

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“ESTUDIO TÉCNICO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RADIO TRONCALIZADO  
Y SU SISTEMA DE GESTIÓN PARA PETROPRODUCCIÓN”**

**AÍDA FERNANDA DÍAZ ANDRADE**

**JUAN FERNANDO IBARRA QUEZADA**

**QUITO – ECUADOR**

**2006**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado “Estudio Técnico de Factibilidad y Diseño para la Implementación de un Sistema de Radio Troncalizado y su Sistema de Gestión para PETROPRODUCCIÓN” ha sido desarrollado en su totalidad por la Srta. Aída Fernanda Díaz Andrade con C.I. 171554855-6 y el Sr. Juan Fernando Ibarra Quezada con C.I. 171390533-7, bajo nuestra dirección.

Ing. Rodrigo Silva  
DIRECTOR

Ing. Diego Loor  
CODIRECTOR

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS y a mi papá, por cuidarme desde el cielo. A mis padres Sonia y Max por todo el cariño, apoyo y confianza que nos han demostrado a mí y a mis hermanos.

A mis hermanos Patricia y Marcelo, por ser mi ejemplo de esfuerzo y perseverancia y por los lazos que siempre nos mantendrán juntos.

A Daniel Auquilla, Christian Guevara y Grace Andrade no sólo por ser mi familia, sino también mis amigos.

A Iván Vergara, por ser una parte muy importante de mi vida. A mis amigos y amigas por todos los momentos compartidos.

A Juan Fernando Ibarra mi compañero de tesis y gran amigo.

Fernanda Díaz Andrade

Doy las gracias a Dios, que me ha dado la vida, la salud, la paz, la fuerza y la inteligencia, para cada día, dar mi mejor esfuerzo en cada paso que doy.

A mis padres, que me han brindado cariño, apoyo, sinceridad y confianza, razones suficientes para alcanzar todas mis metas y superarme. Gracias a mis hermanas y sobrinos , por darme fuerza y alegría en los momentos que más necesitaba.

A Fernanda, por haber confiado en mí para realizar el presente proyecto, por el trabajo conjunto y continuo que nos ha llevado a cumplir con nuestros objetivos y por su paciencia en los momentos complicados pero que pudimos superar, por ello también mi aprecio y respeto. Y a mis amigos, por la ayuda que me han brindado en todo momento.

Juan Fernando Ibarra Quezada

Un agradecimiento especial a los Ingenieros Director y Codirector de tesis, Rodrigo Silva y Diego Loor, los cuales nos han dado la guía necesaria para desarrollar y culminar eficientemente la presente obra, también al personal técnico y administrativo de PETROPRODUCCIÓN en Quito y el Distrito Amazónico por darnos el conocimiento, la experiencia y las herramientas necesarias para realizar el proyecto; y, a los Ingenieros Marco Barreno y Edgar Hidalgo por su colaboración al despejar nuestras dudas en los momentos que necesitamos.

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres y hermanos

**Fernanda Díaz**

La elaboración del presente trabajo es dedicada con cariño a Dios, a mi madre, padre y familia, por creer en cada una de las metas que me he planteado durante todo mi vida y ayudarme a cumplirlas con mucho apoyo, respeto y bondad.

Juanfer

## PRÓLOGO

La Empresa PETROPRODUCCIÓN posee un completo Sistema de Comunicaciones que ha sido instalado para enlazar a las instalaciones administrativas, campamentos, estaciones y subestaciones de exploración y explotación de crudo, ubicadas en la Amazonía, Quito y Guayaquil. Este Sistema consta de una Red de Microondas Digital Punto a Punto, una Red de Microondas Digital Punto – Multipunto y un Sistema de Radio Fijo – Móvil en la banda de VHF.

Las comunicaciones de Radio Móvil existentes están prestando un servicio limitado, ya que, el número de canales disponibles no ha cubierto las necesidades de la cantidad de usuarios existentes y además, no posee una interconexión entre las estaciones repetidoras. Por estas razones ha nacido la necesidad de diseñar un Sistema con una tecnología actual, que pueda tener la posibilidad de una interconexión total, un manejo eficiente de canales y brinde servicios versátiles y amigables al usuario

El presente proyecto realiza un estudio de los aspectos básicos de los Sistemas de Radio Troncalizado y los Sistemas de Gestión de Redes, presenta el Diseño de un Sistema de Radio Troncalizado y de su red de administración y gestión para las instalaciones de PETROPRODUCCIÓN en Quito y Amazonía, también se presenta la comprobación de que exista el espacio físico necesario para que los equipos puedan ser instalados junto con la verificación de las áreas de cobertura calculadas, además se ha realizado un análisis económico de factibilidad, para que la empresa determine la conveniencia de la implementación de este tipo de Sistemas; y, finalmente constan las bases técnicas del Sistema y sus equipos para que se pueda llamar a licitación.

# ÍNDICE

## CAPÍTULO 1

<b>SISTEMA DE COMUNICACIONES DE PETROPRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. DESCRIPCIÓN DE LOS DISTRITOS.....	2
1.2.1. Región Quito.....	4
1.2.1.1. Información de Sitio.....	4
1.2.1.2. Transmisión y Conmutación .....	6
1.2.1.3. Distribución de Canales .....	8
1.2.2. Distrito Amazónico.....	8
1.2.2.1. Información de Sitio.....	8
1.2.2.2. Transmisión y Conmutación .....	10
1.2.2.3. Distribución de Canales .....	11
1.2.3. Guayaquil.....	11
1.2.3.1. Información de Sitio.....	11
1.2.3.2. Distribución de Canales .....	12
1.2.3.3. Diagrama.....	13
1.3. BACKBONE DE MICROONDAS.....	14
1.3.1. Nueva Ruta .....	14
1.3.1.1. Información de Sitio.....	14
1.3.1.2. Transmisión y Conmutación .....	15
1.3.2. Ruta Oleoducto .....	16
1.3.2.1. Información de Sitio.....	16
1.3.2.2. Transmisión y Conmutación .....	17
1.4. MICROONDAS POR MULTIACCESO DIGITAL SR – 500.....	18
1.4.1. Generalidades.....	18
1.4.2. Distribución Sistema SR – 500 en el Distrito Amazónico .....	18
1.4.2.1. Estación Aguarico .....	19
1.4.2.1.1. Estación Guarumo .....	19
1.4.2.1.1.1. Estación Sansahuari.....	19
1.4.2.1.2. Estación Sacha.....	19
1.4.3. Equipos .....	20
1.4.4. Diagrama de Sistema SR – 500 en el Distrito Amazónico.....	21
1.5. SISTEMA MOVIL VHF.....	22
1.5.1. Descripción .....	22
1.6. PROBLEMAS ACTUALES DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES PETROPRODUCCION.....	26
1.7. NECESIDADES DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DE PETROPRODUCCIÓN.....	28

## CAPÍTULO 2

<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>30</b>
2.1. INTRODUCCIÓN .....	30
2.2. SISTEMA TRONCALIZADO .....	30

2.2.1. Consideraciones Generales .....	31
2.2.1.1. Antecedentes .....	31
2.2.1.2. Descripción .....	32
2.2.1.2.1. Arquitectura de la Red del Sistema de Radio Troncalizado .....	33
2.2.1.2.2. Procesos Básicos de llamada del Sistema de Radio Troncalizado.....	39
2.2.1.2.3. Troncalización .....	45
2.2.1.2.4. Características del Sistema de Radio Troncalizado .....	48
2.2.1.3. Equipos.....	59
2.2.2. Tipos de Sistemas Troncalizados .....	60
2.2.2.1. Sistema Troncalizado LTR.....	60
2.2.2.2. Sistema Troncalizado EDACS .....	61
2.2.2.3. Sistema Troncalizado MPT1327 .....	61
2.2.2.4. Sistema Troncalizado APCO.....	68
2.2.2.5. Sistema Troncalizado Open Sky .....	70
2.2.2.6. Sistema Troncalizado TETRA (Terrestrial Trunked Radio) .....	70
2.2.2.6.1. Características Principales .....	71
2.3. SISTEMA DE GESTION DE REDES .....	75
2.3.1. Definición .....	75
2.3.2. Componentes de la Gestión de Red .....	76
2.3.2.1. Componente Organizacional .....	76
2.3.2.2. Componente Técnico.....	77
2.3.2.2.1. Elementos .....	77
2.3.2.2.2. Procedimientos .....	81
2.3.2.2.3. Características .....	81
2.3.2.3. Componente Funcional .....	82
2.3.2.3.1. Áreas Funcionales de Gestión .....	82
2.3.3. Tipos de Sistemas de Gestión de Redes .....	84
2.3.3.1. Modelo OSI.....	84
2.3.3.2. Modelo basado en SNMP.....	86
2.3.3.3. Modelo TMN .....	88
2.4. PROPAGACIÓN DE ONDAS RADIOELECTRICAS .....	90
2.4.1. Consideraciones Generales .....	90
2.4.2. Formulas para el Cálculo de Coberturas .....	92

## CAPÍTULO 3

<b>DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE LA RED .....</b>	<b>98</b>
3.1. INTRODUCCIÓN .....	98
3.2. EVALUACIÓN DE LOS TIPOS DE SISTEMA TRONCALIZADO .....	99
3.2.1. Prestaciones del Estándar TETRA .....	99
3.2.2. Prestaciones del Estándar APCO 25 .....	100
3.2.3. Prestaciones del Estándar MPT 1327.....	101
3.2.4. Norma Elegida .....	101
3.3. ESTUDIO RADIOELÉCTRICO .....	104
3.3.1. Definición y Dimensionamiento de Parámetros de Propagación .....	105
3.3.2. Cobertura Distrito Amazónico .....	107
3.3.2.1. SENATEL.....	107
3.3.2.2. Móviles.....	112
3.3.2.3. Portátiles.....	113
3.3.3. Cobertura Región Quito .....	114
3.3.3.1. SENATEL.....	114
3.3.3.2. Móviles.....	117
3.3.3.3. Portátiles.....	118
3.4. GRUPOS DE USUARIOS .....	119



3.4.1. Descripción .....	119
3.4.2. División por Grupos .....	119
3.5. INGENIERÍA DE TRÁFICO .....	123
3.5.1. Consideraciones Generales .....	123
3.5.2. Análisis de Tráfico de Voz Requerido .....	123
3.5.3. Análisis de Tráfico de Datos Requerido .....	128
3.6. ESTRUCTURA DE LA RED DEL SISTEMA DE RADIO TRONCALIZADO .....	129
3.6.1. Descripción de los elementos de la Red .....	129
3.6.2. Diagrama de la Red de Radio Troncalizado de PETROPRODUCCION .....	132
3.7. SERVICIOS Y ALARMAS DEL SISTEMA TRONCALIZADO PARA PETROPRODUCCION .....	133
3.8. REDUNDANCIA DE ENERGÍA .....	134

## **CAPÍTULO 4**

<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN .....</b>	<b>135</b>
4.1. INTRODUCCIÓN .....	135
4.2. TERMINAL DE GESTIÓN DE RED (NMT) .....	136
4.2.1. Hardware de Gestión .....	136
4.2.2. Software de Gestión .....	138
4.3. ALARMAS DEL SISTEMA DE GESTIÓN .....	141
4.3.1. Tipos de Alarmas .....	141
4.3.2. Condiciones para Activación de Alarmas y Niveles de Prioridad .....	144
4.4. DIMENSIONAMIENTO DE SEÑALES DE GESTIÓN .....	146
4.4.1. Características y Distribución de los Canales de Supervisión .....	147
4.5. CANALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE GESTIÓN .....	148
4.5.1. Estructura del Nodo .....	148
4.5.2. Estructura del Sitio .....	151
4.6. ZONIFICACIÓN DE GESTIÓN .....	153
4.7. UBICACIÓN DEL NMT .....	154

## **CAPÍTULO 5**

<b>SITE SURVEY .....</b>	<b>155</b>
5.1. INTRODUCCIÓN .....	155
5.2. CAPACIDAD DEL SISTEMA DE ENERGÍA .....	155
5.3. UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN CASETA Y TORRE .....	156
5.3.1. Lago Agrio .....	157
5.3.2. Aguarico .....	158
5.3.3. Guarumo .....	161
5.3.4. Sacha .....	163
5.3.5. Shushufindi .....	165
5.3.6. Auca .....	168
5.3.7. Cerro Pichincha .....	170
5.3.8. San Rafael .....	172
5.4. VERIFICACIÓN PARÁMETROS DE PROPAGACIÓN .....	174
5.4.1. Procedimiento .....	174
5.4.2. Mediciones .....	177

## CAPÍTULO 6

<b>ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>178</b>
6.1. INTRODUCCIÓN .....	178
6.2. COSTOS DEL SISTEMA.....	178
6.2.1. Red de Radio Troncalizado.....	179
6.2.2. Equipos RF .....	183
6.2.3. Equipos Adicionales .....	183
6.3. COSTOS DE INSTALACIÓN .....	184
6.4. COSTO TOTAL DEL PROYECTO .....	185
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	186
6.5.1. Valor Actual Neto (VAN).....	187
6.5.2. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	188
6.6. PLAN DE CRECIMIENTO DEL PROYECTO DIRIGIDO HACIA PETROECUADOR Y SUS FILIALES.....	189

## CAPÍTULO 7

<b>BASES TÉCNICAS.....</b>	<b>191</b>
7.1. INTRODUCCIÓN .....	191
7.2. GENERALIDADES .....	192
7.2.1. Descripción .....	192
7.2.2. Actualización .....	193
7.2.3. Redundancia.....	194
7.2.4. Interfaces.....	194
7.2.5. Interconexión con BACKBONE.....	194
7.3. ESPECIFICACIONES DE LA RED DE RADIO TRONCALIZADO .....	195
7.3.1. Nodo .....	195
7.3.2. Sitio de Repetición.....	196
7.3.3. Sistema RF.....	198
7.3.4. Gestión de Red.....	199
7.3.5. Radio Terminales.....	200
7.3.5.1. Radios Móviles.....	201
7.3.5.2. Radios Portátiles.....	202
7.3.5.3. Radios Fijos.....	203
7.3.6. Sistema AVL.....	203
7.4. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS .....	204
7.5. RESPALDO TÉCNICO.....	204
7.5.1. Instalación .....	204
7.5.2. Capacitación.....	204
7.5.3. Mantenimiento .....	205
7.6. PRESUPUESTO REFERENCIAL .....	206
7.7. RESUMEN DE EQUIPOS A OFERTAR .....	206

## CAPÍTULO 8

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>209</b>
8.1. CONCLUSIONES .....	209
8.2. RECOMENDACIONES.....	212

## **CAPÍTULO 1**

### **SISTEMA DE COMUNICACIONES DE PETROPRODUCCIÓN**

#### **1.1. INTRODUCCIÓN**

PETROPRODUCCIÓN es una de las tres filiales de la empresa estatal PETROECUADOR, esta filial es la encargada de la explotación y producción de petróleo y sus derivados en nuestro país.

Los centros de trabajo donde PETROPRODUCCIÓN cumple sus funciones están ubicados en las tres regiones continentales del país, comenzando en la región oriental donde se realiza la extracción y producción que es denominado como Distrito Amazónico, luego tenemos a la ciudad de Quito donde se encuentran las instalaciones administrativas más importantes de esta institución, también se menciona dentro de la región sierra al Laboratorio de Geología y Yacimientos que está localizado en San Rafael en el Valle de los Chillos y en la región costa, se cuenta con el Centro de Investigaciones Geológicas en la ciudad de Guayaquil.

Por lo antes mencionado, una de las funciones importantes que posee PETROPRODUCCIÓN es la de brindar comunicaciones de voz y datos entre los empleados de la institución que se encuentran ubicados en las diferentes instalaciones enumeradas. Por las grandes distancias que existen entre varias instalaciones, es de principal interés tener un Servicio de Comunicaciones eficiente, rápido, cómodo, privado y completo que interconecte oriente, sierra y costa.

Es por esto que existe dentro de la institución la Unidad de Telecomunicaciones que es la encargada de Administrar, Planificar, Gestionar, Controlar, Monitorear y dar

Mantenimiento al Sistema de Comunicaciones que brinda interconexión a todos los departamentos independientemente del lugar donde se encuentren.

En este capítulo se describe y detalla el Sistema de Comunicaciones de PETROPRODUCCIÓN, que está dividido en las siguientes áreas de servicio: Quito, Distrito Amazónico y Valle de los Chillos, las cuales se encuentran conectadas a través de un Enlace de Microondas. Las instalaciones en Guayaquil donde funciona el Centro de Investigaciones Geológicas, se conectan a través del Sistema de Telecomunicaciones de PETROCOMERCIAL.

Para la comunicación con el Distrito Amazónico al momento se cuenta con la red de microondas cuyo recorrido es a lo largo del oleoducto y que es utilizado por PETROECUADOR. Pero se encuentra en proceso de implementación una nueva ruta de enlace microondas perteneciente a PETROPRODUCCION cuya recorrido será a través de las siguientes repetidoras: Pichincha, Cotacachi, Cayambe, Lumbaqui, Aguarico y Lago Agrio, la cual será una ruta de apoyo a la ya existente.

El servicio de voz para cada uno de los usuarios en las zonas ya mencionadas se dan a través de Centrales Telefónicas este es el caso de Quito, Valle de los Chillos, Guayaquil y Distrito Amazónico y también podemos mencionar el Sistema Fijo Móvil utilizado en gran parte del Distrito Amazónico.

## **1.2. DESCRIPCION DE LOS DISTRITOS**

En esta sección se dará a conocer las características generales, características técnicas y geográficas, equipos y diagramas de los sistemas de comunicación en cada uno de los edificios e instalaciones que pertenecen a PETROPRODUCCIÓN tanto en costa, sierra y oriente. La información gráfica se puede observar en el anexo A sección A1

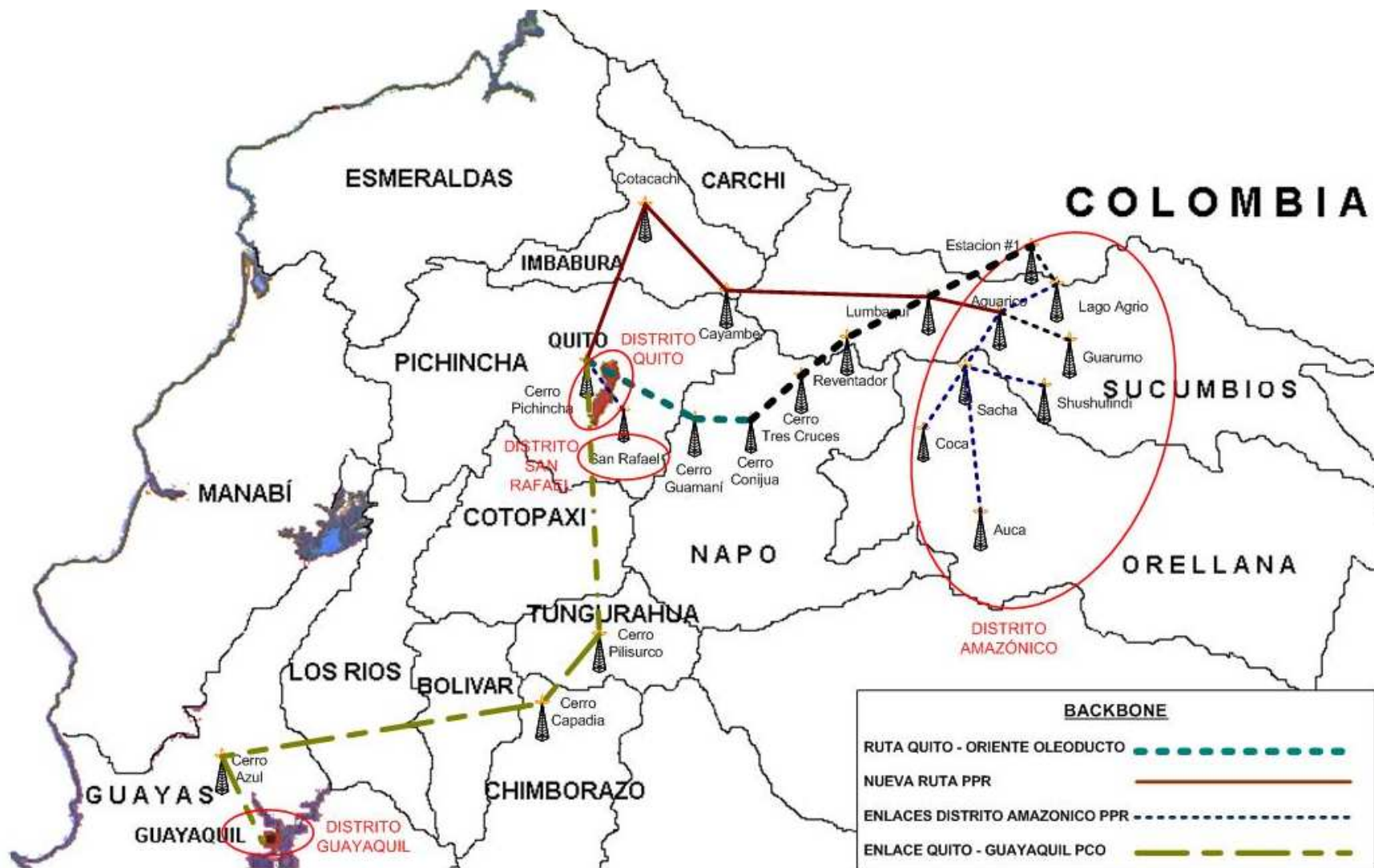


Figura. 1.1. Diagrama del Sistema de Comunicaciones de PETROPRODUCCIÓN

### **1.2.1. Región Quito**

Por poseer las dependencias administrativas más importantes dentro de la institución, los edificios que se encuentran en la ciudad de Quito son de gran relevancia, ya que concentran la mayor parte de la información que entra y sale desde y hasta todas las dependencias del país. Es por esto que se estudiará en primer lugar el sistema de comunicación perteneciente a PETROPRODUCCIÓN en esta ciudad.

En la zona Quito existen 2 edificios, donde se realizan todas las actividades administrativas de la empresa y estos son:

- Edificio VILLAFUERTE
- Edificio LA TRIBUNA

También tomaremos en cuenta debido a la cercanía del Laboratorio de Geología y Yacimientos localizado en San Rafael, con respecto a la Ciudad de Quito como parte del Región Quito.

#### **1.2.1.1. Información de Sitio**

En Edificio Villafuerte o Matriz, se encuentra la Unidad de Telecomunicaciones, desde la cual se supervisa todos los procesos relacionados con el Sistema de Comunicaciones.

En el Edificio La Tribuna se encuentra la Vicepresidencia de PETROPRODUCCION, también presenta un enlace para la red de Comunicaciones.

El Laboratorio de Geología y Yacimientos está ubicado en el Valle de los Chillos al sur-oriente de Quito, en la localidad de San Rafael. Esto se puede observar en el anexo A sección A2.



**Figura. 1.2.** Edificio Villafuerte



**Figura. 1.3.** Edificio La Tribuna



**Figura. 1.4.** Laboratorio de Geología San Rafael

Nombre y Etiqueta	DATOS DE SITIO						
	Longitud	Latitud	a.n.m. <sup>1</sup>	Altura Antena	Locali - Dad	Dire - cción	Fuente de Energía
<b>Ed. Villafuerte (Q1)</b>	78°28'34"W	00°10'47"S	2828 m	35 m	Pichincha / Quito	Av 6 de Diciembre N34-290 y Gaspar Cañero	Línea Comercial / Baterías
<b>Ed. La Tribuna (Q2)</b>	78°24'14"W	00°11'40"S	2800 m	30 m	Pichincha / Quito	Av. De los Shyris N34-382 y Portugal	Línea Comercial / Baterías
<b>Lab. Geología (Q3)</b>	78°27'54"W	00°18'13"S	2505 m	18 m	Pichincha / San Rafael	Av. General Enríquez	Línea Comercial / Baterías
<b>Cerro Pichincha (Q4)</b>	78°31'15"W	00°09'52"S	3770 m	60 m	Pichincha / Quito	Norte de Quito	Línea Comercial / Baterías

Tabla. 1.1. Información de Sitio Región Quito

### 1.2.1.2. Transmisión y Conmutación

Anexo A secciones A3 y A4

	DATOS ENLACES					
	Ed. Villafuerte – Pichincha		Ed. La Tribuna – Pichincha		Lab Geología – Pichincha	
<b>DISTANCIA</b>	5,77 Km		5,25 Km		17 Km	
<b>FRECUENCIA Tx</b>	7,777 GHz		7,177 GHz		13,227 GHz	
<b>FRECUENCIA Rx</b>	8,088 GHz		7,373 GHz		12,961 GHz	
<b>PÉRDIDAS</b>	130,06 dB		133,33 dB		143 dB	
<b>ACIMUT<sup>2</sup> (°)</b>	282,91°	102,91°	287,36°	107,36°	335°	155°
<b>NIVEL REQUERIDO PARA BER 10-3</b>	-87 dBm		-85,5 dBm		-80,5 dBm	
<b>MARCA RADIO MICROONDAS</b>	HARRIS		HARRIS		HARRIS	
<b>MODELO RADIO MICROONDAS</b>	QUADRALINK 7		URBANET 18Z		MICROSTAR L.	
<b>TECNOLOGIA</b>	Digital (PDH)		Digital (PDH)		Digital (PDH)	
<b>CAPACIDAD</b>	4 E1		4 E1		2 E1	
<b>TIPO PROTECCIÓN</b>	Monitored Hot		Monitored Hot		Monitored Hot	
<b>MARCA ANTENA</b>	ANDREW		ANDREW		ANDREW	
<b>MODELO ANTENA</b>	HP4-77		VP471W		HP2 – 130	
<b>TIPO ANTENA</b>	Parabólica		Tambor		Tambor	

<sup>1</sup> a.n.m.: Altura sobre el Nivel del Mar

<sup>2</sup> ACIMUT: Ángulo formado por el meridiano que pasa por la estación en que se efectúa la medición con la dirección de la estación escuchada, el acimut se miden a partir del norte geográfico, en sentido de las agujas del reloj.



<b>DIAMETRO ANTENA</b>	1,2 m	2,4 m	0,6 m
<b>GANANCIA ANTENA</b>	35,1 dB	35.4 dB	35 dB
<b>MULTIPLEXOR</b>	BAYLY	BAYLY	BAYLY

**Tabla. 1.2.** Información de Enlaces Región Quito



**Figura. 1.5.** Radio Microonda Edf. Villafuerte



**Figura. 1.6.** Antena Edf. Villafuerte



**Figura. 1.7.** Radio Microonda Edf. La Tribuna



**Figura. 1.8.** Antena Edf. La Tribuna



**Figura. 1.9.** Radio Microonda Lab. Geología



**Figura. 1.10.** Antena Lab. Geología

**1.2.1.3. Distribución de Canales**

Anexo A secciones A5 y A6

	CANALES			
	CAPACIDAD DISPONIBLE	VOZ	DATOS	LIBRES
<b>Ed. Villafuerte</b>	120	93	13	14
<b>Ed. La Tribuna</b>	120	26	14	80
<b>Lab Geología</b>	60	7	1	22
<b>Cerro Pichincha</b>	120	76	4	40

Tabla. 1.3. Información Distribución de Canales Región Quito

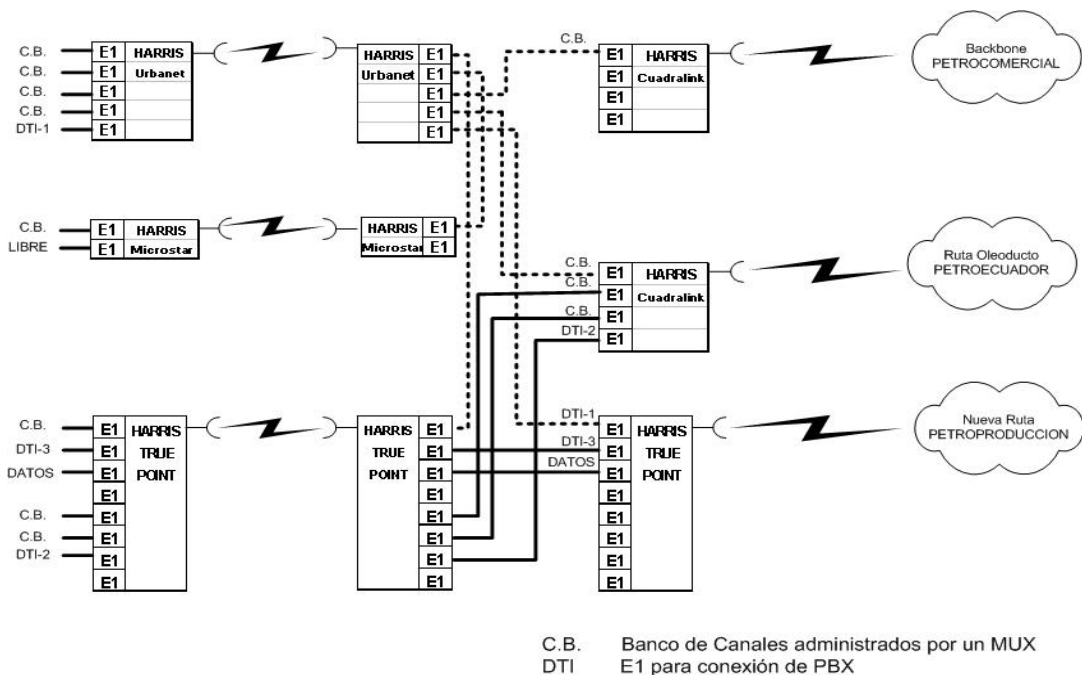


Figura. 1.11. Esquema Equipos Cerro Pichincha

**1.2.2. Distrito Amazónico**

**1.2.2.1. Información de Sitio**

En la Amazonía se encuentra los campos de exploración y explotación de petróleo, debido a esto, es necesario tener una red de comunicaciones que abarque la mayoría de campamentos. Para la interconexión de instalaciones de mayor importancia, dentro de los cuales tenemos Lago Agrio, Guarumo, Aguarico,

Shushufindi, Coca, Auca, Sacha se encuentra habilitada la red digital de radio microonda punto a punto de Harris, esto se puede observar en el anexo A sección A2. Finalmente para los campamentos de menor importancia o lejanos se encuentra implementado el sistema de comunicaciones punto multipunto SR – Telecom el cual será tratado posteriormente en la sección 1.4.

Nombre y Etiqueta	DATOS DE SITIO					
	Longitud	Latitud	a.n.m.	Altura Antena	Localidad	Fuente de Energía
<b>Lago Agrio (A1)</b>	76°52'22"W	00°05'03"N	296 m	35 m	Sucumbios / Lago Agrio	Línea Comercial / Baterías / Generador
<b>Guarumo<sup>1</sup> (A7)</b>	76°34'8.9"W	00°03'30"S	268 m	60 m	Orellana / Guarumo	Línea Comercial / Baterías / Generador
<b>Aguarico (A2)</b>	76°52'50"W	00°03'52"N	328 m	45 m	Sucumbios / Aguarico	Línea Comercial / Baterías / Generador
<b>Shushufindi (A4)</b>	76°39'3.6"W	00°11'26"S	282 m	65 m	Sucumbios / Shushufindi Central	Línea Comercial / Baterías / Generador
<b>Coca (A5)</b>	76°58'56"W	00°27'22"S	256 m	45 m	Orellana / Coca Bodega	Línea Comercial / Baterías / Generador
<b>Auca (A6)</b>	76°52'44"W	00°38'29"S	320 m	125 m	Orellana / Auca Central	Línea Comercial / Baterías / Generador
<b>Sacha (A3)</b>	76°52'30"W	00°19'43"S	268 m	125 m	Orellana / Sacha	Línea Comercial / Baterías / Generador

**Tabla. 1.4.** Información de Sitio Distrito Amazónico

<sup>1</sup> Guarumo: Estación perteneciente a PETROPRODUCCIÓN administra los campos de la región conocida como LIBERTADOR

**1.2.2.2. Transmisión y Conmutación**

Anexo A secciones A3 y A4

	<b>DATOS ENLACES</b>													
	<b>Lago Agrio – Aguarico</b>		<b>Guarumo - Aguarico</b>		<b>Aguarico - Sacha</b>		<b>Sacha - Shushufindi</b>		<b>Sacha - Coca Bodega</b>		<b>Sacha - Auca Central</b>		<b>Lago Agrio / Estación 1</b>	
<b>DISTANCIA</b>	5 Km		39 Km		44.5 Km		30 Km		19 Km		32.5 Km		9.58 Km	
<b>FRECUENCIA Tx</b>	7,121 GHz		7,177 GHz		7,233 GHz		7,149 GHz		7,205 GHz		7,121 GHz		1.741 GHz	
<b>FRECUENCIA Rx</b>	7,317 GHz		7,373 GHz		7,429 GHz		7,345 GHz		7,401 GHz		7,317 GHz		1.860 GHz	
<b>PÉRDIDAS</b>	123.32 dB		141.16 dB		142.31 dB		140 dB		135 dB		141 dB		124.73 dB	
<b>ACIMUT (°)</b>	239°	59°	289°	109°	174°	354°	54°	234°	228°	48°	179°	359°	119.6°	299.5°
<b>NIVEL REQUERIDO PARA BER 10-3</b>	-85.5 dBm		-85,5 dBm		-85.5 dBm		-85.5 dBm		-85.5 dBm		-85.5 dBm		-85.5 dBm	
<b>MARCA RADIO MICROONDAS</b>	HARRIS		HARRIS		HARRIS		HARRIS		HARRIS		HARRIS		HARRIS	
<b>MODELO RADIO MICROONDAS</b>	Truepoint 5200		Truepoint 5200		Truepoint 5200.		Truepoint 5200		Truepoint 5200		Truepoint 5200.		Truepoint 5200	
<b>TECNOLOGIA</b>	Digital (PDH)		Digital (PDH)		Digital (PDH)		Digital (PDH)		Digital (PDH)		Digital (PDH)		Digital (PDH)	
<b>CAPACIDAD</b>	16 E1		16 E1		16 E1		16 E1		16 E1		16 E1		16 E1	
<b>TIPO PROTECCIÓN</b>	Monitored Hot		Monitored Hot		Monitored Hot		Monitored Hot		Monitored Hot		Monitored Hot		Monitored Hot	
<b>MARCA ANTENA</b>	ANDREW		ANDREW		ANDREW		ANDREW		ANDREW		ANDREW		ANDREW	
<b>MODELO ANTENA</b>	VHP6-71		VHP6-71		VHP6-71		VHP6-71		VHP6-71		VHP6-71		VP4-71W	
<b>TIPO ANTENA</b>	TAMBOR		TAMBOR		TAMBOR		TAMBOR		TAMBOR		TAMBOR		PARABÓLICA	
<b>DIAMETRO ANTENA</b>	1,8 m		1.8 m		1.8 m		1,8 m		1.8 m		1.8 m		1.2 m	
<b>GANANCIA ANTENA</b>	42.35 dB		42.35 dB		42.35 dB		42.35 dB		42.35 dB		42.35 dB		25.4 dB	
<b>MULTIPLEXOR</b>	BAYLY / OMNIPLEXER		BAYLY / OMNIPLEXER		BAYLY / OMNIPLEXER		BAYLY / OMNIPLEXER		BAYLY / OMNIPLEXER		BAYLY / OMNIPLEXER		BAYLY / OMNIPLEXER	

Tabla. 1.5. Información de Enlaces Distrito Amazónico

### 1.2.2.3. Distribución de Canales

Anexo A secciones A5 y A6

	CANALES			
	CAPACIDAD DISPONIBLE	VOZ	DATOS	LIBRES
<b>Lago Agrio</b>	480	245	45	190
<b>Guarumo</b>	60	51	3	6
<b>Aguarico</b>	240	118	8	114
<b>Shushufindi</b>	60	34	2	24
<b>Coca</b>	60	16	2	42
<b>Auca</b>	60	34	2	24
<b>Sacha</b>	60	34	2	24

Tabla. 1.6. Información Distribución de Canales Distrito Amazónico

### 1.2.3. Guayaquil

#### 1.2.3.1. Información de Sitio

En esta ciudad se encuentra el Centro de Investigaciones Geológicas. La transmisión de información se la realiza a través del Backbone Quito – Guayaquil perteneciente a PETROCOMERCIAL.

La conexión, en la ciudad de Quito, entre los sistemas de comunicaciones de PETROCOMERCIAL y PETROPRODUCCION se la realiza en las instalaciones del Cerro Pichincha mediante la conexión de los equipos de radio de las dos filiales. Esto se puede observar en el anexo A sección A2.

Desde el Edf. La Tribuna se envía un E1<sup>1</sup> hacia el Cerro Pichincha donde se conecta con el equipo de radio de PETROCOMERCIAL, a través del cual pasa a la red de PETROCOMERCIAL, cuyo destino final es la ciudad de Guayaquil.

<sup>1</sup> E1: Canal digital=2.048 Mbps, contiene 30 canales de información y 2 de señalización (de 64 kbps cada uno). Estándar europeo

En la Figura. 1.12 podemos observar un esquema de este enlace en la ciudad de Quito.

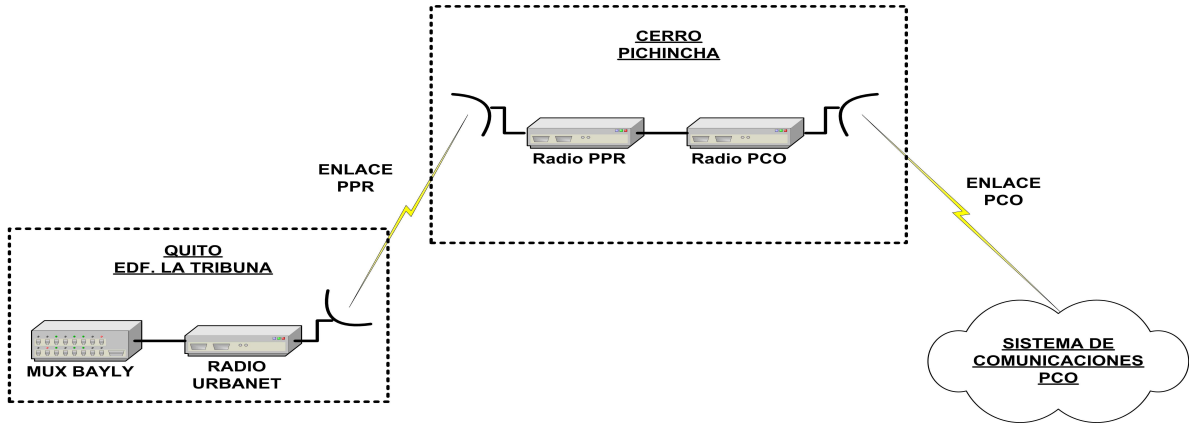


Figura. 1.12. Esquema Conexión PCO – PPR

La información perteneciente a PETROPRODUCCIÓN pasa a través del Backbone de PETROCORMERCIAL de Quito a Guayaquil, en donde es recibida en equipos de radio de PETROCOMERCIAL y finalmente es transferida a equipos multiplexores para que esta información tanto de voz como de datos nuevamente sea administrada por personal de PETROPRODUCCIÓN.

Nombre y Etiqueta	DATOS DE SITIO					
	Longitud	Latitud	a.n.m.	Altura Antena	Localidad	Fuente de Energía
Guayaquil (G1)	79°56'58"W	02°10'14"S	4 m	30 m	Guayas / km 6,5 via a la Costa	Línea Comercial / Baterías

Tabla. 1.7. Información de Sitio Guayaquil

1.2.3.2. Distribución de Canales

Anexo A secciones A5 y A6

	CANALES			
	CAPACIDAD DISPONIBLE	VOZ	DATOS	LIBRES
Guayaquil	30	2	4	24

Tabla. 1.8. Información Distribución de Canales de Guayaquil

### 1.2.3.3. Diagrama

En el siguiente diagrama se muestra detalladamente la ruta principal de interconexión entre las ciudades de Quito y Guayaquil.

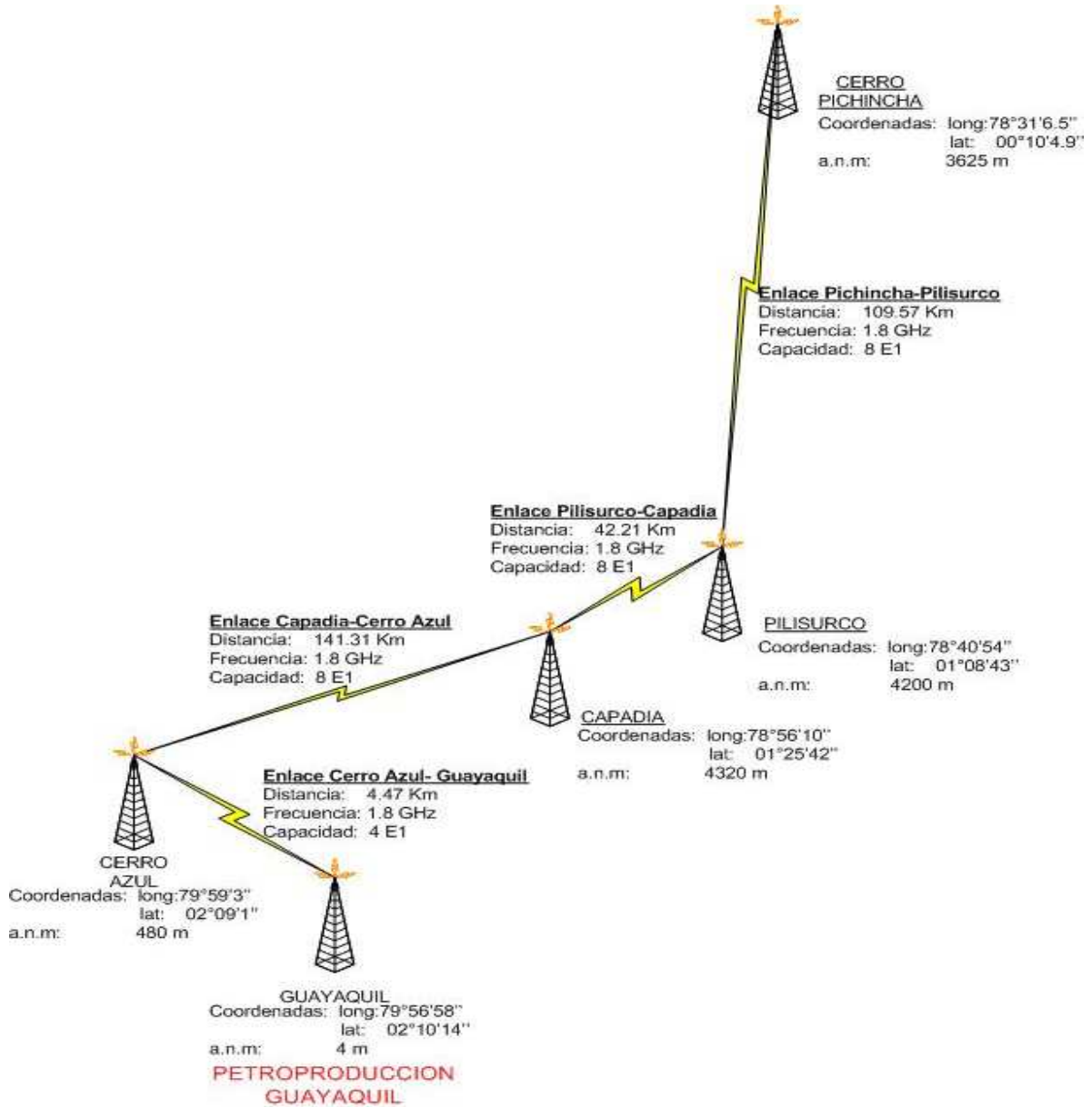


Figura. 1.13. Ruta PCO

## 1.3. BACKBONE DE MICROONDAS

### 1.3.1. Nueva Ruta

#### 1.3.1.1. Información de Sitio

Este Backbone<sup>1</sup> de microonda entrará en funcionamiento en los próximos meses para interconectar el distrito Quito con el Distrito Amazónico, esta ruta nace por la necesidad de poseer una red de comunicaciones propia de PETROPRODUCCION. Lo que se puede observar en el anexo A sección A2.

La información que presentaremos a continuación con respecto a esta red se a obtenido de estudios listos para implementar y aprobados por la SENATEL<sup>2</sup>, estudios que cumplen todos los actuales requisitos que deben brindar los sistemas de comunicaciones.

Además esta red de comunicaciones entrará en operación dentro de la banda de frecuencia de 7 GHz, propia para el sistema de radio microonda.

Nombre y Etiqueta	DATOS DE SITIO					
	Longitud	Latitud	a.n.m.	Altura Antena	Localidad	Fuente de Energía
<b>Cotacachi (PPR1)</b>	78°20'11"W	00°20'00"N	3995 m	60 m	Imbabura / Cerro Cotacachi	Línea Comercial / Baterías
<b>Cayambe (PPR2)</b>	77°59'19"W	00°04'09"N	4190 m	60 m	Pichincha / Cerro Cayambe	Línea Comercial / Baterías
<b>Lumbaqui (PPR3)</b>	77°19'12"W	00°00'35"N	1095 m	60 m	Sucumbios / Lumbaqui Alto	Línea Comercial / Baterías

**Tabla. 1.9.** Información de Sitio Nueva Ruta

<sup>1</sup> BACKBONE: Enlace de gran caudal o una serie de nodos de conexión que forman un eje de conexión principal. Es la columna vertebral de una red.

<sup>2</sup> SENATEL: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones



## 1.3.1.2. Transmisión y Conmutación

Anexo A secciones A3 y A4

	DATOS ENLACES							
	Cerro Pichincha – Cerro Cotacachi		Cerro Cotacachi – Cerro Cayambe		Cerro Cayambe – Lumbaqui Alto		Lumbaqui Alto – Torre Aguarico	
<b>DISTANCIA</b>	59.5 Km		45,5 Km		74 Km		46,5 Km	
<b>FRECUENCIA Tx</b>	7,121 GHz		7,345 GHz		7,177 GHz		7,345 GHz	
<b>FRECUENCIA Rx</b>	7,317 GHz		7,149 GHz		7,373 GHz		7,149 GHz	
<b>PÉRDIDAS</b>	146 dB		144 dB		148 dB		143,7 dB	
<b>ACIMUT (°)</b>	22,5°	202.5°	126°	306°	96°	276°	81°	261°
<b>NIVEL REQUERIDO PARA BER 10-3</b>	-85.5 dBm		-85,5 dBm		-85.5 dBm		-85.5 dBm	
<b>MARCA RADIO MICROONDAS</b>	HARRIS		HARRIS		HARRIS		HARRIS	
<b>MODELO RADIO MICROONDAS</b>	Truepoint 5200		Truepoint 5200		Truepoint 5200.		Truepoint 5200	
<b>TECNOLOGIA</b>	Digital (PDH <sup>1</sup> )		Digital (PDH)		Digital (PDH)		Digital (PDH)	
<b>CAPACIDAD</b>	16 E1		16 E1		16 E1		16 E1	
<b>TIPO PROTECCIÓN</b>	Monitored Hot		Monitored Hot		Monitored Hot		Monitored Hot	
<b>MARCA ANTENA</b>	ANDREW		ANDREW		ANDREW		ANDREW	
<b>MODELO ANTENA</b>	VHP6-71		VHP6-71		VHP6-71		VHP6-71	
<b>TIPO ANTENA</b>	TAMBOR		TAMBOR		TAMBOR		TAMBOR	
<b>DIAMETRO ANTENA</b>	1,8 m		1.8 m		1.8 m		1,8 m	
<b>GANANCIA ANTENA</b>	42.35 dB		42.35 dB		42.35 dB		42.35 dB	
<b>MULTIPLEXOR</b>	X		X		X		X	

Tabla. 1.10. Información de Enlaces Nueva Ruta

<sup>1</sup> PDH: Jerarquía Digital Plesiócrona

### 1.3.2. Ruta Oleoducto

#### 1.3.2.1. Información de Sitio

Esta red de comunicaciones de microonda punto a punto pertenece a la sección de OLEODUCTO de PETROECUADOR, la cual la administra, monitorea y presta mantenimiento.

Esta red también sirve para interconectar a Quito con las instalaciones del Oriente y sigue el camino de las estaciones que pertenecen al Oleoducto Transecuatoriano desde Quito hacia Lago Agrio en el Oriente. Esto se puede observar en el anexo A sección A2.

De la capacidad total que posee este Backbone, PETROECUADOR ha cedido 4 E1's para que PETROPRODUCCION pueda realizar transferencia de información tanto de voz como de datos entre los dos distritos mencionados.

