto con otras características importantes.

Nombre Elevación	Tipo de Torre	Altitud		Coordenadas Geográficas	
		Geográfica	Torre	Latitud	Longitud
Floreana	No Auto soportada	7 msnm	30m	1°16'25,90"S	90°29'16,61"O

Tabla 2.15 Ubicación Geográfica de la Torre.

En la Figura 2.23, se indica la única torre existente en el puerto.



Figura 2.23 Torre en Puerto Velasco Ibarra (Floreana).

Para el enlace de Floreana se escogió la única torre que se encuentra en el puerto.

### 2.5.1.5 San Cristóbal

En la Figura 2.24, se muestra el perfil de la isla San Cristóbal.



Figura 2.24 Perfil de la isla San Cristóbal.

En la Figura 2.25, se muestra el perfil del cerro San Joaquín.



Figura 2.25 Perfil del cerro San Joaquín.

En la Figura 2.26, se aprecia la posición de tres torres dentro de la isla San Cristóbal.



Figura 2.26 Torres San Cristóbal.<sup>88</sup>

En la Tabla 2.16 se muestra la localización georeferenciada permitida para la ubicación de las torres en la isla de San Cristóbal.

Nombre Elevación	Tipo de Torre	Altitud		Coordenadas Geográficas	
		Geográfica	Torre	Latitud	Longitud
Cerro Patricio	No Auto soportada	61 msnm	30m	0°54'22,27"S	89°36'16,15"O
Cerro del Niño	Auto soportada	581 msnm	20m	0°54'13"S	89°31'16"O
Cerro San Joaquín	No Auto soportada	637 msnm	30m	0°53'51,93"S	89°31'03,30"O

Tabla 2.16 Ubicación Geográfica de las Torres.

<sup>88</sup> Google Earth

En la Figura 2.27, se muestra las torres ubicadas en el cerro el Niño.



Figura 2.27 Fotografía del cerro del Niño.

En la Figura 2.28, se muestra la torre ubicada en el cerro San Joaquín.

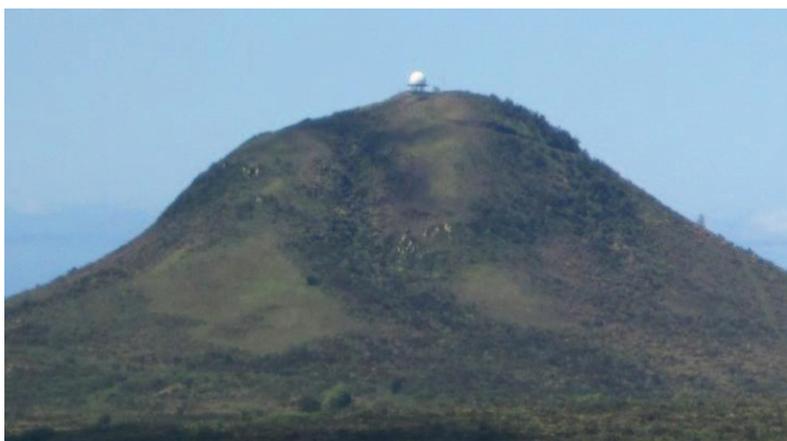


Figura 2.28 Fotografía del cerro San Joaquín.

La torre seleccionada para el enlace en San Cristóbal, es la torre del cerro de San Joaquín, pues se encuentra en la elevación más alta de toda la isla, evitando obstrucciones de consideración.

### **2.5.2 ÁREAS GEOGRÁFICAS EN LAS QUE SE OFRECERÁ EL SERVICIO PARA LOS CLIENTES DE ÚLTIMA MILLA**

Para el diseño es muy importante ubicar los sitios específicos a los cuales se ofrecerá el servicio, es por ello que se delimitó el área geográfica a cubrir por el diseño. En el caso de la Provincia de Galápagos, la mayor parte de la población se encuentra asentada en los puertos principales de cada isla.

### 2.5.2.1 Santa Cruz

En la Figura 2.29, se muestra el área en la que se ofrecerá el servicio en Puerto Ayora, en la isla Santa Cruz.



Figura 2.29 Área en la que se ofrecerá el servicio en Puerto Ayora.<sup>89</sup>

### 2.5.2.2 Baltra

En la Figura 2.30, se muestra el área en la que se ofrecerá el servicio en el Aeropuerto de Baltra.



Figura 2.30 Área en la que se ofrecerá el servicio en Baltra.<sup>90</sup>

---

<sup>89</sup> Google Earth

<sup>90</sup> Google Earth

### 2.5.2.3 Isabela

En la Figura 2.31, se muestra el área en la que se ofrecerá el servicio para Puerto Villamil en Isabela.



Figura 2.31 Área en la que se ofrecerá el servicio en Puerto Villamil.<sup>91</sup>

### 2.5.2.4 Floreana

En la Figura 2.32, se muestra el área en la que se ofrecerá el servicio para Puerto Velasco Ibarra, en la isla Floreana.



Figura 2.32 Área en la que se ofrecerá el servicio Puerto Velasco Ibarra.<sup>92</sup>

<sup>91</sup> Google Earth.

<sup>92</sup> Google Earth.

### 2.5.2.5 San Cristóbal

En la Figura 2.33, se muestra el área en la que se ofrecerá el servicio para Puerto Baquerizo Moreno, en la isla San Cristóbal.



Figura 2.33 Área en la que se ofrecerá el servicio Puerto Baquerizo Moreno.<sup>93</sup>

## 2.6 CÁLCULOS TEÓRICOS PARA LOS RADIOENLACES

En la Figura 2.34, se muestra los radioenlaces los cuales se encuentran numerados.

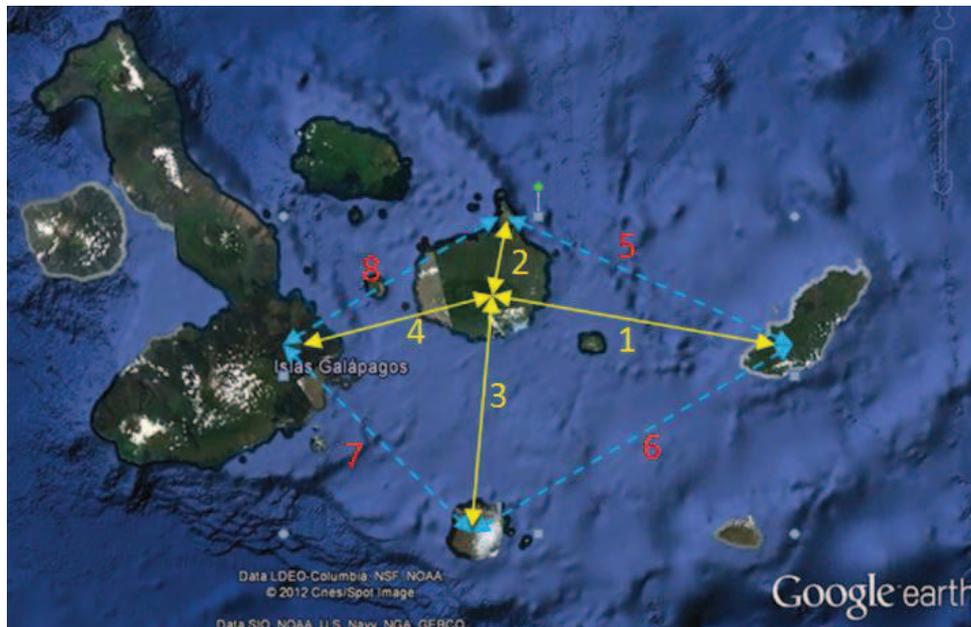


Figura 2.34 Radioenlace para Provincia de Galápagos.<sup>94</sup>

<sup>93</sup> Google Earth.

En la Tabla 2.17, se indica detalladamente los radioenlaces a ser diseñados.

ENLACE		#	RED
Cerro Crocker (Santa Cruz)	Cerro San Joaquín (San Cristóbal)	1	<b>PRINCIPAL</b>
Cerro Crocker (Santa Cruz)	Baltra	2	
Cerro Crocker (Santa Cruz)	Floreana	3	
Cerro Crocker (Santa Cruz)	Cerro El Cura (Isabela)	4	
Baltra	Cerro San Joaquín (San Cristóbal)	5	<b>RESPALDO</b>
Cerro San Joaquín (San Cristóbal)	Floreana	6	
Floreana	Cerro El Cura (Isabela)	7	
Cerro El Cura (Isabela)	Baltra	8	

Tabla 2.17 Radioenlaces entre islas.

Los cálculos teóricos para el diseño de los enlaces son necesarios, pues permiten conocer si existirá algún inconveniente en su construcción y en caso de encontrar alguno, buscar una solución tecnológica adecuada, que permita solventar el inconveniente. Una de las ventajas que tienen las islas Galápagos, es no tener en sus zonas pobladas elevaciones de gran altura que causen obstrucción a los enlaces.

Más adelante se estudia las zonas de Fresnel, ya que la primera zona debe cumplir con la condición mínima de 60% de despeje para que el radioenlace funcione.

---

<sup>94</sup> Google Earth.

### 2.6.1 CÁLCULO DE DISTANCIA PARA RADIOENLACES ENTRE ISLAS

La Ecuación 2.6, permite calcular la distancia entre los puntos **A** y **B** teniendo como datos: la longitud, latitud y altura de dichos puntos.

$$D = \sqrt{(\Delta Lat * 111)^2 + (\Delta Long * 111)^2 + (\Delta h)^2} [Km]$$

Ecuación 2.6 Cálculo de la distancia entre dos puntos.

Donde:

$$D = \text{Distancia}$$

$$\Delta Lat = \text{Latitud A} - \text{Latitud B} \quad \text{Ecuación 2.7 Variación de Latitud.}$$

$$\Delta Long = \text{Longitud A} - \text{Longitud B} \quad \text{Ecuación 2.8 Variación de Longitud.}$$

$$\Delta h = \text{Altura A} - \text{Altura B} \quad \text{Ecuación 2.9 Variación de altura.}$$

Antes de comenzar a calcular se deben transformar las coordenadas (latitud y longitud) que se encuentran en grados, minutos y segundos a Kilómetros para ello se multiplica por el factor 111Km, que es su equivalente en distancia.<sup>95</sup>

#### Cálculo de distancia entre Cerro Crocker (Santa Cruz) y Cerro San Joaquín (San Cristóbal).

En la Tabla 2.18, se presenta los datos para realizar el cálculo de distancia.

	<b>Cerro Crocker</b>	<b>Cerro San Joaquín</b>
<b>Latitud</b>	0°38'36.34"S	0°53'51,93"
<b>Longitud</b>	90°19'55,46"O	89°31'03,30"O
<b>Altura</b>	823msnm	637msnm

Tabla 2.18 Datos Longitud, Latitud, Altura para enlace Santa Cruz-San Cristóbal.

Usando las ecuaciones: Ecuación 2.7, Ecuación 2.8 y Ecuación 2.9:

$$D = \sqrt{(\Delta Lat * 111)^2 + (\Delta Long * 111)^2 + (\Delta h)^2} [Km]$$

$$\Delta Lat = \text{Latitud A} - \text{Latitud B}$$

$$\Delta Lat = 0°38'36.34'' - 0°53'51,93''$$

$$\Delta Lat = - 0°15'15.59''$$

$$\Delta Long = \text{Longitud A} - \text{Longitud B}$$

$$\Delta Long = 90°19'55,46'' - 89°31'3,30''$$

$$\Delta Long = 0°48'52,16''$$

$$\Delta h = \text{Altura A} - \text{Altura B}$$

<sup>95</sup> <http://www.clubdelamar.org/paralelos.html>

$$\Delta h = 823m - 637m$$

$$\Delta h = 186m \equiv 0.186Km$$

$$D = \sqrt{(\Delta Lat * 111)^2 + (\Delta Long * 111)^2 + (\Delta h)^2}$$

$$D = \sqrt{(-0^{\circ}15'15.59'' * 111)^2 + (0^{\circ}48'52,16'' * 111)^2 + (0.186)^2}$$

$$D = 94,7136[Km]$$

En la Tabla 2.19, se observa el resultado del cálculo de la distancia para todos los enlaces.

Enlace	Elevación	Latitud	Longitud	Altura msnm	$\Delta$ Latitud	$\Delta$ Longitud	$\Delta$ h (Km)	Distancia (Km)
Santa Cruz San Cristóbal	Cerro Crocker	0°38'36.34"S	90°19'55,46"O	823	- 0°15'15.59"	0°48'52,16"	0,186	94,714
	Cerro San Joaquín	0°53'51,93"S	89°31'03,30"O	637				
Santa Cruz Baltra	Cerro Crocker	0°38'36.34"S	90°19'55,46"O	823	0°11'50,09"	0°3'47,32"	0,776	23,00
	Baltra	0°26'46,25"S	90°16'8,14"O	47				
Santa Cruz Floreana	Cerro Crocker	0°38'36.34"S	90°19'55,46"O	823	-0°37'49,56"	-0°9'21,15"	0,816	72,08
	Floreana	1°16'25,90"S	90°29'16,61"O	7				
Santa Cruz Isabela	Cerro Crocker	0°38'36.34"S	90°19'55,46"O	823	0°12'36,66"	0°45'30,54"	0,052	87,365
	Cerro El Cura	0°50'13"S	91°5'26"O	875				
San Cristóbal Baltra	Cerro San Joaquín	0°53'51,93"S	89°31'03,30"O	637	0°27'5,68"	-0°45'4,84"	0,590	97,305
	Baltra	0°26'46,25"S	90°16'8,14"O	47				
San Cristóbal Floreana	Cerro San Joaquín	0°53'51,93"S	89°31'03,30"O	637	-0°22'33,97"	-0°58'13,31"	0,630	115,519
	Floreana	1°16'25,90"S	90°29'16,61"O	7				
Isabela Floreana	Cerro El Cura	0°50'13"S	91°5'26"O	875	-0°26'12,9"	0°36'9,39"	0,868	82,625
	Floreana	1°16'25,90"S	90°29'16,61"O	7				
Isabela Baltra	Cerro El Cura	0°50'13"S	91°5'26"O	875	0°23'26,75"	0°49'17,86"	0,828	100,993
	Baltra	0°26'46,25"S	90°16'8,14"O	47				

Tabla 2.19 Distancia para Radioenlaces entre islas.

## 2.6.2 DETERMINACIÓN DE LA RED PRINCIPAL Y RESPALDO PARA EL BACKBONE INALÁMBRICO

Al realizar una comparación de las distancias en la Tabla 2.19, se ha elegido como punto central para los enlaces de la red principal a la Isla Santa Cruz (Cerro Crocker), debido a que las distancias entre ésta isla y las otras por su posición geográfica es menor. La isla Santa Cruz no posee volcanes activos, evitando problemas para la red debido a erupciones volcánicas.

En la Tabla 2.20, se indica los cálculos de distancia entre el cerro Crocker y las torres disponibles en las otras islas.

Isla	San Cristóbal / Cerro San Joaquín	Isabela / Cerro El Cura	Floreana / Puerto Velasco Ibarra	Baltra
Santa Cruz / Cerro Crocker	94,71 Km	87,36 Km	72 Km	23 Km

Tabla 2.20 Red principal.

En la Tabla 2.21, se indica las distancias para la red de respaldo.

Radioenlaces	Distancia
Cerro San Joaquín / Floreana	115 Km
Floreana / Cerro El Cura	83 Km
Cerro El Cura / Baltra	100 Km
Baltra / Cerro San Joaquín	97 Km

Tabla 2.21 Red secundaria.

## 2.6.3 CÁLCULO DE PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE (PATHLOSS) PARA LOS RADIOENLACES DE LA RED PRINCIPAL Y DE RESPALDO

Con la Ecuación 2.10, se calcula la pérdida por espacio libre para cada uno de los radioenlaces.

$$L_p = 32.4 + 20 \log f_{(MHz)} + 20 \log D_{(Km)}$$

Ecuación 2.10 Cálculo de Pathloss.<sup>96</sup>

<sup>96</sup> Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador

D: es la distancia en kilómetros entre los puntos que va a realizarse el enlace.

F: es la frecuencia en MHz para el enlace.

Para el diseño como ya se mencionó anteriormente se va a trabajar en la banda de frecuencia de 5725 MHz – 5850 MHz, cuya frecuencia central es 5787,5 MHz.

Cálculo de pérdidas por espacio libre para el radioenlace: cerro Crocker – cerro San Joaquín.

Usando la Ecuación 2.10 y la Tabla 2.20, se precede a calcular:

$$L_p = 32.4 + 20 \log f_{(MHz)} + 20 \log D_{(Km)}$$

$$L_p = 32.4 + 20 \log(5787,5MHz) + 20 \log(94,71Km)$$

$$L_p = 147,17dB$$

En la Tabla 2.22, se indica el resultado de las pérdidas por espacio libre de los radioenlaces para la red principal. Para el cálculo se utilizó los datos de la Tabla 2.20.

Isla	San Cristóbal / Cerro San Joaquín	Isabela / Cerro El Cura	Floreana / Puerto Velasco Ibarra	Baltra
Santa Cruz / Cerro Crocker	94,71 Km	87,36 Km	72 Km	23 Km
<b>Pérdidas Por Espacio Libre (dB)</b>	147,17 dB	146,47 dB	144,79 dB	134,88 dB

Tabla 2.22 Pérdidas por espacio libre, radioenlaces red principal.

En la Tabla 2.23, se indica el resultado de las pérdidas por espacio libre de los radioenlaces para la red de respaldo. Para el cálculo se utilizó los datos de la Tabla 2.21.

Lugares	Distancia	Pérdidas Por Espacio Libre (dB)
Cerro San Joaquín / Floreana	115 Km	148,86 dB
Floreana / Cerro El Cura	82 Km	145,9 dB
Cerro El Cura / Baltra	100 Km	147,64 dB
Baltra / Cerro San Joaquín	97 Km	147,38 dB

Tabla 2.23 Pérdidas por espacio libre, radioenlaces red secundaria.

#### 2.6.4 PÉRDIDAS POR LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Estas pérdidas dependen directamente de la distancia a la cual el cable esté conectado. Teniendo una pérdida típica de 0,1 dB/m<sup>97</sup> para cable coaxial.

En la Tabla 2.24, se presentan datos referentes a la altura y al tipo de infraestructura que tienen las torres, en las que irán colocadas las antenas para transmisión y recepción.

<b>Isla</b>	<b>Tipo de Torre</b>	<b>Altura Sobre Nivel Del Mar</b>	<b>Altura Torre Base/Cima</b>
SAN CRISTÓBAL Cerro San Joaquín	No Auto soportada	637 msnm	30m
ISABELA Cerro el Cura	Auto soportada	875 msnm	20m
BALTRA	No Auto soportada	47 msnm	20m
SANTA CRUZ Cerro Crocker	No Auto soportada	823 msnm	30m
FLOREANA	No Auto soportada	7 msnm	30m

Tabla 2.24 Altura y Tipo de Torre en cada isla.

En la Tabla 2.25, se realiza el cálculo de pérdidas por líneas de transmisión, que consiste en la pérdida máxima de los cables debido a la altura que irá colocada la antena.

<b>Isla</b>	<b>Lugar</b>	<b>Altura Torre Base/Cima</b>	<b>Pérdida dB</b>
San Cristóbal	Cerro San Joaquín	30m	3
Isabela	Cerro El Cura	60m	6
Baltra	Aeropuerto Baltra	15m	1.5
Santa Cruz	Cerro Crocker	30m	3
Floreana	Floreana	30m	3

Tabla 2.25 Pérdida por líneas de transmisión en dB.

#### 2.6.5 PÉRDIDAS POR CONECTORES

Cuando se conectan dos tramos de cable, se produce una pérdida, debido a que los conectores son mecánicos. Por lo tanto la unión no es perfecta y se ocasionan pérdidas de energía a las que se denomina “pérdida por conectores”, cuyo valor

<sup>97</sup> Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador

típico varía entre décimas de dB hasta 1 dB por conector.<sup>98</sup> Es así que al usar dos conectores se tiene una pérdida de 2dB por antena.

## 2.6.6 CÁLCULO DE POTENCIAS PARA EL SISTEMA

### 2.6.6.1 Potencia de Recepción

En la Ecuación 2.11, se indica los cálculos para la potencia de recepción.

$$P_{R_x(\text{dBm})} = P_{T_x(\text{dBm})} + G_{T_x(\text{dBi})} + G_{R_x(\text{dBi})} - L_{T_x(\text{dB})} - L_P(\text{dBi}) - L_{R_x(\text{dBi})} - L_D(\text{dB})$$

Ecuación 2.11 Cálculo de la potencia de recepción.<sup>99</sup>

Donde:

$P_{T_x(\text{dBm})}$  Potencia de Transmisión.

$G_{T_x(\text{dBi})}$  Ganancia de Transmisión.

$G_{R_x(\text{dBi})}$  Ganancia de Recepción.

$L_{T_x(\text{dB})}$  Pérdidas en el transmisor = Pérdidas en Cables + Pérdidas en Conectores

Ecuación 2.12 Cálculo de pérdidas en el transmisor.<sup>100</sup>

$L_P(\text{dBi})$  Pérdidas por Espacio Libre (*Pathloss*).

$L_{R_x(\text{dBi})}$  Pérdidas en el Receptor = Pérdidas en Cables + Pérdidas en Conectores

Ecuación 2.13 Cálculo de pérdidas en el receptor.<sup>101</sup>

$L_D(\text{dB}) =$  Pérdidas por obstáculos.

### 2.6.6.2 Potencia de Transmisión

En este caso la potencia máxima permitida para la frecuencia de 5.8 GHz, según la resolución 417-15-CONATEL-2005 es de 1000 mW.

Al aplicar la transformación de mW a dBm se tiene:

$$XdBm = 10 * \log_{10}(xmW)$$

Ecuación 2.14 Transformación de miliwatios a dBm.<sup>102</sup>

$$XdBm = 10 * \log_{10}(1000mW) = 30dBm$$

Es así que se tiene una potencia máxima de transmisión de 30dBm.

<sup>98</sup> Tomasi W (2003), Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (4ta Ed), México, Pearson, Págs. 462, 463.

<sup>99</sup> Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador

<sup>100</sup> Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador

<sup>101</sup> Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador

<sup>102</sup> Hidalgo P.(2010), Comunicación Digital texto de Clase, Quito, Ecuador, Pág. 8

### 2.6.6.3 Ganancia de Transmisión

La ganancia permitida según la resolución 417-15-CONATEL-2005 para la frecuencia seleccionada es de 23dBi.

Según el artículo 31 inciso 4 literal “e” de la Ley de Régimen Especial para Galápagos, son atribuciones de la Secretaria Técnica del Consejo de Gobierno, determinar los niveles de contaminación y radiación permitidos en la Provincia. Por lo tanto los niveles de Ganancia permitidos son valores superiores a 30 dBi, para las redes inalámbricas existentes en las islas.

La ganancia en recepción se rige por los mismos parámetros que en la ganancia de transmisión, por lo tanto las fórmulas matemáticas para el cálculo de pérdidas y potencia son las mismas.

### 2.6.6.4 Pérdidas en el Transmisor

Usando la Ecuación 2.12, se obtiene como resultado las pérdidas en el transmisor.

$$L_{Tx(dB)} \text{ Pérdidas en el transmisor} = \text{Pérdidas en Cables} + \text{Pérdidas en Conectores}$$

En la Tabla 2.26, se muestran los resultados del cálculo de las pérdidas en el transmisor.

Isla	Pérdida en Cables dB	Pérdida en Conectores dB	Pérdida Total dB
SAN CRISTÓBAL Cerro San Joaquín	3	2	5
ISABELA Cerro el Cura	6	2	8
BALTRA	1.5	2	3.5
SANTA CRUZ Cerro Crocker	3	2	5
FLOREANA	3	2	5

Tabla 2.26 Pérdida total en cada nodo.

### 2.6.6.5 Cálculo de Potencia de Recepción

Para el cálculo de potencia de recepción, se usa la Ecuación 2.11, en el enlace Santa Cruz San Cristóbal.

$$P_{Rx(dBm)} = P_{Tx(dBm)} + G_{Tx(dBi)} + G_{Rx(dBi)} - L_{Tx(dB)} - L_P(dBi) - L_{Rx(dBi)} - L_D(dB)$$

$$P_{Rx(dBm)} = 30dBm + 32dBi + 32dBi - 5dB - 147,17dB - 5dB = -63,17dBm$$

En la Tabla 2.27, se muestran los resultados del cálculo de la potencia de recepción para todos los enlaces de la red principal.

<b>Enlace</b>	<b>Lugares</b>	<b>P<sub>RX</sub> dBm</b>	<b>P<sub>RX</sub> nW</b>
Santa Cruz San Cristóbal	Cerro Crocker Cerro San Joaquín	-63,17	481,94
Santa Cruz Isabela	Cerro Crocker Cerro El Cura	-65,47	283,79
Santa Cruz Floreana	Cerro Crocker Puerto Velasco Ibarra	-60,79	833,68
Santa Cruz Baltra	Cerro Crocker Baltra	-49,38	11543,53

Tabla 2.27 Resultado Cálculo de Potencia de Recepción para la red principal.

En la Tabla 2.28, se muestran los resultados del cálculo de la potencia de recepción para todos los enlaces de la red de respaldo.

<b>Enlace</b>	<b>Lugares</b>	<b>P<sub>RX</sub> dBm</b>	<b>P<sub>RX</sub> nW</b>
San Cristóbal Floreana	Cerro San Joaquín Floreana	-64,86	326,58
Floreana Isabela	Floreana Cerro El Cura	-64,9	323,59
Isabela Baltra	Cerro El Cura Baltra	-65,14	306,19
Baltra San Cristóbal	Baltra Cerro San Joaquín	-61,88	648,63

Tabla 2.28 Resultado Cálculo de Potencia de Recepción para la red de respaldo.

## **2.7 APUNTAMIENTO DE ANTENAS PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE ISLAS**

### **2.7.1 ÁNGULO DE ELEVACIÓN DE LAS ANTENAS UBICADAS EN CADA ISLA**

Utilizando la Ecuación 2.15, se calcula el ángulo de elevación necesario para cada antena.

$$\sin \alpha = \frac{\Delta h}{D}$$

Ecuación 2.15 Cálculo del ángulo de elevación. <sup>103</sup>

<sup>103</sup> Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador

Cálculo de ángulo de elevación de las antenas para el enlace Santa Cruz-San Cristóbal, usando la Ecuación 2.15:

$$\sin \alpha = \frac{\Delta h}{D} = \frac{0.186}{94.7136} = 0.0019638$$

$$\alpha \approx 0^\circ$$

En la Tabla 2.29, se puede observar el valor del ángulo de elevación, para cada una de las antenas que formaran los enlaces necesarios para el backbone.

Enlace	Elevación	Altura (msnm)	$\Delta h$ (Km)	Distancia (Km)	Ángulo de Elevación
Santa Cruz San Cristóbal	Cerro Crocker	823	0,186	94,714	0°
	Cerro San Joaquín	637			
Santa Cruz Baltra	Cerro Crocker	823	0,776	23	1°
	Baltra	47			
Santa Cruz Floreana	Cerro Crocker	823	0,816	72,08	0°
	Floreana	7			
Santa Cruz Isabela	Cerro Crocker	823	0,052	87,365	0°
	Cerro El Cura	875			
San Cristóbal Baltra	Cerro San Joaquín	637	0,590	97,305	0°
	Baltra	47			
San Cristóbal Floreana	Cerro San Joaquín	637	0,630	115,519	0°
	Floreana	7			
Isabela Floreana	Cerro El Cura	875	0.868	82,624	0°
	Floreana	7			
Isabela Baltra	Cerro El Cura	875	0,828	100,993	0°
	Baltra	47			

Tabla 2.29 Ángulo de elevación de Antenas para conexión entre islas.

## 2.7.2 ÁNGULO DE APUNTAMIENTO DE LAS ANTENAS

Con la Ecuación 2.16, se calcula el ángulo de apuntamiento que deberán tener las antenas para los enlaces entre islas.

$$\theta = \arctan \frac{\Delta \text{latitud}}{\Delta \text{longitud}}$$

Ecuación 2.16 Cálculo del ángulo de apuntamiento para la antena. <sup>104</sup>

<sup>104</sup> Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador

Cálculo del ángulo de apuntamiento para el radioenlace Santa Cruz-San Cristóbal, usando la Ecuación 2.16:

$$\theta = \arctan \frac{\Delta \text{latitud}}{\Delta \text{longitud}} = \arctan \frac{-0^{\circ}15'15.59''}{0^{\circ}48'52.16''} = 17^{\circ}20'28.98''$$

En la Tabla 2.30, se indica los resultados de cálculo del ángulo de apuntamiento para los radioenlaces.

Enlace	Elevación	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	$\Delta \text{Latitud}$	$\Delta \text{Longitud}$	Ángulo de Apuntamiento
Santa Cruz San Cristóbal	Cerro Crocker	0°38'36.34"S	90°19'55,46"O	823	-0°15'15.59"	0°48'52.16"	-17°20'28.98"
	Cerro San Joaquín	0°53'51,93"S	89°31'03,30"O	637			162°39'31"
Santa Cruz Baltra	Cerro Crocker	0°38'36.34"S	90°19'55,46"O	823	0°11'50.09"	0°3'47.32"	72°14'55.15"
	Baltra	0°26'46,25"S	90°16'8,14"O	47			252°14'55.1"
Santa Cruz Floreana	Cerro Crocker	0°38'36.34"S	90°19'55,46"O	823	-0°37'49.56"	-0°9'21.15"	76°6'43.62"
	Floreana	1°16'25,90"S	90°29'16,61"O	7			256°6'43.62"
Santa Cruz Isabela	Cerro Crocker	0°38'36.34"S	90°19'55,46"O	823	-0°11'36.66"	-0°45'30.54"	14°18'46.39"
	Cerro El Cura	0°50'13"S	91°5'26"O	875			194°18'46.39"
San Cristóbal Baltra	Cerro San Joaquín	0°53'51,93"S	89°31'03,30"O	637	0°27'5.68"	-0°45'4.84"	-31°0'25.11"
	Baltra	0°26'46,25"S	90°16'8,14"O	47			148°59'34.8"
San Cristóbal Floreana	Cerro San Joaquín	0°53'51,93"S	89°31'03,30"O	637	-0°22'33.97"	-0°58'13.31"	21°11'8.89"
	Floreana	1°16'25,90"S	90°29'16,61"O	7			210°33'27.30"
Isabela Floreana	Cerro El Cura	0°50'13"S	91°5'26"O	875	-0°26'12,9"	0°36'9,39"	-35°56'37.35"
	Floreana	1°16'25,90"S	90°29'16,61"O	7			144°3'22.65"
Isabela Baltra	Cerro El Cura	0°50'13"S	91°5'26"O	875	0°23'26,75"	0°49'17,86"	25°26'8.27"
	Baltra	0°26'46,25"	90°16'8,14"O	47			205°26'8.27"

Tabla 2.30 Ángulo de apuntamiento de antenas para conexión entre islas.

### 2.7.3 ÁNGULO DE AZIMUT PARA LAS ANTENAS DE LOS RADIOENLACES

Con la Ecuación 2.17, se calcula el ángulo de azimut que tienen las antenas para los enlaces entre islas.

$$A_z = 90^{\circ} + |\theta|$$

Ecuación 2.17 Cálculo del ángulo de Azimut. <sup>105</sup>

<sup>105</sup> Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador

Cálculo de Azimut para el radioenlace Santa Cruz-San Cristóbal. Usando la Ecuación 2.17:

$$A_z = 90^\circ + |\theta| = 90^\circ + 17^\circ 20' 28.98'' = 107^\circ 20' 28.98''$$

En la Tabla 2.31, se muestran los resultados de los cálculos de azimut para cada caso.

Enlace	Elevación	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	$ \theta $	Azimut
Santa Cruz San Cristóbal	Cerro Crocker	0°38'36.34"S	90°19'55,46"O	823	17°20'28.98"	107°20'28.98"
	Cerro San Joaquín	0°53'51,93"S	89°31'03,30"O	637	162°39'31"	252°39'31"
Santa Cruz Baltra	Cerro Crocker	0°38'36.34"S	90°19'55,46"O	823	72°14'55.15"	162°14'55.15"
	Baltra	0°26'46,25"S	90°16'8,14"O	47	252°14'55.1"	342°14'55.1"
Santa Cruz Floreana	Cerro Crocker	0°38'36.34"S	90°19'55,46"O	823	76°6'43.62"	166°6'43.62"
	Floreana	1°16'25,90"S	90°29'16,61"O	7	256°6'43.62"	346°6'43.62"
Santa Cruz Isabela	Cerro Crocker	0°38'36.34"S	90°19'55,46"O	823	14°18'46.39"	104°18'46.39"
	Cerro El Cura	0°50'13"S	91°5'26"O	875	194°18'46.39"	284°18'46.39"
San Cristóbal Baltra	Cerro San Joaquín	0°53'51,93"S	89°31'03,30"O	637	31°0'25.11"	121°0'25.11"
	Baltra	0°26'46,25"S	90°16'8,14"O	47	148°59'34.8"	238°59'34.8"
San Cristóbal Floreana	Cerro San Joaquín	0°53'51,93"S	89°31'03,30"O	637	21°11'8.89"	111°11'8.89"
	Floreana	1°16'25,90"S	90°29'16,61"O	7	210°33'27.30"	300°33'27.30"
Isabela Floreana	Cerro El Cura	0°50'13"S	91°5'26"O	875	35°56'37.35"	125°56'37.35"
	Floreana	1°16'25,90"S	90°29'16,61"O	7	144°3'22.65"	234°3'22.65"
Isabela Baltra	Cerro El Cura	0°50'13"S	91°5'26"O	875	25°26'8.27"	115°26'8.27"
	Baltra	0°26'46,25"S	90°16'8,14"O	47	205°26'8.27"	295°26'8.27"

Tabla 2.31 Azimut de Antenas para conexión entre islas.

#### 2.7.4 SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR (MARGEN UMBRAL)<sup>106</sup>

En las comunicaciones inalámbricas, se necesita de un mínimo de señal para poder trabajar de manera adecuada. Este parámetro viene dado por los equipos de recepción, el cual determina la capacidad que tiene para responder a niveles de señal. Mientras más pequeño sea este nivel, indica que puede trabajar con

<sup>106</sup><http://communicationsone.wordpress.com/2011/01/24/%C2%BFque-es-sensitividad-en-unreceptor/>

niveles de señal bajos. Es así que existen valores referenciales desde - 40 dB (alta calidad) hasta -110 dB (baja calidad).

### 2.7.5 RELACIÓN SEÑAL A RUIDO<sup>107 108</sup>

Una vez que se supera el problema de recepción por nivel de señal, solucionado por la sensibilidad del receptor, se debe tener en cuenta el ruido presente en el sistema. Es así que el nivel de señal a ruido debe ser superior para obtener una buena comunicación.<sup>109</sup>

Mientras este nivel sea más alto, este permitirá un mejor enlace e incluso se puede lograr mayor distancia.

Esta es expresada en decibelios y se calcula con la Ecuación 2.18

$$\frac{S}{N} [dB] = 10 \log_{10} \frac{\text{Potencia de la señal [w]}}{\text{Potencia del Ruido [w]}}$$

Ecuación 2.18 Relación señal a Ruido.

### 2.7.6 INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA

Con la Ecuación 2.19, se calcula la indisponibilidad del sistema para cada uno de los radioenlaces.

$$(1 - R) = \frac{0.001 * D}{400}$$

Ecuación 2.19 Indisponibilidad del sistema.

Donde:

D= es la distancia en Kilómetros.

(1-R)= Indisponibilidad del sistema.

Cálculo de indisponibilidad del sistema para el enlace Cerro Crocker (Santa Cruz) – Cerro San Joaquín (San Cristóbal), usando la Ecuación 2.19 se tiene:

$$(1 - R) = \frac{0.001 * D}{400}$$

$$(1 - R) = \frac{0.001 * 94,71}{400}$$

$$(1 - R) = 2,36775^{-4}$$

<sup>107</sup> <http://www.eveliux.com/mx/relacion-senal-a-ruido-snr.php>

<sup>108</sup> [http://personales.unican.es/perezvr/pdf/CH8ST\\_Web.pdf](http://personales.unican.es/perezvr/pdf/CH8ST_Web.pdf)

<sup>109</sup> [http://www.ehowenespanol.com/calcular-relacion-senalruido-como\\_18285/](http://www.ehowenespanol.com/calcular-relacion-senalruido-como_18285/)

En la Tabla 2.32, se muestra los resultados del cálculo de indisponibilidad para cada radioenlace.

Red	Enlace	Indisponibilidad Del Sistema
Principal	Cerro Crocker Cerro San Joaquín	$2,368 \times 10^{-4}$
	Cerro Crocker Floreana	$1,8 \times 10^{-4}$
	Cerro Crocker Cerro El Cura	$2,184 \times 10^{-4}$
	Cerro Crocker Baltra	$5,75 \times 10^{-5}$
Respaldo	Cerro San Joaquín Floreana	$2,875 \times 10^{-4}$
	Floreana Cerro El Cura	$2,075 \times 10^{-4}$
	Cerro El Cura Baltra	$2,5 \times 10^{-4}$
	Baltra Cerro San Joaquín	$2,425 \times 10^{-4}$

Tabla 2.32 Indisponibilidad del sistema de radioenlaces red principal y de respaldo.

### 2.7.7 CONFIABILIDAD DEL SISTEMA

La Ecuación 2.20, permite calcular la confiabilidad del sistema.

$$R = (1 - P) * 100$$

Ecuación 2.20 Confiabilidad del sistema.

$$P = (1 - R)$$

$R =$  Confiabilidad del sistema [%].

$P =$  Indisponibilidad del sistema [%].

Cálculo de Confiabilidad para el radioenlace Cerro Crocker (Santa Cruz) – Cerro San Joaquín (San Cristóbal), usando la Ecuación 2.20 se obtiene:

$$R = (1 - P) * 100 = (1 - 2,36775 \times 10^{-4}) * 100 = 99,97\%$$

En la Tabla 2.33, se muestra los resultados de confiabilidad de cada radioenlace.

Red	Enlace	Confiabilidad Del Sistema
Principal	Cerro Crocker Cerro San Joaquín	99,98%
	Cerro Crocker Baltra	99,99%
	Cerro Crocker Floreana	99,98%
	Cerro Crocker Cerro El Cura	99,98%
Respaldo	Baltra Cerro San Joaquín	99,97%
	Cerro San Joaquín Floreana	99,98%
	Floreana Cerro El Cura	99,98%
	Cerro El Cura Baltra	99,98%

Tabla 2.33 Confiabilidad en Radioenlaces red Principal y Respaldo.

### 2.7.8 MARGEN DE DESVANECIMIENTO<sup>110</sup>

Este es un factor importante dentro de las comunicaciones inalámbricas, ya que en este factor influyen diversos aspectos como: el medio ambiente, reflexión por multitrayecto, por obstáculos, superficie terrestre o acuática, y directamente por la distancia entre transmisor y receptor, este factor se calcula con la Ecuación 2.21:

$$F_M = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

Ecuación 2.21 Margen de desvanecimiento.

<sup>110</sup> Tomasi W (2003), Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (4ta Ed), México, Pearson, Págs. 368, 367.

Donde:

$F_M$  Margen de Desvanecimiento [dB].

$D$  = Distancia entre Tx y Rx [Km].

$f$  = Frecuencia de la portadora GHz.

$R$  = Confiabilidad del sistema [%].

$30 \log D$  = Efecto por multiples trayectorias.

$10 \log(6ABf)$  = Sensibilidad a superficie rocosa.

$10 \log(1 - R)$  = Objetivos de confiabilidad.

$A$  = factor de rugosidad.

$A = 4$  sobre agua o sobre terreno muy liso.

$A = 1$  Terreno promedio, poca rugosidad.

$A = 0,25$  Terreno montañoso, muy rugoso.

$B$  = factor de convertibilidad de la peor probabilidad mensual en una anual.

$B = 1$  área marina o condiciones de peor mes.

$B = 0,5$  para áreas calientes y húmedas.

$B = 0,25$  para áreas continentales promedio.

$B = 0,125$  para áreas muy secas o montañosas .

$$MU \geq F_M$$

Ecuación 2.22 Relación entre el margen umbral y el de desvanecimiento.

Como se puede observar en la Ecuación 2.22, el Margen Umbral o Sensibilidad debe ser mayor al Margen de Desvanecimiento de la señal, de esta forma se tiene una comunicación adecuada.

A continuación, se va a calcular estos parámetros para el radioenlace, tomando en cuenta los factores  $A=4$ ,  $B=1$ .

Cálculo del Margen de desvanecimiento para el radioenlace Cerro Crocker (Santa Cruz) – Cerro San Joaquín (San Cristóbal)

$$F_M = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

$$F_M = 30 \log 94,71 + 10 \log(6 * 4 * 1 * 5,8) - 10 \log(1 - 0,9998) - 70$$

$$F_M = 37,95dB$$

En la Tabla 2.34, se muestran los resultados obtenidos de margen de desvanecimiento para cada radioenlace.

<b>Red</b>	<b>Enlace</b>	<b>Margen De Desvanecimiento dB</b>
Principal	Cerro Crocker Cerro San Joaquín	46,99
	Cerro Crocker Baltra	34,69
	Cerro Crocker Floreana	44,60
	Cerro Crocker Cerro El Cura	46,28
Respaldo	Baltra Cerro San Joaquín	47,19
	Cerro San Joaquín Floreana	48,67
	Floreana Cerro El Cura	45,68
	Cerro El Cura Baltra	47,45

Tabla 2.34 Margen de Desvanecimiento Radioenlaces Red Principal y Respaldo.

### 2.7.9 UBICACIÓN GEOREFERENCIADA DE CLIENTES ÚLTIMA MILLA

En la Tabla 2.35, se muestra los puntos georeferenciados de los clientes de última milla en cada isla.

<b>Isla</b>	<b>Ubicación Cliente</b>	<b>Altura Sobre Nivel Del Mar</b>	<b>Altura</b>	<b>Latitud Sur</b>	<b>Longitud Oeste</b>
San Cristóbal	Aeropuerto	20 msnm	2m	0°54'31,48'' S	89°36'57,65'' O
	Segunda Zona Naval	6 msnm	2m	0°54'9,8'' S	89°36'51,90'' O
	Muelle De Pasajeros	3 msnm	2m	0°54'1,67'' S	89°36'38,25'' O
	Playa Man	9 msnm	2m	0°53'44,33'' S	89°36'33,40'' O
Isabela	Hotel Casa Rosada	5 msnm	2m	0°57'23,12'' S	90°58'10,50'' O
	Puerto Villamil	4 msnm	2m	0°57'45,59'' S	90°57'32,92'' O
	Aeropuerto Isabela	13 msnm	2m	0°56'40,69'' S	90°57'15,57'' O
	Municipio Isabela	5 msnm	2m	0°57'24,59'' S	90°57'59,30'' O
Baltra	Canal de Itabaca	7 msnm	2m	0°28'59,78'' S	90°16'38,74'' O
	Aeropuerto	52 msnm	2m	0°26'44,53'' S	90°16'10,95'' O
Santa Cruz	Puerto Ayora	8 msnm	2m	0°44'50,58'' S	90°18'46,97'' O
	Puerto Ayora Zona Norte	22 msnm	2m	0°44'12,71'' S	90°18'48,04'' O
	Santa Rosa	136 msnm	2m	0°42'47,96'' S	90°19'36,91'' O
Floreana	Puerto Velasco Ibarra	5 msnm	2m	1°16'27,67'' S	90°29'19,44'' O
	Escuela Floreana	10 msnm	2m	1°16'29,77'' S	90°29'15,37'' O

Tabla 2.35 Ubicación Georeferenciada de clientes última milla por isla.

### 2.7.10 DISTANCIA DE CLIENTES PARA RADIOENLACES DE ÚLTIMA MILLA

La fórmula para hallar distancia entre puntos los **A** y **B** teniendo como datos: la longitud, latitud y altura de dichos puntos se indica en la sección 2.6.1 en la página 65

$$D = \sqrt{(\Delta Lat * 111)^2 + (\Delta Long * 111)^2 + (\Delta h)^2} [Km]$$

Ecuación 2.6 Cálculo de la distancia entre dos puntos.

En la Tabla 2.36, se muestran los datos para el cálculo de la distancia entre el Cerro San Joaquín (San Cristóbal) y Aeropuerto de San Cristóbal.

	<b>Cerro San Joaquín</b>	<b>Aeropuerto</b>
<b>Latitud</b>	0°53'51,93"	0°54'31,48"
<b>Longitud</b>	89°31'03,30"O	89°36'57,65"O
<b>Altura</b>	637msnm	20msnm

Tabla 2.36 Datos Longitud, Latitud, Altura para enlace Cerro San Joaquín – Aeropuerto.

Usando la Ecuación 2.6:

$$D = \sqrt{(\Delta Lat * 111)^2 + (\Delta Long * 111)^2 + (\Delta h)^2} [Km]$$

$$\Delta Lat = Latitud A - Latitud B$$

$$\Delta Lat = 0°53'51,93'' - 0°54'31,48''$$

$$\Delta Lat = -0°0'39,55''$$

$$\Delta Long = Longitud A - Longitud B$$

$$\Delta Long = 89°31'03,30'' - 89°36'57,65''$$

$$\Delta Long = -0°5'54,35''$$

$$\Delta h = Altura A - Altura B$$

$$\Delta h = 637m - 20m$$

$$\Delta h = 617m \equiv 0.617Km$$

$$D = \sqrt{(\Delta Lat * 111)^2 + (\Delta Long * 111)^2 + (\Delta h)^2}$$

$$D = \sqrt{(-0°0'39,55'' * 111)^2 + (-0°5'54,35'' * 111)^2 + (0.617)^2}$$

$$D = 11,01[Km]$$

En la Tabla 2.37, se muestra los resultados del cálculo de la distancia entre la antena y los usuarios de última milla.

<b>Isla</b>	<b>Ubicación Cliente</b>	<b>Distancia</b>
San Cristóbal	Aeropuerto	11,01 Km
	Segunda Zona Naval	10,78 Km
	Muelle De Pasajeros	10,35 Km
	Playa Man	10,2 Km
Isabela	Hotel Casa Rosada	18,87 Km
	Puerto Villamil	20,18 Km
	Aeropuerto Isabela	19,27 Km
	Municipio Isabela	19,15 Km
Baltra	Canal de Itabaca	4,22 Km
	Aeropuerto	0,1065 Km
Santa Cruz	Puerto Ayora	11,75 Km
	Puerto Ayora Zona Norte	10,60 Km
	Santa Rosa	7,809 Km
Floreana	Puerto Velasco Ibarra	0.105 Km
	Escuela Floreana	0,126 Km

Tabla 2.37 Distancia entre antena principal en cada isla y usuarios última milla.

### 2.7.11 PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE (PATHLOSS) DE CLIENTES DE ÚLTIMA MILLA

Con ayuda de la Ecuación 2.10, se calcula la pérdida por espacio libre para los clientes de última milla.

$$L_p = 32.4 + 20 \log f_{(MHz)} + 20 \log D_{(Km)}$$

Cálculo de pérdidas por espacio libre para el radioenlace Cerro San Joaquín y el Aeropuerto de San Cristóbal.

$$L_p = 32.4 + 20 \log f_{(MHz)} + 20 \log D_{(Km)}$$

$$L_p = 32.4 + 20 \log(5787,5MHz) + 20 \log(11.01Km)$$

$$L_p = 128,48dB$$

En la Tabla 2.38, se muestran los resultados por pérdida de espacio libre para las conexiones de última milla.

<b>Isla</b>	<b>Ubicación Cliente</b>	<b>Distancia</b>	<b>Pérdidas Por Espacio Libre</b>
San Cristóbal	Aeropuerto	11,01 Km	128,48 dB
	Segunda Zona Naval	10,78 Km	128,30dB
	Muelle De Pasajeros	10,35 Km	127,94 dB
	Playa Man	10,2 Km	127,82 dB
Isabela	Hotel Casa Rosada	18,87 Km	133,16 dB
	Puerto Villamil	20,18 Km	133,74 dB
	Aeropuerto Isabela	19,27 Km	133,34 dB
	Municipio Isabela	19,15 Km	133,29 dB
Baltra	Canal de Itabaca	4,22 Km	120,15 dB
	Aeropuerto	0,1065 Km	88,19 dB
Santa Cruz	Puerto Ayora	11,75 Km	129,05 dB
	Puerto Ayora Zona Norte	10,60 Km	128,16 dB
	Santa Rosa	7,809 Km	125,5 dB
Floreana	Puerto Velasco Ibarra	0.105 Km	88,07dB
	Escuela Floreana	0,126 Km	89,65 dB

Tabla 2.38 Pérdidas por espacio libre conexión última milla.

### 2.7.12 POTENCIA DE RECEPCIÓN CLIENTES ÚLTIMA MILLA

Para recepción se va a colocar valores típicos de ganancia para el Equipamiento de Suscriptor (CPE), para tener un cálculo real para la potencia de recepción. Estos valores van a ser los mismos en todos los casos de última milla.

Ganancia 16dBi, pérdidas de 1dB.

Usando la Ecuación 2.11

$$P_{Rx(dBm)} = P_{Tx(dBm)} + G_{Tx(dBi)} + G_{Rx(dBi)} - L_{Tx(dB)} - L_P(dBi) - L_{Rx(dBi)} - L_D(dB)$$

Cálculo potencia de recepción para el radioenlace San Cristóbal – Aeropuerto San Cristóbal:

$$P_{Rx(dBm)} = P_{Tx(dBm)} + G_{Tx(dBi)} + G_{Rx(dBi)} - L_{Tx(dB)} - L_P(dBi) - L_{Rx(dBi)} - L_D(dB)$$

$$P_{Rx(dBm)} = 30dBm + 32 dBi + 16dBi - 5dB - 128,48dB - 1dB = -56,48dBm$$

En la Tabla 2.39, se muestran los resultados del cálculo de la potencia de recepción.

<b>Isla</b>	<b>Ubicación Cliente</b>	<b>Potencia De Recepción</b>
San Cristóbal	Aeropuerto	-56,48dB
	Segunda Zona Naval	-56,30dB
	Muelle De Pasajeros	-55,94dB
	Playa Man	-56,82dB
Isabela	Hotel Casa Rosada	-61,16dB
	Puerto Villamil	-61,74dB
	Aeropuerto Isabela	-61,34dB
	Municipio Isabela	-61,29dB
Baltra	Canal de Itabaca	-48,29dB
	Aeropuerto	-16,19dB
Santa Cruz	Puerto Ayora	-57,05dB
	Puerto Ayora Zona Norte	-56,16dB
	Santa Rosa	-53,5dB
Floreana	Puerto Velasco Ibarra	-16,07dB
	Escuela Floreana	-17,05dB

Tabla 2.39 Potencia de Recepción para cada usuario de última milla en cada isla.

### 2.7.13 INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA PARA CLIENTES ÚLTIMA MILLA

Usando la Ecuación 2.19, se calcula la indisponibilidad del sistema.

$$(1 - R) = \frac{0,001 * D}{400}$$

Cálculo de indisponibilidad del sistema para el radioenlace San Cristóbal – Aeropuerto San Cristóbal:

$$(1 - R) = \frac{0,001 * D}{400} = \frac{0,001 * 11,01}{400} = 2,7525 \times 10^{-5}$$

En la Tabla 2.40, se presentan los resultados de indisponibilidad para los enlaces de última milla.

<b>Isla</b>	<b>Ubicación Cliente</b>	<b>Indisponibilidad Del Sistema</b>
San Cristóbal	Aeropuerto	$2,7525 \times 10^{-5}$
	Segunda Zona Naval	$2,695 \times 10^{-5}$
	Muelle De Pasajeros	$2,5875 \times 10^{-5}$
	Playa Man	$2,55 \times 10^{-5}$
Isabela	Hotel Casa Rosada	$4,7175 \times 10^{-5}$
	Puerto Villamil	$5,045 \times 10^{-5}$
	Aeropuerto Isabela	$4,8175 \times 10^{-5}$
	Municipio Isabela	$4,7875 \times 10^{-5}$
Baltra	Canal de Itabaca	$2,7525 \times 10^{-5}$
	Aeropuerto	$2,6625 \times 10^{-7}$
Santa Cruz	Puerto Ayora	$2,9375 \times 10^{-5}$
	Puerto Ayora Zona Norte	$2,65 \times 10^{-5}$
	Santa Rosa	$1,9522 \times 10^{-5}$
Floreana	Puerto Velasco Ibarra	$2,625 \times 10^{-7}$
	Escuela Floreana	$3,15 \times 10^{-7}$

Tabla 2.40 Indisponibilidad de Radioenlaces de clientes última milla en cada isla.

#### 2.7.14 CONFIABILIDAD DEL SISTEMA PARA CLIENTES DE ÚLTIMA MILLA

Usando la Ecuación 2.20, se calcula la confiabilidad del sistema para los radioenlaces de última milla.

$$R = (1 - P) * 100$$

$$P = (1 - R)$$

Cálculo de confiabilidad del sistema para el radioenlace San Cristóbal – Aeropuerto San Cristóbal:

$$R = (1 - P) * 100 = (1 - 2,7525 \times 10^{-5}) * 100 = 99,99\%$$

En la Tabla 2.41, se presentan los resultados de cálculo de confiabilidad para los radioenlaces de última milla.

Isla	Ubicación Cliente	Indisponibilidad Del Sistema	Confiabilidad %
San Cristóbal	Aeropuerto	$2,7525 \times 10^{-5}$	99,99
	Segunda Zona Naval	$2,695 \times 10^{-5}$	99,99
	Muelle De Pasajeros	$2,5875 \times 10^{-5}$	99,99
	Playa Man	$2,55 \times 10^{-5}$	99,99
Isabela	Hotel Casa Rosada	$4,7175 \times 10^{-5}$	99,99
	Puerto Villamil	$5,045 \times 10^{-5}$	99,99
	Aeropuerto Isabela	$4,8175 \times 10^{-5}$	99,99
	Municipio Isabela	$4,7875 \times 10^{-5}$	99,99
Baltra	Canal de Itabaca	$2,7525 \times 10^{-5}$	99,99
	Aeropuerto	$2,6625 \times 10^{-7}$	99,99
Santa Cruz	Puerto Ayora	$2,9375 \times 10^{-5}$	99,99
	Puerto Ayora Zona Norte	$2,65 \times 10^{-5}$	99,99
	Santa Rosa	$1,9522 \times 10^{-5}$	99,99
Floreana	Puerto Velasco Ibarra	$2,625 \times 10^{-7}$	99,99
	Escuela Floreana	$3,15 \times 10^{-7}$	99,99

Tabla 2.41 Confiabilidad de enlaces de clientes última milla en cada isla.

### 2.7.15 MARGEN DE DESVANECIMIENTO PARA CLIENTES ÚLTIMA MILLA

Usando la Ecuación 2.21, se calcula el margen de desvanecimiento para los radioenlaces de última milla.

$$F_M = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

Cálculo del margen de desvanecimiento para el radioenlace San Cristóbal – Aeropuerto San Cristóbal:

$$F_M = 30 \log 11,01 + 10 \log(6 * 4 * 0,5 * 5,8) - 10 \log(2,7525 \times 10^{-5}) - 70 = 19,26 \text{ dB}$$

En la Tabla 2.42, se presentan los resultados del cálculo de margen de desvanecimiento para los radioenlaces de última milla.

<b>Isla</b>	<b>Ubicación Cliente</b>	<b>Margen De Desvanecimiento dB</b>
San Cristóbal	Aeropuerto	16,25
	Segunda Zona Naval	16,068
	Muelle De Pasajeros	15,71
	Playa Man	15,58
Isabela	Hotel Casa Rosada	20,94
	Puerto Villamil	21,51
	Aeropuerto Isabela	21,12
	Municipio Isabela	21,06
Baltra	Canal de Itabaca	3,76
	Aeropuerto	-24,03
Santa Cruz	Puerto Ayora	16,8
	Puerto Ayora Zona Norte	15,9
	Santa Rosa	13,26
Floreana	Puerto Velasco Ibarra	-24,16
	Escuela Floreana	-22,57

Tabla 2.42 Margen de Desvanecimiento de clientes última milla en cada isla.