	DATOS DE SITIO					
	Longitud	Latitud	a.n.m.	Altura Antena	Localidad	Fuente de Energía
<b>Cerro Guamaní (PE1)</b>	78°11'22"W	00°19'01"S	4361 m	25 m	Pichincha / Cerro Guamaní	Línea Comercial / Baterías
<b>Cerro Condijua (PE2)</b>	77°54'00"W	00°28'50"S	2532 m	25 m	Napo / Cerro Condijua	Línea Comercial / Baterías
<b>Cerro Tres Cruces (PE3)</b>	77°45'46"W	00°16'03"S	2100 m	15 m	Napo / Cerro Tres Cruces	Línea Comercial / Baterías
<b>Reventador (PE4)</b>	77°31'25"W	00°02'31"S	1455 m	25 m	Napo / Cerro Reventador	Línea Comercial / Baterías
<b>Estación 1 (PE5)</b>	76°52'08"W	00°05'11"N	300 m	20 m	Sucumbios / Estación 1	Línea Comercial / Baterías

**Tabla. 1.11.** Información de sitio Ruta Oleoducto

## 1.3.2.2. Transmisión y Conmutación

Anexo A secciones A3 y A4

	DATOS ENLACES					
	Cerro Pichincha – Cerro Guamaní	Cerro Guamaní – Cerro Condijua	Cerro Condijua – Tres Cruces	Cerro Tres Cruces – Reventador	Reventador – Lumbaqui Alto	Lumbaqui Alto – Estación 1
<b>DISTANCIA</b>	40,14 Km	36,96 Km	28,08 Km	36,48 Km	23,42 Km	50,95 Km
<b>FRECUENCIA Tx</b>	1,755 GHz	1,888 GHz	1,727 GHz	1,888 GHz	2,031 GHz	1,846 GHz
<b>FRECUENCIA Rx</b>	1,874 GHz	1,769 GHz	1,846 GHz	1,769 GHz	1,912 GHz	1,727 GHz
<b>PÉRDIDAS</b>	131,65 dB	135,63 dB	131,69 dB	133,51 dB	126,51 dB	131,59 dB
<b>ACIMUT (°)</b>	114,21°   294.21°	119,31°   299.31°	32,94°   212.94°	46,91°   226.91°	75,44°   255.44°	91,38°   271.38°
<b>NIVEL REQUERIDO PARA BER 10-3</b>	-82.0 dBm	-82,0 dBm	-82.0 dBm	-82,0 dBm	-85,5 dBm	-85,5 dBm
<b>MARCA RADIO MICROONDAS</b>	HARRIS	HARRIS	HARRIS	HARRIS	HARRIS	HARRIS
<b>MODELO RADIO MICROONDAS</b>	QUADRALINK 2	QUADRALINK 2	QUADRALINK 2	QUADRALINK 2	QUADRALINK 2	QUADRALINK 2
<b>TECNOLOGIA</b>	Digital (PDH)	Digital (PDH)	Digital (PDH)	Digital (PDH)	Digital (PDH)	Digital (PDH)
<b>CAPACIDAD</b>	18 E1	18 E1	18 E1	18 E1	8 E1	8 E1
<b>TIPO PROTECCIÓN</b>	Space Diversity	Space Diversity	Monitored Hot	Space Diversity	Monitored Hot	No Protección
<b>MARCA ANTENA</b>	ANDREW	ANDREW	ANDREW	ANDREW	ANDREW	ANDREW
<b>MODELO ANTENA</b>	P-17A48G	P-17A48G	P-17A96G	P-17A96G	P-17A96G	P17A96G
<b>TIPO ANTENA</b>	Parabólicas	Parabólicas	Parabólicas	Parabólicas	Parabólicas	Parabólicas
<b>DIAMETRO ANTENA</b>	1,8 m	1.8 m	2,4 m	2,4 m	2,4 m	2,4 m
<b>GANANCIA ANTENA</b>	28 dB	28 dB	30,5 dB	30,5 dB	30,5 dB	30,5 dB
<b>MULTIPLEXOR</b>	X	X	X	X	X	X

Tabla. 1.12. Información de Enlaces Ruta Oleoducto

## **1.4. MICROONDAS POR MULTIACCESO DIGITAL SR – 500**

### **1.4.1. Generalidades**

Este sistema es un medio económico de proveer servicios de telefonía y de transmisión de datos de calidad urbana a los abonados ubicados en zonas rurales y suburbanas. En dichas áreas; los enlaces radio eléctricos tienen una gran ventaja sobre el sistema convencional de cables, ya que proveen servicios a zonas escasamente pobladas de difícil acceso o a regiones donde el medio ambiente es muy severo o el terreno es muy accidentado.

El sistema SR – 500<sup>1</sup> es completamente transparente, es decir que durante el funcionamiento normal, la central telefónica no puede detectar ninguna diferencia entre los abonados conectados directamente y aquellos que están conectados vía el sistema SR – 500.

### **1.4.2. Distribución Sistema SR – 500 en el Distrito Amazónico**

El sistema de Microondas por Multiacceso Digital SR – 500 se encuentra en funcionamiento en el Distrito Amazónico, su finalidad es la de proporcionar servicios de voz y datos a lugares de difícil acceso, donde no han podido llegar los enlaces de microonda punto a punto por motivo de costo y ubicación.

El detalle de las características de cada una de las estaciones fijas y repetidoras se presentan a continuación, donde la estación de origen esta ubicada en la localidad de Aguarico, y de la cual se derivan enlaces punto multipunto a otras estaciones.

---

<sup>1</sup> SR-500: Sistema de Microondas Digital Punto – Multipunto de la compañía TELECOM

### 1.4.2.1. Estación Aguarico

Instalaciones Localidad	Provincia	Longitud	Latitud	Altura (m)	Distancia Enlace con estación Principal (Km)
Parahuaco	Sucumbios	76°42'58.57"W	00°05'0.75"N	312	18.44
Guarumo	Sucumbios	76°34'8.93"W	00°03'24.47"S	252	37.2
Sacha	Orellana	76°52'30.43"W	00°19'43.3"S	268	43.5

Tabla. 1.13. Información de los enlaces de la Estación Aguarico

### 1.4.2.1.1. Estación Guarumo

Instalaciones Localidad	Provincia	Longitud	Latitud	Altura (m)	Distancia Enlace con estación Principal (Km)
Sucumbios	Sucumbios	76°35'16.63"W	00°00'47.27"S	285	8.01
Shushuqui	Sucumbios	76°34'44.8"W	00°04'11.18"N	277	14.04
Shuara	Sucumbios	76°33'26.6"W	00°01'39.2"N	258	9.42
Tetete	Sucumbios	76°31'51.13"W	00°10'53.3"N	284	26.69
Pichincha	Sucumbios	76°34'26.6"W	00°01'57.7"N	253.69	2.72
Sansahuari	Sucumbios	76°17'33.32"W	00°06'40.2"N	280.2	35.95

Tabla. 1.14. Información de los enlaces de la Estación Guarumo

### 1.4.2.1.1.1. Estación Sansahuari

Instalaciones Localidad	Provincia	Longitud	Latitud	Altura (m)	Distancia Enlace con estación Principal (Km)
Cuyabeno Estación	Sucumbios	76°16'54"W	00°01'21" N	254.3	9.9
Cuyabeno Campamento	Sucumbios	76°16'49.32"W	00°01'31.33" N	245.7	9.59

Tabla. 1.15. Información de los enlaces de la Estación Sansahuari

### 1.4.2.1.2. Estación Sacha

Instalaciones Localidad	Provincia	Longitud	Latitud	Altura (m)	Distancia Enlace con estación Principal (Km)
Pucuna	Orellana	76°59'56.6"W	00°15'42.6"S	318.49	15.66
Paraíso	Orellana	77°02'15.6"W	00°20'12.37"S	272.67	18.12
Yuca	Orellana	76°46'55.9"W	00°27'56.5"S	274	18.34
Sacha Norte 1	Orellana	76°51'23.49"W	00°18'28.5"S	269.12	3.10
Sacha Norte2	Orellana	76°50'34.8"W	00°13'10.6"S	276.49	12.59

Shushufindi Norte	Orellana	76°38'47" W	00°08'58" S	260	32.5
Shushufindi Sur	Orellana	76°39'7.0" W	00°14'38" S	260	26.6

**Tabla. 1.16.** Información de los enlaces de la Estación Sacha

### 1.4.3. Equipos

A continuación presentamos la Tabla. 1.17 de las especificaciones del equipo existente.

Características	Estación Repetidora	Estación Final
<b>Marca</b>	SR Telecom	SR Telecom
<b>Modelo</b>	SR 500 R/R	SR 500 O/S
<b>Rango de Frecuencia</b>	1400 – 2700 MHz	1400 – 2700 MHz
<b>Ancho del Canal</b>	3.5 MHz	3.5 MHz
<b>Separación entre Tx y Rx</b>	49 MHz	49 MHz
<b>Potencia de Salida</b>	37 dBm	37 dBm
<b>Sensibilidad</b>	-90 dBm	-90 dBm

**Tabla. 1.17.** Información Equipos SR- 500

Se especifica el tipo de equipo que posee cada estación de este sistema punto multipunto en la Tabla.1.18.

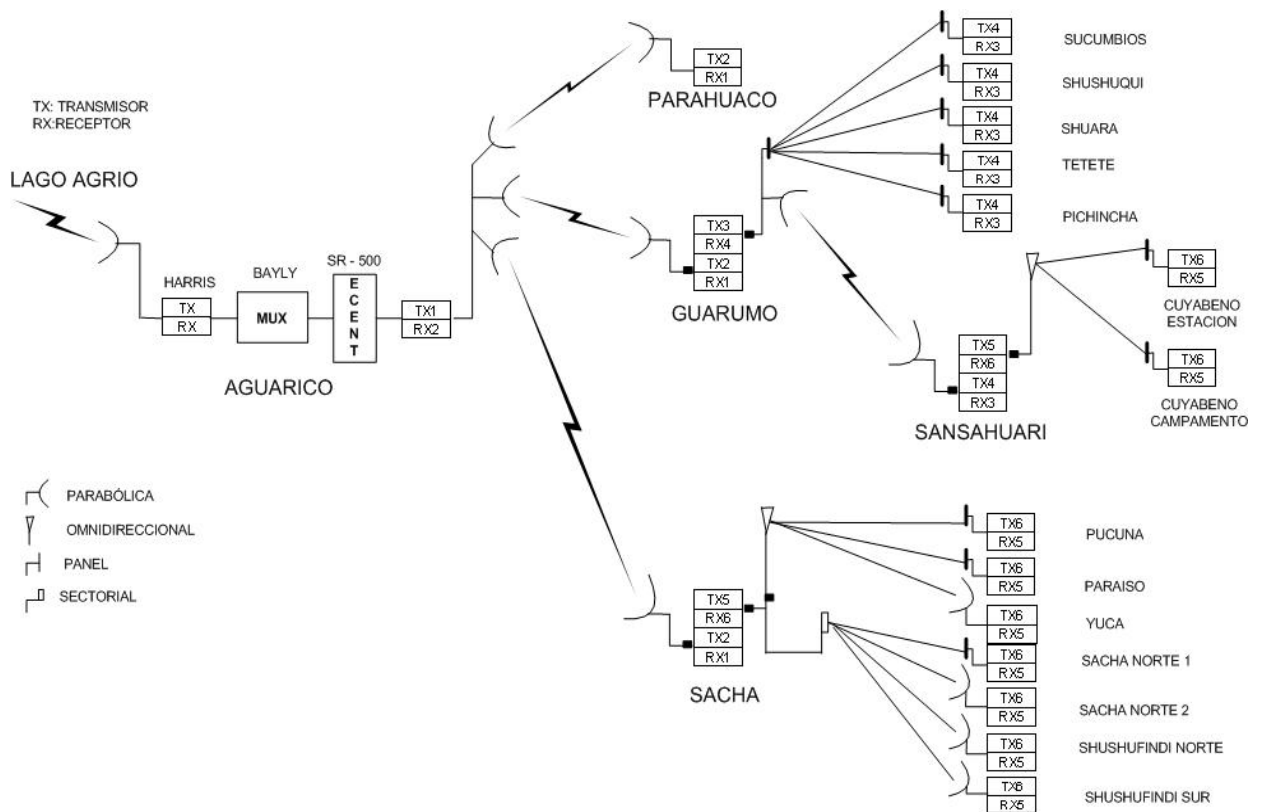
Estación	Equipo Repetidor	Equipo Final
Aguarico	X	
Parahuaco		X
Guarumo	X	X
Sacha	X	X
Sucumbios		X
Shushuqui		X
Shuara		X
Tetete		X
Pichincha		X
Sansahuai	X	X
Cuyabeno Estación		X
Cuyabeno Campamento		X
Pucuna		X

Paraíso		X
Yuca		X
Sacha Norte 1		X
Sacha Norte 2		X
Shushufindi Norte		X
Shushufindi Sur		X

**Tabla. 1.18.** Distribución de Estaciones Repetidoras y Fijas

**1.4.4. Diagrama de Sistema SR – 500 en el Distrito Amazónico**

El esquema de la distribución tanto de las estaciones fijas y repetidoras se presenta en el siguiente diagrama.



**Figura. 1.14.** Diagrama de Distribución de Sistema Punto Multipunto

## 1.5. SISTEMA MOVIL VHF

### 1.5.1. Descripción

Este sistema se encuentra en funcionamiento en el Distrito Amazónico únicamente, proporcionando un servicio de comunicación de tipo móvil tanto para radios de vehículos como para radios portátiles, con frecuencias distintas para el área de PRODUCCIÓN y el área de PERFORACIÓN como se muestra en la Tabla 1.19.

Repetidoras	Frecuencias Producción [MHz]	Frecuencias Perforación [MHz]
Lago Agrio	Tx 162.175 Rx 167.175	-----
Guarumo	Tx 142.250 Rx 142.850	Tx 142.750 Rx 143.400
Auca	Tx 162.075 Rx 167.075	Tx 162.125 Rx 167.125
Sacha	Tx 162.100 Rx 167.100	Tx 162.050 Rx 167.050
Shushufindi	Tx 162.200 Rx 167.200	-----

**Tabla. 1.19.** Frecuencias Transmisión y Recepción repetidoras Distrito Amazónico

Los datos que determinan el área de cobertura se presentan en las siguientes tablas para las distintas repetidoras. Las graficas de áreas de cobertura tanto para la cobertura que cumpla las normas del SENATEL, radios móviles y radios portátiles se presentarán en el anexo B sección B1, sección B2 y sección B3 respectivamente.

### Lago Agrio

Radiales Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>5</b>	86.21	86.2	86.21	86.2	86.21	86.21	86.21	86.21	86.21	86.21	86.21	86.21
<b>10</b>	80.19	80.2	80.19	80.2	80.19	80.19	80.19	80.19	80.19	80.19	80.19	80.19
<b>15</b>	59	63.5	71.5	71.5	63	71.5	63	63	71.5	71.5	71.5	71.5



20	54.26	71.5	65.26	56.8	57.26	57.26	57.75	57.29	65.26	65.26	65.26	65.26
25	49.91	44.9	60.41	52.4	43.41	52.41	52.91	60.41	60.41	60.41	60.41	60.41
30	45.45	40.8	56.45	51.5	40.45	48.95	39.45	56.45	65.45	48.95	47.45	41.45
35	44.1	X	43.1	48.1	X	X	X	X	53.1	53.1	53.1	40.1
40	40.96	X	43.2	45.2	X	X	X	X	50.2	50.2	50.2	50.2
45	38.65	X	X	42.7	X	X	X	X	47.65	X	47.65	X
50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	45.36	45.36	X
55	X	X	X	X	X	X	X	X	X	43.29	43.29	43.29
60	X	X	X	X	X	X	X	X	41.4	41.4	41.4	41.4
65	X	X	X	X	X	X	X	X	39.66	39.66	39.66	39.66
70	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla. 1.20. Valores de Campo Eléctrico Repetidora Lago Agrio

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>E=38.5dB<math>\mu</math>V/m</b>	45.3	333.3	41.4	52	32.7	32.8	31.3	32	68.5	68.5	68.5	68.5

Tabla. 1.21. Distancias (Km) para E=38.5dB $\mu$ V/m de Repetidora Lago Agrio

Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Movil	49.5	52	43.5	48.5	36.5	44.5	41	43.5	75	75	75	75
Portatil	18	29.5	21.5	25.5	20.5	20	20	21.5	29.5	21.5	29.5	29.5

Tabla. 1.22. Distancias Sensibilidad móviles y portátiles Repetidora Lago Agrio

## Guarumo

Radiales Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
5	85.77	85.77	85.77	85.77	85.77	85.77	85.77	85.77	85.77	85.77	85.77	85.77
10	79.75	79.75	79.75	79.75	79.75	79.75	79.75	79.75	79.75	79.75	79.75	79.75
15	65.35	65.15	67.25	69.15	74.65	74.65	74.65	74.65	74.65	74.65	74.65	69.64
20	60.6	60.4	61	57.4	68.4	68.4	68.4	68.4	68.4	68.4	68.4	62.9
25	47.75	48.55	55.75	54.38	63.55	63.55	63.55	63.55	56.55	63.55	63.55	58.15
30	42.3	45.39	59.59	50.79	54.01	59.59	59.59	59.59	59.59	59.59	52.39	59.59
35	39.25	48.45	49.15	47.65	50.45	48.75	49.35	56.25	40.45	49.35	48.15	48.95
40	X	43.35	X	45.15	53.35	43.85	46.55	46.05	X	44.35	44.75	41.25
45	X	X	X	42.29	50.79	42.79	44.09	42.79	X	42.29	40.99	X
50	X	X	X	40.51	41.5	39.9	40.7	40.5	X	X	38.6	X
55	X	X	X	X	X	X	46.43	X	X	X	X	X
60	X	X	X	X	X	X	44.54	X	X	X	X	X
65	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
70	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla. 1.23. Valores de Campo Eléctrico Repetidora Guarumo

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>E=38.5dB<math>\mu</math>V/m</b>	37	43.5	38	54	52	54	62	54	38.5	47.5	52.5	43.5

**Tabla. 1.24.** Distancias (Km) para E=38.5dB $\mu$ V/m de Repetidora Guarumo

Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Movil	38.5	44	39.8	55	51	52	62.5	56.5	37	48	52	43
Portatil	16.7	15.7	24	21	31.5	22.5	23.2	25.2	22.1	22.5	22	23

**Tabla. 1.25.** Distancias (Km) Sensibilidad móviles y portátiles Repetidora Guarumo

## Auca

Radiales Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
5	84.65	84.65	84.65	84.64	84.64	84.64	84.64	84.64	84.64	84.64	84.64	84.64
10	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63
15	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94
20	63.69	63.69	63.69	63.69	63.69	63.69	63.69	63.69	55.79	63.69	63.69	63.69
25	58.85	47.65	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85
30	47.09	45.89	46.59	54.89	44.89	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89
35	51.54	44.54	51.54	51.54	40.04	51.54	51.54	44.04	51.54	51.54	51.54	51.54
40	48.64	48.64	48.64	48.64	X	43.8	43.8	40.84	41.63	41.44	48.64	48.64
45	46.08	46.08	46.08	40.08	X	46.08	46.08	46.08	X	46.08	46.08	46.08
50	43.8	43.8	43.8	38.79	X	43.8	43.8	43.8	X	43.8	43.8	43.8
55	41.72	X	41.72	X	41.72	X	41.72	41.72	X	41.72	41.72	41.72
60	39.84	X	39.84	X	X	39.84	X	39.84	X	39.84	39.84	39.84
65	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
70	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**Tabla. 1.26.** Valores de Campo Eléctrico Repetidora Auca

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>E=38.5dB<math>\mu</math>V/m</b>	63.5	53	63.5	50.5	55.5	63.5	57	63.5	42.5	63.5	63.5	63.5

**Tabla. 1.27.** Distancias (Km) para E=38.5dB $\mu$ V/m de Repetidora Auca

Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Movil	69	51	69	48.5	57.5	69	55.5	69	50.5	69	69	69
Portatil	18.3	16.8	18.5	26.3	19.9	27.5	27.5	27.5	23.1	27.5	27.5	27.5

**Tabla. 1.28.** Distancias (Km) Sensibilidad de móviles y portátiles Repetidora Auca

## Sacha

Radiales Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
5	84.65	84.65	84.65	84.65	84.65	84.65	84.65	84.65	84.65	84.65	84.65	84.65
10	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63	78.63
15	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94	69.94
20	63.69	63.69	63.69	63.69	63.69	63.69	57.19	63.69	63.69	63.69	63.69	63.69
25	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85	58.85
30	54.89	54.89	54.89	48.08	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89
35	51.54	51.54	43.54	51.54	51.54	43.44	51.54	51.54	51.54	51.54	51.54	43.24
40	41.64	48.64	41.54	41.24	48.64	41.44	48.64	40.64	48.64	48.64	48.64	40.84
45	X	X	39.18	46.08	46.08	46.08	46.08	38.59	46.08	X	X	39.29
50	X	X	X	X	X	43.8	X	X	43.8	X	X	X
55	X	X	X	X	41.72	X	X	X	41.72	41.72	41.72	X
60	X	X	X	X	X	X	X	39.84	39.84	39.84	39.84	X
65	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
70	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla. 1.29. Valores de Campo Eléctrico Repetidora Sacha

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>E=38.5dB<math>\mu</math>V/m</b>	43	44	48.5	48.5	56	53	48.5	60.8	63.8	63.8	63.8	46.2

Tabla. 1.30. Valores de Distancias para E=38.5dB $\mu$ V/m de Repetidora Sacha

Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Movil	46.1	48.5	57.5	51.5	50	53	49.5	53	61	61	61	50.5
Portatil	23.9	26.4	20.8	22.8	27.4	20.8	23.9	23.5	27.4	26.2	27.4	20.8

Tabla. 1.31. Distancias (Km) Sensibilidad de móviles y portátiles Repetidora Sacha

## Shushufindi

Radiales Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
5	86.04	86.04	86.04	86.04	86.04	86.04	86.04	86.04	86.04	86.04	86.04	86.04
10	80.02	80.02	80.02	80.02	80.02	80.02	80.02	80.02	80.02	80.02	80.02	80.02
15	71.33	71.33	71.33	71.33	71.33	71.33	71.33	71.33	71.33	71.33	71.33	64.03
20	65.08	65.08	65.08	65.08	65.08	65.08	65.08	65.08	65.08	65.08	65.08	65.08
25	60.23	60.23	60.23	60.23	60.23	60.23	55.24	60.23	55.24	60.23	60.23	60.23
30	56.28	56.28	56.28	51.28	47.48	47.38	50.78	47.28	56.28	56.28	56.28	56.28
35	45.73	41.93	52.93	48.93	43.93	45.93	52.93	44.73	X	52.93	43.93	46.03
40	42.23	40.13	42.03	46.53	41.23	50.032	50.032	X	X	50.032	40.03	42.83

45	40.27	X	47.47	X	39.57	X	47.47	X	X	47.47	39.47	41.47
50	X	X	X	X	X	X	39.68	X	X	X	X	X
55	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
60	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
65	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
70	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**Tabla. 1.32.** Valores de Campo Eléctrico Repetidora Shushufindi

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>E=38.5dB<math>\mu</math>V/m</b>	47	43.5	47.2	43.2	47.5	43	51.5	37.5	34.1	47.1	47.1	47

**Tabla. 1.33.** Distancias (Km) para E=38.5dB $\mu$ V/m de Repetidora Shushufindi

<b>Distancia (Km)</b>	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Movil	52	47.2	52	45.2	52.5	44.3	54.6	39	37.5	49.6	51.1	48.4
Portatil	21.2	20.3	23.3	24.9	20.5	19.5	26.7	19.4	32.1	30.3	21.2	21.3

**Tabla. 1.34.** Distancias Sensibilidad móviles y portátiles Repetidora Shushufindi

## 1.6. PROBLEMAS ACTUALES DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DE PETROPRODUCCION

La red de radio digital de microondas punto a punto perteneciente a PETROPRODUCCIÓN actualmente cuenta con equipos que ya han cumplido con su tiempo de vida útil.

Este aspecto se convierte en un problema de bastante cuidado, ya que no existen repuestos para estos equipos por parte del proveedor, en este caso HARRIS, por lo cual, si se presenta cualquier inconveniente grave no habrá forma de arreglarlos y tendrán que dejar de funcionar presentando interrupciones en el servicio de comunicaciones de la empresa. Un ejemplo de estos equipos antiguos es la radio digital de microondas URBANET, que funciona en el edificio La Tribuna, el cual ya ha cumplido su tiempo de funcionamiento eficaz.

Otro problema importante que se ha presentado dentro del sistema de comunicaciones punto a punto es el de la Banda de Frecuencias que se ha utilizado hasta ahora de 2 GHz, ya que debido a la implementación de los servicios de tipo PCS<sup>1</sup> que trabajan también en esta banda (2 GHz), por lo cual se han realizado estudios para migrar a otra banda de frecuencia.

Por los dos problemas mencionados anteriormente y de acuerdo a estudios realizados meses atrás se ha decidido optar por el uso de la banda de frecuencia de 7 GHz, para lo cual ya se han conseguido la asignación de uso de las frecuencias de esta banda por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones, también ya se ha realizado la compra de equipos de radio microondas que funcionen dentro de la banda de 7 GHz que además sean modernos y cumplan con los requisitos actuales de comunicaciones para brindar un servicio de primer orden.

Esta nueva infraestructura entrará en funcionamiento en el primer semestre del año 2006, debido a que simplemente falta su instalación de acuerdo a los estudios realizados y aprobados. Por estas razones los estudios y equipos que se han descrito en el presente capítulo corresponden a los nuevos requerimientos tanto en los parámetros de frecuencia como en la actualización de equipos antiguos.

En cambio, respecto al sistema de comunicación de radio móvil VHF<sup>2</sup> convencional, el crecimiento del número de empleados que utilizan este servicio ha ocasionado que este sistema esté brindando un servicio insuficiente en cuanto al tráfico de llamadas, ya que existen pocos canales de comunicación en cada estación del Distrito Amazónico; también podemos mencionar que todos los suscriptores pueden escuchar una conversación aún así no tengan relación con ella y tampoco existe una asignación de canales donde haya prioridad de uso en casos especiales, finalmente cada suscriptor está designado a una estación en particular y no puede

---

<sup>1</sup> PCS: Sistema de Comunicación Personal, tecnología que plantea el acceso a múltiples servicios a través de un solo terminal.

<sup>2</sup> VHF: Very High Frequency, banda de frecuencias comprendidas entre 30 a 300 MHz

acceder a una comunicación si se encuentra dentro del área de cobertura de otra estación.

## **1.7. NECESIDADES DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES DE PETROPRODUCCIÓN**

Debido a los actuales requerimientos internacionales en cuanto a Sistemas de Comunicaciones en grandes empresas que manejan importante cantidad de recursos, como lo es PETROPRODUCCION, el actual sistema de comunicaciones necesita una actualización de equipos como ya lo hemos mencionado, que cumplan con los estándares internacionales.

Una gran necesidad que se ha observado, es de una interconexión total entre los usuarios de todas las estaciones del Sistema de Radio, caso que no ocurre actualmente, ya que por ejemplo, para comunicarse desde una oficina administrativa en la ciudad hacia algunos pozos y campos de exploración se debe utilizar dos medios diferentes restando la calidad y tiempo para la comunicación, factores que son importantes a la hora de resolver problemas o situaciones de interés para la empresa, razón por la cual es de gran importancia tener un sistema moderno, que utilizando y valiéndose de la infraestructura con la que se cuenta actualmente, logre comunicar a todas las instalaciones de la empresa en forma fija y también en forma móvil en lugares donde se requiera flexibilidad o sean de difícil acceso.

El Sistema de Radio Troncalizado puede ajustarse como una solución a las necesidades mencionadas anteriormente ya que utilizando el sistema de interconexión ya existente, puede comunicar en su totalidad a las instalaciones de la empresa, además de brindar un servicio privado, seguro, acomodándose adecuadamente al tráfico generado por el número de suscriptores existentes actualmente, formando grupos específicos para llamadas y permitiendo que cualquier terminal suscriptor pueda realizar una llamada independientemente de su ubicación dentro del sistema.

Otro aspecto necesario para dar servicios óptimos y de buena calidad es la de administrar, monitorear y controlar cualquier aspecto que se presente con respecto a todos los equipos y enlaces en el sistema de comunicaciones que posee PETROPRODUCCIÓN.

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. INTRODUCCIÓN

La Tecnología de las Comunicaciones ha ido evolucionando brindando soluciones a diversas aplicaciones y mercados. Con el tiempo estos mercados han ido exigiendo a sus comunicaciones nuevas prestaciones como pueden ser: mayor control sobre la red, definición de perfiles de usuarios, mayor capacidad de tráfico, confiabilidad ante fallas, áreas de cobertura extendida, etc. Estos nuevos requerimientos hicieron que los Sistemas de Radio convencionales de comunicaciones se vean superados y nazca una nueva tecnología denominada **Sistema de Radio Troncalizado**.

Pero también se deben tomar en cuenta consideraciones de administración, monitoreo y control de todos los elementos que forman parte de una red, por lo cual, una repuesta para optimizar los servicios de esta red es el **Sistema de Gestión de Red**, el cual, se ha convertido en un elemento fundamental para hacer más eficientes los procesos empresariales, alcanzar nuevos mercados, ganar en competitividad y aumentar los ingresos, mantener la rapidez, fiabilidad y seguridad de las redes.

#### 2.2. SISTEMA TRONCALIZADO

En esta sección se presentan las causas para el origen y desarrollo del Sistema Troncalizado, su descripción, arquitectura, características generales, elementos y tipos de equipos que se utilizan dentro de esta tecnología. Por último se describen



las clases más conocidas de éste sistema pero en especial se trata a profundidad los estándares TETRA, APCO 25 y MPT 1327.

## 2.2.1. Consideraciones Generales

### 2.2.1.1. Antecedentes

El rápido crecimiento de los servicios móviles terrestres ha generado una presión continua en las autoridades reguladoras, para proveer espectro RF<sup>1</sup> adicional y acomodar nuevos usuarios.

Las industrias se han inclinado a buscar una mayor eficiencia en el manejo del espectro, para permitir nuevas licencias de operación. En los últimos años, dos conceptos de sistemas han recibido mayor atención, como soluciones transitorias al crecimiento de la demanda: el concepto de los sistemas celulares y el de los sistemas de troncal de UHF<sup>2</sup>.

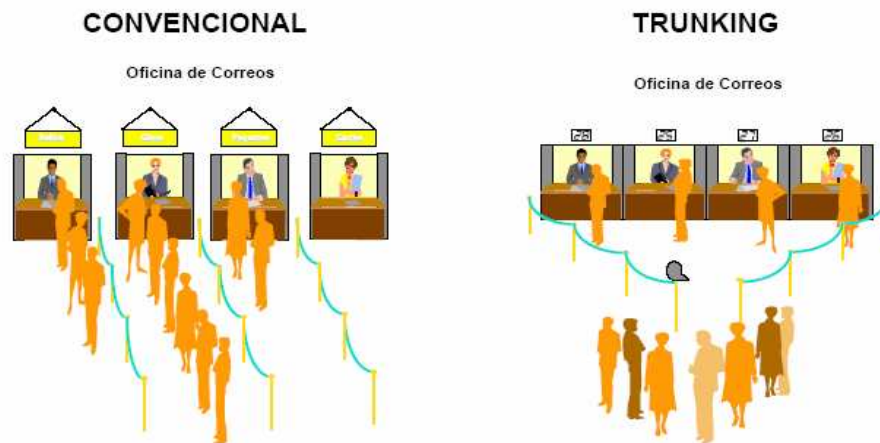
Para comprender mejor el sistema troncalizado, vale la pena saber como funciona el **Sistema Convencional RF**. En éste sistema cada grupo de usuarios cuenta con un canal determinado. Si un usuario desea comunicación con otro usuario de otro grupo, debe cambiar su radio al canal respectivo. De esta manera si el canal al cual está asignado el usuario se encuentra ocupado éste no puede transmitir su mensaje.

Para ilustrar como trabaja un sistema convencional de RF y un sistema de radio troncalizado, pensemos en una oficina de correo. Para el primer sistema, los clientes pueden hacer una cola de acuerdo al tipo de transacción que requieran realizar, esto podría crear largas colas en algunas de las ventanillas mientras otras podrían estar libres, como se puede observar en la Figura 2.1.

---

<sup>1</sup> RF: Radio Frecuencia, utilizado para equipos microondas

<sup>2</sup> UHF: Ultra High Frequency, banda de frecuencia comprendida entre 300 a 3000 MHz.



**Figura. 2.1.** Comparación Sistema Convencional – Sistema Troncalizado

En cambio, la analogía del sistema troncalizado, es crear una sola cola para todas las ventanillas. El primer usuario en la cola se moverá a la primera ventanilla libre, el segundo a la siguiente ventanilla libre y así sucesivamente como se observa en la Figura 2.1. Esto elimina las largas colas y la forma ineficiente de acceder a las ventanillas que presentaba el sistema anterior

### 2.2.1.2. Descripción

El **Sistema de Radio Troncalizado** recibió su nombre de la “línea interurbana” que se utiliza en comunicaciones comerciales telefónicas. Donde se puede comparar con un “tronco” a la trayectoria de comunicación entre dos o más puntos, típicamente entre la sede de la compañía telefónica y uno o más usuarios. La línea interurbana es compartida al mismo tiempo con varios y diversos usuarios, pero los usuarios del servicio telefónico no necesitan estar enterados de este compartimiento. Un usuario realiza una llamada a otro y la termina; el funcionamiento interno del sistema de teléfono es transparente a los usuarios.

La forma de comunicarse por Radio Troncalizado es absolutamente similar a tales sistemas de teléfono. Las unidades de radio que transmiten y reciben se pueden comparar como las partes a llamar y recibir, y el sistema de radio troncalizado se

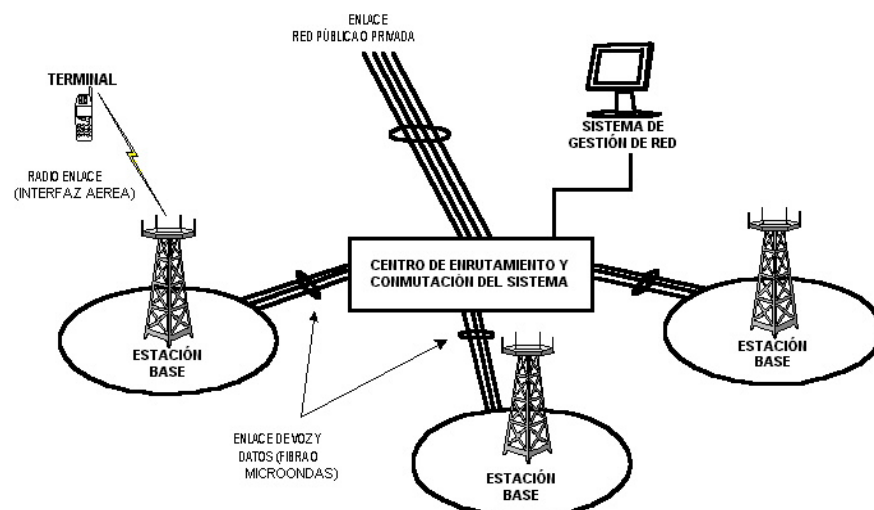
puede compararse como el equipo de la compañía de teléfono. En vez de las líneas telefónicas, el sistema de radio utiliza los Canales de Radio para realizar llamadas.

El Sistema de Radio Troncalizado es un sistema que maneja un grupo de trayectos “troncales” en el cual los usuarios comparten todos los canales disponibles evitando así que dependan de un canal determinado y no puedan transmitir su mensaje si éste se encuentra ocupado, aumentando la eficacia del sistema de radio dinámicamente.

### 2.2.1.2.1. Arquitectura de la Red del Sistema de Radio Troncalizado

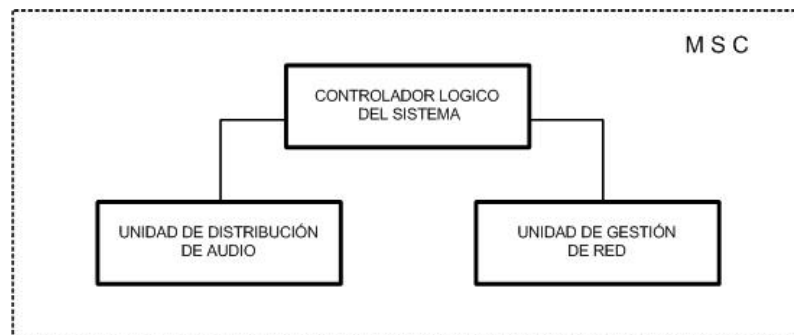
La Arquitectura de Red del Sistema de Radio Troncalizado mantiene los mismos principios de las arquitecturas de sistemas de comunicaciones móviles, cuyos elementos se presentan en la Figura 2.2 y son los siguientes:

- Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema (MSC)
- Estación base (BS)
- Terminal suscriptor
- Enlaces
- Sistema de Gestión de Red (NMS)



**Figura. 2.2.** Arquitectura de Red de Sistema de Radio Troncalizado

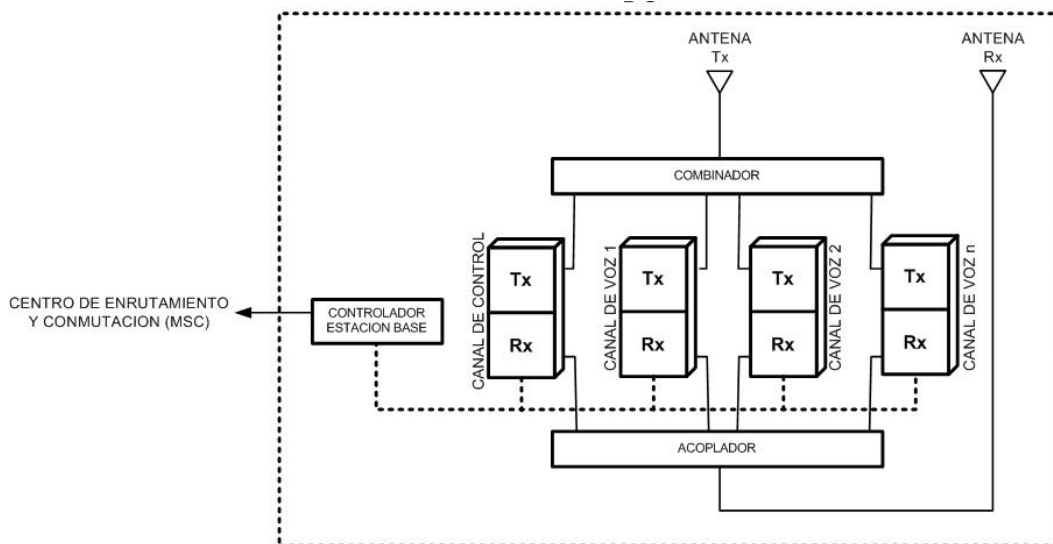
• **Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema (MSC):** También llamado Central de Control, son estaciones fijas que controlan automáticamente el Sistema de enrutamiento y conmutación de voz y datos, también se encarga del funcionamiento de las estaciones base. Está compuesto por tres unidades: Controlador Lógico del Sistema, Unidad de Distribución de Audio y la Unidad de Gestión de Red (NMS).



**Figura. 2.3.** Estructura del MSC

- **Controlador Lógico del Sistema:** Es el cerebro del MSC, se encarga de recibir las peticiones de todo tipo de llamadas y envía mensajes hacia los sitios de repetición (BS), a través del Canal de Supervisión del Sistema, con la información de identificación (ID) de los usuarios o grupos que requieren la comunicación. Interactúa de forma continua con las unidades de Gestión y Distribución de Audio.
- **Unidad de Distribución de Audio:** Está encargado de establecer las rutas para todo tipo de llamadas individuales o grupales requerida por los usuarios dentro del sistema
- **Unidad de Gestión de la Red:** Administra todas las funciones de Gestión de Red como: fallas, administración, contabilidad, desempeño y seguridad de los equipos de red y de los terminales.

- **Estación Base (BS):** Son estaciones fijas que pueden ser controladas por una unidad de control, dando acceso al usuario al sistema, en esa región o área, y así permitiendo la comunicación entre usuarios.



**Figura. 2.4.** Esquema de BS

Físicamente la BS está compuesta por equipos repetidores para  $n$  canales de voz y una para canal de control como se muestra en la Figura 2.4, todos los transmisores están conectados a un Combinador de señal el cual envía, en una misma señal, la información de todos los transmisores hacia la antena transmisora. En cambio la señal que llega desde la antena receptora entra en un Multiacoplador que distribuye la señal hacia el repetidor que corresponda la señal. Finalmente todas las repetidoras se conectan a un Controlador Central el cual administra la distribución de los canales y sirve para interconectar a la BS con el MSC o con otra red pública (PSTN) o con centrales telefónicas privadas (PABX).

- **Terminal Suscriptor:** Es una estación dotada de movilidad.

- **Enlaces:** Son redes de transmisión de voz y datos a través de microondas, fibra u otros medios. Con el fin de interconectar la Central de Control con las estaciones base o con otras Centrales de Control.
  
- **Sitios de Repetición:** Este término es utilizado para describir a una estación base junto con el área a la cual da servicio. Un sistema de comunicaciones móviles puede estar compuesto por uno o más sitios de repetición.
  
- **Sistema de Gestión de Red (NMS):** Se encarga del monitoreo, control y mantenimiento de la infraestructura y los equipos de la red, mediante la administración y el censo de las alarmas específicas de la red.

**Tipos de canales.-** Las troncales pueden ser de dos tipos de canal de radio: control (o datos) y canales del tráfico (o voz). Un canal de control se debe señalar en cada sitio y los canales restantes se utilizan como canales del tráfico.

- **Canal del Control:** se utiliza para enviar la información digital entre las unidades de radio y la información que controla la operación del sistema.
- **Canales de Tráfico:** se utilizan para realizar comunicaciones reales (voz o datos) entre las radios.
- **Canal de Supervisión:** es un canal de datos directo entre el controlador maestro y cada sitio de repartición. Lleva información bidireccional sobre el uso de los canales, pedidos de canal, alarmas, supervisión y otros parámetros internos del sistema.

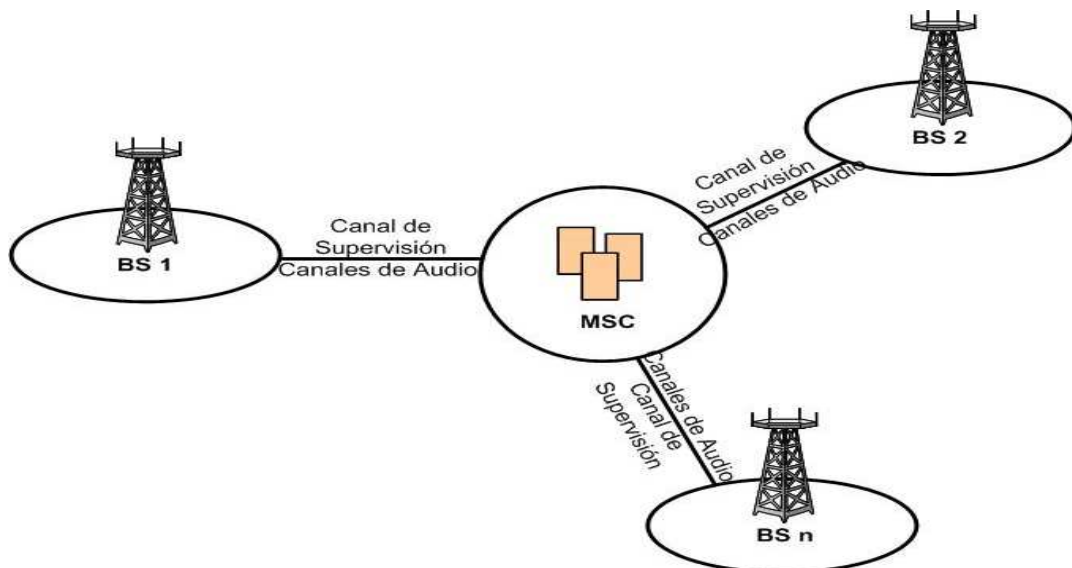
### **Tipos de Configuración de Red**

Existen algunos tipos de configuraciones de red para los Sistemas de Radio Troncalizado. Entre las importantes configuraciones tenemos las siguientes:

**Red Local.-** Son redes de tamaño pequeño y mediano conformado por una sola MSC que controla y administra todas las BS del sistema, a través de dos tipos de canales:

- 1 Canal de Supervisión
- n Canales de Voz

Generalmente se las utiliza en empresas pequeñas con influencia en un área geográfica limitada con pocos empleados. Existen varios tipos de topologías como por ejemplo de Estrella, malla o de bus.



**Figura. 2.5.** Configuración Red Local

**Red Regional:** Éste es un tipo de configuración de red de tipo regional, nacional o internacional, se caracteriza por estar compuesto de 2 o más redes locales, dependiendo del tamaño de la empresa, está compuesta de varias MSC para una mejor organización y necesitan dos tipos de canales para poder realizar la interconexión total de la red

- Canal de control de datos, existe un canal de este tipo entre cada par de MSC interconectadas y sirve para coordinar una llamada que involucre sitios en más de una de las áreas locales.

- Canal de control de audio, el cual es necesario para encaminar el audio de algún área requerida para la localización de los miembros de un grupo de conversación.

También se necesitan nuevos módulos de Hardware y Software que sirven como interfaz para la interconexión entre áreas locales. Este tipo de configuración permite crear un sistema de operación de red homogéneo sobre áreas geográficas extensas.

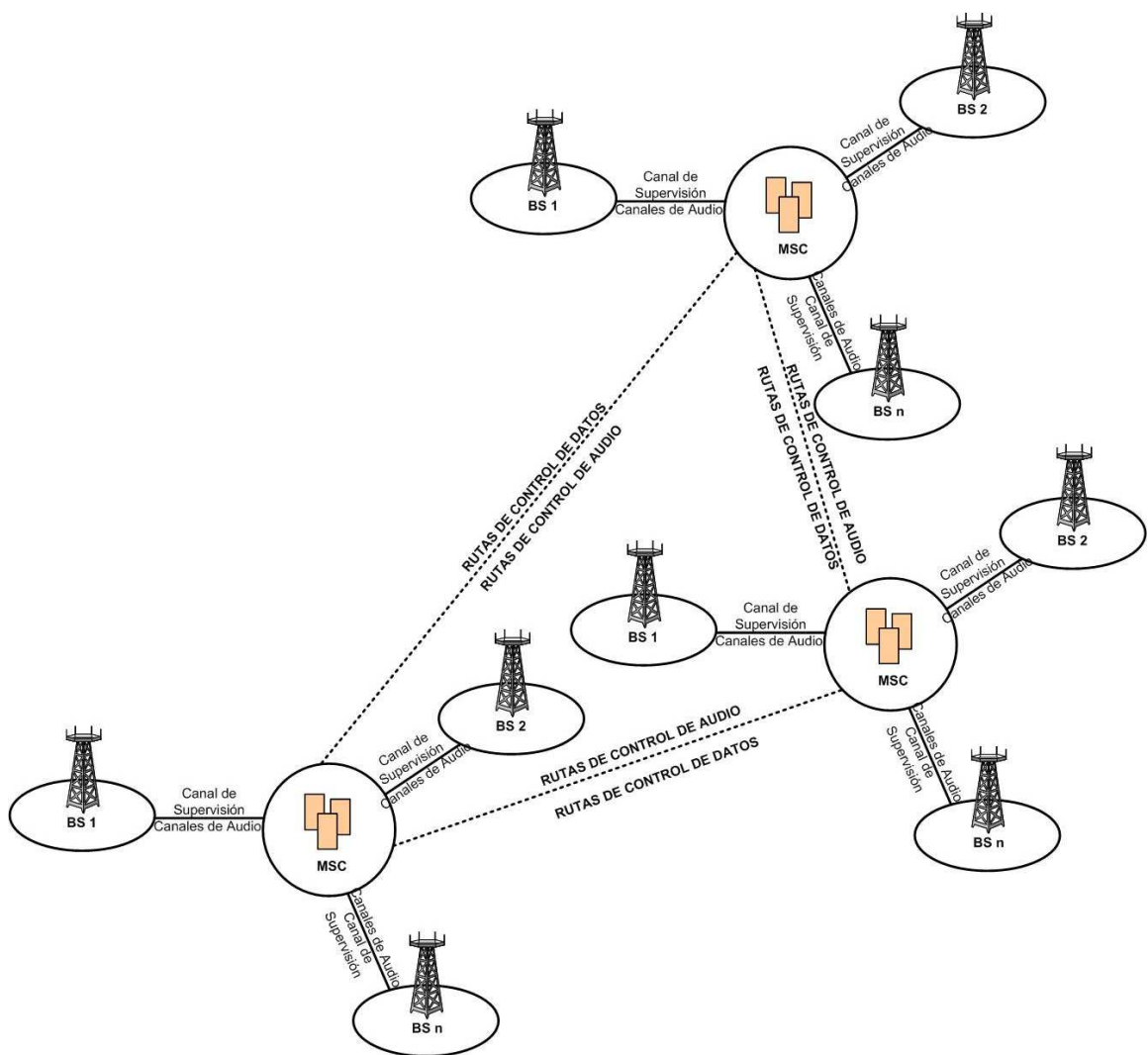
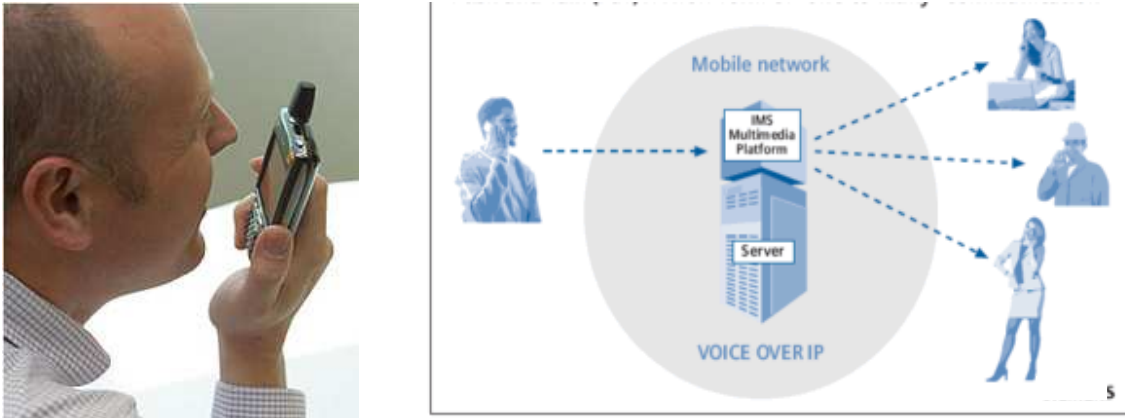


Figura. 2.6. Configuración Red Regional



### 2.2.1.2.2. Procesos Básicos de llamada del Sistema de Radio Troncalizado

**Funcionamiento PTT.-** El **Push to Talk**, se podría traducir como *Presionar para hablar*, comúnmente abreviado como **PTT**, es un método para hablar en líneas half – duplex<sup>1</sup> de comunicación.



**Figura. 2.7.** Funcionamiento PTT

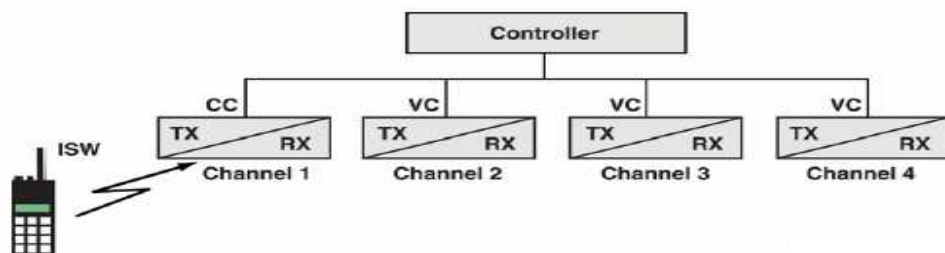
Cuando se presiona el botón para hablar (llamado PTT = push to talk) el terminal móvil funciona con un sólo canal para todos los usuarios del mismo grupo, éste transmite por el canal de control un aviso de que quiere transmitir y la red responde con el número de canal a usar. El móvil se sintoniza en ese canal y emite un tono para que el usuario se ponga a hablar siempre que haya un canal disponible. Al soltar el botón PTT, se libera el canal y otro usuario lo puede usar.

**Proceso de Llamada.-** Un sistema troncalizado permite a los usuarios comunicarse unos con otros cuando estos lo necesiten y en cualquier área de cobertura. Todas las comunicaciones dentro del sistema son denominadas como una “llamada”. Una llamada es una instancia específica del sistema, lo cual permite un servicio apropiado de configuración, registro y afiliación de usuarios a este sistema.

<sup>1</sup> HALF-DUPLEX: Comunicaciones que utilizan dos frecuencias, una para transmisión y la segunda para recepción.

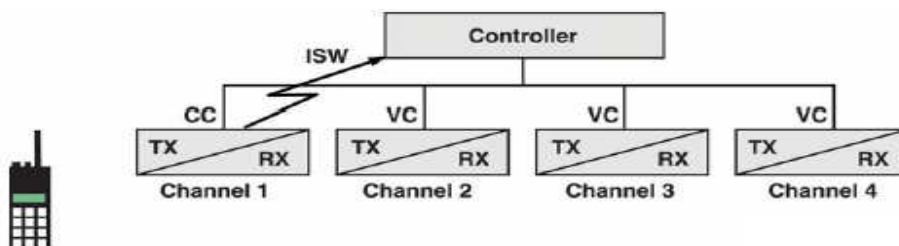
A continuación describiremos paso por paso el proceso básico de una llamada:

- a) Cuando un usuario presiona el botón PTT del radio, el terminal envía una señal de datos en forma de una Palabra de Señal de Entrada (ISW) hacia el canal de control. El ISW contiene la identificación de la señal de radio (ID) y una indicación del tipo de llamada que se desea realizar. El ISW es una petición para la localización de un canal de voz cuando se requiere una llamada.



**Figura. 2.8.** Petición de Llamada

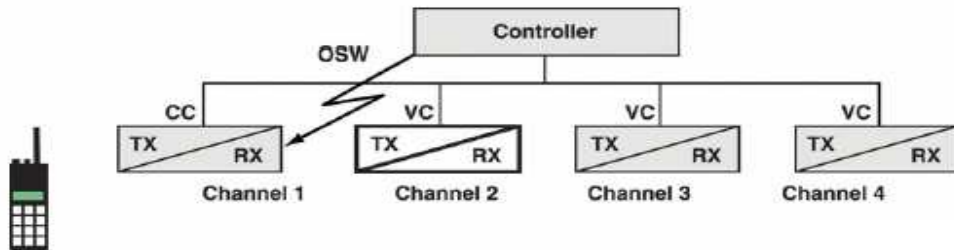
- b) El canal de control envía el ISW recibido hacia el controlador central. El controlador central busca dentro de su base de datos una ID correspondiente a la recibida, el ISW contiene la información del grupo de conversación seleccionado. El controlador central actualiza la base de datos para realizar la llamada requerida para el grupo de conversación.



**Figura. 2.9.** Controlador Central Recibe Petición

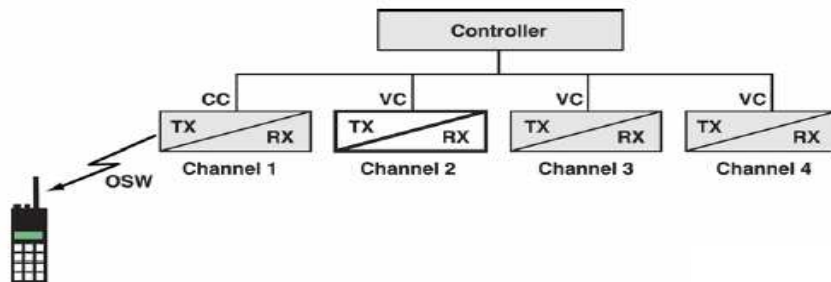
- c) El controlador central procesa el ISW y asigna uno de los repetidores libres para el grupo de conversación al que pertenece el usuario que realizó la petición. El controlador central envía una Palabra de Señal de Salida (OSW)

sobre el canal de control. El OSW contiene el ID del grupo de conversación y el ID de la unidad de radio que solicitó la llamada, así como la información del canal de voz asignado.



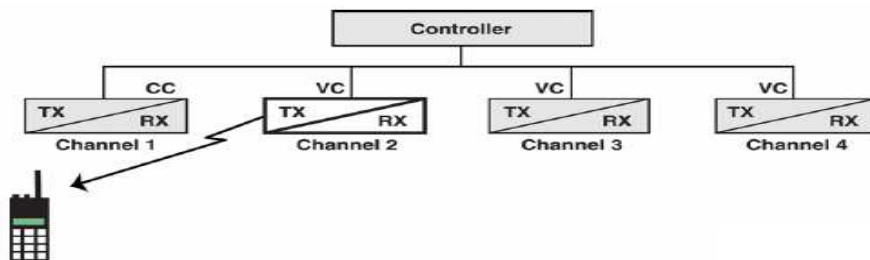
**Figura. 2.10.** Sistema Controlador envía Comando de Palabra de Salida

- d) Todos los radios que están monitoreando el canal de control, reciben el OSW transmitido y examinan el contenido del ID del grupo de conversación en el OSW.



**Figura. 2.11.** Usuario recibe Información del Canal Asignado

- e) Todos estos radios asignados al grupo de conversación asociado con el ID del grupo de conversación dentro del OSW conmutan su frecuencia hacia el canal de voz asignado.



**Figura. 2.12.** Usuario conmuta hacia el Canal de Voz

- f) El controlador central ahora envía un handshake<sup>1</sup> de baja velocidad (LSHS) sobre el canal de voz. Todos los radios que han conmutado hacia el canal de voz reciben el LSHS. El LSHS causa que todos los radios que lo han recibido activen sus receptores e ingresen al proceso de transmisión.

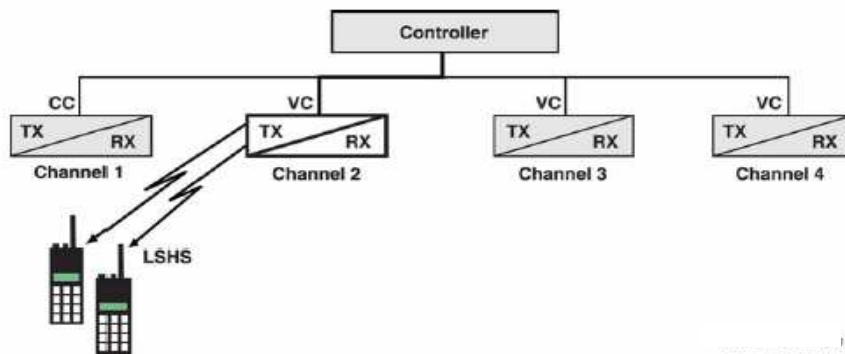


Figura. 2.13. Radios Receptores en el Canal de Voz

- g) En esta inicialización los radios transmiten voz y un tono de conexión sub audible. El tono de conexión es utilizado para informar al controlador de la actividad del canal de voz.

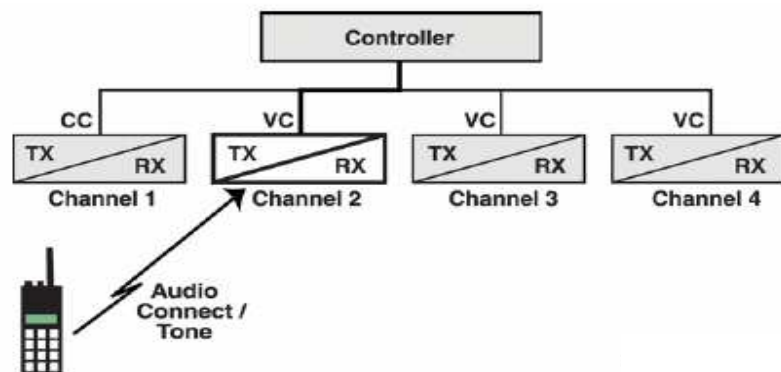


Figura. 2.14. Radios Transmisor en el Canal de Voz

- h) El controlador continúa enviando el LSHS dentro del Canal de Voz asignado durante toda la transmisión. Éste es usado para mantener a los radios receptores trabajando dentro del Canal de Voz.

<sup>1</sup> HANDSHAKE: Intercambio de una serie de señales conforme para confirmar que se utiliza la misma norma en las dos estaciones antes de comenzar la comunicación de datos entre ellas

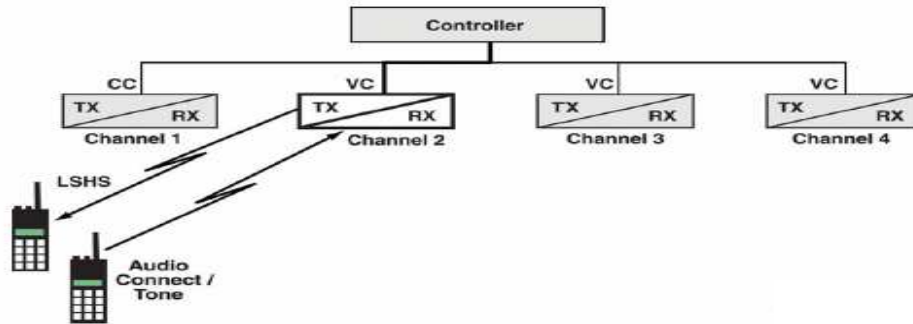


Figura. 2.15. Llamada en proceso

- i) Cuando el usuario del radio libera el botón PTT el radio transmite un tono de desconectado hacia el Controlador, indicando que la transmisión ha sido finalizada.

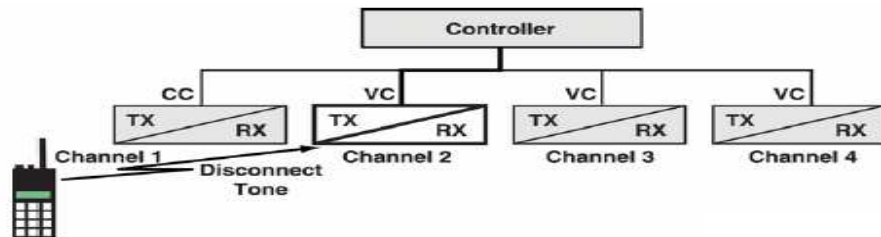


Figura. 2.16. Fin de Transmisión

- j) Cuando la llamada es completada, los radios de éste grupo de conversación conmutan hacia la frecuencia de canal de control nuevamente. El Canal de Voz asignado anteriormente ahora regresa a estar disponible para otras llamadas.

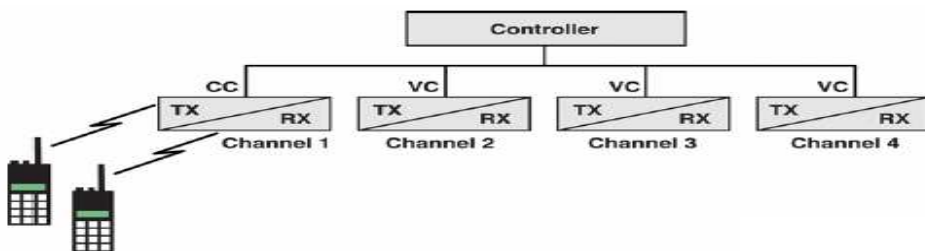
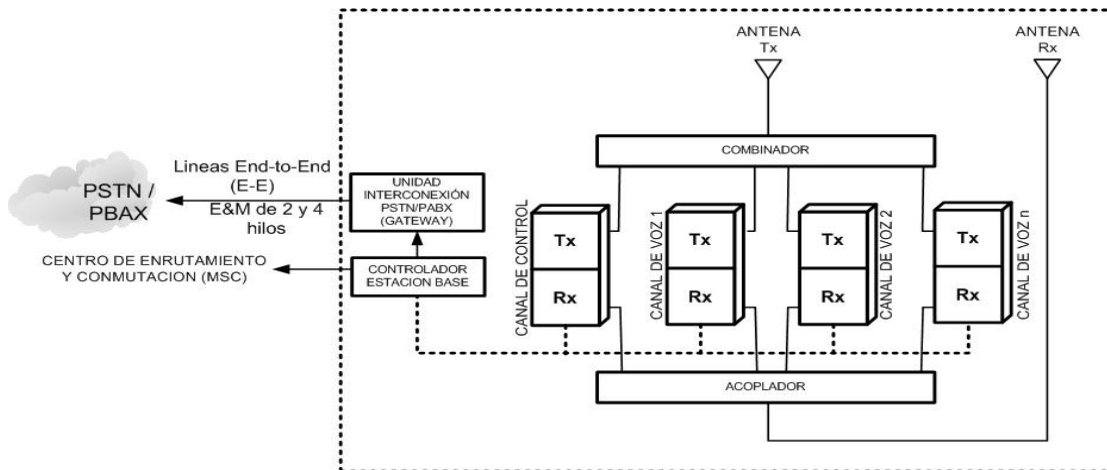


Figura. 2.17. Retorno hacia el Canal de Control

Nota: mientras la llamada anteriormente descrita está en progreso, algún radio dentro de otro grupo de conversación puede también iniciar una llamada y ésta será

asignada a un Canal de Voz disponible de la misma manera a la antes descrita. Adicionalmente, el controlador continúa la transmisión de OSWs sobre el canal de control. Estas OSWs contiene la asignación de Canales de Voz para todas las llamadas activas. Dicha información es usada por algún radio que necesite ser regresado a su estado inicial después de que la llamada ha sido realizada.

**Interconexión con redes Telefónicas.-** Las Redes de Radio Troncalizado presentan interfaces de línea configurable End-to-End (E-E) para la interconexión con la Red Telefónica Pública PSTN e interfaces E&M<sup>1</sup> de 2 y 4 hilos con centrales privadas PABX, esto se lo hace aumentando una unidad extra (Gateway<sup>2</sup>) para poder realizar dicha comunicación entre redes.



**Figura. 2.18.** Interconexión Sistema de Radio Troncalizado con Redes Telefónicas

La comunicación se puede hacer desde una red telefónica hacia un móvil troncalizado o desde un móvil troncalizado hacia la red telefónica:

- **Acceso desde Radio a PSTN o PABX:** Para llamar desde un radio hacia una red telefónica, el radio usuario tiene la opción de presionar el botón asignado para llamadas telefónicas, esperar tono e ingresar el número de teléfono. Si los canales de interconexión están ocupados recibe una señal de ocupado y la llamada es ubicada en una cola de espera.

<sup>1</sup> E&M: Oído y Boca. Protocolo de señalización e interfaz para recepción y transmisión analógica

<sup>2</sup> GATEWAY: Dispositivo de comunicaciones que transfiere datos entre redes que tienen funciones similares pero implantaciones diferentes.

- **Acceso desde PSTN o PABX hacia un Radio:** Para este tipo de llamadas una persona externa marca un número asignando al modulo de interconexión (Gateway) del sistema troncalizado. Si existe un canal de interconexión libre un tono es escuchado y se puede ingresar el ID de seis dígitos correspondiente al usuario del sistema. Una señal de llamada alerta al radio usuario para presionar el botón de llamada telefónica y responder la llamada.

### 2.2.1.2.3. Troncalización

Los sistemas de Radio Troncalizado confían en la Troncalización para ubicar un número grande de usuarios en un espectro radio limitado. La troncalización posibilita a los usuarios a acceder a los canales disponibles bajo demanda, y explota el comportamiento estadístico de los mismos para acomodar un número fijo de canales o circuitos a los requerimientos de una comunidad de usuarios grande y aleatoria.

Se establece un compromiso entre el número de canales disponibles y la probabilidad de que un usuario en particular no encuentre un canal disponible durante los períodos picos de llamadas. Si este es el caso, se dice que el usuario está bloqueado y el sistema puede negar el acceso con la consiguiente pérdida de la llamada o puede mantenerse en una cola de espera hasta que se disponga del circuito pertinente.

**Términos utilizados en la teoría de la Troncalización.-** Los términos más utilizados dentro del cálculo de tráfico para un Sistema de Radio Troncalizado son los siguientes:

- o **Tiempo de establecimiento:** tiempo requerido para proporcionar un canal a un usuario que lo solicita.
- o **Llamada bloqueada:** llamada que no puede completarse en el momento en que se solicita debido a congestión.
- o **Duración media de la llamada** (Holding time – H)

- **Intensidad de tráfico (A):** medida de la ocupación media del canal en Erlangs<sup>1</sup>.
- **Carga:** intensidad de tráfico a lo largo del sistema troncalizado completo.
- **Grado de Servicio (GOS):** medida de la congestión especificada como una probabilidad de bloqueo de llamada (Erlang B) o como probabilidad de que la llamada sea atendida después de un intervalo especificado (Erlang C).
- **Tasa de requerimientos ( $\mu$ ):** número medio de pedidos de llamada en la unidad de tiempo.

**El Grado de Servicio (GOS).**- es una medida de la habilidad de un usuario de acceder a un Sistema Troncalizado durante la hora de mayor ocupación. Esta hora pico se establece de la estadística de la demanda de los usuarios en una semana, mes o año. El GOS típicamente se entrega como la probabilidad de que una llamada sea bloqueada o como la probabilidad de que la llamada experimente un retardo mayor en su establecimiento que un tiempo de espera especificado (encolamiento).

La intensidad de tráfico ofrecida por cada usuario se mide en Erlangs, y corresponde al producto entre la duración media de la llamada, H y el número medio de llamadas,  $\mu$  que realiza en la unidad de tiempo:

$$A_u = \mu H$$

Para un sistema que posee U usuarios y un número no específico de canales, la intensidad de tráfico total ofrecido A, está dado como:

$$A = UA_u$$

Además, en un sistema troncalizado de Ch canales, si el tráfico es igualmente distribuido entre canales, entonces la intensidad de tráfico por canal, está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{ch} = UA_u / Ch$$

---

<sup>1</sup> Erlang: Es una medida de tráfico en telecomunicaciones y representa el uso continuo de un canal de voz



Pero para la mayoría de casos, los datos se los obtienen de forma estadística proporcionando  $\bar{H}$  y  $\bar{\mu}$  que son valores promedio de duración medio de llamada y número medio de llamada respectivamente para el conjunto de usuarios a los que se brindará el servicio, donde la intensidad de tráfico total también puede ser calculada por medio de la siguiente fórmula.

$$A = \bar{H} * \bar{\mu}$$

**GOS para sistemas troncalizados con pérdidas de llamadas.**- Nos referimos a sistemas que en caso de bloqueo de llamadas deniegan el acceso al sistema y liberan la llamada inmediatamente. Para su estudio se asume que los requerimientos de llamadas aparecen obedeciendo a una distribución de Poisson.

También se asume que:

- ▣ El número de usuarios es muy grande (tiende a infinito) y el número de canales disponibles es finito.
- ▣ No se pone ninguna restricción respecto de los requerimientos de llamada. La probabilidad de ocupación del canal es exponencial

Este tipo de sistemas se conoce como de colas M/M/m, y la probabilidad de bloqueo de llamadas (GOS) se determina por la conocida fórmula de Erlang B, donde Ch es el número de canales ofrecidos por el sistema troncalizado, y A es el tráfico total ofrecido.

$$\Pr [\text{bloqueo}] = \frac{A^{Ch}}{\sum_{k=0}^{Ch} \frac{A^k}{k!}} = GOS$$

La fórmula de Erlang B proporciona una estimación conservadora del GOS, y evita una excesiva e innecesaria complejidad en el cálculo.

**GOS para sistemas troncalizados con encolamiento de llamadas.-** Este tipo de sistemas se conoce como de llamadas bloqueadas retardadas, y su GOS se determina por la probabilidad de que una llamada bloqueada deba esperar en la cola más allá de un intervalo especificado. El GOS se calcula usando la fórmula de Erlang C, donde  $Ch$  es el número de canales ofrecidos por el sistema troncalizado, y  $A$  es el tráfico total ofrecido:

$$\Pr[\text{retardo} > 0] = \frac{A^{Ch}}{A^{Ch} + Ch! \left(1 - \frac{A}{Ch}\right) \sum_{k=0}^{Ch-1} \frac{A^k}{k!}}$$

El retardo promedio  $D$  de las llamadas en la cola en un sistema de este tipo se calcula por:

$$\begin{aligned} \Pr[\text{retardo} > t] &= \Pr[\text{retardo} > 0] \Pr[\text{retardo} > t \mid \text{retardo} > 0] \\ \Pr[\text{retardo} > t] &= \Pr[\text{retardo} > 0] \exp\{-(Ch - A)t / H\} = GOS \\ D &= \Pr[\text{retardo} > 0] \frac{H}{Ch - A} \end{aligned}$$

**Eficiencia del Troncalizado.-** Es una medida del número de usuarios a los que puede atenderse con un GOS especificado para un número de canales fijos. La forma en que los canales se agrupan puede alterar sustancialmente el número de usuarios manejados por el sistema troncalizado.

#### 2.2.1.2.4. Características del Sistema de Radio Troncalizado

Dentro de las características más importantes que tiene un Sistema de Radio troncalizado se describirán las técnicas de traslado (Handoff) y los tipos que existen para realizar la comunicación en el sistema.



Para poder implementar este mecanismo, durante una llamada en progreso el equipo del canal de voz en la estación base está supervisando continuamente la calidad de la radio transmisión. Se pueden efectuar los siguientes chequeos:

- Intensidad de la señal de radio frecuencia
- Relación portadora / interferencia en la Señal de Supervisión de Audio (SAT) y su retardo.

En base a estas mediciones se pueden diferenciar dos tipos de handoff

- **El basado en la intensidad de la señal.**

En este caso el nivel del umbral de la intensidad de señal para que ocurra un handoff es de  $-100\text{dBm}$  en un sistema con ruido limitado y de  $-95\text{dBm}$  en un sistema con interferencia limitada.

Este tipo de handoff es fácil de implementar. El localizador del receptor mide todas las intensidades de señal de todos los receptores en la estación base. No obstante la intensidad de la señal recibida (Received Signal Strength RSS) incluye interferencia.

$$\text{RSS} = \text{S} + \text{N}$$

donde S es la potencia de la señal portadora y N el ruido.

Supongamos que se establece un nivel de umbral para RSS, entonces puede suceder que RSS esté por encima del umbral debido a la componente N en la señal recibida, la cual en ciertas ocasiones puede ser muy potente, en esta situación el handoff teóricamente debería ocurrir pero no es así.

Ahora bien, supongamos otra situación donde N es de poca intensidad pero también lo es RSS, en esta situación la calidad de voz es usualmente buena aun cuando el nivel de RSS sea bajo, pero debido a la baja intensidad de RSS ocurre un handoff innecesario.

Por lo tanto se puede deducir que es una cota fácil de manejar pero no da un método muy certero para determinar cuando deben ocurrir los handoffs.

- **El basado en la relación Señal / Ruido (S/N).**

En este caso el valor de S/N para que ocurra un *handoff* debe ser de 18dB (usualmente en el límite de la celda) de modo tal debe tener una buena calidad de voz. Algunas veces un valor menor de S/N puede ser usado por razones de capacidad.

La unidad de canal de voz genera un tono continuo, SAT, el cual es adicionado a la voz transmitida (El SAT no interferirá con la voz transmitida porque su frecuencia está por encima de las frecuencias de voz). En algunos sistemas se usa la información de SAT (Supervisory Audio Tone) junto con el nivel de la señal recibida para determinar cuando debe ocurrir el handoff. El handoff puede ser controlado mediante el uso de la relación S/N, que se obtiene de:

$$\frac{S+N}{N} = S/N$$

Se puede establecer un nivel basado en S/N, dado que S decae en función de la distancia pero N es independiente de la ubicación. Si el handoff depende de S/N, y S/N disminuye, esto puede ser en respuesta al incremento en la distancia de propagación o en la interferencia. En ambos casos el handoff debe ocurrir.

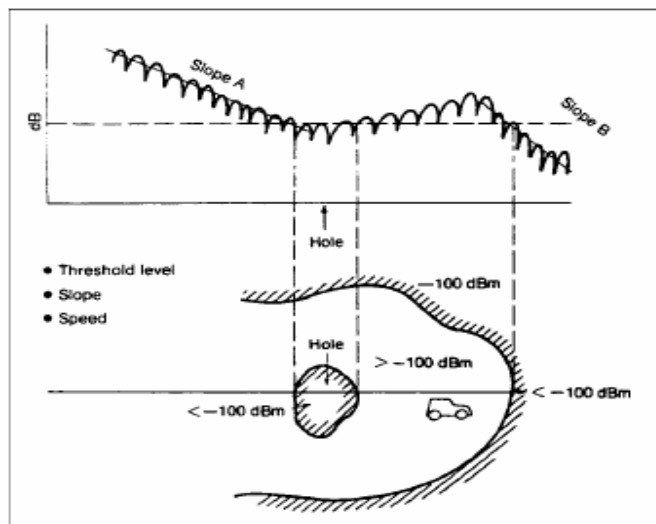
### **Inicialización del Handoff.**

En la estación base la intensidad de señal es siempre monitoreada a través de un canal inverso de voz. Cuando la intensidad de la señal alcanza el nivel de handoff (mayor que el nivel de umbral para la mínima calidad de voz requerida), la estación base envía un pedido al MSC para realizar un handoff en la llamada.

Una decisión inteligente puede ser también realizada en la estación base tal como si el handoff debiera ser realizado inmediatamente o posteriormente. Si un handoff

innecesario es pedido, la decisión fue apresurada. Si un handoff fallido ocurre la decisión fue tomada muy tarde.

La siguiente aproximación es usada para realizar un handoff exitoso y para eliminar cualquier handoff innecesario. Supongamos que  $-100\text{dBm}$  es el nivel de umbral en límite de la celda para el cual debería ocurrir un handoff. Dado esto se debería establecer un nivel por encima de los  $-100\text{dBm}$  digamos  $-100\text{dBm} + \Delta\text{dB}$  y cuando la señal recibida alcanza este nivel el pedido de handoff es iniciado. Si el valor de  $\Delta$  es fijo y grande, el tiempo que se requiere para ir de  $-100\text{dBm} + \Delta\text{dB}$  a  $-100\text{dBm}$  es mayor. Durante este tiempo muchas situaciones pueden ocurrir, tales como la unidad móvil de vuelta y regrese hacia la estación base o se detenga. Por lo tanto la señal nunca caerá por debajo de los  $-100\text{dBm}$ . Esto es, muchos handoff innecesarios pueden ocurrir simplemente porque se realiza una acción demasiado apresurada. Si  $\Delta$  es pequeño no habrá tiempo suficiente para realizar el handoff en la estación base y muchas llamadas pueden perderse mientras están en proceso de handoff. Por lo tanto  $\Delta$  debe ser variado acordeamente.



**Figura. 2.20.** Parámetros para el manejo de Handoff

Hay dos circunstancias en las cuales el handoff es necesario pero no puede ser realizado:

- Cuando la unidad móvil está localizada en un hoyo de intensidad de señal dentro de la celda pero no en el límite. Ver Figura 2.20.
- Cuando la unidad móvil se aproxima al límite de la celda pero no hay canales disponibles en la nueva celda.

En el primer caso las llamadas deben ser mantenidas en la frecuencia del antiguo canal hasta que se caiga por un nivel de señal totalmente inaceptable. En el segundo caso la nueva celda debe reasignar una de las frecuencias de sus canales dentro de un periodo razonablemente corto o la llamada se caerá.

- **Algoritmo de dos niveles para Handoff.**

En muchos casos es usado un algoritmo de dos niveles para el handoff con el propósito de mejorar la oportunidad de un handoff exitoso. Una gráfica de la intensidad de señal junto con dos niveles de handoff y un nivel de umbral se muestra en la Figura 2.21.

El gráfico de la intensidad de señal promedio es grabado en el indicador de intensidad de señal del canal recibido (RSSI) el cual es instalado en cada receptor de canal en la estación base. Cuando la intensidad de señal cae por debajo del primer nivel de handoff, una petición de handoff es iniciada.

Si por alguna razón la unidad móvil se encuentra en un hoyo o todos los canales de una celda vecina están ocupados el handoff es pedido periódicamente cada 5 segundos. En el primer nivel de handoff, el handoff se realiza si la nueva señal es más fuerte (caso I de la Figura 2.21) no obstante, cuando el segundo nivel es alcanzado la llamada es transferida sin condiciones (caso II de la Figura 2.21).

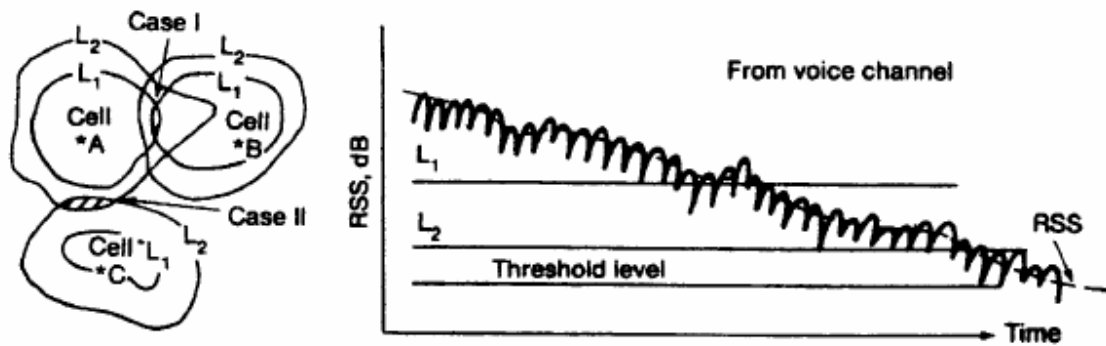


Figura. 2.21. Esquema de dos niveles de Handoff

El MSC siempre da prioridad al handoff de las llamadas sobre la inicialización de nuevas llamadas. Esto se debe a que es mucho más molesto para el usuario perder una llamada establecida que discar nuevamente cuando no se puede establecer una llamada.

Si no hay celdas vecinas con canales disponibles después que el segundo nivel handoff ha sido alcanzado la llamada continúa hasta que la intensidad de señal cae por debajo del nivel de umbral y la llamada se pierde. Si el SAT no es enviado a la estación base por el móvil dentro de los 5 segundos la estación base apaga el transmisor.

Una ventaja de tener dos niveles de handoff es hacer que el handoff ocurra en el lugar adecuado y eliminar posibles interferencias en el sistema. El caso I de la Figura 2.21 muestra el área donde el primer nivel de handoff ocurre entre las celdas A y B. Si se usa sólo el segundo nivel de handoff de la celda A, el área de handoff está demasiado cerca de la celda B.

El caso II muestra la región donde un handoff de segundo nivel ocurre entre las celdas B y C. En este caso debido a la separación entre las celdas el primer nivel de handoff no puede ser implementado.



- **Handoff forzado**

Un handoff forzado es definido como un handoff que normalmente debería ocurrir pero que se evita, o que no debería ocurrir pero es forzado a suceder.

La estación base puede asignar un valor de umbral bajo en una celda para mantener la unidad móvil en la celda por más tiempo o asignar un elevado umbral para solicitar antes el handoff. El MSC puede también controlar el handoff haciendo que ocurra inmediatamente o luego de un tiempo de haber recibido el pedido de la estación base.

El MSC también puede crear handoff aunque no haya recibido ningún pedido desde la estación base, esto ocurre cuando el MSC detecta que alguna celda está demasiada congestionada mientras que otras no. En este caso, el MSC le pide a las estaciones bases crear handoffs anticipados para esas celdas congestionadas, es decir, la estación base sigue la orden del MSC e incrementa el umbral de handoff empujando las unidades móviles a un nuevo límite de la celda y realizando un handoff anticipado.

- **Cola de espera de Handoff**

Poner en espera los handoff es más eficiente que un algoritmo de dos niveles. El MSC pone en cola de espera los pedidos de handoff en vez de rechazarlos cuando la nueva celda está ocupada. Un esquema de cola de espera se convierte en eficiente sólo cuando los pedidos de handoff arriban al MSC en grupos. Si los pedidos de handoff arriban al MSC uniformemente el esquema de colas de espera no es necesario.

Usar cola de espera para las llamadas iniciadas reduce la probabilidad de bloqueo. No obstante la cola de espera de las llamadas iniciadas resulta en un incremento de la probabilidad de bloqueo de las llamadas en handoff, lo cual es una

desventaja. Al poner en cola de espera sólo las llamadas de handoff la probabilidad de bloqueo se reduce. No obstante siempre se debe tener en cuenta que la cola de espera para el handoff es más importante que la cola de espera para las llamadas iniciadas porque para el usuario la caída de una llamada es más molesta que el bloque de una llamada que se inicia.

### Ventajas y Facilidades de los Sistemas Troncalizados

- Llamadas de grupo e individuales
- Llamadas de Emergencia
- Capacidad de Datos
- Integración con otras redes (Red Telefónica, otras redes de radio, sistemas de grabación, etc)
- Servicios de tipo PABX

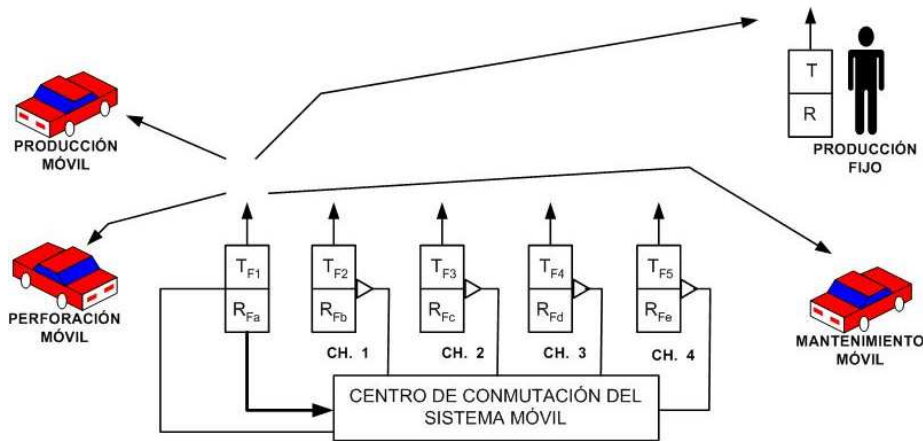
PRESTACIONES	TRUNKING	CONVENCIONAL
<b>Asignación de recursos radio</b>	Automática Flexible Bajo demanda Priorizable	Predefinida Rígida Dedicado No priorizable
<b>Capacidad de manejo de tráfico</b>	Asigna recursos libres Capacidad residual	Capacidad limitada Canales especiales
<b>Funcionalidades</b>	Llamada individual sin impacto Conexión telefónica directa Llamada de emergencia	Llamada individual compleja Conexión telefónica difícil Emergencia sólo con dedicados
<b>Redes multiemplazamiento</b>	Transparente al usuario Nuevas instalaciones directas	Acciones por el usuario Nuevas necesitan reprogramar
<b>Mapa de flotas y grupos operativos</b>	Grupos Especiales de bajo uso Niveles de acceso Jerarquizable	Grupos especiales complicados Programación poco flexible Acceso plano
<b>Confidencialidad</b>	Frecuencia de llamada variable Secrafonía <sup>1</sup> digital accesible	Frecuencias preestablecidas Secrafonía digital especial
<b>Gestión de red</b>	Acceso a la red en base datos Estadísticas de uso	Acceso a red con frecuencias Estadísticas no automáticas

<sup>1</sup> SECRAFONÍA: Este término se emplea en telefonía como sustituto de "Encriptación".

<b>Robustez</b>	Fallos reducen capacidad Niveles de degradación	Pérdidas de servicio
-----------------	--	----------------------

**Tabla. 2.1.** Tabla comparativa entre Sistema Troncalizado y Convencional

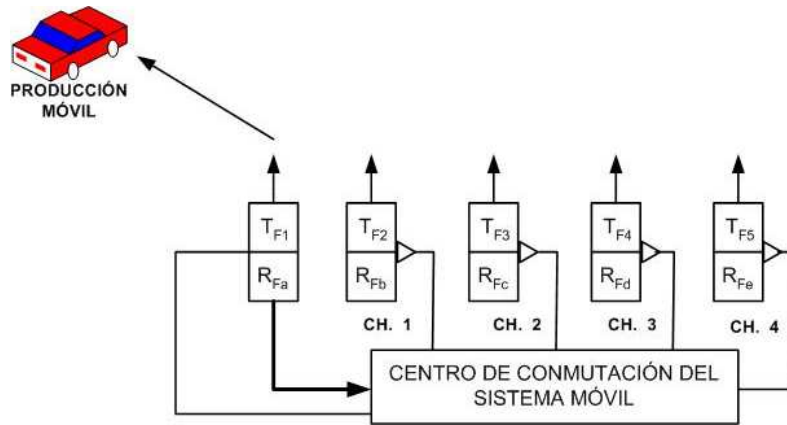
Un ejemplo de Sistema de Radio Troncalizado se muestra en la Figura 2.22, el cual consiste de cinco canales manejados por el Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema. Cuatro canales operan como canales de tráfico, mientras el quinto funciona como un enlace de control para operar como un acomodador automático de canales.



**Figura. 2.22.** Sistema de Relevo

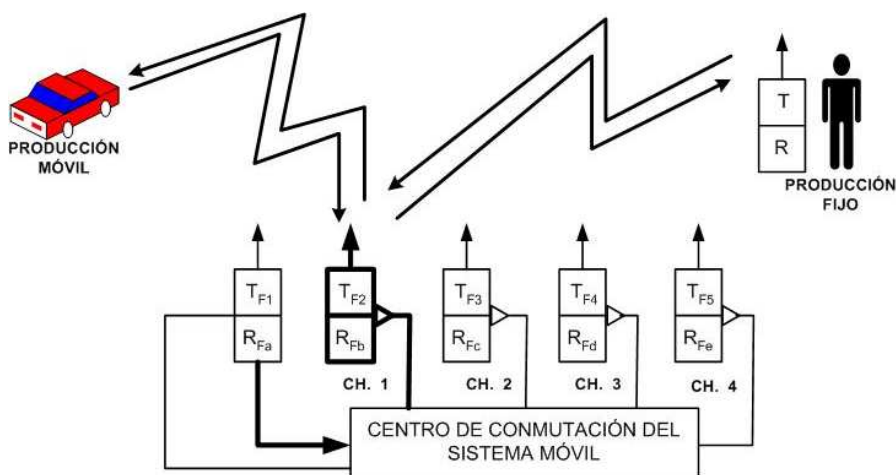
Todos los móviles libres y canales de tráfico monitorean el canal de control a la frecuencia Tf1. Para iniciar una llamada un móvil presiona su botón de transmisión. Esta acción transmite un tren de datos digitales, durante un tiempo determinado, lo cual es recibido por Rfa y alimentado en el Controlador del Sistema.

Los datos transmitidos identifican el grupo de usuarios y contienen una demanda a ser ubicada en un canal de comunicación.



**Figura. 2.23.** Sistemas de relevo con consulta

El Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema busca los canales 1 a 4 para determinar si uno está libre. Encontrado el canal 1 libre, se envía una señal digital a todas las unidades que están monitoreando el canal de control. Los transmisores en todas las unidades del grupo PRODUCCIÓN son conmutados a  $T_{F2}$  y los receptores a  $R_{fb}$ . Las otras unidades en el sistema permanecen en las frecuencias del canal de control. El canal 1 opera como canal de tráfico móvil permitiendo la comunicación entre todas las unidades de grupo PRODUCCIÓN. Esta compañía tiene ahora un uso exclusivo del sistema de tráfico.



**Figura. 2.24.** Sistema de Radio Móvil Terrestre de Troncal

Los otros receptores en el sistema están monitoreando Tf1. Si el grupo PERFORACIÓN presiona un botón de transmisión, seguiría el mismo procedimiento, pero sus unidades estarían asignadas al canal 2. Cada grupo de usuarios tiene asegurada su privacidad después de que el controlador central asigna un sólo grupo de usuarios a un canal.

Un sistema de troncal tiene una confiabilidad inherente de alto nivel. Un usuario del sistema, normalmente, no estará enterado de la falla de uno de los cuatro canales. Si el controlador central del sistema detecta una falla en uno de los canales, bloquea el canal dañado. Si el canal de control de la estación base falla, el controlador central selecciona automáticamente uno de los cuatro canales de operación y lo convierte en un canal de control. Un mensaje digital es enviado a todas las unidades del sistema dándoles instrucciones de que cambien de frecuencia y utilicen uno de los canales de operación como el nuevo canal de control. La estación del canal de control se rota entre las cinco estaciones bases disponibles, con alguna frecuencia, con el fin de equilibrar los deterioros de los equipos por la alta ocupación de la estación de control.

A diferencia de los sistemas convencionales, el controlador no permite que un usuario monitoree un canal para ver si un canal está ocupado. Si el sistema está congestionado, el controlador dará un tono de ocupado a los usuarios que presionen los botones de transmisión.

### **2.2.1.3. Equipos**

En cuanto al tipo y cantidad de equipos que se requieren para poner en funcionamiento una red podemos clasificarlos en dos grupos:

- Equipos de red.
- Equipos de usuarios.

**Equipos de red.-** Son aquellos que se requieren para garantizar el cubrimiento del área deseada. Dichos equipos son los repetidores, radios microondas, torres, antenas, equipos de control, etc. La cantidad de sitios de repetición depende del área o la extensión de la zona que se desea cubrir y de su topografía.

Otro de los elementos que conforma los equipos de red, es el Centro de Control que es el sitio donde se alojan los equipos que controlan todos los elementos que conforman la red.

**Equipos de Usuarios.-** Los equipos de usuarios pueden ser fijos, móviles o portátiles y se requiere uno por cada sitio, vehículo o persona que se integre al sistema.

## **2.2.2. Tipos de Sistemas Troncalizados**

Dentro de estos Sistemas troncalizados existen diversas tecnologías que ofrecen las más variadas prestaciones tales como: LTR, EDACS, MPT1327, APCO y TETRA.

### **2.2.2.1. Sistema Troncalizado LTR**

Este sistema procesa las comunicaciones en forma analógica y utiliza el protocolo LTR (Logic Trunked Radio) que tiene la característica de no ser un protocolo propietario de una Marca de radios. Este hecho permite que existan en el mercado muchos fabricantes de radios que ofrezcan productos compatibles con esta Tecnología de troncalizado (Kenwood, ICOM, etc).

Esta Tecnología es el primer escalón en la Troncalización de un Sistema Convencional proporcionando grandes ventajas sobre esta última en cuanto a mayor capacidad de tráfico, control de base de usuarios e implementación de llamadas de grupo, individual y telefónica.

### **2.2.2.2. Sistema Troncalizado EDACS**

Este Sistema Troncalizado ocupa un lugar privilegiado dentro del mercado de las comunicaciones por su excelencia en prestación y confiabilidad. Es un producto originalmente desarrollado por Ericsson cuyo protocolo es el denominado EDACS que significa Enhanced Digital Access Communications System.

Es un Sistema de radio troncalizado de acceso digital que posee canal de control el cual administra todas las comunicaciones que se cursan en el sistema. Esta tecnología permite implementar sistemas con los requisitos más exigentes tales como comunicaciones analógicas, digitales, digitales encriptadas, claves de encriptación en las comunicaciones digitales y comunicación de datos. También incorpora funciones avanzadas como ser reprogramación de terminales por aire, reagrupamiento dinámico por aire, transmisión de datos multisitio, llamadas de emergencia, prioridades en las comunicaciones, deshabilitar/habilitar por aire radios robadas, etc.

### **2.2.2.3. Sistema Troncalizado MPT1327**

Es un Sistema Troncalizado basado en un protocolo abierto que dedica uno de sus canales a desempeñar funciones de canal de control. Esta configuración permite incorporar prestaciones extras a las ofrecidas por LTR como hacer llamadas de Emergencia, prioridades en las comunicaciones, transmisión de datos, gestión de flotas, telemetría, control remoto.

Si bien las comunicaciones de voz son analógicas, las radios soportan la instalación de opcionales de encriptación de voz con la finalidad de lograr mayor privacidad en las comunicaciones. Las radios soportan interfaces de datos que permiten integrar en el mismo sistema comunicaciones de voz y datos. Éste estándar

se ha convertido en un sistema de radio muy económico para grupos de usuarios profesionales. A continuación presentamos algunas configuraciones de éste sistema

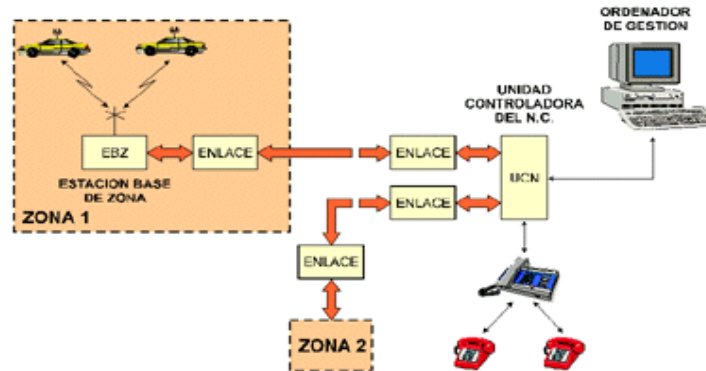


Figura. 2.25. Configuración MPT 1327 para área local

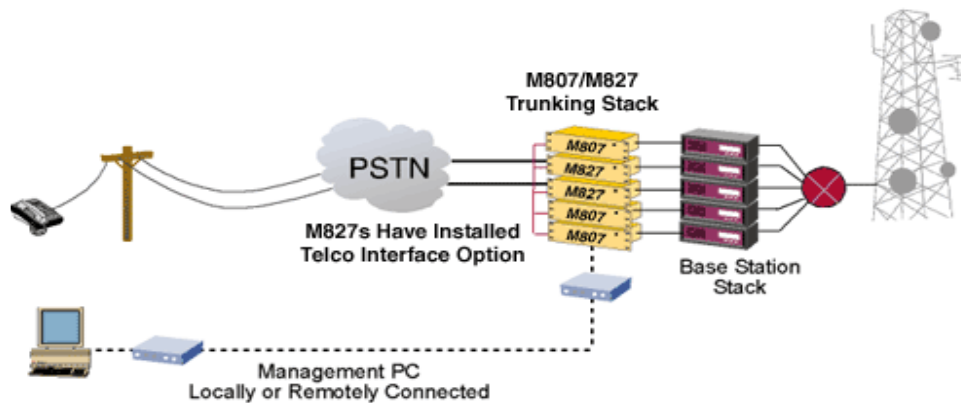


Figura. 2.26. Interconexión de MPT1327 con Red Telefónica

### Características Generales

- Cumplimiento de la normativa MPT-1327
- Bandas de Frecuencia:
  - 136-174MHz, 220-230MHz, 400-512MHz, 800MHz, 900MHz
- Tiempo de establecimiento de llamada:
  - 400 a 600mseg. para llamadas individuales.
  - 200 a 300mseg. para llamadas de grupo.
- Hasta 28 canales por zona.
- Hasta 30 zonas por región.
- Hasta 16 líneas PABX / PSTN



- Llamadas de estado y mensajes de datos cortos vía canal de control a 1200bps, 2400bps.
- Mensajes de datos largos por canal de tráfico a 1200/2400/19600bps, programable por flota.
- Canal de control compartido opcional.
- Desvío de llamada a otro terminal si el llamado no está accesible o está ocupado.
- Reagrupamiento dinámico. Formación dinámica de grupos.
- Hasta dos terminales de supervisión de servicio por flota.
- Reserva de canales de tráfico para cualquier flota predeterminada.
- Sistema dinámico de estadística para redes de gran envergadura.
- Monitoreo de todos los elementos de la red, con representación en pantalla de cualquier fallo o cambio de estado.
- Sistema de control dinámico de gestión y mantenimiento.

### **Servicios de MPT 1327**

- Llamada individual y de grupo.
- Llamada de prioridad y emergencia.
- Envío de mensajes predefinidos (Status).
- Desvío de llamadas.
- Transmisión de datos cortos y datos largos.
- Conexión a PABX y a la red telefónica (PSTN)
- Localización automática (GPS<sup>1</sup>).
- Otros servicios personalizados.

### **Ventajas de un sistema MPT 1327**

**Llamadas prioritarias.-** permiten que los usuarios que tengan necesidades urgentes puedan acceder a los canales del sistema con prioridad.