### 2.7.16 ZONA DE FRESNEL<sup>111 112</sup>

En el diseño de la red inalámbrica, se debe verificar que, en el área de separación entre el transmisor y el receptor, exista línea de vista, es decir que no existan obstáculos de consideración que puedan afectar el desempeño en la comunicación.

La primera zona de Fresnel es de interés en las comunicaciones inalámbricas, ya que esta zona debe quedar libre al menos en un 60%, pues caso contrario el obstáculo u obstáculos que existan, obstruirán la comunicación.

<sup>111</sup> <http://www.youblisher.com/p/163794-Zonas-de-Fresnel-en-redes-inalambricas/>

<sup>112</sup> <http://wndw.net/pdf/wndw-es/chapter2-es.pdf>

Para el cálculo del radio de la Zona de Fresnel:

$$r_n = \sqrt{\frac{n * c * d_1 * d_2}{D * f}} \quad [m]$$

Ecuación 2.23 Cálculo zona de Fresnel.

Donde:

$r_n$  : es el enésimo radio de Fresnel, siendo  $n=1,2,3,\dots,n$ .

$c$  : velocidad de la luz en Kilómetros por segundo [Km/Seg].

$d_1$ : Distancia desde el transmisor hasta el punto de obstrucción en Kilómetros [Km].

$d_2$ : Distancia desde el punto de obstrucción hasta el receptor en Kilómetros [Km].

$D=d_1 + d_2$  Distancia total entre el punto de transmisión y recepción en Kilómetros [Km].

$f$  : frecuencia del radioenlace en Mega Hertzios [MHz].

## 2.8 MULTIPLEXACIÓN

WiMAX trabaja principalmente con multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM, Ortogonal Frequency Division Multiplex) y OFDMA (*Orthogonal Frequency-Division Multiple Access*), siendo esta última una versión de OFDM para múltiples usuarios la cual se usa para WiMAX móvil.

### 2.8.1 OFDM

OFDM es el acrónimo de Ortogonal Frequency Division Multiplex, corresponde a una forma de modulación digital que permite optimizar el uso del ancho de banda, la misma que consiste en dividir el espectro en múltiples subcanales de reducido ancho de banda, cada uno en una portadora diferente, cercana y ortogonal entre sí. Debido a su característica de ortogonalidad se elimina el cross-talk entre ellos. OFDM nos puede ofrecer enlaces de alta velocidades, con varias características extras como la resistencia a desvanecimientos por multitrayectoria (Multipath) e interferencias. OFDM, nos permite mejorar el manejo de los datos, permitiéndonos utilizar el canal de transmisión de una manera mucho más eficiente y eficaz.

### 2.8.1.1 Modulación para OFDM

#### 2.8.1.1.1 Modulación PSK (Phase Shift Keying)

Este tipo de modulación, se basa en el desplazamiento de fase. Es un tipo de modulación angular en la que varía la fase de la señal portadora, esta variación se encuentra dentro un grupo de valores discretos. La razón para que sea un número limitado de valores, es que la señal de entrada es una señal digital binaria.

#### 2.8.1.1.2 Modulación BPSK

Este es un caso particular de la modulación PSK, en este caso solo pueden darse dos fases de salida para una única frecuencia de portadora.

El cambio de estado a la salida, proporciona el cambio de fase de la señal, si se analiza este caso, se puede llegar a una conclusión clara de que existe un desfase de salida entre las dos señales de  $180^\circ$ .

#### 2.8.1.1.3 Modulación QPSK

Este tipo de modulación consiste en el desplazamiento de fase cuaternaria o llamada también en cuadratura PSK.

QPSK se basa en el sistema de codificación M-ario, de donde el tamaño de condiciones que pueden ser representadas viene dado por el valor que tome "M", en este caso en específico M toma el valor de 4, es por esto que se le denomina cuaternaria. Con QPSK son posibles 4 salidas para una sola frecuencia de portadora.

#### 2.8.1.1.4 Modulación en Amplitud por Cuadratura QAM

Esta modulación es digital, el mensaje se encuentra contenido dentro de la amplitud así como en la fase de la señal transmitida. Logrando un mejor aprovechamiento de la portadora.

La modulación de amplitud en cuadratura, se consigue desfasando la información de cada mensaje en  $90^\circ$ .

Utilizando este tipo de modulación se mejora uso del ancho de banda, obteniendo eficiencia y transmisión de datos a altas velocidades.

### 2.8.1.1.5 Modulación Adaptativa

La modulación adaptativa, permite escoger de forma dinámica la modulación deseada de acuerdo a la distancia en Km. que se desea alcanzar.

En la Figura 2.35 y en la Tabla 2.43, se indica que en WiMAX la modulación adaptativa permite obtener diferentes tasas de datos en función de la distancia y la modulación que se utilice. Para que el diseño funcione de manera óptima se debe utilizar modulación adaptativa.

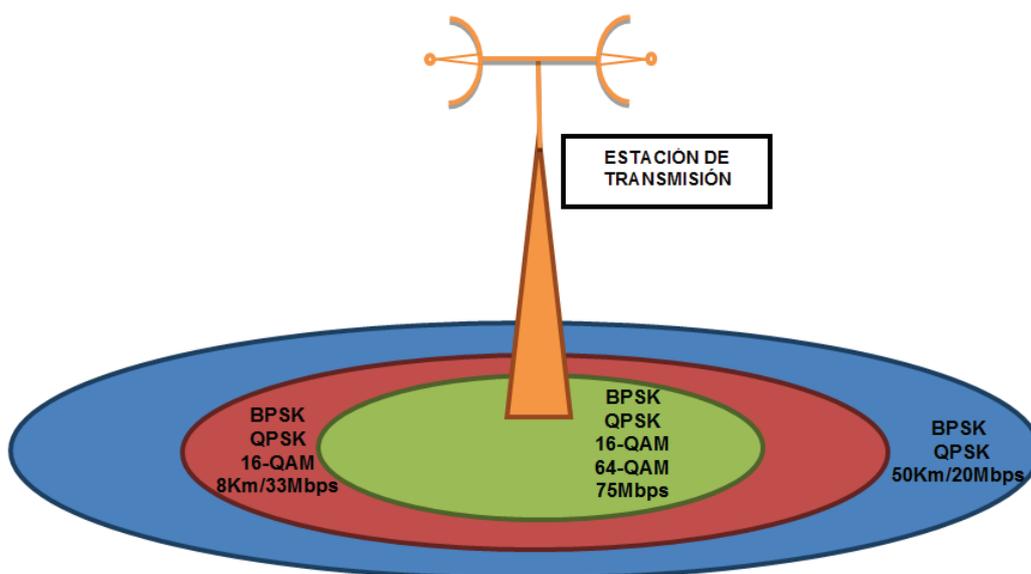


Figura 2.35 Modulación Adaptativa. <sup>113 114</sup>

En la Tabla 2.43, se indica la tasa de transferencia de datos en función de la modulación y el ancho de canal.

Canal (MHz)	Tasa de Símbolos (Mbaudios)	MODULACIÓN		
		QPSK	16-QAM	64-QAM
20	16	32 Mbps	64 Mbps	96 Mbps
25	20	40 Mbps	80 Mbps	120 Mbps
28	224	44,8 Mbps	89,6 Mbps	134,4 Mbps

Tabla 2.43 Tasa de datos en función de la modulación. <sup>115</sup>

<sup>113</sup> Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 306.

<sup>114</sup> <http://es.scribd.com/doc/43942816/23/Tipos-de-Modulacion>.

<sup>115</sup> <http://wikitel.info/wiki/WiMAX>.

## **2.8.2 SELECCIÓN DE MULTIPLEXACIÓN Y MODULACIÓN PARA EL DISEÑO BACKBONE**

Como ya se mencionó en la sección anterior, WiMAX está diseñado para trabajar con multiplexación OFDM y el uso de modulación adaptativa en WiMAX ofrece claras ventajas, como se pudo observar en la Figura 2.35 y en la Tabla 2.43.

Por lo tanto para el diseño las Radio bases y el Equipamiento de Suscriptor (CPE), deben trabajar con multiplexación OFDM y modulación adaptativa. Se tomará en cuenta como característica adicional que también trabajen con modulación OFDMA, si a futuro se desee migrar a WiMAX móvil.

## **2.9 SOFTWARE RADIO MOBILE<sup>116</sup>**

Radio Mobile es una aplicación software, que permite el análisis y planificación de sistemas de telecomunicaciones, tanto fijos como móviles, ya que se trabaja con mapas digitales los cuales brindan información de elevaciones en conjunto con perfiles de terreno, los cuales mediante algoritmos de propagación de radio, permite saber de una forma adecuada la información de cobertura sobre zonas y radioenlaces entre emisor y receptor.

## **2.10 SIMULACIÓN PARA LA CONEXIÓN ENTRE ISLAS CON EL SOFTWARE RADIO MOBILE**

### **2.10.1 SELECCIÓN MAPA GALÁPAGOS**

Se selecciona las propiedades del mapa, escogiendo la cantidad adecuada de píxeles para visualizar correctamente todos los lugares en los que de acuerdo al diseño se ubican las antenas y las áreas de cobertura.

---

<sup>116</sup>

1/radiocomunicacion/contenidos/utilidades/RadioMobile/leeme

<http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones->

En la Figura 2.36, se muestra la interfaz gráfica de propiedades de mapa Radio Mobile.

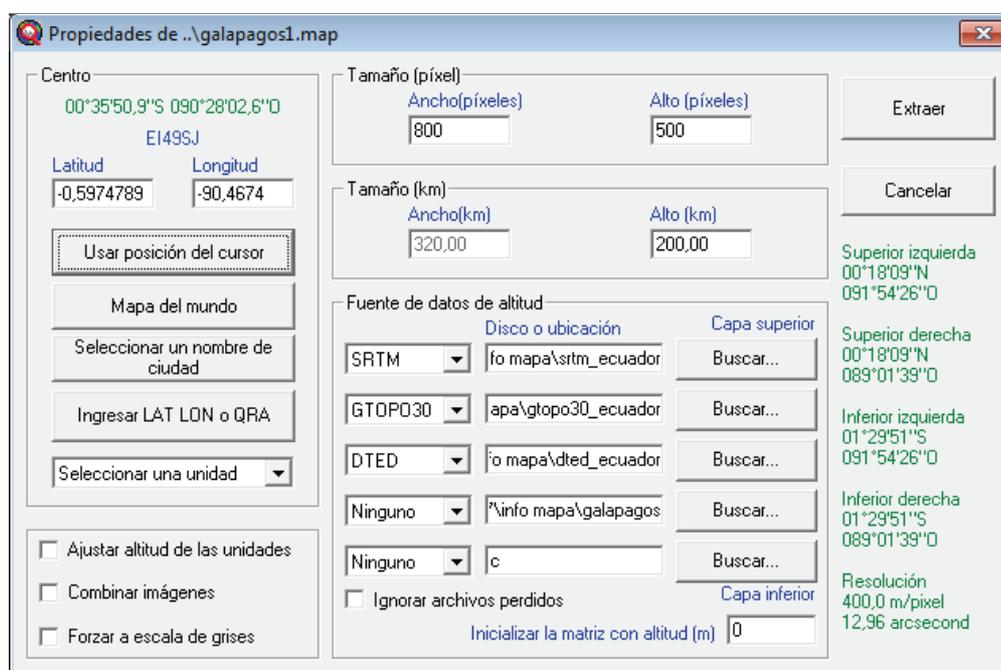


Figura 2.36 Cuadro de Diálogo, Requerimientos de Propiedades de Mapa.

En la Figura 2.37, se indica el mapa de la Provincia de Galápagos generado por Radio Mobile, luego de seguir los pasos indicados en la Figura 2.36.

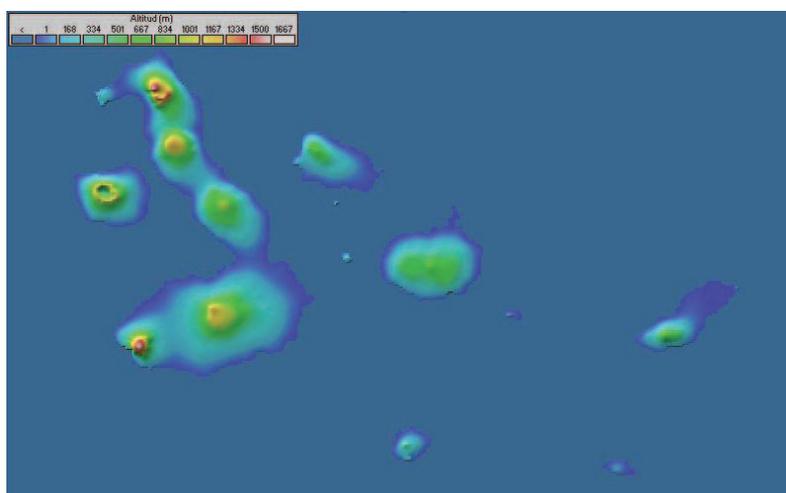


Figura 2.37 Mapa Provincia de Galápagos.

Se puede observar en el mapa la representación de las curvas de nivel, a través de un conjunto de colores, y en la parte superior izquierda la nomenclatura correspondiente a cada color.

## 2.10.2 POSICIONAMIENTO DE ANTENAS USANDO RADIO MOBILE

Ahora se define los puntos donde se va a colocar las radios bases, ésta información va a ser tomada de la sección 2.5.1.

En la Figura 2.38, se muestra la interfaz gráfica de Propiedades de las Unidades, en la que se ingresan los datos referentes a la posición de las antenas.

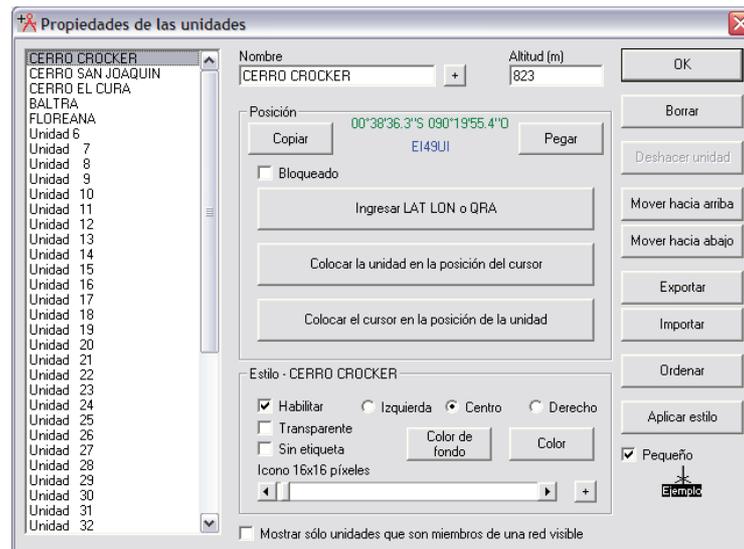


Figura 2.38 Cuadro de diálogo para posicionamiento de Antenas.

En la Figura 2.39, se muestra el posicionamiento de las antenas generado por Radio Mobile en el mapa de la Provincia de Galápagos.

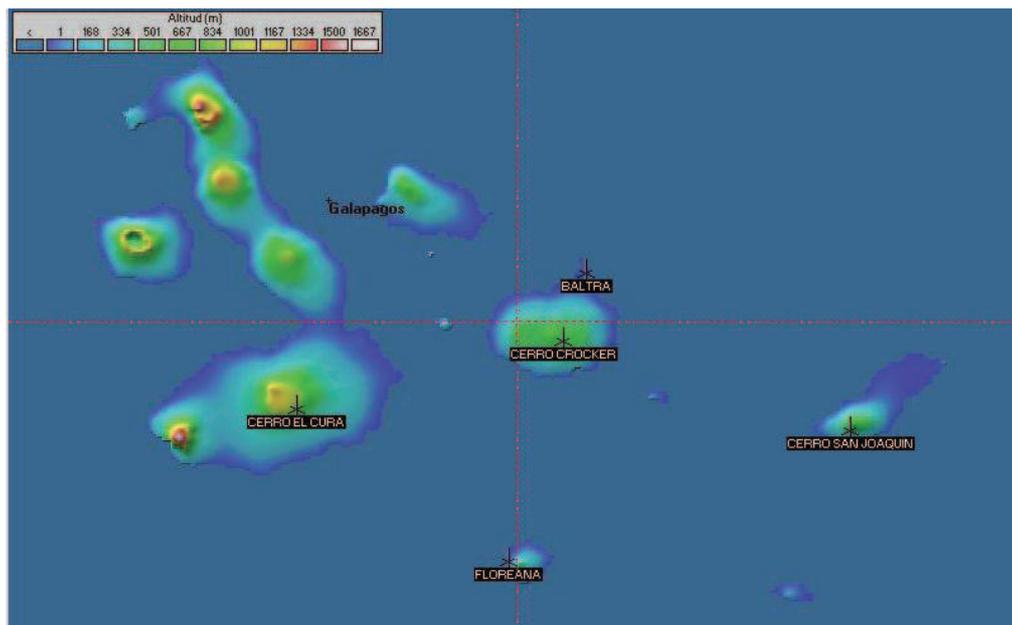


Figura 2.39 Mapa Provincia de Galápagos con antenas posicionadas.

### 2.10.3 PROPIEDADES DE LAS REDES<sup>117</sup>

En la Figura 2.40 se muestra la selección de la opción propiedades de las redes, para escoger la frecuencia y otros factores importantes para el radioenlace.

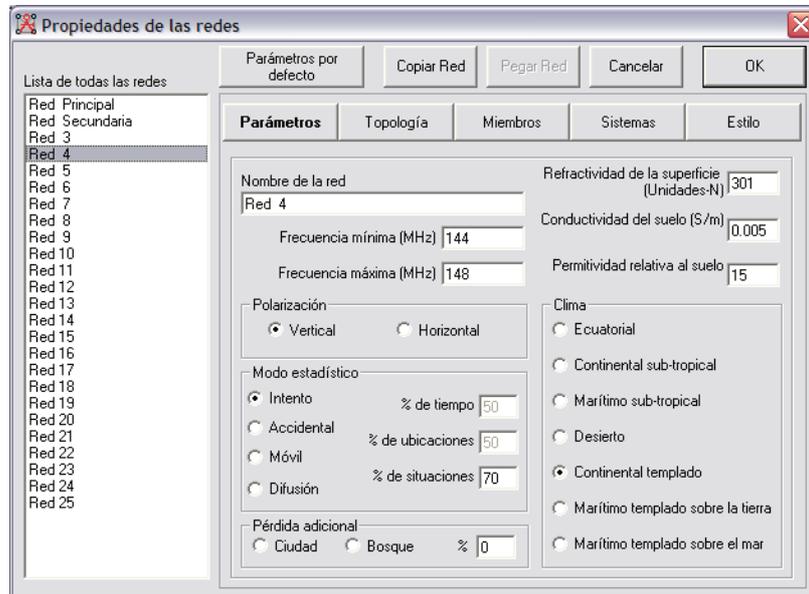


Figura 2.40 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes.

#### 2.10.3.1 Parámetros

En la Figura 2.41, se muestra la sección Parámetros, que se encuentra en la opción Propiedades de las Redes. La cual posee subsecciones para colocar la información de la red.

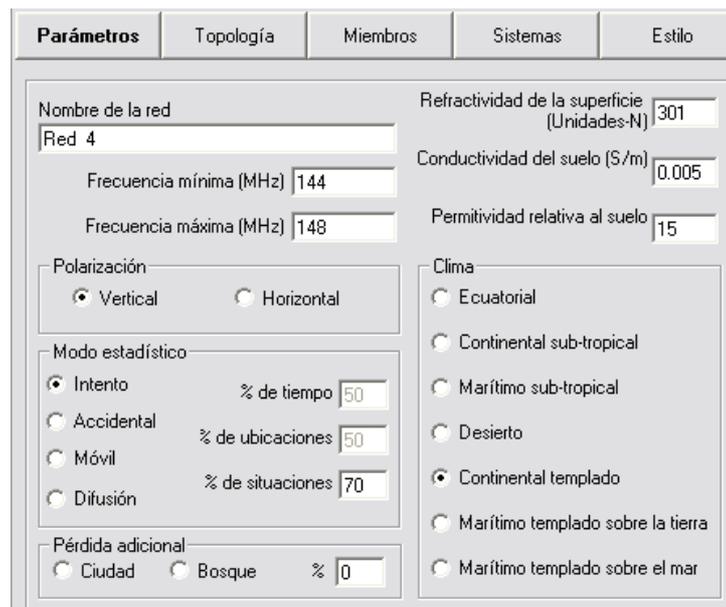


Figura 2.41 Cuadro Diálogo, Parámetros.

<sup>117</sup> <http://es.scribd.com/doc/54479518/Manual-Radio-Mobile>

### 2.10.3.1.1 Nombre de la Red

En la Figura 2.42, como se indicó en la sección, 2.5.2, se ha elegido una red principal y una red de respaldo, para el funcionamiento del backbone inalámbrico. Es así que en esta sección se va a colocar estas redes, con los parámetros adecuados y se las identifica como Red Principal y Red de Respaldo respectivamente.

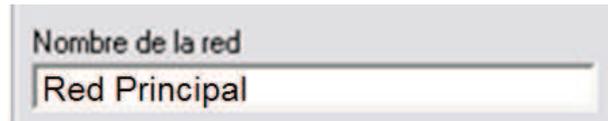


Figura 2.42 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Parámetros, Sección Nombre Red.

### 2.10.3.1.2 Selección de Frecuencia

En la Figura 2.43, se coloca el rango de frecuencias escogido.

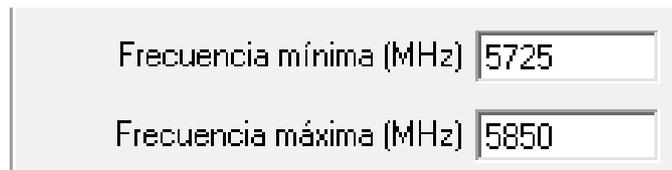


Figura 2.43 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Parámetros, Sección Frecuencia.

### 2.10.3.1.3 Modo Estadístico

La Figura 2.44, indica los modelos estadísticos usados en Radio Mobile. En este caso se va a elegir el modo difusión, que está diseñado para unidades estacionarias o fijas. Pues es la conexión entre las radio bases y las unidades de suscriptor fijas.

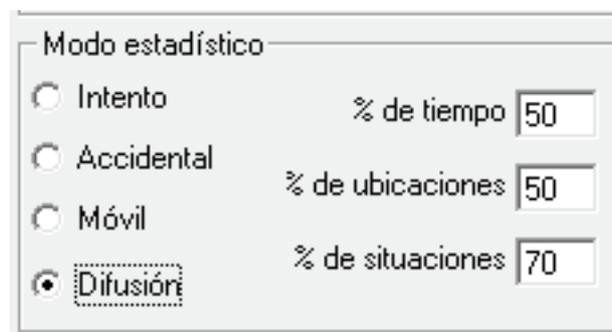


Figura 2.44 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Parámetros, Sección Modo Estadístico.

#### 2.10.3.1.4 Refractividad de la Superficie, Conductividad del Suelo, Permitividad relativa al suelo

Estos valores se determinan dependiendo de las condiciones climáticas y geográficas en las cuales se va a realizar el radioenlace.

En este caso se escoge los parámetros correspondientes al clima, para el diseño es Marítimo Templado sobre el mar (Es la característica que más se ajusta al diseño, pues las islas están separadas por varios kilómetros de mar. Mientras que las cuatro primeras opciones son usadas para enlaces en África, de las siguientes opciones la más usada es continental templado, que corresponde a enlaces en América y Europa, la opción marítimo templado sobre tierra esta diseñada para islas de mayor tamaño), correspondiente a 350 en unidades de N (N, es una constante atmosférica, relativa a la refractividad), este dato se lo coloca en la casilla de refractividad de la superficie.

Las condiciones del tipo de suelo corresponden a las relativas al mar y estas son: Permitividad relativa 81 y conductividad 5 siemens por metro.<sup>118</sup>

En la Figura 2.45, se presenta el ingreso de los datos respectivos a esta subsección.

The image shows a dialog box with two main sections. On the left, there are three input fields: 'Refractividad de la superficie (Unidades-N)' with the value 350, 'Conductividad del suelo (S/m)' with the value 5, and 'Permitividad relativa al suelo' with the value 81. On the right, there is a section titled 'Clima' with a list of radio button options: Ecuatorial, Continental sub-tropical, Marítimo sub-tropical, Desierto, Continental templado, Marítimo templado sobre la tierra, and Marítimo templado sobre el mar. The 'Marítimo templado sobre el mar' option is selected.

Figura 2.45 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Parámetros, Sección Clima, Refractividad, Conductividad, Permitividad.

<sup>118</sup> <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6989/17/Anexo%2016.pdf>

### 2.10.3.2 Topología

En la Figura 2.46, se selecciona la topología que tiene el sistema, se escoge una topología tipo estrella que es la más adecuada con respecto a lo que se requiere.

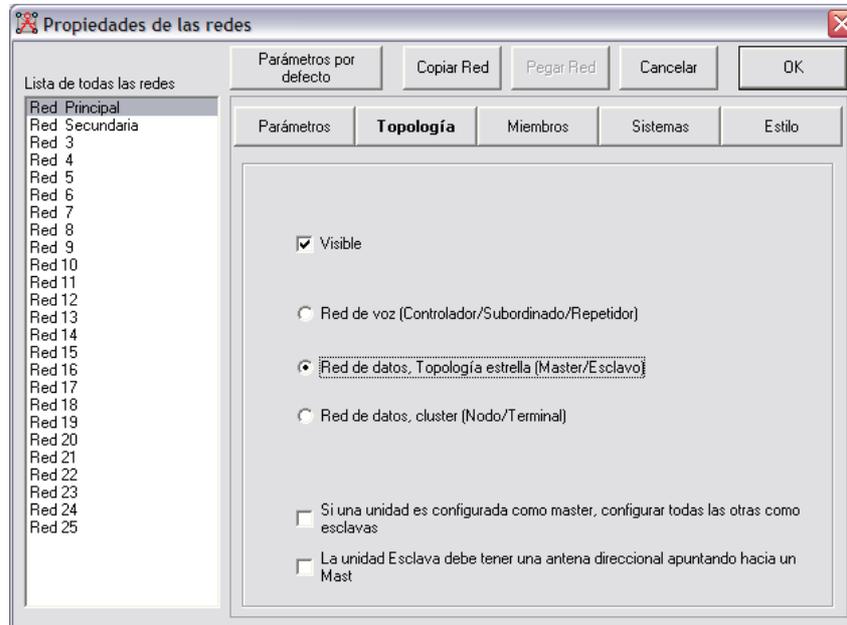


Figura 2.46 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Topología.

### 2.10.3.3 Miembros

En la Figura 2.47, se observa la sección Propiedades de las Redes, se escoge miembros y se asigna las antenas pertenecientes a cada red.



Figura 2.47 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Miembros, Red Principal.

En la Figura 2.48, se muestra la selección de miembros para la Red de Respaldo.



Figura 2.48 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Miembros, Red Secundaria.

#### 2.10.3.4 Sistemas

En este caso se va a escoger el tipo de antena que se va a utilizar en cada caso, seleccionando de manera adecuada las especificaciones de altura, potencia y ganancia que se ha determinado anteriormente.

La Figura 2.49, muestra los datos ingresados para el Sistema en Santa Cruz.

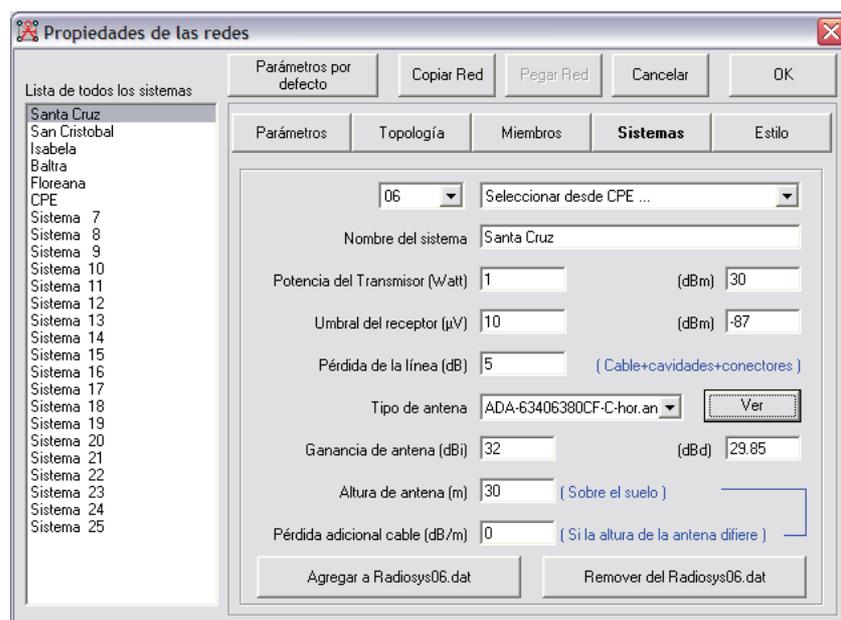


Figura 2.49 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Sistemas, Santa Cruz.

La Figura 2.50, muestra los datos ingresados para el Sistema en San Cristóbal

The screenshot shows the 'Propiedades de las redes' dialog box with the 'Sistemas' tab selected. The 'Lista de todos los sistemas' on the left lists various systems, with 'San Cristóbal' highlighted. The main configuration area includes the following fields:

- Dropdown menu: 06
- Dropdown menu: Seleccionar desde CPE ...
- Nombre del sistema: San Cristóbal
- Potencia del Transmisor (Watt): 1 (dBm) 30
- Umbral del receptor ( $\mu$ V): 10 (dBm) -87
- Pérdida de la línea (dB): 5 (Cable+cavidades+conectores)
- Tipo de antena: ADA-63406380CF-C-hor.an (Ver)
- Ganancia de antena (dBi): 32 (dBd) 29.85
- Altura de antena (m): 30 (Sobre el suelo)
- Pérdida adicional cable (dB/m): 0 (Si la altura de la antena difiere)

Buttons at the bottom: 'Agregar a Radiosys06.dat' and 'Remover del Radiosys06.dat'.

Figura 2.50 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Sistemas, San Cristóbal.

La Figura 2.51, muestra los datos ingresados para el Sistema en Isabela.

The screenshot shows the 'Propiedades de las redes' dialog box with the 'Sistemas' tab selected. The 'Lista de todos los sistemas' on the left lists various systems, with 'Isabela' highlighted. The main configuration area includes the following fields:

- Dropdown menu: 06
- Dropdown menu: Seleccionar desde CPE ...
- Nombre del sistema: Isabela
- Potencia del Transmisor (Watt): 1 (dBm) 30
- Umbral del receptor ( $\mu$ V): 2.2387 (dBm) -100
- Pérdida de la línea (dB): 3.5 (Cable+cavidades+conectores)
- Tipo de antena: ADA-63406380CF-C-hor.an (Ver)
- Ganancia de antena (dBi): 32 (dBd) 29.85
- Altura de antena (m): 20 (Sobre el suelo)
- Pérdida adicional cable (dB/m): 0 (Si la altura de la antena difiere)

Buttons at the bottom: 'Agregar a Radiosys06.dat' and 'Remover del Radiosys06.dat'.

Figura 2.51 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Sistemas, Isabela.

La Figura 2.52, muestra los datos ingresados para el Sistema en Baltra.

The screenshot shows the 'Propiedades de las redes' dialog box with the 'Sistemas' tab selected. The 'Lista de todos los sistemas' on the left includes Santa Cruz, San Cristobal, Isabela, Baltra (highlighted), Floreana, CPE, and Sistema 7 through 25. The main area shows the following parameters for the 'Baltra' system:

- Nombre del sistema: Baltra
- Potencia del Transmisor (Watt): 1 (dBm) 30
- Umbral del receptor ( $\mu\text{V}$ ): 10 (dBm) -87
- Pérdida de la línea (dB): 3.5 (Cable+cavidades+conectores)
- Tipo de antena: ADA-63406380CF-C-hor.ari (Ver)
- Ganancia de antena (dBi): 32 (dBd) 29.85
- Altura de antena (m): 20 (Sobre el suelo)
- Pérdida adicional cable (dB/m): 0 (Si la altura de la antena difiere)

Buttons at the bottom include 'Agregar a Radiosys06.dat' and 'Remover del Radiosys06.dat'.

Figura 2.52 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Sistemas, Baltra.

La Figura 2.53, muestra los datos ingresados para el Sistema en Floreana.

The screenshot shows the 'Propiedades de las redes' dialog box with the 'Sistemas' tab selected. The 'Lista de todos los sistemas' on the left includes Santa Cruz, San Cristobal, Isabela, Baltra, Floreana (highlighted), CPE, and Sistema 7 through 25. The main area shows the following parameters for the 'Floreana' system:

- Nombre del sistema: Floreana
- Potencia del Transmisor (Watt): 1 (dBm) 30
- Umbral del receptor ( $\mu\text{V}$ ): 10 (dBm) -87
- Pérdida de la línea (dB): 3.5 (Cable+cavidades+conectores)
- Tipo de antena: ADA-63406380CF-C-hor.ari (Ver)
- Ganancia de antena (dBi): 32 (dBd) 29.85
- Altura de antena (m): 30 (Sobre el suelo)
- Pérdida adicional cable (dB/m): 0 (Si la altura de la antena difiere)

Buttons at the bottom include 'Agregar a Radiosys06.dat' and 'Remover del Radiosys06.dat'.

Figura 2.53 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Sistemas, Floreana.

### 2.10.3.5 Estilo

En la Figura 2.54, se elige los parámetros que determinan si existe línea de vista y si la señal es adecuada para la recepción. Se utiliza tres colores, cada uno representa una opción.

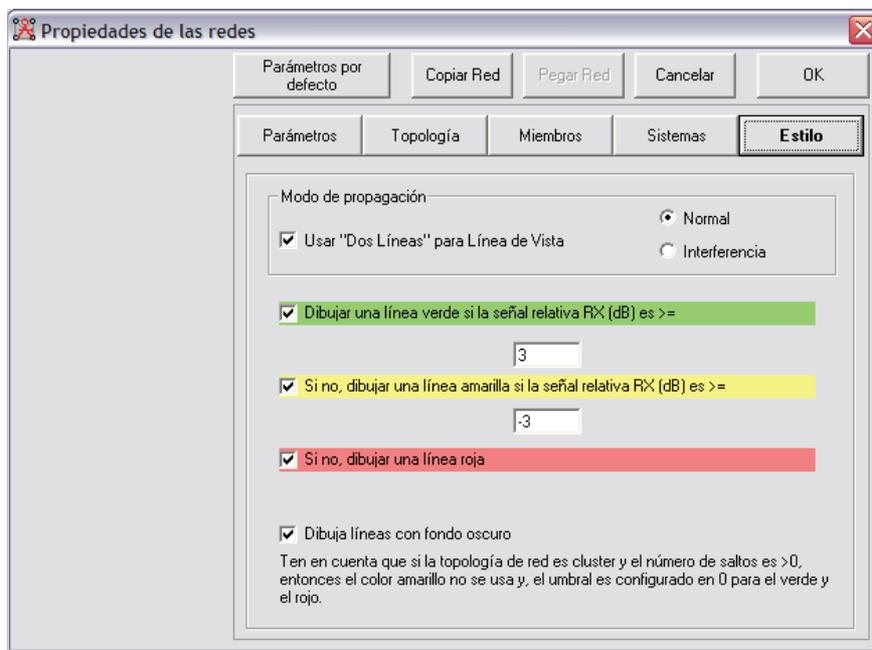


Figura 2.54 Cuadro Diálogo, Propiedades de las Redes, Estilo.

### 2.10.4 SIMULACIÓN RED PRINCIPAL

En la Figura 2.55, se indica los radioenlaces simulados correspondientes a la Red Principal.



Figura 2.55 Simulación Mapa Provincia de Galápagos, Red Principal.

Como se puede observar en la Figura 2.55, los radioenlaces se encuentran de color verde cuando las condiciones son óptimas para el enlace. A partir del gráfico se puede concluir que no se tiene problemas de obstrucción para los radioenlaces.

### 2.10.5 CERRO CROCKER (SANTA CRUZ) – CERRO SAN JOAQUÍN (SAN CRISTÓBAL)

En la Figura 2.56, se presenta la simulación del radioenlace entre el cerro Crocker - cerro San Joaquín. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

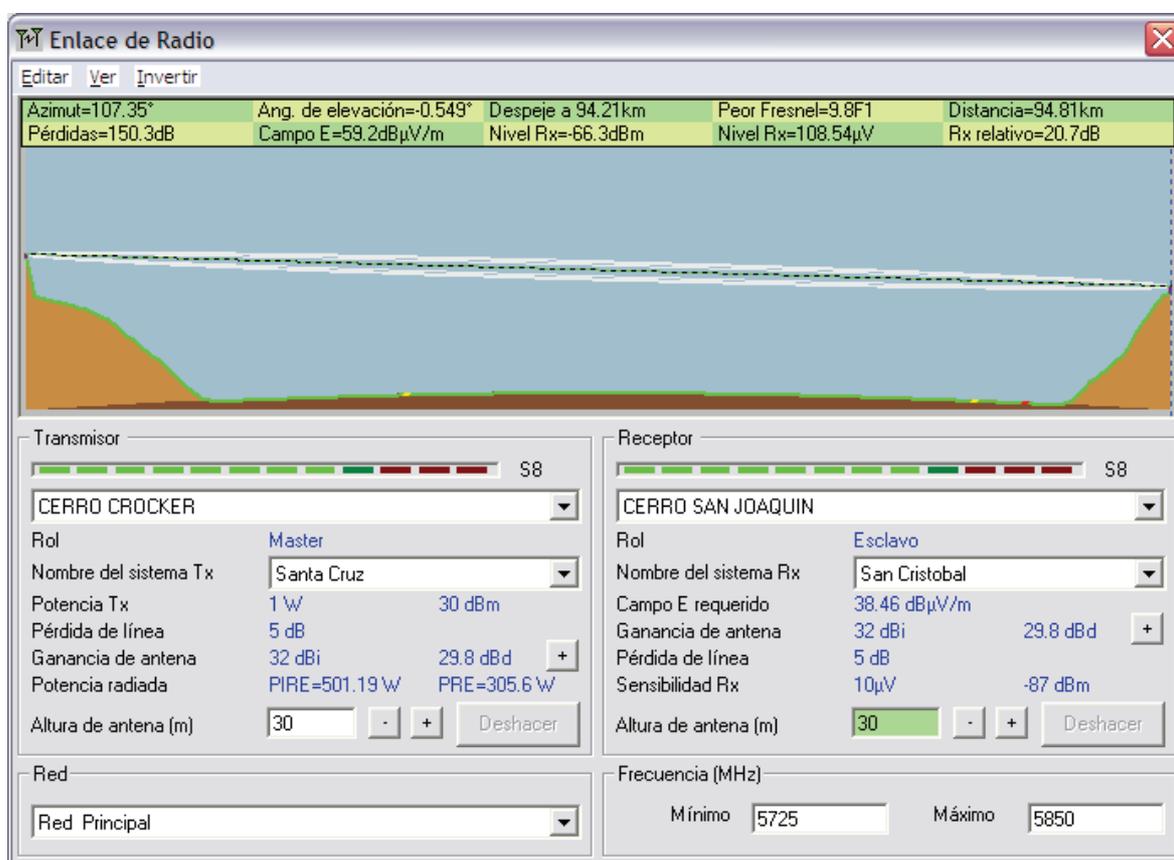


Figura 2.56 Radioenlace Cerro Crocker – Cerro San Joaquín.

En la Figura 2.57, se indica el enlace entre Cerro Crocker – Cerro San Joaquín.



Figura 2.57 Radioenlace Cerro Crocker – Cerro San Joaquín.

En la Figura 2.58, se muestra la línea de vista para el radioenlace Crocker – San Joaquín.

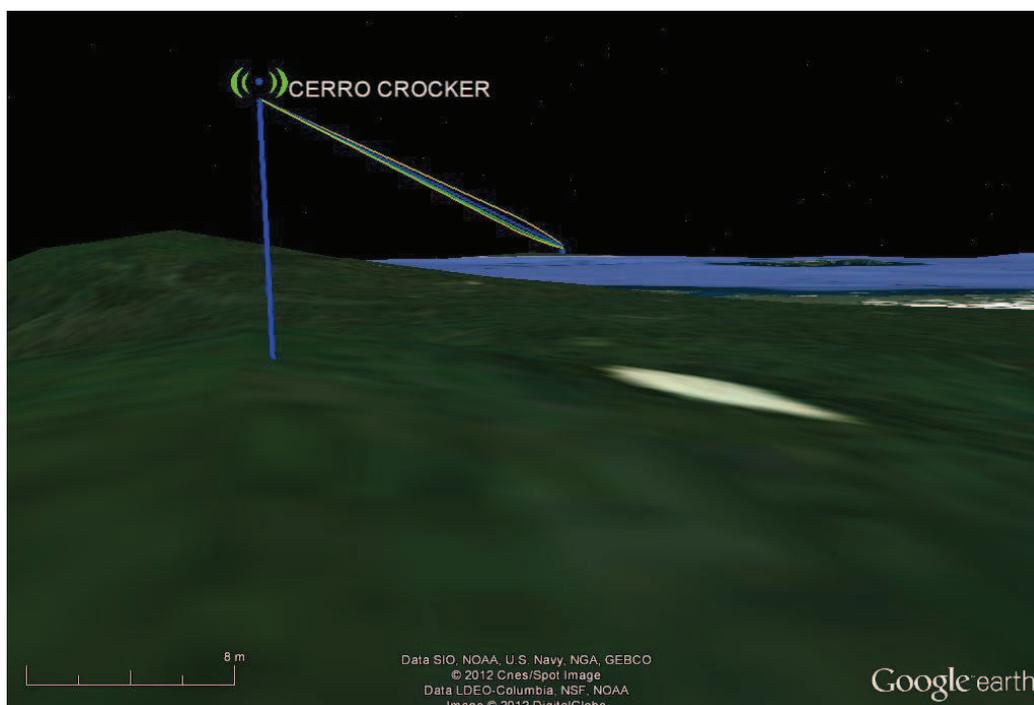


Figura 2.58 Línea de Vista Cerro Crocker hacia Cerro San Joaquín.

La Figura 2.59, se muestra la línea de vista para el radioenlace San Joaquín - Crocker.

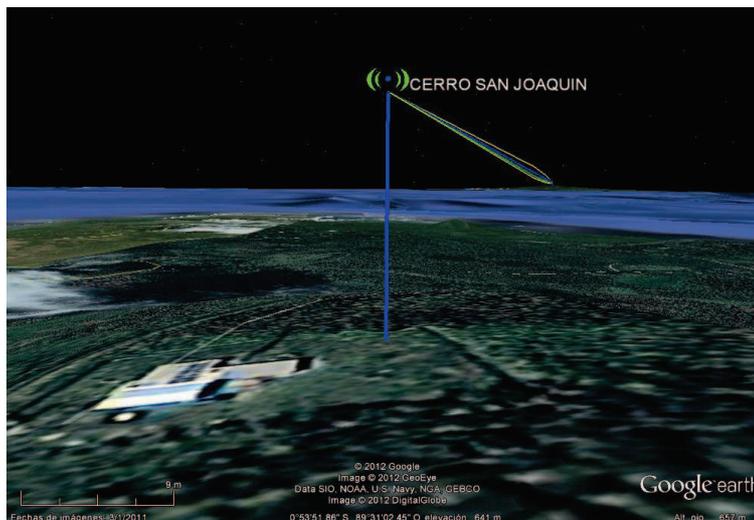


Figura 2.59 Línea de vista Cerro San Joaquín hacia Cerro Crocker.

En este radioenlace, al hacer un estudio de las obstrucciones presentes durante el trayecto del radioenlace. Se pudo observar que el relieve topográfico va en descenso, por lo que no se tiene obstrucciones representativas. Por esta razón la zona de Fresnel se encuentra despejada.

En la Figura 2.60, se muestra el perfil topográfico para el radio enlace.

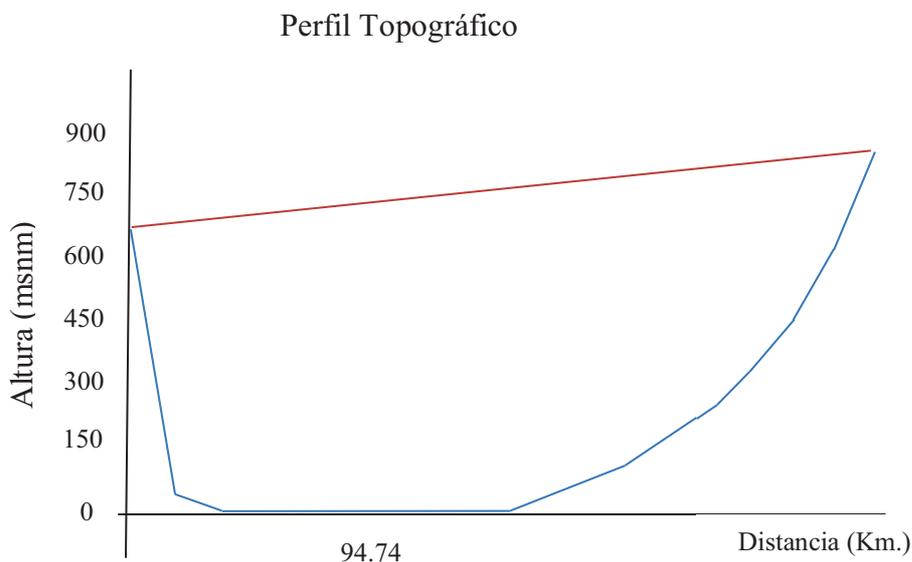


Figura 2.60 Perfil Topográfico entre Cerro San Joaquín (San Cristóbal) y el cerro Crocker (Santa Cruz).<sup>119</sup>

<sup>119</sup> Ing. Freddy Chávez, CGREG

### 2.10.6 CERRO CROCKER (SANTA CRUZ) – FLOREANA (FLOREANA)

En la Figura 2.61, se presenta la simulación del radioenlace cerro Crocker-Floreana. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

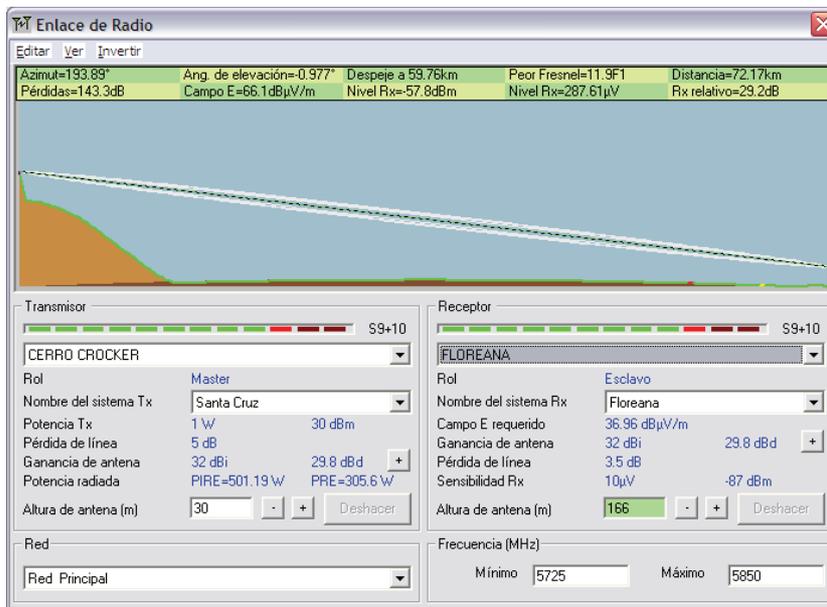


Figura 2.61 Radioenlace Cerro Crocker – Floreana.

En la Figura 2.62, se indica el enlace entre Cerro Crocker – Floreana.

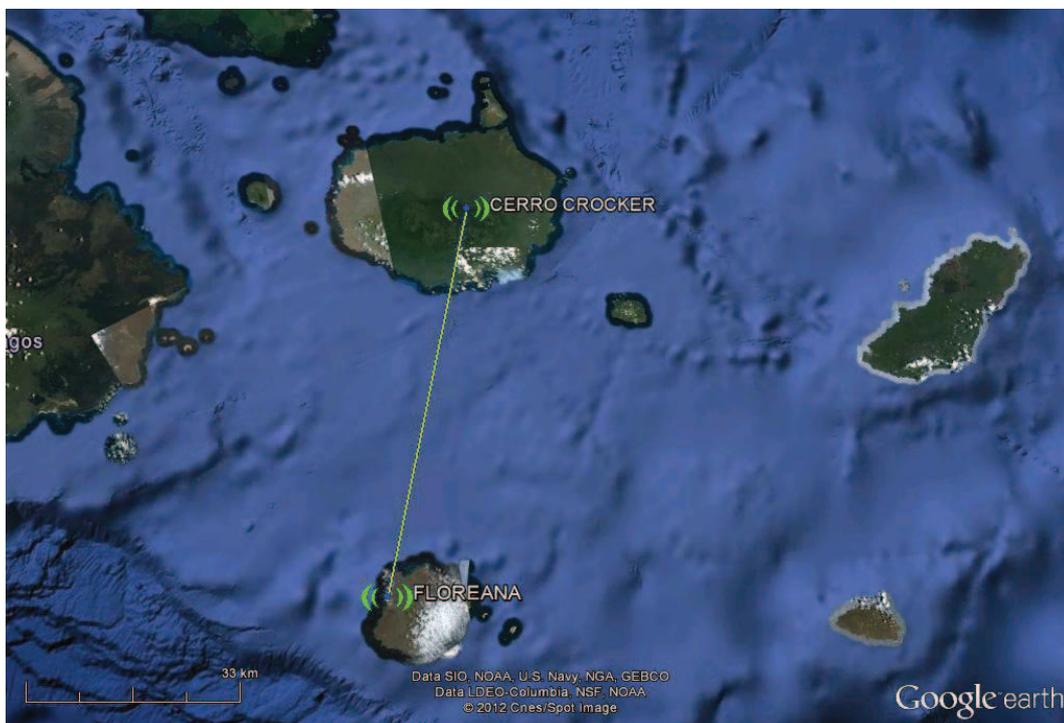


Figura 2.62 Radioenlace Cerro Crocker – Floreana.

En la Figura 2.63, se muestra la línea de vista para el radioenlace cerro Crocker – Floreana.

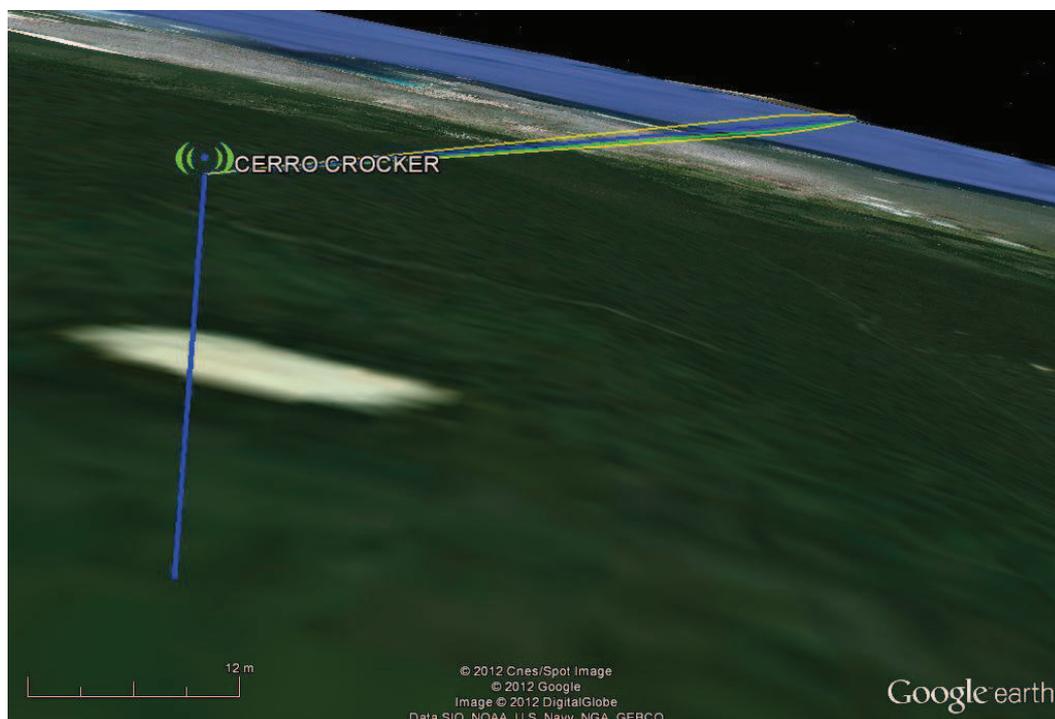


Figura 2.63 Línea de vista Cerro Crocker hacia Floreana.

La Figura 2.64, se muestra la línea de vista para el radioenlace Floreana – cerro Crocker.

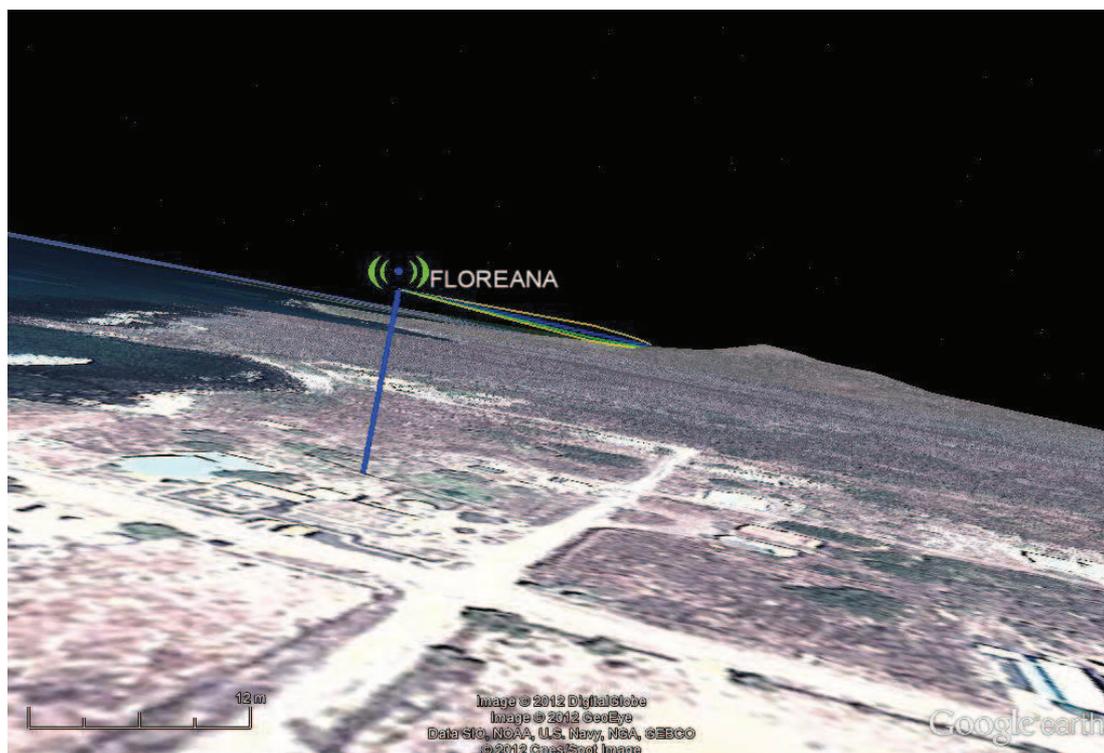


Figura 2.64 Línea de vista Floreana hacia Cerro Crocker.