---

<sup>1</sup> GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

**Sistema Robusto.-** Ninguna parte del sistema puede hacer que éste deje de funcionar. La pérdida de un controlador sólo degrada el servicio en ese canal pero el sistema sigue funcionando y puede reportar el problema.

**Costo Asequible.-** No hace falta tener un control central ni matrices de control extras (Que es lo que dispara el coste en sistemas pequeños)

**Expansión Modular.-** El crecimiento del sistema se hace simplemente añadiendo tantos controladores como canales se necesiten.

**Cohabitación de dos Sistemas.-** Permite trabajar en modo convencional y en modo troncalizado.

**Señalización en el Canal de Control.-** La señalización para el establecimiento de una llamada es transmitida a través del Canal de Control de tipo half-duplex (Canales Up-link y Down-link). En el sistema MPT 1327, el Protocolo usa Señalización (Protocolo de Acceso Aleatorio) a 1200 bps con Fast Frequency Shift Keying (FFSK) donde el tiempo dentro del canal de control es dividido en slots de 106.7 ms (128 bits) y un mensaje de señalización puede ser enviado en cada slot.

La estructura básica de la señalización del canal de control consta de dos Palabras de Código de 64 bits cada una dentro de un slot de tiempo y un mensaje puede ser transmitido dentro de un slot de tiempo, como muestra la Figura 2.27.:



**Figura. 2.27.** Estructura básica de Señalización de Canal de Control

Estas dos Palabras de Código son usualmente las siguientes:

- **Palabra de Código de Sistema del Canal del Control (CCSC):** Esta identifica el sistema a la Unidad de Radio y brinda sincronización a la siguiente palabra de Código de DIRECCIÓN.
- **Palabra de Código de Dirección:** Es la que define la naturaleza del mensaje procesado.

Los tipos de mensajes que se manejan dentro de la señalización del Canal de Control son los siguientes:

- **Mensaje ALOHA (AHL):** Es enviado por la BS hacia los móviles de forma aleatoria e indica que está lista para aceptar una “Petición de Llamada”.
- **Petición de Llamada (RQS):** Es enviada por las móviles hacia la BS para establecer una llamada.
- **Mensaje AHOY (AHY):** Enviada por la BS solicitando una respuesta de un radio móvil.
- **Confirmación (ACK):** Es el acuse de recibo de que un mensaje a llegado a su destino.
- **Mensaje IR AL CANAL (GTC):** Instrucción para que un radio móvil conmute a un canal de voz designado.
- **CLEAR:** Indica la finalización de una llamada

**Protocolo de Acceso Aleatorio** En este sistema, el problema de colisiones dentro del canal de control en el momento del acceso al canal para realizar solicitudes de llamada es controlado por el acceso al canal de tipo ALOHA “ranurado”. Con lo cual, cuando el Controlador Central está listo para receptor solicitudes de llamadas envía mensajes de acceso aleatorio ALH que contienen un parámetro (N) el cual indica el número de los slots de tiempo que le seguirán, conformándose una TRAMA que está disponible para el acceso de mensajes de solicitud de llamadas desde los radio móviles, como se indica en la Figura 2.28.:

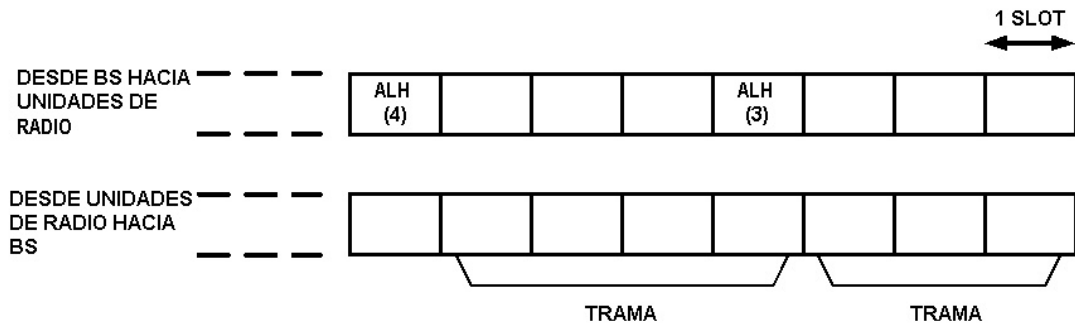


Figura. 2.28. Trama MPT 1327

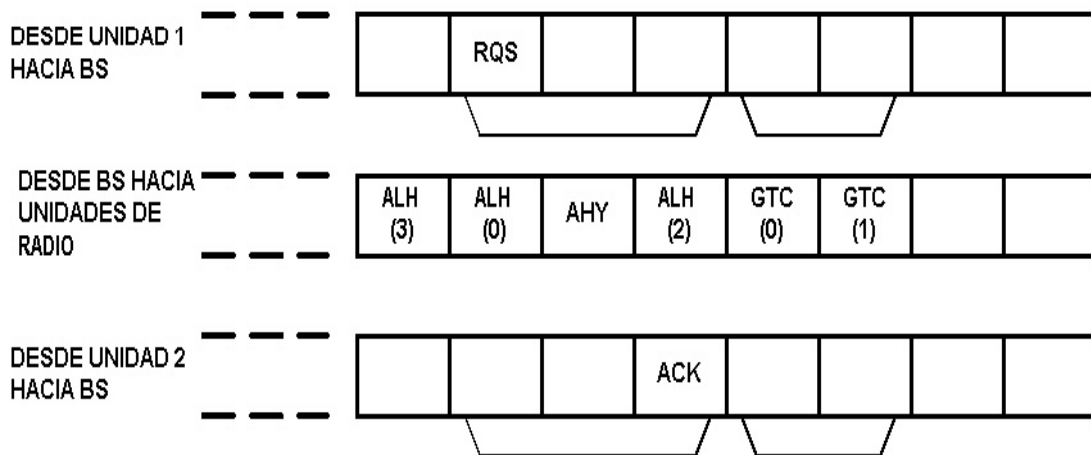
Si una trama ya está en progreso cuando un usuario desea iniciar una llamada, la unidad de radio puede enviar su mensaje de petición en el siguiente slot de tiempo, donde la unidad espera por una trama por ser iniciada y luego escoge un slot aleatorio de la trama para su mensaje.

Dentro de los mensajes ACK y GTC existe una cabecera para el control del acceso aleatorio la cual está comprimida para contener el parámetro de tamaño de trama (N).

**Direccionamiento.-** Para los mensajes RQS y GTC, existe la unidad de direccionamiento la que está compuesta de 20 bits y se divide en dos campos: 7 bits para un prefijo (normalmente es el mismo prefijo para miembros del mismo sistema de radio troncalizado) y 13 bits de identidad (características particulares de la unidad de radio).

Para el caso de realizar una llamada a una unidad que posea el mismo prefijo (por ejemplo una radio unidad del mismo sistema) un mensaje RQS contiene toda la información necesaria para realizar dicha llamada. Por otro lado, para una llamada hacia una radio unidad con distinto prefijo (por ejemplo llamadas hacia PSTN), los detalles de la llamada no pueden ser acomodados en una simple palabra de código de Dirección por lo tanto este tipo de llamadas requiere el uso del procedimiento de "Direccionamiento extendido".

**Ejemplo de Secuencias de Señalización.-** Los requerimientos de señalización dependen del tipo de llamada que se requiere hacer. En el siguiente ejemplo describiremos este proceso para una llamada entre 2 radio unidades.



**Figura. 2.29.** Proceso de envío de Mensajes MPT 1327

- La unidad de radio 1 desea hacer contacto con la unidad de radio 2
- La unidad 1 escucha el canal de control Down-link<sup>1</sup> a través del mensaje ALH. Esta unidad selecciona un slot de tiempo en canal de control Up-link<sup>2</sup> a través del cual va a transmitir.
- En el momento apropiado, la unidad 1 transmite un mensaje RQS con la identificación de la unidad 2.
- La BS responde esta solicitud a través de un mensaje AHY con la identificación de la unidad 2 por el canal down-link.
- La unidad 1 escucha el mensaje AHY y sabe que esta solicitud fue recibida.
- La unidad 2 escucha el mensaje AHY y transmite un mensaje de ACK hacia la BS.
- La BS transmite un comando GTC hacia las unidades de radio instruyéndolas para que sintonicen el canal de voz asignado y comenzar su conversación.

<sup>1</sup> DOWN-LINK: Enlace Descendente, Canal de comunicación desde una Estación Base hacia los terminales

<sup>2</sup> UP-LINK: Enlace Ascendente, Canal de comunicación desde los terminales hacia una Estación Base

### 2.2.2.4. Sistema Troncalizado APCO

APCO 25 es un sistema de voz digital y mensajería empleado por servicios públicos y de seguridad en EEUU, que emplea codificadores de voz IMBE en frecuencias de VHF y superiores. Este estándar es un proceso aprobado inicialmente por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)

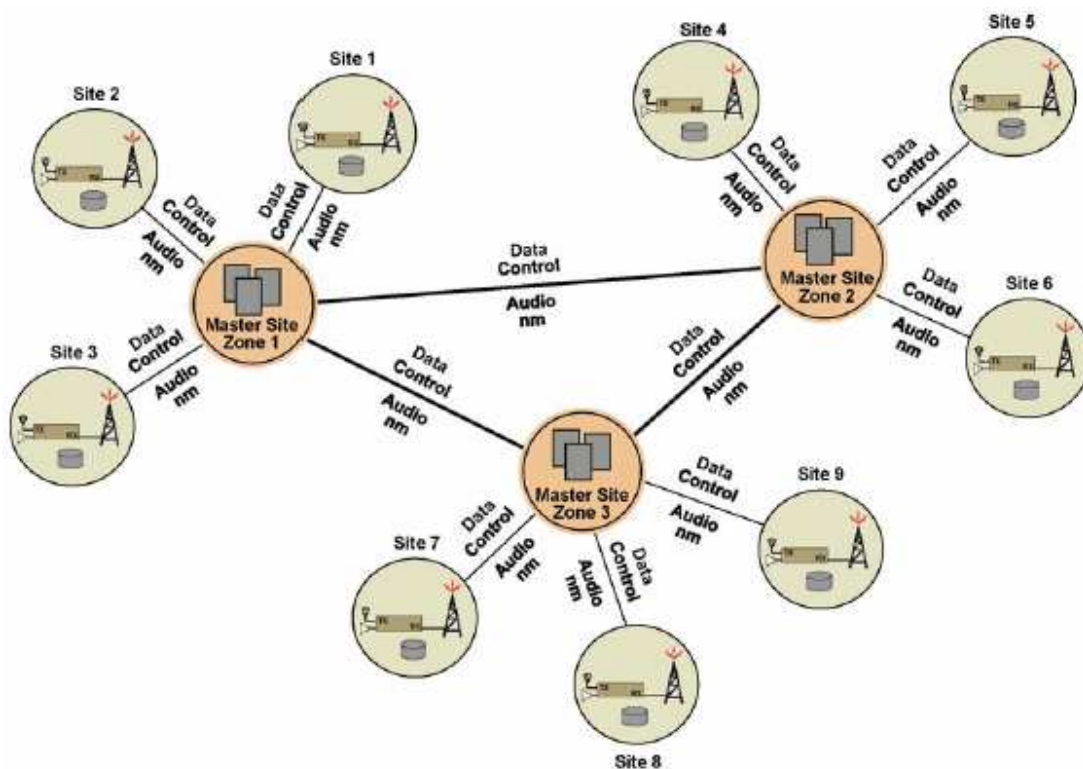


Figura. 2.30. Ejemplo de configuración de red de APCO 25

#### Características

PARAMETROS	
Norma	Americana
Comunicación	Half-Duplex
Acceso al Canal	FDMA <sup>1</sup>

<sup>1</sup> FDMA: Acceso Múltiple por División de Frecuencia

<b>Tipo de Modulación</b>	QPSK-C <sup>1</sup>
<b>Algoritmo de Codificación de Voz</b>	IMBE 4.400 bits/s
<b>Tasa de transmisión de Datos (Kbps)</b>	9.6
<b>Espaciamiento de Canal (MHz)</b>	25

**Tabla. 2.2.** Características del Sistema APCO 25

<b>Bandas de Frecuencia</b>	
<b>Rango de Frecuencia Tx</b>	403 – 443 (MHz)
<b>Rango de Frecuencia Rx</b>	438 – 470 (MHz)
<b>Rango de Frecuencia Tx</b>	450 – 482 (MHz)
<b>Rango de Frecuencia Rx</b>	470 – 520 (MHz)
<b>Rango de Frecuencia Tx</b>	764 – 776 (MHz)
<b>Rango de Frecuencia Rx</b>	794 – 806 (MHz)
<b>Rango de Frecuencia Tx</b>	851 – 869 (MHz)
<b>Rango de Frecuencia Rx</b>	806 – 824 (MHz)

**Tabla. 2.3.** Rango de frecuencias utilizadas por el Sistema APCO 25

### Servicios

- Interoperabilidad de comunicaciones de Sistemas de Radio Troncalizado
- Centralización del Sistema de Gestión
- Software del Sistema flexible, que permite aumentar de forma rápida y sencilla nuevos terminales y equipos de red del sistema
- Integración y soporte con Redes de Comunicaciones
- Soporta migración de Sistemas Analógicos a Digitales
- Integración de Voz y Datos en un simple y efectivo Sistema
- Escalabilidad del Sistema
- Es utilizado tanto en agencias de seguridad pública, agencias federales de gobierno, servicios de emergencia y otras empresas con necesidades de comunicaciones inalámbricas.

<sup>1</sup> QPSK-C: Modulación cuaternaria por desplazamiento de fase con demodulación coherente

### **Fabricantes**

- Motorola Inc.
- Philips Communications
- MATRA Corp.
- MITRE Corp.
- Ericsson
- GEC-Marconi
- Harris Corp.
- National Communications Systems (NCS)
- Hewlett Packard Corp.
- Digital Voice Systems Inc. (DVSI)

#### **2.2.2.5. Sistema Troncalizado Open Sky**

Este sistema troncalizado es totalmente digital. Por cada canal se transmiten dos canales virtuales digitales utilizando tecnología TDMA<sup>1</sup>. Se trata de un sistema de última tecnología, orientado a sistemas de voz y datos móviles. Tiene un muy buen aprovechamiento espectral no sólo por el hecho de enviar dos canales de voz por cada canal físico, sino que aprovecha las virtudes de un sistema digital nativo, para entrelazar la información de control con los datos. Este sistema se basa en un protocolo propietario ofreciendo las máximas prestaciones que un sistema de comunicaciones puede contar.

#### **2.2.2.6. Sistema Troncalizado TETRA (Terrestrial Trunked Radio)**

En esta sección se tratará generalidades, características principales y específicas tales como sus interfaces, frecuencias, tipo de modulación del Sistema Troncalizado TETRA. Por último sus ventajas y comparación de TETRA sobre otros servicios y sus fabricantes.

---

<sup>1</sup> TDMA: Acceso Múltiple por División de Tiempo.



Este sistema troncalizado es totalmente digital y utiliza tecnología TDMA. Se trata de un sistema de última generación, orientado a sistemas de voz y datos móviles. Tiene un aprovechamiento espectral óptimo permitiendo transmitir cuatro canales de voz o datos por cada canal físico de RF. Este sistema se basa en un protocolo abierto ampliamente difundido en Europa existiendo varios fabricantes de equipos aptos para trabajar bajo este protocolo, es un estándar de Telecomunicaciones para sistemas de Radio Digital Móvil Privados desarrollado por la ETSI<sup>1</sup> como una respuesta para una evolución necesaria de operadores PMR<sup>2</sup>, en Europa.



**Figura. 2.31.** Logotipo Estándar TETRA

El TETRA MoU es una asociación fundada en Diciembre de 1994 con el ánimo de promover y soportar la satisfactoria introducción de ETSI desarrollando el estándar TETRA como una solución europea para sistemas de radio troncalizado digital en el mercado de PMR y PAMR<sup>3</sup>. Los representantes del Grupo MoU se encuentran en 60 organizaciones de 18 países.

#### **2.2.2.6.1. Características Principales**

- Es el primer estándar real en sistemas de radio móvil digital hechos a la medida de usuarios profesionales.
- Capacidades para voz y datos con 4 canales de tráfico en 25 KHz de espaciamiento de canal.
- ✓ Convergencia de voz y datos.
- ✓ Llamadas de voz full-duplex con radios simples.
- ✓ Tasas de datos por encima de 28.8 Kbit/s.

---

<sup>1</sup> ETSI: Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo

<sup>2</sup> PMR: Radio Móvil de Acceso Privado

<sup>3</sup> PAMR: Radio Móvil de Acceso público

- Encriptación de interface aérea y encriptación de propietarios extremo a extremo
- Interfaces estándar para conexión de Terminal de Datos y/o Sistemas de Gestión de Redes.
- Tiempo para inicio de llamada: cerca de 300 ms.

**Interfaces.-** TETRA se lo ha diseñado completamente como un Sistema Troncalizado Digital, estandarizando sus interfaces como:

- Air I/F (Interface Aérea)
- ISI (Interfaz Inter – Sistema)
- PABX/PSTN
- PDN
- PEI (Interfaz de Equipo Periférico)

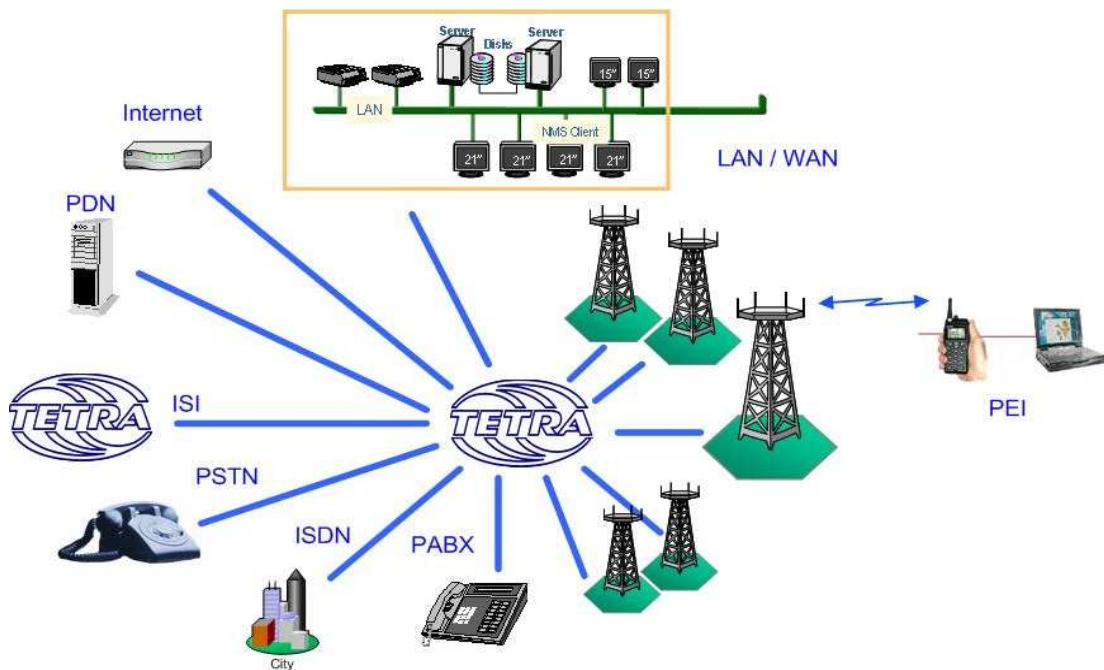


Figura. 2.32. Interfaces de Estándar TETRA

**Frecuencias de Operación**

<b>Banda y espaciamento duplex</b>	
<b>(frecuencia Tx / frecuencia Rx):</b>	380 / 400 MHz (10 MHz)

	410 / 430 MHz (10 MHz)
	806 / 870 MHz (45 MHz)
	870 / 921 MHz (45 MHz)
<b>(Habilitación bajo requerimiento)</b>	450 / 470 MHz (10 MHz)
<b>Espaciamiento de Portadora</b>	25 MHz

Tabla. 2.4. Frecuencias de Operación de Estándar TETRA

## Modulación

<b>Tipo</b>	$\pi/4$ – DQPSK
<b>Tasa de bit Total por Portadora</b>	36 Kbit/s
<b>Tasa de datos máxima por Portadora</b>	28,8 Kbit/s

Tabla. 2.5. Tipo Modulación y Tasas de Estándar TETRA

## Servicios de Datos

- Convergencia con tráfico de voz.
- Sobre los 28,8 kb/s sin protección.
- Esta alta tasa de transferencia el desarrollo de aplicaciones particulares tales como:
  - Localización de móviles
  - Transferencia archivos/imagen
  - Video lento.

## Servicios Suplementarios

- Selección de área
- Asignación dinámica de Número de Grupo
- Reporte de llamadas
- Llamada en espera
- Escucha discreta
- Advertencia de carga

### Comparación de Sistemas de Radio: Tradicional vs. Troncalizado

TRADICIONAL	TRONCALIZADO
Los canales son dedicados a servicios específicos	Los canales son dinámicamente asignados al requerimiento de los usuarios
Desigual distribución de carga entre canales	Carga de tráfico distribuida entre canales
Bajo grado de servicio	Uso opcional de recursos

Tabla. 2.6. Comparación entre Sistema Tradicional y Troncalizado

### Ventajas de los Sistemas Digitales

- Eficiencia Espectral
- Alta velocidad de transmisión de datos
- Uso dinámico de la capacidad de canal
- Autenticación de suscriptores
- Cifrado de alta seguridad.

### TETRA en Comparación a otros Sistemas PMR

	TETRA 25	APCO 25	TETRAPOL	ASTRO	EDACS
<b>Definido por</b>	ETSI/EC	PS-USA	Forum Tetrapol	Motorola	Ericsson
<b>Número de Fabricantes</b>	15 – 20	2	1 (Matra/AE G)	1	1
<b>Acceso al Canal</b>	TDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA
<b>Espaciamiento de Canal (kHz)</b>	25	12,5	12,5	12,5	12,5
<b>Número de canales en 25 kHz</b>	4	2	2	2	2
<b>Máxima tasa de transmisión de datos (kbps)</b>	28,8	9,6	7,5	7,5	9,6
<b>Tiempo de establecimiento de llamada</b>	300 ms	ca. 300 ms	ca. 300 ms	ca. 300 ms	ca. 300 ms
<b>Datos sobre voz</b>	SI	NO	NO	NO	NO

Tabla. 2.7. Comparación entre TETRA y otros Sistemas PMR

**Fabricantes 2005**

- Motorola (sistemas & terminales)
- Nokia (sistemas & terminales)
- OTE spa (sistemas & terminales)
- Teltronic (sistemas & terminales)
- Cleartone (terminales)
- FWK/DeTeWe (terminales)
- Sepura (terminales)
- ThalesDefence(termina.)
- Damm Cellular (sistemas)
- ETELM (sistemas)
- Frequentis (sistemas)
- R&S Bick Mobilfunk (sistemas)
- Rohill (sistemas)
- Siemens (sistemas)
- Simoco Digital UK Ltd. (sistemas)
- Thales-ISR (sistemas)
- Zetron (sistemas)

**2.3. SISTEMA DE GESTION DE REDES**

En esta sección se abarcará los aspectos fundamentales que forman parte de los sistemas de gestión de Redes, sus componentes y características. Finalmente se describirán los tipos más importantes y más utilizados de Sistemas de Gestión.

**2.3.1. Definición**

Actualmente hay una mayor dependencia de la tecnología, en particular, de los sistemas de comunicaciones, como las redes, que son parte fundamental de muchas

empresas y organizaciones donde encontramos aplicaciones distribuidas. Estas redes cada vez se vuelven más complejas, grandes, constituidas por mayor número de usuarios y componentes heterogéneos. Por lo cual, las redes hoy en día, están más propensas a fallos donde la administración manual se hace inviable por lo cual es necesario contar con herramientas de **Gestión de Red** automatizadas para controlar posibles fallos o degradaciones en las prestaciones de la red.

Gestión de Red es un conjunto de actividades de planificación, organización, supervisión y control de elementos de comunicaciones para garantizar un nivel de servicio que permita mantener la red en operación a unos costos razonables manteniendo un compromiso de calidad vs costo.

### 2.3.2. Componentes de la Gestión de Red

Se encuentra dividido en tres tipos de componentes que describiremos a continuación:

- Componente Organizacional
- Componente Técnico
- Componente Funcional

#### 2.3.2.1. Componente Organizacional

Pretende definir la estructura organizacional para el proceso de gestión de la red y la estrategia apropiada para llevarlo a cabo de acuerdo con las necesidades y gestión tecnológica requeridas. La conformación del grupo de gestión o centro de gestión de red se estructura alrededor de 4 aspectos principales.

**Control Operacional.-** Conjunto de actividades necesarias para mantener, de forma dinámica, el nivel de servicio de la red. Aglutina las actividades con responsabilidad a muy corto plazo (pocas horas).

**Administración.-** Conjunto de actividades de corto plazo, que permiten realizar seguimiento de las tareas de control operacional y elaborar informes periódicos para su posterior análisis (días).

**Análisis.-** Es el conjunto de actividades de mediano plazo (meses) que tienen como objetivo prioritario garantizar la calidad del servicio, es decir, garantizar una operación adecuada.

**Planificación.-** Es el conjunto de decisiones de largo plazo (años) que, teniendo en cuenta las características del negocio al que se dedica la organización, determinan las características principales que debe tener su red.

### **2.3.2.2. Componente Técnico**

Define las herramientas a usar para realizar la función de gestión, y su implementación en los equipos de red, y estas son: Los elementos, procedimientos y características que veremos a continuación.

#### **2.3.2.2.1. Elementos**

**Elemento de Red (ER).-** Diversos tipos de equipos considerados como 'entes gestionados' por ejemplo: Sistemas de transmisión, sistemas de conmutación, terminales, concentradores, servidores, routers, puentes, etc.

**Elemento de Gestión (EG).-** Elementos encargados de monitorear, coordinar y controlar a los ER.

**Agentes.-** Software que se encuentra en el elemento de red, tiene acceso a la información de gestión e interactúa con el gestor para atender peticiones o generar eventos. Proporcionan información no solicitada.

**Gestor.-** Software que se encuentra en la estación de administración y es el responsable de iniciar/terminar la tarea de gestión. Elemento del sistema de gestión que interactúa con los operadores humanos y que permite desencadenar las acciones pertinentes.

La base del funcionamiento del sistema de gestión está en el intercambio de información entre estos elementos vía un **PROTOCOLO DE GESTIÓN**.

- Los agentes mantienen en un nodo gestionado, la información acerca del estado y características de su funcionamiento.
- El papel pasivo de los agentes se rompe cuando se produce alguna situación excepcional en el recurso gestionado.

**Proxy.-** Medio para proveer funcionalidad de gestión sobre dispositivos o elementos no compatibles mediante conversión de protocolos. Un proxy hace de interfaz entre el Sistema de Gestión de Red y los elementos que no son compatibles con él.

**Entidad de gestión de red (EGR).-** Presente en cada nodo o ER recoge y almacena estadísticas locales de actividad de la red, responde a comandos que el gestor transmite y estadísticas al gestor, cambiar parámetros, proporcionar información de estado, generar tráfico artificial para pruebas, también puede enviar mensajes al gestor en ciertos casos.

**Aplicación de gestión de red (AGR).-** Incluye un interfaz de operador para la gestión de la red por parte de un usuario autorizado, muestra información y/o genera comandos o peticiones a los EGR's a través de la red en respuesta a los comandos del usuario.



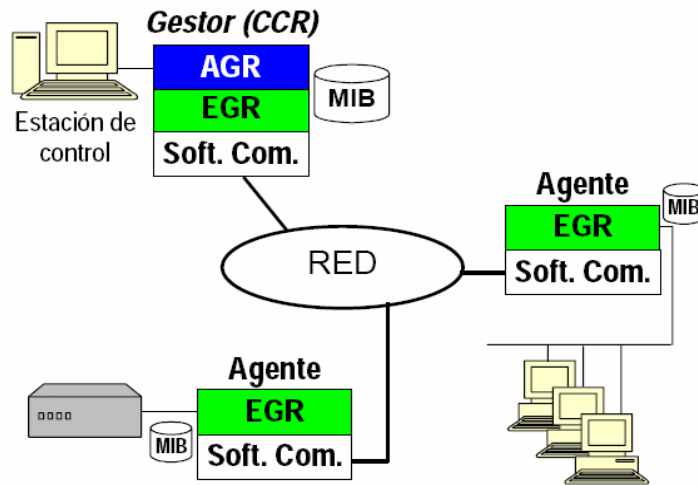


Figura. 2.33. Elementos de la Red de Gestión

Por ejemplo para comprender el desempeño de un Sistema de Gestión de Red en un sistema de Telecomunicaciones tomaremos como referencia una alarma producida por un equipo de Radio microondas al presentarse una baja en el nivel de potencia de transmisión. En la Figura 2.34 siguiente presentamos, mediante un diagrama de flujo, el proceso que existe al presentarse una alarma:

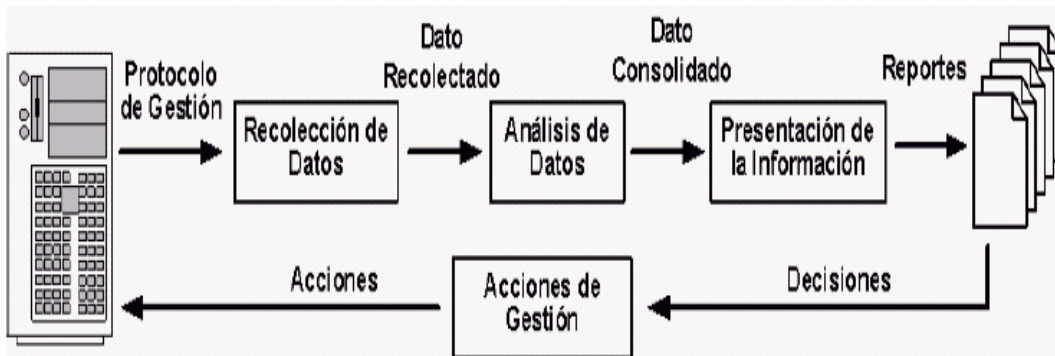
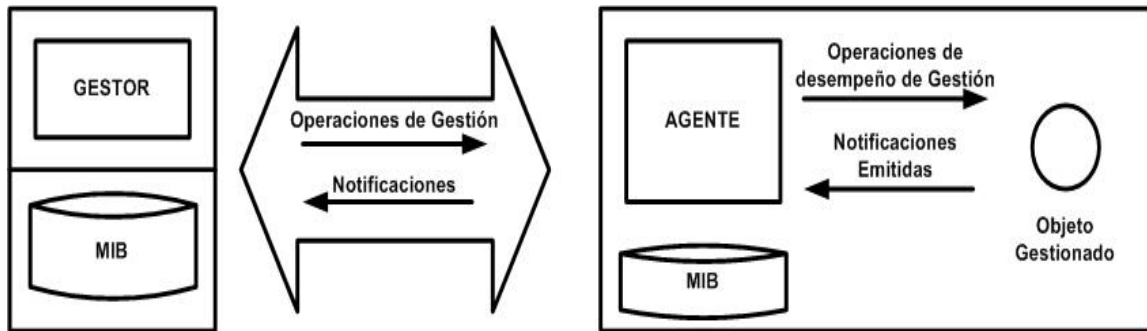


Figura. 2.34. Diagrama de flujo al presentarse una alarma

A continuación describiremos cada uno de los pasos que se siguen detallados en el diagrama de flujo anterior:

1. En primer lugar se produce una comunicación entre el gestor y el agente, a través del protocolo de gestión (SNMP, CMIP, etc) donde se notifica la existencia de una alarma, como se indica en la siguiente Figura 2.35:



**Figura. 2.35.** Interacción gestor-agente durante el proceso de alarma

2. Se reúne la información de los parámetros del objeto gestionado desde la MIB correspondiente
3. De acuerdo a la información existente en las MIB tanto del gestor como del agente del objeto gestionado se realiza un análisis de los valores concernientes al parámetro por el cual se notificó la alarma.
4. Con respecto al análisis del parámetro en estudio se presenta al operador del sistema de gestión los resultados a través de una interfaz gráfica, dando la información de que Elemento de Red presenta alarma, el tipo de Alarma producida, su ubicación, etc.
5. Se almacenan estos valores en el historial dentro de la MIB del gestor para conocerlos en futuros casos de alarmas del dispositivo o para realizar estudios estadísticos posteriores
6. De forma siguiente el operador toma las decisiones correspondientes al tipo de alarma y a su grado de importancia dentro del sistema. Se realizan las correspondientes acciones de gestión para atender a la alarma presentada en el equipo, y finalmente se retorna al estado inicial.

### 2.3.2.2. Procedimientos

Los sistemas de gestión se basan en dos procedimientos básicos de actuación para llevar a cabo numerosas tareas el monitoreo y el control.

**Monitoreo.-** El Monitoreo agrupa todas las operaciones de obtención de datos acerca del estado y del comportamiento de los recursos gestionados. El procesamiento de los datos le permitirá a los sistemas de gestión utilizar los Procedimientos de Control a través de los cuáles actúa sobre el comportamiento de los componentes de la red gestionada. Políticas de monitorización: Sondeo y/o notificación de eventos.

**Control.-** Toma información del monitoreo y actúa sobre el comportamiento de los componentes de la red gestionada, mientras que el monitoreo es un proceso eminentemente pasivo, el control es fundamentalmente activo. Las tareas de control son las que más potencia aportan a los sistemas de gestión, permiten, en todo momento y de forma remota, determinar las características del comportamiento de una red, permite tomar medidas o generar proactividad.

### 2.3.2.2.3. Características

Características de un sistema de gestión de red

Interfaz con el usuario

- Que ofrezca ayudas en línea
- Variedad de vistas de la información de gestión
- Interfaz gráfico para aumento de la productividad del operador humano

Protocolo de gestión

- Define las reglas y consideraciones a seguir en la interacción entre los objetos
- Transportan información de gestión

- Se ubican en el nivel de aplicación
- Diferentes protocolos y estándares en la industria. Ej: SNMP, CMIP
- Facilitan la función de monitoreo

#### Base de Datos

- Información de todos los objetos administrados
- La información se accede vía queries<sup>1</sup> a través de un protocolo de gestión

### 2.3.2.3. Componente Funcional

#### 2.3.2.3.1. Áreas Funcionales de Gestión

**Supervisión y Fallos.-** Proceso por el cual se localizan los problemas o fallos en la red, usando técnicas de gestión de fallos el gestor puede localizar y resolver problemas rápidamente. Se utiliza herramientas de monitoreo y diagnóstico especializadas en diferentes niveles desde el físico hasta aplicación, una buena política de gestión debe adelantarse a los posibles problemas y resolverlos antes de que se produzcan. También hacer seguimiento de la reparación. De acuerdo con las recomendaciones de la ITU X.733, hay cinco clases de alarmas:

1. Alarmas de comunicación: Asociada con los procedimientos y/o requerimientos para transportar la información desde el punto A hasta punto B.
2. Alarma de calidad del servicio: Asociada con una degradación de la calidad en un servicio.
3. Error de proceso: Asociada con fallas de procesos o de Software.
4. Alarma de equipo: Asociada con fallas de equipo.
5. Alarma de ambiente: Asociada con una condición ambiental.

---

<sup>1</sup> QUERYS: Consultas que se realizan a las Bases de Datos.

Hay cinco clases de prioridad de las alarmas:

1. Crítica: Indica que ha ocurrido una falla extremadamente grave y se requiere una acción correctiva urgente.
2. Mayor: Indica que ha ocurrido una falla grave y se necesita una acción correctiva para prevenir que la falla se convierta en extremadamente grave.
3. Prevención: Indica la detección de una anomalía.
4. Indeterminada: Indica que la prioridad de la alarma no puede ser determinada por el elemento de red.
5. Menor: Indica que ha ocurrido una falla que no es grave.

**Configuración.-** Es el proceso de preparación de los dispositivos, puesto que la configuración de estos determina el comportamiento de los datos en la red.

**Contabilidad.-** El proceso de gestión de la contabilidad controla el grado de utilización de los recursos permitiendo hacer una buena planificación para el crecimiento de la red.

**Prestaciones.-** Este proceso incluye la realización de las medidas de prestaciones tanto a nivel Hardware como Software, comprobando si el servicio que se brinda es adecuado de acuerdo a las necesidades del usuario. Se debe determinar que información se mide para obtener un resultado fiable para tomar decisiones en función del análisis de prestaciones.

Nos permite localizar posibles problemas de la red, para realizar informes que eviten la degradación de la red, definiendo claramente los **indicadores de funcionamiento** alrededor de los cuáles se van a organizar las tareas de gestión de desempeño

**Seguridad.-** Proceso para controlar el acceso a la información de la red. Cierta información que tenga almacenada los usuarios es inapropiado que sea vista por el resto de usuarios de la red. Para lograr esta información confidencial se niega el acceso a posibles servicios, para impedir posibles ataques valiéndose del registro y monitoreo de los accesos, protegiendo así información sensible y emitiendo señales de alarma.

### 2.3.3. Tipos de Sistemas de Gestión de Redes

Para solucionar estos problemas los organismos internacionales de normalización están definiendo Modelos de Gestión Integrada, que se encargan de controlar y monitorear a redes que crecen y evolucionan a partir de la incorporación de una amplia variedad de tecnologías, esta evolución de las redes ha traído consigo la necesidad de que coexistan sistemas de gestión de red de muy diversa naturaleza.

Dos aspectos por normalizar

- Las comunicaciones entre los diferentes componentes del sistema de gestión.
- La información:
  - La forma como los gestores se refieren a propiedades de gestión de los recursos.
  - La forma como los recursos transmiten la información de gestión a los gestores.

Los tipos más importantes y utilizados de Sistemas de Gestión de redes son: Modelo OSI, SNMP y TMN.

#### 2.3.3.1. Modelo OSI

ISO ha definido una arquitectura de gestión OSI (Open Systems Interconnection) cuya función es permitir supervisar, controlar y mantener una red de datos. Está dividida en cinco categorías de servicios de gestión denominadas Áreas Funcionales

Específicas de Gestión (Specific Management Functional Areas, SMFA). Estas categorías son las siguientes:

- Gestión de configuración
- Gestión de fallos
- Gestión de prestaciones
- Gestión de contabilidad
- Gestión de seguridad

La arquitectura de gestión OSI define un objeto gestionable como la interfaz conceptual que han de presentar los dispositivos que ofrecen funciones de gestión. El proceso de supervisión y control de un objeto gestionable se realiza mediante una serie de interacciones.

El flujo normal de información de gestión y control entre el gestor y el agente se realiza mediante el protocolo CMIP, perteneciente al nivel de aplicación OSI. El protocolo permite que un sistema se pueda configurar para que opere como gestor o como agente. La mayoría de las realizaciones prácticas de sistemas gestionados se configuran con unos pocos sistemas operando en modo gestor, controlando las actividades de un gran número de sistemas operando en modo agente.

Cuando dos procesos se asocian para realizar una gestión de sistemas, deben establecer en qué modo va a operar cada uno de ellos (en modo agente o en modo gestor). Los procesos indican, mediante las denominadas unidades funcionales, qué funcionalidades de gestión y estándares utilizarán durante la asociación.

Otros componentes de la arquitectura de gestión OSI son:

**Estructura de la Información de Gestión (Structure of Management Information, SMI).** Define la estructura lógica de la información de gestión OSI.

Establece las reglas para nombrar a los objetos gestionables y a sus atributos. Define un conjunto de subclases y tipos de atributos que son en principio aplicables a todos los tipos de clases de objetos gestionables.

**Base de Información de Gestión (Management Information Base, MIB).** Representa la información que se está utilizando, modificando o transfiriendo en la arquitectura de los protocolos de gestión OSI. La MIB conoce todos los objetos gestionables y sus atributos.

**CMIS (Common Management Information Services)** es un conjunto de reglas que identifican las funciones de una interfaz OSI entre aplicaciones, utilizado por cada aplicación para intercambiar información y parámetros. CMIS define la estructura de la información que es necesaria para describir el entorno.

### 2.3.3.2. Modelo basado en SNMP

En 1988, el IAB (Internet Activities Board) determinó la estrategia de gestión para TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol). Esto significó el nacimiento de dos esfuerzos paralelos: la solución a corto plazo, SNMP, y la solución eventual a largo plazo, CMOT (CMIP Over TCP/IP, CMIP sobre TCP/IP).

CMOT pretendía implantar los estándares del modelo de gestión OSI en el entorno Internet (TCP/IP). CMOT tuvo que afrontar los problemas derivados de la demora en la aparición de especificaciones y la ausencia de implementaciones prácticas. Como consecuencia de ello, la iniciativa CMOT fue paralizada en 1992.

SNMP es una extensión del protocolo de gestión de red para gateways SGMP (Simple Gateway Monitoring Protocol), que se convirtió en 1989 en el estándar recomendado por Internet. Está dirigido a proporcionar una gestión de red



centralizada que permita la observación, el control y la gestión de las instalaciones. Utilizando SNMP, un administrador de red puede direccionar preguntas y comandos a los dispositivos de la red.

SNMP se ha convertido, debido al enorme éxito que ha tenido desde su publicación, en el estándar de facto de gestión de redes. Prácticamente todo el equipamiento de redes puede ser gestionado vía SNMP.

Algunas de las funciones que proporciona SNMP son:

- Supervisión del rendimiento de la red y su estado.
- Control de los parámetros de operación.
- Obtención de informes de fallos.
- Análisis de fallos.

El protocolo SNMP realiza las funciones descritas anteriormente llevando información de gestión entre los gestores y los agentes.

En la Figura 2.36 se presenta un ejemplo de sistema de gestión SNMP.

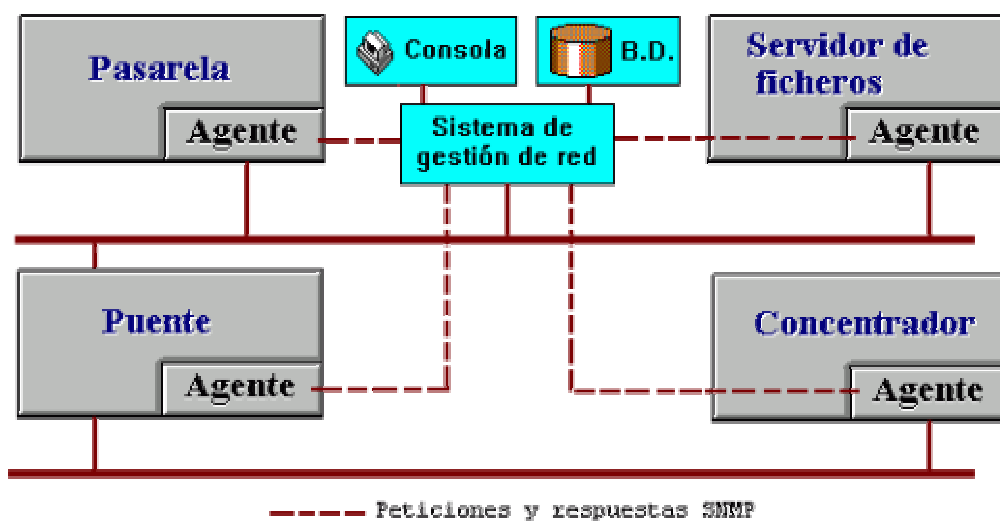


Figura. 2.36. Ejemplo de Sistema de Gestión SNMP

### 2.3.3.3. Modelo TMN

El término TMN (Telecommunications Management Network) fue introducido por la ITU-T, y está definido en la recomendación M.3010. En concreto:

- Se adoptó el modelo gestor-agente del modelo OSI
- Se siguió el paradigma de la orientación a objetos de la arquitectura OSI
- Se trabajó conjuntamente en el desarrollo del concepto de dominios de gestión

Un aspecto diferenciador de ambos modelos consiste en la introducción, en el modelo TMN, de una red separada de aquella que se gestiona, con el fin de transportar la información de gestión.

A diferencia del modelo OSI, en el cual se definen cinco áreas funcionales, el estándar TMN no entra en consideraciones sobre las aplicaciones de la información gestionada. Por el contrario, se define la siguiente funcionalidad:

- El intercambio de información entre la red gestionada y la red TMN
- El intercambio de información entre redes TMN
- La conversión de formatos de información para un intercambio consistente de información.
- La transferencia de información entre puntos de una TMN
- El análisis de la información de gestión y la capacidad de actuar en función de ella.
- La manipulación y presentación de la información de gestión en un formato útil para el usuario de la misma.
- El control del acceso a la información de gestión por los usuarios autorizados

El modelo TMN define tres arquitecturas diferenciadas:

**Arquitectura funcional**, que describe la distribución de la funcionalidad dentro de la TMN, con el objeto de definir los bloques funcionales a partir de los cuales se construye la TMN.

**Arquitectura física**, que describe los interfaces y el modo en que los bloques funcionales se implementan en equipos físicos.

**Arquitectura lógica de niveles (LLA)**, en el estándar TMN define una serie de capas o niveles de gestión mediante las cuales se pretende abordar la gran complejidad de la gestión de redes de telecomunicación. Cada uno de estos niveles agrupa un conjunto de funciones de gestión. El estándar LLA define cuáles son esos niveles y las relaciones entre ellos.

Se definen los siguientes niveles:

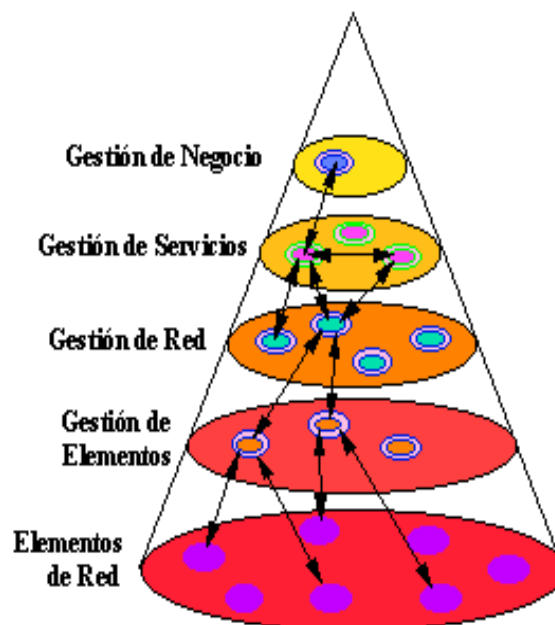


Figura. 2.37. Niveles de gestión del Modelo TMN

**Nivel de Elementos de Red.** Incluye las funciones que proporcionan información en formato TMN del equipamiento de red así como las funciones de adaptación para proporcionar interfaces TMN a elementos de red no-TMN.

**Nivel de Gestión de Elementos.** Incluye la gestión remota e individual de cualquier elemento de red que se precise para el establecimiento de conexiones entre dos puntos finales para proporcionar un servicio dado. Este nivel proporcionará funciones de gestión para monitorizar y controlar elementos de gestión individuales en la capa de elemento de red.

**Nivel de Gestión de Red.** Incluye el control, supervisión, coordinación y configuración de grupos de elementos de red constituyendo redes y subredes para la realización de una conexión.

**Nivel de Gestión de Servicios.** Incluye las funciones que proporcionan un manejo eficiente de las conexiones entre los puntos finales de la red, asegurando un óptimo aprovisionamiento y configuración de los servicios prestados a los usuarios.

**Nivel de Gestión de Negocio.** Incluye la completa gestión de la explotación de la red, incluyendo contabilidad, gestión y administración, basándose en las entradas procedentes de los niveles de Gestión de Servicios y de Gestión de Red.

## 2.4. PROPAGACIÓN DE ONDAS RADIOELECTRICAS

En esta sección se describirá la teoría necesaria sobre Propagación de Ondas para realizar los cálculos y diagramas de cobertura de Sistemas Móviles.

### 2.4.1. Consideraciones Generales

1) Cuando un concesionario ha suscrito un contrato de concesión de frecuencias, la SENATEL le asignará un código, correspondiente al tomo y hojas en las que se ha

registrado el contrato. Este campo debe ser llenado únicamente en casos de renovación o modificación de un contrato.

2) En el mapa cartográfico tomando como centro la repetidora, identificar la ubicación de la repetidora (coordenadas de latitud y longitud). Debe ingresarse, en la tabla correspondiente, los datos de altura sobre el nivel del mar, de los puntos correspondientes a distancias cada 5 kilómetros (modificable) y para radiales cada 30°, debe tomarse como referencia 0° el norte geográfico y moverse en el sentido de las manecillas del reloj; la escala de distancias puede modificarse de acuerdo al área de cobertura estimada, sin embargo, la tabla debe llenarse completamente.

Se deben incluir los gráficos de los perfiles cada 30°, los que deben coincidir con la información ingresada en la tabla correspondiente.

3) Debe ingresarse, en la tabla correspondiente, los datos de nivel de campo eléctrico en dB $\mu$ V/m, de los puntos correspondientes a distancias cada 5 kilómetros (modificable) y para radiales cada 30°, debe tomarse como referencia 0° el norte geográfico y moverse en el sentido de las manecillas del reloj; la escala de distancias puede modificarse de acuerdo al área de cobertura estimada.

4) Se debe incluir el gráfico del área de cobertura en una copia de un mapa cartográfico de escala adecuada, se deben trazar los radiales cada 30° en el diagrama.

5) Deben ingresarse, en la tabla correspondiente, los datos de distancia en kilómetros, de los puntos correspondientes a un nivel de campo eléctrico de 38.5 dB $\mu$ V/m, para radiales cada 30°, debe tomarse como referencia 0° el norte geográfico y moverse en el sentido de las manecillas del reloj.

6) Se debe realizar un esquema explicativo del sistema

### 2.4.2. Formulas para el Cálculo de Coberturas

Para calcular el Campo Eléctrico en dB $\mu$ V/m se usa las siguientes formulas

$$\begin{aligned}
 E_o \left( \frac{V}{m} \right) &= \frac{\sqrt{30 \text{ Pr } ad}}{D} \\
 20 \log \left( E_o \left( \frac{V}{m} \right) \right) &= 20 \log \left( \frac{\sqrt{30 \text{ Pr } ad}}{D} \right) \\
 E_o \left( dB \frac{\mu V}{m} \right) &= 20 \log \left( \frac{\sqrt{30 * 10^{12}}}{1000} \right) + 20 \log \frac{\sqrt{\text{Pr } ad}}{D} \\
 E_o \left( dB \frac{\mu V}{m} \right) &= 74.8 + 10 \log \text{Pr } ad - 20 \log(D) \\
 E_o \left( dB \frac{\mu V}{m} \right) &= 74.8 + \text{Pr } ad (dB) - 20 \log(D) \quad \text{ec. (0.1)}
 \end{aligned}$$

Donde:

D = Distancia del Enlace (Km)

Prad = Potencia Radiada

$E_o$  = Campo Eléctrico en el Espacio Libre

Entre las atenuaciones tomaremos en cuenta el Margen de Desvanecimiento y Atenuación por Obstáculos. La intensidad de campo eléctrico en el caso de que el trayecto de propagación esté bloqueado por una cumbre es igual a la intensidad de campo eléctrico en el espacio libre menos la atenuación debido a obstáculos.

$$E = E_o - \text{Atenuaciones} \quad \text{ec. (0.2)}$$

La atenuación debido a obstáculos se obtiene mediante el nomograma. Para el caso en que exista más de un obstáculo (cumbres).

La atenuación total se obtiene sumando todas las atenuaciones debidas a múltiples cumbres

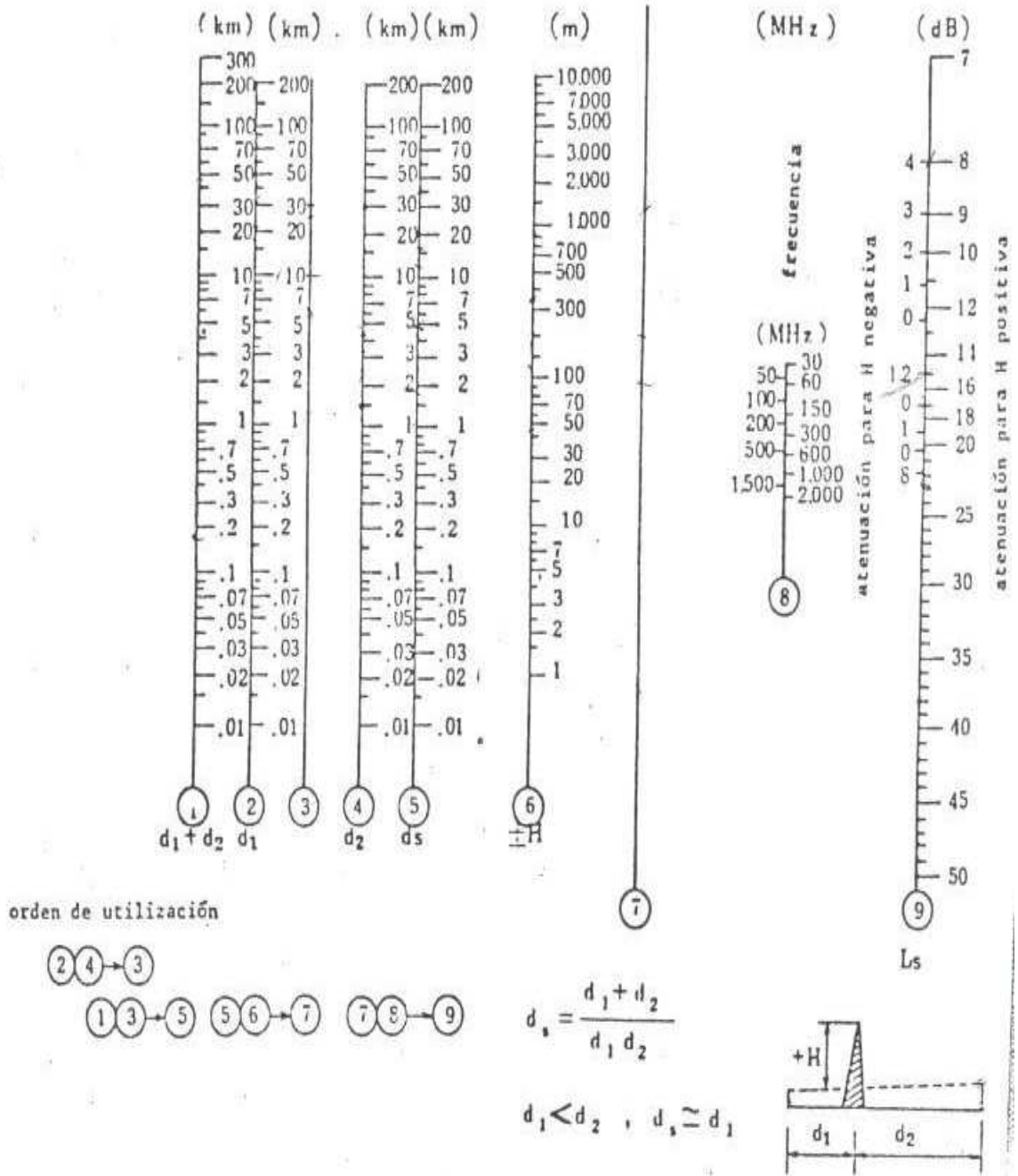


Figura. 2.38. Nomograma para el cálculo de atenuación por obstáculos

El Margen de Desvanecimiento se lo obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$FM(dB) = 30\log(D) + 10\log(6ABf) - 10\log(1 - R) - 70 \quad \text{ec. (0.3)}$$

Donde:

FM = Margen de Desvanecimiento

D = Distancia del Enlace (Km)

A = Factor de Rugosidad

B = Factor de Probabilidad

f = Frecuencia de Trabajo (GHz)

R = Factor de Conversión de Probabilidad

Para el caso en que contemos con el valor de sensibilidad del equipo, para poder obtener el radio de cobertura se debe conocer el valor de Campo Eléctrico, el cual se calcula de la siguiente forma:

$$Pr_{lim} = \frac{V^2}{Z}; \text{ donde Pr es la potencia de recepción límite, Z es la impedancia de la}$$

antena ( $50\Omega$ ) y V es la sensibilidad del equipo con el cual sacamos el valor límite que puede tomar la potencia de recepción y de campo eléctrico para que exista comunicación

Calculamos el Campo Eléctrico de la siguiente manera:

$$Pr = \rho * A_{rec}$$

$$Pr = \frac{Pr}{4\pi R^2} * G_A \frac{\lambda^2}{4\pi}$$

$$\text{como: } \frac{Pr}{4\pi R^2} = \frac{E^2}{377} \text{ y } \lambda = \left( \frac{c}{f} \right)$$

reemplazando las últimas formulas, tenemos:



$$Pr = \frac{E^2}{377} * \frac{1}{4\pi} * \left(\frac{c}{f}\right)^2$$

$$Pr = E^2 \frac{(3 * 10^8)^2}{377 * 4\pi * f^2} = \frac{E^2 * 1.889 * 10^{13}}{f^2}$$

$$Pr(dBm) = 20 \log E \left(\frac{V}{m}\right) - 20 \log f * 1 * 10^9 (GHz) + 10 \log 1.889 * 10^{13}$$

$$Pr(dBm) = 20 \log E \left(\frac{\mu V}{m}\right) + 20 \log 1 * 10^{-6} - 20 \log f - 20 \log 1 * 10^9 + 10 \log 1.889 * 10^{13}$$

$$Pr(dBm) = 20 \log E - 120 - 20 \log f - 47.21$$

$$Pr(dBm) = E - 20 \log f - 167.21$$

despejando E de la ecuación anterior tenemos:

$$E = Pr(dBm) + 20 \log f + 167.21 \quad \text{ec. (0.4)}$$

Donde:

E = Campo Eléctrico en Espacio Libre (dBuV/m)

Pr = Potencia de Recepción

$\rho$  = densidad de Potencia

Arec = Área de la Antena de Recepción

$G_A$  = Ganancia de la Antena Isotrópica = 1

$\lambda$  = Longitud de Onda

R = Distancia de Tx hasta el punto de recepción

c = Velocidad de la Luz =  $3 \times 10^8$  (m/s)

f = Frecuencia de Recepción

El valor de la Potencia de Recepción se calcula con la Ecuación General del Enlace:

$$Pr(dBm) = P_{TX}(dB) + G_{TX}(dB) + G_{RX}(dB) - FSL - \text{Atenuaciones} \quad \text{ec. (0.5)}$$

donde:

$P_{TX}$  = Potencia de Transmisión

$G_{TX}$  = Ganancia de la Antena de Transmisión

$G_{RX}$  = Ganancia de la Antena de Recepción

FSL = Perdidas por Espacio Libre

Para calcular el valor de Pérdidas en el Espacio Libre

$$FSL = \frac{4\pi Rf}{c}$$

$$FSL(dB) = 20 \log \frac{4\pi Rf}{c}$$

$$FSL(dB) = 20 \log \left( \frac{4\pi 10^3 m 10^6 Hz}{3 * 10^8 m/s} \right) * R * f$$

$$FSL(dB) = 32.44 + 20 \log(R) + 20 \log(f) \quad \text{ec. (0.6)}$$

donde:

R = Distancia de Tx hasta el punto de recepción (Km)

f = Frecuencia de transmisión (MHz)

Los valores que pueden tomar el Factor de Rugosidad del Terreno y Factor de Probabilidad se detallan a continuación:

### **Factor de Rugosidad de Terreno (Valores característicos)**

- 4.00 Espejos de agua, ríos muy anchos, etc.
- 3.00 Sembrados densos; pastizales; arenales
- 2.00 Bosques (la propagación va por encima)
- 1.00 Terreno normal
- 0.25 Terreno rocoso (muy) disparejo

### **Factor de Probabilidad**

- 1.000 Áreas marina o condiciones de peor mes
- 0.500 Prevalecen áreas calientes y húmedas

0.250 Áreas mediterráneas de clima normal

0.125 Áreas montañosas de clima seco y fresco

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE LA RED**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

A raíz de los problemas existentes, especialmente, en el sistema de radio fijo móvil de VHF, la planificación de un sistema de radio troncalizado nace como una alternativa viable, debido a que eliminaría problemas como el tiempo excesivo de espera para poder realizar una llamada a las horas pico debido a la existencia de un solo canal para todos los grupos, la falta de privacidad de conversaciones e interconexiones defectuosas entre estaciones debido a las interferencias que se han presentado en las frecuencias asignadas

Poseer una Arquitectura de Red con sus parámetros bien definidos es uno de los pasos más importantes dentro del desarrollo de este proyecto. Para diseñar un Sistema Troncalizado se debe considerar factores muy importantes de una Arquitectura de Red como el tipo de tecnología que se va a utilizar y que se adapte de mejor manera al lugar en donde se requiere implementar, los equipos que posean las mejores prestaciones, también se debe considerar factores como el tráfico que se desea manejar con una organización óptima de canales y grupos, la cobertura necesaria para llegar a todos los lugares donde se debe tener una comunicación de forma eficiente y los servicios que se planifica dar a los usuarios.

El llegar a definir eficientemente todos estos parámetros que tienen que ver con el diseño óptimo de una Red de Radio Troncalizado nos llevará a elaborar, con un criterio muy profesional, el presente proyecto, proporcionando así a la empresa PETROPRODUCCIÓN una planificación de un futuro Sistema de Comunicaciones Móvil eficiente, privado y muy seguro que brinde todas las ventajas y servicios de un sistema moderno.

### **3.2. EVALUACIÓN DE LOS TIPOS DE SISTEMA TRONCALIZADO**

Uno de los pasos más importantes dentro del diseño de la Arquitectura de la Red del Sistema Troncalizado para PETROPRODUCCIÓN es decidir que tipo de estándar se va a utilizar.

Como se pudo observar en el anterior capítulo, existen tres principales estándares que proporcionan las condiciones y prestaciones más convenientes para la red a diseñar. Estos son. TETRA (norma europea), APCO 25 (norma americana) y MPT 1327 (norma europea). Es importante evaluar los parámetros fuertes y débiles que presentan estas tecnologías pero enfocándose principalmente a las condiciones geográficas, climáticas, económicas y también jurídicas que poseen los lugares de nuestro país en los cuales se desea implementar el Sistema Troncalizado para poder escoger la mejor opción costo – beneficio que hay en el mercado.

#### **3.2.1. Prestaciones del Estándar TETRA**

Como se maneja bajo una norma abierta, este estándar nos ofrece una mayor cantidad de proveedores de sistemas y equipos lo cual nos proporciona precios más competitivos y mayor variedad de equipos, sus terminales son pequeños aproximándose al tamaño de los terminales de tecnología celular. También podemos mencionar la eficiencia en el manejo del espectro debido a que utiliza TDMA como

tipo de acceso y para este caso se tiene 4 slots de tiempo por cada canal de 25 MHz. Por último, ofrece una velocidad de transferencia de hasta 28.8 Kbps en modo Full – Duplex.

En contraste este estándar se ha desarrollado para dar cobertura en áreas planas y relativamente pequeñas por esto estos equipos trabajan a potencias bajas en comparación con las demás normas. También se puede mencionar que existe más probabilidad de pérdida de sincronismo en las tramas de información debido a la geografía de nuestro país

### **3.2.2. Prestaciones del Estándar APCO 25**

El manejo de potencias de transmisión altas de este estándar es una de las mayores ventajas que ofrece, en especial en condiciones complejas como en el caso de la parte nororiental del Ecuador donde existe atenuación debido a la gran cantidad de árboles y al clima sumamente húmedo, por lo cual esta necesidad de potencia es indispensable para cubrir toda el área requerida. El modo de operación puramente asíncrono permite que sea menos sensible a pérdida de tramas de información al atravesar áreas densas en obstáculos, como es la selva.

Por otro lado, APCO 25, a pesar de ser un sistema abierto posee menos fabricantes y distribuidores que TETRA lo que vuelve a sus equipos más costosos, el tamaño de los terminales es relativamente grande. Se puede mencionar también que tiene una velocidad de transmisión de datos de 9.6 Kbps pero en modo de trabajo Half – Duplex. Finalmente, el tipo de acceso es FDMA lo que reduce la eficiencia del espectro electromagnético.

### 3.2.3. Prestaciones del Estándar MPT 1327

Este estándar maneja una norma abierta ofreciendo una gran variedad de marcas de equipos y proveedores, también se debe mencionar que el manejo de potencias altas da la posibilidad de tener coberturas adecuadas para funcionar en áreas geográficas como las del Distrito Amazónico, en cuanto al tamaño de los terminales, presenta un tamaño medio entre los terminales de TETRA y APCO con un precio menor al de ellos, brindando el mismo tipo de servicios.

Su forma de acceso es FDMA reduciendo la eficiencia del espectro electromagnético, la velocidad de transmisión de datos es de 2.4 Kbps, pero al poseer la opción de trabajar de forma paralela tanto en sistema troncalizado como en sistema convencional esta velocidad puede aumentar a 19.8 Kbps (en sistema convencional se puede trabajar a una velocidad de transmisión de datos de 19.8 Kbps).

	<b>MPT 1327</b>	<b>TETRA</b>	<b>APCO 25</b>
<b>NORMA</b>	Europea	Europea	Americana
<b>Tipo de Acceso</b>	FDMA	TDMA	FDMA
<b>Potencia de Trabajo [W]</b>	25-50-100	10-25	50-100
<b>Velocidad de Datos [Kbps]</b>	1.2 / 2.4 / 19.8	28.8 / 7.2	9.6
<b>Precio</b>	Bajo	Alto	Alto
<b>Sensibilidad a pérdida de tramas</b>	Baja	Alta	Baja
<b>Tamaño de Radio Terminales</b>	Medio	Pequeño	Grande

**Tabla. 3.1.** Comparación Estándares

### 3.2.4. Norma Elegida

Todo sistema de comunicación que vaya a brindar servicios a empresas de la importancia de PETROPRODUCCION, debe cumplir requerimientos importantes los cuales son enumerados a continuación: Seguridad, Potencia de Trabajo (Cobertura),

Precio, Tamaño de radio terminales, Velocidad para datos, Tipo de acceso, Estabilidad de trama (en condiciones similares a la Amazonía), Cantidad de proveedores y representantes de éstos en nuestro país (Representación Técnica); y, Éxito del funcionamiento del sistema en condiciones geográficas similares a las de PETRODUCCIÓN (Experiencia Proveedor)

Los tres estándares de sistemas de radio troncalizado presentados anteriormente cumplen en mayor o menor grado cada uno de estos requerimientos, por lo tanto para poder escoger la tecnología adecuada se los ha ordenado con respecto a su grado de importancia y finalmente, se analiza cual de las tecnologías cumple con los principales requerimientos.

Para determinar el orden de importancia se utiliza como herramienta el método de la Matriz de Prioridad de Holmes, la cual se la presenta en el anexo E. La evaluación de los resultados obtenidos de las encuestas realizadas al personal de PETROPRODUCCION que va a utilizar el servicio nos proporciona el siguiente orden de importancia de los requerimientos:

Requerimiento	Orden de Importancia
Estabilidad de Trama	1
Experiencia Proveedor	2
Potencia de Trabajo	3
Velocidad de Datos	4
Precio	5
Representación Técnica	6
Tamaño de Radio Terminales	7
Seguridad	8
Tipo de Acceso	9

**Tabla. 3.2.** Tabla de Jerarquía de Requerimientos

Finalmente, para determinar el estándar que más se ajusta a este orden de requerimientos, se evaluó en que proporción se cumple cada uno de los requerimientos. Los siguientes histogramas muestran estas proporciones



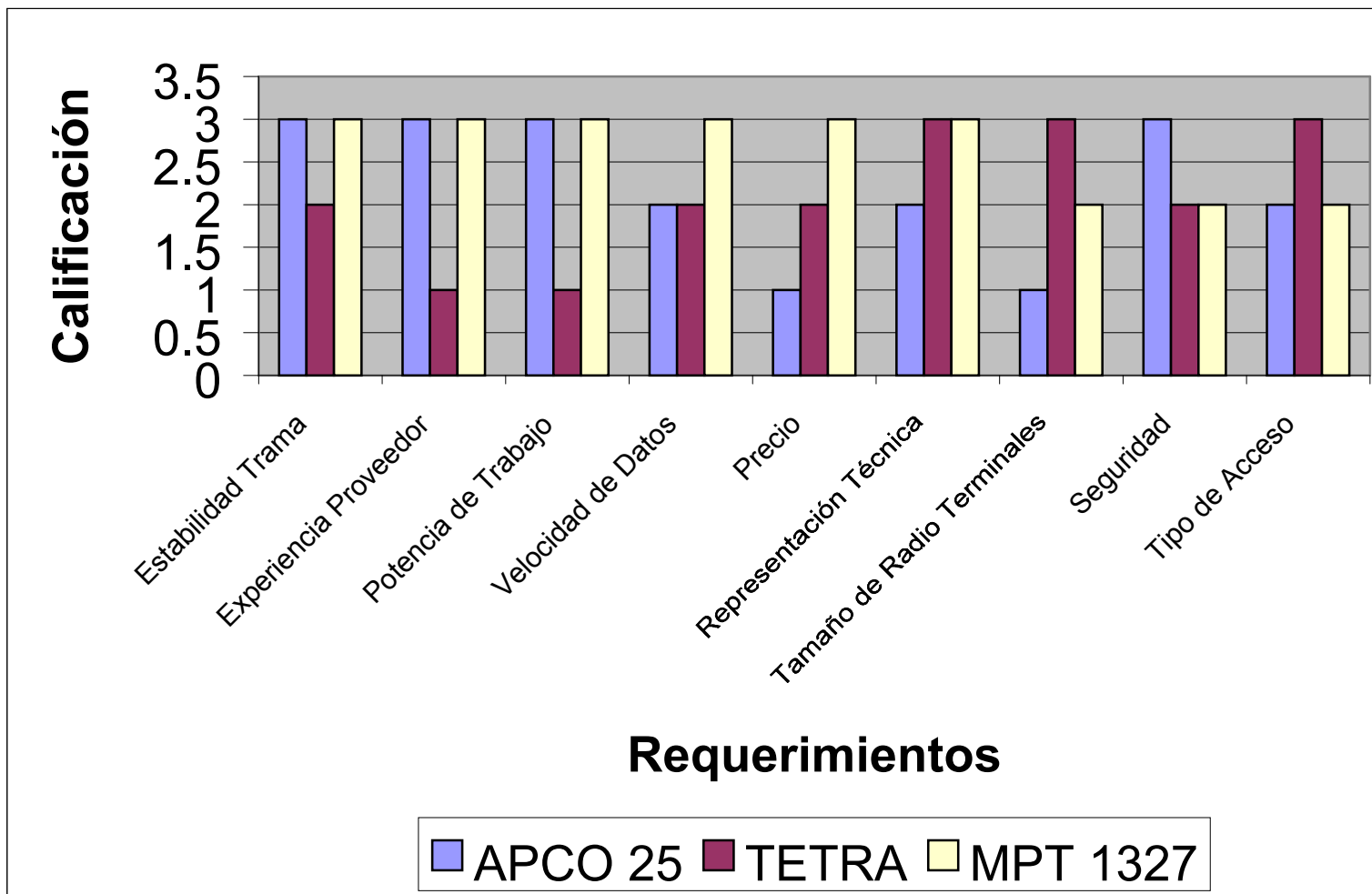


Figura. 3.1. Análisis de Requerimiento de los Estándares

Observando la gráfica se puede concluir que los estándares APCO 25 y MPT 1327 cumplen los tres primeros requerimientos, es decir, los más importantes. Estos sistemas han probado un funcionamiento eficaz al ofrecer grandes coberturas manteniendo la estabilidad de la trama en regiones boscosas como es el caso de la amazonía, razón por la cual se escogerá entre estos dos estándares.

Continuando con este análisis, se han evaluado los requerimientos restantes, en los cuales MPT 1327 cumple de mejor manera los requerimientos que APCO 25, como por ejemplo el tamaño de los radio terminales en donde MPT 1327 posee modelos más compactos y livianos que APCO 25. Estas son las razones por las que hemos considerado que el estándar **MPT 1327** será utilizado para el diseño del Sistema de Radio Troncalizado para PETROPRODUCCION.

### 3.3. ESTUDIO RADIOELÉCTRICO

En esta sección se determina la ubicación de las estaciones base tanto en el Distrito Amazónico como en la Región Quito, los parámetros de propagación, las características técnicas de los equipos pertenecientes a la norma elegida y con estos datos se calculará el área a la cual se va a brindar cobertura.

Para ubicar el lugar donde se van a colocar las estaciones base se debe tomar en cuenta la localización de las estaciones de mayor producción del crudo, también lugares que sean administrativamente importantes, en los que es una prioridad tener un servicio de comunicaciones móviles, en especial para poder contar con la disponibilidad de radios portátiles. Las localidades más importantes son: Lago Agrio (Torre Aguarico), Shushufindi, Guarumo, Auca, Sacha, San Rafael y Quito (Cerro Pichincha). Estos son los mismos lugares donde se encuentran las repetidoras del sistema de radio móvil convencional VHF, a excepción de Quito y San Rafael que no cuentan con este sistema.

### 3.3.1. Definición y Dimensionamiento de Parámetros de Propagación

**Banda de Frecuencia.-** Los equipos disponibles para sistemas de radio troncalizado MPT 1327 pueden trabajar dentro de la banda de 400 MHz y de la banda de 800 MHz. La Secretaria Nacional de Telecomunicaciones actualmente expresa que los sistemas de radio troncalizado deben trabajar únicamente en la banda de los 800 MHz lo que causa que el área de cobertura de cada estación base sea menor al área que se obtendría al trabajar en la banda de 400 MHz. En los últimos sistemas implementados en nuestro país podemos mencionar que se han obtenido permisos de funcionamiento en la banda de 400 MHz, este es el caso del sistema de radio troncalizado perteneciente al Municipio de Quito, con este antecedente se ha considerado a la banda de 400 MHz para realizar el diseño.

**Consideraciones de Potencia.-** Se ha considerado la potencia Tx de la estación base (BS) de 100 (W), de móviles de 25 (W) y de portátiles de 4 (W) debido a que el estándar MPT 1327 ofrece equipos con este tipo de características. Dentro de la BS la característica de sensibilidad de sus receptores es de -116 (dBm).

**Antenas.-** Para la BS se colocará una antena receptora en la parte más alta de la torre y  $5\lambda$  (aproximadamente 4 m) por debajo de esta se coloca la antena transmisora. Estas antenas tienen la característica de ser omnidireccionales<sup>1</sup>.

Para Guarumo, Sacha, Shushufindi, Auca y San Rafael se utilizan antenas con ganancia de 5.5 (dB) debido a que estas BS se encuentran dentro de las poblaciones, mientras que para Quito y Lago Agrio la ganancia de las antenas será de 7.5 (dB), debido a que las BS se encuentran en las afueras de las poblaciones.

Las antenas que se utilizaran para los radios móviles son tipo látigo, ganancia de 5 (dB) y las antenas incluidas en radios portátiles poseen ganancia unitaria (0 dB).

---

<sup>1</sup> OMNIDIRECCIONAL: Equipo que irradia o capta energía con la misma intensidad en todas las direcciones

**Consideraciones de atenuación.-** En lo concerniente a la vegetación presente en gran cantidad en la zona nor-oriental del país, el tipo de vegetación varía notablemente de acuerdo con el lugar; e, inclusive la densidad del follaje de los árboles que se altera de acuerdo con la estación del año. En la práctica, si se desea cubrir una zona en la que existe un tupido follaje, por ejemplo un bosque, datos experimentales marcan como necesario adicionar una pérdida de 10 dB al cálculo de propagación. Esta consideración puede también aplicarse a la atenuación producida por edificios, debido a las reflexiones que existen en el trayecto de la señal, en una ciudad como Quito se toma un valor de atenuación de 10 dB.

En la Tabla. 3.3 presentamos un resumen de los parámetros explicados anteriormente.

Parámetros	Quito	San Rafael	Sacha	Lago Agrio (Torre Aguarico)	Guarumo	Shushufindi	Auca
Potencia Tx Repetidora (W)	100	100	100	100	100	100	100
Sensibilidad de la Repetidora(dBm)	-116	-116	-116	-116	-116	-116	-116
Potencia Tx Móvil (W)	25	25	25	25	25	25	25
Potencia Tx Portátil (W)	4	4	4	4	4	4	4
Frecuencia de Trabajo (MHz)	400	400	400	400	400	400	400
Ganancia de Antena BS (dB)	7.5	5.5	5.5	7.5	5.5	5.5	5.5
Ganancia de Antena Móvil (dB)	5	5	5	5	5	5	5
Ganancia de Antena Portátil (dB)	0	0	0	0	0	0	0
Altura de la Antena (m)	60	18	125	45	60	65	125
Perdida en los Cables (dB/100m)	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
Atenuación por Vegetación (dB)	0	0	10	10	10	10	10

Tabla. 3.3. Resumen de Parámetros de Propagación

### 3.3.2. Cobertura Distrito Amazónico

Valiéndonos de los parámetros presentados en la Tabla 3.3 calculamos el radio de cobertura en cada uno de los radiales de las estaciones base de acuerdo a los perfiles topográficos del Anexo C, para los casos de coberturas que cumplan las normas del SENATEL, móviles y portátiles. Un ejemplo de este cálculo se encuentra en el Anexo D.

#### 3.3.2.1. SENATEL

A continuación se calculará el área de cobertura dentro de la cual existe una intensidad de campo eléctrico igual o mayor a 38,5 dB $\mu$ V/m, en cada una de las BS del Distrito Amazónico.

#### Guarumo

Radiales Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
5	56.56	56.56	56.56	56.56	56.56	56.56	56.56	56.56	56.56	56.56	56.56	56.56
10	50.54	50.54	50.54	50.54	50.54	50.54	50.54	50.54	50.54	50.54	50.54	50.54
15	40.01	40.01	47.01	47.01	47.01	47.01	47.01	47.01	47.01	47.01	47.01	40.01
20	37.11	36.51	36.91	34.01	44.51	44.51	44.51	44.51	44.51	44.51	44.51	44.51
25	X	X	42.58	X	42.58	42.58	42.58	42.58	35.58	42.58	42.58	42.58
30	X	X	40.99	X	34.19	40.99	40.99	40.99	40.99	40.99	40.99	40.99
35	X	X	32.65	X	X	32.65	32.65	39.65	31.65	32.56	31.15	31.65
40	X	X	X	X	38.5	X	X	38.5	X	X	X	X
45	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
55	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
60	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
65	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
70	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla. 3.4. Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado Guarumo

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>E=38.5dB<math>\mu</math>V/m</b>	18	17.5	32	16	40	32	32	40	31	32	31	31

Tabla. 3.5. Distancias (Km) para E=38.5dB $\mu$ V/m de BS Troncalizado Guarumo



**Tabla. 3.8.** Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado Sacha

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>E=38.5dB<math>\mu</math>V/m</b>	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35

**Tabla. 3.9.** Distancias (Km) para E=38.5dB $\mu$ V/m de BS Troncalizado Sacha

## Aguarico

Radiales Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
5	59.32	59.32	59.32	59.32	59.32	59.32	59.32	59.32	59.32	59.32	59.32	59.32
10	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3	53.3
15	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78	49.78
20	47.28	47.28	47.28	47.28	47.28	47.28	47.28	47.28	47.28	47.28	47.28	47.28
25	45.34	45.34	45.34	45.34	45.34	45.34	45.34	45.34	45.34	45.34	45.34	45.34
30	43.76	43.76	35.26	43.76	43.76	43.76	43.76	43.76	43.76	43.76	43.76	43.76
35	42.42	42.42	42.42	42.42	35.02	42.42	42.42	42.42	42.42	42.42	42.42	30.42
40	41.26	41.26	41.26	41.26	41.26	41.26	34.06	41.26	41.26	41.26	41.26	41.26
45	40.24	40.24	40.24	40.24	40.24	40.24	40.24	32.74	40.24	40.24	40.24	40.24
50	39.32	39.32	39.32	39.32	39.32	39.32	27.82	X	31.32	39.32	39.32	39.32
55	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	X	X	X	38.5	38.5	38.5
60	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
65	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
70	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**Tabla. 3.10.** Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado Aguarico

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>E=38.5dB<math>\mu</math>V/m</b>	55	55	55	55	55	55	46	42	46.5	55	55	55

**Tabla. 3.11.** Distancias (Km) para E=38.5dB $\mu$ V/m de BS Troncalizado Aguarico

## Shushufindi

Radiales Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
5	56.3	56.3	56.3	56.3	56.3	56.3	56.3	56.3	56.3	56.3	56.3	56.3
10	50.27	50.27	50.27	50.27	50.27	50.27	50.27	50.27	50.27	50.27	50.27	50.27
15	46.76	46.76	46.76	46.76	46.76	46.76	46.76	46.76	46.76	46.76	46.76	39.45
20	44.26	44.26	44.26	44.26	44.26	44.26	44.26	44.26	44.26	44.26	44.26	44.26
25	42.32	42.32	42.32	42.32	42.32	42.32	37.32	42.32	37.32	42.32	42.32	42.32
30	40.74	40.74	40.74	35.74	31.94	31.84	35.24	31.74	40.74	40.74	40.74	40.74
35	39.39	28.4	39.39	X	X	X	39.39	X	24.4	39.39	30.4	32.5
40	38.24	X	30.23	X	X	X	38.24	X	X	38.24	X	X
45	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
55	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
60	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
65	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
70	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla. 3.12. Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado Shushufindi

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>E=38.5dB<math>\mu</math>V/m</b>	39	32	38	28	27	39	39	26	31	39	32	33

Tabla. 3.13. Distancias (Km) para E=38.5dB $\mu$ V/m de BS Troncalizado Shushufindi



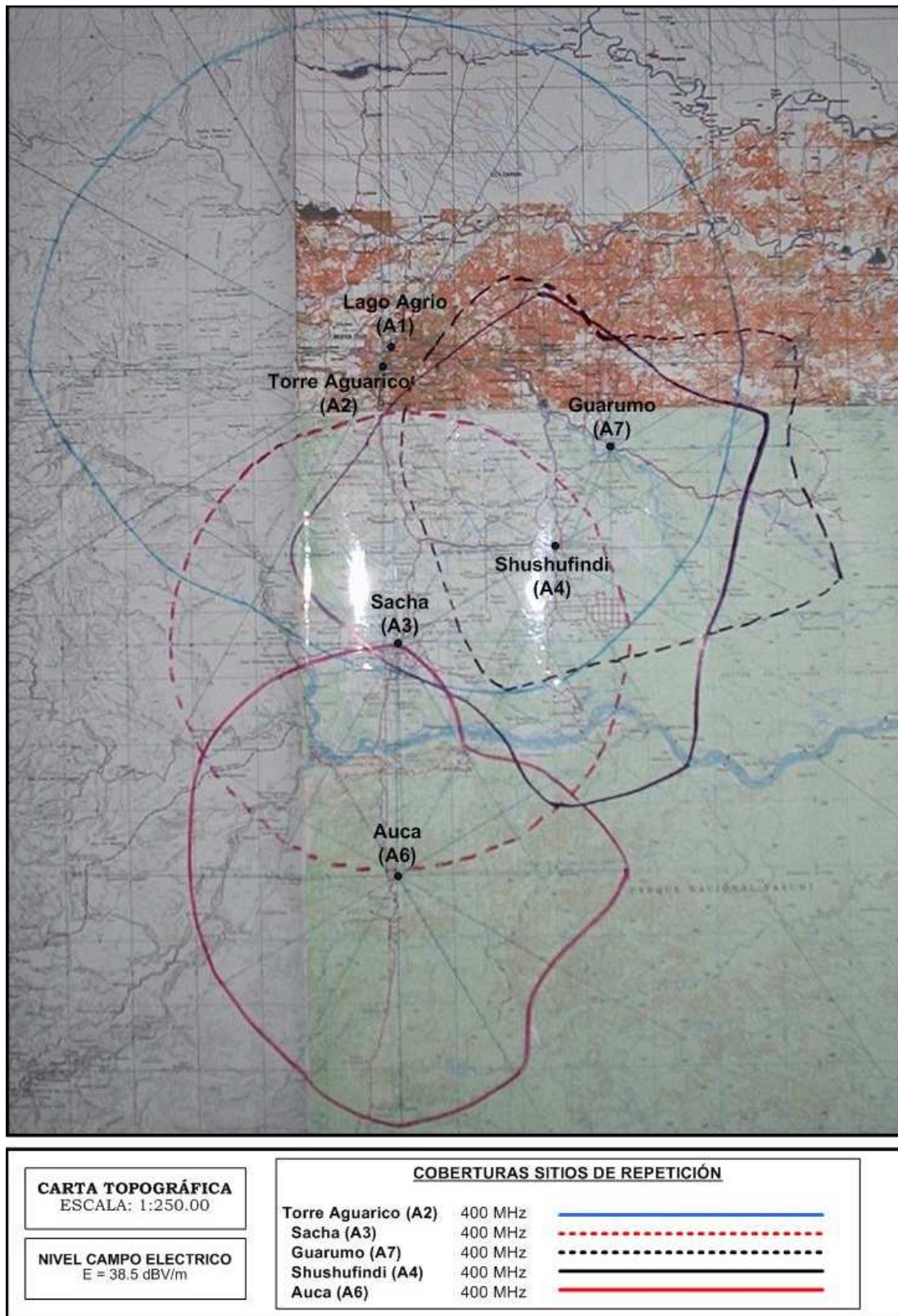


Figura. 3.2. Cobertura Distrito Amazónico Norma SENATEL

3.3.2.2. Móviles

Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Guarumo	20	18.8	21	18	32.5	31	33	37	32	33	35	32.5
Auca	26.5	22.5	28	32	26	38	38	28	19	29	38	38
Sacha	36.5	28.5	31.5	35.5	38.5	31	36	35	38.5	38.5	38.5	31.5
Aguarico	49	49	27.5	49	31	49	36	40.5	40.5	49	49	37.5
Shushufindi	31.5	31	45	28.5	27	26	29	25	30	45	32	31

Tabla. 3.14. Distancias (Km) Sensibilidad de móviles para Troncalizado Distrito Amazónico

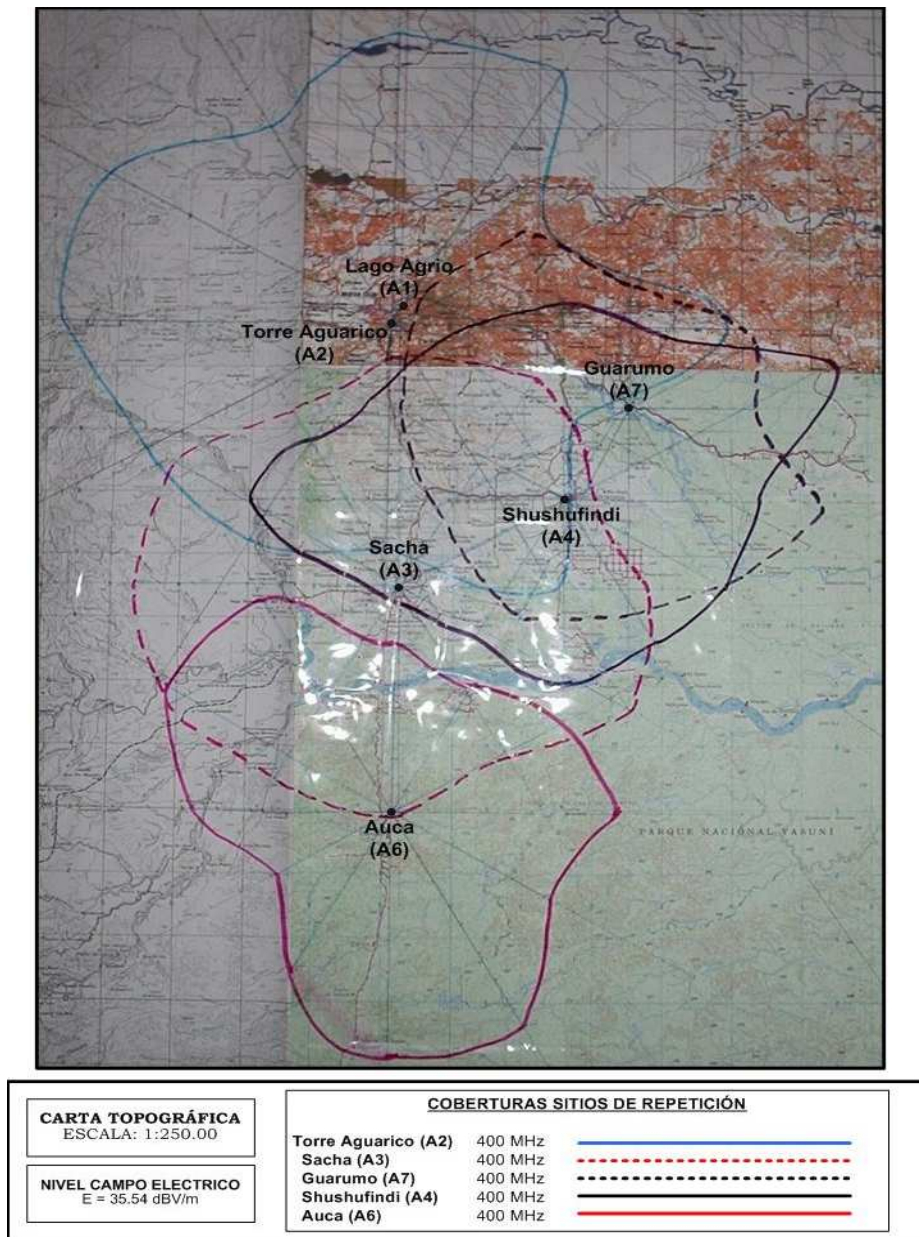


Figura. 3.3. Cobertura Distrito Amazónico Móviles

3.3.2.3. Portátiles

Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Guarumo	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1
Auca	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
Sacha	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8
Aguarico	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
Shushufindi	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabla. 3.15. Distancias (Km) Sensibilidad de portátiles para Troncalizado Distrito Amazónico

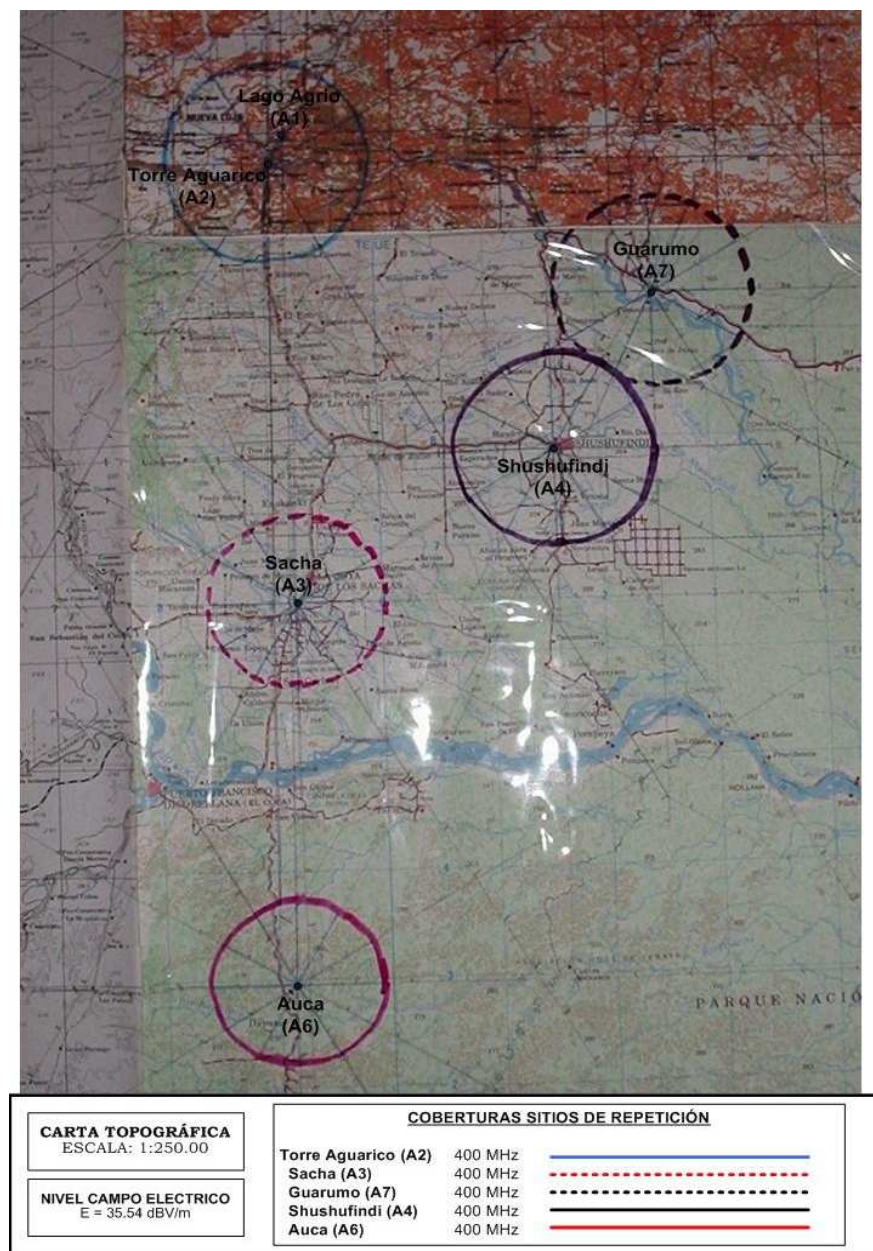


Figura. 3.4. Cobertura Distrito Amazónico Portátiles

### 3.3.3. Cobertura Región Quito

#### 3.3.3.1. SENATEL

##### Cerro Pichincha

Radiales Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
3	62.99	62.99	62.99	62.99	62.99	62.99	62.99	44.5	62.99	62.99	62.99	62.99
5	58.56	58.56	58.56	58.56	58.56	58.56	58.56	28.56	40.56	58.56	44.05	58.56
7	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63	55.63	X	22.63	55.63	29.63	20.63
8	54.47	54.47	37.47	54.47	54.47	54.47	54.47	X	X	37.47	X	X
9	53.45	53.45	53.45	31.45	53.45	28.45	53.45	X	X	X	X	X
10	52.54	52.54	31.54	52.54	52.54	23.53	52.54	X	X	X	X	X
11	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	26.7	51.7	X	X	X	X	X
12	50.95	50.95	33.95	50.95	50.95	31.95	50.95	X	X	X	X	X
13	50.26	50.26	50.26	50.26	50.26	50.26	50.26	X	X	X	X	X
14	49.6	49.6	49.6	49.6	49.6	49.6	49.6	X	X	X	X	X
15	27.01	49.01	49.01	49.01	49.01	49.01	49.01	X	X	X	X	X
20	X	46.51	46.51	46.51	46.51	46.51	23.51	X	X	X	X	X
25	X	44.58	44.58	44.58	44.58	44.58	X	X	X	X	X	X
30	X	26.99	42.99	42.99	42.99	42.99	X	X	X	X	X	X
35	X	X	41.65	41.65	17.65	41.65	X	X	X	X	X	X
40	X	X	40.49	10.49	X	40.49	X	X	X	X	X	X
45	X	X	39.47	X	X	39.47	X	X	X	X	X	X
50	X	X	38.5	X	X	38.5	X	X	X	X	X	X
55	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla. 3.16. Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado Cerro Pichincha

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>E=38.5dB<math>\mu</math>V/m</b>	14	28	50	37	30	50	17	4	6	7.7	4	6

Tabla. 3.17. Distancias (Km) para E=38.5dB $\mu$ V/m de BS Troncalizado Cerro Pichincha

## San Rafael

Radiales Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
3	63.14	63.14	63.14	63.14	63.14	63.14	63.14	63.14	63.14	63.14	63.14	63.14
5	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7
7	55.78	55.78	42.78	31.78	55.78	55.78	55.78	42.78	55.78	55.78	55.78	42.78
8	54.62	54.62	42.62	31.62	54.62	40.62	54.62	54.62	54.62	54.62	54.62	54.62
9	53.6	31.6	53.6	39.6	40.6	35.6	53.6	43.62	53.6	53.6	23.6	53.6
10	40.69	X	52.69	38.59	27.69	52.69	52.69	44.6	52.69	36.69	26.69	18.69
11	39.86	X	27.86	51.86	33.85	40.86	51.86	51.86	51.86	37.85	27.86	20.86
12	38.1	X	28.1	51.1	32.1	41.1	17.1	51.1	51.1	51.1	34.1	19.1
13	36.4	X	23.4	50.4	50.4	50.4	50.4	50.4	50.4	50.4	26.4	24.4
14	35.76	X	24.76	49.76	49.76	49.76	35.76	33.76	49.76	49.76	49.76	27.76
15	34.16	X	26.16	49.16	49.16	49.16	X	30.16	49.16	49.16	19.16	30.16
20	46.67	X	46.67	28.67	46.67	46.67	X	46.67	46.67	19.67	15.67	46.67
25	11.73	X	44.72	44.73	14.73	44.73	X	44.72	17.73	X	44.73	8.72
30	X	X	43.14	18.14	X	31.14	X	43.14	X	X	X	X
35	X	X	41.8	X	X	X	X	41.8	X	X	X	X
40	X	X	40.64	X	X	X	X	15.64	X	X	X	X
45	X	X	19.62	X	X	X	X	X	X	X	X	X
50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
55	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla. 3.18. Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado San Rafael

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
<b>E=38.5dB<math>\mu</math>V/m</b>	22	8.5	42	26	21	27	13.5	36	24.5	18	14.5	9.5

Tabla. 3.19. Distancias (Km) para E=38.5dB $\mu$ V/m de BS Troncalizado San Rafael