En la Figura 2.64, se puede apreciar una obstrucción, ésta es notoria en la Figura 2.65.

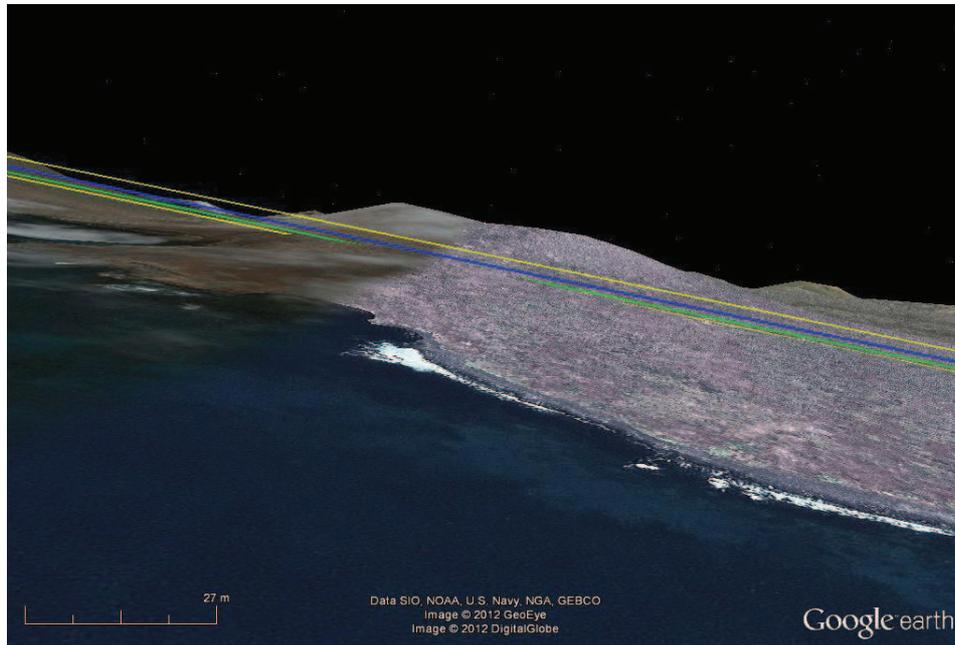


Figura 2.65 Obstrucción línea de vista por obstáculo en radioenlace Cerro Crocker – Floreana.

Ésta obstrucción está situada a 2Km, con respecto a la antena ubicada en Puerto Velasco Ibarra (Floreana).

Cálculo de la Zona de Fresnel.

Usando la Fresnel. Ecuacións  $r_1 = \sqrt{\frac{1 * c * d_1 * d_2}{D * f}}$

D=72,17Km

d<sub>1</sub>=2Km

d<sub>2</sub>=70,17Km

f= 5800 MHz

$$r_1 = \sqrt{\frac{c * d_1 * d_2}{D * f}} = \sqrt{\frac{300000 * 2 * 70,17}{72,17 * 5800}} = 10,02 [m]$$

Como se necesita que al menos el 60% de la primera zona de Fresnel esté libre se tiene:

$$60\% \text{ de } r_1 = 0,6 * 10,02 = 6,01 [m]$$

Este resultado expresa que las antenas deben estar elevadas 6,01 metros sobre la obstrucción, para tener línea de vista con el 60% de despeje de la primera zona de Fresnel.

La obstrucción tiene 55 metros de altura, por lo tanto las antenas deben estar ubicadas por lo menos a 61,01 metros.

La antena ubicada en el cerro Crocker se encuentra a 823 msnm, más los 30 metros de la torre por lo que supera esta condición.

La torre ubicada en Floreana está 8 msnm y tiene una altura de 30 metros, por lo que se tiene una altura total de 38 metros, que está por debajo de la altura requerida.

Para cumplir con la condición del 60% de despeje de la primera zona de Fresnel, la antena debe estar ubicada a 62 metros de altura. Pero el costo de construcción no es justificable con respecto al número de usuarios de la red.

Por lo que en conclusión este enlace no es realizable.

### 2.10.7 CERRO CROCKER (SANTA CRUZ) – CERRO EL CURA (ISABELA)

En la Figura 2.66, se presenta la simulación del radioenlace cerro Crocker- cerro el Cura. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

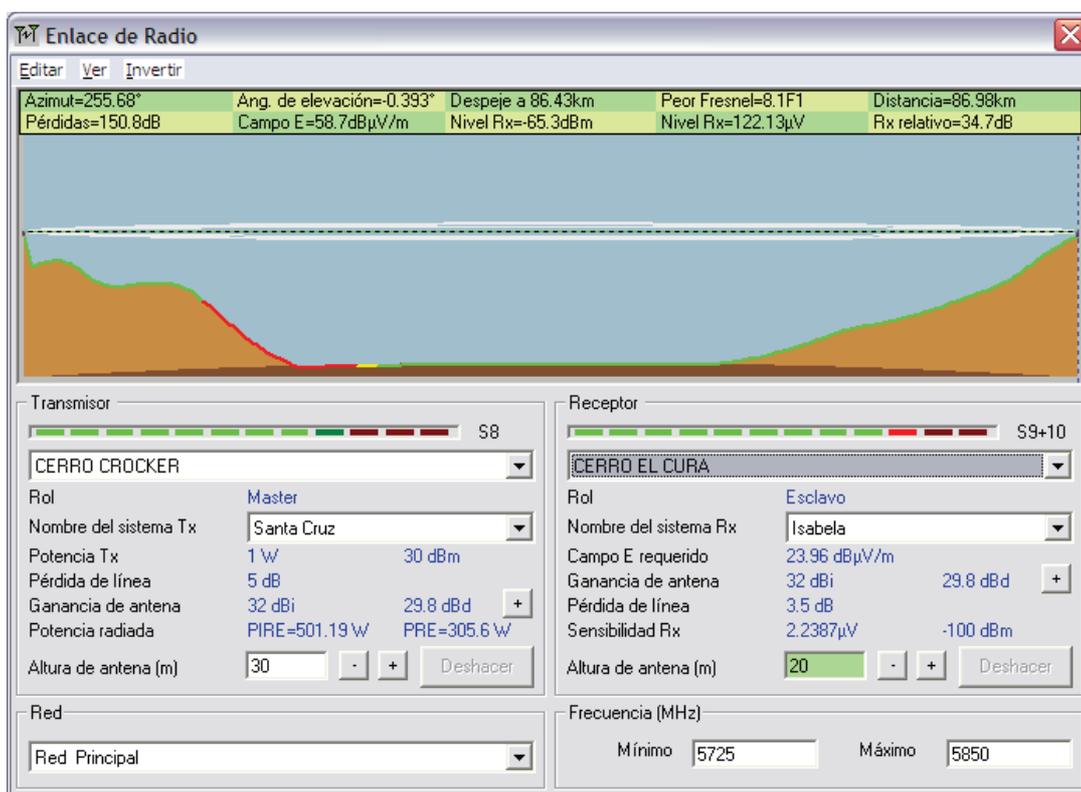


Figura 2.66 Radioenlace Cerro Crocker – Cerro El Cura.

En la Figura 2.67, se indica el enlace entre cerro Crocker – cerro el Cura.

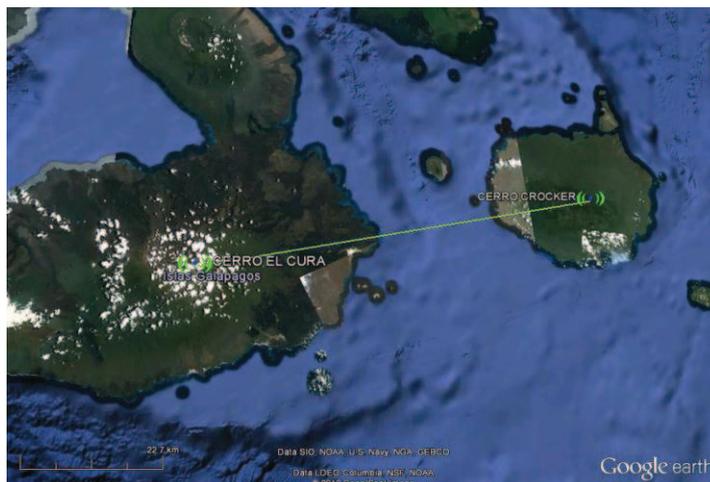


Figura 2.67 Radioenlace Cerro El Cura – Cerro Crocker.

En la Figura 2.68 y Figura 2.69, se muestra la línea de vista para el radioenlace cerro Crocker – cerro el Cura.

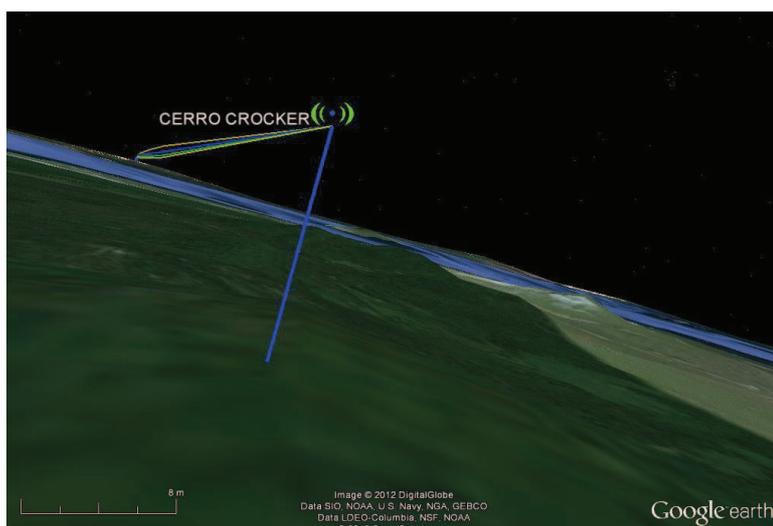


Figura 2.68 Línea de vista Cerro Crocker hacia Cerro El Cura.

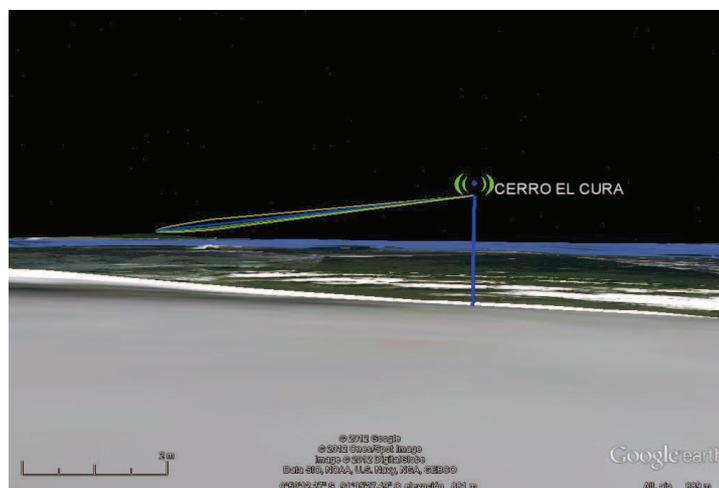


Figura 2.69 Línea de vista Cerro El Cura hacia Cerro Crocker.

La obstrucción más alta está situada a 13,28 Km, con respecto a la antena ubicada en el cerro Crocker.

Utilizando la Ecuación 2.23, para el cálculo de la Zona de Fresnel se tiene:

$$r_n = \sqrt{\frac{n * c * d_1 * d_2}{D * f}} \quad \text{como } n = 1 \text{ tenemos } r_1 = \sqrt{\frac{1 * c * d_1 * d_2}{D * f}}$$

D=86,98Km

d<sub>1</sub>=13,28Km

d<sub>2</sub>=73,7Km

f= 5800 MHz

$$r_1 = \sqrt{\frac{c * d_1 * d_2}{D * f}} = \sqrt{\frac{300000 * 13,28 * 73,7}{86,98 * 5800}} = 24,12 [m]$$

Como se necesita que al menos el 60% de la primera zona de Fresnel esté libre se tiene:

$$60\% \text{ de } r_1 = 0,6 * 24,12 = 14,475 [m]$$

Este resultado expresa que las antenas deben estar elevadas 14,475 metros sobre la obstrucción, para tener línea de vista con el 60% de despeje de la primera zona de Fresnel, obteniendo una comunicación adecuada sin importar la presencia de dicha obstrucción.

La obstrucción tiene 203 metros de altura, por lo que las antenas deben estar ubicadas a 217,475 metros de altura.

La torre ubicada en el cerro Crocker se encuentra a 823 msnm, más los 30 metros de la torre por lo que supera la condición requerida. La torre ubicada en el cerro El Cura esta a 875 msnm y la altura de la torre es de 20 metros, por lo que supera la condición requerida.

En la Figura 2.70 se muestra el perfil topográfico para el radio enlace.

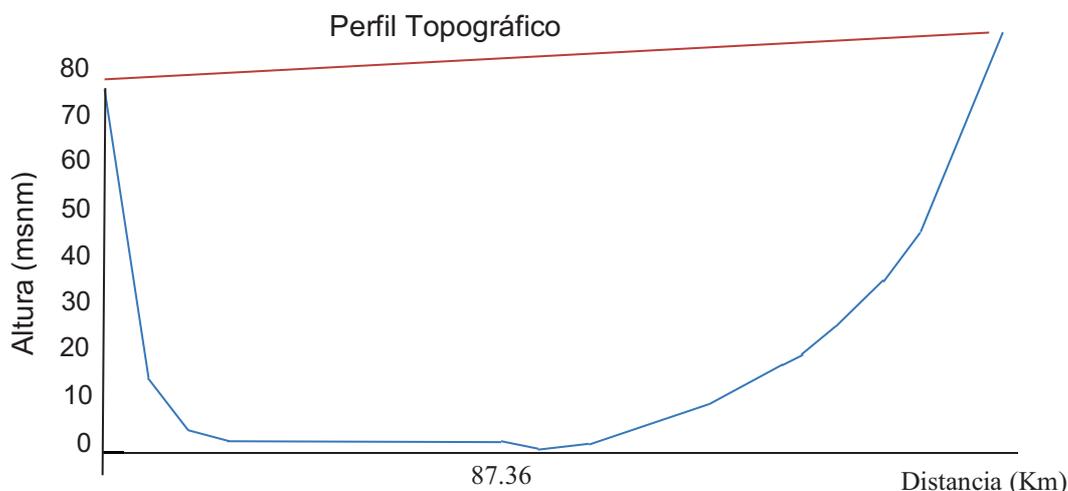


Figura 2.70 Perfil Topográfico entre el cerro Crocker (Santa Cruz) y El Cura (Isabela).<sup>120</sup>

### 2.10.8 CERRO CROCKER (SANTA CRUZ) – BALTRA (BALTRA)

En la Figura 2.71, se presenta la simulación del radioenlace cerro Crocker- Baltra. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

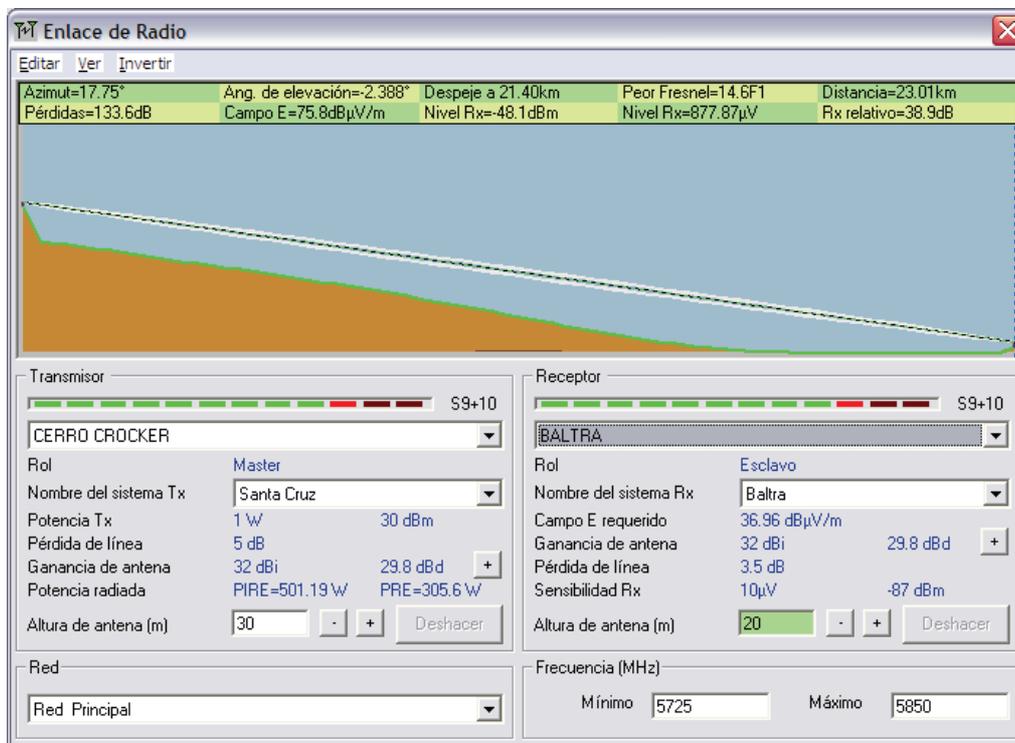


Figura 2.71 Radioenlace Cerro Crocker – Baltra.

<sup>120</sup> Ing. Freddy Chávez, CGREG

En la Figura 2.72, se indica el enlace entre Cerro Crocker – Baltra.



Figura 2.72 Radioenlace Cerro Crocker – Baltra.

En la Figura 2.73, se muestra la línea de vista para el radioenlace cerro Crocker – Baltra.

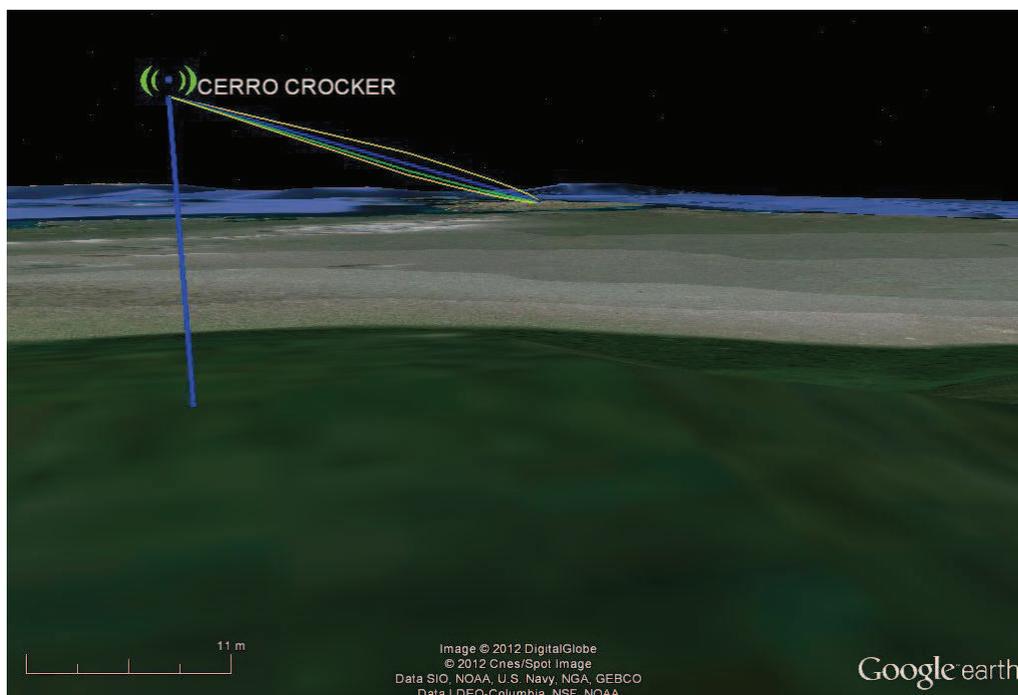


Figura 2.73 Línea de vista Cerro Crocker hacia Baltra.

La Figura 2.74, se muestra la línea de vista para el radioenlace Baltra - cerro Crocker.

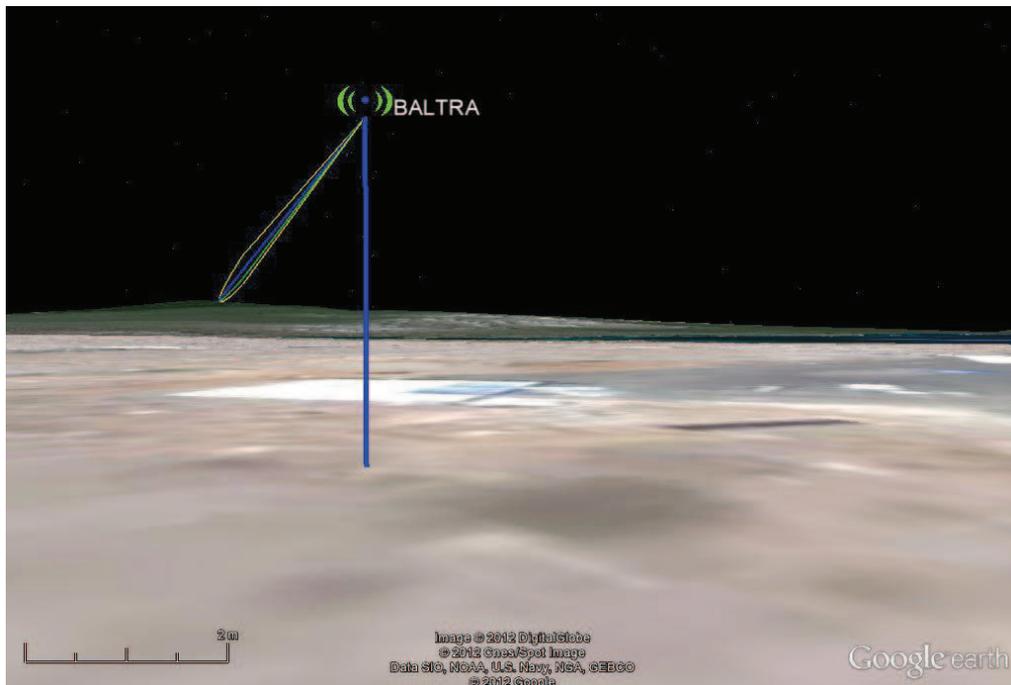


Figura 2.74 Línea de vista Baltra hacia Cerro Crocker.

La obstrucción más alta está situada a 3,94Km, con respecto a la torre ubicada en Baltra.

Con la Ecuación 2.23, para el cálculo de Zona de Fresnel, se tiene:

$$r_n = \sqrt{\frac{n * c * d_1 * d_2}{D * f}} \quad \text{como } n = 1 \text{ tenemos } r_1 = \sqrt{\frac{1 * c * d_1 * d_2}{D * f}}$$

D=23,01Km

d<sub>1</sub>=3,94Km

d<sub>2</sub>=19,07Km

f= 5800 MHz

$$r_1 = \sqrt{\frac{c * d_1 * d_2}{D * f}} = \sqrt{\frac{300000 * 3,94 * 19,07}{23,01 * 5800}} = 12,99 \text{ [m]}$$

Como se necesita que al menos el 60% de la primera zona de Fresnel esté libre se tiene:

$$60\% \text{ de } r_1 = 0,6 * 12,99 = 7,797 \text{ [m]}$$

Este resultado expresa que las antenas deben estar elevadas 7,797 metros sobre la obstrucción, para tener línea de vista con el 60% de la primera zona de Fresnel.

La obstrucción tiene 31 metros de altura, esto implica que las antenas deben estar ubicadas a 38,79 metros.

La torre ubicada en el cerro Crocker se encuentra a 823 msnm, y mide 30 metros por lo que supera esta condición.

La torre ubicada en Baltra está a 47 msnm y la mide 20 metros por lo que supera la condición requerida.

En la Figura 2.75, se muestra el perfil topográfico para el radio enlace.

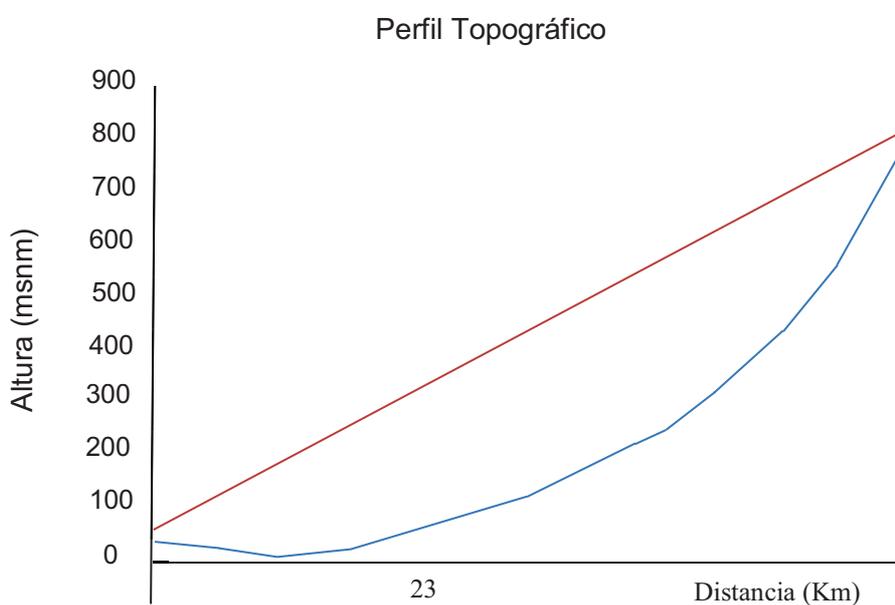


Figura 2.75 Perfil Topográfico entre Baltra y Cerro Crocker (Santa Cruz).<sup>121</sup>

---

<sup>121</sup> Ing. Freddy Chávez, CGREG

### 2.10.9 SIMULACIÓN RED DE RESPALDO O SECUNDARIA

En la Figura 2.76, se indica los radioenlaces simulados mediante Radio Mobile correspondientes a la Red de Respaldo.



Figura 2.76 Simulación Mapa Provincia de Galápagos, Red Secundaria.

Como se puede observar en la Figura 2.76, los radioenlaces en color verde, son los realizables. Mientras que el de color rojo presenta una obstrucción considerable, impidiendo la realización del mismo.

### 2.10.10 CERRO SAN JOAQUÍN (SAN CRISTÓBAL) – FLOREANA (FLOREANA)

En la Figura 2.77, se presenta la simulación del radioenlace cerro San Joaquín-Floreana. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

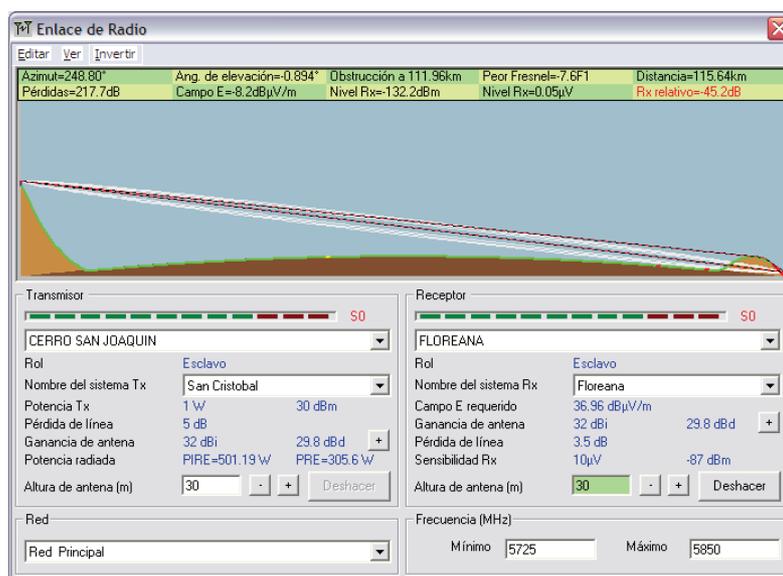


Figura 2.77 Radioenlace Cerro San Joaquín – Floreana.

En la Figura 2.78, se indica el enlace entre cerro San Joaquín – Floreana.



Figura 2.78 Radioenlace Cerro San Joaquín – Floreana.

En la Figura 2.79, se muestra la línea de vista para el radioenlace cerro San Joaquín – Floreana.

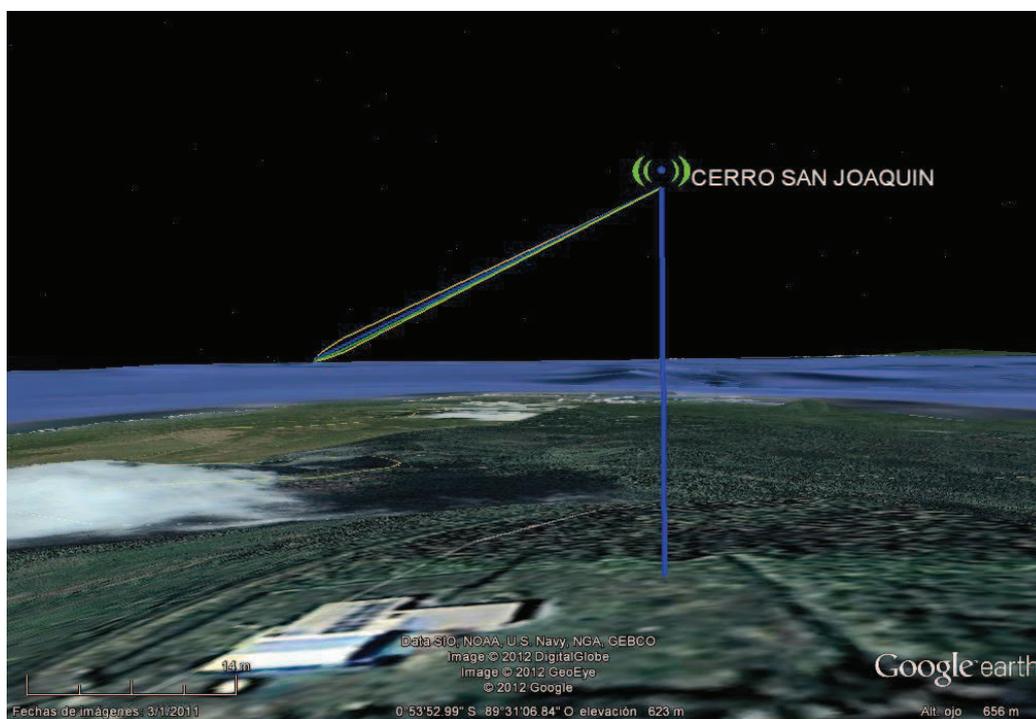


Figura 2.79 Línea de vista desde Cerro San Joaquín – Floreana.

En la Figura 2.80, se presenta la línea de vista desde Floreana al Cerro San Joaquín

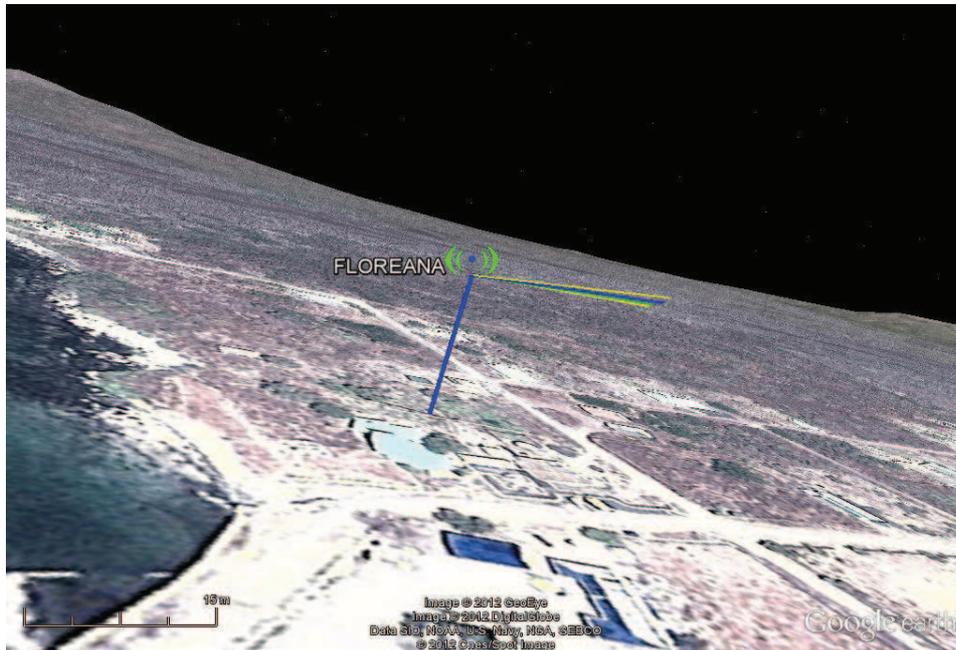


Figura 2.80 Obstrucción, Línea de vista desde Floreana hacia Cerro San Joaquín.

El punto más alto de esta obstrucción está situado a 3,52Km, con respecto a la antena ubicada en puerto Velasco Ibarra (Floreana).

Usando la Ecuación 2.23, para el cálculo de la Zona de Fresnel, se tiene:

$$r_n = \sqrt{\frac{n * c * d_1 * d_2}{D * f}} \quad \text{como } n = 1 \text{ tenemos } r_1 = \sqrt{\frac{1 * c * d_1 * d_2}{D * f}}$$

$$D=111,22\text{Km}$$

$$d_1=3,52\text{Km}$$

$$d_2=107,68\text{Km}$$

$$f= 5800 \text{ MHz}$$

$$r_1 = \sqrt{\frac{c * d_1 * d_2}{D * f}} = \sqrt{\frac{300000 * 3,52 * 107,68}{111,22 * 5800}} = 13,27 \text{ [m]}$$

Como se necesita que al menos el 60% de la primera zona de Fresnel esté libre se tiene:

$$60\% \text{ de } r_1 = 0,6 * 13,27 = 7,962 \text{ [m]}$$

Este resultado expresa que las antenas deben estar elevadas 7,962 metros sobre la obstrucción, para tener línea de vista con el 60% de despeje de la primera zona de Fresnel.

La obstrucción tiene 158 metros de altura, esto quiere decir que las antenas deben estar ubicadas a 165,962 metros de altura.

La torre ubicada en el cerro Crocker se encuentra a 823 msnm y la torre mide 30 metros, por lo que la condición está superada.

La torre ubicada en Floreana, está a 8 msnm y mide 30 metros. Por lo que se tiene una altura de 38 metros, que está por debajo de lo requerido.

Para cumplir con la condición de 60% de despeje de la primera zona de Fresnel, la antena debe estar ubicada a 166 metros de altura, por lo tanto este enlace no es realizable.

### 2.10.11 FLOREANA (FLOREANA) – CERRO EL CURA (ISABELA)

En la Figura 2.81, se presenta la simulación del radioenlace Floreana – cerro el Cura. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

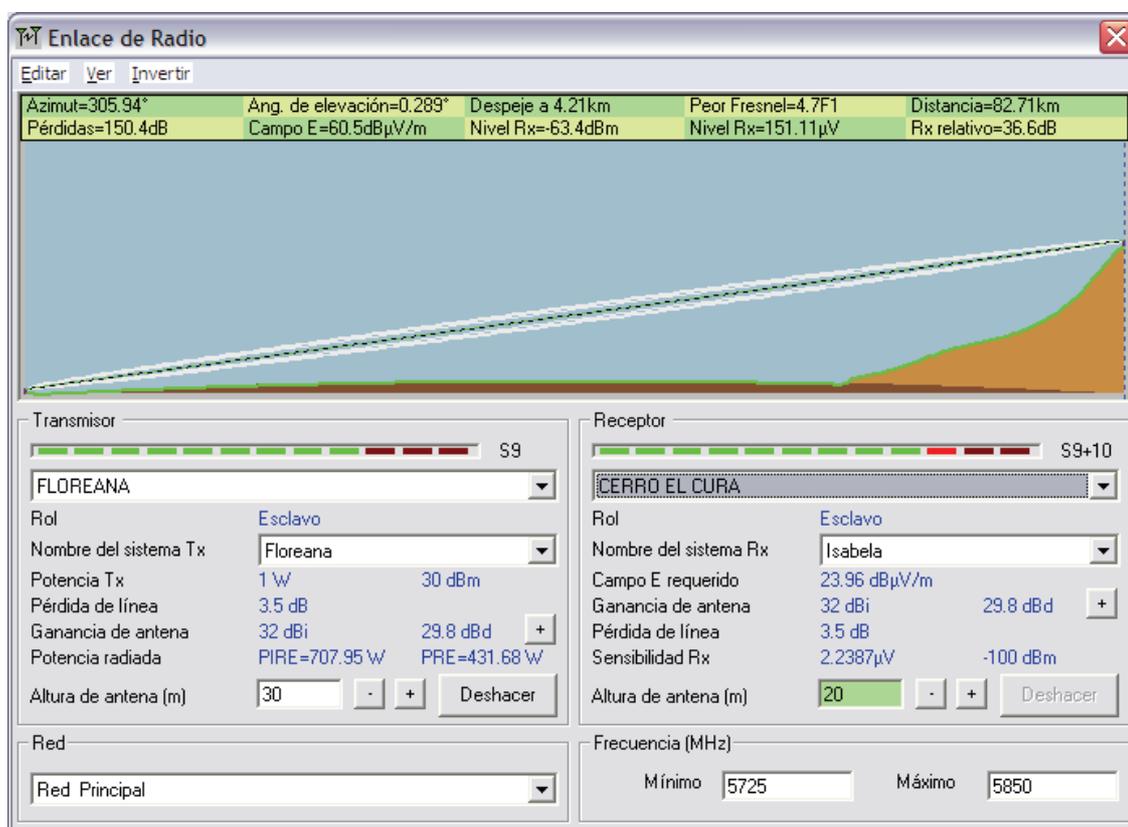


Figura 2.81 Radioenlace Floreana – Cerro El Cura.

En la Figura 2.82, se indica el enlace entre Floreana – cerro el Cura

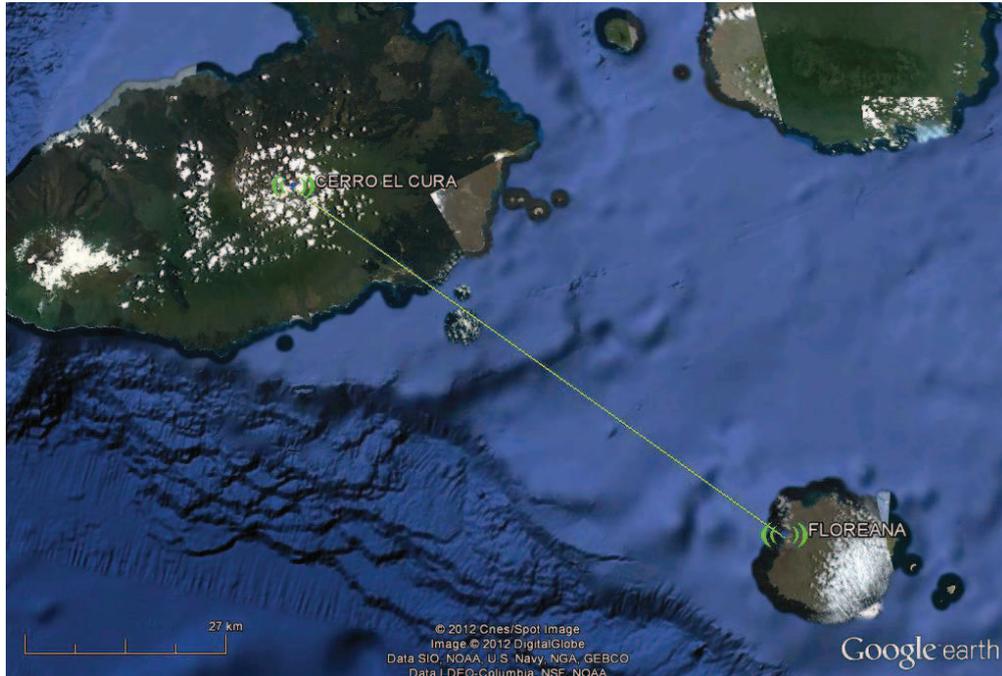


Figura 2.82 Radioenlace Cerro el Cura – Floreana.

En la Figura 2.83, se muestra la línea de vista para el radioenlace Floreana – cerro el Cura.

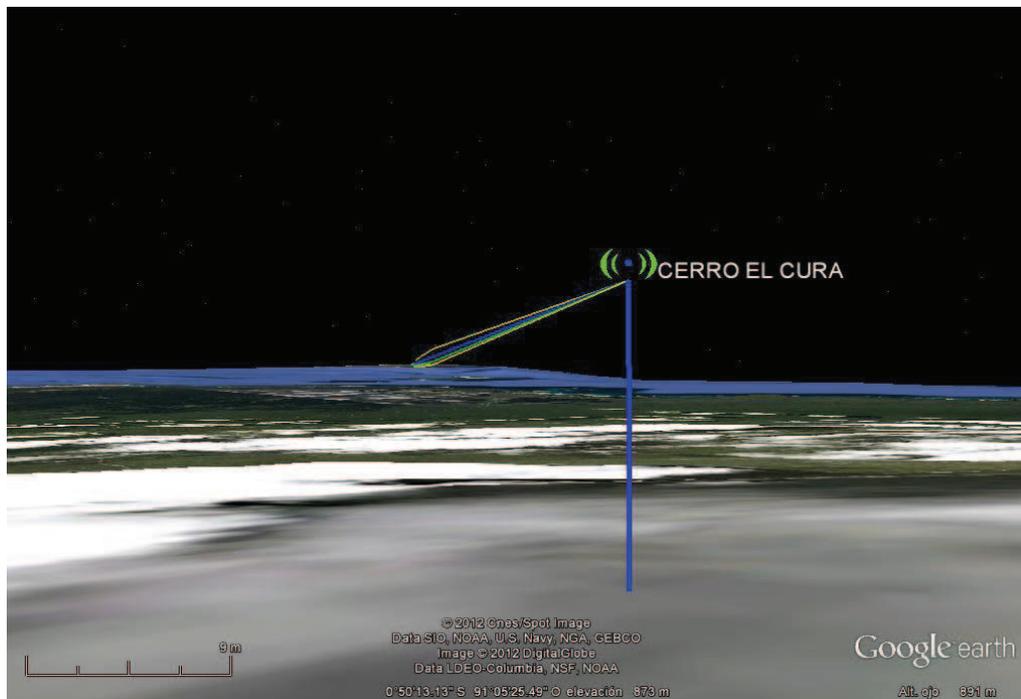


Figura 2.83 Línea de vista desde Cerro el Cura hacia Floreana.

La Figura 2.84, se muestra la línea de vista para el radioenlace cerro el Cura - Floreana.

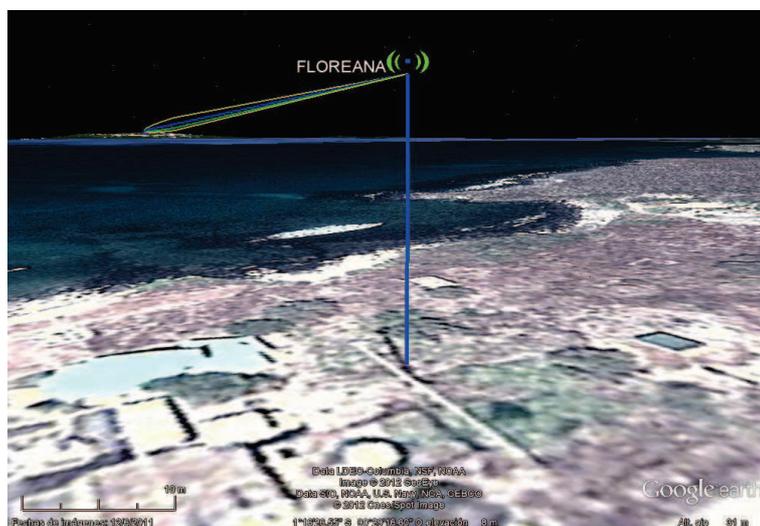


Figura 2.84 Línea de vista desde Floreana hacia Cerro el Cura.

El perfil topográfico para este enlace, no tiene obstrucciones y no existen elevaciones de consideración. Por esta razón la zona de Fresnel se encuentra despejada.

En la Figura 2.85, se muestra el perfil topográfico para el radio enlace.

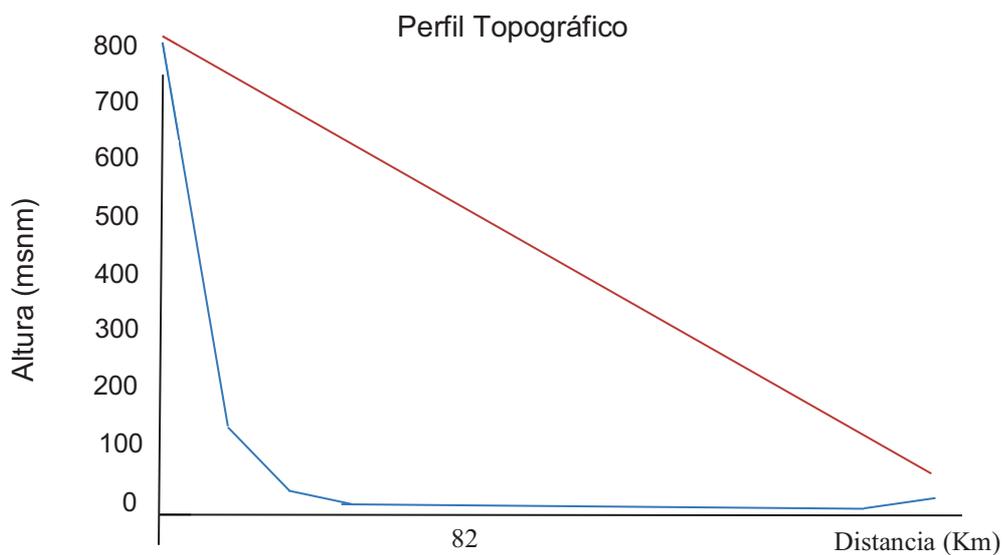


Figura 2.85 Perfil Topográfico entre cerro el Cura (Isabela) y Floreana.<sup>122</sup>

<sup>122</sup> Ing. Freddy Chávez, CGREG

### 2.10.12 CERRO EL CURA (ISABELA) - BALTRA (BALTRA)

En la Figura 2.86, se presenta la simulación del radioenlace cerro El Cura – Baltra. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

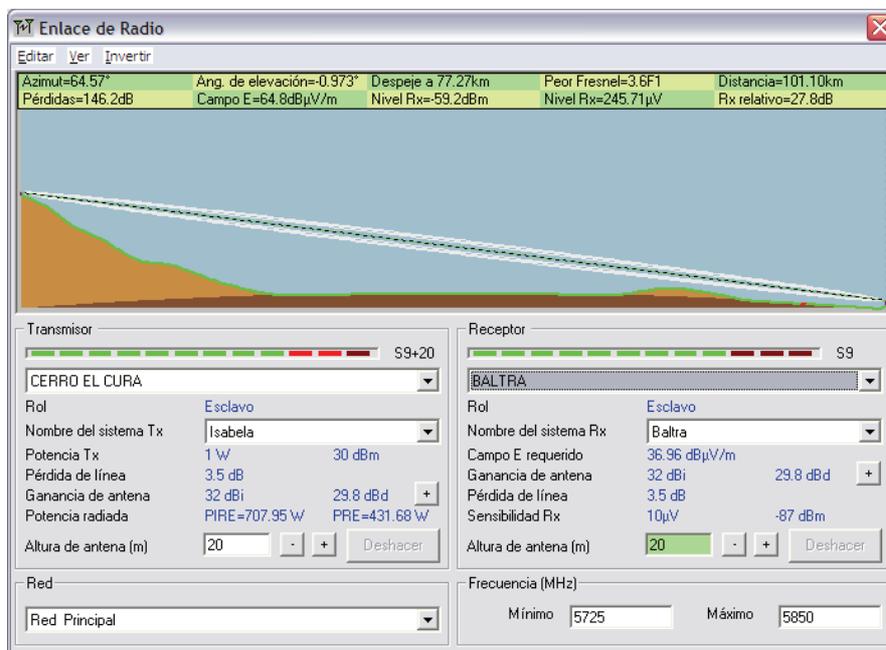


Figura 2.86 Radioenlace Cerro El Cura – Baltra.

En la Figura 2.87, se indica el enlace entre cerro el Cura – Baltra



Figura 2.87 Radioenlace Cerro El Cura – Baltra.

En la Figura 2.88, se muestra la línea de vista para el radioenlace cerro el Cura – Baltra.

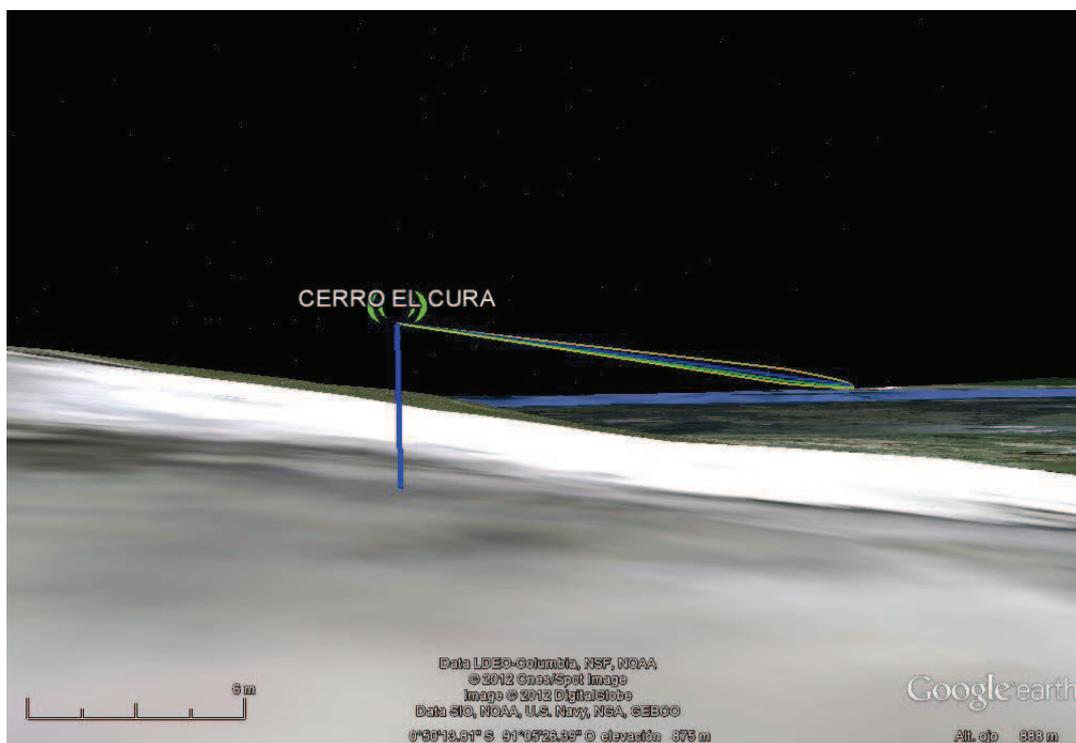


Figura 2.88 Línea de vista desde Cerro El Cura hacia Baltra.

En la Figura 2.89, se muestra la línea de vista para el radioenlace Baltra - cerro El Cura.

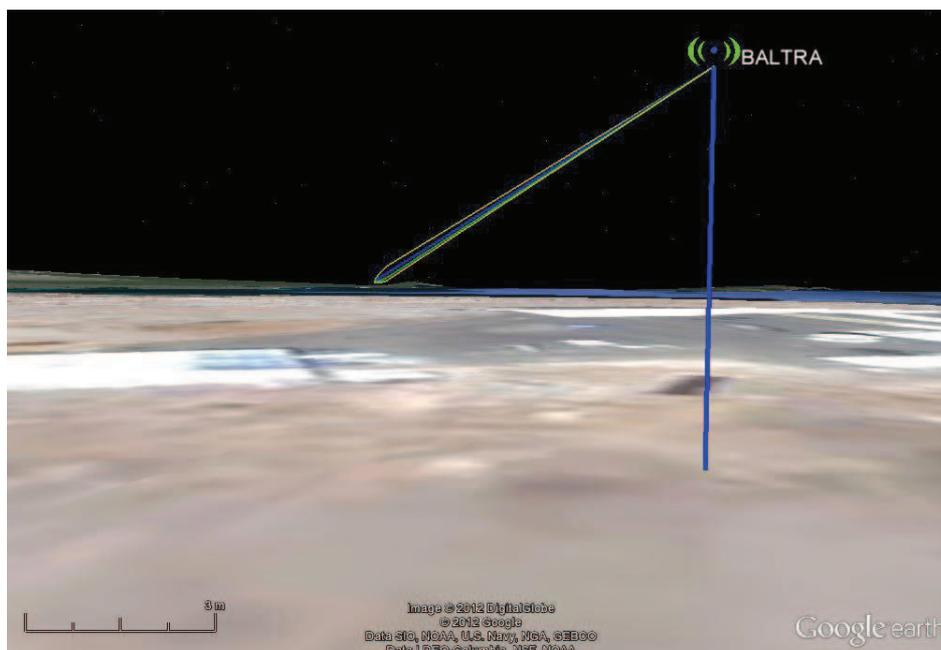


Figura 2.89 Línea de vista desde Baltra hacia Cerro El Cura.

En la Figura 2.90, se muestra el perfil topográfico para el radio enlace.

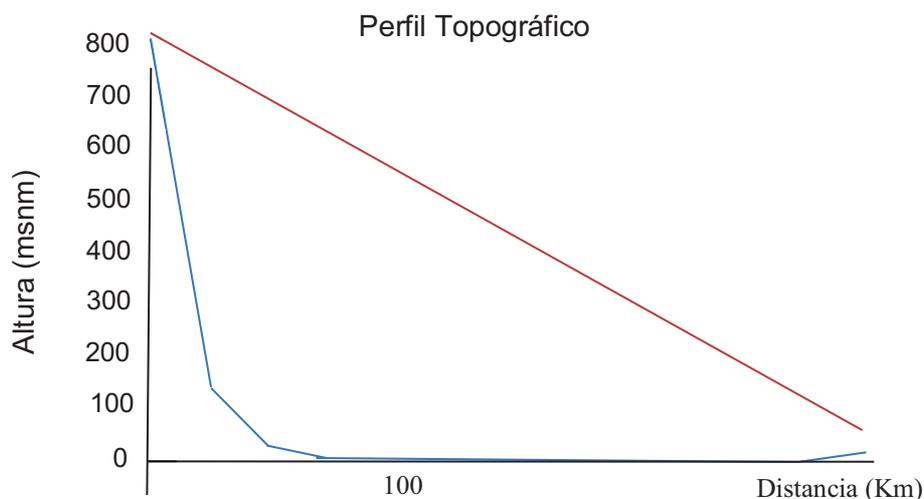


Figura 2.90 Perfil Topográfico entre El Cura (Isabela) y Baltra.<sup>123</sup>

Para este enlace no existen obstrucciones, por lo tanto la primera zona de Fresnel se encuentra despejada y el enlace es realizable.