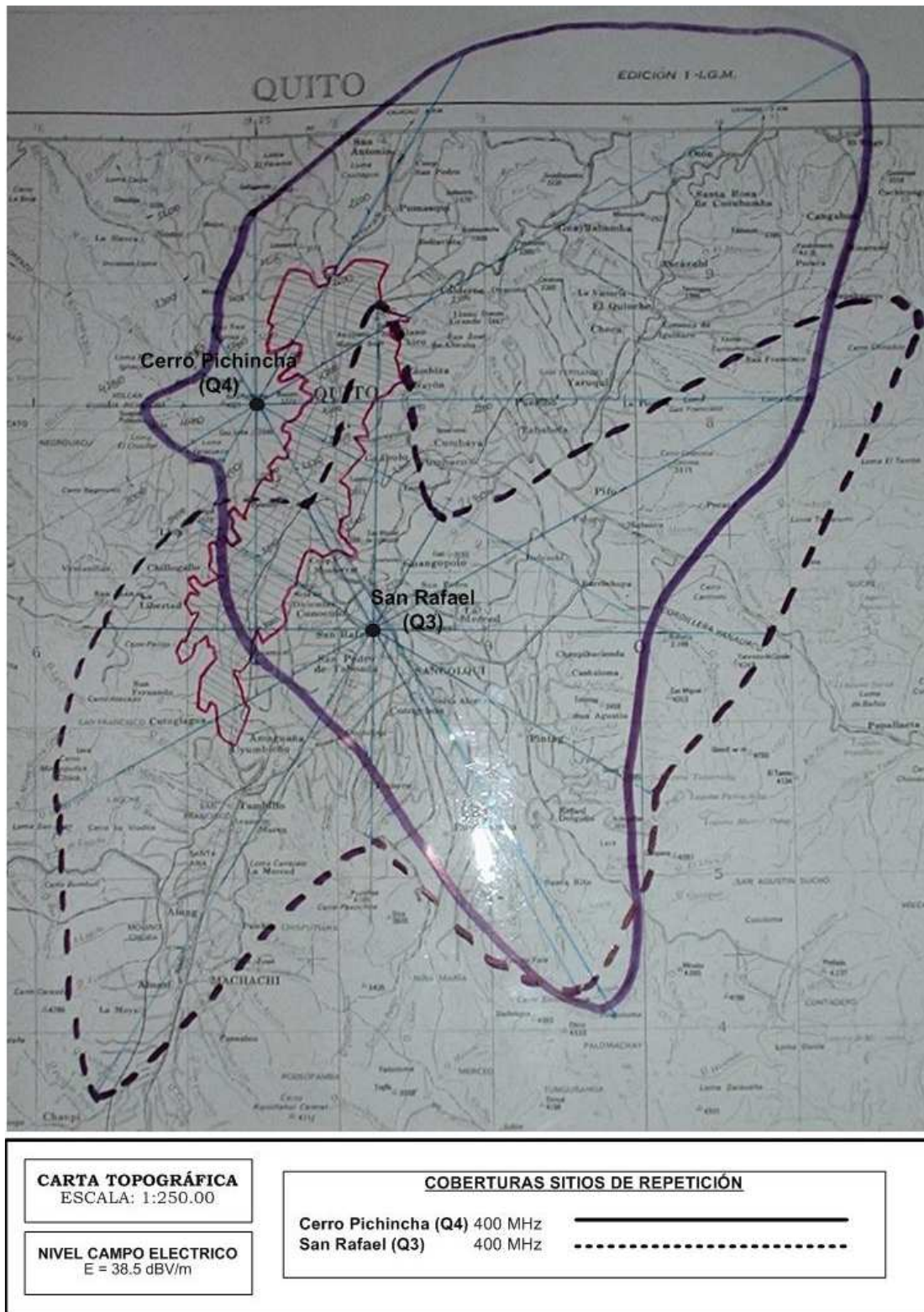


Figura. 3.5. Cobertura Región Quito Norma SENATEL

3.3.3.2. Móviles

Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Cerro Pichincha	14.7	28	59	38	31.5	59	17.5	4.5	6.5	9	5.6	6.5
San Rafael	22	8.5	42.5	27	23	27	14.5	36.5	25	18.5	14.5	9.5

Tabla. 3.20. Distancias (Km) para sensibilidad de móviles para Región Quito

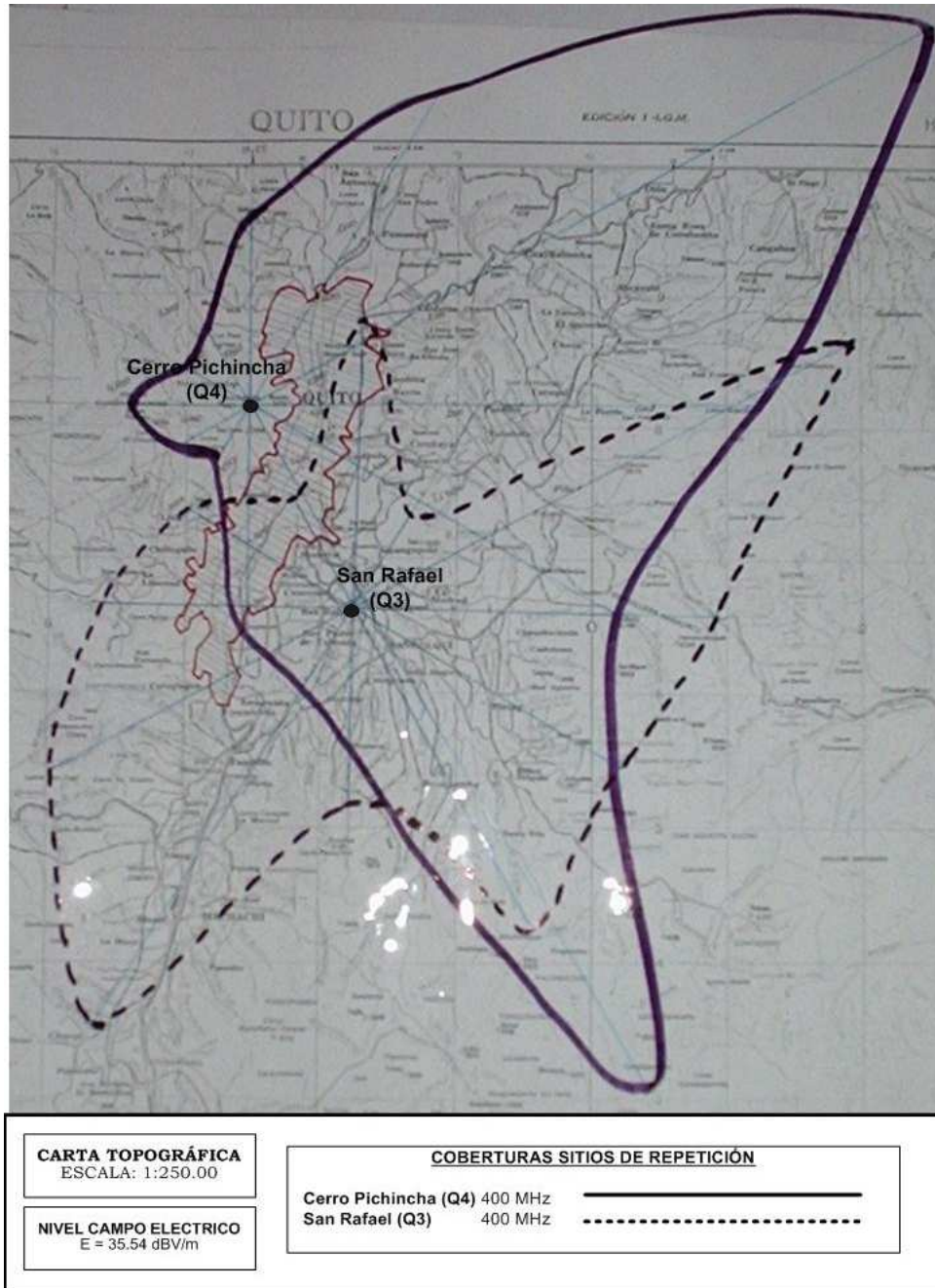
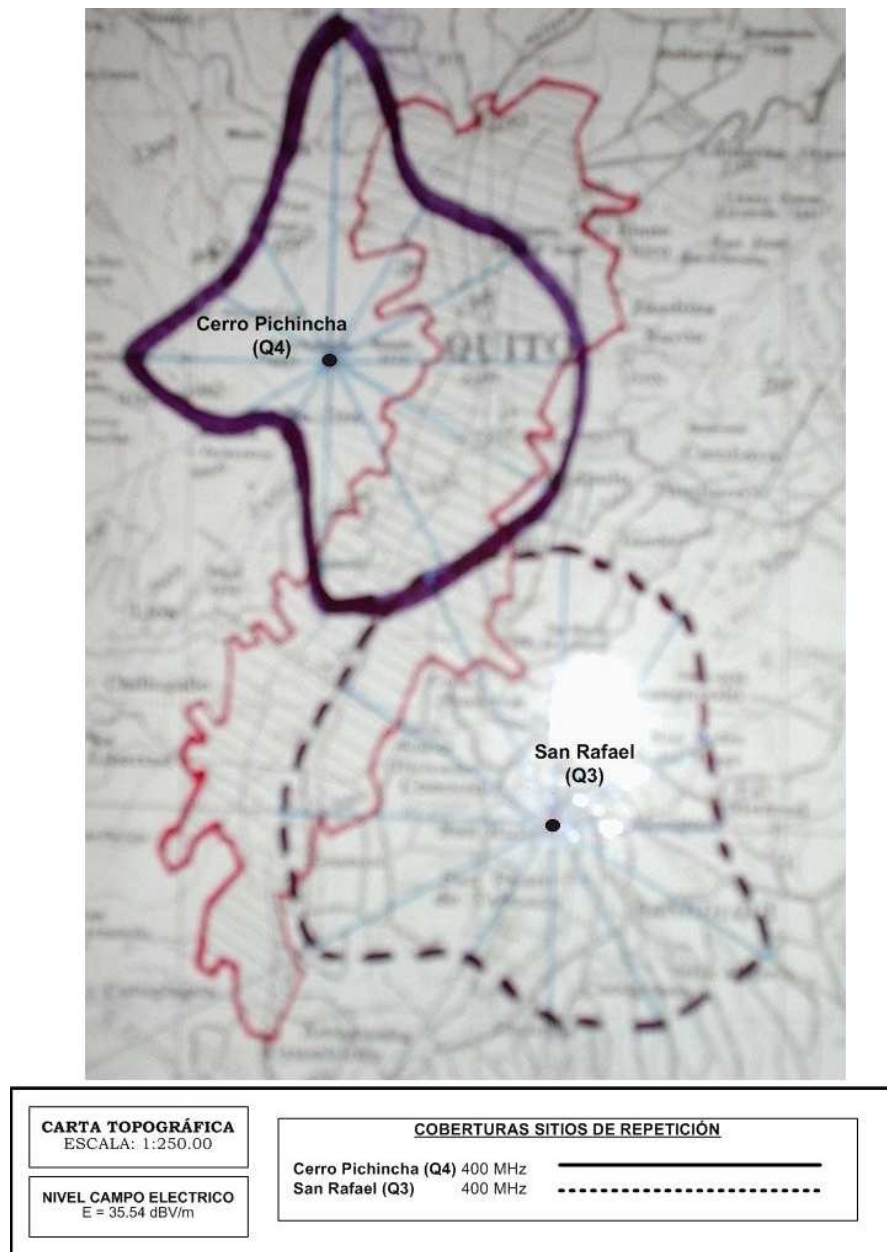


Figura. 3.6. Cobertura Región Quito Móviles

**3.3.3.3. Portátiles**

Distancia (Km)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
Cerro Pichincha	11.5	6.5	7.5	8.5	8.8	8	8.5	2	4.8	7	4.5	5.2
San Rafael	9.1	8	6	5.5	8.2	7.5	6.2	5.2	9.1	9.1	8.2	9

**Tabla. 3.21.** Distancias (Km) para sensibilidad de portátiles para Región Quito



**Figura. 3.7.** Cobertura Región Quito Portátiles



## **3.4. GRUPOS DE USUARIOS**

### **3.4.1. Descripción**

El número total de usuarios entre radios portátiles y móviles del sistema troncalizado será de 573 situados en Región Quito y Distrito Amazónico, éstos deben ser organizados por grupos los cuales cumplen funciones específicas independientemente de su situación geográfica, cada grupo ocupará un canal propio lo cual evitará problemas como los existentes debido a que todos los suscriptores ocupan un mismo canal, tendremos canales de uso común para ciertos grupos y un canal general al cual podrán acceder todos los usuarios de los grupos.

### **3.4.2. División por Grupos**

Dentro de la selección de grupos se entregará equipos solamente a empleados que necesiten desplazarse dentro de los campos en el Distrito Amazónico, a personal de la Región Quito que estén relacionadas con actividades técnicas, autoridades y vehículos de ambas regiones. La jerarquía de los siete grupos en los que se ha dividido el personal es de tres niveles, a continuación se enumerara los grupos que se han conformado, una pequeña descripción de los mismos y las razones de haberlos conformado de esta manera.

#### **Nivel Uno**

- **Autoridades:** Este grupo se encuentra en la más alta jerarquía y mayor grado de privacidad, lo cual permitirá que tenga acceso exclusivo a los canales del sistema y prioridad cuando el tráfico en el sistema sea mayor. Este grupo está compuesto por Vicepresidente, Subgerentes tanto del Distrito Amazónico como de la Región Quito y algunos jefes de departamentos técnicos.

### **Nivel Dos**

- Mantenimiento: Dentro de este grupo se encuentran los departamentos de: Mantenimiento Energético, Mantenimiento Equipo Pesado, Mantenimiento Automotriz, Mantenimiento Producción, Mantenimiento Administrativo y Materiales. En este grupo se encuentran los empleados que se encargan del correcto funcionamiento de maquinarias, equipos y vehículos, sus repuestos y distribución de los mismos.
- Telecomunicaciones: Se encuentra los departamentos de Telecomunicaciones y Sistemas, que son los encargados de las comunicaciones de todo el sistema, distribución y reparación de equipos de PETROPRODUCCION.
- Producción: Se encuentran los departamentos de: Producción, Alianzas Operativas, Proyectos Especiales, Seguridad Física. Son los empleados encargados o relacionados con la explotación y almacenamiento del crudo.
- Perforación: Se encuentran los departamentos de: Perforación, Ingeniería Civil, Ingeniería de Petróleos y Protección Ambiental. Dentro de este grupo se encuentran los empleados encargados de la planificación y ejecución de los campos petroleros.

### **Nivel Tres**

- Común para Autoridades Producción, Mantenimiento, Telecomunicaciones y Perforación: En éste, se podrán comunicar los empleados que se encuentren dentro de los grupos antes mencionados, entre grupos cuando lo requieran.
- Común para todos los usuarios: Este canal es común para todos empleados a los cuales se les haya asignado equipos aunque no se encuentren dentro de los grupos detallados anteriormente.

Tomando como base la asignación actual de equipos suscriptores del Sistema convencional VHF en el Distrito Amazónico más un terminal portátil para cada jefe de unidad en todos los Sitios de Repetición y adicionalmente, estableciendo una distribución de un terminal para cada jefe y dos asistentes por departamento en la

---

Región Quito, se ha desarrollado la Tabla 3.22 de grupos y ubicaciones dentro del Sitio de Repetición.

	Departamentos	Lago Agrio (Torre Aguarico)			Auca			Guarumo			Sacha			Shushufindi			Quito (Cerro Pichincha) y San Rafael			Total Equipos por Canal	
		Fijo	Móvil	Handy	Fijo	Móvil	Handy	Fijo	Móvil	Handy	Fijo	Móvil	Handy	Fijo	Móvil	Handy	Fijo	Móvil	Handy		
<b>Canal Autoridades</b>	Jefes de Unidades	0	0	4	0	0	3	0	0	2	0	0	3	0	0	2	0	6	111	143	
	Administración	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		3
	Legal	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Activos Fijos	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
<b>Canal Telecomunic.</b>	Sistemas	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	48	
	Telecomunic.	5	1	0	0	2	2	4	1	0	15	6	3	1	0	0	0	0	0		3
<b>Canal Perforación</b>	Perforación	1	1	0	1	4	0	0	6	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	19	
<b>Canal Producción</b>	Producción	7	9	0	11	20	0	22	23	0	10	14	0	8	10	0	0	0	3	246	
	Prot. Integral	0	2	19	2	4	0	1	3	1	1	2	0	1	1	0	0	0	0		0
	Ing. Petróleos	0	10	0	1	5	0	2	9	0	0	5	0	0	4	0	0	0	3		
	Ing. Civil	0	3	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0		0
	Seg. Indust.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
	Seg. Física	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0		0
	Proyec. Espec.	0	4	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3		
Prot.Ambiental	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3		
<b>Canal Manteni.</b>	Mantenimiento	1	10	0	2	15	0	3	19	0	0	17	0	2	17	0	0	0		0	108
	Materiales	2	1	0	1	1	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3	3	
	Automotriz	0	2	0	0	2	0	1	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0		
<b>Canal Común</b>	Aviación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	9	
	Disp. Medico	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		1
<b>Total Estaciones</b>		<b>97</b>			<b>78</b>			<b>109</b>			<b>85</b>			<b>52</b>			<b>152</b>				
<b>Total</b>																				<b>573</b>	

Nivel Uno

Nivel Dos

Nivel Tres

Tabla. 3.22. Distribución de Radio Terminales para distrito Amazónico y Quito

## 3.5. INGENIERÍA DE TRÁFICO

### 3.5.1. Consideraciones Generales

Debido al servicio de comunicación por niveles de prioridad en la llamada, el acceso y también la facilidad de conversación por grupos que nos brinda el sistema de radio troncalizado se puede planificar una organización más eficiente de tráfico, es decir, **determinar eficientemente el número de canales por Sitio de Repetición**, comparado con el sistema de radio móvil actual de VHF. Esto a razón del manejo eficaz de canales por medio de la asignación dinámica de éstos en el momento en el que se lo requiera.

Por lo cual, hay que seguir el modelo de la troncalización para calcular el número de canales que se requieren y con esto se dará un servicio óptimo para el acceso a los canales.

### 3.5.2. Análisis de Tráfico de Voz Requerido

Para el siguiente análisis de Ingeniería de tráfico hemos considerado parámetros proporcionados por el sistema actual de radio móvil convencional VHF tomando en cuenta el canal asignado al departamento de Producción y el canal asignado al departamento de Perforación del Distrito Amazónico en las estaciones de Aguarico, Sacha, Guarumo, Auca y Shushufindi, es decir, estadísticas de número de llamadas por hora y tiempo de duración de las mismas. En el anexo F sección F1 se presenta las tablas donde se recopila esta información.

A través de la Tabla 3.22 se obtiene otro parámetro necesario para determinar el número de canales por Sitio, que es el Número de Empleados por estación que ocuparán el servicio (U). Cabe mencionar que al número de suscriptores en cada estación se ha considerado una tolerancia del 10%, esto para mantener un buen

servicio en cada sitio cuando se presenten radios suscriptores extras pertenecientes a otros sitios de repetición.

Analizando los datos del anexo F sección F1 podemos observar que durante el periodo entre las 7:00 y 8:00 existe el mayor tráfico de llamadas, debido a que en esta hora se realizan los reportes de producción desde todas las estaciones y subestaciones hacia la Estación Central de cada campo. Entonces, dentro de este periodo de tiempo, se ha calculado el número de llamadas dentro de la hora de congestión ( $\mu$ ) y la duración promedio de una llamada ( $H$ ) para cada campo.

De acuerdo a las fórmulas presentadas en el Capítulo 2 sección 2.2.1.2.3 se ha realizado el cálculo del tráfico en el actual sistema VHF y realizando una proyección de tráfico para el diseño de radio troncalizado con lo cual se obtiene el número de canales tomando en cuenta un GOS de 2% y considerando que el sistema maneja encolamiento de llamadas (Erlang C) como se puede observar en el ejemplo del anexo F sección F2 se ha realizado la Tabla 3.23.

Canal	Guarumo		Auca		Sacha		Aguarico		Shushufindi	
	Produ.	Perfo.	Produ.	Perfo.	Produ.	Perfo.	Produ.	Perfo.	Produ.	Perfo.
$U_{VHF}$	101	6	69	5	80	3	91	0	50	0
$\bar{H}$ (men/h)	52	21	44	27	59	20	66	0	58	0
$\bar{\mu}$ (seg)	45	40	41	30	43	32	52	0	46	0
$A$ (erlang)	0.65	0.24	0.5	0.22	0.7	0.17	0.95	0	0.74	0
$A_T$ (erlang)	0.89		0.72		0.87		0.95		0.74	
$U_{TK}$	109		78		85		97		52	
$A_{TK}$ (erlang)	0.9		0.76		0.9		1.01		0.77	
$Ch$	$2.4 \cong 3$		$1.96 \cong 2$		$2.4 \cong 3$		$2.5 \cong 3$		2	

Tabla. 3.23. Cálculo de Número de Canales

Para determinar el número de canales que se necesitan para las BS's de Cerro Pichincha y San Rafael, se realiza una aproximación en base a la Intensidad de

Tráfico en el Distrito Amazónico debido a que no existe sistema de Radio Convencional del cual obtener datos para el dimensionamiento, se procede a calcular los promedios de tráfico por usuario para cada grupo del sistema de Radio Troncalizado, a este valor se lo multiplica por el número de usuarios por grupo pertenecientes a la Región Quito cuyos resultados es la intensidad de tráfico parcial por grupo y su suma es la Intensidad Total de tráfico para Cerro Pichincha y San Rafael, con la cual se obtiene junto con la consideración de un GOS del 2% el número de canales que se requieren.

En la Tabla 3.24 se muestra los resultados del proceso anteriormente descrito





CANAL	Lago Agrio (Cerro Aguarico)		Auca		Guarumo		Sacha		Shushufindi		A <sub>U</sub> Promedio	Quito (Cerro Pichincha)		San Rafael	
	U	A	U	A	U	A	U	A	U	A	A	U	A	U	A
<b>Autoridades</b>	11	0.1145	3	0.0292	3	0.0248	3	0.0318	3	0.0444	0.010639	100	1.0639	5	0.0532
<b>Telecomunicaciones</b>	7	0.0729	4	0.0389	5	0.0413	24	0.254	1	0.0148	0.010292	5	0.0514	2	0.0206
<b>Perforación</b>	2	0.0208	5	0.0487	6	0.0496	3	0.0318	0	0	0.009431	3	0.0283	0	0
<b>Producción</b>	58	0.603	45	0.439	67	0.553	36	0.3811	28	0.415	0.010218	10	0.1022	2	0.0204
<b>Mantenimiento</b>	16	0.1666	21	0.205	28	0.231	19	0.2011	20	0.296	0.010574	3	0.0317	1	0.0106
<b>Común</b>	3	0.0312	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0104	6	0.0624	0	0
												<b>Intensidad de Tráfico</b>		1.33997	0.10479
												<b>Número de Canales Ch</b>		3	0.61

**Tabla. 3.24.** Cálculos de Intensidad de Tráfico Quito y Número de Canales

El número total de canales de voz y adicionando el canal de control que se necesitará en cada BS, a excepción de San Rafael debido al número de usuarios que posee, son los siguientes:

<b>BS</b>	<b>Número Total de Canales</b>
<b>Guarumo</b>	4
<b>Auca</b>	3
<b>Sacha</b>	4
<b>Aguarico</b>	4
<b>Shushufindi</b>	3
<b>Cerro Prichincha</b>	4
<b>San Rafael</b>	1

**Tabla. 3.25.** Distribución Final de Canales por Sitio

### **3.5.3. Análisis de Tráfico de Datos Requerido**

El estándar MPT 1327 nos brinda dos opciones para la transmisión de datos desde un radio suscriptor hacia la BS que se las realiza por medio de Software, la primera es la asignación de canales de voz dedicados exclusivamente para datos y la segunda es utilizar el canal de control de cada BS para este fin. El determinar que tipo de opción escoger depende del tamaño de los mensajes o archivos de datos que se requieren transmitir.

Para el caso de PETROPRODUCCION, el uso del canal de control cubrirá eficazmente la cantidad de tráfico que se presente para la transmisión de mensajes cortos, archivos de texto para reportes y hojas de cálculo.

### 3.6. ESTRUCTURA DE LA RED DEL SISTEMA DE RADIO TRONCALIZADO

En esta sección se muestra la estructura de cada uno de los segmentos que conforman la red del Sistema de Radio Troncalizado de acuerdo al estándar escogido, que en este caso es MPT 1327, los cálculos y consideraciones realizadas anteriormente.

#### 3.6.1. Descripción de los elementos de la Red

La Red constará de los siguientes elementos principales:

- Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema (MSC)
- Estaciones Base (BS) o Sitios
- Radio Terminales
- Terminal de Gestión de Red (Será descrito en el Capítulo 4)

**Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema (MSC).**- Denominado en MPT 1327 como **NODO CENTRAL** (NC) y se lo coloca en el lugar de mayor tránsito y control de información, que para la red de PETROPRODUCCION se halla en la localidad de Lago Agrio. En estas instalaciones no se encontrará una estación base debido a que al instalarla en la Torre Aguarico se podrá brindar mayor cobertura a Lago Agrio y sus alrededores, por lo cual la información de todos los sitios de repetición llegará al Nodo Central a través de la red de microondas.

Este Nodo Central (NC) está compuesto de dispositivos encargados de las conexiones para realizar las llamadas entre las diferentes estaciones, los cuales son:

- **Controlador de Nodo:** Este equipo maneja las señales de control concernientes con la operación general del Sistema de Radio Troncalizado, utilizando estas señales para determinar que puertos y que tarjetas DAS deberán ser conectadas para poder establecer una llamada.

- **Conmutador de Audio Digital:** En MPT 1327 denominado Switch Digital de Audio (DAS) recibe las señales de audio de todos los canales de los Sitios para formar una matriz y conectar estas señales para realizar las comunicaciones intersitio. El DAS está compuesto por tarjetas de interfaz de audio para llamadas troncalizadas (AIO), tarjetas de interfaz para llamadas y señalización PABX/PSTN y tarjeta controladora para realizar la conmutación de llamadas (ECC).
- **Port Server:** Es el encargado de brindar más puertos al Controlador de Nodo para realizar interconexiones con los Sitios de Repetición.
- **Hub:** La tarea de este dispositivo es de concentrar las señales del Controlador de Nodo con las del Port Server a través de una conexión Ethernet<sup>1</sup>.
- **MDF:** Servirá como una interface entre el Nodo y cada uno de los Sitios, desde el cual se va a poder administrar cada una de las señales de audio. Generalmente cables de 20 o 25 pares son usados para las conexiones con el DAS y Modem Rack que será descrito en el Capítulo 4 sección 4.5.1

**Estaciones Base (BS).**- También conocidas como **SITIOS DE REPETICIÓN**. Generalmente están compuestas de los siguientes módulos.

- **SMM:** Unidad Controladora de Sitio, la cual se encarga de organizar y controlar el buen desempeño de los canales de cada BS.
- **Módulo de Canales:** Está compuesto por: repetidores (Unidades de Tx y Rx de acuerdo al número de canales establecidos en el cálculo de tráfico), el CMM (Módulo de Gestión de Control) determina que canal funcionará como Canal de Control y cuales funcionarán como Canales de Tráfico intersitio.
- **Sistema RF:** Está compuesto por un combinador para el sistema de transmisión, para el sistema de recepción se requiere de un pre-amplificador (parte superior de la torre), un multiacoplador<sup>2</sup> y un filtro tipo ventana (para obtener únicamente las señales que estén dentro de la frecuencia de trabajo). Interconexión del Sistema de Radio Troncalizado con el Sistema de

---

<sup>1</sup> ETHERNET: Sistema de Red de Área Local de alta velocidad

<sup>2</sup> MULTIACOPLADOR: Equipo que divide las señales que vienen de la antena Rx y las distribuye al canal que les corresponda

Microondas, esto se la realiza conectando el Nodo Central y los controladores de las BS (Aguarico, Sacha, Shushufindi, Auca, Guarumo, San Rafael y Cerro Pichincha) hacia sus respectivos multiplexores con tarjetas 4 o 6 wire E&M para transmisión síncrona y así poder transferir la información del sistema a través de toda la red de microondas que se encuentran en funcionamiento.

- o Debido a los equipos que se encuentran en funcionamiento en el Sistema de Telecomunicaciones de PETROPRODUCCION, descrito en el Capitulo 1, para que las BS de Aguarico y Cerro Pichincha puedan interconectarse a la red, se necesita instalar un Multiplexor en cada una de estas y así el flujo de información del sistema de Radio Troncalizado podrá recorrer toda la red.

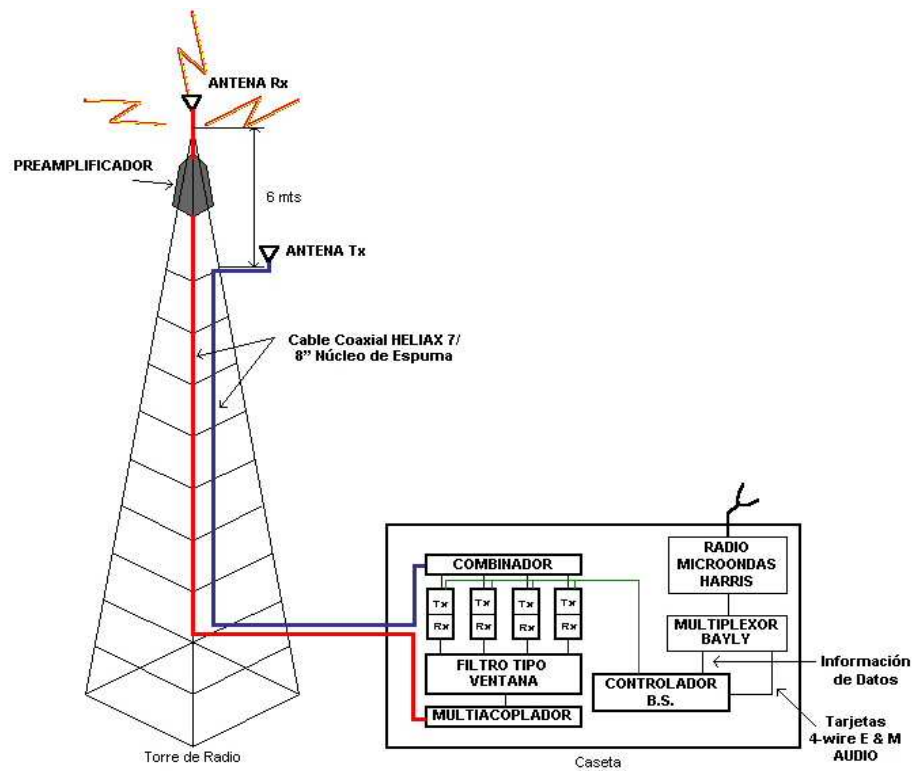


Figura. 3.8. Esquema de BS

**Radio Terminales.-** Se usarán Radios Terminales de tipo Móvil, Fijo y Portátiles, estos terminales tendrán la opción de ser conectados por medio de un puerto RS-232 a Terminal de Datos (PC) para realizar transferencia de datos.

3.6.2. Diagrama de la Red de Radio Troncalizado de PETROPRODUCCION

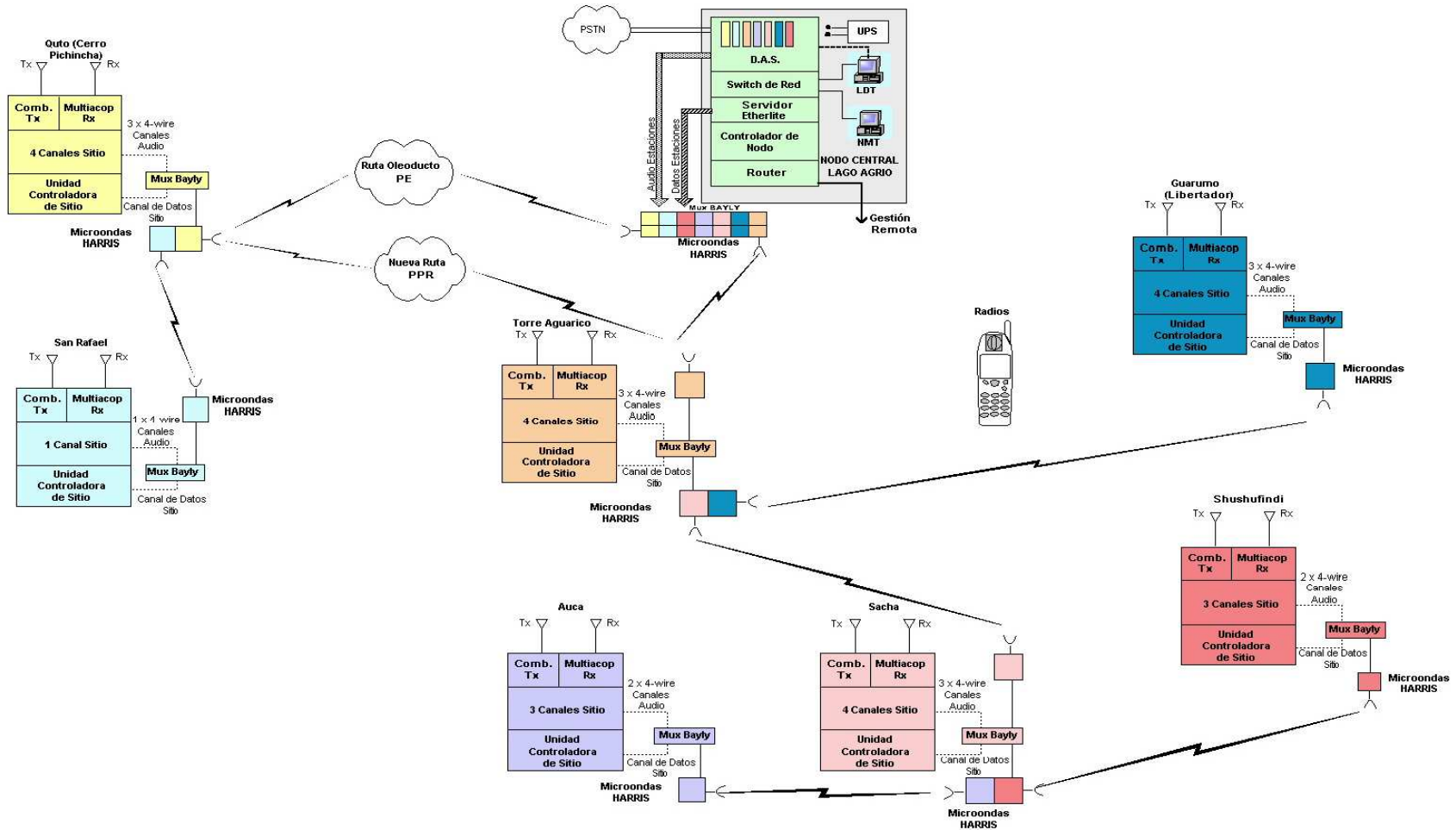


Figura. 3.9. Diagrama de la Red de Radio Troncalizado de PETROPRODUCCION

### 3.7. SERVICIOS Y ALARMAS DEL SISTEMA TRONCALIZADO PARA PETROPRODUCCION

**Servicios.-** Dentro de los principales servicios que se requiere que cumpla el Sistema de Radio Troncalizado, podemos mencionar los siguientes:

- Diferente tipo de llamadas en las que encontramos: llamadas de grupos, llamadas privadas, llamadas de broadcast<sup>1</sup>, y llamadas de emergencia.
- Posibilidad de brindar hasta 5 niveles de prioridad de llamadas.
- Servicio de Mensajes de Datos Corto (más de 25 caracteres).
- Servicio de mensajes de Datos Largo (más de 100 caracteres)
- Disponibilidad de servicio Localización de Vehículos Automática (AVL) en la red
- Acceso a llamadas desde radios hacia PABX o PSTN.
- Acceso a llamadas desde PABX o PSTN hacia radios.
- Servicio de Identificador de Llamadas.
- Disponibilidad de interconexión con redes convencionales.
- Conexión móvil a e-mail.
- Acceso móvil a base de datos.
- Posibilidad de interrupción de cualquier tipo de llamadas al presentarse una llamada de emergencia.

**Alarmas y Servicios de Gestión de Red.-** Cualquier terminal de gestión de red (NMT) dentro de la red debe presentar las siguientes características:

- El sistema puede desplegar reportes de alarma de mal funcionamiento de: nodos, conmutador de audio digital (DAS), BS y canales.
- Disponibilidad para monitoreo del desempeño de toda la red de radio troncalizado.

---

<sup>1</sup> BROADCAST: Tipo de comunicación en que todo posible receptor es alcanzado por una sola transmisión

- Habilidad para el diagnóstico y detección de fallas en el sistema de forma remota.
- Servicio de registro y facturación de todas las llamadas.
- Detección de suscriptores no autorizados a través de la validación de Número de Identificación Único por radio (ESN) y capacidad de deshabilitarlos.

### 3.8. REDUNDANCIA DE ENERGÍA

En la totalidad de las instalaciones en donde se ha planificado la instalación de las BS cuentan con sistemas alternos de alimentación de energía eléctrica a parte de la red convencional de energía. En la Tabla 3.26 se puede observar los sistemas de redundancia que poseen cada una de las instalaciones:

<b>BS</b>	<b>Banco de Baterías</b>	<b>Generadores</b>
<b>Guarumo</b>	X	X
<b>Auca</b>	X	X
<b>Sacha</b>	X	X
<b>Aguarico</b>	X	X
<b>Shushufindi</b>	X	X
<b>Cerro Pichincha</b>	X	X
<b>San Rafael</b>	X	

**Tabla. 3.26.** Sistema de Redundancia de Energía por BS



## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN**

#### **4.1. INTRODUCCIÓN**

El Diseño de un Sistema para la Administración de una Red dentro de las Telecomunicaciones es una función indispensable, debido a la necesidad de Configurar, Monitorear, Controlar y realizar el Mantenimiento a tiempo, tanto a los equipos de infraestructura como a los equipos terminales.

El objetivo de planificar un Sistema de Gestión para la Red de Radio Troncalizado es el de optimizar el funcionamiento de los equipos y del Sistema en conjunto supervisando continuamente su funcionamiento brindando así un servicio eficiente a los usuarios y proporcionando un ahorro significativo a mediano plazo de recursos, tanto en el manejo como mantenimiento de la red, ya que local o remotamente se puede tener una visión global de lo que esta sucediendo con los equipos a lo largo del Sistema.

Este capítulo trata aspectos como las características generales dentro de MPT 1327 para Software y Hardware del Terminal de Gestión de Red, donde se detallará las funciones de Gestión que cubrirán las aplicaciones que pueden proporcionar los distintos fabricantes, también se describe los mensajes de alarmas que se presentan comúnmente en estos terminales incluyendo el equipo en el que se origina, su prioridad y condiciones en las cuales pueden presentarse. Por otro lado, se enumera la cantidad y características que deben poseer los Canales de Supervisión utilizados para obtener la información necesaria desde cada uno de los Sitios de repetición

para administrar la red, así como el Hardware necesario para su funcionamiento y finalmente se determinará cuantos Terminales de Gestión se requerirán y sus ubicaciones.

## 4.2. TERMINAL DE GESTIÓN DE RED (NMT)

La Administración y Gestión de Redes de la mayoría de Sistemas de Radio Troncalizado dentro del estándar MPT 1327 se la realiza mediante el uso del **Modelo basado en SNMP**, por esta razón estableceremos los requerimientos que necesita un Sistema de este tipo para su funcionamiento.

El Equipo utilizado para realizar esta administración es el denominado **Terminal de Gestión de Red (NMT)**, el cual se encarga de realizar las siguientes tareas:

- Configuración de Red
- Monitoreo de Red
- Control de Red
- Mantenimiento de Red

El NMT está compuesto de dos partes: Hardware, dentro del cual se encuentra un terminal local y opcionalmente terminales remotos, y Software, en el cual se encuentran varias aplicaciones para observar y realizar las diferentes funciones de gestión

### 4.2.1. Hardware de Gestión

Un NMT se puede instalar local y remotamente. Para el caso de un NMT local para PETROPRODUCCIÓN se lo instalará directamente al Nodo Central con una conexión mediante el Hub que se encuentra dentro del Nodo como se puede observar a continuación en la Figura 4.1.

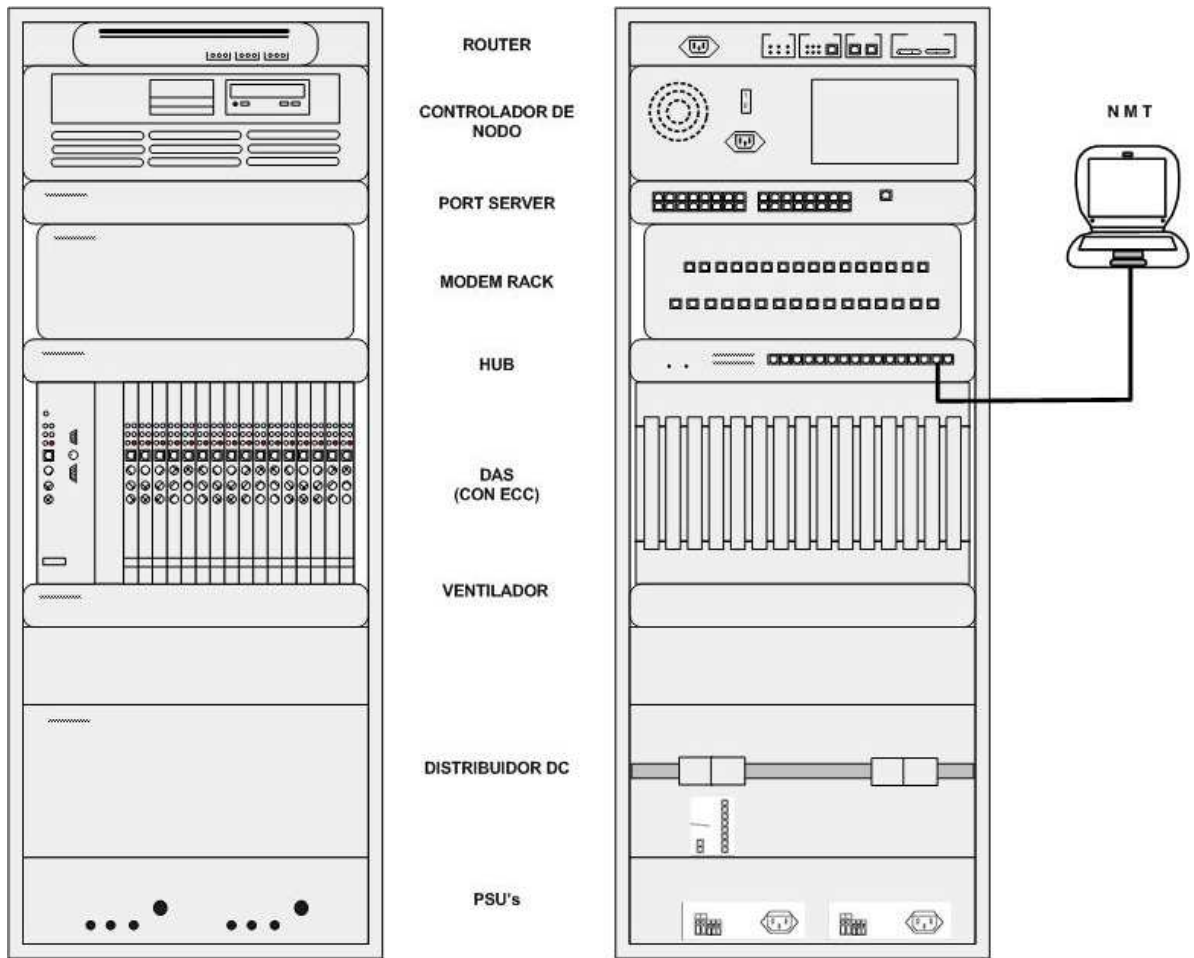


Figura. 4.1. Diagrama NMT Local

Para realizar una administración en conjunto en algunos Sitios de la red del Sistema de Radio Troncalizado se ha decidido utilizar un NMT remoto, el cual posee una característica de poder ser implementado en cualquier lugar en el que se tenga acceso a la Red de Datos de la empresa. Esta conexión se la debe realizar vía Hub y Router desde el Nodo Central hacia la red WAN<sup>1</sup> de datos, como se indica en la Figura 4.2.

<sup>1</sup> WAN: Wide Area Network, red que enlaza computadoras separadas por distancias mayores a 1 Km

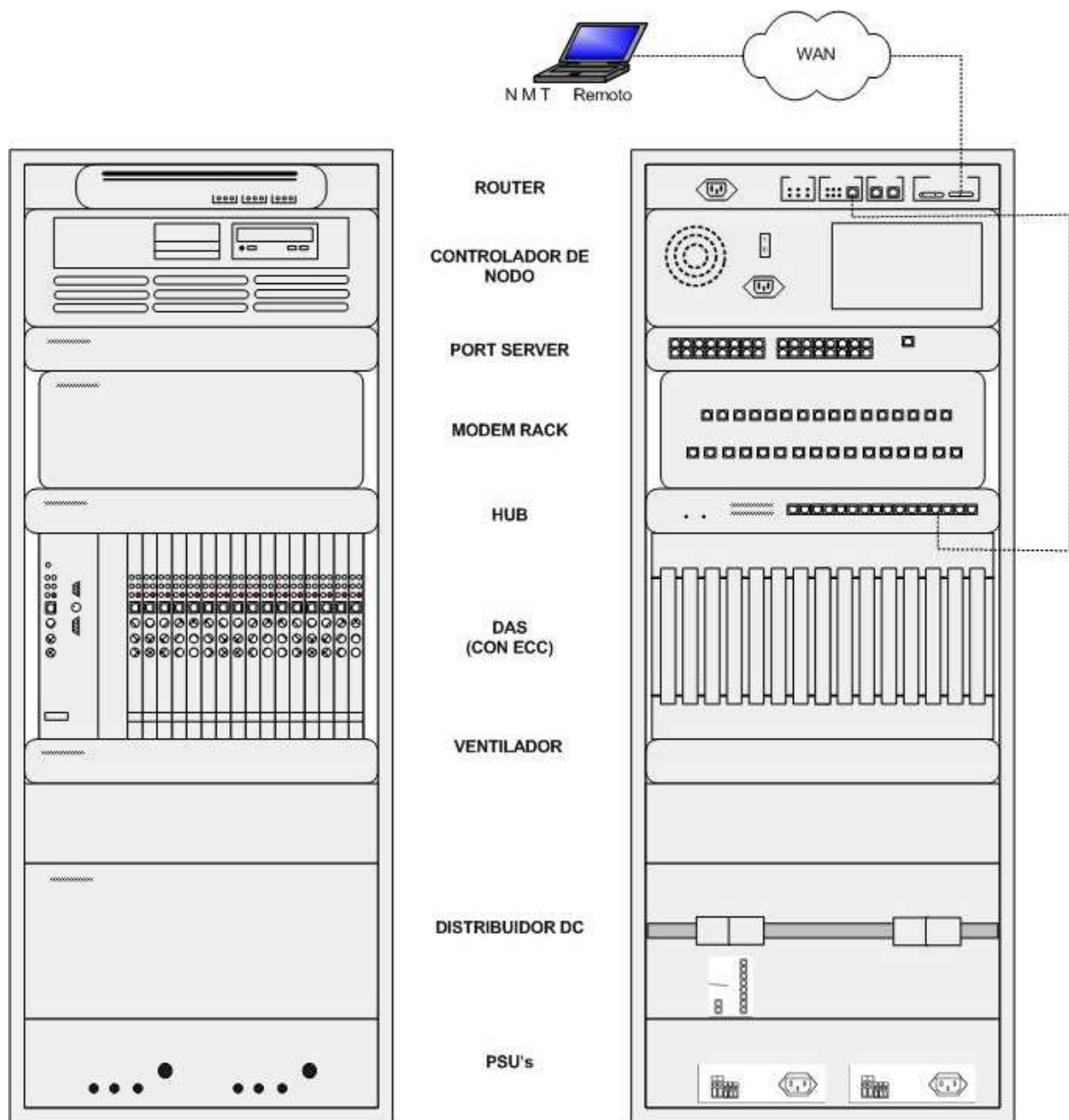


Figura. 4.2. Diagrama NMT Remoto

#### 4.2.2. Software de Gestión

El terminal que el usuario utilizará tanto local como remotamente es una PC que funcione basado en el Sistema Operativo WINDOWS, por ejemplo cualquier PC de escritorio existente en la empresa. Dentro de los diferentes fabricantes existen muy variadas aplicaciones de Software que están diseñadas para hacer lo más flexible

posible el acceso y administración de todos los equipos de infraestructura y terminales de la red de Radio Troncalizado.

Estos programas de aplicación deben ser instalados en las PC que cumplirán la función de NMT, se clasificarán de acuerdo a las Funciones de Gestión de Red estudiadas en el Capítulo 2 sección 2.3.2.3.1 que son las siguientes:

- Programas de Gestión de Fallos
- Programas de Gestión de Configuración
- Programas de Gestión de Desempeño
- Programas de Gestión de Contabilidad
- Programas de Gestión de Seguridad

Algunos de los fabricantes de sistemas MPT 1327 consultados, en general agrupan en un sólo paquete de Software aplicaciones de fallos, configuración y contabilidad. Las demás aplicaciones deben ser adquiridas de forma separada.

Se debe contar con una aplicación de interfaz gráfica que muestre dentro de un mapa el total de los Nodos, Sitios y una representación de los terminales que despliegue en pantalla las siguientes especificaciones: ubicación, alarmas, modelos y ESN de los terminales de cada Sitio

En combinación con la información dada a través del nodo central, el NMT debe brindar las siguientes características y ventajas descritas a continuación:

**Niveles de Acceso a la Gestión de Red.-** Se podrá crear registros de usuarios de radio o grupos de conversación dentro de la Red. Mientras la información es almacenada de forma separada en cada Nodo, el NMT proporciona una vista general de la información y algunos de los cambios que se han realizado que son automáticamente enviados a todos los Nodos. Para esto existirá niveles de acceso para usuarios de NMT con ventanas de autenticación de usuario y contraseña, los

niveles de acceso para usuarios y las acciones que pueden realizar son detalladas en la Tabla 4.1.

Nivel de Acceso	Acciones
<b>Administrador</b>	Puede manipular todas las opciones de NMT.
<b>Ingeniero</b>	Manipula todas las opciones NMT excepto añadir usuarios, cambiar contraseña de otros usuarios y cambiar un NMT de modo maestro a esclavo.
<b>Dealer</b>	Tiene acceso de solo lectura en otros NMT. Puede entregar información desde el Nodo pero no cambiarla. No puede obtener estadísticas de la red
<b>Solo Lectura</b>	Puede ver todas las ventanas de las aplicaciones pero no puede hacer cambios en la red
<b>Deshabilitado</b>	No corren programas NMT o vistas de las ventanas de NMT

**Tabla. 4.1.** Niveles de acceso para el NMT

**Conexión de Nodo Automática.-** Cuando se inicia el funcionamiento del NMT, éste automáticamente se conecta a los Nodos y Sitios de la red mostrándolos en la ventana principal con su información sobre alarmas.

**Configuración de Alarmas.-** Las aplicaciones del NMT nos permite configurar algunas de las características que vienen determinadas por defecto desde la fábrica, tales como: texto de la alarma, sonido de alarma, volumen de sonido, prioridad de la alarma y ruta de localización del archivo de alarmas.