### 2.10.13 BALTRA (BALTRA) – CERRO SAN JOAQUÍN (SAN CRISTÓBAL)

En la Figura 2.91, se presenta la simulación del radioenlace Baltra –San Joaquín. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

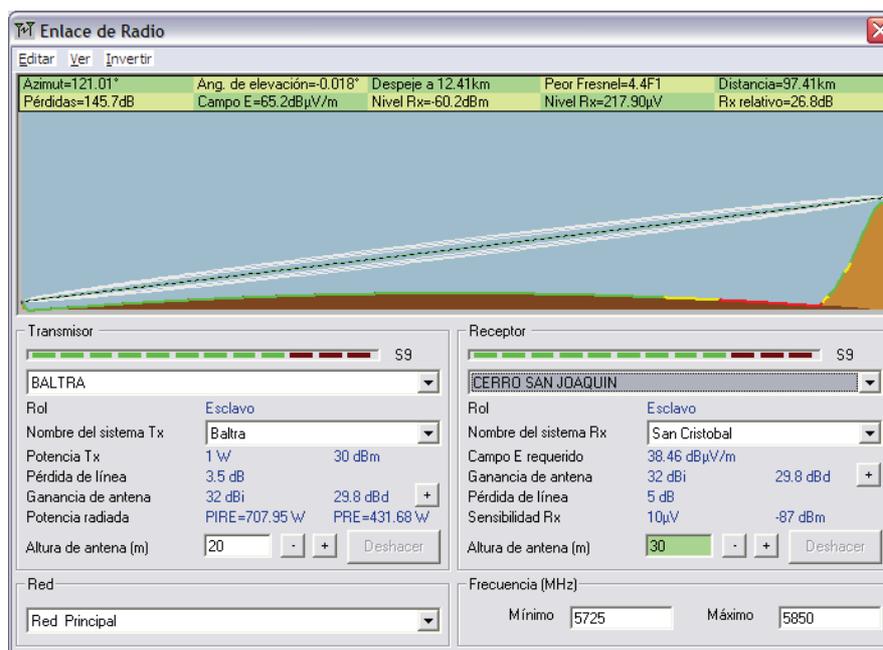


Figura 2.91 Radioenlace Baltra – Cerro San Joaquín.

<sup>123</sup> Ing. Freddy Chávez, CGREG

En la Figura 2.92, se indica el enlace entre Baltra – cerro San Joaquín.



Figura 2.92 Radioenlace Baltra - Cerro San Joaquín.

En la Figura 2.93, se muestra la línea de vista para el radioenlace cerro San Joaquín - Baltra.

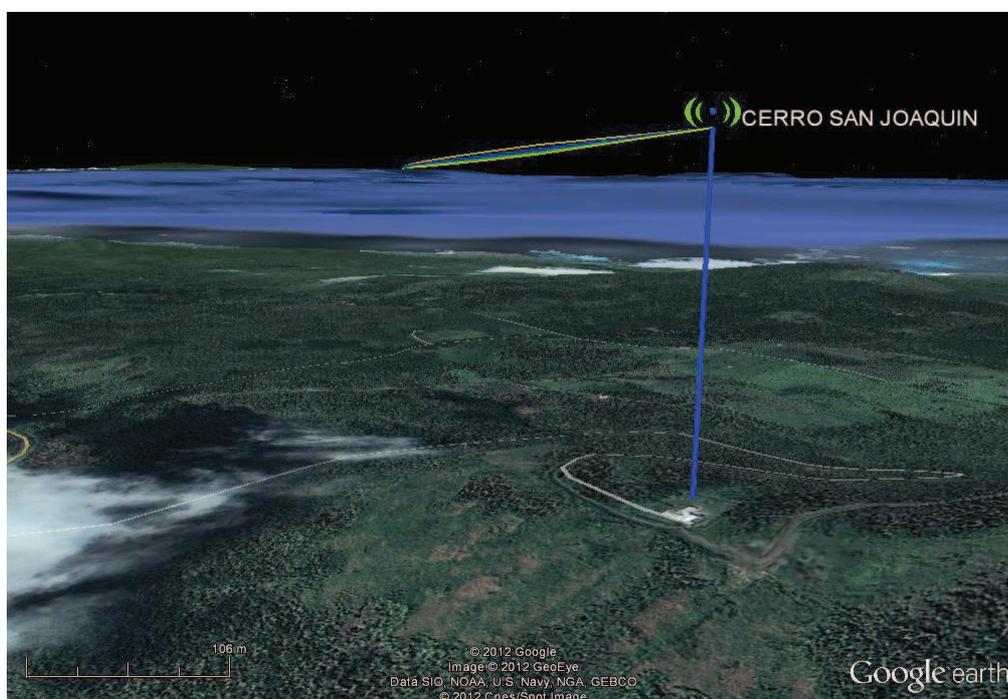


Figura 2.93 Línea de vista Cerro San Joaquín hacia Baltra.

En la Figura 2.94, se muestra la línea de vista para el radioenlace Baltra– cerro San Joaquín.

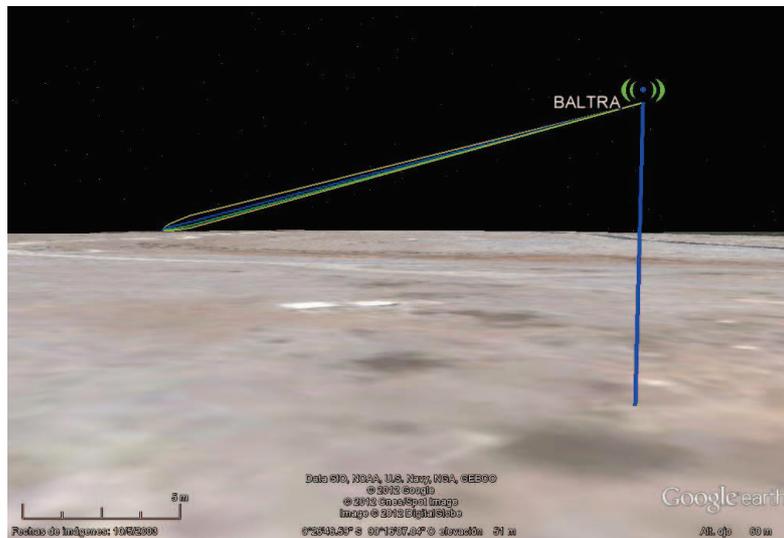


Figura 2.94 Línea de vista Baltra hacia Cerro San Joaquín.

Al hacer el estudio del perfil topográfico, se concluyó que no existen elevaciones de consideración, por lo tanto la primera zona de Fresnel se encuentra despejada. En la Figura 2.95, se muestra el perfil topográfico para el radio enlace.

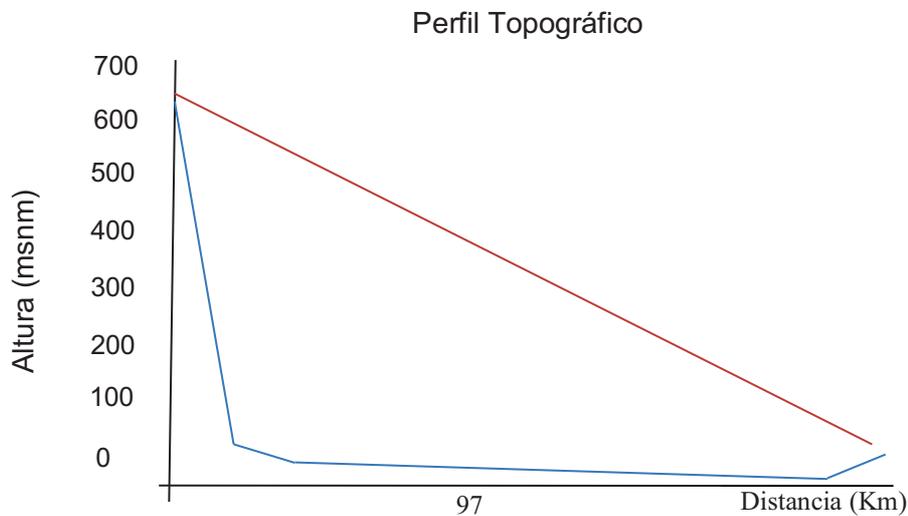


Figura 2.95 Perfil Topográfico entre el cerro San Joaquín y Baltra.

## 2.11 SIMULACIÓN DE CONEXIÓN DE ÚLTIMA MILLA CON RADIO MOBILE

Una vez realizada la simulación de los radioenlaces entre islas, el siguiente paso es realizar la simulación para el servicio a los usuarios. Para ello primero se va a simular las zonas de cobertura de las antenas, La simulación se realiza con clientes situados en diferentes sitios, dentro de la zona de cobertura.

En este caso se debe tomar en cuenta, que se tiene errores de simulación con respecto al perfil topográfico, ya que no hay suficiente información de altitud para toda la superficie y existen obstrucciones en lugares donde la línea de vista es existente. Para respaldar esta afirmación, se adjunta imágenes de Radio Mobile exportado a Google Earth, ya que posee una mejor información de relieve.

### 2.11.1 COBERTURA DE ANTENAS DE LAS ESTACIONES BASE

Con simulación presentada en la Figura 2.96, se visualiza las zonas de cobertura de las estaciones base, como se puede notar las antenas sectoriales son directivas y cubren en su totalidad las áreas geográficas escogidas (Sección 2.5.2), para ofrece la cobertura del servicio. Adicionalmente se observa que las zonas rurales, se encuentran también dentro del área de cobertura de las BTS. La simulación de cobertura, se hizo para cada isla, y representa el área en la que se realizarán los enlaces punto a multipunto.

La simulación está hecha para una distancia máxima de 20Km que es el área donde se ubican los equipos CPE de usuarios.

### 2.11.2 PROVINCIA DE GALÁPAGOS

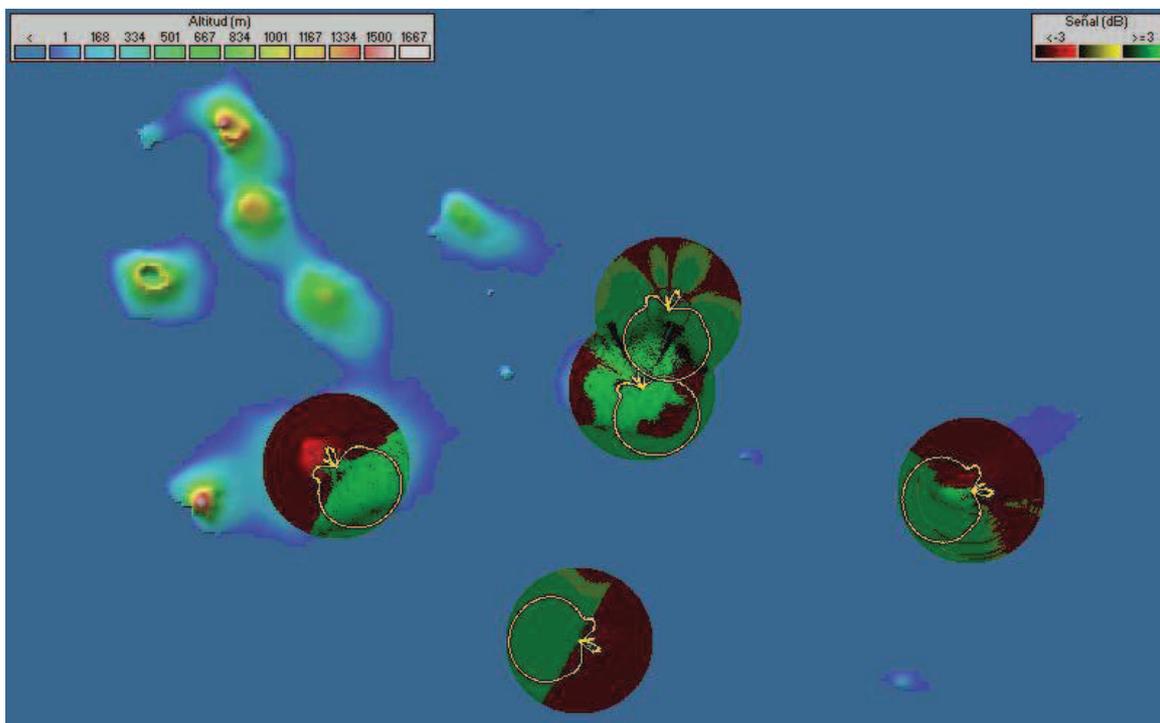


Figura 2.96 Cobertura BTS en la Provincia de Galápagos.

En la Figura 2.96, se observa en color verde el área de cobertura de las BTS en cada isla, el color rojo indica los lugares donde la señal es bajo los  $-3\text{dB}$ , el color verde indica que el nivel de señal es óptimo

### 2.11.2.1 Santa Cruz

En la Figura 2.97, se indica la zona de cobertura de la BTS ubicada en la isla Santa Cruz.

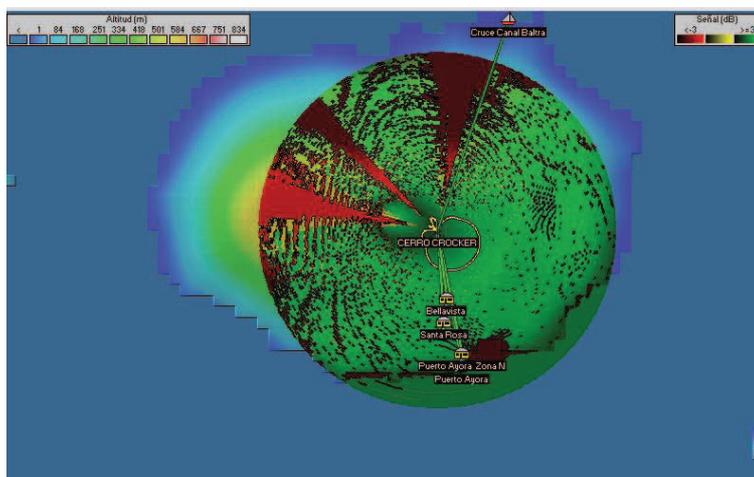


Figura 2.97 Cobertura BTS en la isla Santa Cruz.

En la Figura 2.97, se muestra a los clientes ubicados en la Isla, se puede observar que se encuentran dentro del área de cobertura de la estación base.

### 2.11.2.2 San Cristóbal

En la Figura 2.98, se indica la zona de cobertura de la de BTS, ubicada en la isla San Cristóbal.

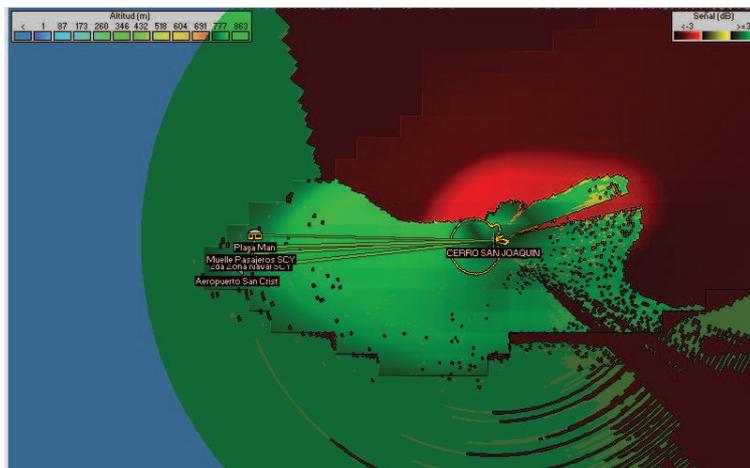


Figura 2.98 Cobertura BTS en la isla San Cristóbal.

En la Figura 2.98, se muestra a los clientes ubicados en San Cristóbal, se puede observar que se encuentran dentro del área de cobertura de la estación base.

### 2.11.2.3 Isabela

En la Figura 2.99, se indica la zona de cobertura de la BTS ubicada en la isla Isabela.

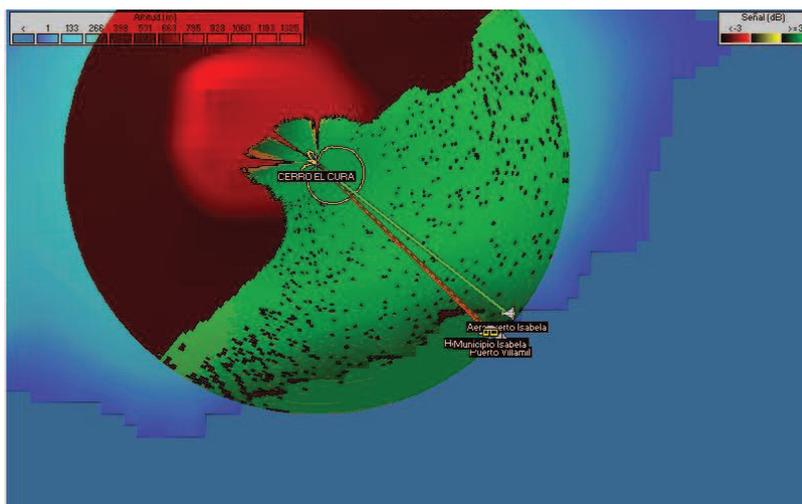


Figura 2.99 Cobertura BTS en la isla Isabela.

En la Figura 2.99, se muestra a los clientes ubicados en Isabela, se puede observar que se encuentran dentro del área de cobertura de la estación base.

### 2.11.2.4 Baltra

En la Figura 2.100, se indica la zona de cobertura del repetidor, ubicado en Baltra.

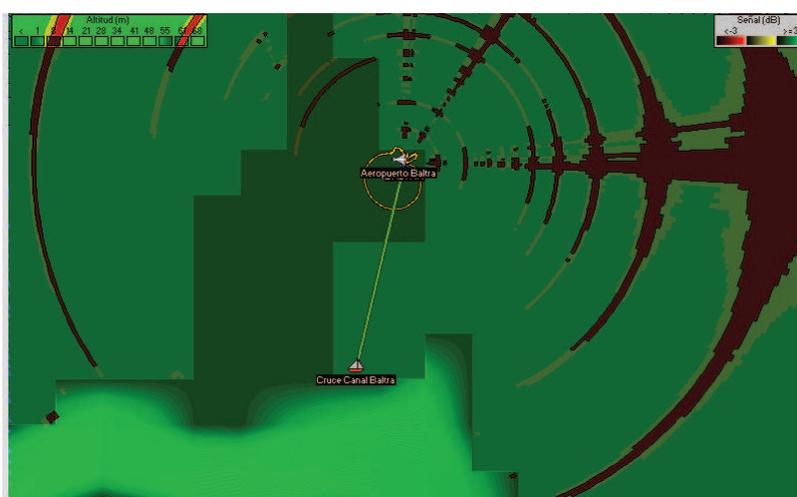


Figura 2.100 Cobertura en la isla Baltra.

En la Figura 2.100, se muestra a los clientes ubicados en la Isla Baltra, se puede observar que se encuentran dentro del área de cobertura del repetidor.

### 2.11.2.5 Floreana

En la Figura 2.101, se indica la zona de cobertura del repetidor, ubicado en Floreana.

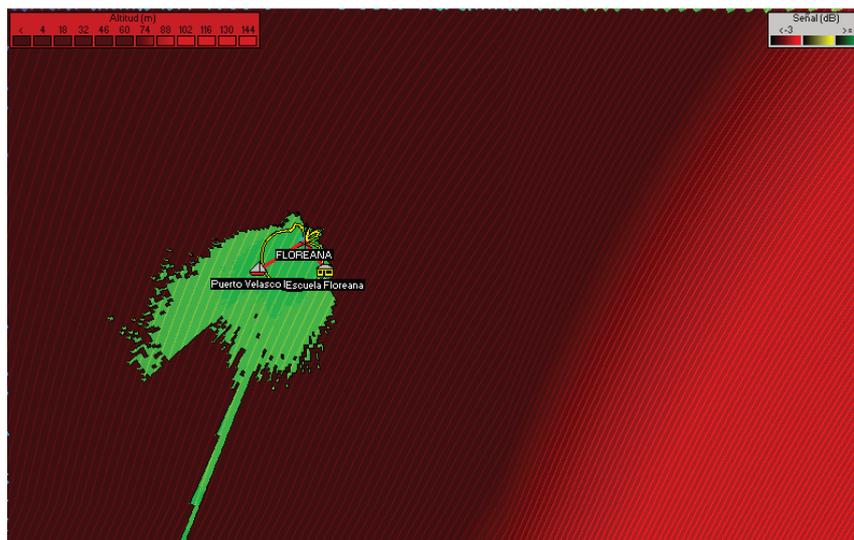


Figura 2.101 Cobertura BTS en la isla Floreana.

En la Figura 2.101, se muestra a los clientes ubicados en Floreana, se puede observar que se encuentran dentro del área de cobertura de la estación base. En este caso es un repetidor, el cual se comunica con Isabela.

### 2.11.3 ENLACE ÚLTIMA MILLA SAN CRISTÓBAL

En la Figura 2.102, se indica la simulación para la conexión de última milla entre la radio base y los equipos del suscriptor, en la isla San Cristóbal.

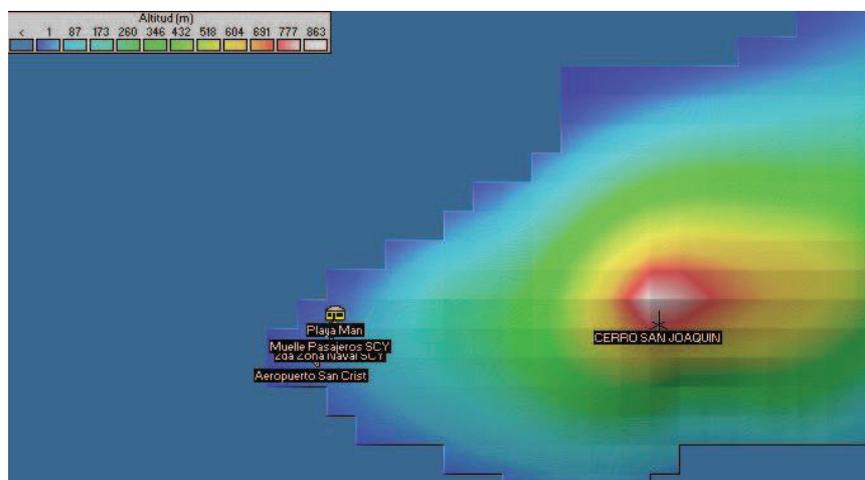


Figura 2.102 Ubicación de clientes enlace última milla San Cristóbal.

### 2.11.3.1 Radioenlace Cerro San Joaquín – Aeropuerto San Cristóbal

En la Figura 2.103, se presenta la simulación del radioenlace Cerro San Joaquín con el Aeropuerto de San Cristóbal. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

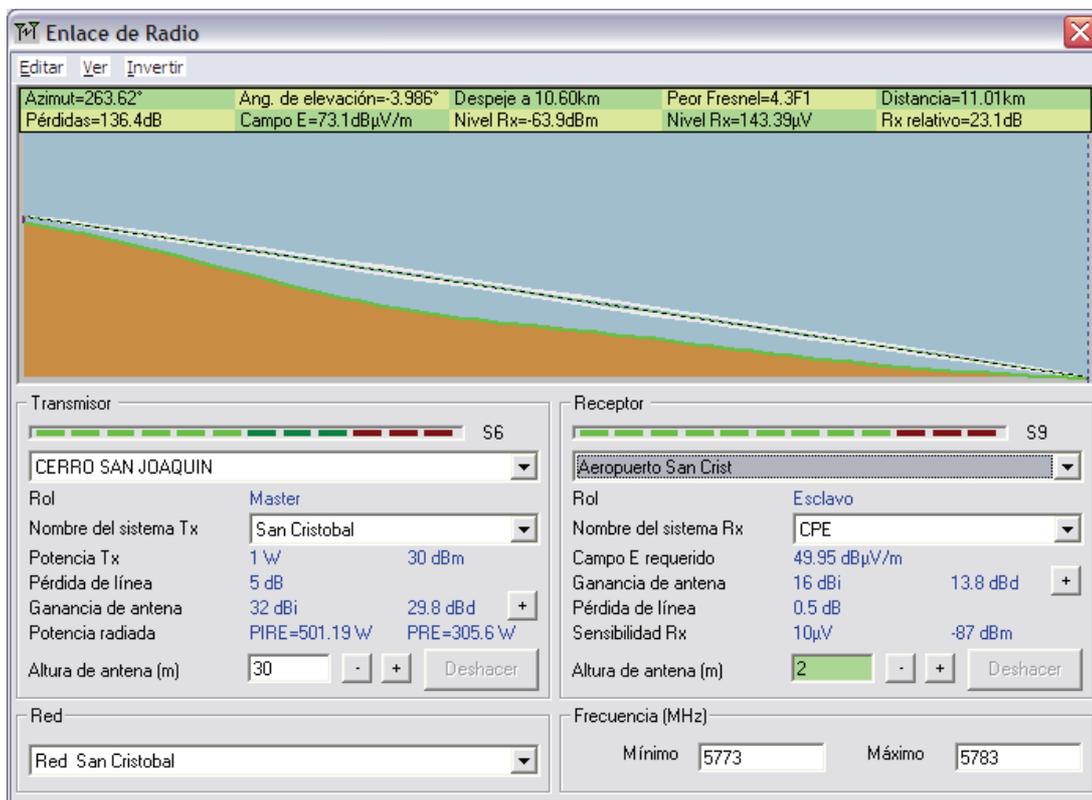


Figura 2.103 Radioenlace Cerro San Joaquín – Aeropuerto.

En la Figura 2.104, se indica el enlace entre Cerro San Joaquín-Aeropuerto.

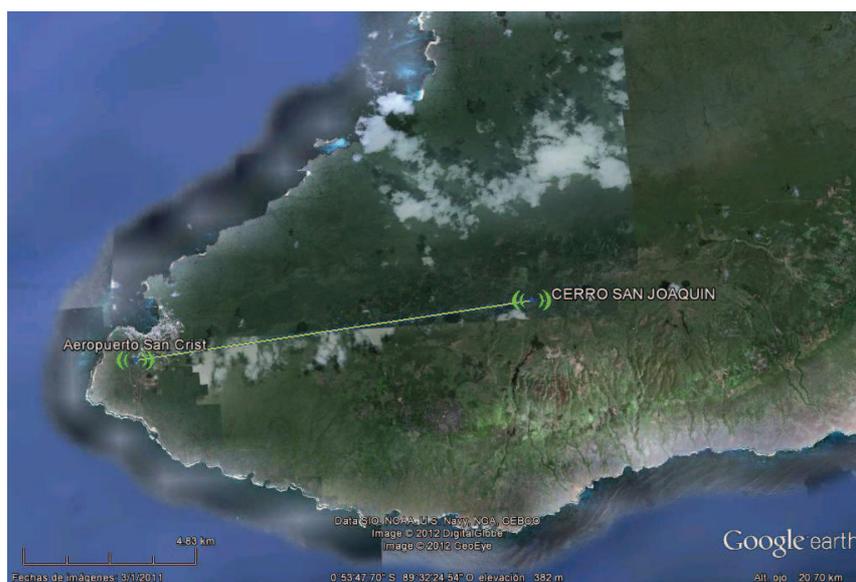


Figura 2.104 Radioenlace Cerro San Joaquín – Aeropuerto.

En la Figura 2.105, se muestra la línea de vista para el radioenlace Cerro San Joaquín–Aeropuerto.

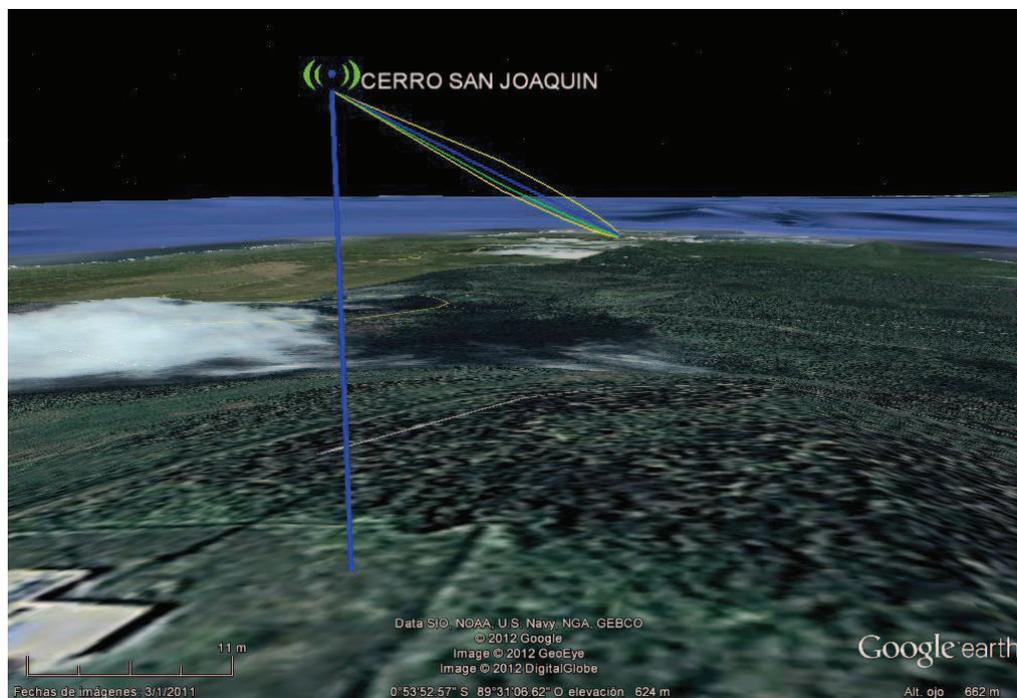


Figura 2.105 Línea de vista Cerro San Joaquín hacia Aeropuerto.

En la Figura 2.106, se muestra la línea de vista para el radioenlace Aeropuerto – Cerro San Joaquín.

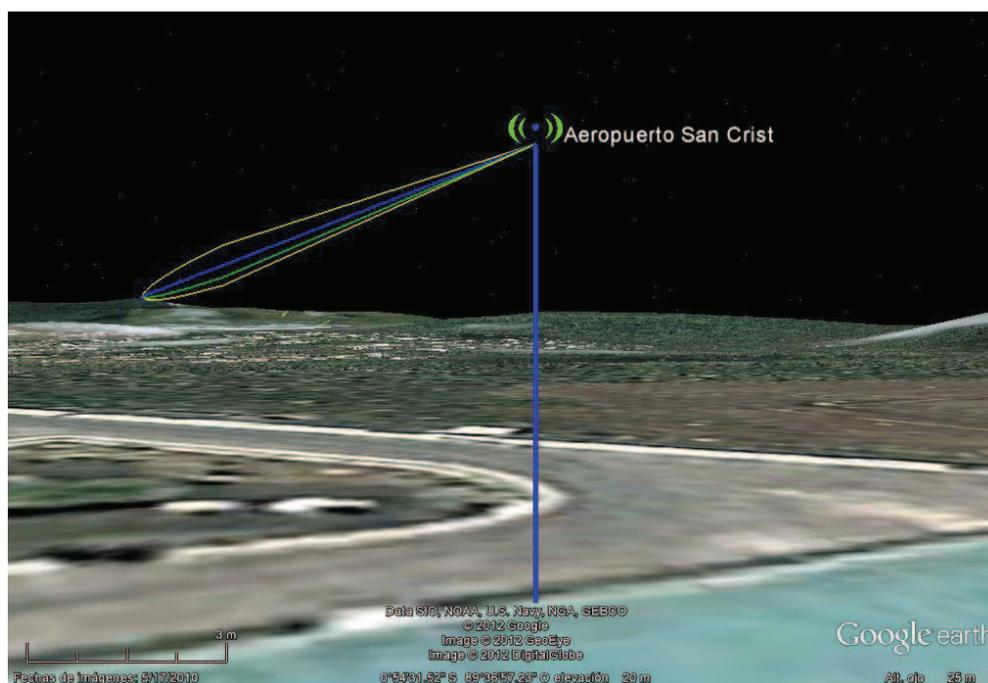


Figura 2.106 Línea de vista Aeropuerto hacia Cerro San Joaquín.

### 2.11.3.2 Radioenlace Cerro San Joaquín – Segunda Zona Naval

En la Figura 2.107, se indica la simulación del radioenlace Cerro San Joaquín-Segunda Zona Naval. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

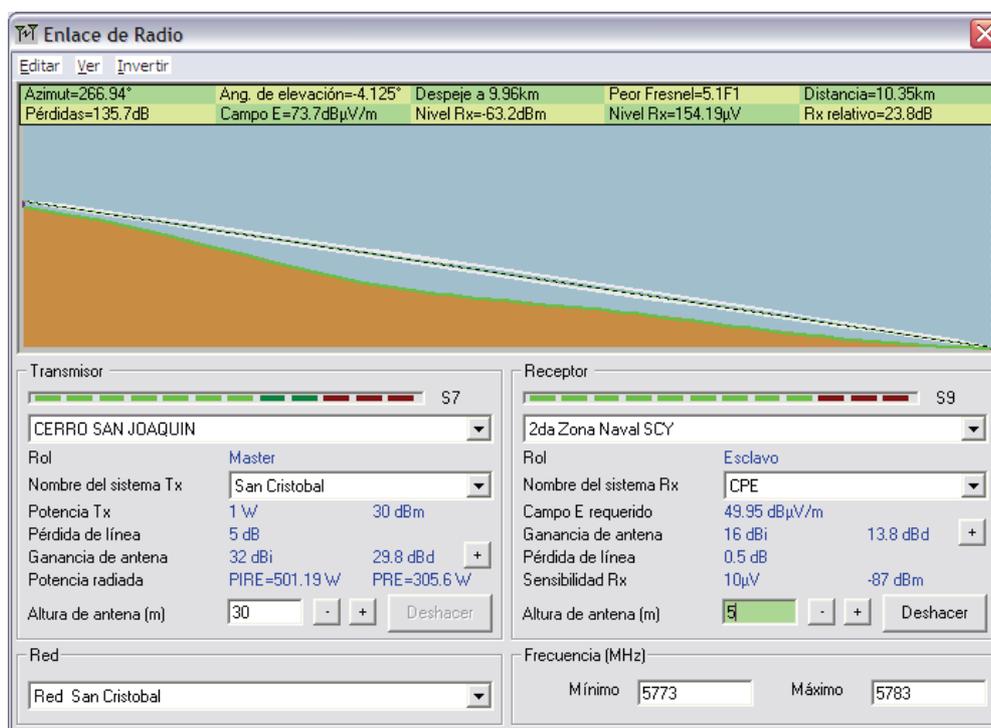


Figura 2.107 Radioenlace Cerro San Joaquín – Segunda Zona Naval.

En la Figura 2.108, se indica el enlace entre Cerro San Joaquín- Segunda Zona Naval.

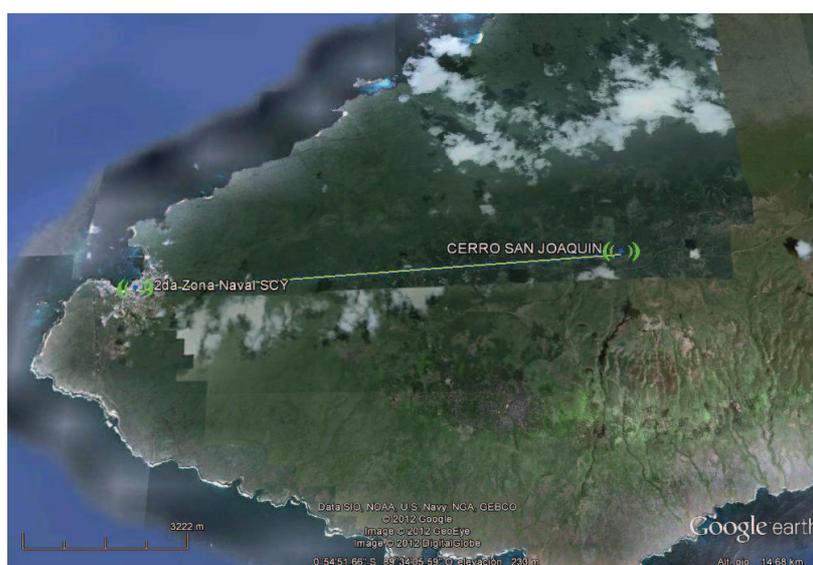


Figura 2.108 Radioenlace Cerro San Joaquín – Segunda Zona Naval.

En la Figura 2.109, se muestra la línea de vista para el radioenlace Cerro San Joaquín– Segunda Zona Naval.

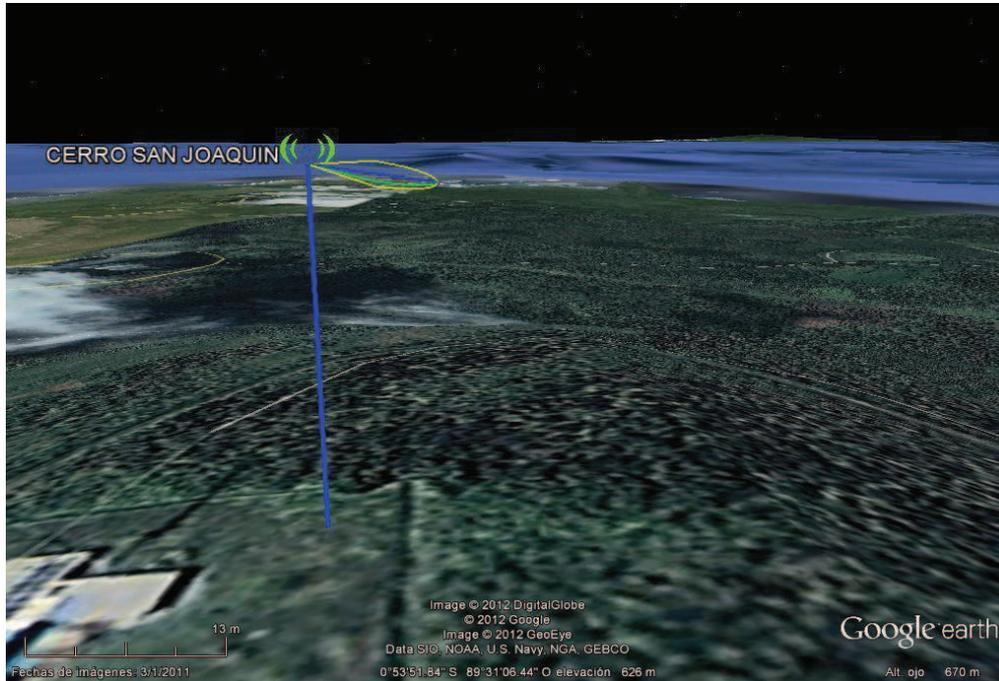


Figura 2.109 Línea de vista Cerro San Joaquín hacia Segunda Zona Naval.

En la Figura 2.110, se muestra la línea de vista para el radioenlace Segunda Zona Naval – Cerro San Joaquín.

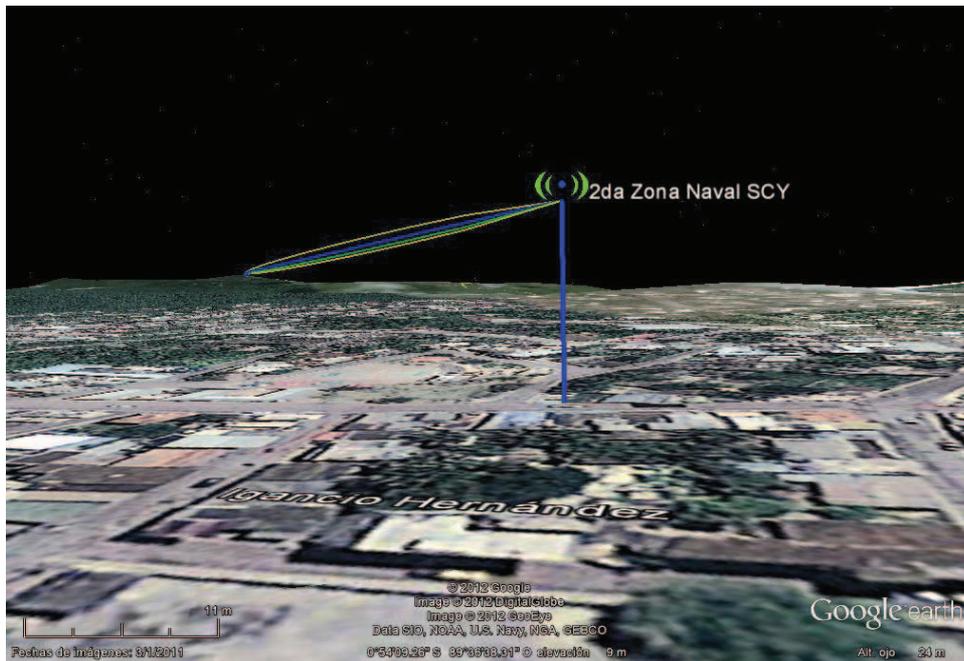


Figura 2.110 Línea de vista Segunda Zona Naval hacia Cerro San Joaquín.

### 2.11.3.3 Radioenlace Cerro San Joaquín – Muelle De Pasajeros

En la Figura 2.111, se presenta la simulación del radioenlace Cerro San Joaquín- Muelle de Pasajeros. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

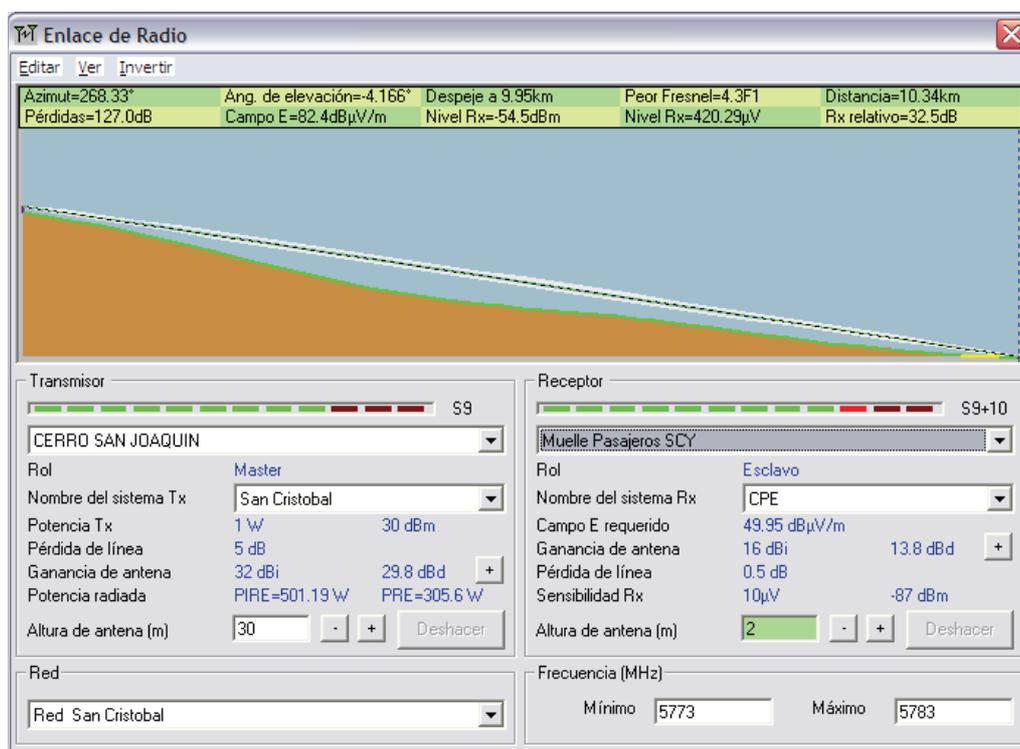


Figura 2.111 Radioenlace Cerro San Joaquín – Muelle de Pasajeros.

En la Figura 2.112, se indica el enlace entre Cerro San Joaquín- Muelle de Pasajeros.

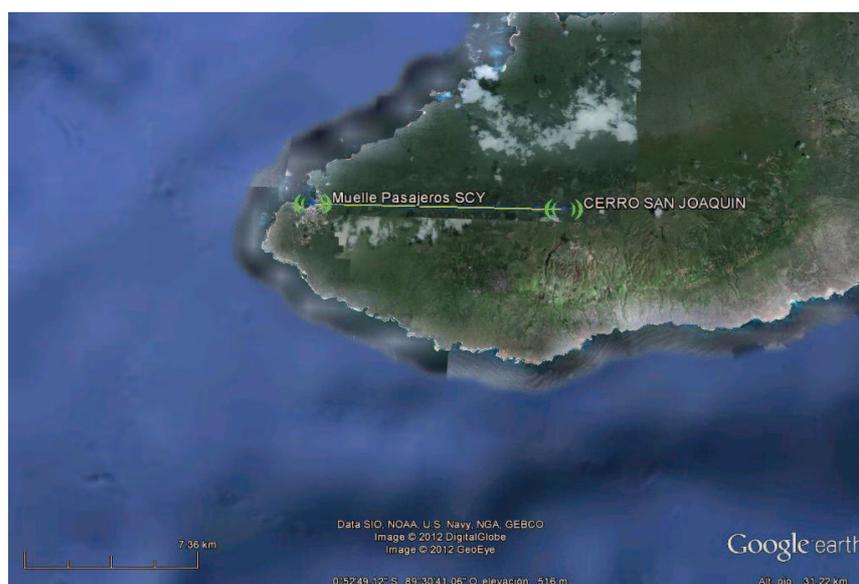


Figura 2.112 Radioenlace Cerro San Joaquín – Muelle de Pasajeros.

En la Figura 2.113, se muestra la línea de vista para el radioenlace entre Cerro San Joaquín- Muelle de Pasajeros.

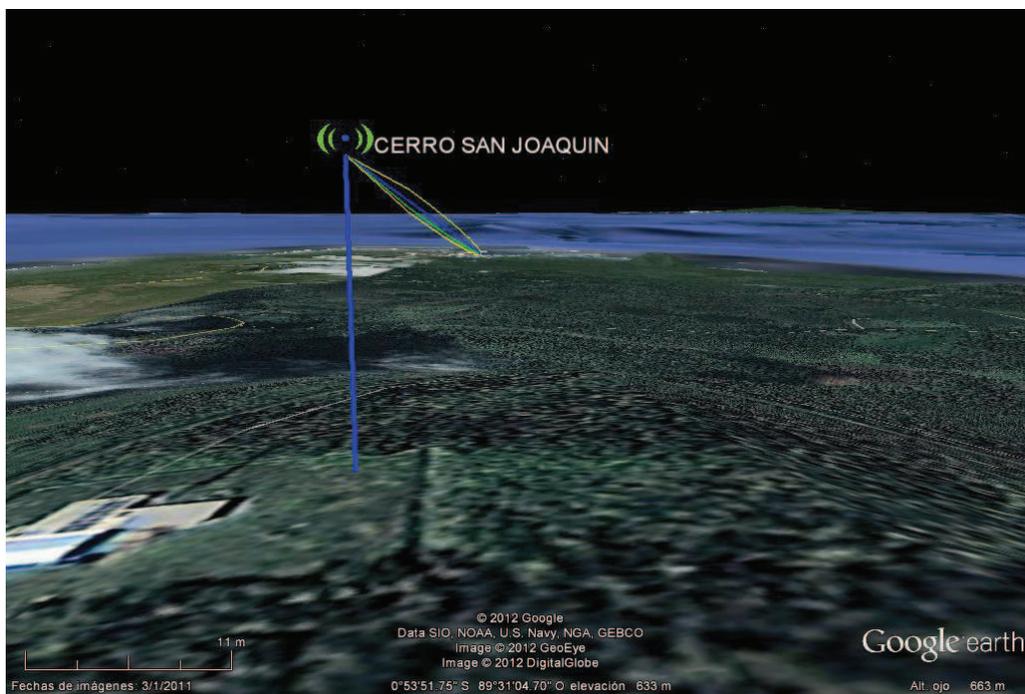


Figura 2.113 Línea de vista Cerro San Joaquín hacia Muelle de Pasajeros.

La Figura 2.114, se muestra la línea de vista para el radioenlace entre Muelle de Pasajeros - Cerro San Joaquín.

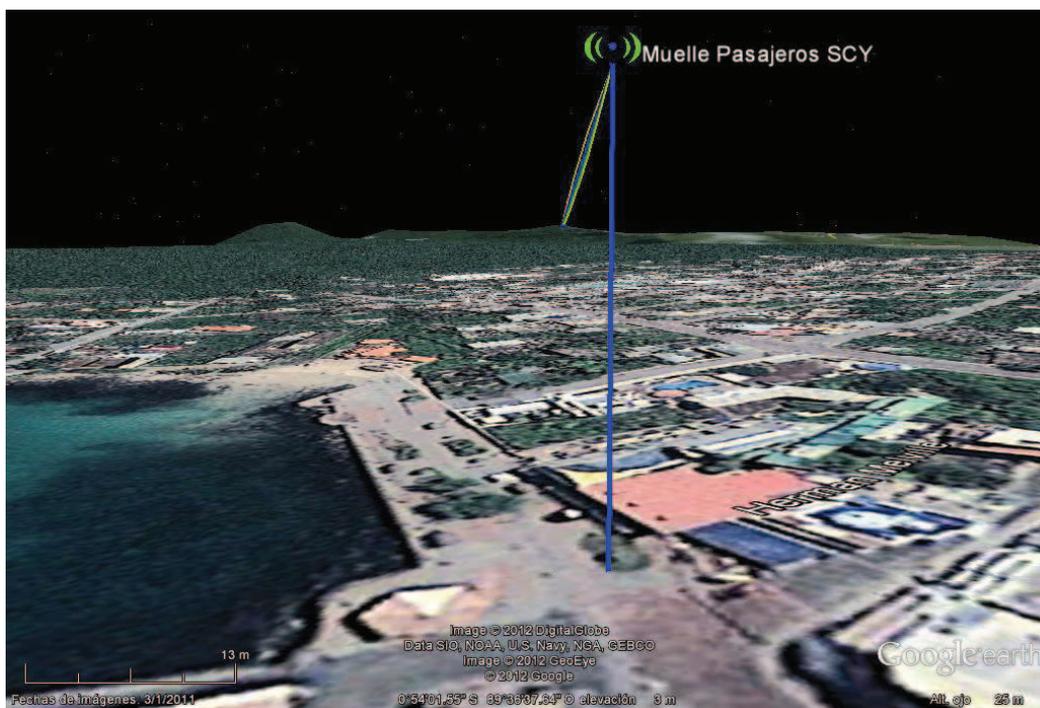


Figura 2.114 Línea de vista Muelle de Pasajeros hacia Cerro San Joaquín.

### 2.11.3.4 Radioenlace Cerro San Joaquín – Playa Man

En la Figura 2.115, se presenta la simulación del radioenlace Cerro San Joaquín-Playa Man. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

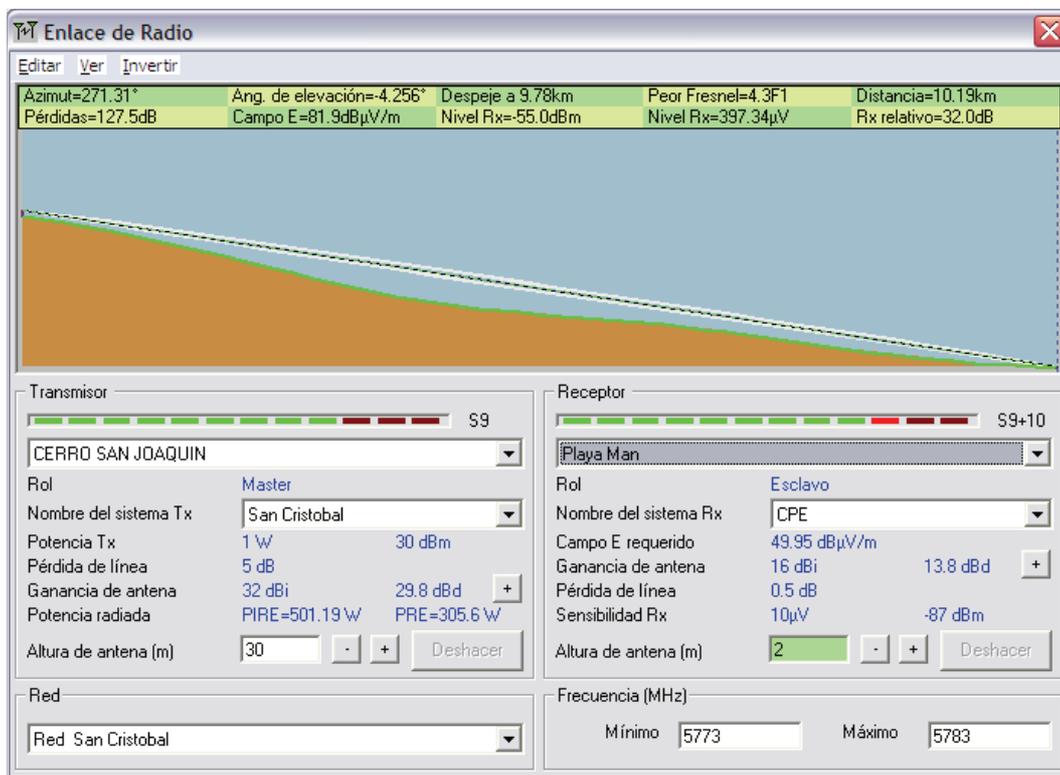


Figura 2.115 Radioenlace Cerro San Joaquín – Playa Man.

En la Figura 2.116, se indica el enlace entre Cerro San Joaquín- Playa Man.

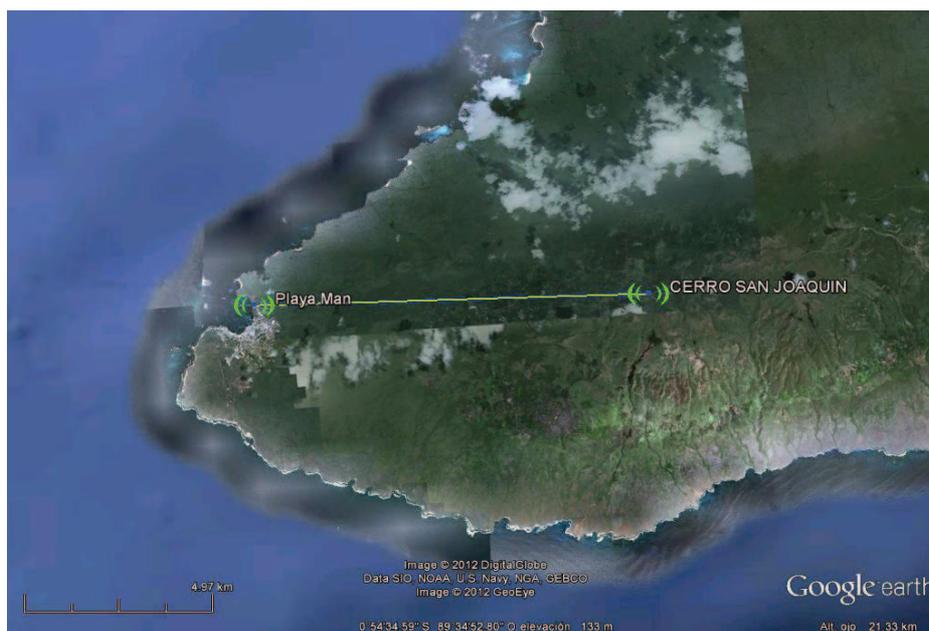


Figura 2.116 Radioenlace Cerro San Joaquín – Playa Man.

En la Figura 2.117, se muestra la línea de vista para el radioenlace entre Cerro San Joaquín- Playa Man.