**Vista Gráfica de la Red.-** Una ventana de la aplicación mostrará todos los Nodos de la red donde se puede detallar los Sitios y terminales respectivos, finalmente acceder a todos los comandos de configuración de Nodos o Sitios.

**Notificación de Alarmas por e-mail.-** NMT puede enviar notificaciones de alarmas como mensajes de e-mail a una o más direcciones de correo electrónico de los

usuarios de NMT de acuerdo al nivel de acceso configurado y la prioridad de la alarma.

**Plantillas.-** Se utilizarán Plantillas de llamadas realizadas y áreas de servicio para simplificar y agilizar el registro de nuevos radios y grupos al sistema.

### 4.3. ALARMAS DEL SISTEMA DE GESTIÓN

En esta sección se enumera y describe los tipos de alarmas, los elementos y condiciones en las que éstas se pueden presentar para ser mostradas y monitoreadas por el NMT dentro del Sistema de Radio Troncalizado de acuerdo al estándar MPT 1327.

#### 4.3.1. Tipos de Alarmas

La clasificación del tipo de alarmas que se pueden presentar se la hará de acuerdo al elemento en el cual se origine tal como: Nodo, DAS, Sitios y terminales. Para poder distinguir rápidamente a los distintos elementos de la red, el NMT utiliza las variables presentadas en la Tabla 4. 2.

<b>Variables</b>	<b>Descripción</b>
<b>aaa</b>	Dirección de Puerto
<b>NN</b>	Número de Sitio
<b>nnn</b>	Número de Canal
<b>ppp iii</b>	Número de Radio MPT 1327
<b>xx</b>	Espacio libre en el disco (MBytes)
<b>mmm</b>	Código de Fabricante
<b>tt</b>	Tipo de Radio
<b>sssss</b>	Número de Serie

**Tabla. 4.2.** Variables para Mensajes de Alarmas

### Alarmas Nodo

- **Node Down.-** Esta alarma se produce cuando el nodo no está operando o su conexión al NMT se ha interrumpido.
- **Node Up.-** El nodo ha vuelto a su funcionamiento normal al haber corregido algún fallo.
- **Low Disk Space xx.-** Se produce esta alarma cuando no existe espacio suficiente en el disco duro de la computadora del nodo.

### Alarmas DAS

- **DAS Card Fail aaa.-** El NMT despliega este mensaje si el Controlador del DAS no recibe una respuesta de alguna tarjeta del DAS.
- **DAS Card Good.-** La tarjeta del DAS con falla ha vuelto a su correcto funcionamiento.
- **DAS Down.-** Este mensaje de alarma es mostrado en el NMT cuando las comunicaciones entre el Controlador del Nodo y el DAS fallan.
- **DAS Up.-** Cuando las comunicaciones entre el Controlador del Nodo y el DAS se reanudan se despliega este mensaje.

### Alarmas Sitios

- **Site NN: Down.-** Este mensaje es mostrado cuando no existe una respuesta desde un Sitio hacia el Nodo
- **Site NN: Up.-** Se presenta este mensaje cuando se recibe una respuesta desde un Sitio hacia el Nodo después de haberse producido una falla.
- **Site NN: Receiver Failure on Channel nnn.-** Esta alarma se despliega cuando el receptor de un canal de tráfico ha sido utilizado un tiempo más largo que el programado.
- **Site NN: Low Forward Power on Channel nnn.-** Se despliega este mensaje cuando la potencia RF de salida del transmisor del canal nnn o del amplificador de potencia se encuentra por debajo del límite establecido.



- **Site NN: High Reverse Power on Chanel nnn.-** Este mensaje se despliega cuando existe una falla en la potencia reflejada del sub sistema de la antena.
- **Site NN: High Reverse Low Forward Power on Channel nnn.-** Este mensaje se origina cuando la potencia de transmisión esta por debajo del límite establecido.
- **Site NN: Common Memory Failure on Channel nnn.-** Este mensaje se despliega cuando el Controlador del canal nnn presenta una falla.
- **Site NN: Complete Channel Failure on Channel nnn.-** Este mensaje se despliega cuando no se detecta ninguna respuesta desde el canal nnn hacia el Modulo de Gestión de Sitio (SMM).
- **Site NN: Line Intersite Failure on Channel nnn.-** Este mensaje se despliega cuando existe una falla en las funciones de conmutación de la Línea Intersitio del canal nnn.
- **Site NN: Main Processor Memory Failure on Channel nnn.-** Este mensaje se despliega cuando el Controlador del canal nnn presenta una falla.
- **Site NN: Max Dynamic Framelength Channel nnn.-** Este mensaje se despliega cuando el crecimiento del tráfico en el Sitio NN ha excedido el límite establecido.
- **Site NN: Modem Processor Memory Failure on Channel nnn.-** Este mensaje se despliega cuando el Controlador del canal nnn presenta una falla.
- **Site NN: Queue Fault on Channel nnn.-** Este mensaje se despliega cuando una llamada intersitio que esta en espera presenta problemas.
- **Site NN: Reg. Overflow Channel nnn.-** Este mensaje se despliega cuando existe un exceso de terminales de radio registradas en un Sitio.
- **Site NN: Entered ICBM.-** Este mensaje se despliega cuando el enlace Nodo-Sitio ha sido interrumpido.
- **Site NN: Exited ICBM.-** Este mensaje se despliega cuando el enlace Nodo-Sitio se ha restablecido luego de una interrupción.

## Alarmas Terminales

- **ESN Bad-Unit: ppp iiiii Site nnn ESN Rcvd: mmm-tt-ssssss.-** Se presenta este mensaje cuando la confirmación del ESN del radio terminal ha fallado.
- **ESN Good-Unit: ppp iiiii Site nnn.-** Se presenta este mensaje cuando existe una confirmación del ESN del radio terminal.

### 4.3.2. Condiciones para Activación de Alarmas y Niveles de Prioridad

En la Tabla 4.3 se presenta las alarmas numeradas en la Sección 4.3.1 separadas de acuerdo al elemento en donde se originan, sus condiciones de activación y su nivel de prioridad, el cual podrá ser Alto (color rojo), Medio (color amarillo) y Bajo (color verde)

Nombre de Alarma	Condiciones
<b>NODO</b>	
<b>Node Down</b>	Se produce cuando: falla el Software de la computadora del Controlador de Nodo o hay falla en los enlaces del Controlador del Nodo (Hub, Por Server, Router y NMT)
<b>Node Up</b>	Se presenta superado el Node Down
<b>Low Disk Space xx</b>	Se produce cuando existe menos de 50 MB de espacio libre de memoria, el Controlador de Nodo presentará periódicamente este mensaje
<b>DAS</b>	
<b>DAS Card Fail aaa</b>	Este mensaje aparece indicando una falla en el puerto de la tarjeta DAS debido a: falla en toda la tarjeta o falta de alimentación en la ranura del DAS
<b>DAS Card Good</b>	Se presenta al superar el DAS Card Fail
<b>DAS Down</b>	Se puede dar por: falla en el enlace entre el Port Server-DAS o falta de alimentación al DAS
<b>DAS Up</b>	Se presenta superado el DAS Down
<b>SITIOS</b>	
<b>Site NN: Down</b>	Se presenta debido a una falla en el

	enlace SMM-Nodo
<b>Site NN: Up</b>	Se presenta superado el Site NN: Down
<b>Site NN: Receiver Failure on Channel nnn</b>	Se presenta debido a: Intermodulación de otras señales RF, transmisión ilegal o accidental por transmisores no autorizados, también por presencia de gran cantidad de ruido RF.
<b>Site NN: Low Forward Power on Channel nnn</b>	Se presenta por una falla en el cableado entre el transmisor y el amplificador de potencia o también a la reducción de la potencia de salida debido al sobre calentamiento del amplificador de potencia o el transmisor
<b>Site NN: High Reverse Power on Chanel nnn</b>	Se presenta por: falla permanente en el amplificador de potencia o el transmisor, en fallas de conexiones de antenas o cable coaxial.
<b>Site NN: High Reverse Low Forward Power on Channel nnn</b>	Se debe principalmente a que existe un circuito abierto en la salida RF debido a fallas en el sistema Combinador
<b>Site NN: Common Memory Failure on Channel nnn</b>	Se produce debido a fallas en la memoria del módulo CMM
<b>Site NN: Complete Channel Failure on Channel nnn</b>	Producido por: falta de alimentación hacia el módulo CMM, también por falla en la conexión del bus de Sitio.
<b>Site NN: Line Intersite Failure on Channel nnn</b>	Se produce debido a una falla temporal o permanente en el módulo CMM.
<b>Site NN: Main Processor Memory Failure on Channel nnn</b>	Se presenta por falla en el procesador del módulo CMM.
<b>Site NN: Max Dynamic Framelength Channel nnn</b>	Se produce este aumento en la longitud de trama debido a que el tráfico presente supera al límite establecido.
<b>Site NN: Modem Processor Memory Failure on Channel nnn</b>	Se produce debido a fallas en el módulo CMM.
<b>Site NN: Queue Fault on Channel nnn</b>	Se produce cuando una llamada en espera se ha perdido, no se requiere ninguna acción ya que el Sitio recuperara la llamada automáticamente
<b>Site NN : Reg. Overflow Channel nnn</b>	Se produce cuando existe exceso de radios ingresados dentro de la tabla de registro de Sitio.
<b>TERMINALES</b>	
<b>ESN Bad-Unit: ppp iiiii Site nnn ESN Rcvd: mmm-tt-ssssss</b>	Se produce cuando existe un error en la comprobación del número de seguridad de un radio terminal.

<b>ESN Good-Unit: ppp iiiii Site nnn</b>	Se produce cuando la comprobación del número de seguridad de un radio terminal ha tenido éxito.
--	---

**Tabla. 4.3.** Condiciones y Prioridades de las Alarmas presentadas en el NMT

Se utilizará una de las facilidades que nos brinda las aplicaciones del Software del NMT, la cual es la posibilidad del envío de e-mail por parte del NMT hacia los usuarios designados, para lo cual se ha definido que tipo de mensajes de alarmas se debe enviar a éstos. La Tabla 4.4 muestra esta asignación.

USUARIO	DESCRIPCIÓN
Administradores	Se enviarán e-mail solamente cuando se produzcan alarmas de alta prioridad.
Ingenieros	Se enviaran e-mail cuando se produzcan alarmas de media y alta prioridad
Dealer	Se enviarán e-mail cuando se produzcan alarmas de cualquier tipo de prioridad

**Tabla. 4.4.** Destinatarios de e-mail de acuerdo al tipo de Alarma

#### 4.4. DIMENSIONAMIENTO DE SEÑALES DE GESTIÓN

La información de gestión forma parte de las señales de control que son enviadas por el Canal de Supervisión dentro de un Sistema de Radio Troncalizado y utilizadas por el NMT para realizar la administración de la red. En cada Sitio se ocupará un canal de supervisión dirigido hacia el nodo localizado en Lago Agrio, a través del Backbone de microondas que posee PETROPRODUCCIÓN junto con las señales de Audio.

En la Figura 4.3 se muestra el diagrama general de la Red de Radio Troncalizado con los Canales de Supervisión y Canales de Audio para cada Sitio de Repetición y

también incluye como se enrutan estas señales a través del Backbone de microondas.

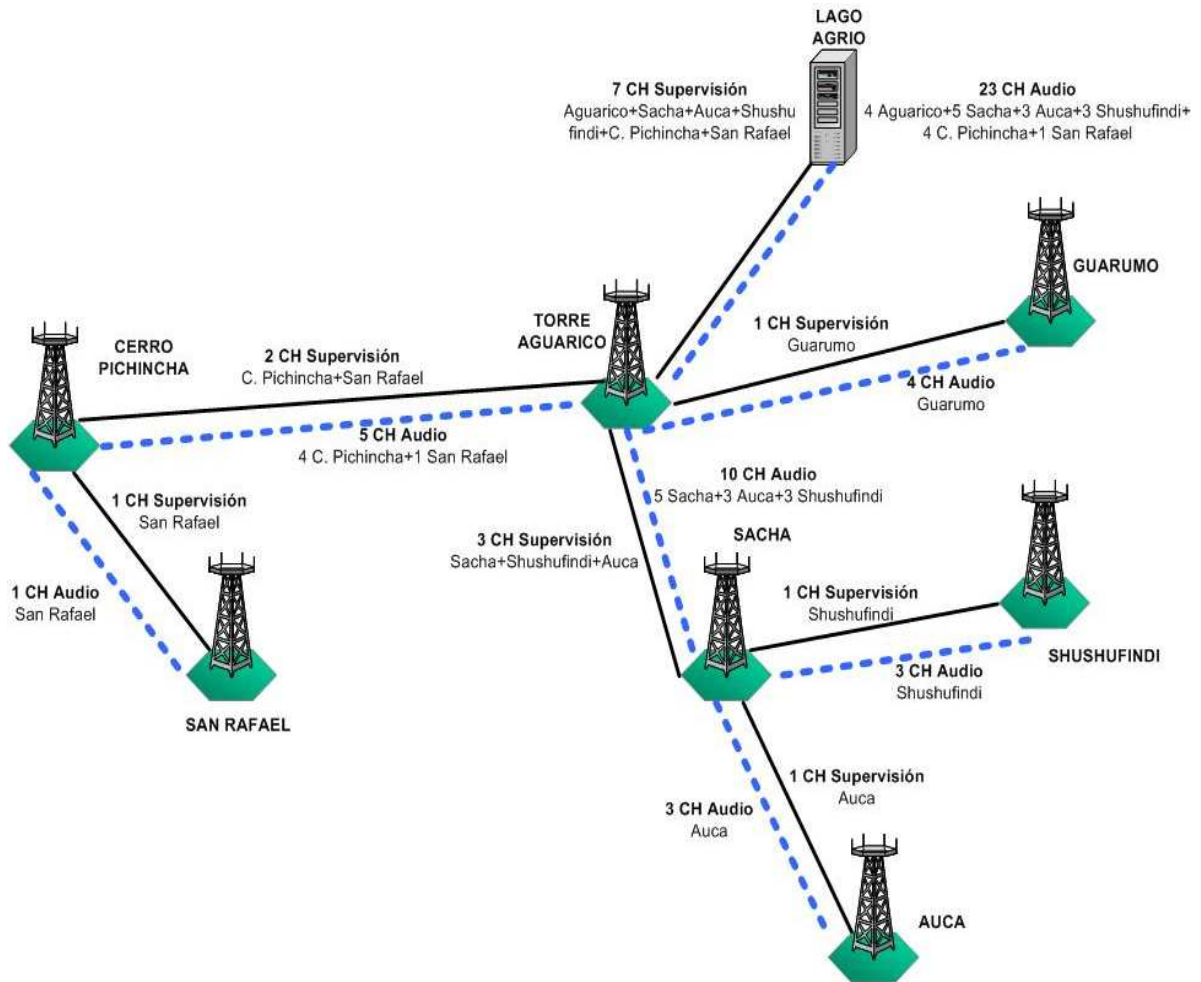


Figura. 4.3. Diagrama Canales de Supervisión

#### 4.4.1. Características y Distribución de los Canales de Supervisión

En el Canal de Supervisión se transmitirá la información de gestión es decir datos, por esta razón, este canal será de tipo asíncrono, con una velocidad de transmisión de 2400 bps, según la norma MPT 1327.

Este enlace entre Sitios y Nodos generalmente se lo realiza a través de un circuito de cuatro hilos, dos de transmisión y dos de recepción.

De acuerdo al diseño realizado en el Capítulo 3 sección 3.6, se puede observar que existen cinco Sitios de repetición dentro del Distrito Amazónico y dos en la Región Quito, por lo cual deberán realizar enlaces implementando los Canales de Supervisión que cumplan las características antes señaladas desde cada uno de estos siete Sitios hacia el Nodo

#### **4.5. CANALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE GESTIÓN**

Dentro del estándar MPT 1327, el almacenamiento de la información de gestión se la realiza tanto en los Nodos como en los Sitios, con información de activación e historial de alarmas, registro de tiempo y tipo de llamadas para cada usuario, creación y administración de grupos dentro de la Red de Radio Troncalizado, entre otras opciones que llegarán desde esta red de Gestión para ser gerenciadas desde el NMT.

A continuación se describe la distribución de los equipos y sus conexiones para realizar una administración eficiente y total del Sistema de Radio Troncalizado.

##### **4.5.1. Estructura del Nodo**

Las Señales de Control dentro del Nodo se transmiten a través de los equipos y conexiones que se muestran en la Figura 4.4.

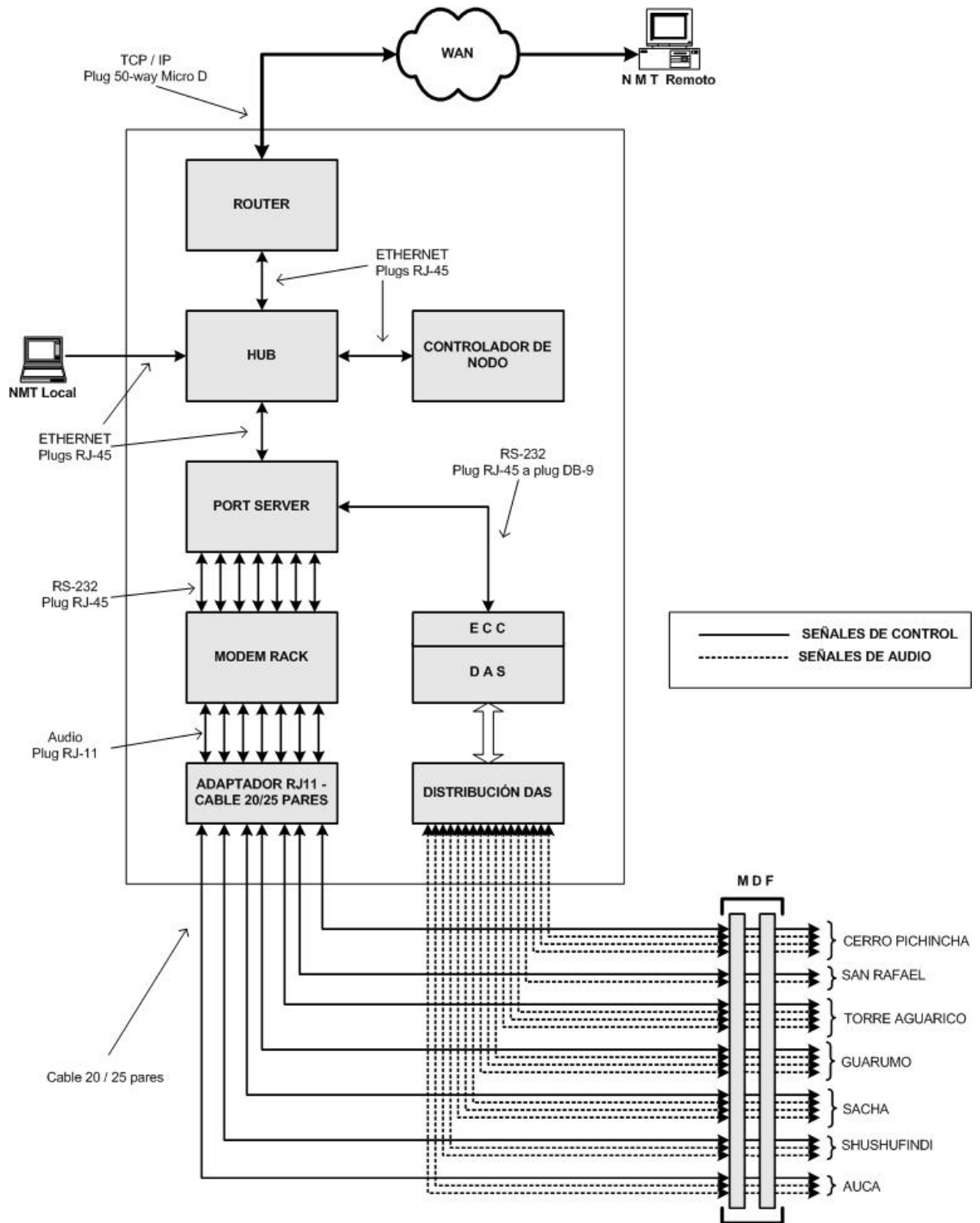


Figura. 4.4. Elementos Gestión del Nodo

- **Controlador de Nodo.-** Se encarga de almacenar información pertinente a los registros de las llamadas generadas en cada Sitio, historial de alarmas de todos los equipos de la red, almacena estos registros y los actualiza para que puedan ser usados por el NMT. Se conecta al Hub a través del estándar Ethernet.
- **Hub.-** Generalmente posee puertos Ethernet. Utilizado para interconectar al Controlador de Nodo con el Router, Port Server y un NMT local. Los paquetes Ethernet recibidos en un puerto en particular son retransmitidos por el Hub hacia todos sus puertos.
- **Router.-** Este equipo convierte las comunicaciones de TCP/IP<sup>1</sup> sobre Ethernet del Nodo a TCP/IP sobre la portadora usada en la red de datos de la empresa, de esta manera proporciona las señales de control del sistema a otros Nodos y también permite el acceso a esta información a NMT's remotos en cualquier punto de la red de datos WAN.
- **Port Server.-** Proporciona 32 puertos RS-232 para enrutamiento de señales de control entre el Nodo principal y otros Nodos en la red, a parte realiza el enlace entre el Controlador de Nodo con el DAS para el establecimiento de llamadas.
- **Modem Racks.-** Se encarga de reunir las señales de control de cada uno de los Sitios de los que esta compuesto el sistema, en este caso siete, a través de tarjetas Modem intersitio, las cuales proveen transmisión a largas distancias. La tasa de datos para comunicaciones Nodo-Sitio puede ser establecida para 2400 bps.  
Posee 16 puertos RJ-45 para realizar las interconexiones con el Port Server y 16 puertos RJ-11 para la interconexión con el MDF<sup>2</sup>, para poder realizar esta interconexión con el MDF se emplea un adaptador de RJ-11 a regletas para la conexión de cables de 20 o 25 pares.
- **MDF.-** El MDF servirá como una interfaz entre el Nodo y cada uno de los Sitios, desde el cual se va a poder administrar cada una de las señales

---

<sup>1</sup> TCP/IP: Transmission Control Protocol / Internet Protocol, forma de comunicación básica de Internet

<sup>2</sup> MDF: Main Distribution Frame



de control con interfaz RS-232. Generalmente cables de 20 o 25 pares son usados para las conexiones con el Modem Rack y el DAS.

A continuación en la Tabla 4.5 se resumen el tipo de conexiones que se necesitan para interconectar los equipos anteriormente mencionados.

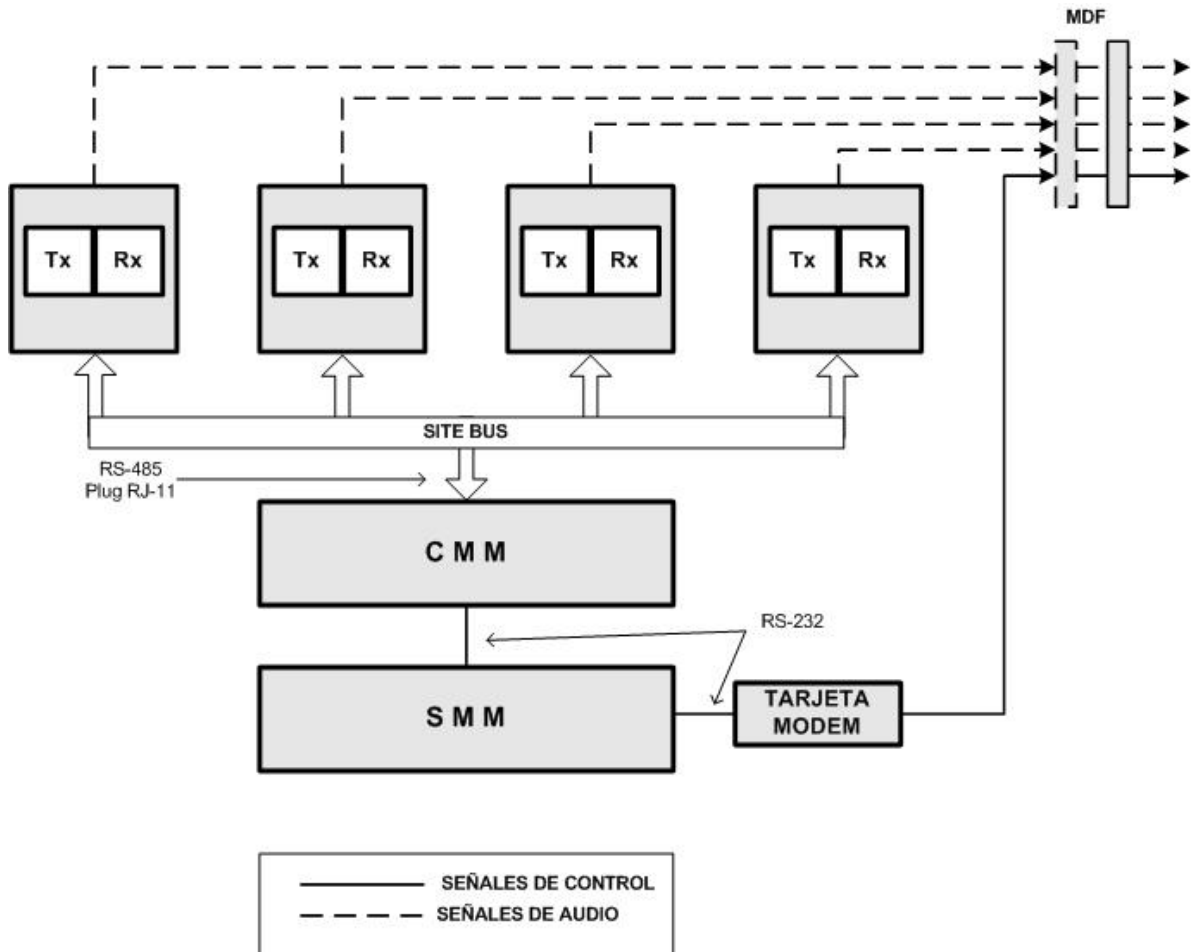
TIPO DE CABLE	EQUIPO DE ORIGEN	EQUIPO DE DESTINO
<b>Ethernet</b> Conectores de Cable	<b>Controlador de Nodo</b> Plug RJ-45	<b>Hub</b> Plug RJ-45
<b>Ethernet</b> Conectores de Cable	<b>Hub</b> Plug RJ-45	<b>Port Server</b> Plug RJ-45
<b>Ethernet</b> Conectores de Cable	<b>Hub</b> Plug RJ-45	<b>Router</b> Plug RJ-45
<b>Ethernet</b> Conectores de Cable	<b>Hub</b> Plug RJ-45	<b>NMT Local</b> Plug RJ-45
<b>RS-232</b> Conectores de Cable	<b>Port Server</b> Plug RJ-45	<b>Modem Rack</b> Plug RJ-45
<b>RS-232</b> Conectores de Cable	<b>Port Server</b> Plug RJ-45	<b>Controlador DAS</b> Plug DB-9
<b>Audio</b> Conectores de Cable	<b>Modem Rack</b> Plug RJ-11	<b>Adaptador RJ-11 a Cable 20 o 25 pares</b> Plug RJ-11
<b>TCP/IP</b> Conectores de Cable	<b>Router</b> Plug 50-way Micro D	<b>Red WAN</b> Plug 25-way D o plug 15-way D o plug V35
<b>Cable de 20 pares</b> Conectores de Cable	<b>Adaptador RJ-11 a Cable 20 o 25 pares</b>	<b>MDF</b>

**Tabla. 4.5.** Conexiones de Equipos para Administrar Señales de Control en Nodo

#### 4.5.2. Estructura del Sitio

El circuito de datos de control transmite mensaje vía MODEM, que se encuentran dentro del SMM de cada Sitio hacia el Controlador del Nodo, el Nodo utiliza este circuito de control para establecer llamadas intersitio y transmitir información de la

configuración del Sitio a la cual se puede acceder utilizando el NMT. Se requiere solamente un Canal de Supervisión por cada Sitio.



**Figura. 4.5.** Elementos de Gestión de los Sitios de Repetición

Este circuito de control incluye los siguientes equipos:

- **SMM.-** Este equipo es utilizado para manejar comunicaciones internas y Nodo-Sitio. También provee una interfaz entre el bus de Sitio que maneja una velocidad de 63000 bps y el enlace Sitio-Nodo que se lo realiza a una tasa de transmisión de 2400 bps.

La comunicación entre el SMM en el Sitio con el Controlador de Nodo en el Nodo se lo realiza a través de un enlace para señales de control RS-232 por medio de una tarjeta de módem incluida dentro de este equipo y la comunicación entre el bus de Sitio y el SMM es un enlace rápido RS-485.

- **CMM.-** El módulo CMM determina cual de los canales que están instalados funciona como Canal de Control o Canal de Tráfico. En el circuito de control el CMM del Canal de Control envía y recibe los mensajes necesarios para establecer, manejar y finalizar llamadas, estos mensajes se transmiten a través del bus de Sitio entre el CMM y el SMM.
- **MDF.-** Este distribuidor enruta las señales provenientes de la tarjeta de modem del SMM hacia el equipo multiplexor accediendo a la red de microondas para realizar la interconexión con el Nodo.

A continuación en la Tabla 4.6 se resumen el tipo de conexiones que se necesitan para interconectar los equipos de Sitio anteriormente mencionados.

TIPO DE CABLE	EQUIPO DE ORIGEN	EQUIPO DE DESTINO
<b>RS-485</b> Conectores de Cable	<b>Módulo CCM</b> Plug RJ-11	<b>SMM</b> Plug RJ-11
<b>RS-232</b> Conectores de Cable	<b>SMM (Tarjeta de Modem)</b> 2 pares de cable	<b>MDF</b>

**Tabla. 4.6.** Conexiones de Equipos para Administrar Señales de Control en Sitio

Para interconectar los Sitios de Repetición con el Nodo a través del Backbone de Microonda de PETROPRODUCCIÓN, el SMM se conectará a los multiplexores de cada estación a través de puertos asíncronos de tarjetas E&M o LSDCM<sup>1</sup>.

#### 4.6. ZONIFICACIÓN DE GESTIÓN

El número de NMT's que se pondrán en funcionamiento para administrar el Sistema de Radio Troncalizado se ha determinado de acuerdo a la cantidad de información y a la distribución del personal que trabaja para el departamento de Telecomunicaciones tanto en la Región Quito y Distrito Amazónico que serán los encargados del mantenimiento y control de esta red.

<sup>1</sup> LSDCM: Low Speed Data Module, tarjeta para transmisión de datos a baja velocidad del equipo multiplexor marca BAYLY.

Debido a la cantidad de información que se manejará, es suficiente la implementación de un solo NMT, el que sería instalado de forma local en el Nodo. Sin embargo se ve la necesidad de implementar dos NMT's, ya que los empleados que utilizarán el servicio cumplen diferentes funciones en la Región Quito en comparación con los empleados del Distrito Amazónico y se necesitará una supervisión enfocada a cada una de las regiones.

#### **4.7. UBICACIÓN DEL NMT**

Como se menciona en la en la Sección 4.6 del presente Capítulo, se implementará dos NMT's, uno en el Distrito Amazónico y el otro en la Región Quito. El NMT local localizado junto al Nodo se encontrará en el Distrito Amazónico específicamente en las instalaciones de PETROPRODUCCIÓN en la ciudad de Lago Agrio, mientras que el NMT remoto se encontrará en la Región Quito específicamente en la ciudad de Quito, Edificio Villafuerte décimo piso departamento de Telecomunicaciones.

El Cuarto de Equipos donde se ubicará el Terminal de Gestión (PC con sistema operativo Windows 2000 en delante de preferencia) debe contar con las siguientes características para un correcto funcionamiento:

- Rango de Temperatura de Operación de 0°C a +40°C
- Fuente de Alimentación de 120 Voltios AC , 60 Hz
- Debe existir por lo menos un punto de conexión a la red de datos LAN<sup>1</sup> / WAN de PETROPRODUCCIÓN.

---

<sup>1</sup> LAN: Local Area Network, una red de computadoras limitada a un lugar o conjunto de lugares de una institución

## **CAPÍTULO 5**

### **SITE SURVEY**

#### **5.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se presenta los datos e información obtenida mediante visitas a las distintas instalaciones de PETROPRODUCCIÓN donde se requiere instalar equipos de Radio Troncalizado en el Distrito Amazónico y en la Región Quito, así como varios lugares donde se requiere brindar este servicio.

En estas visitas de campo se recolectó información acerca de la capacidad de alimentación de energía, distribución de cuartos de equipos y sus respectivas torres con el fin de asegurar que existe infraestructura necesaria para soportar un sistema de Radio Troncalizado con las características del diseñado en el presente proyecto. También se ha realizado medidas de parámetros de propagación para verificar la cobertura calculada

#### **5.2. CAPACIDAD DEL SISTEMA DE ENERGÍA**

El Sistema de Energía AC de 110[V] en cada Sitio está alimentado por la red privada de energía de PETROPRODUCCIÓN y también de generadores de respaldo en el Distrito Amazónico, mientras que en la Región Quito se utiliza la red pública de energía y generadores de respaldo.

Las redes de energía AC o los generadores de respaldo alimentan a cargadores rectificadores DC, los que se encuentran conectados a bancos de baterías que

entregan voltajes de -48[V] DC para las Centrales Telefónicas, Mux y -24[V] DC para los equipos de Radio Microondas.

Los Equipos de Radio Troncalizado presentan especificaciones de energía para su funcionamiento de -48[V] DC y 25[A] DC por Sitio de Repetición. Por lo tanto en la Tabla 5.1 se mostrará la capacidad máxima, utilizada y disponible de energía en Amperios por banco de baterías de acuerdo a las visitas realizadas a los Sitios para comprobar que existe la capacidad de energía para alimentar los equipos de Radio Troncalizado.

<b>Nº</b>	<b>SITIO</b>	<b>CAPACIDAD MÁXIMA[A]</b>	<b>CAPACIDAD UTILIZADA[A]</b>	<b>CAPACIDAD DISPONIBLE[A]</b>
<i>Distrito Amazónico</i>				
1	Lago Agrio	150	50	<b>100</b>
2	Aguarico	150	50	<b>100</b>
3	Sacha	150	50	<b>100</b>
4	Shushufindi	75	50	<b>25</b>
5	Auca	75	50	<b>25</b>
6	Guarumo	75	50	<b>25</b>
<i>Región Quito</i>				
7	Cerro Pichincha	150	50	<b>100</b>
8	San Rafael	75	50	<b>25</b>

**Tabla. 5.1.** Distribución de Energía DC por Sitio de Repetición

Como podemos observar en la Tabla 5.1 es posible, con respecto a energía, la instalación de los equipos de Radio Troncalizado en todos los Sitios de Repetición.

### **5.3. UBICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN CASETA Y TORRE**

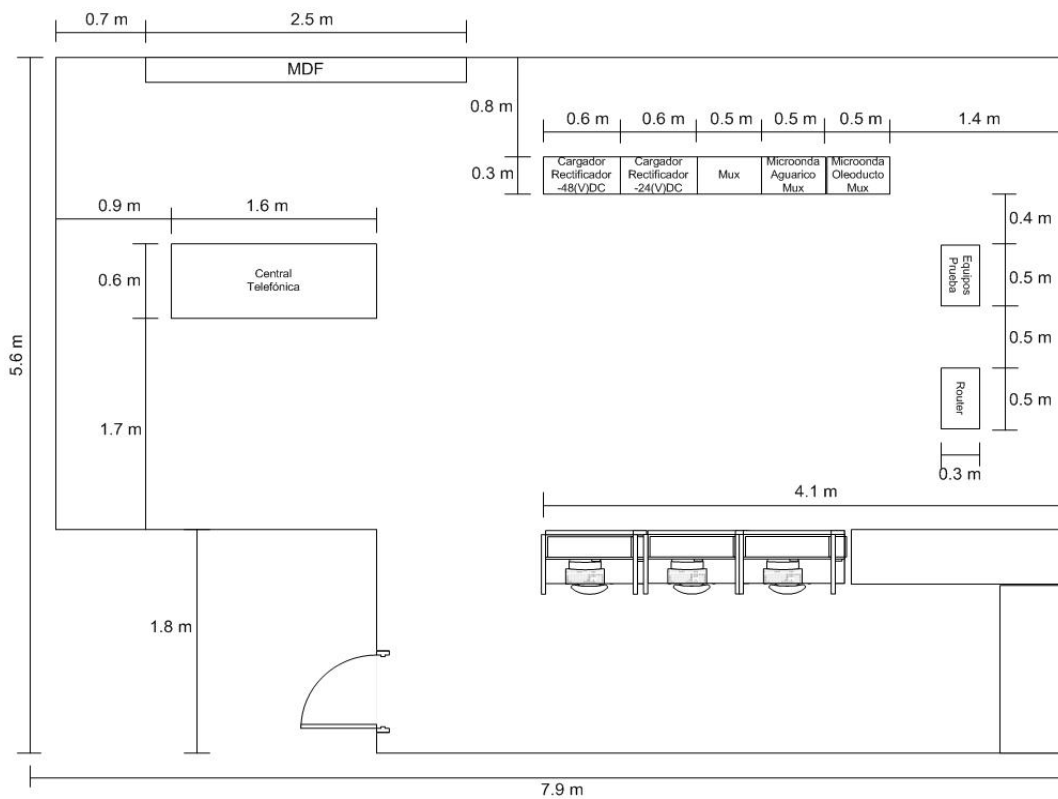
Para confirmar que los equipos de Radio Troncalizado puedan ser instalados en los Sitios de Repetición se ha realizado los diagramas de piso de los cuartos de equipos con sus dimensiones y elementos; también se presentará los diagramas de distribución de antenas en las torres

### 5.3.1. Lago Agrio

Debido a que esta estación no es un Sitio de Repetición para el Sistema Troncalizado, sólo se presenta el diagrama de piso del cuarto de equipos, el cual se encuentra dentro las instalaciones de Telecomunicaciones en Lago Agrio



**Figura. 5.1.** Equipos Lago Agrio



**Figura. 5.2.** Diagrama Cuarto de Equipos Lago Agrio

### 5.3.2. Aguarico

Esta estación cuenta con una caseta en la que se encuentra el cuarto de equipos y posee una Torre Autosoportada de 64m.

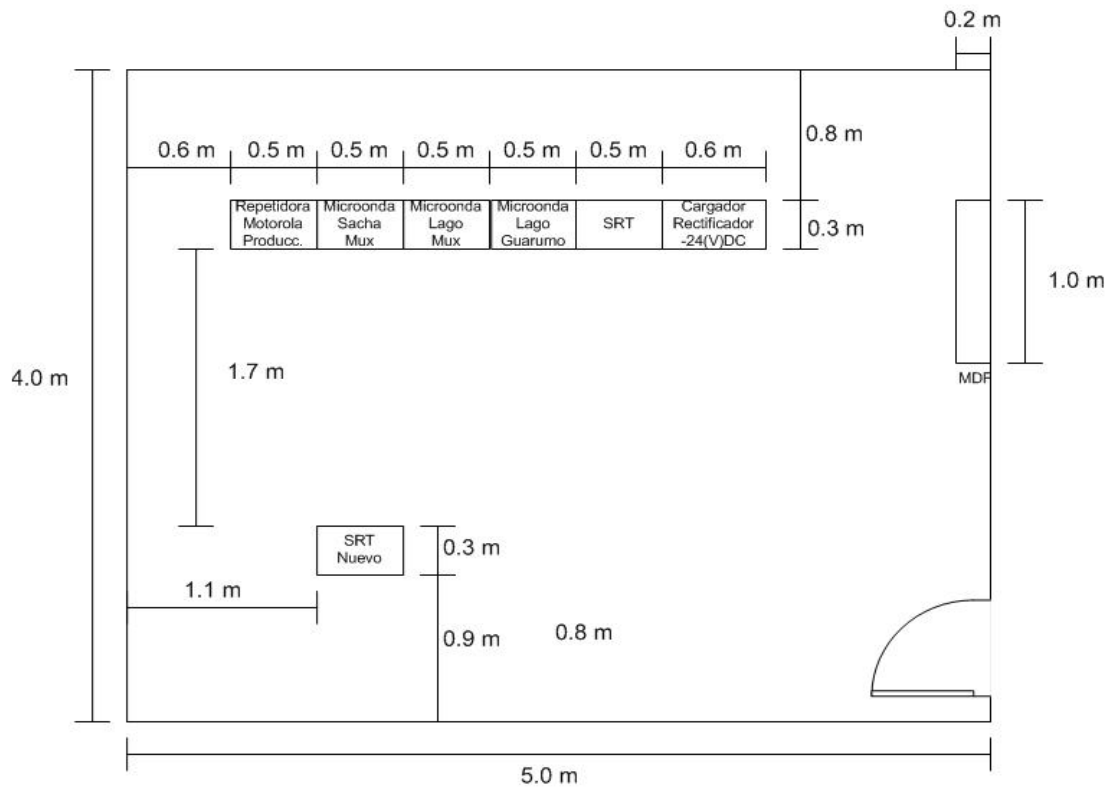


**Figura. 5.3.** Equipos Aguarico



**Figura. 5.4.** Torre Aguarico





**Figura. 5.5.** Diagrama Cuarto de Equipos Aguatico

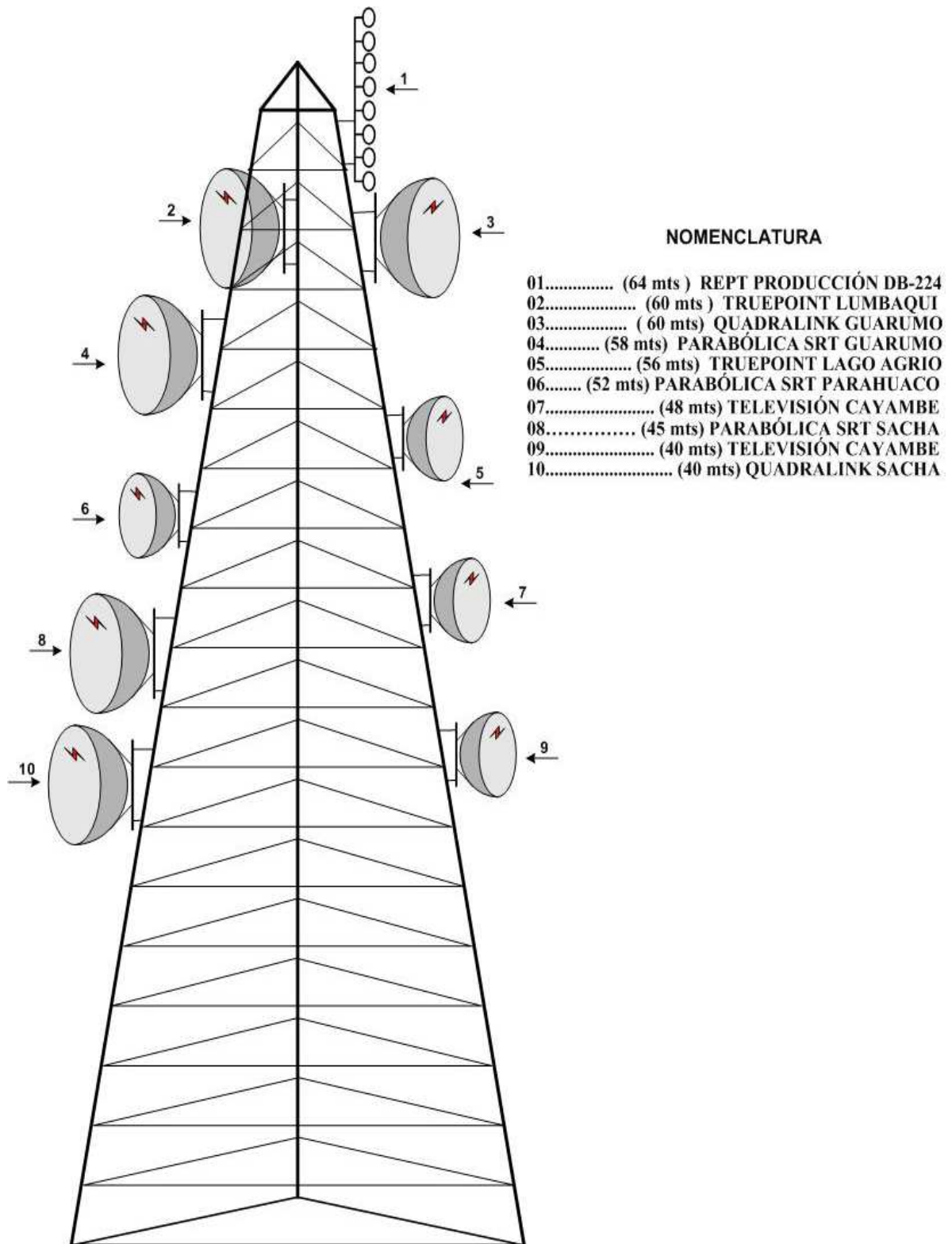


Figura. 5.6. Diagrama Torre Aguarico

### 5.3.3. Guarumo

El cuarto de equipos se encuentra dentro de las instalaciones de Telecomunicaciones y se cuenta con una Torre Autosoportada de 100m.



Figura. 5.7. Equipos Guarumo



Figura. 5.8. Torre Guarumo

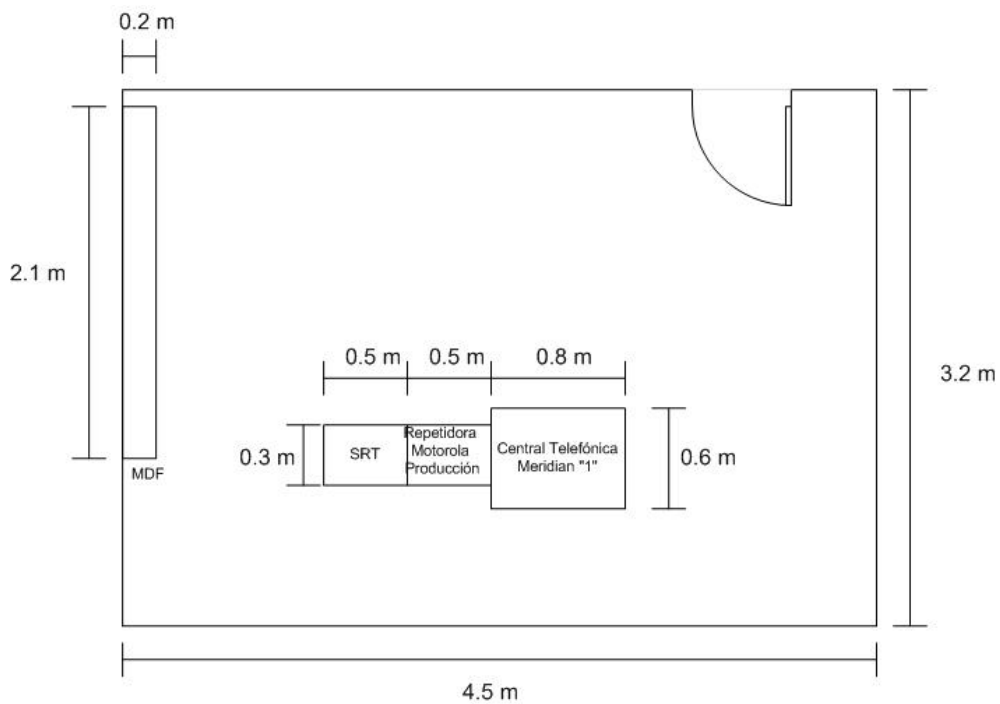


Figura. 5.9. Diagrama Cuarto de Equipos Guarumo

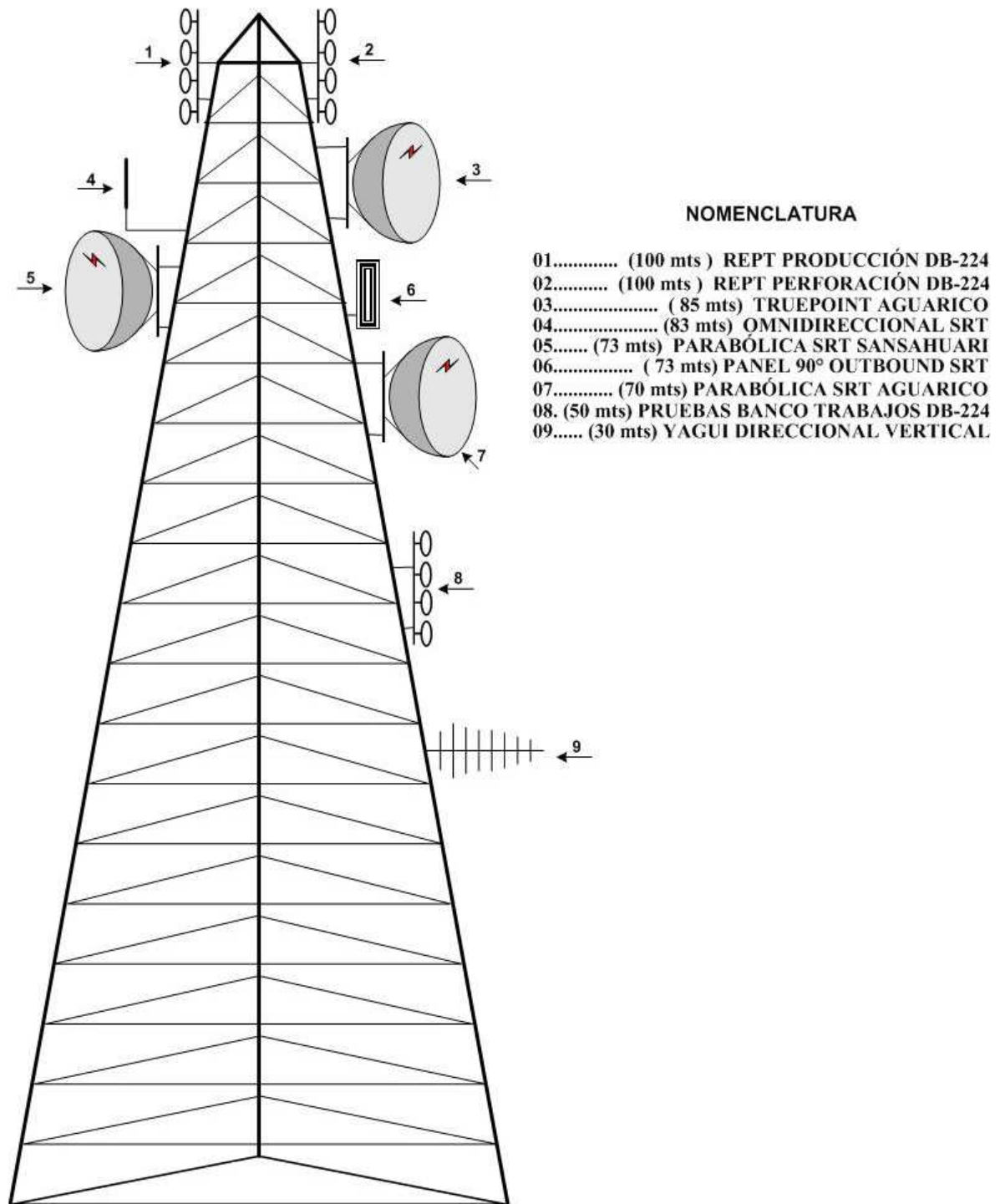


Figura. 5.10. Diagrama Torre Guarumo

### 5.3.4. Sacha

En esta estación el cuarto de equipos esta ubicado dentro de las instalaciones de Telecomunicaciones y posee una Torre Soportada por vientos de 138m.