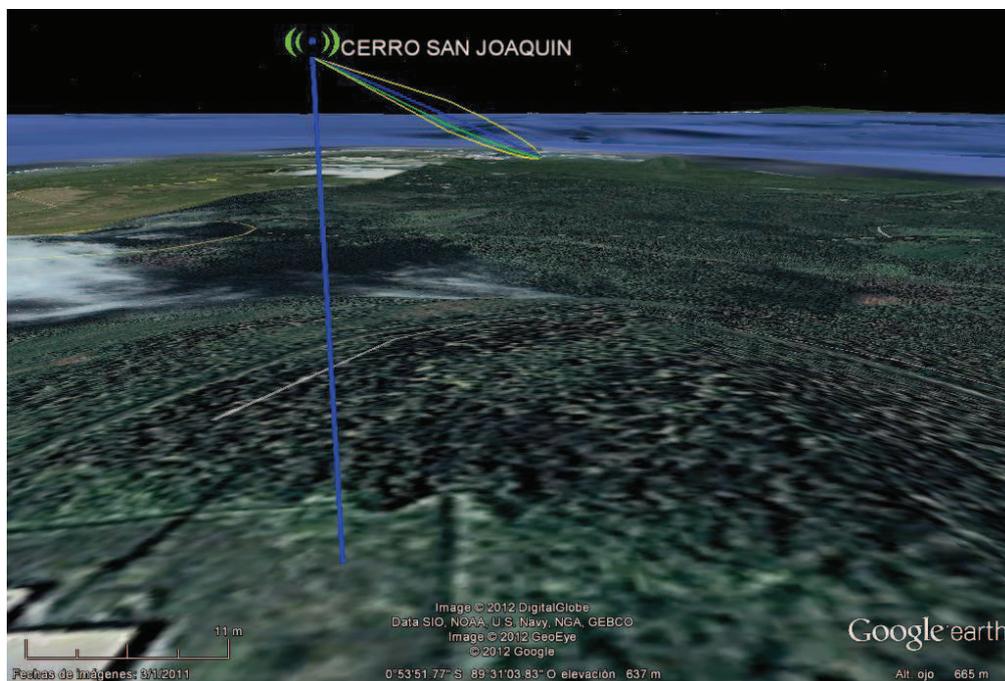


Figura 2.117 Línea de vista Cerro San Joaquín hacia Playa Man.

La Figura 2.118, muestra la línea de vista para el radioenlace entre Playa Man - Cerro San Joaquín.

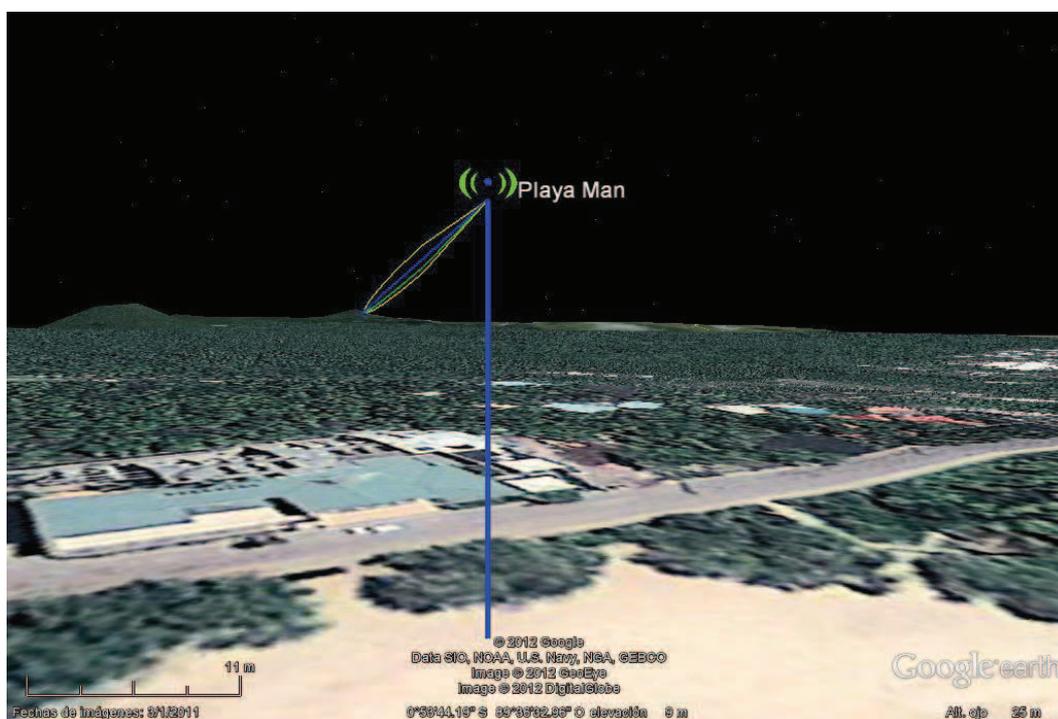


Figura 2.118 Línea de vista Playa Man hacia Cerro San Joaquín.

### 2.11.4 ENLACE ÚLTIMA MILLA FLOREANA

En la Figura 2.119, se indica la simulación para la conexión de última milla entre la radio base y los equipos del suscriptor, en la isla Floreana.

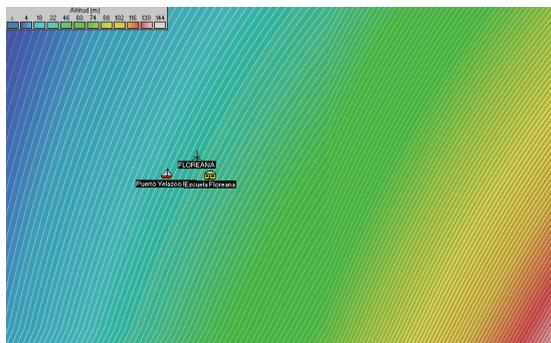


Figura 2.119 Ubicación de clientes enlace última milla Floreana.

En este caso se va a modificar la altura de las antenas, tanto del transmisor y receptor, debido a que el software presenta un error en el relieve topográfico del lugar.

Para generar información de apoyo los archivos, estos van a ser exportados a Google Earth, ya que ofrece mejor información del relieve.

#### 2.11.4.1 Radioenlace Floreana – Puerto Velasco Ibarra

En la Figura 2.120, se presenta la simulación del radioenlace Floreana-Puerto Velasco Ibarra. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

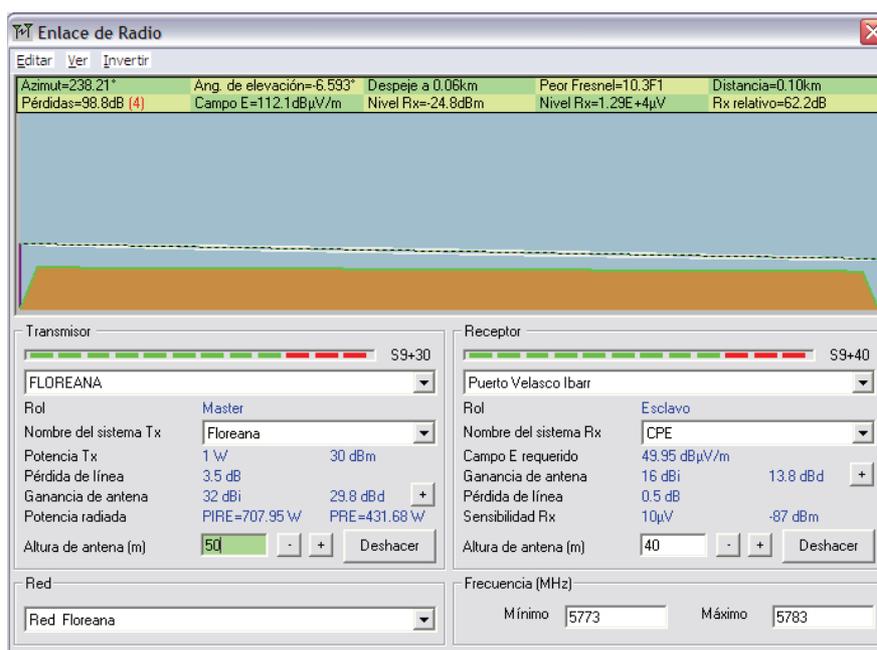


Figura 2.120 Radioenlace Floreana – Puerto Velasco Ibarra.

En la Figura 2.121, se indica la línea de vista entre Floreana-Puerto Velasco Ibarra

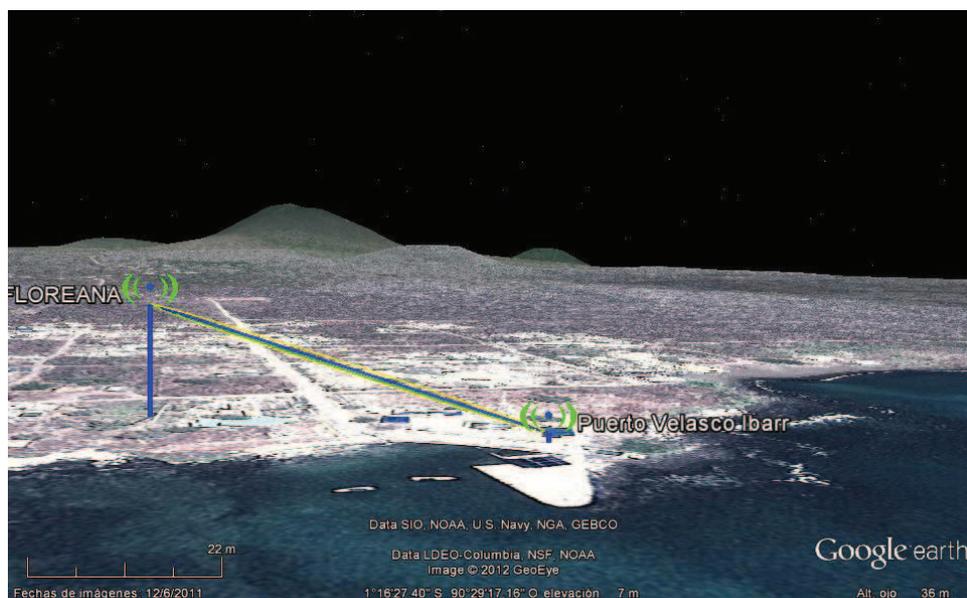


Figura 2.121 Radioenlace Floreana – Puerto Velasco Ibarra.

#### 2.11.4.2 Radioenlace Floreana – Escuela Amazonas

En la Figura 2.122, se presenta la simulación del radioenlace Floreana-Escuela Amazonas. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

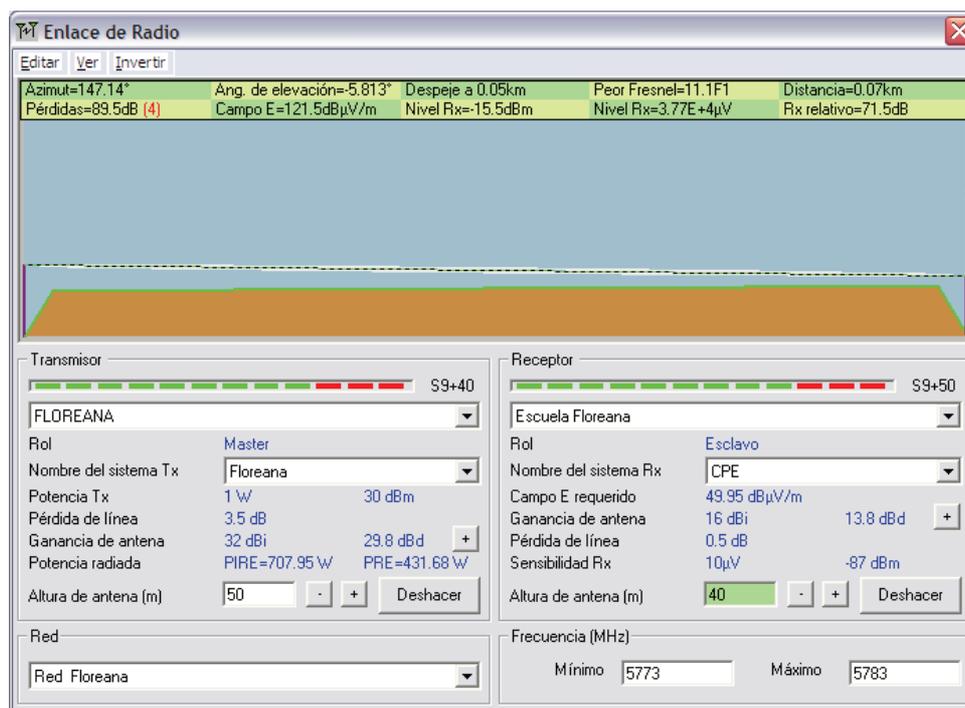


Figura 2.122 Radioenlace Floreana – Escuela Floreana.

En la Figura 2.123, se indica la línea de vista entre Floreana-Puerto Velasco Ibarra.

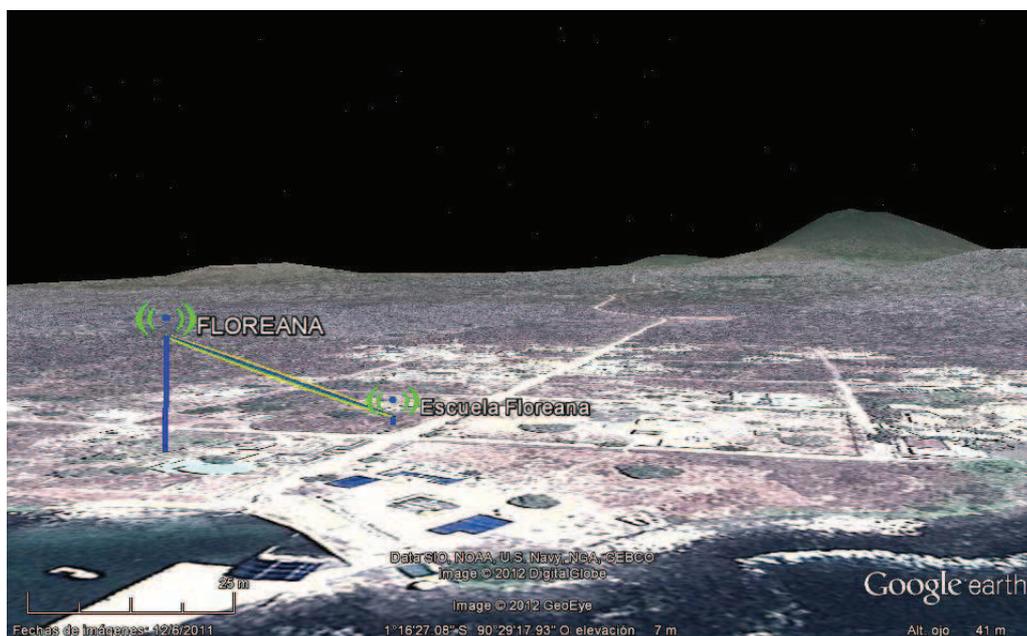


Figura 2.123 .Radioenlace Floreana – Puerto Velasco Ibarra.

### 2.11.5 ENLACE ÚLTIMA MILLA ISABELA

En la Figura 2.124, se indica la simulación para la conexión de última milla entre la radio base y los equipos del suscriptor, en la isla Floreana.

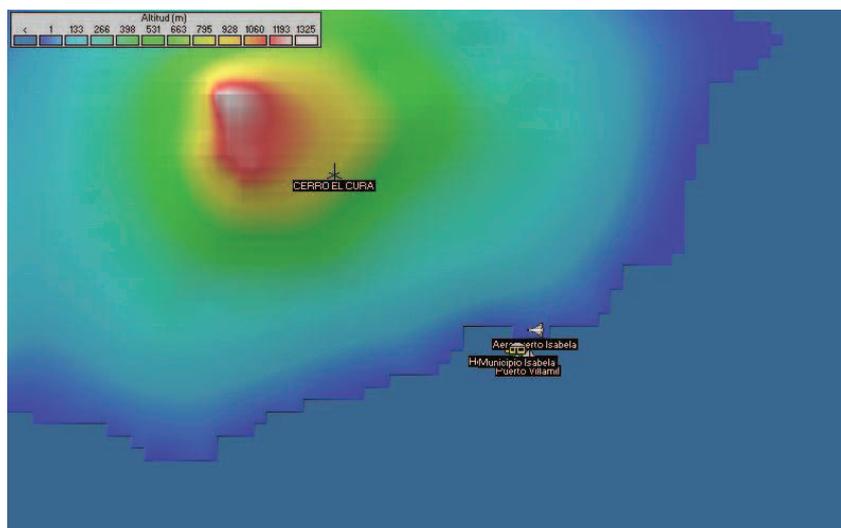


Figura 2.124 Ubicación de clientes enlace última milla Isabela.

### 2.11.5.1 Radioenlace Cerro El Cura – Hotel Casa Rosada

En la Figura 2.125, se presenta la simulación del radioenlace Cerro El Cura- Hotel Casa Rosada. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

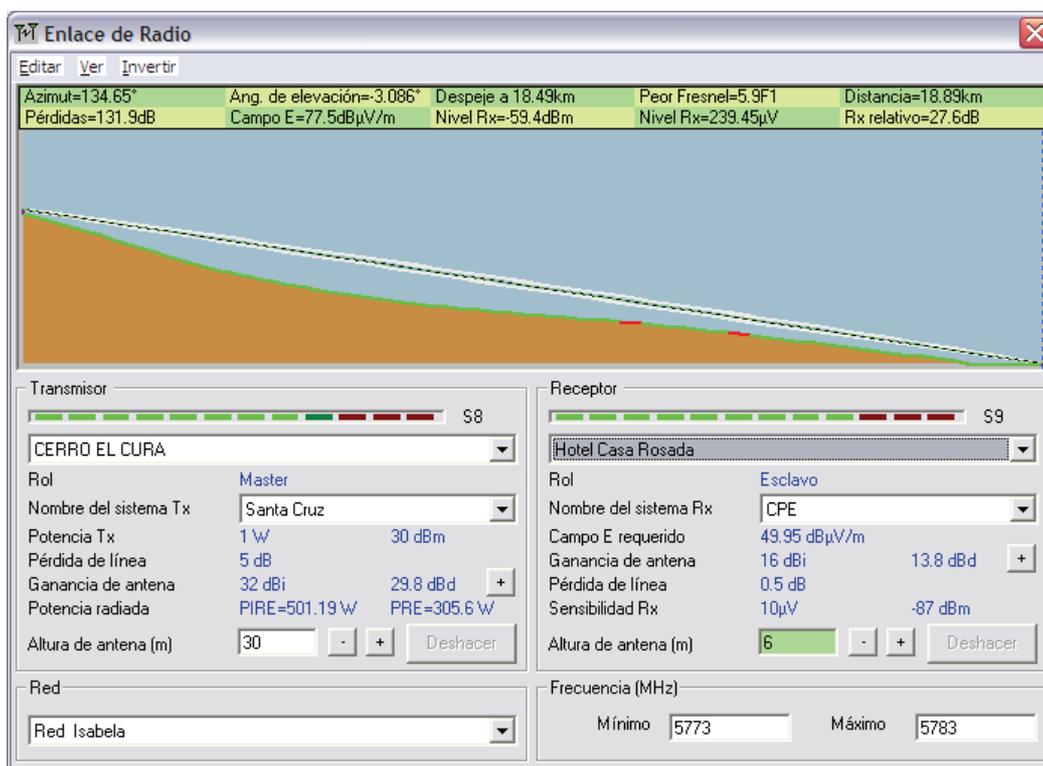


Figura 2.125 Radioenlace Cerro El Cura – Hotel Casa Rosada.

En la Figura 2.126, se indica el enlace entre Cerro El Cura-Hotel Casa Rosada.



Figura 2.126 Radioenlace Cerro El Cura – Hotel Casa Rosada

En la Figura 2.127, se indica la línea de vista entre Cerro El Cura-Hotel Casa Rosada.

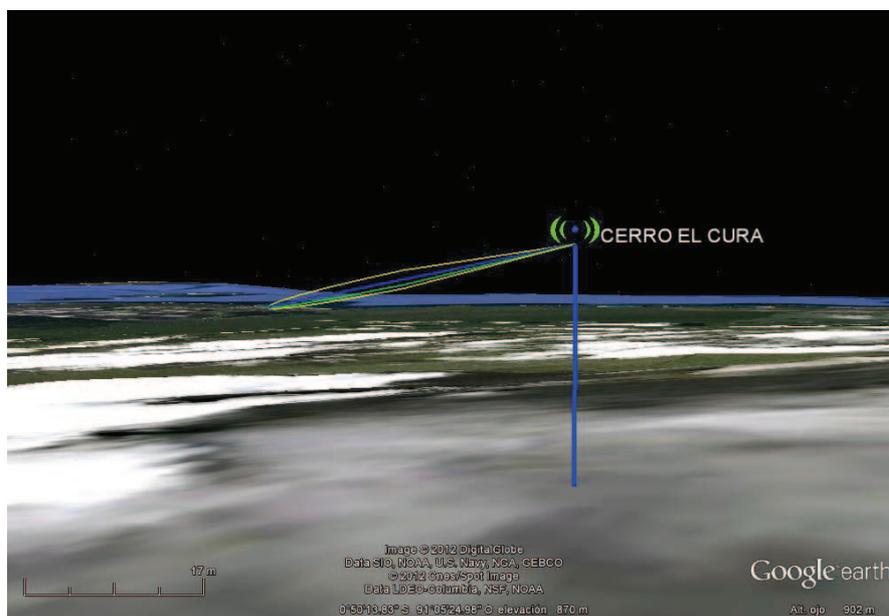


Figura 2.127 Línea de vista Cerro El Cura hacia Hotel Casa Rosada

### 2.11.5.2 Radioenlace Cerro El Cura – Puerto Villamil

En la Figura 2.128, se presenta la simulación del radioenlace Cerro El Cura-Puerto Villamil. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

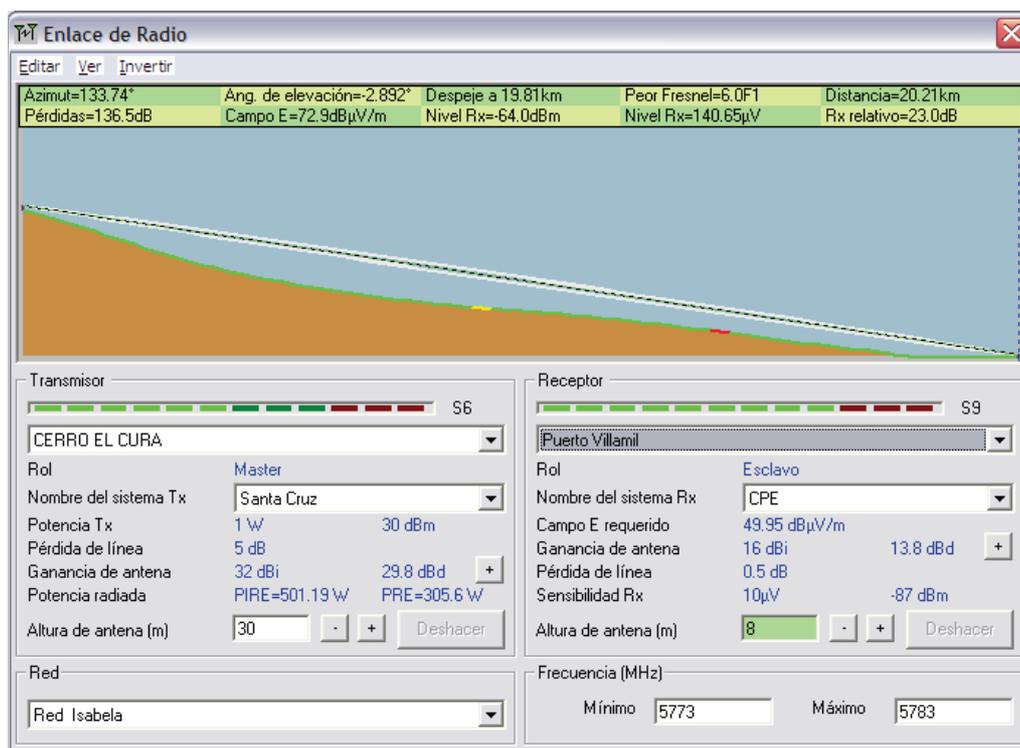


Figura 2.128 Radioenlace Cerro El Cura – Puerto Villamil.

En la Figura 2.129, se indica el enlace entre Cerro El Cura-Puerto Villamil.

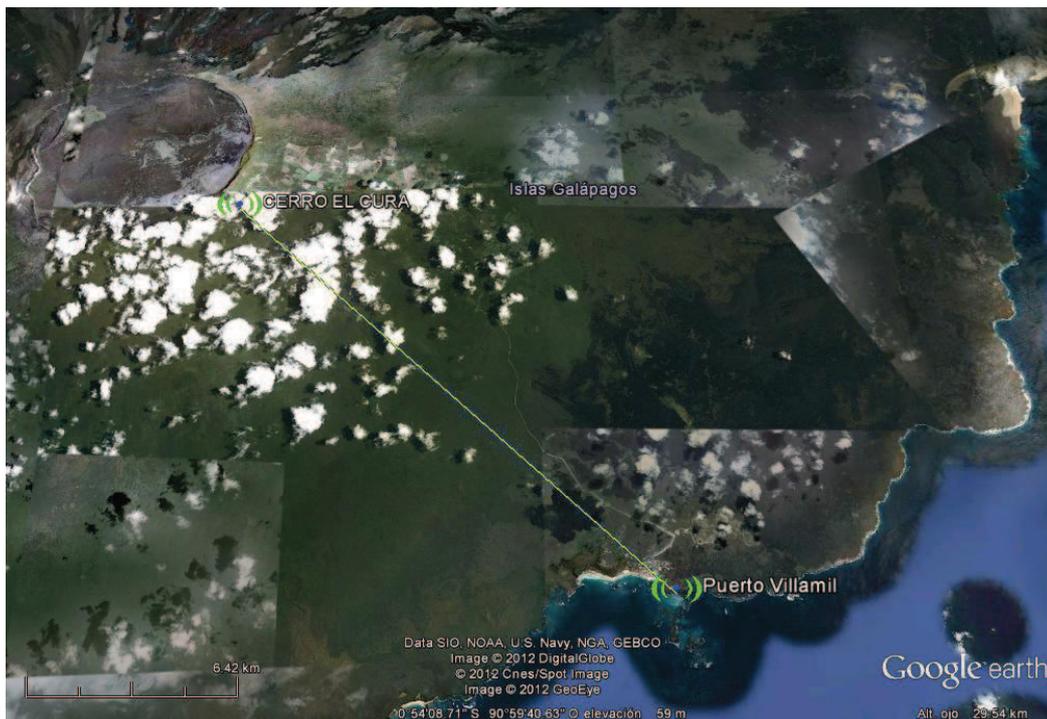


Figura 2.129 Radioenlace Cerro El Cura – Puerto Villamil.

En la Figura 2.130, se indica la línea de vista entre Cerro El Cura-Puerto Villamil.



Figura 2.130 Línea de vista Cerro El Cura hacia Puerto Villamil.

### 2.11.5.3 Radioenlace Cerro El Cura – Aeropuerto Isabela

En la Figura 2.131, se presenta la simulación del radioenlace Cerro El Cura- Aeropuerto Isabela. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

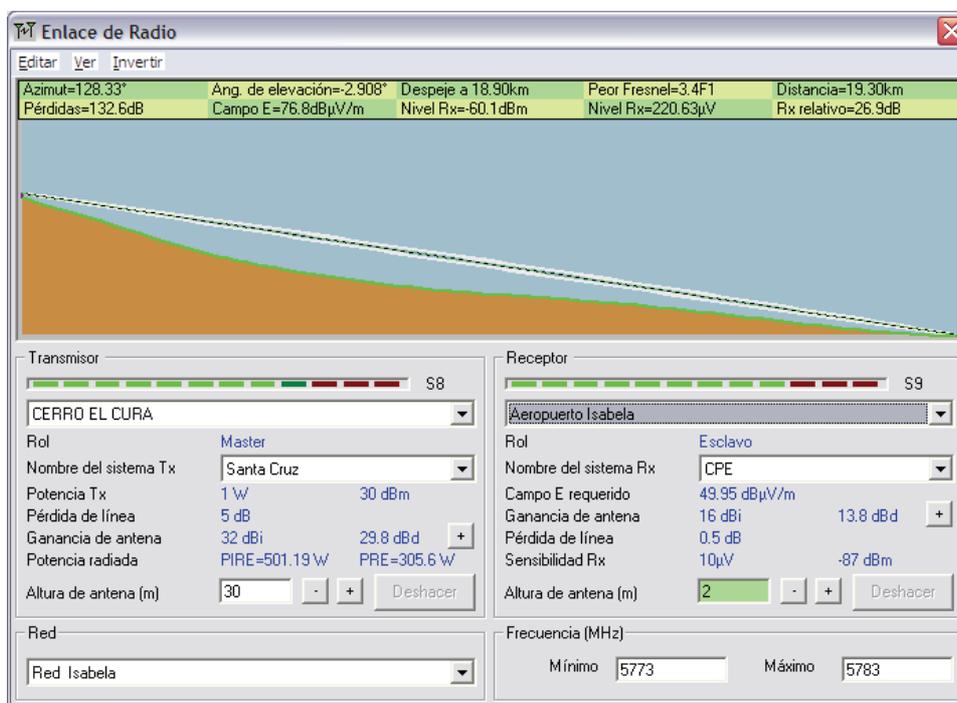


Figura 2.131 Radioenlace Cerro El Cura – Aeropuerto Isabela.

En la Figura 2.132, se indica el enlace entre Cerro El Cura- Aeropuerto Isabela.



Figura 2.132 Radioenlace Cerro El Cura – Aeropuerto Isabela.

En la Figura 2.133, se indica la línea de vista entre Cerro El Cura- Aeropuerto Isabela.

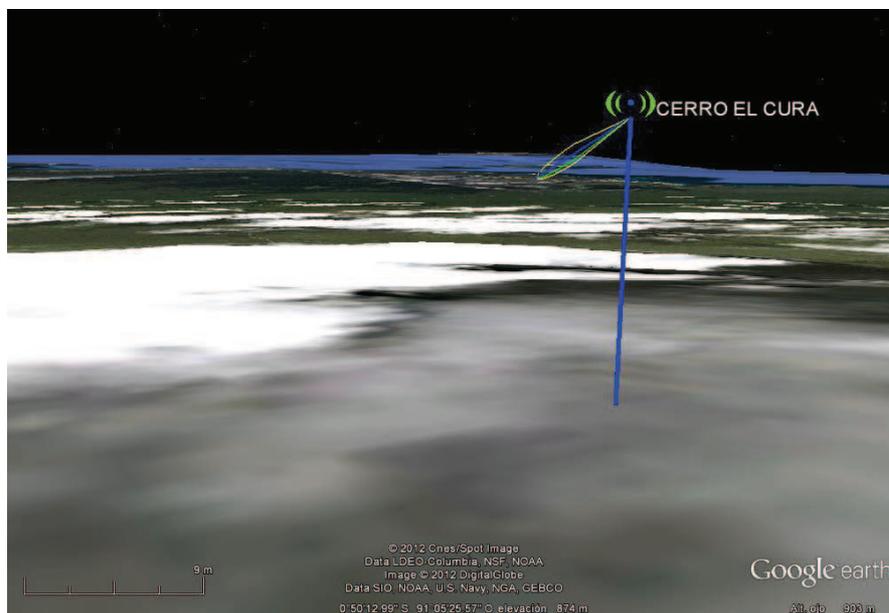


Figura 2.133 Línea de vista Cerro El Cura hacia Aeropuerto Isabela.

#### 2.11.5.4 Radioenlace Cerro El Cura – Municipio Isabela

En la Figura 2.134, se presenta la simulación del radioenlace Cerro El Cura- Municipio Isabela, en la parte superior se puede observar los resultados referentes a: Azimut, pérdidas, Ángulo de Elevación, entre otros.

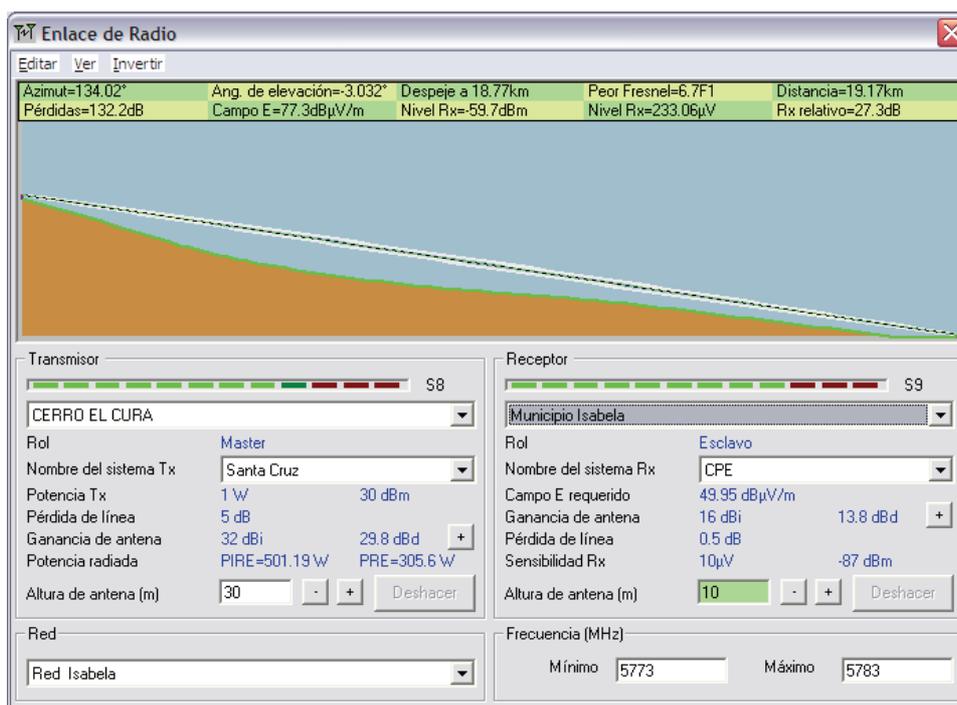


Figura 2.134 Radioenlace Cerro El Cura – Municipio Isabela.

En la Figura 2.135, se indica el enlace entre Cerro El Cura- Municipio Isabela.

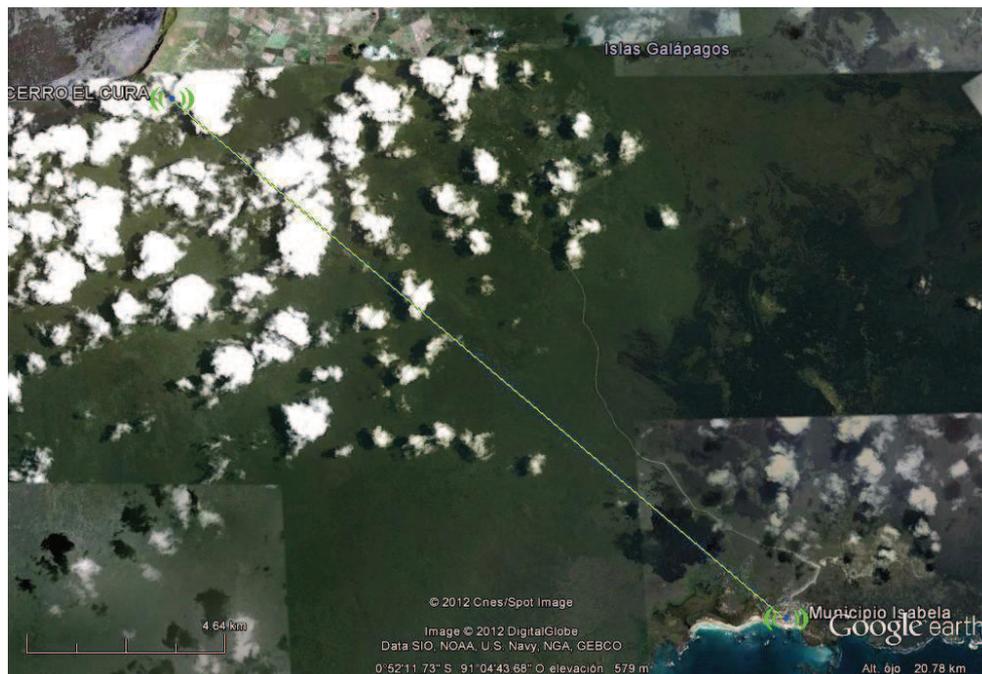


Figura 2.135 Radioenlace Cerro El Cura – Municipio Isabela.

En la Figura 2.136, se indica la línea de vista entre Cerro El Cura- Municipio Isabela.

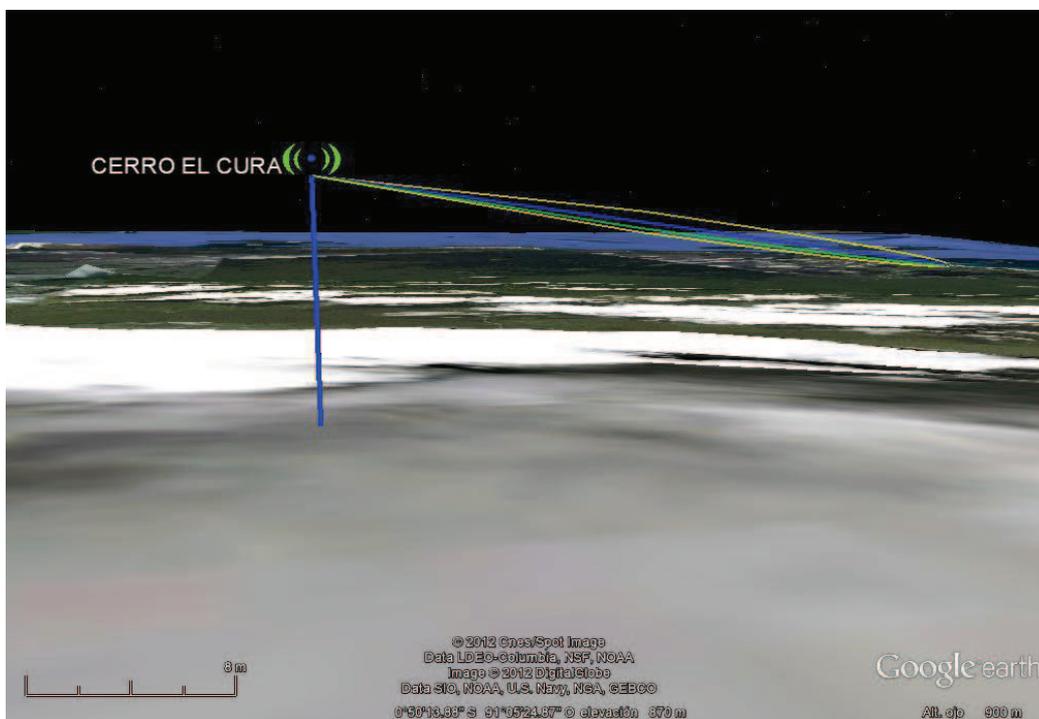


Figura 2.136 Línea de vista Cerro El Cura hacia Municipio Isabela.

### 2.11.6 ENLACE ÚLTIMA MILLA SANTA CRUZ

En la Figura 2.137, se indica la simulación para la conexión de última milla entre la radio base y los equipos del suscriptor, en la isla Santa Cruz

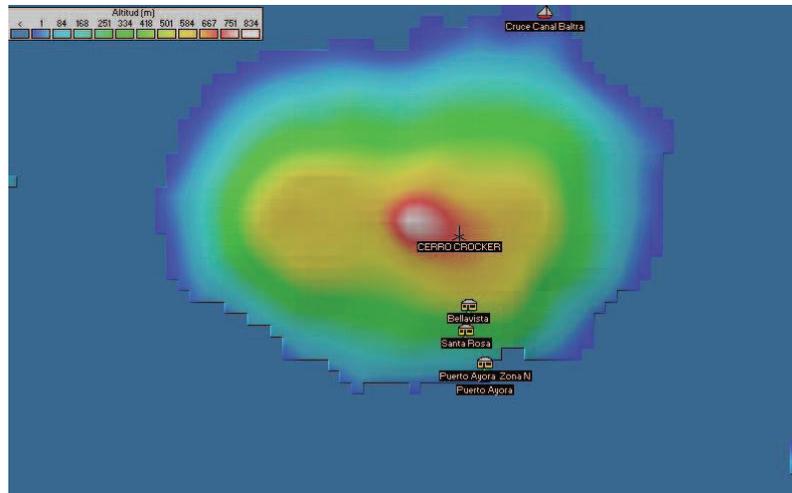


Figura 2.137 Ubicación de clientes enlace última milla Santa Cruz.

#### 2.11.6.1 Radioenlace Cerro Crocker – Puerto Ayora

En la Figura 2.138, se presenta la simulación del radioenlace Cerro Crocker-Puerto Ayora. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

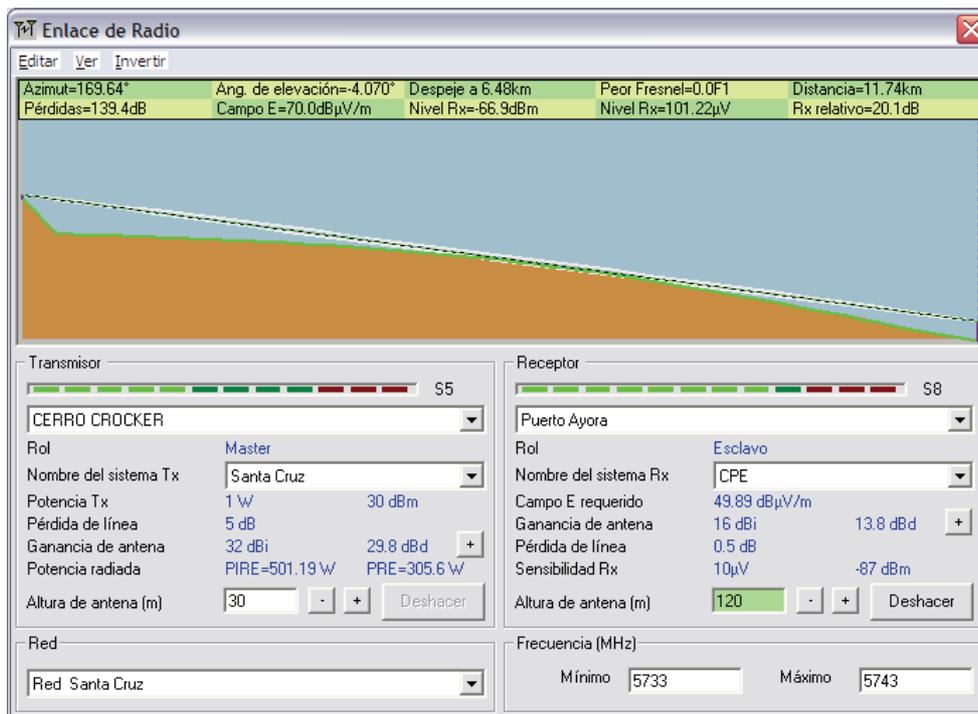


Figura 2.138 Radioenlace Cerro Crocker – Puerto Ayora.

En la Figura 2.139, se indica el enlace entre Cerro Crocker- Puerto Ayora.

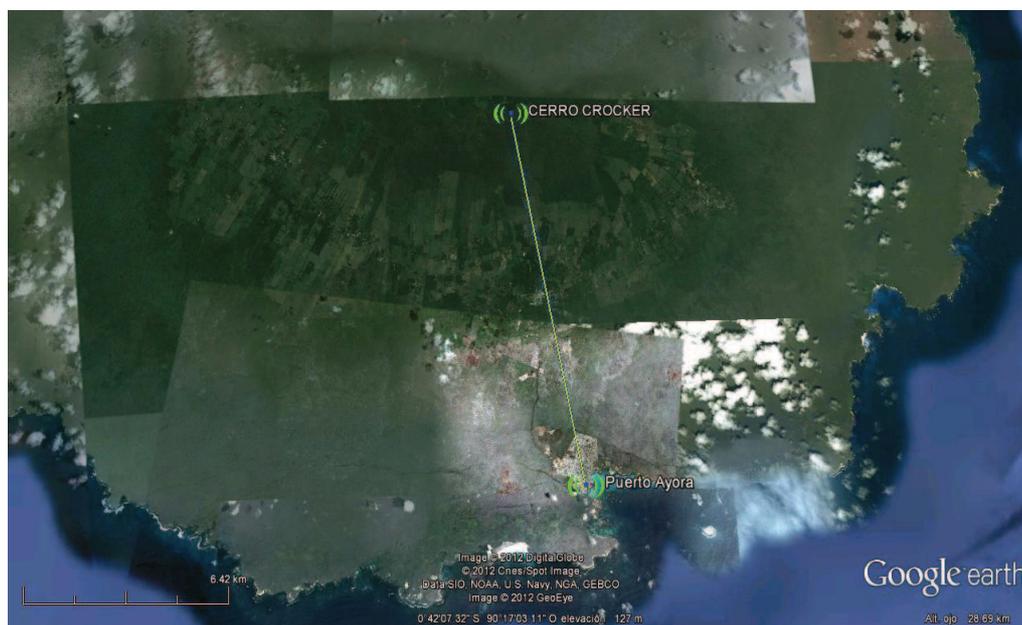


Figura 2.139 Radioenlace Cerro Crocker – Puerto Ayora.

En la Figura 2.140, se indica la línea de vista entre Cerro Crocker- Puerto Ayora.

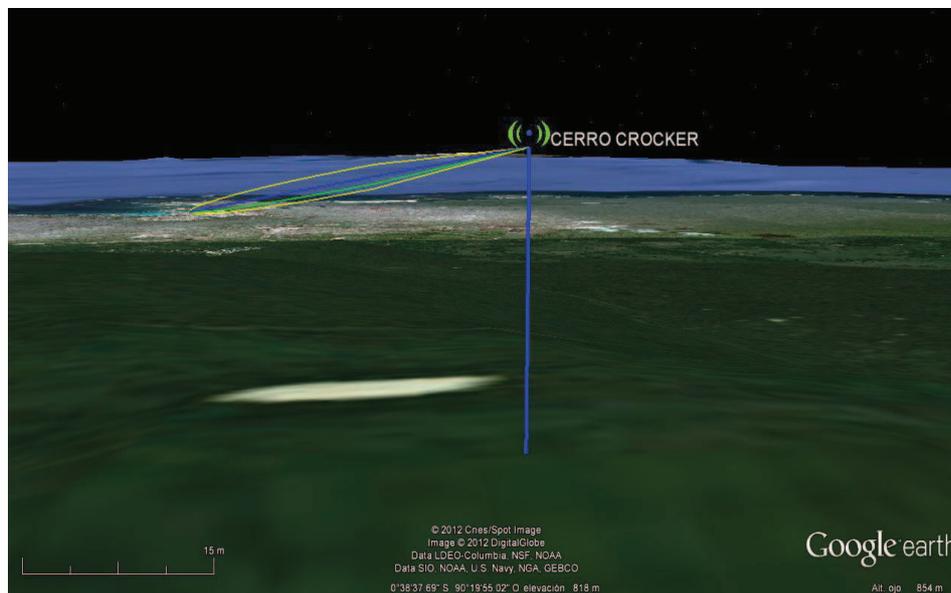


Figura 2.140 Línea de vista Cerro Crocker hacia Puerto Ayora.

### 2.11.6.2 Radioenlace Cerro Crocker – Puerto Ayora Zona Norte

En la Figura 2.141, se presenta la simulación del radioenlace Cerro Crocker- Puerto Ayora Zona Norte. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

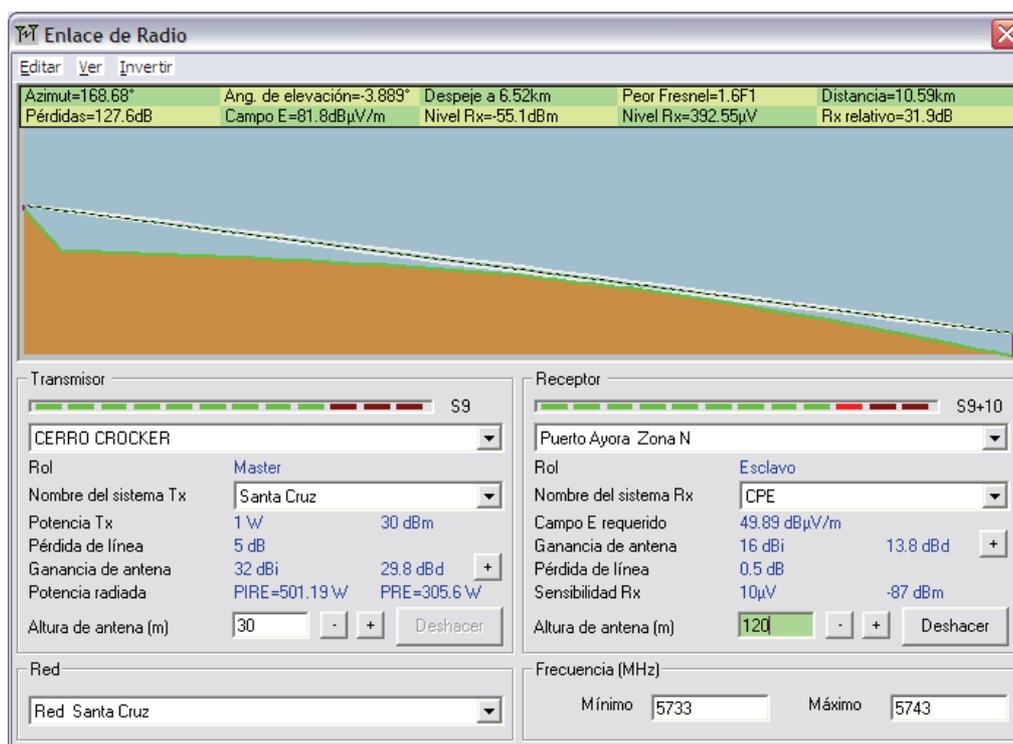


Figura 2.141 Radioenlace Cerro Crocker – Puerto Ayora Zona Norte.

En la Figura 2.142, se indica el enlace entre Cerro Crocker- Puerto Ayora Zona Norte.



Figura 2.142 Radioenlace Cerro Crocker – Puerto Ayora Zona Norte.

En la Figura 2.143, se indica la línea de vista entre Cerro Crocker – Puerto Ayora Zona Norte.

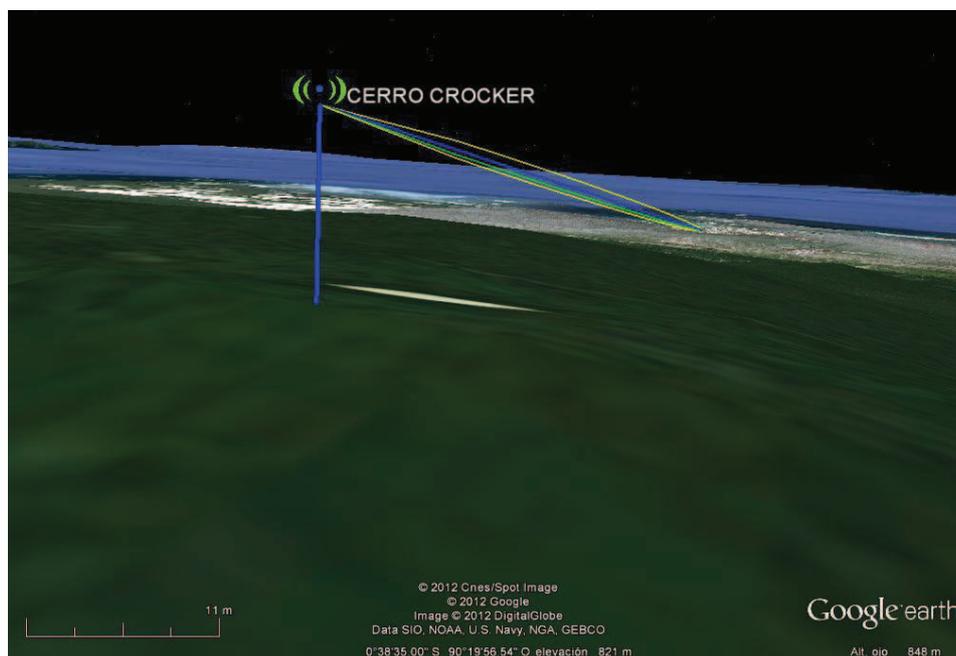


Figura 2.143 Radioenlace Cerro Crocker – Puerto Ayora Zona Norte.

### 2.11.6.3 Radioenlace Cerro Crocker – Santa Rosa

En la Figura 2.144, se presenta la simulación del radioenlace Cerro Crocker-Santa Rosa. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

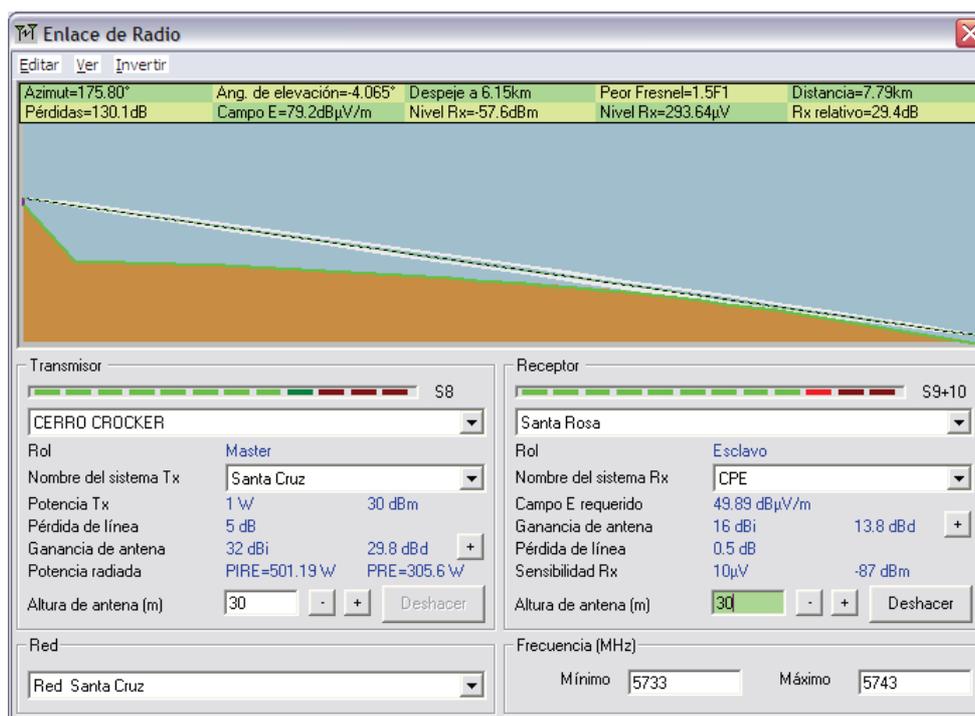


Figura 2.144 Radioenlace Cerro Crocker – Santa Rosa.

En la Figura 2.145, se indica el enlace entre Cerro Crocker- Santa Rosa.

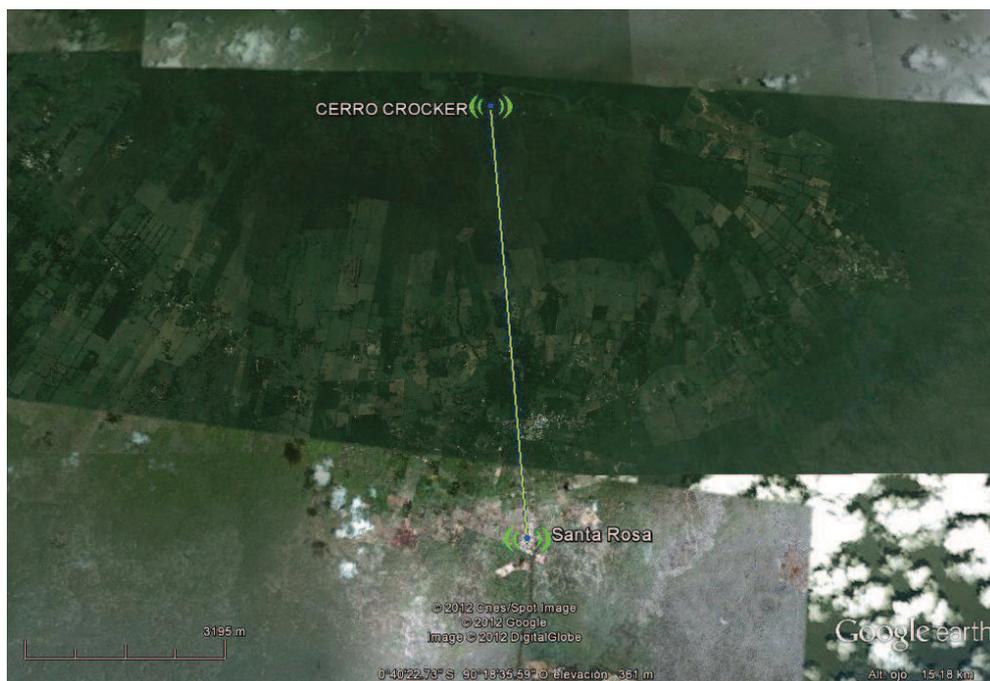


Figura 2.145 Radioenlace Cerro Crocker – Santa Rosa.

En la Figura 2.146, se indica la línea de vista entre Cerro Crocker – Santa Rosa.

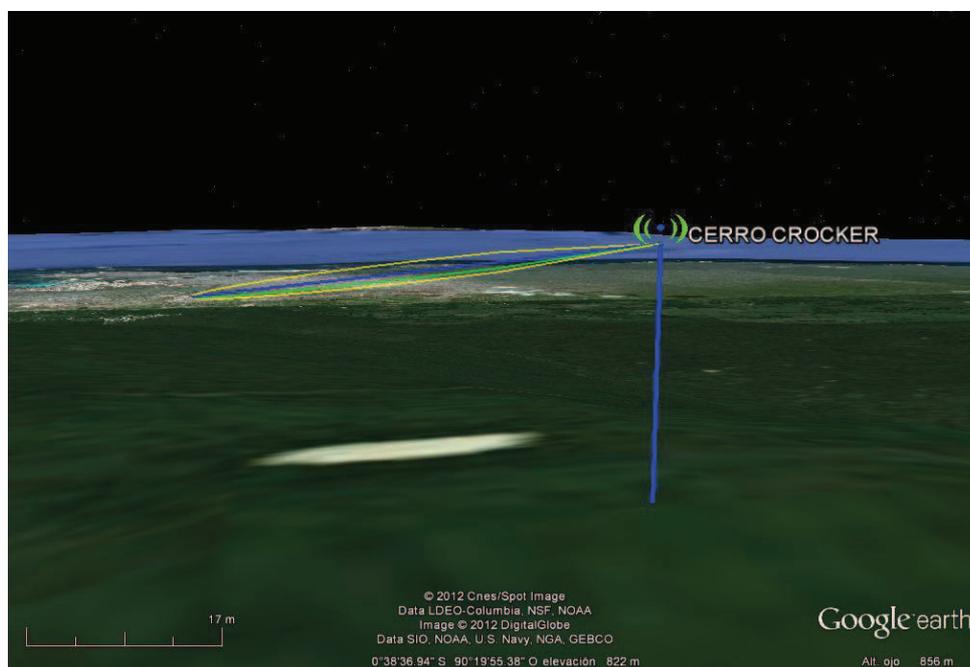


Figura 2.146 Línea de vista Cerro Crocker hacia Santa Rosa.

### 2.11.7 ENLACE ÚLTIMA MILLA BALTRA

En la Figura 2.147, se indica la simulación para la conexión de última milla entre la radio base y los equipos del suscriptor, en la isla Baltra.

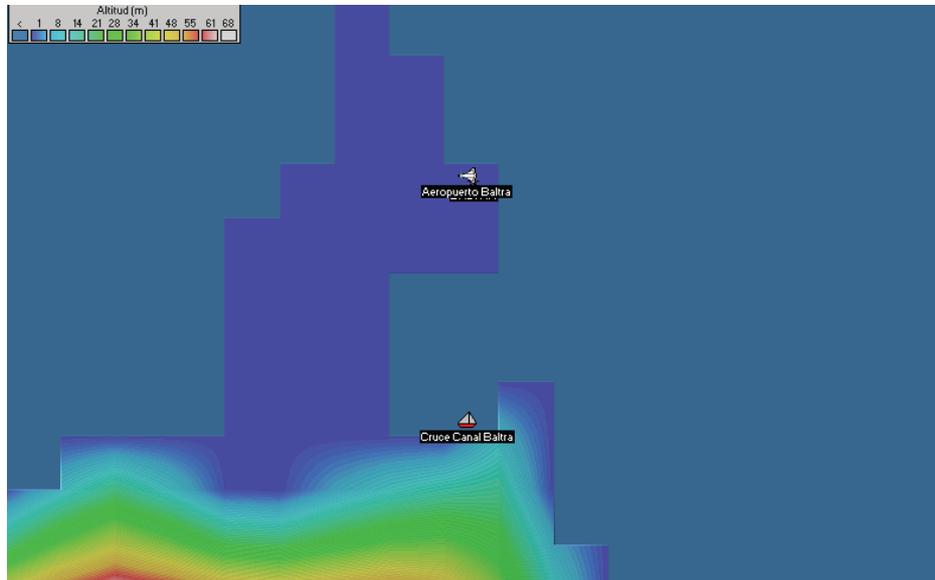


Figura 2.147 Ubicación de clientes enlace última milla Baltra.

#### 2.11.7.1 Radioenlace Baltra– Canal De Itabaca

En la Figura 2.148, se presenta la simulación del radioenlace Baltra-Canal de Itabaca. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

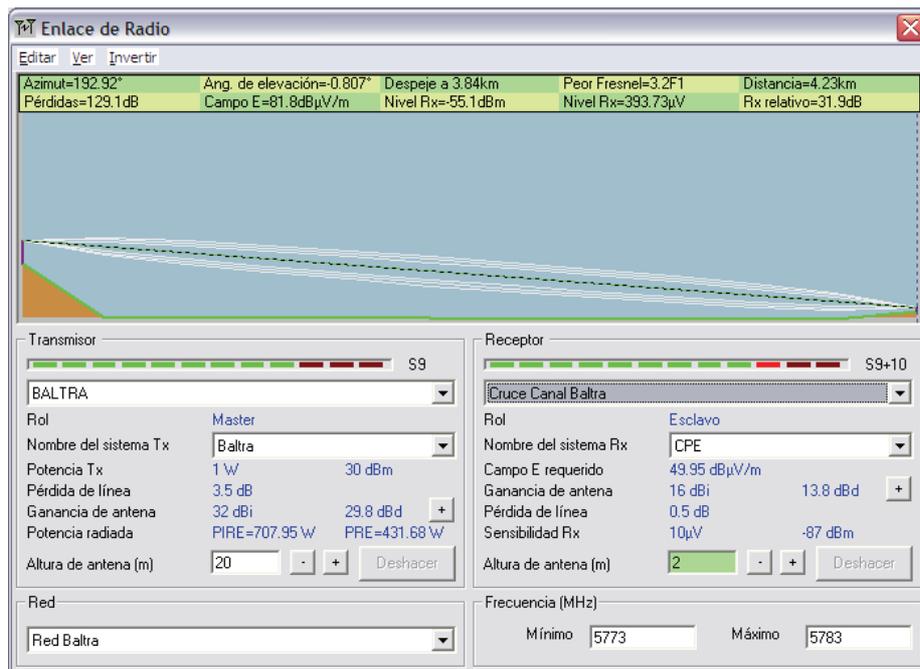


Figura 2.148 Radioenlace Baltra – Canal de Itabaca.

En la Figura 2.149, se indica el enlace entre Baltra-Canal de Itabaca.

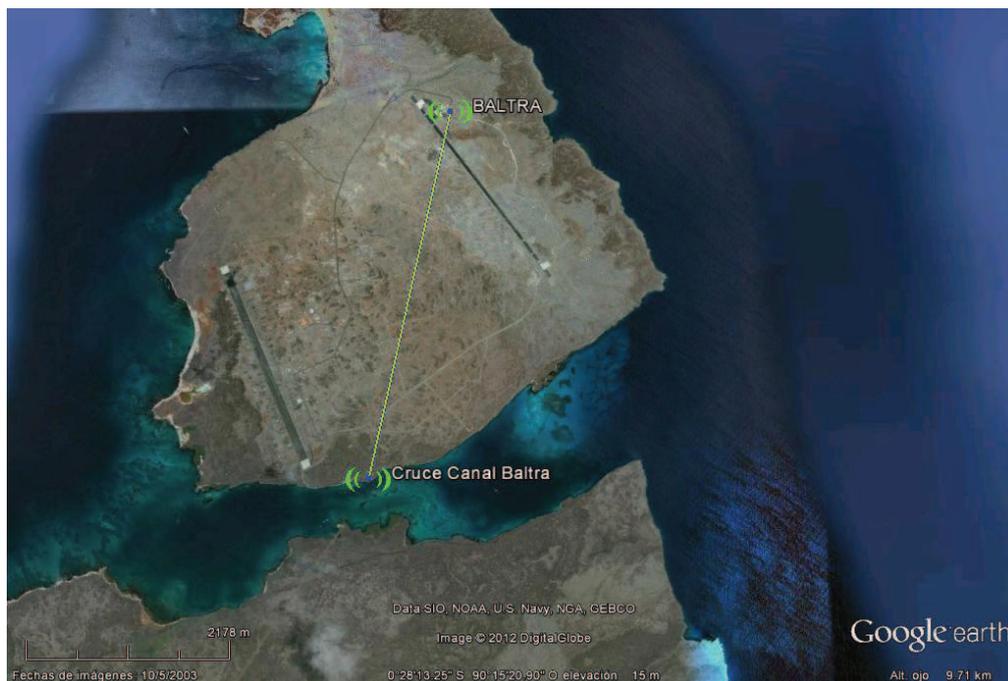


Figura 2.149 Radioenlace Baltra – Canal de Itabaca.

En la Figura 2.150, se indica la línea de vista entre Baltra-Canal de Itabaca.

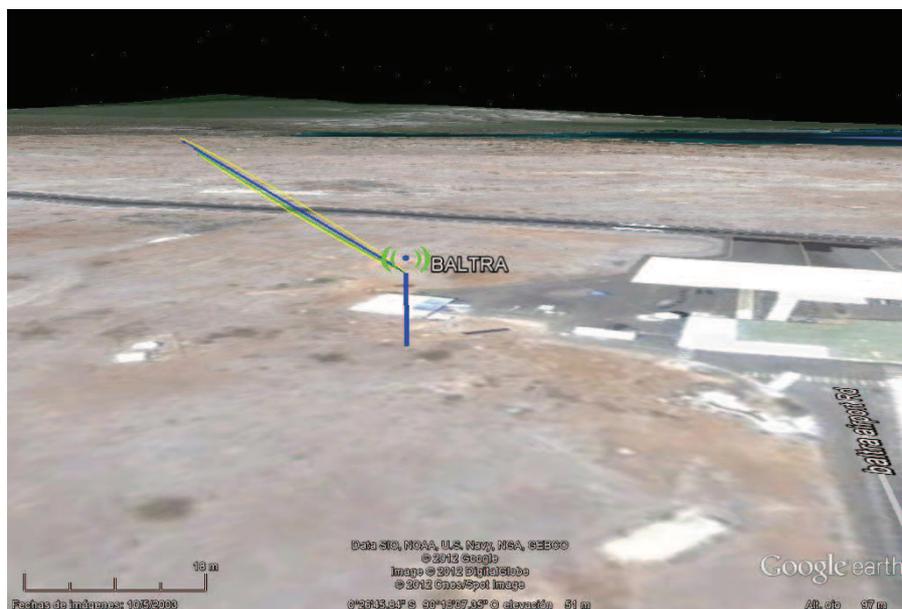


Figura 2.150 Línea de vista Baltra hacia Canal de Itabaca.

Como se puede observar en la Figura 2.140, existe obstrucción de línea de vista. En este lugar no se puede colocar torres más altas debido a que es el Aeropuerto y para solucionarlo se realiza la cobertura desde Cerro Crocker.

### 2.11.7.2 Radioenlace Baltra– Aeropuerto

En la Figura 2.151, se presenta la simulación del radioenlace Baltra-Aeropuerto. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

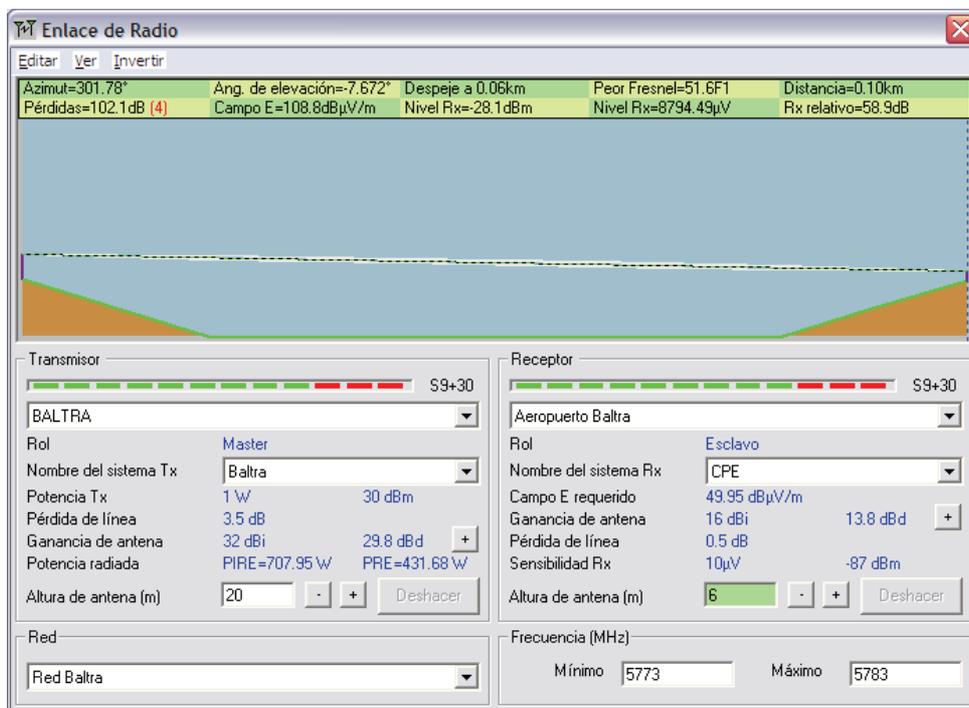


Figura 2.151 Radioenlace Baltra – Aeropuerto Baltra.

En la Figura 2.152, se indica la línea de vista entre Baltra-Aeropuerto



Figura 2.152 Radioenlace Baltra – Aeropuerto Baltra.

### 2.11.8 SIMULACIÓN DE RADIOENLACE DESDE SANTA CRUZ PARA CLIENTES EN BALTRA

Para optimizar la red, el servicio a los usuarios de Baltra se da desde Santa Cruz. Este modelo se denomina Red Baltra 2.

En la Figura 2.153, se indica la simulación de la conexión de última milla entre el radio base y los equipos del suscriptor, en Baltra.

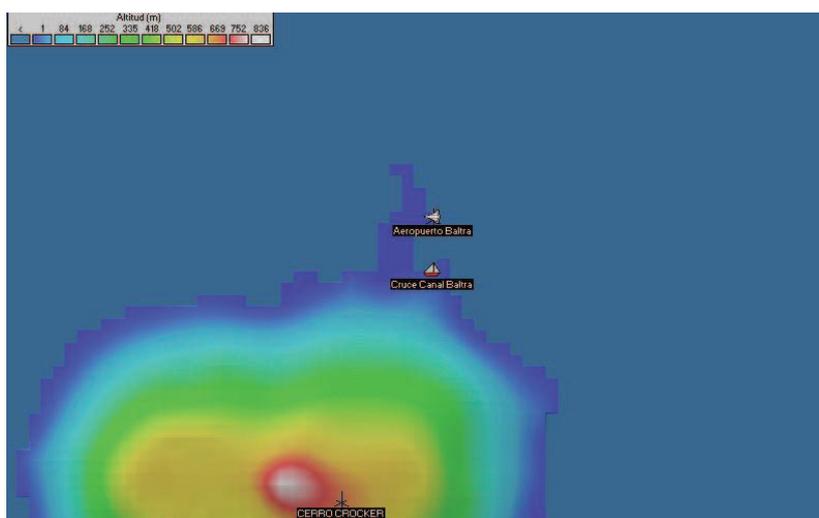


Figura 2.153 Ubicación de clientes enlace última milla Baltra, antena cerro Crocker.

#### 2.11.8.1 Radioenlace Cerro Crocker – Canal De Itabaca

En la Figura 2.154, se presenta la simulación del radioenlace Cerro Crocker-Canal de Itabaca. En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

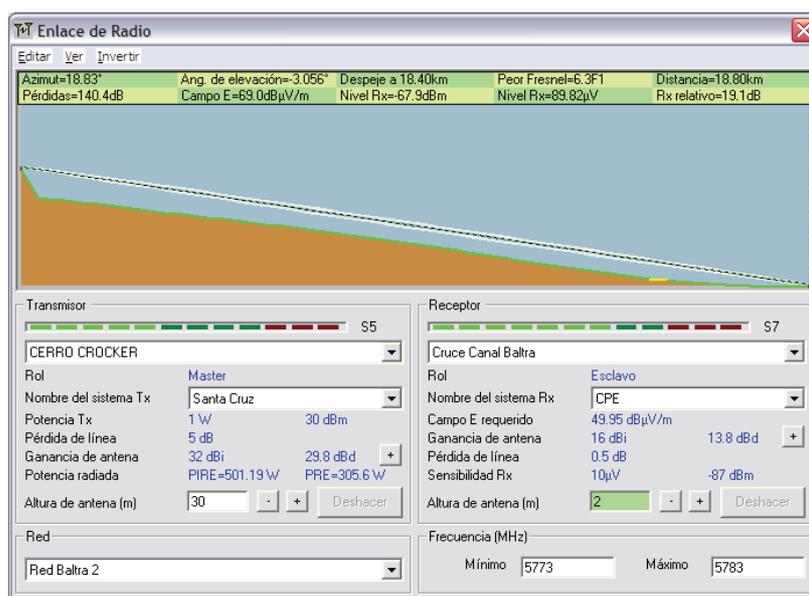


Figura 2.154 Radioenlace Cerro Crocker – Canal de Itabaca Baltra.

En la Figura 2.155, se indica el enlace entre Cerro Crocker-Canal de Itabaca.



Figura 2.155 Radioenlace Cerro Crocker – Canal de Itabaca Baltra.

En la Figura 2.156, se indica la línea de vista entre Cerro Crocker-Canal de Itabaca.

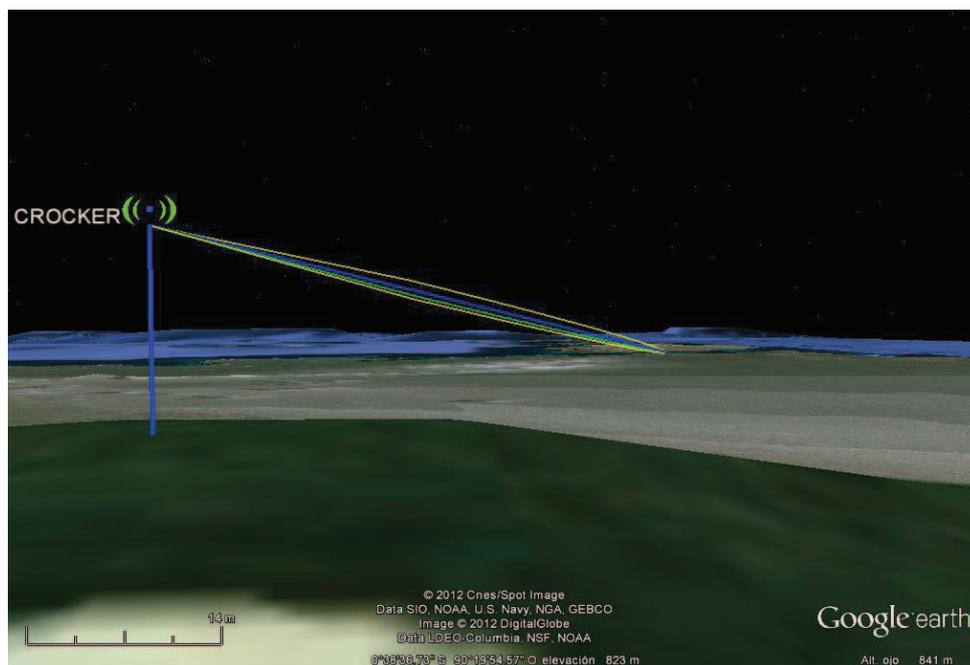


Figura 2.156 Línea de vista Cerro Crocker hacia Canal de Itabaca Baltra.

### 2.11.8.2 Radioenlace Cerro Crocker – Aeropuerto (Baltra)

En la Figura 2.157, se presenta la simulación del radioenlace Cerro Crocker- Aeropuerto (Baltra). En la parte superior se puede observar los resultados referentes a: azimut, pérdidas, ángulo de elevación, entre otros.

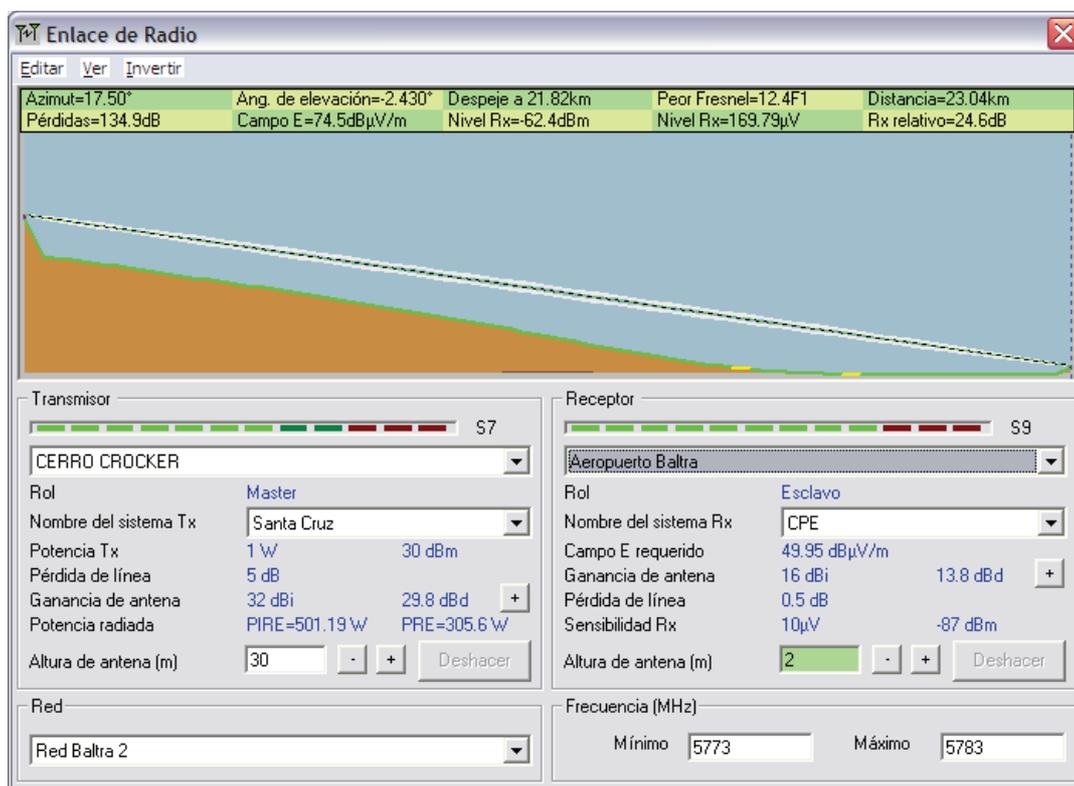


Figura 2.157 Radioenlace Cerro Crocker – Aeropuerto Baltra.

En la Figura 2.158, se indica el enlace entre Cerro Crocker- Aeropuerto (Baltra)



Figura 2.158 Radioenlace Cerro Crocker – Aeropuerto Baltra.

En la Figura 2.159, se indica la línea de vista entre Cerro Crocker-Canal de Itabaca.

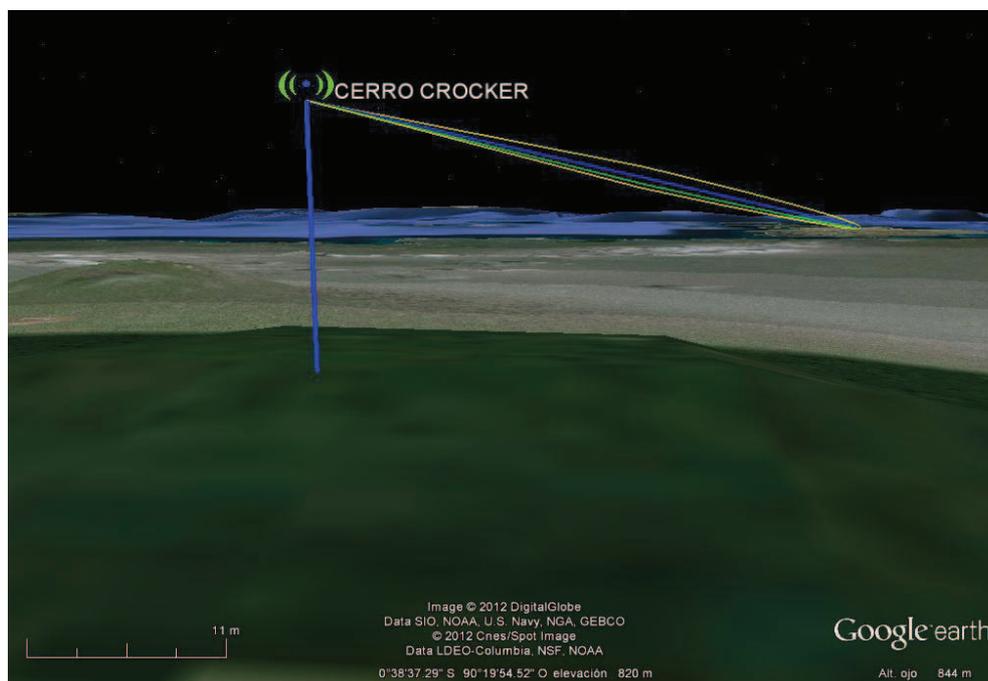


Figura 2.159 Línea de vista Cerro Crocker hacia Aeropuerto Baltra.

## 2.12 SELECCIÓN DE RADIOENLACES ENTRE ISLAS

Como se analizó en la Sección 2.10, los radioenlaces: San Cristóbal (Cerro San Joaquín) – Floreana y Santa Cruz (Cerro Crocker) – Floreana, no son realizables ya que no se cuenta con línea de vista. Por lo tanto el diagrama de los radioenlaces de la red Principal y la Red de Respaldo quedan de la siguiente manera:

En la Figura 2.160, se muestra la red propuesta para el diseño, se observa los radioenlaces para la red principal (amarillo) y red secundaria (celeste).



Figura 2.160 Radioenlace para la principal y secundaria.

La red principal consta de cuatro radioenlaces los cuales son:

- Santa Cruz – San Cristóbal. (1)
- Santa Cruz – Baltra. (2)
- Santa Cruz –Isabela. (3)

La red secundaria consta de cuatro radioenlaces los cuales son:

- Floreana – Isabela. (4)
- Isabela – Baltra. (5)
- Baltra – San Cristóbal. (6)

Cabe mencionar, que este cambio en la topología no afecta los cálculos teóricos ni al desempeño de la red.

## **2.13 SECTORIZACIÓN, REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS PARA EL DISEÑO DEL BACKBONE**

Estos tres conceptos son fundamentales dentro de las comunicaciones inalámbricas como telefonía celular y en este caso WiMAX, debido a que ayudan a incrementar el número de usuarios por área en la que se ofrecerá el servicio, adicionalmente permiten un uso más eficiente de los recursos y en especial de las estaciones base.

La sectorización consiste en subdividir en sectores el área en que opera la estación base y se trabajará con rangos de frecuencias diferentes.<sup>124</sup>

La reutilización de frecuencias, asigna canales de radio de frecuencia diferentes a los de las celdas vecinas. Estos canales podrán ser utilizados nuevamente por otras celdas siempre que cumplan con una distancia prudencial entre estaciones base para que no exista interferencia.<sup>125</sup>

La polarización consiste en alternar la polarización de la antena ya sea vertical u horizontal, para que al aplicarlo las señales de las antenas adyacentes no interfieran entre si.<sup>126</sup>

En el diseño del backbone se va a utilizar sectorización, se ha elegido antenas sectoriales de 90° y a cada sector se le asignará un canal de frecuencia.

---

<sup>124</sup> Bernal I (2011), Comunicaciones Inalámbricas texto de clases (Comunicaciones Celulares), Quito, Ecuador, EPN, Págs. 113-119

<sup>125</sup> Bernal I, (2011), Comunicaciones Inalámbricas texto de clases (Comunicaciones Celulares), Quito, Ecuador, EPN, Pág. 25

<sup>126</sup> Bernal I, (2011), Comunicaciones Inalámbricas apuntes de clases (Comunicaciones Celulares), Quito, Ecuador, EPN.

En la Tabla 2.44, se indican la cantidad de sectores por isla que se utilizan en el diseño.

<b>Isla</b>	<b>Sectores</b>
Santa Cruz	4
San Cristóbal	2
Isabela	2
Floreana (Repetidor)	1
Baltra (Repetidor)	1

Tabla 2.44 Sectores por isla.

Antes de definir la reutilización de frecuencias, se debe precisar las frecuencias a utilizarse. Se escogió la banda de 5.8 GHz que comprende desde 5.725 GHz a 5.850 GHz. Se trabajará con canales de 10 MHz y se ha elegido una separación de 10 MHz entre canales para evitar interferencia.

Como se mencionó en la sección 1.4.3, las bandas utilizadas en comunicaciones en las islas son: 450 MHz, 850 MHz, 1.9 GHz, 2.4 GHz. Por lo tanto la banda de 5.8 GHz se encuentra libre.

En la Tabla 2.45, se especifica la frecuencia de trabajo para cada canal.

<b>Canales de Frecuencia (GHz)</b>	
<b>Canal 1</b>	5.733
<b>Canal 2</b>	5.753
<b>Canal 3</b>	5.773
<b>Canal 4</b>	5.793
<b>Canal 5</b>	5.813
<b>Canal 6</b>	5.833

Tabla 2.45 Canales de Frecuencia.

Para los enlaces de punto multipunto y punto a punto, se aplicó la reutilización de frecuencias de acuerdo con el siguiente esquema.

En la Tabla 2.46, se indica que canal y que frecuencia corresponderá a cada radioenlace de la red principal y la red de respaldo.

<b>RED PRINCIPAL</b>	
<b>Enlaces Punto a Multipunto (GHz)</b>	
<b>Santa Cruz</b>	
<b>Canal 1</b>	5.733
<b>Canal 2</b>	5.753
<b>Baltra Repetidor BTS Santa Cruz</b>	
<b>Canal 3</b>	5.773
<b>San Cristóbal</b>	
<b>Canal 3</b>	5.773
<b>Isabela</b>	
<b>Canal 3</b>	5.773
<b>Floreana Repetidor BTS Isabela</b>	
<b>Canal 3</b>	5.773
<b>Enlaces Punto- Punto (GHz)</b>	
<b>Santa Cruz – San Cristóbal (Canal 4)</b>	5.793
<b>Santa Cruz – Baltra (Canal 5)</b>	5.813
<b>Santa Cruz – Isabela (Canal 6)</b>	5.833
<b>RED DE RESPALDO</b>	
<b>Enlaces Punto a Multipunto (GHz)</b>	
<b>Isabela - Floreana (Canal 4)</b>	5.753
<b>Isabela- Baltra</b>	5.793
<b>Baltra- San Cristóbal (Canal 5)</b>	5.833

Tabla 2.46 Reutilización de Frecuencias para enlaces de la red principal y de respaldo.

## 2.14 CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), en su recomendación E-800 define a la Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service) como: “El efecto global de las características de servicio que determinan el grado de satisfacción de un usuario de un servicio”.<sup>127</sup>

La calidad de servicio puede ser vista desde dos aspectos muy importantes: la perspectiva del usuario (Calidad de la experiencia, QoE) y la perspectiva técnica de la red. Las dos son fundamentales y deben ir a la par. No existirá calidad de servicio si la red no se encuentra diseñada con las características técnicas adecuadas y si la red no satisface las expectativas del usuario.

Desde el punto de vista del usuario, la tecnología en general tanto los sistemas como las aplicaciones deben ser: innovadoras, fáciles de usar, útiles y sobre todo rápidas. En el mundo de los negocios, el tiempo es uno de los recursos más valiosos, las empresas que ofrecen sus servicios de forma segura, eficiente y rápida son las más prestigiosas. Logrando este calificativo gracias a las buenas críticas que reciban de sus clientes.

Pero, ¿Que es QoS en una red? Se basa en tres principios fundamentales: Asignación de prioridad en el flujo o tráfico de datos, disponibilidad de la red y eficiencia en la transmisión. Aplicando estos principios se logra una red eficiente y con un desempeño óptimo.

Para lograr QoS en la red, es indispensable aplicar estos tres criterios, en cada uno de los niveles jerárquicos de la misma. Para ello los equipos de la red tienen que: manejar colas de tráfico, generar soluciones de enrutamiento de paquetes, asignar prioridades de tráfico.

---

<sup>127</sup> UIT(2007), E 800: Vocabulario de calidad de servicio y seguridad de funcionamiento, Reedición de la Recomendación E.800 del CCITT publicada en el Libro Azul, Fascículo II.3 (1988),Pág. 3, Ginebra Suiza.

### **2.14.1 PARÁMETROS PARA OFRECER UNA BUENA CALIDAD DE SERVICIO<sup>128</sup>**

El conjunto de paquete de datos, forman un flujo que van del puerto origen al puerto destino.

Dependiendo si la red este orientada a conexión o no, el flujo de datos podrá recorrer una ruta o varias rutas<sup>129</sup>. Cada flujo puede tener diferentes necesidades, es por esto que para la calidad de servicio se han definido 5 parámetros importantes:

#### **2.14.1.1 Disponibilidad**

Tiempo en el cual la operadora da la seguridad al usuario que su red va a estar en funcionamiento. Viene dado en porcentaje y es proyectado a un año de servicio.

#### **2.14.1.2 Confiabilidad<sup>130</sup>**

Es la relación con el intervalo de tiempo en que el elemento o sistema está libre de fallas.

#### **2.14.1.3 Ancho de banda**

Ancho de banda mínimo que el operador asegura al usuario dentro de su red durante el tiempo de servicio, la unidad de medida es en Mbps.

#### **2.14.1.4 Retardo**

Tiempo medio de paquetes de ida y vuelta en la red, la unidad de medida son los mseg.

#### **2.14.1.5 Jitter o Fluctuación**

Variación en el retardo de la señal en el transporte de los paquetes en los dos sentidos de la transmisión.

---

<sup>128</sup> Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 397.

<sup>129</sup> Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 397

<sup>130</sup> <http://es.scribd.com/doc/68277122/Apuntes-Confiabilidad-y-Disponibilidad-de-Redes>.

En la Tabla 2.47, se muestran algunas de las aplicaciones más utilizadas actualmente, se indica las necesidades que dichas aplicaciones tienen con respecto a los principales parámetros para ofrecer calidad de servicio.

<b>Aplicación</b>	<b>confiabilidad</b>	<b>Retardo</b>	<b>Jitter</b>	<b>Ancho de Banda</b>
Correo electrónico	Alta	Alto	Alto	Bajo
Transferencia de Archivos	Alta	Alto	Alto	Medio
Acceso Web	Alta	Medio	Alto	Medio
Login Remoto	Alta	Medio	Medio	Bajo
Audio bajo demanda	Media	Alto	Medio	Medio
Video bajo demanda	Media	Alto	Medio	Alto
Telefonía	Media	Bajo	Bajo	Bajo
Videoconferencia	Media	Bajo	Bajo	Alto

Tabla 2.47 Condiciones de red para aplicaciones.<sup>131</sup>

Dentro de los aspectos técnicos propios de la red, mostrada en la Tabla 2.48, se debe tener en cuenta las diferentes categorías de QoS, las cuales se indica a continuación.

<b>CATEGORÍA QoS</b>	<b>Parámetro de QoS</b>
TIEMPO	Latencia
	Retraso
	Tiempo de Recuperación
	Garantía
	Intervalos de sincronización
	Disponibilidad
	Tiempo de inicialización
VOLUMEN DE TRÁFICO	Troughput
	Picos de Volumen
PRECISIÓN	Precisión de direccionamiento
	Tasa de error
	Integridad
ROBUSTEZ	Confianza
	Mantenibilidad
	Resistencia
	Supervivencia
CONTABILIDAD	Costo
	Auditabilidad
MANEJABILIDAD	Monitorizabilidad
	Control
SEGURIDAD	Autenticación
	Confidencialidad
	Seguridad de tráfico de flujo

Tabla 2.48 Características técnicas de QoS en una red.<sup>132</sup>

<sup>131</sup> Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 397.

### 2.14.2 CALIDAD DE SERVICIO EN WiMAX<sup>133 134</sup>

El estándar WiMAX tiene cuatro categorías para ofrecer calidad de servicio para Capa 2 y son los siguientes:

Servicio de Concesión No Solicitado (UGS, Unsolicited Grant Service). Es usado principalmente en VoIP, permite tener baja latencia y jitter bajo. Fue diseñado para aplicaciones que usen una tasa de bits constante (CBR, Constant Bite Rate).

Servicio de Sondeo de Tiempo Real (rtPS, Real-Time Polling Service). Fue diseñado para soportar flujos que generan paquetes de tamaño variable muy susceptibles a retraso, es decir soporta servicios en tiempo real. La estación base hace sondeos a los dispositivos por turnos.

Servicio de Concesión de Tiempo no Real (nrtPS, Non-Real-Time Polling Service). Fue diseñado para flujos que sean tolerantes a retardos y que utilicen una tasa de datos mínima. Lo que garantiza que se reciba flujo de servicios, inclusive durante congestión.

Servicio del Mejor Esfuerzo (BE, Best Effort Service). Está destinado para aquellos flujos de datos, en los cuales no se proporciona garantía sobre el retardo ni sobre la velocidad.<sup>135</sup>

WiMAX también soporta mecanismos de reserva de ancho de banda como MIR/CIR.

MIR (Maximun Information Rate, Velocidad Máxima de información). Es la máxima velocidad predeterminada para un usuario, que puede ser alcanzada durante un periodo de no congestión.<sup>136</sup>

CIR (Committed Information Rate, Velocidad de información Concertada). Es la velocidad garantizada acordada con el proveedor de servicios.<sup>137</sup>

<sup>132</sup> <http://www.dte.us.es/personal/mcromero/masredes/docs/SMARD.0910.qos.pdf>.

<sup>133</sup> [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&sqi=2&ved=0CC8QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.uv.es%2F~montanan%2Fampliacion%2Famplif\\_6.ppt&ei=lDapUOuUNYKQ9QTP74GgCg&usg=AFQjCNE\\_oW6aBl0nM0WXONvvVOobjFOjSg&sig2=3EOx119ZUyiBzjSrWNhxmQ](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&sqi=2&ved=0CC8QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.uv.es%2F~montanan%2Fampliacion%2Famplif_6.ppt&ei=lDapUOuUNYKQ9QTP74GgCg&usg=AFQjCNE_oW6aBl0nM0WXONvvVOobjFOjSg&sig2=3EOx119ZUyiBzjSrWNhxmQ).

<sup>134</sup> [http://www.tranzeo.com/allowed/Tranzeo\\_WiMAX\\_QoS\\_Classes\\_Whitepaper.pdf](http://www.tranzeo.com/allowed/Tranzeo_WiMAX_QoS_Classes_Whitepaper.pdf).

<sup>135</sup> [http://info.telefonica.es/ext/interfaces/pdf/ITE\\_BA\\_015\\_v4.pdf](http://info.telefonica.es/ext/interfaces/pdf/ITE_BA_015_v4.pdf)

<sup>136</sup> [http://info.telefonica.es/ext/interfaces/pdf/ITE\\_BA\\_015\\_v4.pdf](http://info.telefonica.es/ext/interfaces/pdf/ITE_BA_015_v4.pdf)

Pero WiMAX también trabaja conjuntamente con otros protocolos, métodos y modelos que le permitan lograr un mejor QoS para el manejo de los flujos de datos como:

#### **2.14.2.1 Protocolo de Reserva de Recursos (RSVP, Resource reSerVation Protocol)**

Este protocolo reserva la capacidad solicitada por un flujo en todos los ruteadores que se encuentran en el camino, este protocolo crea información de estado en los ruteadores. En el caso de que se reciba una llamada que cause que los recursos sean menores a los reservados, esta es descartada inmediatamente. Es un protocolo orientado a conexión pese a trabajar sobre IP.

#### **2.14.2.2 IntSERV (Servicios Integrados)**

El método de calidad de servicio llamado IntSERV, por sus siglas en inglés Integrated Services. Basado en la asignación previa de recursos necesarios en cada router de la trayectoria de los paquetes.

Flujo, es la secuencia de paquetes de datos que se producen como resultado de la acción que realiza el usuario. El flujo es unidireccional por lo que para generar una llamada se necesitaría dos flujos uno de ida y otro de regreso.

Este método no es óptimo, ya que cada router debería tener esta información almacenada, generando miles de tablas que deben ser actualizadas constantemente.

#### **2.14.2.3 Desventajas de IntSERV y RSVP**

El problema principal de IntSERV fue su escalabilidad, ya que era necesario en cada router mantener información de estado.

RSVP tiene un problema similar pues al igual que IntSERV, los ruteadores deben almacenar gran cantidad de información, impidiendo el óptimo y rápido desempeño de la red.

---

<sup>137</sup> Herrera C, (2011), Telemática Libro de Clases, EPN, Quito, Ecuador Pag 4 (Frame Relay)

#### **2.14.2.4 DiffSERV (Servicios Diferenciados)**

Es un método que maneja el tráfico de forma preferente. Garantiza QoS proporcionando etiquetas de prioridad a los paquetes, para los diferentes flujos de tráfico a ser manejados. Los ruteadores encargados del enrutamiento de paquetes son informados de las etiquetas y lo que deben hacer con dichos paquetes.

La clasificación de paquetes es por clases, cada clase corresponde a un tipo de SLA (Service Level Agreement), el cual es contratado por el usuario para cada tipo de tráfico. DiffSERV trabaja en la capa 3 del modelo de capas de OSI.

##### *2.14.2.4.1 Servicio EF (Expedited Forwarding)*

Esta clasificación también llamada Premium, equivale a una línea dedicada y garantiza las mejores condiciones dentro del SLA.

##### *2.14.2.4.2 Servicio AF (Assured Forwarding)*

Esta clasificación asegura un manejo preferente de paquetes, pero sin SLA.

##### *2.14.2.4.3 Servicio Best Effort*

No posee ninguna garantía al momento de transportar paquetes a través de la red.

#### **2.14.2.5 DiffSERV con MPLS**

Para un uso conjunto de MPLS con DiffSERV, se deben solucionar problemas de compatibilidad en la cabecera de los paquetes estos cambios se encuentran propuestos pero no implementados.

DiffSERV con MPLS, sería una opción excelente para este proyecto pero no es una opción viable, pues los equipos para WiMAX aun no integran ambos servicios.

#### **2.14.3 SELECCIÓN DEL MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO PARA EL DISEÑO DEL BACKBONE**

Como ya se mencionó en QoS existen tres principios fundamentales: eficiencia en la transmisión, disponibilidad de la red y asignación de prioridades. Los dos primeros principios ya fueron analizados previamente en la sección 2.6 y cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de la red.

En cuanto a la asignación de prioridades al tráfico de la red, se seleccionó la utilización de DiffSERV. Pues actualmente ofrece las mejores opciones para el manejo de tráfico y la asignación de prioridades.

Por lo tanto todos los equipos de la red, deberán trabajar con DiffSERV y también con los protocolos de manejo de tráfico propios de WiMAX como: UGS, rtPS y nrtPS.

## 2.15 SEGURIDAD EN REDES<sup>138 139</sup>

Actualmente cualquier red, puede ser objeto de intromisiones no deseadas de todo tipo, algunas de las más comunes son las siguientes:

- Sniffing y snooping, consiste en el monitoreo de paquetes así como su captura, para obtener nombres de usuario, contraseñas y de cualquier otra información que permita ingresar a la red, para espionaje y estafas.
- Phishing y spoofing, consiste en actuar en nombre de una entidad bancaria o usuario, con el fin de obtener información que permita cometer fraudes.
- Tampering o Data diddling, consiste en la modificación de archivos y software de un sistema. Este es uno de los más graves pues puede provocar que toda la red colapse y se interrumpa el servicio para los usuarios.
- Jamming o Flooding, consiste en el ataque a la red interna a través de la saturación del sistema, debido al envío masivo de tráfico de intentos de conexión (Ping de la muerte).
- Virus y software malicioso.
- Ataques contra los servidores de dominio (DNS), si este servidor no funciona no se traducen las direcciones de red, lo que provocaría que no se localicen los sitios Web.
- Ataques a los sistemas de encaminamiento o enrutamiento, consiste directamente en el ataque a los protocolos de enrutamiento interior y exterior. Si alguno de estos se cae la red se vuelve inalcanzable y los paquetes terminarían perdidos.

---

<sup>138</sup>[http://ec.europa.eu/information\\_society/eeurope/2002/news\\_library/pdf\\_files/netsec\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/2002/news_library/pdf_files/netsec_es.pdf),

<sup>139</sup><http://www.isa.uniovi.es/docencia/redes/Apuntes/tema8.pdf>.

- Negación de servicio, consiste en impedir el ingreso a la red a usuarios autorizados o legítimos.

Para evitar todos estos ataques, se debe trabajar principalmente en tres áreas de seguridad:

- Seguridad del canal: en ella interviene la encriptación de datos.
- Seguridad de acceso que conlleva la identificación del usuario y la autorización para el ingreso.
- Seguridad interna de la red.

La seguridad de acceso, consiste en la identificación de usuario y autorización.

La seguridad interna de la red, presenta varias posibles soluciones a los ataques comunes antes mencionados, el primero de ellos y uno de los más utilizados es el uso de un corta fuegos o firewall que evite posibles ataques, este es la primera delimitación del perímetro de seguridad para la red. Por lo tanto en este diseño también se utiliza cortafuegos.

Para evitar problemas con los protocolos de encaminamiento o enrutamiento, primero se debe configurar de forma correcta las interfaces correspondientes en la red, autenticación mediante código hash, anillo antispoofing, revisión del campo TTL en los paquetes, protección de sesiones BGP a través de shared key y MD5. Para la protección del DNS se puede utiliza listas de acceso en los ruteadores, envenenamiento del caché del DNS, Split DNS, utilización de código hash.

### **2.15.1 SEGURIDAD EN WIMAX<sup>140 141</sup>**

En cualquier red la seguridad es importante, no solamente porque garantiza confidencialidad para el usuario, sino también porque permite que la red se proteja de intromisiones no deseadas, que puedan perjudicar de manera significativa el funcionamiento de la red. En todas las redes inalámbricas se

---

<sup>140</sup> <http://www.alegsa.com.ar/Dic/triple%20des.php>.

<sup>141</sup> <http://www.tropsoft.com/strongenc/des3.htm>.

necesita asegurar la privacidad de todos los usuarios, evitando el acceso no autorizado a información confidencial.

WiMAX al trabajar con enlaces de radio como medio único de transmisión, debe prevenir la intrusión a la red para que los usuarios finales y el proveedor del servicio sientan que su sistema es privado y por lo tanto seguro.

Es por ello que WiMAX dentro de su propia estructura interna, tiene asignada una capa exclusiva para seguridad que se conoce como capa MAC Privacidad o solo como capa de seguridad. Para lograrlo utiliza algunos algoritmos de encriptación que más adelante serán analizados.

En la Tabla 2.49, se indica como se encuentra organizado WiMAX internamente. En este modelo de capas se observa que la capa de seguridad, se encuentra justo después de la capa física. Incluso se dice que la capa de seguridad o MAC privada, es una sub capa de la capa MAC y se encarga de autorizar y validar a los usuarios, además se encarga de encriptar la información de estos.<sup>142</sup>

<b>CAPAS SUPERIORES</b>
<b>SERVICIO DE CONVERGENCIA CON CAPAS SUPERIORES</b>
<b>CAPA MAC</b>
<b>CAPA DE SEGURIDAD</b>
<b>CAPA FÍSICA</b>

Tabla 2.49 Estructura de Red WiMAX.

Se debe tener en cuenta que la seguridad en WiMAX, es independiente del proveedor del servicio y de la topología con la cual este configurada la red.

WiMAX trabaja en áreas de riesgo como: uso no autorizado para la conexión inalámbrica, negación del servicio para equipos de usuario robados y brinda el servicio a usuarios específicos, cumpliendo con los requerimientos de acceso seguro.

WiMAX maneja dos estándares de encriptación los cuales son DES3 Y AES.

<sup>142</sup> <http://es.scribd.com/doc/43942816/23/Tipos-de-Modulacion>.

### 2.15.1.1 DES3 (Triple Estándar De Encriptación De Datos)<sup>143 144</sup>

Es un algoritmo de cifrado por bloques, desarrollado para cumplir con los requerimientos de seguridad en redes. TDES o DES3 hace un triple cifrado con operaciones simples tipo DES (Data Encryption Standar), el cual es un texto de longitud de 64 bits de longitud, los cuales 56 son útiles para la llave y los 8 restantes sirven como control.

Luego de trabajar con DES, se llegó a la conclusión que una clave de 56 bits, no es lo suficientemente segura para a un ataque fuerza bruta. Que no es mas que el probar cada combinación posible para obtener la llave, es así que como solución se desarrolla TDES , el cual amplió la longitud de la llave a 192 bits (112 de bits útiles para la llave), haciéndolo más seguro, pero con un aumento en el tiempo de procesamiento, debido a su triple encriptación.

### 2.15.1.2 AES (Estándar Avanzado de Encriptación)

Este método es más rápido que DES tanto en software como en hardware, fácil de implementar con requerimientos de memoria bajos, soporta llaves de tamaños de 128, 192, 256 bits.

AES es un proceso que consiste en dos partes, el cifrado en si y la generación de subclaves que dependen de la inicial como se muestra en la Figura 2.161.

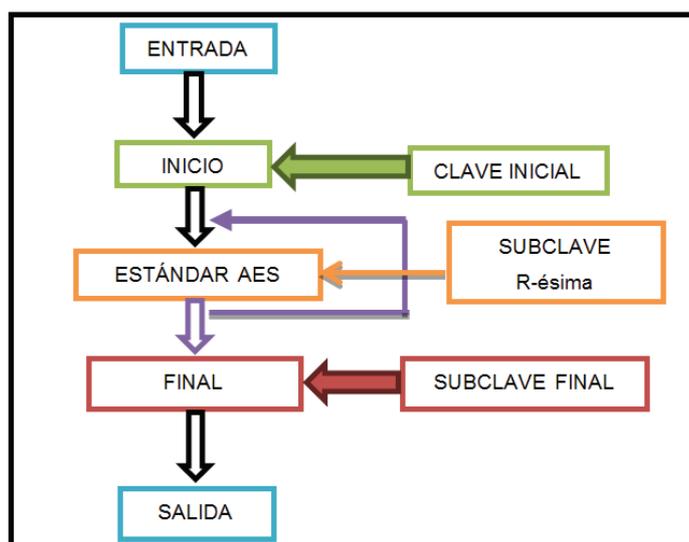


Figura 2.161 Funcionamiento AES en bloques.

<sup>143</sup> [http://computacion.cs.cinvestav.mx/~jjangel/aes/AES\\_v2005\\_jjaa.pdf](http://computacion.cs.cinvestav.mx/~jjangel/aes/AES_v2005_jjaa.pdf)

<sup>144</sup> <http://searchsecurity.techtarget.com/definition/Advanced-Encryption-Standard>.

### 2.15.1.3 Autenticación End to End<sup>145</sup>

En WiMAX se usa la metodología PKM-EAP (Protocolo de Autenticación Extensible), usada de acuerdo con el estándar TLS (Transport Layer Security) y utiliza encriptación de clave pública.

- Se genera una autenticación mutua en PKMv2 y evita el problema que se conoce como "Man in the Middle"
- Utiliza el certificado digital X.509, mediante el cual se garantiza la interconexión entre proveedor y usuario. Es individual para cada suscriptor y no es fácilmente falsificado.

### 2.15.1.4 Servidores para Autenticación<sup>146 147</sup>

Autenticación Remota Para Usuarios (RADIUS, Remote Authentication Dial-In User), es utilizado para la autenticación y autorización de acceso a usuarios de una red.

Un servidor RADIUS centraliza en una base de datos, toda la información de acceso referente a los usuarios y junto a los puntos de acceso verifican si cierto usuario tiene acceso a la red, si no está autorizado se niega el acceso.

El servidor RADIUS no se limita exclusivamente a autenticar al usuario, también tienen la tarea de informar a que puerto debe ser conectado, dirección IP asignada, políticas, protocolos y reglas para filtrado de paquetes en el lado del usuario y en el lado del proveedor, informa de manera simultánea a que punto de acceso de la red el usuario intenta conectarse.

## 2.15.2 SELECCIÓN DE SEGURIDAD PARA EL DISEÑO DEL BACKBONE

Para implementar seguridades en la red, todos los equipos deberán trabajar con AES. Pues es el estándar de encriptación seleccionado para el diseño de la red, adicionalmente deberán ofrecer soporte PKM-EAP, DES y 3DES.

---

<sup>145</sup> <http://infoWiMAX.blogspot.com>.

<sup>146</sup> <http://www.grc.upv.es/docencia/tra/PDF/Radius.pdf>.

<sup>147</sup> <http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc755248%28v=ws.10%29.aspx>.

Para el acceso a la red, se acostumbra utilizar un servidor RADIUS para autenticar y autorizar el acceso de los usuarios.

Un servidor Radius ofrece la ventaja de poder ser implementado sobre cualquier sistema operativo como Windows y Linux.

Para la protección de la red, se utilizará servidores: Firewall o cortafuegos y antivirus, los mismos que protegen a la red de posibles ataques como ya se menciono anteriormente.

Adicionalmente se aplicará autenticación mediante código Hash, protección de sesiones BGP a través de shared key y MD5. Por lo tanto los equipos para el diseño deben soportar estos servicios.

## **2.16 INFRAESTRUCTURA JERÁRQUICA DEL BACKBONE**

Antes de escoger el modelo jerárquico para el diseño del backbone, primero se debe escoger la red troncal que nos permitirá la conexión de salida hacia Internet a través de un Proveedor de Servicios de Internet (ISP).

Para la red troncal en la Provincia de Galápagos, debido a los 1000 Km que la separan del Ecuador continental, la única conexión disponible es la satelital. Aunque existe un proyecto no realizado para la conexión de fibra óptica submarina entre el Ecuador Continental y Galápagos que estará disponible probablemente a partir del 2014.<sup>148</sup>

Por lo tanto la conexión de la red hacia Internet, a contratarse con un Proveedor de Servicios de Internet (ISP), debe ser satelital.

---

<sup>148</sup> Información proporcionada por el director de la estación terrena de la CNT, (Diciembre 2011)

### 2.16.1 MODELO JERÁRQUICO PARA EL BACKBONE<sup>149</sup>

Uno de los principales problemas de las redes de gran tamaño, es su administración y monitoreo. El uso de un modelo jerárquico, permite organizar de manera más eficiente los dispositivos de la red, conocer exactamente en que nivel jerárquico se han producido los errores de enrutamiento y solucionarlos.

Es así que el fabricante CISCO SYSTEM, propone un modelo jerárquico que consta de tres capas. Siendo este modelo el seleccionado, para la organización del diseño del Backbone.

En la Figura 2.162, se indica el Modelo Jerárquico de Capas propuesto por CISCO SYSTEM.

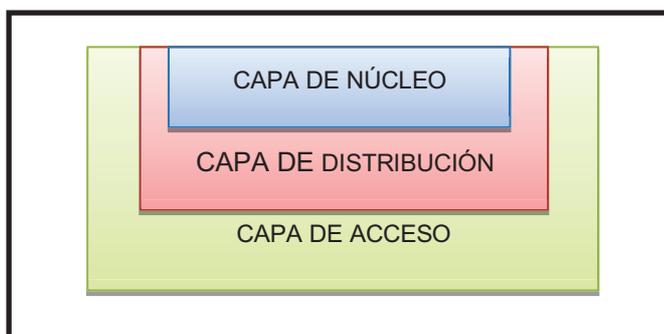


Figura 2.162 Modelo Jerárquico Cisco.

#### 2.16.1.1 Capa Núcleo

En esta capa, los equipos deben tener características específicas para conmutación de alta velocidad, manejo de alto flujo de tráfico, baja latencia, confiabilidad y con tolerancia de falla extremadamente baja. Pues es el punto de conexión de la red con el exterior. Para la comunicación con otras redes se ha elegido el protocolo de Gateway exterior BGP (Border Gateway Protocol).<sup>150</sup>

Para el protocolo de Gateway interior se ha elegido OSPF (Open Shortest Path First), pues nos ofrece las mejores características de desempeño para la red. Además es un protocolo no propietario, lo que facilita la selección de equipos.<sup>151</sup>

<sup>149</sup> <http://ipref.wordpress.com/2008/11/28/modelo-jerarquico-de-red/>, (Consulta octubre, 2011)

<sup>150</sup> SOLTICOM, <http://www.solticom.com/uts/protocolos>

<sup>151</sup> SOLTICOM, <http://www.solticom.com/uts/protocolos>

En la Tabla 2.50, se presenta una comparación entre los diferentes protocolos de Gateway interior.

PROTOCOLO	RIPv2	OSPF	IGRP	EIGRP
<b>Tipo</b>	Vector Distancia	Estado Enlace	Vector Distancia	Híbrido
<b>Tiempo de convergencia</b>	Lento	Rápido	Lento	Rápido
<b>Consumo de ancho de banda</b>	Alto	Bajo	Alto	Bajo
<b>Consumo de recursos</b>	Bajo	Alto	Bajo	Bajo
<b>Soporte CIDR VLSM</b>	No	Si	Si	Si
<b>Soporte múltiples caminos</b>	No	No	Si	Si
<b>Estabilidad</b>	No	Si	Si	Si
<b>Libre/Propietario</b>	Libre	Libre	Propietario	Propietario
<b>Distancia Administrativa</b>	120	110	100	90

Tabla 2.50 Comparación entre protocolos de gateway interior dinámicos.<sup>152</sup>

También se podría aplicar enrutamiento estático, pero implica un gran conocimiento de la red y en redes grandes, como en este caso sería una tarea muy larga y complicada, pues al ingresar un nuevo equipo o ruta se deberá cambiar manualmente la información de las tablas de enrutamiento de cada dispositivo de enrutamiento. Las ventajas de su utilización son muchas pues permite un consumo de ancho de banda bajo, la distancia administrativa será mínima. Para el diseño se seleccionó enrutamiento dinámico, ya que facilita las labores del administrador de red.

Para el diseño serán necesarios, dos cortafuegos o Firewall, dos ruteadores principales o de núcleo, para asegurar redundancia en este nivel, deberán manejar BGP y OSP, entre otras características que serán citadas en la Sección 2.17 de requerimiento de Equipos.

### 2.16.1.2 Capa de Distribución

Esta capa, es el medio de enlace entre la capa núcleo y la capa de acceso. En esta capa se colocan las políticas de conectividad tales como: listas de acceso, protocolos de enrutamiento de paquetes y seguridad.

<sup>152</sup> <http://www.solticom.com/uts/protocolos>

En ella, se trabaja con las redes de área local virtuales (VLAN), que permiten una mejor administración de las políticas de acceso a la red.

Para la red se va a trabajar con VLAN de conexión externa, VLAN de administración, VLAN de servidores, VLAN de acceso.

En la VLAN de conexión externa, irá conectado el cortafuegos, el router principal, el servidor caché. En este último, se almacenarán las páginas web a las que acceden frecuentemente los usuarios.

En la VLAN de administración, irán todos los servidores de administración y monitoreo, así como servidor el de facturación.

En la VLAN de servidores, irán los servidores de Nombre de Dominio (Domain Name Server DNS), Correo electrónico, Servidor DHCP y Servidor FTP (File Transfer Protocol).

En la VLAN de acceso se encuentran diseñada específicamente para la conexión de usuarios residenciales y corporativos.

Para esta Capa se solicitan, 8 Switches o conmutadores y cuatro servidores, los mismo que deberán manejar VLANS y protocolos afines. En la Sección 2.17 de requerimiento de equipos, se amplía las características requeridas.

### **2.16.1.3 Capa de Acceso**

En esta capa, los equipos poseen una alta densidad de número de puertos, debido a que es la capa de comunicación directa con los usuarios, deben aplicarse técnicas de segmentación, con el fin de dar dominios de colisión separados y así elevar el funcionamiento de la red.

Esta capa es una interfaz para la conexión entre la red y los usuarios finales. En esta capa, se encuentran los ruteadores concentradores que irán conectados a las estaciones base. Los cuatro ruteadores concentradores de acceso, solicitados para el diseño, deberán soportar funcionalidades de enrutamiento, políticas de control de tráfico y calidad de servicio. Deberán soportar DiffSERV, que fue el protocolo elegido para ofrecer calidad de servicio.

### **2.16.2 RED DE CONEXIÓN ENTRE ISLAS Y CONEXIÓN DE ÚLTIMA MILLA**

Para esta red que comprende el transporte de datos y el acceso al sistema se utiliza equipos que trabajen con el estándar WiMAX, los mismos que trabajarán en la banda de 5,8 GHz.

Para las conexiones entre islas como ya se ha mencionado se utilizarán enlaces punto a punto, mientras que para los enlaces de última milla serán enlaces punto a multipunto.

En esta red se requieren estaciones bases WiMAX, también llamadas radio bases y son tres que estarán ubicadas en las islas: Santa Cruz (Cerro Crocker), San Cristóbal (Cerro San Joaquín) e Isabela. En las islas: Baltra y Floreana se colocará únicamente repetidores, de las radio bases ubicadas en Santa Cruz e Isabela respectivamente.

Para la red de conexión entre islas, existirá una red de respaldo o secundaria la misma que entrará en funcionamiento en caso de que exista algún problema con la red principal.

Se solicitan para el diseño: tres estaciones base, diez sectores RF de 90°, 4 repetidores. Adicionalmente la BTS, deberá contar con software de administración y monitoreo.

Para El Equipamiento del Suscriptor (CPE), se solicitan 500 unidades, para comenzar el desarrollo del proyecto.

Las BTS y los CPE deben: Trabajar con el estándar IEEE 802.16 (WiMAX), trabajar en la banda de Frecuencia de 5.8 GHz, dar soporte AES, DES, 3DES y fundamentalmente trabajar con DiffSERV, pues fue el modelo de calidad de servicio escogido. Otras características adicionales se incluyen en la sección de Requerimiento de Equipos (Sección 2.17).

### 2.16.3 DIAGRAMA DEL DISEÑO DE LA RED

En la Figura 2.163, se presenta el diagrama final de la red, de acuerdo al modelo jerárquico de CISCO, seleccionado para el diseño de la red.

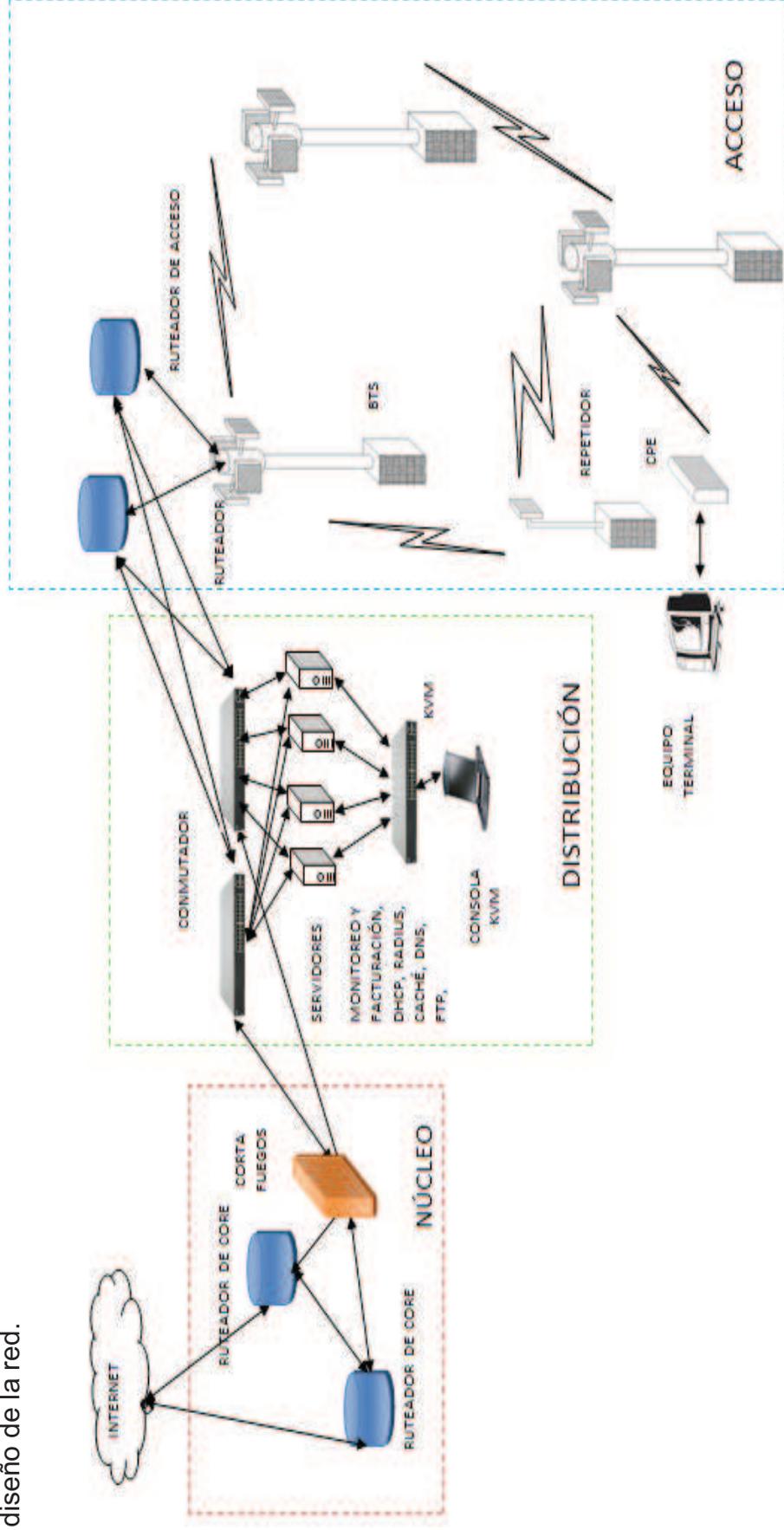


Figura 2.163 Diagrama del Diseño de la Red.

## **2.17 REQUERIMIENTO DE EQUIPOS PARA LA RED**

### **2.17.1 RUTEADOR PRINCIPAL**

Para el diseño de la red, se necesitan dos Ruteadores Principales o de núcleo.

Características Técnicas:

- Capacidad de conmutación mínimo de 10Gbps.
- Manejo de direcciones IPV4 e IPV6.
- TCP/IP; RIP-1, RIP-2, OSPF, BGP4.
- MD5, IP Security, secure shell, secure FTP.
- DiffSERV (Servicios Diferenciados).
- Listas de control de acceso (ACLs, Access Control List).
- Traducción de direcciones de red (NAT, Network Address Translation).
- ATM, PPP, HDLC. Ethernet.
- VPN.
- IEEE 802.1Q VLAN.
- Telnet, SNMP, TFTP, VTP.
- Algoritmo de Cifrado AES, DES y Triple DES.
- Conectividad WAN (ATM, T1/E1, T3/E3).
- Conectividad LAN (10/100/1000 baseTX).
- 1 puerto de consola.
- 1 puerto auxiliar.
- 2 puertos Fijos Ethernet 10/100/1000 base T, RJ-45.
- Ranuras para módulos WAN/LAN.
- Multiservicio (voz, datos y video).
- DRAM de 1GB.
- Flash de 512 MB.
- Modular.
- Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C.
- Humedad relativa 5 a 65%.

### 2.17.2 RUTEADOR CONCENTRADOR DE ACCESO

Para el diseño de la red, se utilizarán cuatro Ruteadores de acceso.

Características técnicas:

- Capacidad de conmutación mínimo de 1Gbps.
- Manejo de direcciones IPV4 e IPV6.
- TCP/IP; RIP-1, RIP-2, OSPF, BGP4.
- MD5, IP Security, secure shell, secure FTP.
- DiffSERV (Servicios Diferenciados).
- ACLs.
- NAT.
- ATM, PPP, HDLC. Ethernet.
- VPN.
- IEEE 802.1Q VLAN.
- Telnet, SNMP, TFTP, VTP.
- Algoritmo de Cifrado AES, DES y Triple DES.
- Conectividad WAN (ATM, T1/E1, T3/E3).
- Conectividad LAN (10/100/1000 baseTX).
- 1 puerto de consola.
- 1 puerto auxiliar.
- puertos Fijos Ethernet 10/100/1000 base T, RJ-45.
- Ranuras para módulos WAN/LAN.
- Multiservicio (voz, datos y video).
- DRAM de 1GB.
- Modular.
- Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C.
- Humedad relativa 5 a 65%.
- Fuente de poder dual, Alimentación 110 V AC, 60 Hz.

### 2.17.3 CONMUTADORES O SWITCHES

Para el diseño de la red, se necesitan ocho conmutadores.

Características técnicas:

- Backplane sobre 10 Gbps., Full Duplex.
- Conmutación de paquetes de 1Gbps.
- 24 puertos Ethernet 10/100base TX autosensing, RJ45.
- Manejo de direcciones IPv4 e IPv6.
- Nivel de conmutación: capa 2 y 3.
- DRAM de 512 MB Memoria.
- Flash de 128 MB.
- Soporte VLANs y direcciones MAC sobre 30000.
- Telnet, SNMP.
- Spanning-Tree Protocol, IEEE 802.1D.
- Telnet, SNMP, TFTP, VTP.
- DiffSERV.
- Puertos half / full duplex.
- Manejo de enlaces Trunking.
- ACLs.
- IEEE 802.1X.
  - Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C.
  - Humedad relativa 5 a 65%.
  - Fuente de poder dual, Alimentación 110 V AC, 60 Hz.

### 2.17.4 CORTAFUEGOS

Para el diseño de la red, se necesitan dos cortafuegos o firewalls.

Características técnicas:

- Rendimiento de 800 Mbps.
- 4000 sesiones simultáneas.
- 3000 conexiones por segundo.
- 1GB de RAM, 64 MB de Flash.
- Puertos Ethernet 10/100/1000BaseT (RJ-45).

- 1 puerto de consola.
- Soporte VLANs (802.1q).
- Soporte IPsec.
- Manejo IPv6 e IPV4.
- Alta disponibilidad active/active y active/standby, failover.
- Algoritmo de cifrado AES, DES, 3DES.
- Anti-X (antivirus, antispymware, bloqueo de archivos, antispam, antipishing, y filtrado URL).
- DiffSERV.
- Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C.
- Humedad relativa 5 a 65%.
- Fuente de poder dual, Alimentación 110 V AC, 60 Hz.

#### **2.17.5 SERVIDORES**

Para el diseño de la red, se necesitan cuatro servidores. Los cuales serán para: Caché, Correo Electrónico, DNS, DHCP, RADIUS, Antivirus, FTP, Administración, Monitoreo y Facturación.

Características técnicas generales:

- Procesador Intel Dual.
- Velocidad del procesador 2 GHz o mayor.
- Front Side Buss Speed 800MHz.
- Memoria RAM 4 GB, DDR2 o mayor.
- Capacidad por disco 160GB o mayor.
- Puertos USB.
- Tarjeta de red con 2 Puertos Ethernet 10/100 base TX, RJ45.
- Unidad de CD-ROM/DVD.
- Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C.
- Humedad relativa 5 a 65%.
- Fuente de poder dual, Alimentación 110 V AC, 60 Hz.

### **2.17.6 CONSOLA KVM (KEYBOARD/VGA/MOUSE) CON PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO, (LCD, LIQUID CRYSTAL DISPLAY), TECLADO Y TOUCHPAD**

Son estaciones de trabajo que permiten la administración de los equipos a través de un fácil acceso sin comprometer servidores conectados, pues puede ser almacenado en un solo slot de un Rack. Esta compuesto generalmente por una pantalla LCD, teclado y touchpad.

Para el diseño se solicitan dos Consolas KVM, ubicadas en Santa Cruz.

Características técnicas:

- 8 puertos para teclado, pantalla y ratón.
- Puertos USB.
- Puerto HDB-15.
- Touchpad.
- Pantalla de 17”.
- Pantalla de 1280x 1024 (60Hz).
- Alimentación eléctrica a 110 V/ 60 Hz.
- Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C.

### **2.17.7 EQUIPO WiMAX**

#### **2.17.7.1 Estaciones Base (BTS)**

Para las estaciones base se necesitarán tres, que irán colocadas en San Cristóbal, Santa Cruz e Isabela. También se solicitan 2 Repetidores para Baltra y Floreana.

Características técnicas de las Estaciones Base:

- Estándar 802.16 con interfaz aire OFDM.
- Capacidad LOS, Non LOS, TDD.
- Banda de frecuencia entre 5.725 – 5.850 GHz.
- Ancho de banda del canal 10MHz.
- Ganancia de las antenas 26 dBi o mayor.
- Sensibilidad en recepción -87dBm.
- Modulación adaptiva BPSK, QPSK, 16 QAM y 64 QAM.
- Troughput mayor a 30 Mbps.

- Encriptación DES, 3DES, AES.
- Conexiones punto a punto y punto multipunto.
- Potencia de Tx máximo 30 dBm.
- DHCP, IEEE 802.3, Puenteo Ethernet.
- VLAN para IEEE 802.1Q.
- FEC, ARQ.
- Software de administración.
- Telnet, SNMP.
- Soporte IPV4 e IPv6.
- Interfaces Ethernet 100baseTX, RJ45.
- DiffSERV.
- MIR/CIR.
- Calidad de Servicio WiMAX (UGS, rtPS, nrtPS, BE).
- Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C.
- Humedad relativa 5 a 65%.
- Alimentación eléctrica a 110 V/ 60 Hz.

Sectores de RF de 90° (Total 10 sectores).

Repetidores (Total 7 sectores).

Estación Base (Total 3 estaciones).

Software de monitoreo y administración.

#### **2.17.7.2 Equipamiento de Cliente (CPE)**

Para el equipamiento de cliente o unidades de suscriptor, se solicita 500 que irán distribuidos en las islas: San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela, Floreana y Baltra.

Características del equipamiento de cliente o unidades de suscriptor:

- Banda de frecuencia entre 5.725 – 5.850 GHz.
- Estándar 802.16 con interfaz aire OFDM.
- NLOS.
- TDD.
- Tamaño de canal 10MHz.

- Modulación adaptiva BPSK, QPSK, 16 QAM y 64 QAM.
- Rendimiento mayor 5Mbps.
- Potencia de transmisión máximo de 30 dBm.
- Ganancia de las antenas 16 dBi.
- Sensibilidad en recepción -87dBm.
- Encriptación DES, 3DES, AES.
- Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C.
- Humedad relativa 5 a 65%.

### 2.17.8 FUENTE DE PODER SIN INTERRUPCIÓN (UPS, UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY)

Para el diseño primero es necesario calcular la capacidad necesaria promedio, que deberá tener el UPS en VA (Volta-amperios), los UPS son de gran importancia pues permiten proteger a los equipos de fallas eléctricas, picos de voltaje que podrían averiar a los equipos y como estas fallas en el suministro eléctrico son comunes en las islas es necesario considerarlos.

Un equipo promedio consume entre 200 y 300 VA. Para el cálculo aproximado trabajará con la estación base de Santa Cruz que es la que posee más dispositivos de red.

En la Tabla 2.51, se presenta el cálculo de potencia necesaria para la fuente de poder sin Interrupción (UPS) de la central.

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR DE POTENCIA PROMEDIO [VA]	TOTAL [VA]
Ruteador	6	150	900
Conmutador	4	120	480
Servidores	4	250	1000
Estación Base	1	350	350
<b>Total</b>			<b>2730</b>
<b>Factor de crecimiento</b>	$2730 * 1.30 = 3679 \text{ VA}$		
<b>Potencia requerida para el UPS</b>	<b>3549VA</b>		

Tabla 2.51 Potencia del UPS de la central.

En la Tabla 2.52, se presenta el cálculo de potencia necesaria para la fuente de poder sin Interrupción (UPS) para uno de los nodos. Los nodos están ubicados en San Cristóbal, Isabela, Baltra y Floreana.

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR DE POTENCIA PROMEDIO [VA]</b>	<b>TOTAL [VA]</b>
<b>Conmutador</b>	1	120	120
<b>Estación Base</b>	1	350	350
<b>Total</b>			470
<b>Factor de crecimiento</b>	470*1.30 = 611VA		
<b>Potencia requerida para el UPS</b>	611VA		

Tabla 2.52 Potencia del UPS de un nodo.

Para el diseño de la red, se necesitan cinco UPS. Ubicados en San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela, Floreana y Baltra.

Características técnicas mínimas del UPS:

- Potencia mínima: 700 VA.
- 110V entrada/110V salida.
- Frecuencia de entrada 60 Hz.
- Regulación de voltaje -10% a + 6% del nominal.
- Onda senoidal de voltaje.
- Tiempo de transferencia inferior a 10 ms.
- Protección de tres vías (incluye cable a tierra).
- Alarma audible.
- Baterías hot swap.
- Duración de batería mínimo 20 minutos.
- Conexión vía USB.
- Ruido menor a 60dBA.
- Cumplimiento de norma UL 1778.
- Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C.
- Humedad relativa 5 a 65%.

## **CAPÍTULO 3**

### **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y COSTOS.**

En este capítulo, se presenta la factibilidad del proyecto y la selección de equipos, en base a los costos referenciales de tres marcas diferentes.

La selección se realiza tomando en cuenta: la interoperabilidad de los equipos, las mejores características adicionales que puedan ofrecer los fabricantes y el costo de los mismos. Para las radio bases, se seleccionó el fabricante cuyas antenas ofrecían las mejores condiciones, para los radio enlaces entre las islas. Otros diseños realizados en la Provincia de Galápagos, han tenido excelentes resultados, utilizando los dispositivos que ofrece este fabricante.

En cuanto al estudio de factibilidad, se debe recalcar que para un proyecto este estudio es imprescindible. Pues permite conocer si el proyecto es viable tanto técnicamente, como financieramente. Siendo este último de mucha importancia para los inversionistas. Es por ello que se tomará en cuenta todos los indicadores más importantes, que permiten conocer si el proyecto es económicamente viable y estos son: el flujo de caja (incluye los ingresos y egresos anuales esperados para el proyecto), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Presente Neto (VPN), el Índice de Rentabilidad (IR) y el Tiempo de Recuperación (TR). Para una vez analizados determinar si el proyecto es viable o no.

#### **3.1 COSTOS REFERENCIALES**

Se presentan los costos referenciales, para cada uno de los dispositivos necesarios para el diseño del Backbone Inalámbrico. En cada tabla se indica las características solicitadas y costo referencial de tres marcas diferentes. Las cuales existen en el mercado ecuatoriano.

Se selecciona el equipo que cumpla con los requerimientos exigidos. También se toma en cuenta las características adicionales que estos ofrezcan y el costo de los mismos.

### 3.1.1 RUTEADOR PRINCIPAL

En la Tabla 3.1, se presenta los costos referenciales de tres fabricantes diferentes para los Ruteadores principales o de núcleo.

<b>RUTEADOR PRINCIPAL</b>			
<b>FABRICANTE</b>	<b>3 COM</b>	<b>HUAWEI</b>	<b>CISCO</b>
<b>MODELO</b>	HP A660 <sup>153</sup>	NE40E- X1 <sup>154</sup>	7201 <sup>155</sup>
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
Capacidad de conmutación mínimo de 10Gbps		X	X
Manejo de direcciones IPV4 e IPV6	X	X	X
TCP/IP; RIP-1, RIP-2, OSPF, BGP4	X	X	X
MD5, IP Security, secure shell, secure FTP	X	X	X
DiffSERV (Servicios Diferenciados)	X	X	X
Listas de control de acceso (ACLs, Access Control List)	X	X	X
Traducción de direcciones de red (NAT, Network Address Translation)	X	X	X
ATM, PPP, HDLC. Ethernet	X	X	X
VPN		X	X
IEEE 802.1Q VLAN	X	X	X
Telnet, SNMP, TFTP, VTP	X	X	X
Algoritmo de Cifrado AES, DES y Triple DES	X	X	X
Conectividad WAN (ATM, T1/E1, T3/E3)	X	X	X
Conectividad LAN (10/100/1000 baseTX)	X	X	X
1 puerto de consola	X	X	X
1 puerto auxiliar		X	X
2 puertos Fijos Ethernet 10/100/1000 base T, RJ-45	X	X	X
Ranuras para módulos WAN/LAN	X	X	X
Multiservicio (voz, datos y video)	X	X	X
DRAM de 1GB	X	X	X
Flash de 512 MB	X	X	X
Modular		X	X
Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C	X	X	X
Humedad relativa 5 a 65%	X	X	X
<b>COSTO</b>	<b>\$3400</b>	<b>\$3200</b>	<b>\$6000</b>

Tabla 3.1 Costos Referenciales Ruteador Principal

<sup>153</sup>[http://h17007.www1.hp.com/docs/whatsnew/august/HP-A6600-Router-Series-data-sheet\\_4AA3-0765ENW.pdf](http://h17007.www1.hp.com/docs/whatsnew/august/HP-A6600-Router-Series-data-sheet_4AA3-0765ENW.pdf)

<sup>154</sup>[http://enterprise.huawei.com/en/products/network/router/ne/en\\_ne40e\\_x1.htm](http://enterprise.huawei.com/en/products/network/router/ne/en_ne40e_x1.htm)

<sup>155</sup><http://www.cisco.com/en/US/products/ps7253/index.html>

Analizando la Tabla 3.1, se seleccionó al fabricante CISCO, pues cumple con todas las especificaciones técnicas para el diseño. Adicionalmente la capacidad de conmutación, la garantía del equipo y el soporte técnico son mejores.

### 3.1.2 RUTEADOR CONCENTRADOR DE ACCESO

La Tabla 3.2, presenta los costos referenciales de tres fabricantes diferentes para los Ruteadores Concentradores de Acceso.

<b>RUTEADOR CONCENTRADOR DE ACCESO</b>			
<b>FABRICANTE</b>	<b>NETGEAR</b>	<b>3COM</b>	<b>CISCO</b>
<b>MODELO</b>	EVG2000 <sup>156</sup>	HP 8800 <sup>157</sup>	2821 <sup>158</sup>
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
Capacidad de conmutación mínimo de 1Gbps		X	X
Manejo de direcciones IPV4 e IPV6	X	X	X
TCP/IP; RIP-1, RIP-2, OSPF, BGP4	X	X	X
MD5, IP Security, secure shell, secure FTP	X	X	X
DiffSERV (Servicios Diferenciados)	X	X	X
ACLs		X	X
NAT	X	X	X
ATM, PPP, HDLC. Ethernet	X	X	X
VPN		X	X
IEEE 802.1Q VLAN	X	X	X
Telnet, SNMP, TFTP, VTP	X	X	X
Algoritmo de Cifrado AES, DES y Triple DES		X	X
Conectividad WAN (ATM, T1/E1, T3/E3)			X
Conectividad LAN (10/100/1000 baseTX)	X	X	X
1 puerto de consola		X	X
1 puerto auxiliar			X
2 puertos Fijos Ethernet 10/100/1000 base T, RJ-45	X	X	X
Ranuras para módulos WAN/LAN	X	X	X
Multiservicio (voz, datos y video)	X	X	X
DRAM de 1GB			X
Modular	X	X	X
Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C	X	X	X
Humedad relativa 5 a 65%	X	X	X
Fuente de poder dual, Alimentación 110 V AC, 60 Hz	X	X	X
<b>COSTO</b>	\$800	\$3000	\$1650

Tabla 3.2 Costos Referenciales de Ruteadores Concentradores

<sup>156</sup><http://www.netgear.com.au/service-provider/products/routers-and-gateways/gigabit-ethernet-routers-gateways/EVG2000.aspx#two>

<sup>157</sup>[http://h17007.www1.hp.com/us/en/products/routers/HP\\_8800\\_Router\\_Series/index.aspx#Management](http://h17007.www1.hp.com/us/en/products/routers/HP_8800_Router_Series/index.aspx#Management)

<sup>158</sup>[http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5854/ps5882/product\\_data\\_sheet0900aecd8016fa68\\_ps5854\\_Products\\_Data\\_Sheet.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5854/ps5882/product_data_sheet0900aecd8016fa68_ps5854_Products_Data_Sheet.html)

Analizando la Tabla 3.2, se seleccionó el fabricante CISCO, pues cumple con todas las especificaciones técnicas para el diseño, mientras que las otras opciones, no cumplen en su totalidad. Adicionalmente su capacidad de conmutación es mayor y su costo es la mitad del 3COM.

### 3.1.3 CONMUTADORES O SWITCHES

En la Tabla 3.3, se indica los costos referenciales de tres fabricantes diferentes para los Conmutadores o switches.

<b>CONMUTADORES</b>			
<b>FABRICANTE</b>	<b>3 COM</b>	<b>ZyXEL</b>	<b>CISCO</b>
<b>MODELO</b>	5820 <sup>159</sup>	XGS 4700 <sup>160</sup>	3560X-24T-L <sup>161</sup>
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
Backplane sobre 10 Gbps., Full Duplex	X	X	X
Conmutación de paquetes de 1Gbps.	X		X
24 puertos Ethernet 10/100base TX autosensing, RJ45	X		X
Manejo de direcciones IPv4 e IPv6	X	X	X
Nivel de conmutación: capa 2 y 3	X	X	X
DRAM de 512 MB Memoria.	X	X	X
Flash de 128 MB	X	X	X
Soporte VLANs y direcciones MAC sobre 30000	X	X	X
Telnet, SNMP	X		X
Spanning-Tree Protocol, IEEE 802.1D	X		X
Telnet, SNMP, TFTP, VTP	X	X	X
DiffSERV	X	X	X
Puertos half / full duplex.	X		X
Manejo de enlaces Trunking.	X		X
ACLs	X	X	X
IEEE 802.1X	X	X	X
Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C	X	X	X
Humedad relativa 5 a 65%	X	X	X
Fuente de poder dual, Alimentación 110 V AC, 60 Hz.	X	X	X
<b>COSTO</b>	<b>\$5000</b>	<b>\$1500</b>	<b>\$1800</b>

Tabla 3.3 Costos Referenciales Ruteador Principal

<sup>159</sup> [http://h17007.www1.hp.com/us/en/products/switches/HP\\_5820\\_Switch\\_Series/index.aspx#Securit](http://h17007.www1.hp.com/us/en/products/switches/HP_5820_Switch_Series/index.aspx#Securit)

<sup>160</sup> [http://www.zyxel.com/uk/en/products\\_services/xgs4700\\_series.shtml?t=p](http://www.zyxel.com/uk/en/products_services/xgs4700_series.shtml?t=p)

<sup>161</sup> [http://www.cisco.com/en/US/products/ps10744/prod\\_models\\_comparison.html](http://www.cisco.com/en/US/products/ps10744/prod_models_comparison.html)

Analizando la Tabla 3.3, se seleccionó el fabricante CISCO, pues cumple con todas las especificaciones técnicas para el diseño, al igual que el conmutador del fabricante 3COM, pero este último tiene un costo tres veces mayor al equipo seleccionado. Por lo tanto la opción seleccionada es la más barata de las dos y garantiza interoperabilidad. Ya que los equipos anteriormente seleccionados, son de la misma marca.

### 3.1.4 CORTAFUEGOS

En la Tabla 3.4, se presenta los costos referenciales de tres fabricantes diferentes para el Cortafuegos.

<b>CORTAFUEGOS</b>			
<b>FABRICANTE</b>	<b>DLINK</b>	<b>CISCO</b>	<b>FORTIGATE</b>
<b>MODELO</b>	DFL-1660 <sup>162</sup>	5520 <sup>163</sup>	FORTIGATE-60B <sup>164</sup>
<b>CARACTERISTICAS</b>			
Rendimiento de 800 Mbps.	X	X	X
4000 sesiones simultaneas	X	X	X
3000 conexiones por segundo	X	X	X
1GB de RAM, 64 MB de Flash	X	X	
Puertos Ethernet 10/100/1000BaseT (RJ-45)	X	X	X
1 puerto de consola	X	X	
Soporte VLANs (802.1q)	X	X	X
Soporte IPsec	X	X	
Manejo IPv6 e IPV4	X	X	X
Alta disponibilidad active/active y active/standby, failover	X	X	
Algoritmo de cifrado AES, DES, 3DES	X	X	X
Anti-X (antivirus, antispymware, bloqueo de archivos, antispam, antipishing, y filtrado URL )	X	X	X
DiffSERV	X	X	X
Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C	X	X	X
Humedad relativa 5 a 65%	X	X	X
Fuente de poder dual, Alimentación 110 V AC, 60 Hz.	X	X	X
<b>COSTO</b>	<b>\$1200</b>	<b>\$1720</b>	<b>\$800</b>

Tabla 3.4 Costos Referenciales Ruteador Principal

<sup>162</sup> <http://www.dlinkla.com/dfl-1660-nb>

<sup>163</sup> [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/vpndevc/ps6032/ps6094/ps6120/product\\_data\\_sheet\\_0900aecd802930c5.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/vpndevc/ps6032/ps6094/ps6120/product_data_sheet_0900aecd802930c5.html)

<sup>164</sup> [http://adsl.hinet.net/3ip/download/FGT50\\_100DS.pdf](http://adsl.hinet.net/3ip/download/FGT50_100DS.pdf)

Analizando la Tabla 3.4, se seleccionó el fabricante DLINK, pues cumple con todas las especificaciones técnicas para el diseño. Además este fabricante ofrece el segundo mejor precio y cumple con todos los requerimientos técnicos exigidos, mientras que la opción más barata no lo hace. Otro aspecto a tomar en cuenta es que el fabricante escogido, es una marca asociada a CISCO, por lo que se garantiza interoperabilidad con los otros equipos seleccionados.

### 3.1.5 SERVIDORES

En la Tabla 3.5, se indica los costos referenciales de los servidores de tres fabricantes diferentes.

<b>Servidor</b>			
<b>Fabricante</b>	HEWLETT PACKARD (HP)	DELL	IBM
<b>Modelo</b>	HP ProLiant ML110 G5 Server <sup>165</sup>	PowerEdge 2850 <sup>166</sup>	X3550 <sup>167</sup>
<b>Características</b>			
Procesador Intel Dual	X	X	X
Velocidad del procesador 2 GHz o mayor	X	X	X
Front Side Buss Speed 800MHz	X	X	X
Memoria RAM 4 GB, DDR2 o mayor	X	X	X
Capacidad por disco 160GB o mayor	X	X	X
2 Puertos USB	X	X	X
Tarjeta de red con 2 Puertos Ethernet 10/100 base TX, RJ45	X	X	X
Unidad de CD-ROM/DVD	X	X	X
Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C	X	X	10 a 32°C
Humedad relativa 5 a 65%	X	X	X
Fuente de poder dual, Alimentación 110 V AC, 60 Hz.	X	X	X
<b>Costo</b>	\$3,359.00	\$1,163.50	\$1,105.00

Tabla 3.5 Costos Referenciales Servidores

<sup>165</sup><http://h10010.www1.hp.com/wwpc/us/en/sm/WF06b/15351-15351-241434-241646-33284243577>

708-3632964-3632968.html?dnr=1

<sup>166</sup>[http://www.dell.com/downloads/emea/products/pedge/es/PE2850\\_es.pdf](http://www.dell.com/downloads/emea/products/pedge/es/PE2850_es.pdf)

<sup>167</sup><http://www-07.ibm.com/systems/includes/content/x/hardware/rack/x3550/downloads/XSO03035USEN.pdf>

Analizando la Tabla 3.5, se seleccionó el fabricante DELL, pues cumple con todas las especificaciones técnicas para el diseño, ofrece la segunda opción más económica. Otra opción posible hubiera sido IBM, pero no cumplía con la temperatura de trabajo exigida.

### 3.1.6 CONSOLA KVM

En la Tabla 3.6, se indica los costos referenciales de las consolas KVM de tres fabricantes diferentes.

<b>Consola KVM</b>			
<b>Fabricante</b>	TRIPP-LITE	ATEN CORP	AVOCENT
<b>Modelo</b>	NETDIRECTOR Series B020-008-17 <sup>168</sup>	Slideaway LCD KVM CL1008/1016 <sup>169</sup>	ECS17KMM16 <sup>170</sup>
<b>Características</b>			
8 puertos para teclado, pantalla y ratón	X	X	X
Puertos USB	X	X	X
Puerto HDB-15	X	X	X
Touchpad	X	X	X
Pantalla de 17"	X	X	X
Pantalla de 1280x 1024 (60Hz)	X	X	X
Alimentación eléctrica a 110 V/ 60 Hz.	X	X	X
Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C	X	X	X
<b>Costo</b>	\$2,679.00	\$2,122.40	\$2,270.00

Tabla 3.6 Costos Referenciales Consola KVM

Analizando la Tabla 3.6, se seleccionó el fabricante ATEN CORP, pues cumple con todas las especificaciones técnicas para el diseño y es la opción más económica.

<sup>168</sup> <http://www.tripplite.com/shared/product-pages/es/B02000817.pdf>

<sup>169</sup> [http://www.aten.com/download/download\\_m.php?modelNo=CL1016](http://www.aten.com/download/download_m.php?modelNo=CL1016)

<sup>170</sup> <http://www.kvm-switches-online.com/ecs17kmm16.html>

### 3.1.7 RADIO BASE

La Tabla 3.7 presenta los costos referenciales de para las radio bases diferentes.

Radio Base			
Fabricante	ALBENTIA SYSTEMS	TRANZEO	MOTOROLA CANOPY
Modelo	ALB-150 SERIES <sup>171</sup>	TR-WMX-5.8-PBS-PlusG <sup>172</sup>	PMP 450 ANGR5X29 <sup>173</sup>
Características			
Estándar 802.16 con interfaz aire OFDM.	X	X	X
Capacidad LOS, Non LOS, TDD	X	X	X
Banda de frecuencia entre 5.725 – 5.850 GHz	X	X	X
Ancho de banda del canal 10MHz	X	X	X
Ganancia de las antenas 26 dBi O mayor	26dBi	20dBi	35dBi
Sensibilidad en recepción -87dBm	X	X	X
Modulación adaptiva BPSK, QPSK, 16 QAM y 64 QAM	X	X	X
Troughput mayor a 30 Mbps.	X	X	X
Encriptación DES, 3DES, AES	X	No	X
Conexiones punto a punto y punto multipunto.	X	X	X
Potencia de Tx máximo 30 dBm.	X	X	X
DHCP, IEEE 802.3, Puenteo Ethernet	X	X	X
VLAN para IEEE 802.1Q	X	X	X
FEC, ARQ	X	Reed Solomon	X
Software de administración	X	X	X
Telnet, SNMP	X	X	X
Soporte IPV4 e IPv6	X	X	X
Interfaces Ethernet 100baseTX, RJ45	X	X	X
DiffSERV	X	No	X
MIR/CIR	X	X	X
Calidad de Servicio WiMAX (UGS, rtPS, nrtPS, BE)	X	X	X
Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C	X	X	X
Humedad relativa 5 a 65%	X	X	X
Alimentación eléctrica a 110 V/ 60 Hz.	X	X	X
Usuarios conectados simultáneamente	Ilimitado		Más de 200 por sector
Costo			
Sectores de RF de 90° (Total 10 sectores)	C/U \$1,141.97	C/U \$851.71	C/U \$ 696.15
Repetidores (Total 7 sectores)	C/U \$788.68	C/U \$568.65	C/U \$ 417.69
Software de monitoreo y administración	\$2,431.20	Sin licencia	\$ 2,895.00
Estación Base(Total 3 estaciones)	C/U \$4,864.09	C/U \$1,600.00	C/U \$3,387.15
<b>Total</b>	<b>\$33,963.94</b>	<b>\$17,297.65</b>	<b>\$22,941.78</b>

Tabla 3.7 Costos Referenciales Radio Base

<sup>171</sup> [http://www.albentia.com/Docs/ALB150\\_Datasheet-Jan12en.pdf](http://www.albentia.com/Docs/ALB150_Datasheet-Jan12en.pdf)

<sup>172</sup> <http://www.tranzeo.com/products/docs/TR-WMX-58-pBS-PlusG%20Datasheet.pdf>

<sup>173</sup> <http://www.cambiumnetworks.com/products/index.php?id=pmp450>

Analizando la Tabla 3.7, se seleccionó el fabricante Motorola Canopy, pues cumple con todas las especificaciones técnicas para el diseño y en otros diseños implementados en la Provincia de Galápagos ha tenido excelentes resultados, pues ofrece alcances superiores a 100Km en los enlaces de radio. Además es la opción más económica para el diseño.

### 3.1.8 EQUIPAMIENTO CLIENTE (CPE)

La Tabla 3.8, presenta los costos referenciales para el equipamiento del cliente de tres fabricantes diferentes.

<b>Equipamiento Cliente (CPE)</b>			
<b>Fabricante</b>	ALBENTIA SYSTEMS	TRANZEO	MOTOROLA CANOPY
<b>Modelo</b>	CPE RESIDENCIAL <sup>174</sup>	TR-WMX-5.8-24-f/W <sup>175</sup>	PMP 450 Subscriber Module C054045C002A <sup>176</sup>
<b>Características</b>			
Banda de frecuencia entre 5.725 – 5.850 GHz	X	X	X
Estándar 802.16 con interfaz aire OFDM	X	X	X
NLOS	X	X	X
TDD	X	X	X
Tamaño de canal 10MHz	X	X	X
Modulación adaptiva BPSK, QPSK, 16 QAM y 64 QAM	X	X	X
Rendimiento mayor 5Mbps	X	X	X
Potencia de transmisión máximo de 30 dBm	X	X	X
Ganancia de las antenas 16 dBi.	X	X	X
Sensibilidad en recepción -87dBm	X	X	X
Encriptación DES, 3DES, AES	X	No	X
Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C	X	X	X
Humedad relativa 5 a 65%	X	X	X
<b>Costo</b>	<b>\$486.18</b>	<b>\$351.00</b>	<b>\$299.00</b>

Tabla 3.8 Costos Referenciales Equipamiento Cliente.

Analizando la Tabla 3.8, se seleccionó el fabricante Motorola Canopy, pues cumple con todas las especificaciones técnicas para el diseño además al escoger

<sup>174</sup><http://www.albentia.com/Docs/CPEs%20WiMAX%20Interoperables%20Banda%20Libre%205%20GHz%20ESP.pdf>

<sup>175</sup><http://www.tranzeo.com//products/docs/TR-WMX-58-XX%20Datasheet.pdf>

<sup>176</sup><http://www.cambiumnetworks.com/products/index.php?id=pmp450>

esta marca se garantiza interoperabilidad, ya que la Estación Base escogida es del mismo Fabricante. Además es la más económica.

### 3.1.9 UPS

En la Tabla 3.9, se presentan las características necesarias para el UPS de la central, se encuentran también los costos referenciales de tres fabricantes diferentes.

<b>UPS</b>			
<b>Fabricante</b>	TRIPP-LITE	General Electric	APC
<b>Modelo</b>	SMART5000 RT3U <sup>177</sup>	GT Series UPS 5kVA <sup>178</sup>	SURTD5000 RMLP3U <sup>179</sup>
<b>Características</b>			
Potencia mínima: 4000 VA	X	X	X
110V entrada/110V salida	X	X	X
Frecuencia de entrada 60 Hz	X	X	X
Regulación de voltaje - 10% a + 6% del nominal	X	X	X
Onda senoidal de voltaje	X	X	X
Tiempo de transferencia inferior a 10 ms.	X	X	X
Protección de tres vías (incluye cable a tierra)	X	X	X
Alarma audible	X	X	X
Baterías hot swap	X	X	X
Duración de batería mínimo 20 minutos	X	X	X
Conexión vía USB	X	X	X
Ruido menor a 60dBA	X	X	X
Cumplimiento de norma UL 1778	X	X	X
Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C	X	X	X
Humedad relativa 5 a 65%	X	X	X
<b>Costo</b>	\$ 4,552.20	\$4,977.00 <sup>180</sup>	\$4,100.00

Tabla 3.9 Costos Referenciales para el UPS de la central.

<sup>177</sup> <http://www.tripplite.com/es/products/model.cfm?txtSeriesID=744&txtModelID=60>

<sup>178</sup> [http://www.gedigitalenergy.com/products/manuals/PowerQuality/OPM\\_GTS\\_XUL\\_5K0\\_10K\\_XUS\\_V010\\_R10%20-%20UL%20Listed.pdf](http://www.gedigitalenergy.com/products/manuals/PowerQuality/OPM_GTS_XUL_5K0_10K_XUS_V010_R10%20-%20UL%20Listed.pdf)

<sup>179</sup> [http://www.apc.com/resource/include/techspec\\_index.cfm?base\\_sku=SURTD5000RMLP3U](http://www.apc.com/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=SURTD5000RMLP3U)

<sup>180</sup> <http://store.gedigitalenergy.com/viewprod.asp?Model=GT5-10>

Analizando la Tabla 3.9, se escogió al fabricante Tripp-Lite, pues cumple con todas las características técnicas solicitadas. Además permite la conexión de mayor cantidad de dispositivos, facilitando la conexión de los dispositivos para la central de la red. Adicionalmente es el segundo precio más económico.

En la Tabla 3.10, se presentan las características necesarias para los cuatro UPS de los nodos. Se encuentran también los costos referenciales de tres fabricantes diferentes.

<b>UPS</b>			
<b>Fabricante</b>	TRIPP-LITE	General Electric	APC
<b>Modelo</b>	SMART700DV <sup>181</sup>	GT Series UPS 1kVA <sup>182</sup>	SMART-UPS RT 1.5kVA <sup>183</sup>
<b>Características</b>			
Potencia mínima: 700 VA.	X	X	X
110V entrada/110V salida	X	X	X
Frecuencia de entrada 60 Hz	X	X	X
Regulación de voltaje -10% a + 6% del nominal	X	X	X
Onda senoidal de voltaje	X	X	X
Tiempo de transferencia inferior a 10 ms.	X	X	X
Protección de tres vías (incluye cable a tierra)	X	X	X
Alarma audible	X	X	X
Baterías hot swap	X	X	X
Duración de batería mínimo 20 minutos	X	X	X
Conexión vía USB	X	X	X
Ruido menor a 60dBA	X	X	X
Cumplimiento de norma UL 1778	X	X	X
Temperatura de trabajo de 5 a 40 °C	X	X	X
Humedad relativa 5 a 65%	X	X	X
<b>Costo</b>	\$ 1,152.00	\$ 1,598.00 <sup>184</sup>	\$1,223.35

Tabla 3.10 Costos Referenciales del UPS para los nodos.

<sup>181</sup> <http://www.tripplite.com/shared/product-pages/es/SMART700DV.pdf>

<sup>182</sup> [http://www.gedigitalenergy.com/products/specs/PowerQuality/PRD\\_GTU\\_19X\\_1K0\\_3K0\\_XUS\\_1208.pdf](http://www.gedigitalenergy.com/products/specs/PowerQuality/PRD_GTU_19X_1K0_3K0_XUS_1208.pdf)

<sup>183</sup> [http://www.apc.com/resource/include/techspec\\_index.cfm?base\\_sku=SURTA1500XL&tabmodel](http://www.apc.com/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=SURTA1500XL&tabmodel)

<sup>184</sup> <http://store.gedigitalenergy.com/viewprod.asp?Model=GT1-3>

Analizando la Tabla 3.10, se escogió al fabricante Tripp-Lite, pues cumple con todas las características técnicas solicitadas. Además permite la conexión de mayor cantidad de dispositivos, facilitando la conexión de los dispositivos en los nodos de la red. Adicionalmente su costo es el más barato.

### 3.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS.

En la Tabla 3.11, se indica el fabricante y el modelo seleccionado para cada uno de los equipos, así como la cantidad solicitada.

Equipo	Fabricante	Modelo	Cantidad
<b>Ruteador Principal</b>	CISCO	7201	2
<b>Ruteador de Acceso</b>	CISCO	2821	4
<b>Conmutador</b>	CISCO	3560X-24T-L	8
<b>Cortafuegos</b>	DLINK	DFL-1660	2
<b>Servidor</b>	DELL	PowerEdge 2850	4
<b>Consola KVM</b>	ATEN CORP	Slideaway LCD KVM CL1008/1016	2
<b>Radio Base</b>	MOTOROLA CANOPY	PMP 450 Access Point C054045A002A	3
Sector			10
Repetidor			7
<b>Equipamiento Cliente</b>	MOTOROLA CANOPY	PMP 450 Subscriber Module C054045C002A	500
<b>UPS CENTRAL</b>	TRIPP-LITE	SMART5000RT3U	1
<b>UPS NODOS</b>	TRIPP-LITE	SMART700DV	4
<b>CABLE UTP</b>	FURUKAWA	Categoría 6A (Rollo 305m)	1
<b>Sistema Operativo</b>	LINUX	Centos	6

Tabla 3.11 Selección de Equipos

Para los Ruteadores y conmutadores, se escogió al fabricante Cisco, porque se ajusta a los requerimientos del diseño y nos ofrece una amplia variedad de modelos con características similares. El desempeño de estos equipos es óptimo, lo que facilita su funcionamiento y además al escoger una sola marca se garantiza interoperabilidad de los equipos, inclusive la configuración del software es la misma.

El cortafuegos escogido, es de la marca DLINK, la cual es asociada a CISCO lo que facilita la interoperabilidad con los Ruteadores.

La consola KVM escogida fue de marca ATEN CORP, pues sus características eran acordes al diseño. Además permite el uso de cualquier sistema operativo

para su funcionamiento y no presenta problemas de interoperabilidad con ninguno de los equipos escogidos para el diseño.

Para las Radio Bases y el Equipamiento del Cliente (CPE), se seleccionó a la marca Motorola Canopy, pues permite trabajar con WiMAX a altas velocidades, en enlaces punto a punto y punto a multipunto. Sus antenas cubren mayores distancias y ofrecen la facilidad de actualizar el software, tanto de las radio bases como de los CPE. Además ofrece software para monitoreo, administración y tarificación.

La marca escogida para los UPS fue TRIPP-LITE, pues ofrece mayor número de tomacorrientes, mejor soporte para los equipos en cambios de voltaje y la batería tiene una duración mayor a la solicitada.

El sistema Operativo escogido fue Centos, que es una plataforma de LINUX, que permite levantar una infraestructura de varios servicios que convergen en un solo equipo, sin tener la necesidad de comprar licencias ni tener que instalar cada servicio en un equipo diferente.

### 3.3 DIAGRAMA DE LA RED CON LOS EQUIPOS SELECCIONADOS.

En la Figura 3.1, se presenta el diagrama final de la red, con los equipos seleccionados para el diseño del Backbone utilizando el estándar WiMAX.

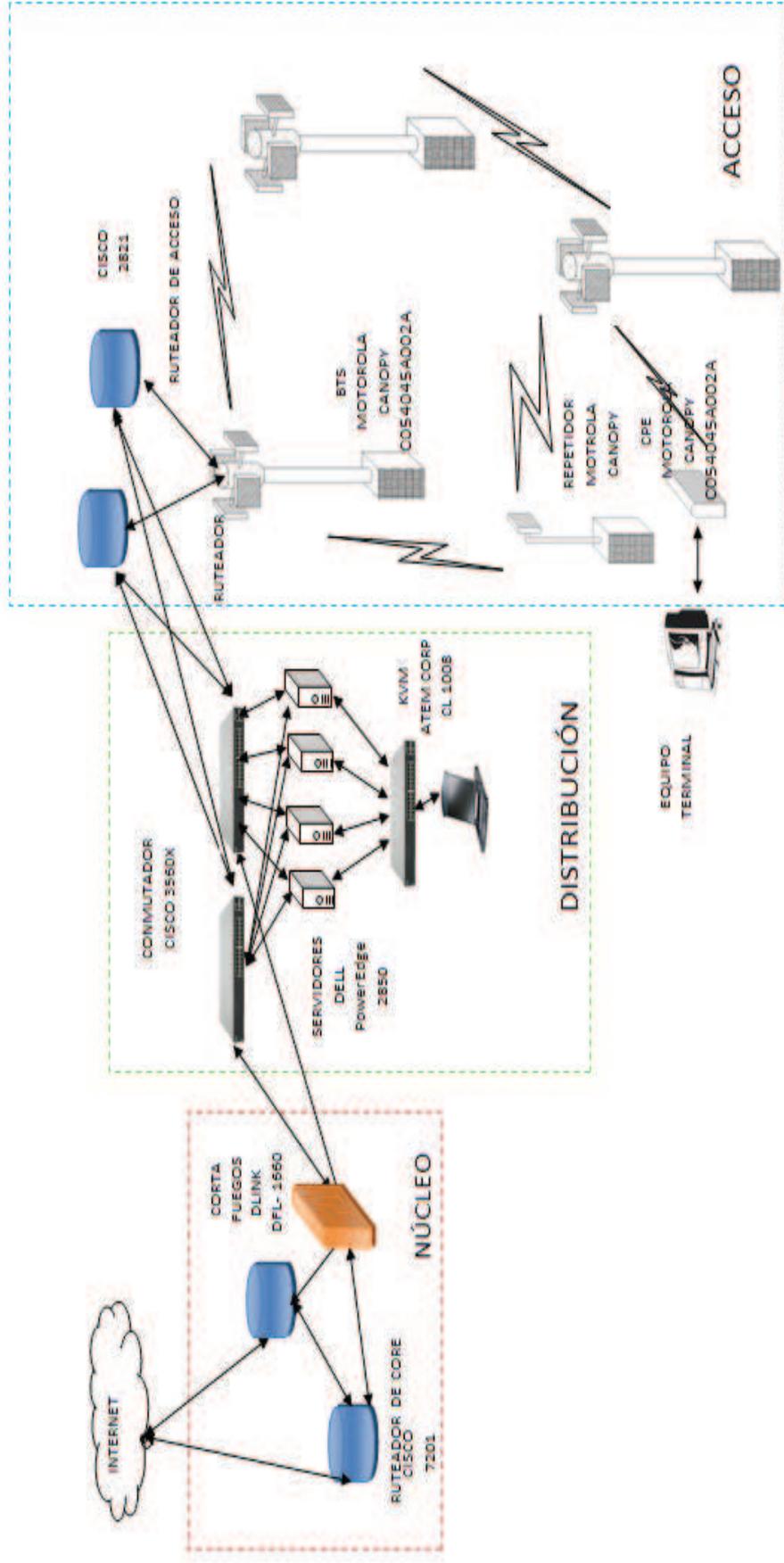


Figura 3.1 Diagrama de la red, con los equipos seleccionados.

### 3.4 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

En la Tabla 3.12, se presenta la inversión que se debe realizar para el proyecto.

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Ruteador Principal	2	\$ 6.000,00	\$ 12.000,00
Ruteador de Acceso	4	\$ 1.650,00	\$ 6.600,00
Conmutadores	8	\$ 1.800,00	\$ 14.400,00
Cortafuegos	2	\$ 1.200,00	\$ 2.400,00
Servidores	4	\$ 1.163,50	\$ 4.654,00
Consola KVM	2	\$ 2.122,40	\$ 4.244,80
UPS (Central)	1	\$ 4.552,20	\$ 4.552,20
UPS (Nodos)	4	\$ 1.152,00	\$ 4.608,00
Cable UTP	1	\$ 405,44	\$ 405,44
<b>Radio Base</b>	3	\$ 3.387,15	\$ 10.161,45
Sector RF de 90°	10	\$ 696,15	\$ 6.961,50
Repetidor	7	\$ 417,69	\$ 2.923,83
Software de Monitoreo y Administración	1	\$ 2.895,00	\$ 2.895,00
Equipamiento CPE	500	\$ 299,00	\$ 149.500,00
Construcción Cuarto de Telecomunicaciones	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
Gastos Varios	1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
<b>Inversión Total</b>			<b>\$ 346.306,22</b>

Tabla 3.12 Presupuesto de Inversión.

En la Tabla 3.12, se indica la inversión necesaria que deberá realizarse en el año cero, el valor de la inversión inicial es de \$ 346.306,22 dólares. En gastos varios se incluye el alquiler del ancho de banda que se deberá hacer a un ISP para la red troncal y el costo de transporte de los equipos hacia las islas.

En la cantidad de sectores y repetidores que utilizará la radio base, se contemplan los equipos de la red principal y de la red de respaldo o secundaria.

Para los siguientes años de funcionamiento de la red, es necesario incluir los valores esperados de inflación, pues estos influyen directamente tanto en los egresos como en los ingresos del proyecto.

En la Tabla 3.13, constan las proyecciones de la inflación para los próximos cinco años de funcionamiento del proyecto de inversión. En la primera columna se tiene el año y en la segunda se indica el valor de la inflación esperado.

<b>Año Proyecto</b>	<b>Año</b>	<b>Inflación</b>
0	2012	5,14%
1	2013	3,82%
2	2014	3,75%
3	2015	3,67%
4	2016	3,72%
5	2017	3,77%

Tabla 3.13 Proyección de la inflación<sup>185</sup>

---

<sup>185</sup><https://www.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorReal/Previsiones/Supuestos%20Macro2012-2015.pdf>

En la Tabla 3.14, se presenta el valor a invertirse en la red, para los próximos cinco años de vida del proyecto.

AÑO	PRIMERO			SEGUNDO			TERCERO			CUARTO			QUINTO		
	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL												
Software de Monitoreo y Administración	1	\$ 3.005,59	\$ 3.005,59	1	\$ 3.003,56	\$ 3.003,56	1	\$ 3.001,25	\$ 3.001,25	1	\$ 3.002,69	\$ 3.002,69	1	\$ 3.004,14	\$ 3.004,14
Equipamiento CPE	500	\$ 310,42	\$ 155.210,90	350	\$ 310,21	\$ 108.574,38	350	\$ 309,97	\$ 108.490,66	250	\$ 310,12	\$ 77.530,70	250	\$ 310,27	\$ 77.568,08
Mantenimiento Equipos	1	\$ 2.076,40	\$ 2.076,40	1	\$ 2.075,00	\$ 2.075,00	1	\$ 2.073,40	\$ 2.073,40	1	\$ 2.074,40	\$ 2.074,40	1	\$ 2.075,40	\$ 2.075,40
Gastos Varios	1	\$ 62.292,00	\$ 62.292,00	1	\$ 62.250,00	\$ 62.250,00	1	\$ 62.202,00	\$ 62.202,00	1	\$ 62.232,00	\$ 62.232,00	1	\$ 62.262,00	\$ 62.262,00
<b>Inversión Total</b>		\$	<b>222.584,89</b>		\$	<b>175.902,94</b>		\$	<b>175.767,30</b>		\$	<b>144.839,79</b>		\$	<b>144.909,62</b>

Tabla 3.14 Inversión por Año

En la Tabla 3.14, se presentan las inversiones anuales que se deben hacer por los próximos cinco años, para el funcionamiento del proyecto. En ella constan los siguientes costos: licencia anual del software de administración y monitoreo, mantenimiento de equipos, compra de Equipos para cliente y gastos varios, en los que se incluye: pago de servicios básicos y alquiler del ancho de banda satelital.

Se debe señalar que la cantidad de equipos de usuario o CPE, es menor al número de cuentas proyectadas, calculado en el capítulo 2. Debido a que el costo de inversión, es alto. Por ello se decidió hacer una compra menor y en caso de requerirse un mayor número de unidades realizar dicha inversión, la misma que también se encuentra incluida en los gastos varios de la red.

### 3.5 INGRESOS ANUALES

En la Tabla 3.15, se indican los ingresos anuales esperados. Proyectados a cinco años, tomando en cuenta la proyección de la inflación. Para el número de cuentas nuevas, se considera el valor de las cuentas corporativas analizadas en el capítulo 2, en la tabla 2.3.

El número de cuentas residenciales, se obtuvo de acuerdo a la cantidad de equipos de usuario disponibles cada año.

<b>Primer Año</b>						
Usuarios	Cuentas Nuevas	Inscripción	Cuentas Totales	Mensualidad	Anual	Total
Cientes Residenciales	445	\$ 50,00	445	\$ 30,00	\$ 160.200,00	\$ 182.450,00
Cientes Corporativo	5	\$ 50,00	5	\$ 100,00	\$ 6.000,00	\$ 6.250,00
					<b>Ingreso Total Anual</b>	<b>\$188.700,00</b>
<b>Segundo Año</b>						
Usuarios	Cuentas Nuevas	Inscripción	Cuentas Totales	Mensualidad	Anual	Total
Cientes Residenciales	445	\$ 51,91	890	\$ 31,15	\$ 332.639,28	\$ 355.739,23
Cientes Corporativo	5	\$ 51,91	10	\$ 103,82	\$ 12.458,40	\$ 12.717,95
					<b>Ingreso Total Anual</b>	<b>\$368.457,18</b>
<b>Tercer Año</b>						
Usuarios	Cuentas Nuevas	Inscripción	Cuentas Totales	Mensualidad	Anual	Total
Cientes Residenciales	341	\$ 51,88	1231	\$ 31,13	\$ 459.778,50	\$ 477.467,88
Cientes Corporativo	9	\$ 51,88	19	\$ 103,75	\$ 23.655,00	\$ 24.121,88
					<b>Ingreso Total Anual</b>	<b>\$501.589,75</b>
<b>Cuarto Año</b>						
Usuarios	Cuentas Nuevas	Inscripción	Cuentas Totales	Mensualidad	Anual	Total
Cientes Residenciales	331	\$ 51,84	1562	\$ 31,10	\$ 582.957,14	\$ 600.114,53
Cientes Corporativo	19	\$ 51,84	38	\$ 103,67	\$ 47.273,52	\$ 48.258,39
					<b>Ingreso Total Anual</b>	<b>\$648.372,91</b>
<b>Quinto Año</b>						
Usuarios	Cuentas Nuevas	Inscripción	Cuentas Totales	Mensualidad	Anual	Total
Cientes Residenciales	179	\$ 51,86	1741	\$ 31,12	\$ 650.075,47	\$ 659.358,41
Cientes Corporativo	71	\$ 51,86	109	\$ 103,72	\$ 135.665,76	\$ 139.347,82
					<b>Ingreso Total Anual</b>	<b>\$798.706,23</b>

Tabla 3.15 Ingresos Anuales Esperados

### **3.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

Para el estudio de factibilidad del proyecto, existen tres puntos vitales para su aceptación que son: El mercado, la factibilidad técnica y la factibilidad financiera.

Para el caso del mercado, el proyecto es factible. Pues existe una excelente aceptación al proyecto y la cantidad de posibles clientes es numerosa.

En cuanto a la factibilidad técnica, ésta también es posible ya que actualmente en el país existen varios distribuidores de las marcas escogidas y en conjunto los equipos ofrecen un excelente desempeño. Garantizando calidad de servicio, pues cumplen con las exigencias del modelo de QoS seleccionado para la red diseñada.

El traslado de los equipos a la Provincia de Galápagos es también posible, ya que el los equipos pueden ser transportados por avión a través de cualquier aerolínea nacional o en barco.

Para la factibilidad financiera es necesario el cálculo de los siguientes indicadores financieros: Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Neto (VPN), Índice de Rentabilidad (IR) y el Tiempo de Recuperación (TR). Los cuales en conjunto permiten determinar, si un proyecto es viable o no, pues el análisis de solo uno de estos indicadores, no es suficiente para determinar si el proyecto es viable o no. Por lo tanto en el estudio de factibilidad para el proyecto: Diseño de un Backbone Inalámbrico para una red de voz, datos y video en base al estándar IEEE 802.16 (WiMAX) y acceso de última milla considerando aspectos de calidad de servicio para la Provincia de Galápagos, se analizarán todos los indicadores antes mencionados.

#### **3.6.1 FACTIBILIDAD FINANCIERA.**

Primero debemos realizar un flujo de caja, en el cual irán todos los ingresos y egresos del proyecto de forma anual. Es importante recalcar que en el año inicial o año cero, solo se incluyen los costos necesarios para poner en marcha el proyecto, no se consideran ingresos en este año.

### 3.6.1.1 Flujo de Caja

En la Tabla 3.16, se presenta el Flujo de Caja para el proyecto.

Flujo de Caja			
Año	Ingreso	Egreso	Total
0		-\$ 346.306,22	-\$ 346.306,22
1	\$ 188.700,00	-\$ 222.584,89	-\$ 380.191,11
2	\$ 368.457,18	-\$ 175.902,94	-\$ 187.636,87
3	\$ 501.589,75	-\$ 175.767,30	\$ 138.185,58
4	\$ 625.420,00	-\$ 144.839,79	\$ 618.765,79
5	\$ 648.372,91	-\$ 144.909,62	\$ 1.122.229,09

Tabla 3.16 Flujo de Caja

Utilizando las tablas: Tabla 3.12, Tabla 3.14 y Tabla 3.15, se calcula el flujo de caja, que consiste en el análisis de ingresos y egresos que se generan por año. Con los cuales se puede observar, que el flujo de caja es positivo desde el tercer año y empieza a generar utilidades.

### 3.6.1.2 Flujo de Efectivo

En la Tabla 3.17, se muestran los flujos de efectivo estimados para el proyecto, calculados a partir de flujo de caja de la Tabla 3.16

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo de Efectivo	-\$ 346.306,22	-\$ 380.191,11	-\$ 187.636,87	\$ 138.185,58	\$ 618.765,79	\$ 1.122.229,09

Tabla 3.17 Flujo de Efectivo.

### 3.6.1.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)<sup>186</sup>

La TIR, es la tasa de descuento que permite equiparar el valor presente de los flujos de efectivo esperados, con la inversión inicial. Es un indicador que permite determinar si un proyecto es factible o aceptable, para ello la TIR deberá ser mayor o igual a la tasa de retorno requerida la cual usualmente para proyectos de inversión en telecomunicaciones es del 15% (para el proyecto se asumirá éste valor para la tasa de retorno requerida).

<sup>186</sup> Van Horne J, Wachowicz J (2002), Fundamentos de Administración Financiera (13era Ed), México, Pearson, Pág.349-350

Para el cálculo de la TIR se utilizan los valores anuales de Flujo de Efectivo (Tabla 3.17), utilizando las fórmulas financieras proporcionadas por la hoja de cálculo Excel se tiene:

TIR= 21%

Como el valor de la TIR es superior al 15%, el proyecto es considerado factible.

#### 3.6.1.4 Valor Presente Neto (VPN)<sup>187</sup>

El VPN, es el valor presente neto de los flujos de efectivo menos el valor de la inversión inicial. El VPN debe ser mayor o igual a cero para que el proyecto sea considerado aceptable o factible.

Para el cálculo del VPN se utilizan los valores anuales de Flujo de Efectivo (Tabla 3.17).

Asumiendo una tasa requerida de 15%.

$$VPN = \frac{Flujo\ 1}{(1+k)^1} + \frac{Flujo\ 2}{(1+k)^2} + \frac{Flujo\ 3}{(1+k)^3} + \frac{Flujo\ 4}{(1+k)^4} + \frac{Flujo\ 5}{(1+k)^5} + Inversion\ Inicial$$

Ecuación 3.1 Valor Presente Neto o Valor Actual Neto

Flujo: Los flujos corresponden a los valores anuales, desde el primer año, y se encuentran en la Tabla 3.17.

$k$ : Es el valor de la tasa de retorno requerida (15%)

Inversión Inicial: corresponde a la inversión del año cero.

Para el cálculo del VPN, se utilizó la Ecuación 3.1

$$VPN = \frac{-380.191,11}{(1+0,15)^1} + \frac{-187.636,87}{(1+0,15)^2} + \frac{138.185,58}{(1+0,15)^3} + \frac{618.765,79}{(1+0,15)^4} + \frac{1.122.229,09}{(1+0,15)^5} - 346,306,22$$

$$VPN = \$183.799,19$$

Por lo tanto como el valor del VPN es mayor a cero el proyecto se considera aceptable.

---

<sup>187</sup> Van Horne J, Wachowicz J (2002), Fundamentos de Administración Financiera (13era Ed), México, Pearson, Pág.350

### 3.6.1.5 Índice de Rentabilidad (IR)<sup>188</sup>

Es la relación entre el valor presente de los flujos de efectivo futuros y la inversión inicial. Si el IR es mayor o igual a 1 el proyecto es aceptable.

Para el cálculo del IR se utilizan los valores anuales de Flujo de Efectivo (Tabla 3.17), utilizando las fórmulas financieras proporcionadas por la hoja de cálculo Excel se tiene:

$$IR = \frac{\frac{Flujo\ 1}{(1+k)^1} + \frac{Flujo\ 2}{(1+k)^2} + \frac{Flujo\ 3}{(1+k)^3} + \frac{Flujo\ 4}{(1+k)^4} + \frac{Flujo\ 5}{(1+k)^5}}{Inversion\ Inicial}$$

Ecuación 3.2 Índice de Rentabilidad.

Para el cálculo del IR, se utilizó la Ecuación 3.2

$$IR = \frac{\frac{-380.191,11}{(1+0,15)^1} + \frac{-187.636,87}{(1+0,15)^2} + \frac{138.185,58}{(1+0,15)^3} + \frac{618.765,79}{(1+0,15)^4} + \frac{1.122.229,09}{(1+0,15)^5}}{-346,306,22}$$

IR=1,53

Como el valor del IR es mayor que 1, el proyecto se considera aceptable.

### 3.6.1.6 Tiempo de Recuperación (TR)<sup>189</sup>

El tiempo de recuperación indica el número de años que se necesitará para recuperar la inversión inicial en efectivo.

Para el cálculo del TR, se utilizan los valores anuales de Flujo de caja (Tabla 3.16). Para ello se escoge el año previo a la recuperación de la inversión, para este proyecto sería el año 2. Luego procedemos a calcular el monto de la inversión que aún no ha sido cubierto, que en este caso sería -\$ 363.404,17 (es el resultado de sumar el flujo de caja del año 2, más el egreso del año 3). Finalmente, a este valor lo dividimos por el valor de los ingresos del año 3 y obtenemos como resultado:

TR=2,72 años

<sup>188</sup> Van Horne J, Wachowicz J (2002), Fundamentos de Administración Financiera (13era Ed), México, Pearson, Pág. 350

<sup>189</sup> Van Horne J, Wachowicz J (2002), Fundamentos de Administración Financiera (13era Ed), México, Pearson, Pág.349.

El tiempo de recuperación de la inversión inicial es aproximadamente 2 años 8 meses.

#### **3.6.1.7 Resultados**

Analizando todos los indicadores que determinan la factibilidad de un proyecto, tanto técnica como financieramente, se concluye que el proyecto: Diseño de un Backbone Inalámbrico para una red de voz, datos y video en base al estándar IEEE 802.16 (WiMAX) y acceso de última milla considerando aspectos de calidad de servicio para la Provincia de Galápagos, es factible o aceptable.

La inversión inicial será recuperada aproximadamente a los dos años ocho meses y a partir de esta fecha el proyecto empezará a generar utilidades.

Analizando el VPN, se concluye que las utilidades generadas por el proyecto serán superiores a \$150.000,00 anualmente desde el tercer año.

## CAPITULO 4

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En Galápagos las comunicaciones son por excelencia inalámbricas, con grandes deficiencias en cuanto a velocidad en el servicio de Internet. Debido a las grandes distancias que existen entre las islas, es imposible la construcción de una infraestructura utilizando cableado UTP, es por ello que WiMAX es una solución tecnológica que permite una conexión a mayor velocidad.
- El realizar un backbone inalámbrico en la Provincia de Galápagos, representa una gran ventaja con respecto a costos de operación, ya que se evita tener que cablear las zonas pobladas, eliminando el deterioro del cableado, debido al ambiente salino.
- Según los datos del último censo realizado por la INEC, en Galápagos se tiene un alto índice de acceso a celulares y computadores, mientras que para el acceso a internet este es menor. Por lo tanto existe un excelente mercado para ofrecer servicios de internet, que permita a la población un mayor acceso a las TICs.
- Galápagos por ser considerado un área de Parque Nacional, tiene varias restricciones de todo tipo. Incluso limita la ubicación de construcción de obras civiles, en ellas se incluye las torres de telecomunicaciones. Pues es ideal la ubicación de las mismas en áreas altas, que permitan obtener una mejor línea de vista. Como fue el caso de la isla Floreana, que tenía un sitio idóneo (Cerro Pajas), pero debido a ser una zona de anidación es terminantemente prohibido este tipo de construcciones en esta zona. Es por ello que existen áreas de uso exclusivo para telecomunicaciones y son de estas zonas, que se escogió las adecuadas para el Diseño del Backbone inalámbrico. Incluso la Ley Orgánica de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos

(LOREG), privilegia la selección de personal local para el desarrollo de cualquier proyecto dentro de la Provincia.

- La tecnología WiMAX, ofrece una conexión a internet a altas velocidades, adicionalmente tiene un radio de cobertura mayor que otras tecnologías inalámbricas. Ofreciendo grandes beneficios para usuarios en zonas distantes.
- En WiMAX para mejorar la velocidad en función de radio de cobertura, se debe utilizar modulación adaptativa, ya que al utilizarla podemos cambiar la modulación, dependiendo de la distancia en la que se encuentre el cliente.
- El área de cobertura, esta principalmente orientada a cada uno de los puertos de las islas. Porque son los lugares de mayor población.
- Otra parte interesante del diseño de la red, es que debido a que WiMAX cubre grandes distancias (superior a 50Km) y gracias a la ubicación de las antenas en zonas agrícolas. También se podrá brindar el servicio a la mayoría de los sectores rurales y agrícolas de las islas, lo que aumentaría el número de usuarios para la red. Pues actualmente gracias al turismo comunitario, muchas de las Fincas de agricultores, ofrecen a los turistas la posibilidad de una estadía en zonas agrícolas, para experimentar el cultivo de café orgánico, ganadería, canopy entre otras actividades. Además con la utilización de WiMAX se tendría una infinidad de nuevas aplicaciones. Entre ellas el registro de visitas online a los turistas que van a determinados lugares de visita, muchos de los cuales se encuentran alejados. Lo que facilitaría a los guardaparques solicitar apoyo, en caso de que se produzca algún accidente o emergencia médica. Salvaguardando la salud de los turistas de las islas, que en su mayoría son adultos mayores. Evitando así posibles demandas.

- WiMAX posee en su propia estructura, la aplicación de QoS. Pero para reforzar la Calidad de Servicio es mejor aplicar un modelo que nos permita mejorar aun más el desempeño de la red, lo ideal sería el uso de MPLS, pero como actualmente en la interfaz aire esto no es posible. Se seleccionó a DiffSERV para perfeccionar la Calidad de Servicio dentro de la Red.
- La Calidad de Servicio dentro de la red diseñada es un factor importante, el cual debe ser monitoreado constantemente, tanto en equipos como en percepción del usuario, a fin de brindar un servicio de calidad.
- El ancho de banda que se necesita, para el funcionamiento de algunas aplicaciones, es mucho menor al ofrecido para este diseño. Pero se ha seleccionado como ancho de banda mínimo a 1 Mbps de subida y 250 Kbps de bajada, para lograr ser competitivo con el mercado, ya que en su mayoría actualmente se ofrecen paquetes similares.
- Los clientes corporativos tienen por lo general un consumo de ancho de banda mayor que un cliente residencial, es por ello que en el diseño se ofrecen paquetes superiores a 5 Mbps de subida y 3Mbps de bajada, para clientes corporativos.
- Una de las ventajas que nos ofrece la geografía de las islas, es que las elevaciones que existen no son de gran altura, lo que facilita el diseño de los radio enlaces, pues para la mayoría de ellos existe línea de vista. Aunque las distancias son de varios kilómetros, los islotes e islas que se encuentran entre las islas habitadas, ofrecen puntos intermedios que permiten el uso de repetidores, pues existen torres no autosoportadas como es el caso de Santa Fe, que se encuentra entre San Cristóbal y Santa Cruz.
- Todos los cálculos teóricos son muy importantes, pues nos dan una pauta de como deberá ser el enlace y si este es realizable o no. El cálculo de ángulos de elevación, apuntamiento y azimut, permiten direccionar a la

antena correctamente, para que los radioenlaces funcionen de manera óptima. El cálculo de pérdidas también es importante pues determinará el nivel de señal que se tendrá en recepción.

- La confiabilidad y la disponibilidad del sistema, brindan una idea general de que tan óptimo es el desempeño de la red, el cual dependerá mucho del diseño de la misma.
- El modelo jerárquico escogido, es excelente pues permite al administrador de la red tener un mejor manejo, monitoreo y conocimiento de la red. Pues cada equipo desempeña una función específica. Además el modelo asigna tareas determinadas y puntuales en cada nivel, que permite al dispositivo trabajar eficientemente en una tarea asignada, si existiera un error se sabrá en que nivel se produjo y optar por una solución adecuada.
- La característica de ortogonalidad de la multiplexación OFDM, permite tener más usuarios conectados a la vez en un mismo enlace, lo que optimiza el uso de recursos en la red, adicionalmente ofrece la posibilidad de migrar a WiMAX móvil o en un futuro a WiMAX 2.
- La sectorización, permite mejorar el servicio que se brinda a los usuarios, porque permite focalizar las áreas de cobertura a una zona determinada y aumentar el número de usuarios, utilizando la reutilización de frecuencias, optimizando el uso de la banda de frecuencias seleccionada para el diseño.
- La seguridad en una red es un concepto muy amplio, pues se debe proteger a la red y al usuario. Eliminando intromisiones no deseadas, que puedan afectar a los equipos y causar prejuicios económicos. Evitando así posibles demandas debido a pérdida de datos y violaciones de seguridad.
- El uso de simulador Radio Mobile, es una herramienta que permite de forma aproximada, conocer funcionamiento de la red diseñada. Tomando en cuenta el desempeño de la red, clima y posición geográfica. También

permite comprobar si los cálculos teóricos realizados concuerdan con el desempeño esperado de la red. Pero este software poseía falencias en la información de relieve del terreno, en determinadas áreas de la isla Floreana las cuales fueron solucionadas, apoyándonos en las mediciones con GPS que realizamos en la isla y con ayuda del software GOOGLE EARTH que tiene menos deficiencias en información de relieve topográfico de esta área.

- El requerimiento de equipos, se basó en el dimensionamiento de la red que se planteó, en el modelo jerárquico escogido, en el modelo de QoS, en los cálculos teóricos, en los resultados de la simulación y en los requerimientos técnicos mínimos que deberían tener los equipos para el óptimo desempeño de la red diseñada.
- En la selección de equipos fue determinante cuatro aspectos importantes: las características adicionales que poseían los equipos con respecto a los requerimientos exigidos, las garantías de funcionamiento que ofrecían, la interoperabilidad entre ellos y el costo de los mismos. Obteniendo como resultado un óptimo desempeño de la red y garantizando así su eficiencia.
- Con la realización del estudio de factibilidad se concluyó que el proyecto es viable, pues posee los tres requerimientos básicos que son: aceptación de mercado, viabilidad técnica y financiera. La viabilidad financiera fue determinante, pues demuestra que la inversión será recuperada en un plazo aproximado de 2 años ocho meses y que las utilidades generadas a partir de ese año a futuro superarán año a año los \$150,000.00 dólares.
- Una de las ventajas del proyecto, es que su duración es a largo plazo. Por lo que año a año las utilidades van incrementándose y gracias a la correcta selección de equipos, éstos nos ofrecen una vida útil cercana a los 10 años, si se les ofrece el mantenimiento anual correspondiente, el cual está contemplado dentro de los egresos anuales que tendrá el proyecto.

## RECOMENDACIONES

- Sería conveniente la construcción a futuro de nuevas torres de telecomunicaciones en los lugares permitidos, para aumentar el número de usuarios que accedan a la red y que estas sean de uso exclusivo del proyecto, tomando en cuenta el costo que implica esta inversión.
- Para la conexión con la red del ISP, es recomendable cambiar la conexión satelital por una conexión de fibra óptica, cuando ésta se encuentre disponible. Porque como se comentó en el capítulo uno, existe en la actualidad un proyecto, para la colocación de fibra submarina (2014) entre las islas y el Ecuador continental.
- Se debe trabajar en el marketing del proyecto, a través de anuncios, promociones y tarifas competitivas. Para aumentar la participación de la empresa en el mercado local, haciendo énfasis en la los clientes residenciales y clientes corporativos, ofreciendo un mejor servicio técnico y servicio al consumidor.
- Es importante capacitar al personal que administre la red y al personal que brinde soporte técnico. Esta es una de las principales falencias que tienen los otros operadores de telecomunicaciones, pues no brindan un adecuado soporte técnico a sus usuarios.
- Se recomienda hacer una inversión gradual en la compra de equipos CPE, ya que representa un monto considerable dentro presupuesto de inversión anual. Por lo tanto en caso de que la demanda de estos sea mayor a la esperada, se deberá asignar un monto que se encuentra previsto en los gastos varios anuales, para la compra de los mismos.
- Se debe renovar año a año las licencias para los equipos de las radio bases, pues esto permite que el software se encuentre actualizado

constantemente, gozando de los beneficios que nos ofrecen los fabricantes. Para que la red se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento.

- A los 5 años de funcionamiento de la red, se deben cambiar los UPS. Pues el fabricante estima este periodo de tiempo, como la vida útil del producto. Debido a las continuas variaciones de voltaje e interrupciones del suministro eléctrico, es muy importante que los UPS se encuentren en óptimas condiciones, para proteger a los equipos de la red.
- Se recomienda mantenimiento preventivo de los equipos, para evitar futuras averías de funcionamiento de los mismos. Logrando así un mayor tiempo vida útil de los equipos. Generando ahorro a largo plazo y evitando el costo de reemplazar el equipo por uno nuevo.
- Se recomienda utilizar un servidor Radius, pues como se mencionó en la Sección 2.15.1.4, éste permite autenticar a los usuarios, manejar toda la información referente a los mismos y mejora la seguridad de la red.
- Es recomendable a futuro ofrecer a los clientes también la posibilidad de utilizar equipos CPE móviles, que les permitan estar conectados todo el tiempo, independientemente del lugar en que se encuentren.
- A futuro será necesario el aumento de sectores en las radio bases, debido al incremento de usuarios no previstos que podría tener la red. También en caso de que esto sucediera, se deberá aumentar los ruteadores de acceso.
- Año a año es conveniente realizar un análisis técnico, para prever la necesidad de extender la red, en caso de ser necesario y si se diera el caso ampliar el contrato con el ISP.

- Se recomienda como estrategia de marketing, ofrecer al cliente la posibilidad de adquirir equipos terminales como: Computadoras, equipos inteligentes, entre otros, a través de planes de financiamiento.
- A futuro se deberá analizar la posibilidad de solicitar una concesión para el uso de otra banda de frecuencia, para los enlaces entre las islas y con ello evitar interferencias no deseadas, con el fin de ofrecer una mejor calidad de servicio a los usuarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Google Earth
- [2] SENPLADES (2010), Régimen Especial Galápagos: Agenda Para el Buen Vivir Propuestas para el desarrollo y lineamientos para el ordenamiento territorial, Quito Ecuador, Pág. 6.
- [3] Google Earth.
- [4] SENPLADES (2010), Régimen Especial Galápagos: Agenda para el buen vivir propuestas para el desarrollo y lineamientos para el ordenamiento territorial, Quito Ecuador, Pág. 7.
- [5] Ley Orgánica de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos (1998), Quito Ecuador, Pág. 12, Art 25.
- [6] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [7] [http://www.galapagospark.org/onecol.php?page=turismo\\_estadisticas](http://www.galapagospark.org/onecol.php?page=turismo_estadisticas).
- [8] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [9] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [10] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [11] [http://www.galapagospark.org/onecol.php?page=turismo\\_estadisticas](http://www.galapagospark.org/onecol.php?page=turismo_estadisticas)
- [12] [http://www.galapagospark.org/onecol.php?page=turismo\\_estadisticas](http://www.galapagospark.org/onecol.php?page=turismo_estadisticas)
- [13] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [14] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [15] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [16] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [17] Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
- [18] Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
- [19] Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, (CGREG).
- [20] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [21] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [22] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [23] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [24] Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, (CGREG).
- [25] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.

- [26] Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, (CGREG).
- [27] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [28] Corporación Nacional de Telecomunicaciones.
- [29] Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, (CGREG).
- [30] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [31] Idrovo, H. (2008), Baltra-Base Beta: Galápagos y la Segunda Guerra Mundial, Ministerio de Cultura, Quito Ecuador.
- [32] GOOGLE EARTH
- [33] Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (CGREG).
- [34] INEC (2010), Resultados del Censo Población y Vivienda.
- [35] [http://www.galapagospark.org/documentos/turismo/pdf/informe\\_ingreso\\_turista\\_primer\\_semestre\\_2012](http://www.galapagospark.org/documentos/turismo/pdf/informe_ingreso_turista_primer_semestre_2012).
- [36] Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, (CGREG).
- [37] Google Earth
- [38] <http://searchenterprisewan.techtarget.com/definition/bandwidth>.
- [39] <http://www.everex.es/glosario>.
- [40] Hidalgo P.(2010), Comunicación Digital texto de Clase, Quito, Ecuador, Pág. 11
- [41] Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 88.
- [42] Hidalgo P.(2010), Comunicación Digital texto de Clase, Quito, Ecuador, Pág. 27
- [43] Hidalgo P.(2010), Comunicación Digital texto de Clase, Quito, Ecuador, Pág. 30
- [44] Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 89.
- [45] Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 90.
- [46] <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.711/es>
- [47] <http://www.idris.com.ar/lairnt/pdf/ART0001-CalculodeanchodebandaenVoIP.pdf>

- [48] <http://es.kioskea.net/contents/video/compress.php3>
- [49] <http://www.idris.com.ar/lairant/pdf/ART0001-CalculodeanchodebandaenVoIP.pdf>
- [50] Hidalgo P.(2010), Comunicación Digital texto de Clase, Quito, Ecuador, Pág. 29
- [51] [http://www.ermes.com/soporte/documentacion/Todos/AQCT\\_32/Web/Servidor\\_Trafico/Calidad\\_Voz\\_Ip.htm](http://www.ermes.com/soporte/documentacion/Todos/AQCT_32/Web/Servidor_Trafico/Calidad_Voz_Ip.htm)
- [52] <http://librosnetworking.blogspot.com/2009/04/metodo-simplificado-para-el-calculo-de.html>
- [53] <http://librosnetworking.blogspot.com/2009/04/metodo-simplificado-para-el-calculo-de.html>
- [54] <http://librosnetworking.blogspot.com/2009/04/metodo-simplificado-para-el-calculo-de.html>
- [55] [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies\\_tech\\_note09186a0](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0)
- [56] [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies\\_tech\\_note09186a0080094ae2.shtml](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094ae2.shtml)
- [57] <http://www.bandcalc.com/com>
- [58] <http://www.bandcalc.com/com>
- [59] [http://www.myvoipprovider.com/en/FAQs/VoIP\\_FAQs/What%27s\\_the\\_minimum\\_Internet\\_connection\\_speed\\_I\\_need\\_to\\_use\\_VoIP](http://www.myvoipprovider.com/en/FAQs/VoIP_FAQs/What%27s_the_minimum_Internet_connection_speed_I_need_to_use_VoIP)
- [60] <http://www.grupoact.com.mx/archivos/ConsideracionesparVideconferenciilP.pdf>
- [61] <http://techtips.salon.com/amount-bandwidth-used-skype-1016.html>
- [62] <http://techtips.salon.com/amount-bandwidth-used-skype-1016.html>
- [63] <http://www.microsoft.com/online/help/en-us/helphowto/3dea7174-a521-4442-a7c5-5d540e09b20>
- [64] [d.htm](#).
- [65] [https://www.cnt.gob.ec/pdfs/Internet\\_masivo.pdf](https://www.cnt.gob.ec/pdfs/Internet_masivo.pdf)
- [66] [https://www.cnt.gob.ec/pdfs/Internet\\_masivo.pdf](https://www.cnt.gob.ec/pdfs/Internet_masivo.pdf)
- [67] [https://www.cnt.gob.ec/pdfs/Internet\\_masivo.pdf](https://www.cnt.gob.ec/pdfs/Internet_masivo.pdf)
- [68] Consejo de Gobierno para el Régimen Especial de Galápagos (CGREG).

- [69] [http://www.inec.gob.ec/estadisticas/index.php?option=com\\_remository&Itemid= & func=startdo](http://www.inec.gob.ec/estadisticas/index.php?option=com_remository&Itemid= & func=startdo)
- [70] [http://www.inec.gob.ec/estadisticas/index.php?option=com\\_remository&Itemid=1613&lang=es&TB\\_iframe=true&height=250&width=800](http://www.inec.gob.ec/estadisticas/index.php?option=com_remository&Itemid=1613&lang=es&TB_iframe=true&height=250&width=800)
- [71] RACINES P.(2007), Diseño de un ISP considerando criterios de Calidad de Servicio para la transmisión de Voz, Datos y Video utilizando el estándar IEEE 802.16 (WiMAX) para cubrir el área norte de la ciudad de Quito, Quito, Ecuador, Pág. 120.
- [72] <http://www.claro.com.ec/wps/portal/ec/pc/personas/Internet/banda-ancha-fijo>
- [73] <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/WiMAX/ieee-802-16-standards.php>
- [74] <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/WiMAX/WiMAX.php>
- [75] RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec)
- [76] RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec)
- [77] RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec)
- [78] RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec)
- [79] Anexo 1 RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, [www.conatel.gob.ec](http://www.conatel.gob.ec)
- [80] RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, Anexo 1, literal vii
- [81] RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005, GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES
- [82] Google Earth
- [83] Consejo de Gobierno para el Régimen Especial de Galápagos
- [84] Ing. Danny Sánchez, CGREG.
- [85] Google Earth
- [86] Google Earth
- [87] Google Earth
- [88] Google Earth
- [89] Google Earth
- [90] Google Earth
- [91] Google Earth
- [92] Google Earth.
- [93] Google Earth.
- [94] Google Earth.

- [95] Google Earth.
- [96] <http://www.clubdelamar.org/paralelos.html>
- [97] Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador
- [98] Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador
- [99] Tomasi W (2003), Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (4ta Ed), México, Pearson, Págs. 462, 463.
- [100] Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador
- [101] Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador
- [102] Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador
- [103] Hidalgo P.(2010), Comunicación Digital texto de Clase, Quito, Ecuador, Pág. 8
- [104] Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador
- [105] Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador
- [106] Egas C. (2009), Comunicaciones Satelitales texto de clase, Quito, Ecuador
- [107] <http://communicationsone.wordpress.com/2011/01/24/%C2%BFque-es-sensibilidad-en-unreceptor/>
- [108] <http://www.eveliux.com/mx/relacion-senal-a-ruido-snr.php>
- [109] [http://personales.unican.es/perezvr/pdf/CH8ST\\_Web.pdf](http://personales.unican.es/perezvr/pdf/CH8ST_Web.pdf)
- [110] [http://www.ehowenespanol.com/calcular-relacion-senalruido-como\\_18285/](http://www.ehowenespanol.com/calcular-relacion-senalruido-como_18285/)
- [111] Tomasi W (2003), Sistemas de Comunicaciones Electrónicas (4ta Ed), México, Pearson, Págs. 368, 367.
- [112] <http://www.youblisher.com/p/163794-Zonas-de-Fresnel-en-redes-inalambricas/>
- [113] <http://wndw.net/pdf/wndw-es/chapter2-es.pdf>

- [114] Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 306.
- [115] <http://es.scribd.com/doc/43942816/23/Tipos-de-Modulacion>.
- [116] <http://wikitel.info/wiki/WiMAX>.
- [117] <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/radiocomunicacion/contenidos/utilidade>
- [118] [s/RadioMobile/leeme](http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/radiocomunicacion/contenidos/utilidade)
- [119] <http://es.scribd.com/doc/54479518/Manual-Radio-Mobile>
- [120] <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6989/17/Anexo%2016.pdf>
- [121] Ing. Freddy Chávez, CGREG
- [122] Ing. Freddy Chávez, CGREG
- [123] Ing. Freddy Chávez, CGREG
- [124] Ing. Freddy Chávez, CGREG
- [125] Ing. Freddy Chávez, CGREG
- [126] Bernal I (2011), Comunicaciones Inalámbricas texto de clases (Comunicaciones Celulares), Quito, Ecuador, EPN, Págs. 113-119
- [127] Bernal I, (2011), Comunicaciones Inalámbricas texto de clases (Comunicaciones Celulares), Quito, Ecuador, EPN, Pág. 25
- [128] Bernal I, (2011), Comunicaciones Inalámbricas apuntes de clases (Comunicaciones Celulares), Quito, Ecuador, EPN.
- [129] UIT(2007), E 800: Vocabulario de calidad de servicio y seguridad de funcionamiento, Reedición de la Recomendación E.800 del CCITT publicada en el Libro Azul, Fascículo II.3 (1988),Pág. 3, Ginebra Suiza.
- [130] Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 397.
- [131] Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 397
- [132] <http://es.scribd.com/doc/68277122/Apuntes-Confiability-y-Disponibilidad-de-Redes>.
- [133] Tanenbaum A. (2003), Redes de Computadoras (4ta Ed), México DF, México, Pearson educación, Pág 397.

- [134] <http://www.dte.us.es/personal/mcromero/masredes/docs/SMARD.0910.qos.pdf>.
- [135] [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&sqj=2&ved=0CC8QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.uv.es%2F~montanan%2Fampliacion%2Famplif\\_6.ppt&ei=ldapUOuUNYKQ9QTP74GgCg&usg=AFQjCNE\\_oW6aBI0nM0WXONvvVOobJFOjSg&sig2=3EOx119ZUyiBzjSrWNhxmQ](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&sqj=2&ved=0CC8QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.uv.es%2F~montanan%2Fampliacion%2Famplif_6.ppt&ei=ldapUOuUNYKQ9QTP74GgCg&usg=AFQjCNE_oW6aBI0nM0WXONvvVOobJFOjSg&sig2=3EOx119ZUyiBzjSrWNhxmQ).
- [136] [http://www.tranzeo.com/allowed/Tranzeo\\_WiMAX\\_QoS\\_Classes\\_Whitepaper.pdf](http://www.tranzeo.com/allowed/Tranzeo_WiMAX_QoS_Classes_Whitepaper.pdf).
- [137] [http://info.telefonica.es/ext/interfaces/pdf/ITE\\_BA\\_015\\_v4.pdf](http://info.telefonica.es/ext/interfaces/pdf/ITE_BA_015_v4.pdf)
- [138] [http://info.telefonica.es/ext/interfaces/pdf/ITE\\_BA\\_015\\_v4.pdf](http://info.telefonica.es/ext/interfaces/pdf/ITE_BA_015_v4.pdf)
- [139] Herrera C, (2011), Telemática Libro de Clases, EPN, Quito, Ecuador  
Pag 4 (Frame Relay)
- [140] [http://ec.europa.eu/information\\_society/eeurope/2002/news\\_library/pdf\\_files/netsec\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/2002/news_library/pdf_files/netsec_es.pdf),
- [141] <http://www.isa.uniovi.es/docencia/redes/Apuntes/tema8.pdf>.
- [142] <http://www.alegsa.com.ar/Dic/triple%20des.php>.
- [143] <http://www.tropsoft.com/strongenc/des3.htm>.
- [144] <http://es.scribd.com/doc/43942816/23/Tipos-de-Modulacion>.
- [145] [http://computacion.cs.cinvestav.mx/~jjangel/aes/AES\\_v2005\\_jjaa.pdf](http://computacion.cs.cinvestav.mx/~jjangel/aes/AES_v2005_jjaa.pdf)
- [146] <http://searchsecurity.techtarget.com/definition/Advanced-Encryption-Standard>.
- [147] <http://infoWiMAX.blogspot.com>.
- [148] <http://www.grc.upv.es/docencia/tra/PDF/Radius.pdf>.
- [149] <http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc755248%28v=ws.10%29.aspx>.
- [150] Información proporcionada por el director de la estación terrena de la CNT, (Diciembre 2011)
- [151] <http://ipref.wordpress.com/2008/11/28/modelo-jerarquico-de-red/>,  
(Consulta octubre, 2011)
- [152] SOLTICOM, <http://www.solticom.com/uts/protocolos>
- [153] SOLTICOM, <http://www.solticom.com/uts/protocolos>
- [154] <http://www.solticom.com/uts/protocolos>

- [155] [http://h17007.www1.hp.com/docs/whatsnew/august/HP-A6600-Router-Series-data-sheet\\_4AA3-0765ENW.pdf](http://h17007.www1.hp.com/docs/whatsnew/august/HP-A6600-Router-Series-data-sheet_4AA3-0765ENW.pdf)
- [156] [http://enterprise.huawei.com/en/products/network/router/ne/en\\_ne40e\\_x1.htm](http://enterprise.huawei.com/en/products/network/router/ne/en_ne40e_x1.htm)
- [157] <http://www.cisco.com/en/US/products/ps7253/index.html>
- [158] <http://www.netgear.com.au/service-provider/products/routers-and-gateways/gigabit-ethernet-routers-gateways/EVG2000.aspx#two>
- [159] [http://h17007.www1.hp.com/us/en/products/routers/HP\\_8800\\_Router\\_Series/index.aspx#Management](http://h17007.www1.hp.com/us/en/products/routers/HP_8800_Router_Series/index.aspx#Management)
- [160] [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5854/ps5882/product\\_data\\_sheet0900aec8016fa68\\_ps5854\\_Products\\_Data\\_Sheet.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/routers/ps5854/ps5882/product_data_sheet0900aec8016fa68_ps5854_Products_Data_Sheet.html)
- [161] [http://h17007.www1.hp.com/us/en/products/switches/HP\\_5820\\_Switch\\_Series/index.aspx#Securit](http://h17007.www1.hp.com/us/en/products/switches/HP_5820_Switch_Series/index.aspx#Securit)
- [162] [http://www.zyxel.com/uk/en/products\\_services/xgs4700\\_series.shtml?t=p](http://www.zyxel.com/uk/en/products_services/xgs4700_series.shtml?t=p)
- [163] [http://www.cisco.com/en/US/products/ps10744/prod\\_models\\_comparison.html](http://www.cisco.com/en/US/products/ps10744/prod_models_comparison.html)
- [164] <http://www.dlinkla.com/dfl-1660-nb>
- [165] [http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/vpndevc/ps6032/ps6094/ps6120/product\\_data\\_sheet0900aec802930c5.html](http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/vpndevc/ps6032/ps6094/ps6120/product_data_sheet0900aec802930c5.html)
- [166] [http://adsl.hinet.net/3ip/download/FGT50\\_100DS.pdf](http://adsl.hinet.net/3ip/download/FGT50_100DS.pdf)
- [167] <http://h10010.www1.hp.com/wwpc/us/en/sm/WF06b/15351-15351-241434-241646-33284243577>
- [168] [708-3632964-3632968.html?dnr=1](http://708-3632964-3632968.html?dnr=1)
- [169] [http://www.dell.com/downloads/emea/products/pedge/es/PE2850\\_es.pdf](http://www.dell.com/downloads/emea/products/pedge/es/PE2850_es.pdf)
- [170] <http://www-07.ibm.com/systems/includes/content/x/hardware/rack/x3550/downloads/XSO03035>
- [171] [USEN.pdf](#)
- [172] <http://www.tripplite.com/shared/product-pages/es/B02000817.pdf>
- [173] [http://www.aten.com/download/download\\_m.php?modelNo=CL1016](http://www.aten.com/download/download_m.php?modelNo=CL1016)
- [174] <http://www.kvm-switches-online.com/ecs17kmm16.html>

- [175] [http://www.albertia.com/Docs/ALB150\\_Datasheet-Jan12en.pdf](http://www.albertia.com/Docs/ALB150_Datasheet-Jan12en.pdf)
- [176] <http://www.tranzeo.com/products/docs/TR-WMX-58-pBS-PlusG%20Datasheet.pdf>
- [177] <http://www.cambiumnetworks.com/products/index.php?id=pmp450>
- [178] <http://www.albertia.com/Docs/CPEs%20WiMAX%20Interoperables%20Banda%20Libre%205%20GHz%20ESP.pdf>
- [179] <http://www.tranzeo.com/products/docs/TR-WMX-58-XX%20Datasheet.pdf>
- [180] <http://www.cambiumnetworks.com/products/index.php?id=pmp450>
- [181] <http://www.tripplite.com/es/products/model.cfm?txtSeriesID=744&txtModelID=60>
- [182] [http://www.gedigitalenergy.com/products/manuals/PowerQuality/OPM\\_GTS\\_XUL\\_5K0\\_10K\\_XUS\\_V010\\_R10%20-%20UL%20Listed.pdf](http://www.gedigitalenergy.com/products/manuals/PowerQuality/OPM_GTS_XUL_5K0_10K_XUS_V010_R10%20-%20UL%20Listed.pdf)
- [183] [http://www.apc.com/resource/include/techspec\\_index.cfm?base\\_sku=SU-RTD5000RMXLP3U](http://www.apc.com/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=SU-RTD5000RMXLP3U)
- [184] <http://store.gedigitalenergy.com/viewprod.asp?Model=GT5-10>
- [185] <http://www.tripplite.com/shared/product-pages/es/SMART700DV.pdf>
- [186] [http://www.gedigitalenergy.com/products/specs/PowerQuality/PRD\\_GTU\\_19X\\_1K0\\_3K0\\_XUS\\_1208.pdf](http://www.gedigitalenergy.com/products/specs/PowerQuality/PRD_GTU_19X_1K0_3K0_XUS_1208.pdf)
- [187] [http://www.apc.com/resource/include/techspec\\_index.cfm?base\\_sku=SU-RTA1500XL&tabmodels](http://www.apc.com/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=SU-RTA1500XL&tabmodels)
- [188] <http://store.gedigitalenergy.com/viewprod.asp?Model=GT1-3>
- [189] <https://www.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorReal/Previsiones/Supuestos%20Macro2012-2015.pdf>
- [190] Van Horne J, Wachowicz J (2002), Fundamentos de Administración Financiera (13era Ed), México, Pearson, Pág.349-350
- [191] Van Horne J, Wachowicz J (2002), Fundamentos de Administración Financiera (13era Ed), México, Pearson, Pág.350
- [192] Van Horne J, Wachowicz J (2002), Fundamentos de Administración Financiera (13era Ed), México, Pearson, Pág. 350
- [193] Van Horne J, Wachowicz J (2002), Fundamentos de Administración Financiera (13era Ed), México, Pearson, Pág.349.

# ANEXOS

## GLOSARIO

**Backbone:** Es la conexión principal que une varios segmentos en una red.

**Calidad de Servicio (QoS, Quality of Service):** En redes consiste en la asignación de prioridades a determinados flujos de tráfico, está íntimamente relacionado con el óptimo desempeño de la red y en la satisfacción del usuario.

**Centos (Community ENTERprise Operating System):** Distribución del sistema operativo Linux.

**CIR (Committed Information Rate):** Velocidad de información Concertada. Es la velocidad garantizada acordada con el proveedor de servicios.

**Códec:** Es una abreviatura para Codificador-Decodificador y permite comprimir los datos al mínimo.

**Código hash:** Es un valor numérico, cuya longitud es fija y se lo utiliza para comprobar si los datos que fueron enviados a través de un canal de transmisión, han sido alterados.

**Conexión de última milla:** es la conexión entre la estación base y el usuario final.

**Confiabilidad del sistema:** Es la probabilidad del que el sistema funcione correctamente.

**Cortafuegos:** Es el software o hardware diseñado para impedir accesos no autorizados en una red.

**Cross-talk o diafonía:** Interferencia no deseada entre un canal de comunicación y otro.

**dBi:** Es una unidad para medir la ganancia de una antena en referencia a una antena isótropa teórica

**dBm:** Es la potencia de un miliwatio expresado en unidades logarítmicas.

**Directividad:** Es la habilidad que tiene una antena para transmitir o recibir, una señal en una sola dirección.

**Distorsión:** Es la diferencia que existe entre la señal que se transmite y la recibida.

**Espectro radioeléctrico:** Son las frecuencias del espectro electromagnético usadas para los servicios de difusión y servicios móviles, de policía, bomberos, radioastronomía, meteorología y fijos.

**Ethernet:** Es un estándar de transmisión de datos para redes de área local.

**Ganancia de Transmisión:** Es la cantidad de energía radiada en una dirección, comparada con la energía que podría radiar una antena isotrópica en la misma dirección, alimentada con la misma potencia.

**Interferencia intersímbolo:** Es el aumento de la duración del símbolo, debido a la distorsión de la señal digital, causando que los símbolos se traslapen.

**Jitter:** Variación en el retardo de la señal en el transporte de los paquetes en los dos sentidos de la transmisión

**MIR (Maximun Information Rate):** Velocidad Máxima de información. Es la máxima velocidad predeterminada para un usuario, que puede ser alcanzada durante un periodo de no congestión.

**Modulación Adaptativa:** Es la variación de la modulación de acuerdo a los requerimientos del sistema.

**MPLS(Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo):** Es un mecanismo de transporte de datos, que consiste en el encapsulamiento de paquetes asignando etiquetas. Es una forma de asignar prioridad.

**Multiplexación:** es la combinación de uno o mas canales de información, en un solo medio de transmisión, usando un multiplexor.

**Radioenlace:** Es la conexión de dos terminales, utilizando ondas electromagnéticas.

**RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Server):** Es un protocolo de autenticación y acceso a una red

**Retardo:** Tiempo medio de paquetes de ida y vuelta en la red, la unidad de medida son los mseg.

**Tasa de transmisión de datos:** Es la cantidad de información transmitida por unidad de tiempo.

**Telnet (TELEcommunication NETwork):** Es la conexión remota, en modo terminal.

**TICs:** Son las nuevas tecnologías de la información y comunicación, como la informática, el internet y las telecomunicaciones.

**Tiempo de convergencia.** Tiempo que transcurre desde que se produce un cambio en la topología de una red hasta que todos los ruteadores se actualicen de forma consistente con el resto, reflejando el cambio.

**Troughput:** Es el volumen de tráfico, que fluye a través de un sistema.

**VoIP:** Es el transporte de audio, en forma de paquetes a través de redes IP.

**Wi-Fi:** Es un estándar de conexión inalámbrica entre dispositivos.

**Zona de Fresnel:** Es un concepto usado en comunicaciones inalámbricas y se refiere al área que separa al transmisor del receptor.

## ACRÓNIMOS

**ACL (Access Control List):** Listas de Control de Acceso.

**ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line):** Línea de Abonado Digital Asimétrica.

**AES (Advanced Encryption Standard):** Estándar Avanzado de Encriptación.

**AF (Assured Forwarding):** Renvío Asegurado.

**ATM (Asynchronous Transfer Mode):** Modo de Transferencia Asíncrona.

**BE (Best Effort Service):** Servicio del Mejor Esfuerzo.

**BGP (Border Gateway Protocol):** Protocolo de Gateway de Frontera.

**BPSK (Binary Phase Shift Keying):** Modulación de Desfasamiento Binario.

**CBR (Constant Bite Rate):** Tasa de Bit Constante.

**CDMA (Code Division Multiple Access):** Acceso Múltiple por División de Código.

**CIR (Committed Information Rate):** Velocidad de Transferencia Concertada o Establecida.

**CPE (Customer Premises Equipment):** Equipo del Suscriptor.

**DES (Data Encryption Standard):** Estándar de Encriptación de Datos.

**DiffSERV (Differentiated Services):** Servicios Diferenciados.

**DNS (Domain Name Server):** Servidor de Nombres de Dominio.

**EF (Expedited Forwarding):** Renvío Asegurado.

**EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol):** Protocolo de Enrutamiento de Gateway Interior Mejorado.

**FR:** Frame Relay.

**HDLC (High-Level Data Link Control):** Control de Enlace de Datos de Alto Nivel.

**IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers):** Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

**IGRP (Interior Gateway Routing Protocol):** Protocolo de Enrutamiento de Gateway.

**IntSERV (Integrated services):** Servicios Integrados.

**IR:** Índice de Rentabilidad.

**KVM (Keyboard/Video/Mouse):** Teclado/Vídeo/Ratón.

**MAC (Medium Access Control):** Capa de Control de Acceso al Medio.

**MD5 (Message-Digest Algorithm 5):** Algoritmo de Resumen del Mensaje 5.

**MIR (Maximun Information Rate):** Tasa de Transferencia Máxima.

**MPLS (Multiprotocol Label Switching):** Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo.

**msnm:** Metros sobre el nivel del mar.

**NAT (Network Address Translation):** Traducción de Dirección de Red.

**nrtPS (Non-Real-Time Polling Service):** Servicio de Concesión de Tiempo no Real.

**OFDM (Ortogonal Frecuency Division Multiplex):** Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.

**OFDMA (Orthogonal Frecuency-Division Multiple):** Multiplexación Multi-acceso por División de Frecuencias Ortogonales.

**OSPF:** Open Shortest Path First.

**PIRE:** Potencia Isótropa Radiada Equivalente.

**PKM-EAP (Privacy Key Management):** Protocolo de Autenticación Extensible.

**PPP (Point-to-point Protocol):** Protocolo Punto a Punto.

**QAM(Quadrature Amplitude Modulation):** Modulación de Amplitud en Cuadratura.

**QoS (Quality of Service):** Calidad de Servicio.

**QPSK (Quadrature Phase Shift Keying):** Desplazamiento de Fase en Cuadratura.

**RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Server):** Autenticación Remota para Usuarios.

**RIP (Routing Information Protocol):** Protocolo de Información de Encaminamiento.

**RSVP (Resource reSerVation Protocol):** Protocolo de Reserva de Recursos.

**RTP (Real-time Transport Protoco):** Protocolo de Transporte de Tiempo Real.

**rtPS (Real-Time Polling Service):** Servicio de Sondeo de Tiempo Real.

**SID (Silencie Insertion Descriptor):** Descriptor de Inserción de Silencios.

**SLA (Service Level Agremmet):** Acuerdo de Nivel de Servicio.

**SNMP (Simple Network Management Protocol):** Protocolo Simple de Administración de Red.

**STP (Spanning-Tree Protocol):** Protocolo de Árbol de Extensión.

**TDES (Triple Data Encryption Standard):** Estándar de Encriptación de Datos Triple.

**TFTP (Trivial File Transfer Protocol):** Protocolo de Transferencia de Archivos Trivial.

**TICs:** Tecnologías de la Información y la Comunicación.

**TIR:** Tasa Interna de Retorno.

**TLS (Transport Layer Security):** Seguridad de la Capa de Transporte.

**TR:** Tiempo de Recuperación.

**TTL (Time To Live):** Tiempo de Vida.

**UGS (Unsolicited Grant Service):** Servicio de Concesión No Solicitado.

**UPS (Uninterruptible Power Supply):** Fuente de Poder Ininterrumpida.

**UTP (Unshielded Twisted Pair):** Par Trenzado No Blindado.

**VLAN (Virtual Local Area Network):** Red de Área Local Virtual.

**VoIP (Voice over IP):** Voz sobre IP.

**VPN (Virtual Private Network):** Red Privada Virtual.

**VPN o VAN:** Valor Presente Neto o Valor Actual Neto.

**VTP (VLAN Trunking Protocol):** Protocolo Troncal para Redes de Área Local Virtual.