Figura. 5.11. Equipos Sacha



Figura. 5.12. Torre Sacha

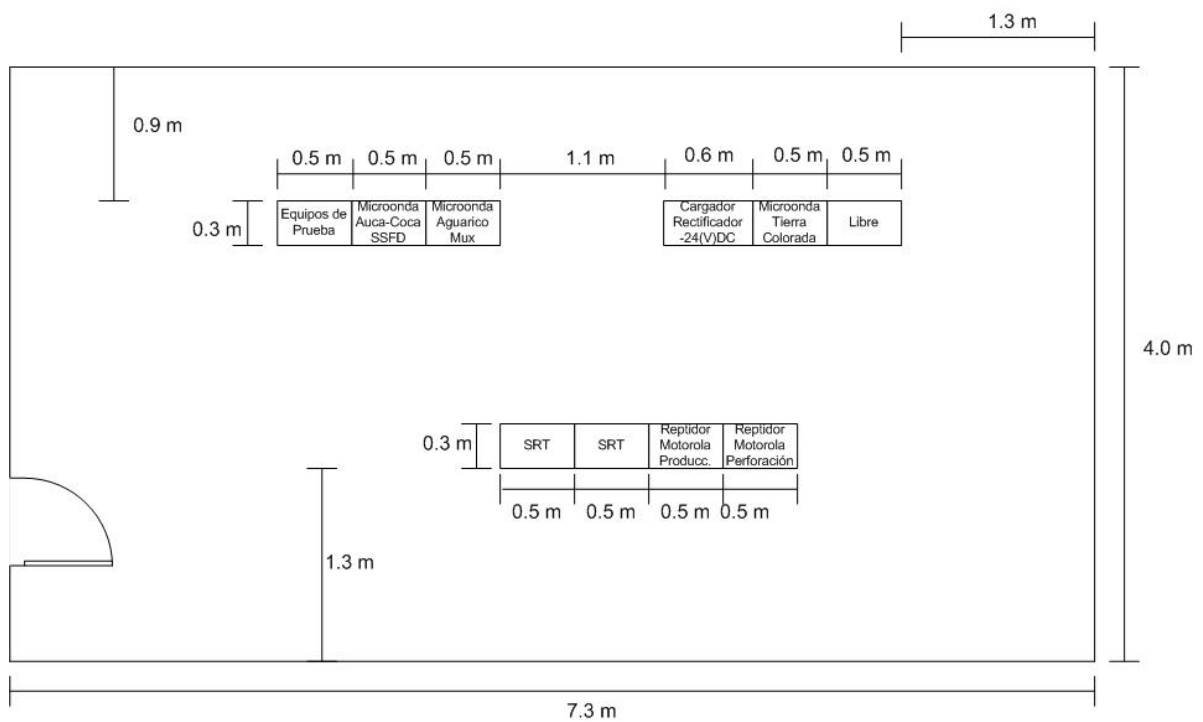


Figura. 5.13. Diagrama Cuarto de Equipos Sacha

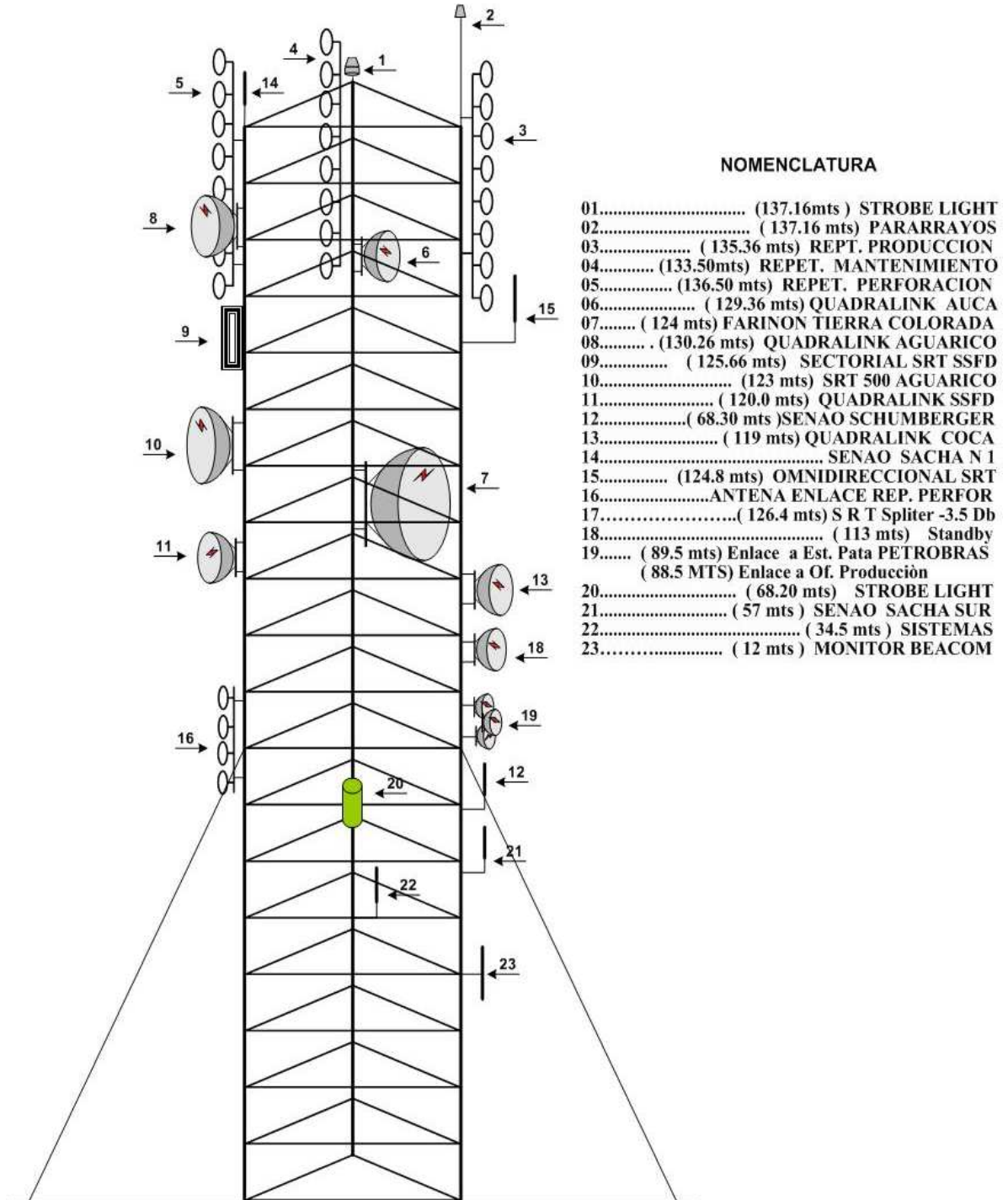
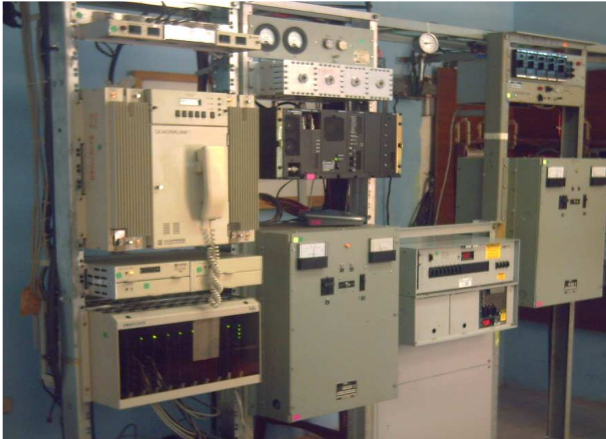


Figura. 5.14. Diagrama Torre Sacha

### 5.3.5. Shushufindi

Se cuenta con una caseta en la que se encuentra el cuarto de equipos con una Torre Soportada por vientos de 80m.



**Figura. 5.15.** Equipos Shushufindi



**Figura. 5.16.** Torre Shushufindi

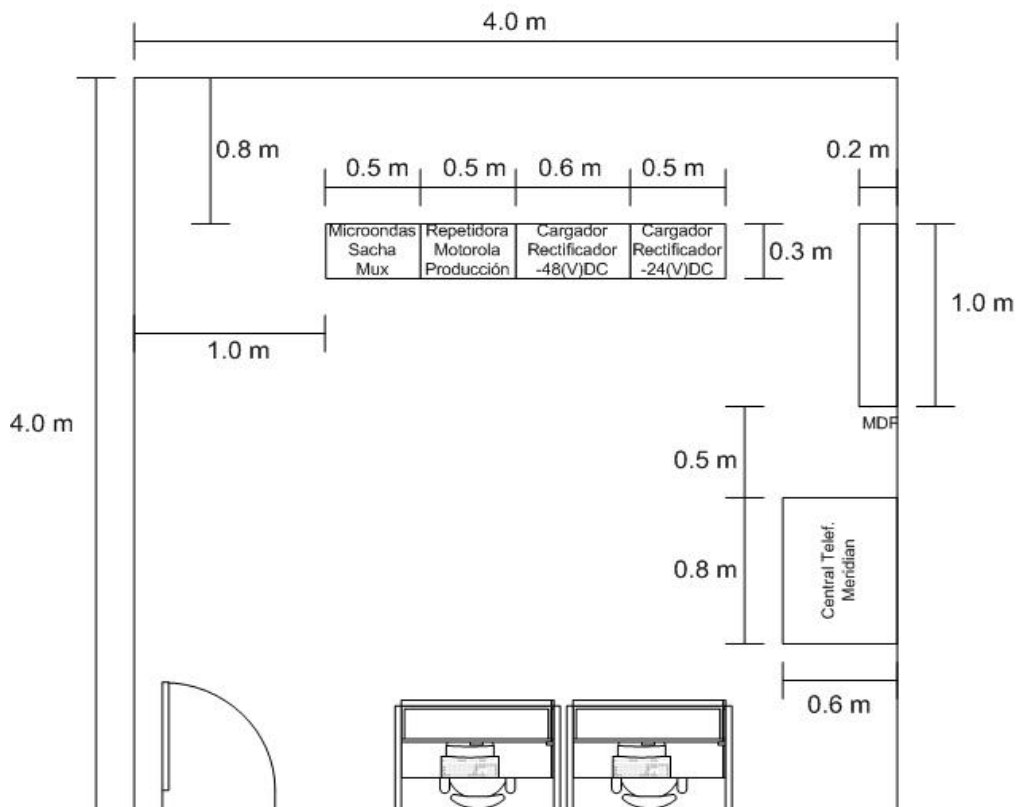
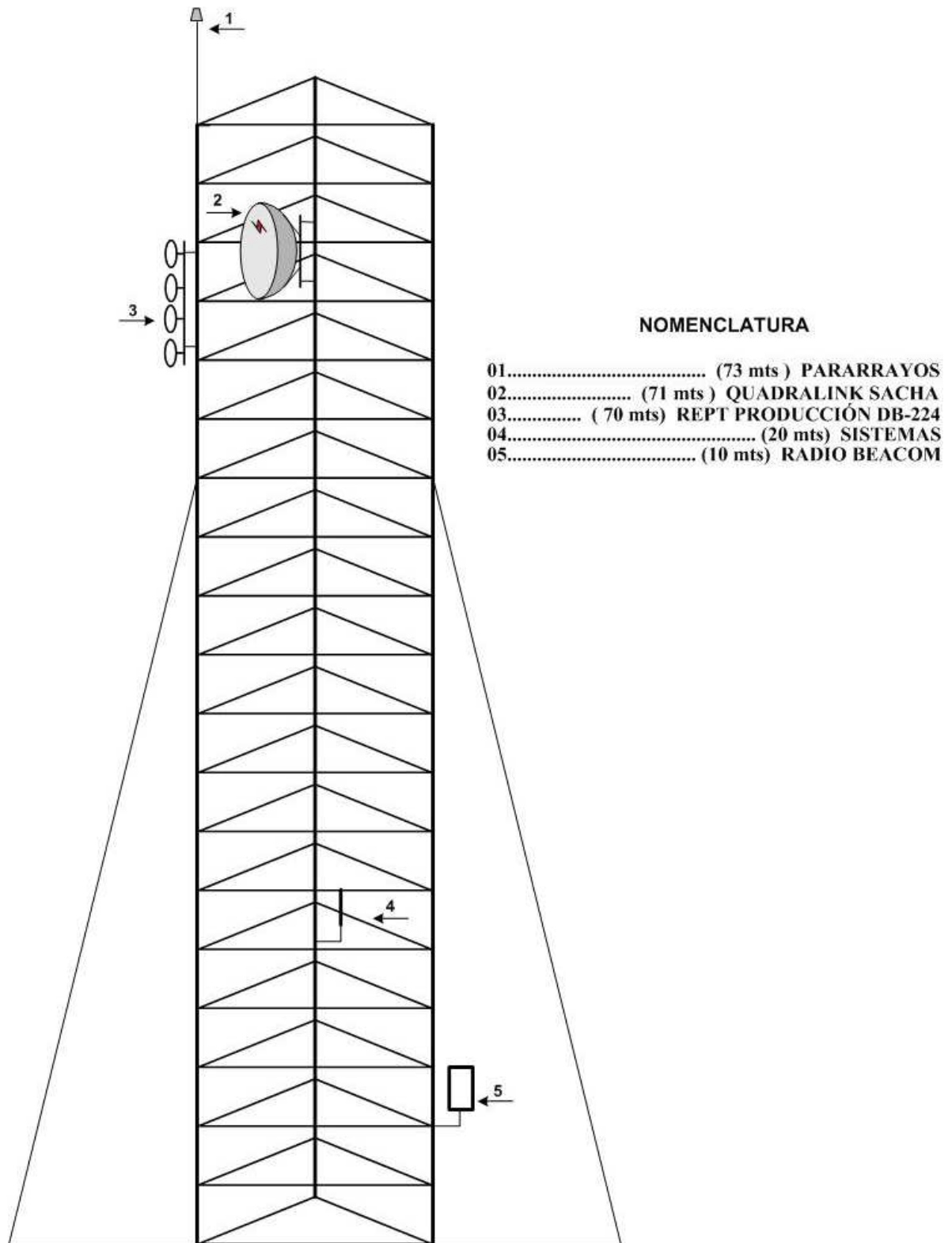


Figura. 5.17. Diagrama Cuarto de Equipos Shushufindi





**Figura. 5.18.** Torre Shushufindi

### 5.3.6. Auca

En este campamento el cuarto de equipos se encuentra dentro de una caseta con una Torre Soportada por vientos de 140m.



Figura. 5.19. Equipos Auca



Figura. 5.20. Torre Auca

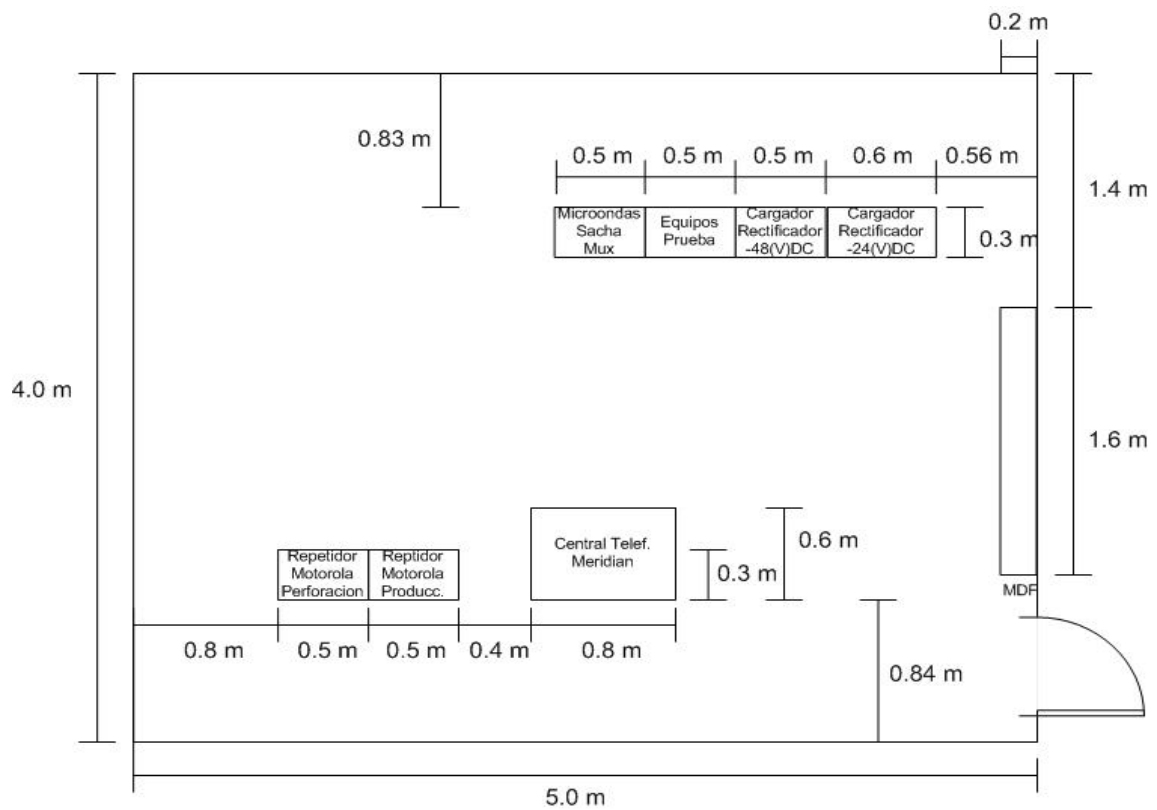


Figura. 5.21. Diagrama Cuarto de Equipos Auca

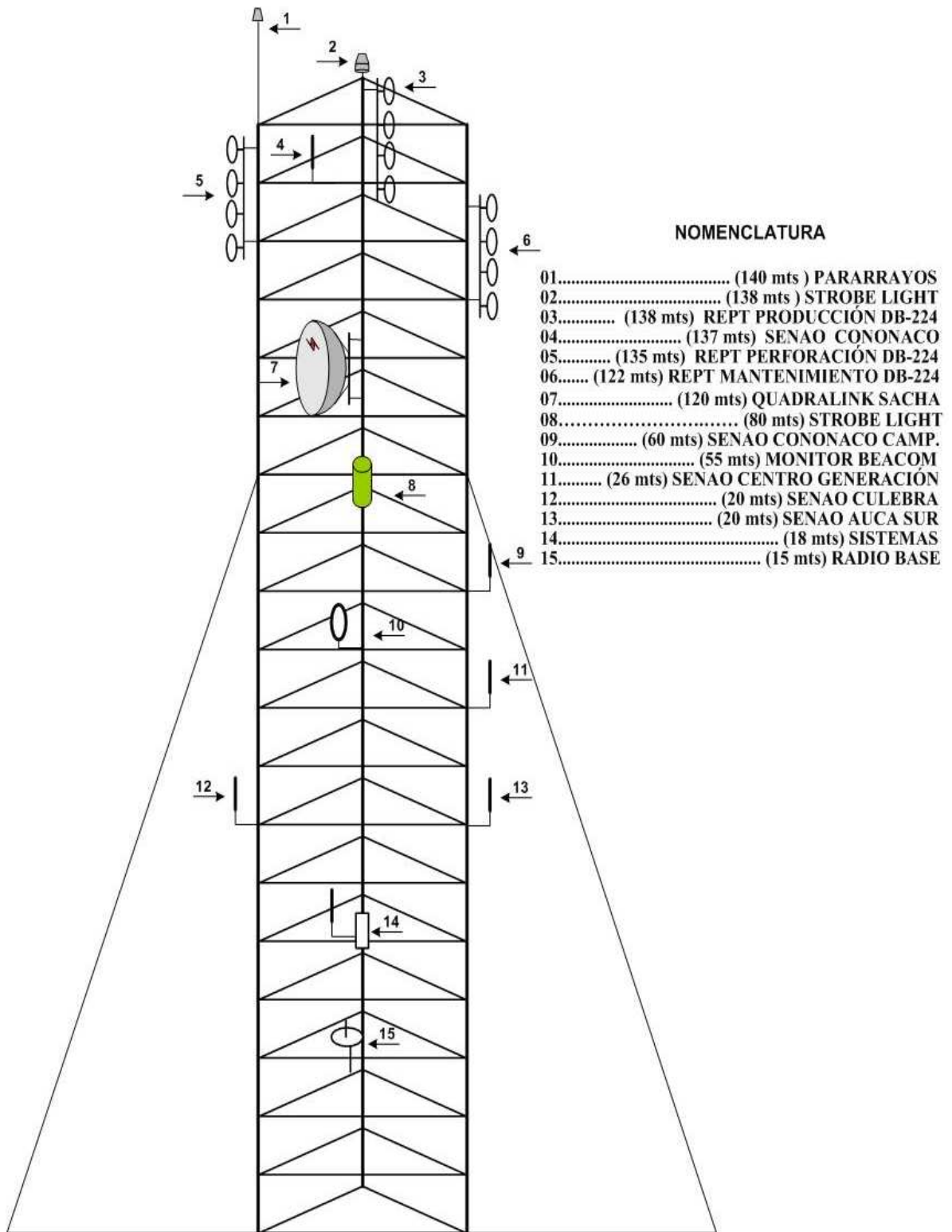


Figura. 5.22. Torre Auca

### 5.3.7. Cerro Pichincha

El cuarto de equipos se encuentra ubicado en una caseta la cual posee una Torre Autoportada de 60m.



Figura. 5.23. Equipos Cerro Pichincha



Figura. 5.24. Torre Cerro Pichincha

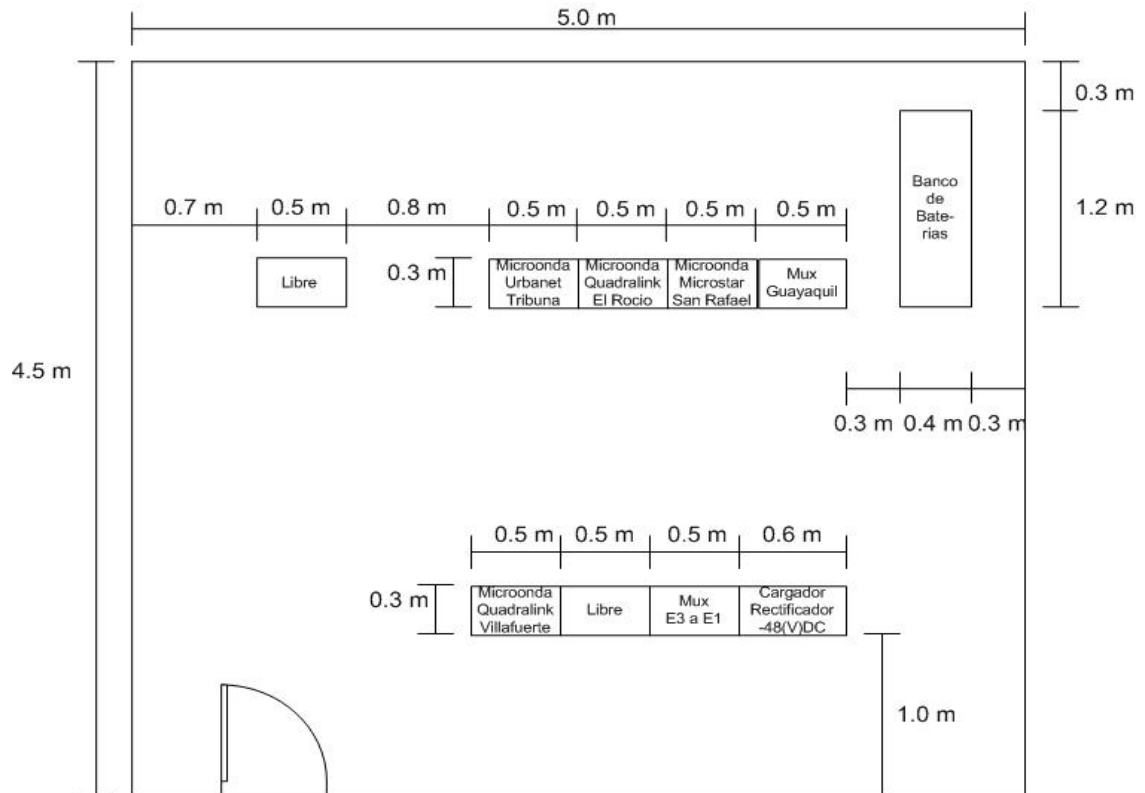


Figura. 5.25. Diagrama Cuarto de Equipos Cerro Pichincha

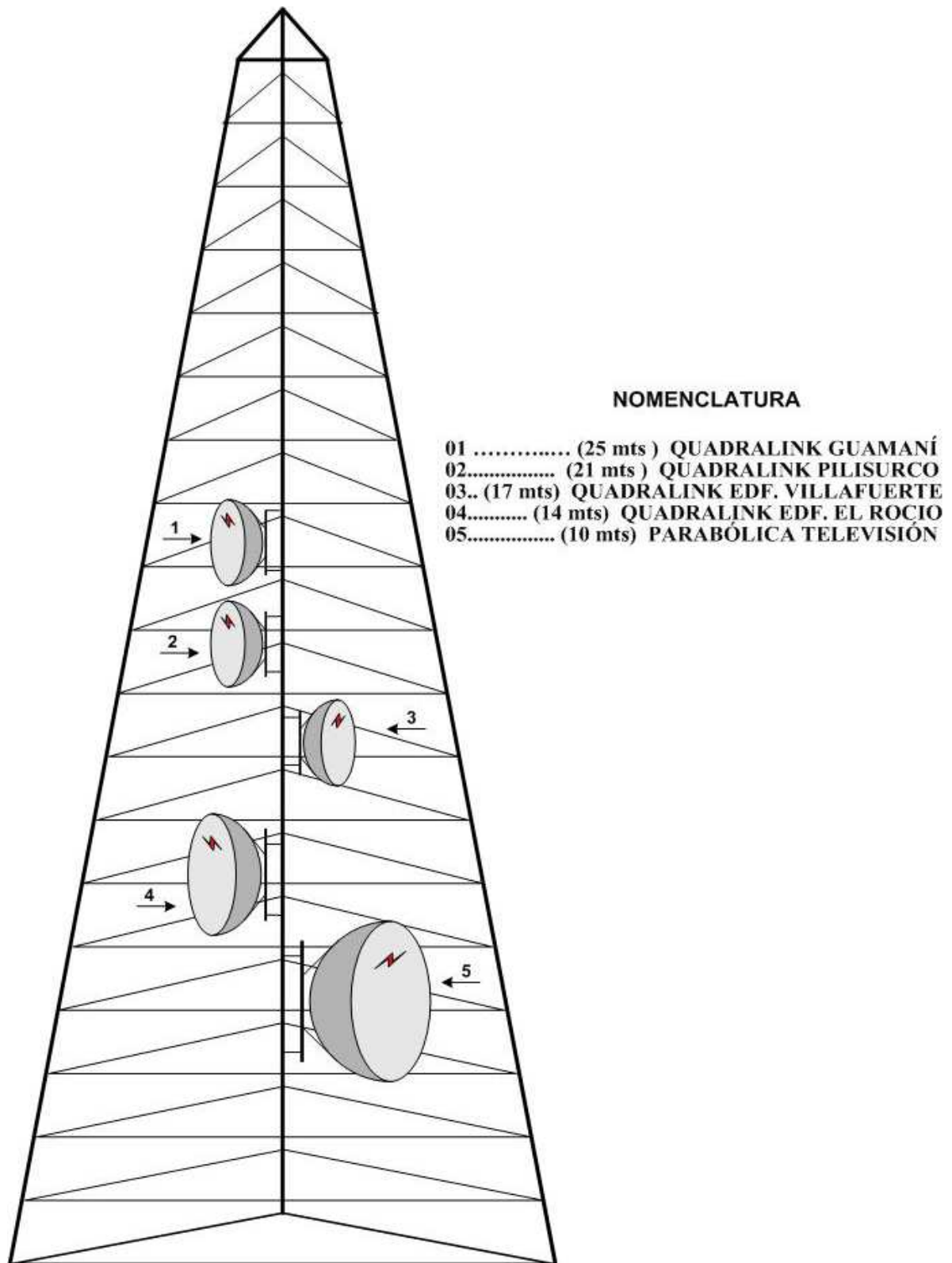


Figura. 5.26. Torre Cerro Pichincha

### 5.3.8. San Rafael

El cuarto de equipos se encuentra dentro de las instalaciones de Telecomunicaciones y su Torre Soportada por vientos mide 18m, colocada sobre el cuarto de equipos.



Figura. 5.27. Equipos San Rafael



Figura. 5.28. Torre San Rafael

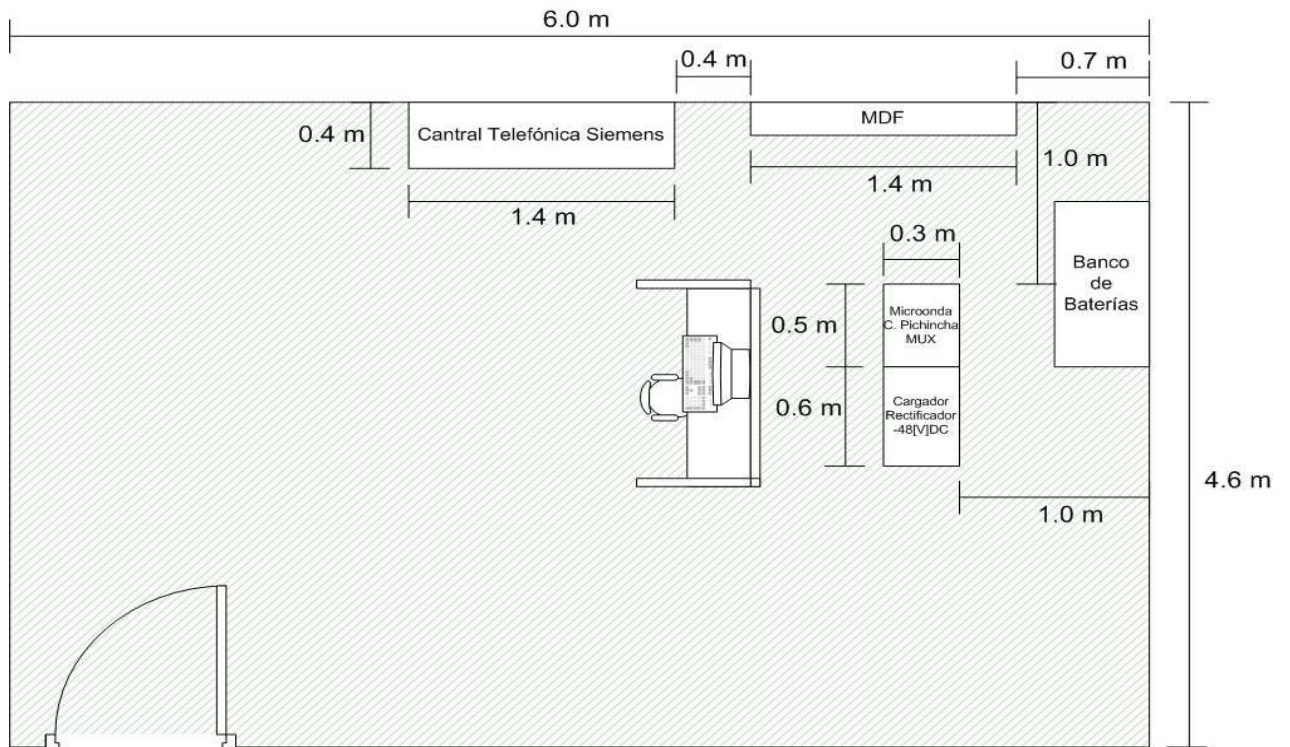


Figura. 5.29. Diagrama Cuarto de Equipos San Rafael

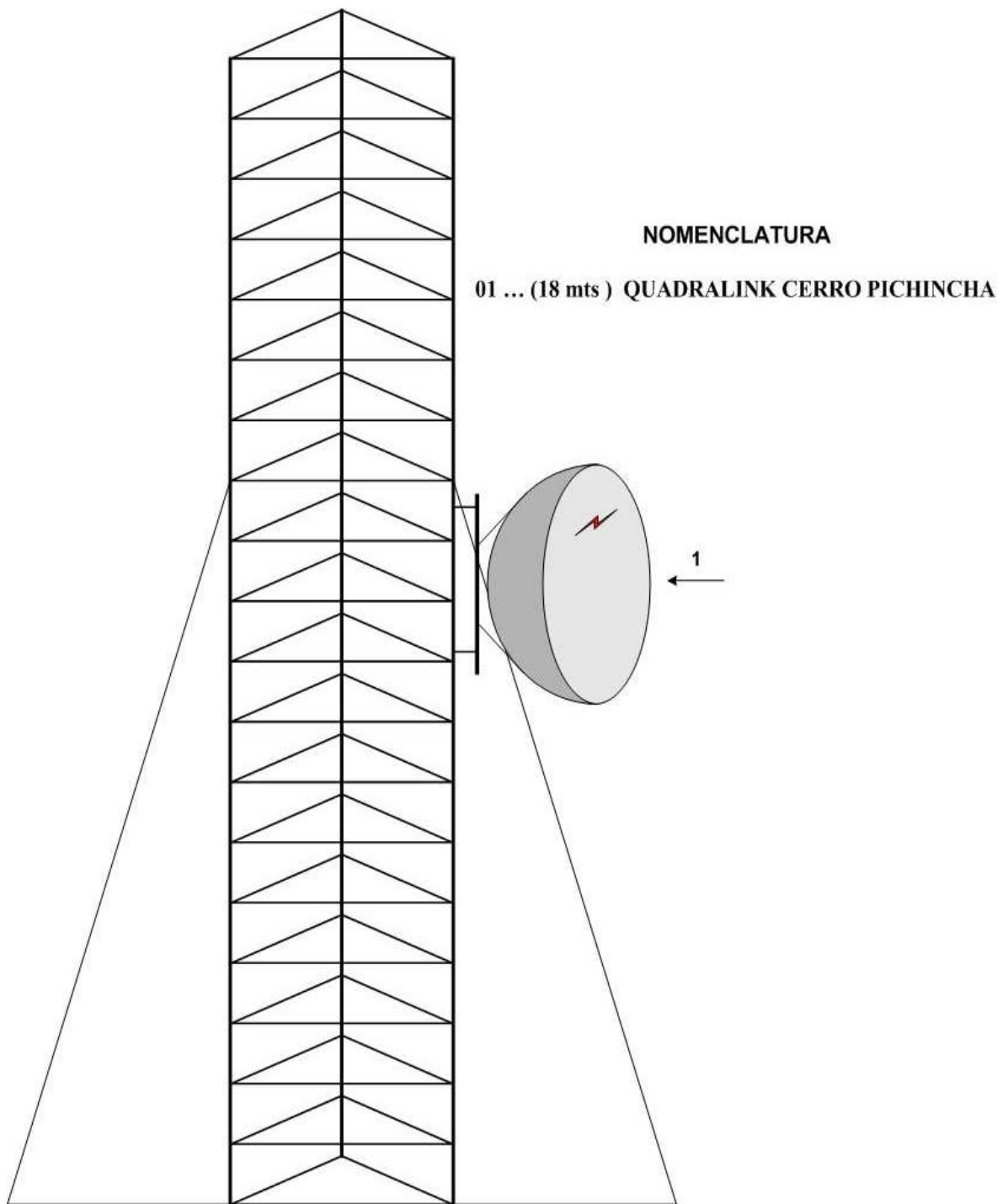


Figura. 5.30. Torre San Rafael

## 5.4. VERIFICACIÓN PARÁMETROS DE PROPAGACIÓN

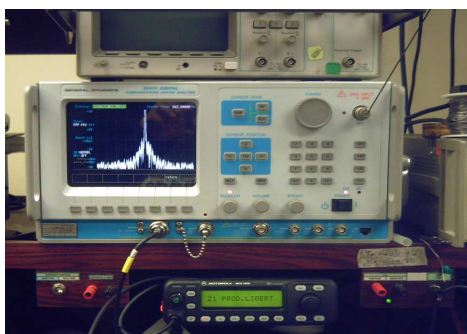
Las mediciones tomadas de los parámetros de propagación se realizaron únicamente en el Distrito Amazónico debido a que en esta región se encuentran las repetidoras del Sistema Fijo-Móvil VHF de PETROPRODUCCIÓN, en pozos ubicados a distancias cercanas a los límites de las áreas de cobertura calculadas según la norma SENATEL ( $E=38.5$  dBuV/m).

### 5.4.1. Procedimiento

- Se programa por software (Programa para radios Motorola) los parámetros tales como: frecuencia, potencia Tx y ancho de banda de 12.5 KHz.

Cada radio posee un puerto de programación cuya comunicación con la caja de Interfaz es por medio del puerto serial. Además en otros parámetros que se pueden programar está: el TPL Tone Private Line, que es el tono privado de conversación para que el resto de usuarios no escuche la conversación; el Time Out, que es la protección que el radio tiene para no sobrecalentarse o deje al canal libre, generalmente 60 segundos; el Busy Channel Look out, se emplea para dar prioridad cuando el radio este ocupado, es decir, no transmita.

- Calibración del Analizador de Espectro para sistemas de comunicaciones.



**Figura. 5.31.** Analizador de Espectro



- Para el trabajo práctico se va a emplear el radio móvil Motorola PRO 5100, del cual tomamos los datos conectando la antena del mismo al analizador.



**Figura. 5.32.** Radio Móvil PRO5100

- Entre los parámetros que se midieron estuvieron: la potencia de transmisión, la desviación y el error de frecuencia; dependiendo de la atenuación seleccionada. Todas las pruebas anteriores se realizaron empleando el modo de Monitoreo del Analizador.
- Empleando el modo de generador con la opción Analizador de Espectro se logra determinar la sensibilidad del Radio Móvil, que es un valor umbral para la potencia de recepción, ya que si se baja de este valor el canal de audio se cierra.
- Una vez obtenidos los datos del radio transmisor en el laboratorio ahora se van a proceder a tomar los datos del enlace de radio en algunos de los pozos más lejanos de las Estaciones Repetidoras. Se procedió a ubicar el radio móvil en el pozo escogido y desde la Repetidora se envió un tono continuo de 1 KHz.
- En el pozo se determina la potencia de recepción utilizando atenuadores pasivos HP con pasos de 10 dB (0-70 dB) y de 1 dB(0-11 dB), conectados entre la antena del móvil y el equipo de radio.



**Figura. 5.33.** Atenuador Pasivo HP con pasos de 1dB



**Figura. 5.34.** Atenuador Pasivo HP con pasos de 10dB

- Si se recibe el tono de prueba, se va incrementando la atenuación hasta que ésta se pierda, con este valor de atenuación se puede calcular la potencia de Recepción y Campo Eléctrico de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{Sensibilidad (dBm)} = Pr - \text{Atenuación (dB)}$$

$$Pr = E - 20 \log f - 167.2$$

Donde: Pr: Potencia de Recepción en el pozo (dBm)  
 E: Campo Eléctrico en el pozo (dBuv/m)  
 f: frecuencia de trabajo de la Repetidora (GHz)

Debido a las frecuencias que maneja el Sistema Fijo-Móvil VHF (bandas de 140MHz y 160MHz) las medidas tomadas serán transformadas matemáticamente a sus equivalentes para la banda de 400MHz.

En estos cálculos se debe tomar en cuenta el aumento de atenuaciones de 9.1dB (para frecuencias de 140 MHz) y 8 dB (para frecuencias de 160 MHz) para que los resultados correspondan a una frecuencia de trabajo de 400 MHz. La tabla 5.2 muestra las atenuaciones en espacio libre para estas tres frecuencias a diferentes distancias.

Frec.	Pérdidas en Espacio Libre [dB]							
[MHz]	20 [Km]	25 [Km]	30 [Km]	35 [Km]	40 [Km]	45 [Km]	50 [Km]	55 [Km]
140	101,343	103,281	104,864	106,203	107,363	108,386	109,301	110,129
160	102,503	104,441	106,024	107,363	108,523	109,546	110,461	111,289
400	110,461	112,4	113,983	115,322	116,482	117,505	118,420	119,248

**Tabla. 5.2.** Equivalencia de Frecuencias

#### 5.4.2. Mediciones

En la Tabla 5.3 se observa los datos obtenidos en el laboratorio para el radio Móvil Motorola PRO 5100

<b>PARÁMETROS</b>	<b>VALORES</b>
Frecuencia	140 o 160 MHz
Ancho de Banda del Canal	12.5 KHz
Potencia de Transmisión Repetidora	100 W
Sensibilidad	-123 dBm
S/N	12 dB
Desviación Tx	3.5 KHz

**Tabla. 5.3.** Parámetros Radio Móvil Motorola PRO5100

A continuación se presenta las mediciones de atenuación, potencia de Recepción y Campo Eléctrico realizadas en varios pozos del Distrito Amazónico

### **Lista de verificación de coberturas para Sistemas de Radio Móvil**

#### **Datos del proyecto:**

Nombre del proyecto : Site Survey Sistema de Radio Fijo Móvil VHF Motorola Distrito Amazónico  
 Empresa : PETROPRODUCCIÓN  
 Tipo de equipo: Repetidoras Motorola Quantar VHF  
 Banda de operación: VHF 140 MHz y 160 MHz, Rec ITU-R: P. 525  
 Tipos de mapas disponibles: Topográficos escala 1:250.000  
 Origen de los mapas (dirección sí es necesario): Instituto Geográfico Militar

#### **Sitio 1:**

Nombre del sitio: Estación Parahuaco  
 Altura sobre el nivel del mar: 311,76 m  
 Localidad: Sucumbios  
 Latitud: 0 ° 5 ' 0,75 " N  
 Longitud: 76 ° 42 ' 58,6 " W  
 Repetidora a la que pertenece: Aguarico  
 Distancia a la Repetidora: 18,44 Km  
 Frecuencia de Trabajo 162,175  
 Lectura de Atenuación: 19 dB  
 Potencia de Recepción VHF: -104 dBm  
 Potencia de Recepción 400 MHz: -112 dBm  
 Campo Eléctrico: 45.7 dBuV/m

#### **Sitio 2:**

Nombre del sitio: Estación Dureno  
 Altura sobre el nivel del mar: 295,1 m  
 Localidad: Sucumbios  
 Latitud: 0 ° 2 ' 14,65 " N  
 Longitud: 76 ° 45 ' 45,7 " W  
 Repetidora a la que pertenece: Aguarico  
 Distancia a la Repetidora: 13,49 Km  
 Frecuencia de Trabajo 162,175  
 Lectura de Atenuación: 22 dB

Potencia de Recepción VHF: \_\_\_\_\_ -101 dB \_\_\_\_\_

Potencia de Recepción 400 MHz: \_\_\_\_\_ -109 dB \_\_\_\_\_

Campo Eléctrico: \_\_\_\_\_ 48.38 dBuV/m \_\_\_\_\_

### **Sitio 3:**

Nombre del sitio: \_\_\_\_\_ Estación Sansahuari \_\_\_\_\_

Altura sobre el nivel del mar: \_\_\_\_\_ 280,24 \_\_\_\_\_ m

Localidad: \_\_\_\_\_ Sucumbios \_\_\_\_\_

Latitud: \_\_\_0\_\_\_° \_\_\_6\_\_\_' \_\_\_40,3\_\_\_" N

Longitud: \_\_\_76\_\_\_° \_\_\_17\_\_\_' \_\_\_33.3\_\_\_" W

Repetidora a la que pertenece: \_\_\_\_\_ Guarumo \_\_\_\_\_

Distancia a la Repetidora: \_\_\_\_\_ 35.953 Km \_\_\_\_\_

Frecuencia de Trabajo \_\_\_\_\_ 142,250 \_\_\_\_\_

Lectura de Atenuación: \_\_\_\_\_ 15 dB \_\_\_\_\_

Potencia de Recepción VHF: \_\_\_\_\_ -108 dBm \_\_\_\_\_

Potencia de Recepción 400 MHz: \_\_\_\_\_ -116 dBm \_\_\_\_\_

Campo Eléctrico: \_\_\_\_\_ 38.77 dBuV/m \_\_\_\_\_

### **Sitio 4:**

Nombre del sitio: \_\_\_\_\_ Estación Cuyabeno \_\_\_\_\_

Altura sobre el nivel del mar: \_\_\_\_\_ 246,72 \_\_\_\_\_ m

Localidad: \_\_\_\_\_ Sucumbios \_\_\_\_\_

Latitud: \_\_\_0\_\_\_° \_\_\_1\_\_\_' \_\_\_31.33\_\_\_" N

Longitud: \_\_\_76\_\_\_° \_\_\_16\_\_\_' \_\_\_49.3\_\_\_" W

Repetidora a la que pertenece: \_\_\_\_\_ Guarumo \_\_\_\_\_

Distancia a la Repetidora: \_\_\_\_\_ 33,5 Km \_\_\_\_\_

Frecuencia de Trabajo \_\_\_\_\_ 142,250 \_\_\_\_\_

Lectura de Atenuación: \_\_\_\_\_ 16 dB \_\_\_\_\_

Potencia de Recepción VHF: \_\_\_\_\_ -107 dBm \_\_\_\_\_

Potencia de Recepción 400 MHz: \_\_\_\_\_ -115 dBm \_\_\_\_\_

Campo Eléctrico: \_\_\_\_\_ 39.4 dBuV/m \_\_\_\_\_

### **Sitio 5:**

Nombre del sitio: \_\_\_\_\_ Estación Coca \_\_\_\_\_

Altura sobre el nivel del mar: \_\_\_\_\_ 263,453 \_\_\_\_\_ m

Localidad: \_\_\_\_\_ Orellana \_\_\_\_\_

Latitud: \_\_\_0\_\_\_° \_\_\_24\_\_\_' \_\_\_28,2\_\_\_" S

Longitud: 77 ° 4 ' 5.92 " W  
Repetidora a la que pertenece: Sacha  
Distancia a la Repetidora: 23,22 Km  
Frecuencia de Trabajo 162.100  
Lectura de Atenuación: 17 dB  
Potencia de Recepción VHF: -106 dBm  
Potencia de Recepción 400 MHz: -114 dBm  
Campo Eléctrico: 43,66 dBuV/m

**Sitio 6:**

Nombre del sitio: Estación Limoncocha  
Altura sobre el nivel del mar: 256,6 m  
Localidad: Orellana  
Latitud: 0 ° 20 ' 35,6 "  
Longitud: 76 ° 40 ' 10,1 " W  
Repetidora a la que pertenece: Sacha  
Distancia a la Repetidora: 22,95 Km  
Frecuencia de Trabajo 162.100  
Lectura de Atenuación: 18 dB  
Potencia de Recepción VHF: -105 dBm  
Potencia de Recepción 400 MHz: -113 dBm  
Campo Eléctrico: 43,77 dBuV/m

**Sitio 7:**

Nombre del sitio: Estación Shushufindi Sur Oeste  
Altura sobre el nivel del mar: 259,45 m  
Localidad: Orellana  
Latitud: 0 ° 16 ' 35,6 "  
Longitud: 76 ° 39 ' 2,96 " W  
Repetidora a la que pertenece: Shushufindi  
Distancia a la Repetidora: 9,557 Km  
Frecuencia de Trabajo 162.200  
Lectura de Atenuación: 25 dB  
Potencia de Recepción VHF: -98 dBm  
Potencia de Recepción 400 MHz: -106 dBm  
Campo Eléctrico: 51,37 dBuV/m

**Sitio 8:**

Nombre del sitio: \_\_\_\_\_ Estación Yuca \_\_\_\_\_  
Altura sobre el nivel del mar: \_\_\_\_\_ 274 \_\_\_\_\_ m  
Localidad: \_\_\_\_\_ Orellana \_\_\_\_\_  
Latitud: \_\_0\_\_ ° \_\_27\_\_ ' \_\_56,5\_\_ "  
Longitud: \_\_76\_\_ ° \_\_46\_\_ ' \_\_55,95\_\_ " W  
Repetidora a la que pertenece: \_\_\_\_\_ Auca \_\_\_\_\_  
Distancia a la Repetidora: \_\_\_\_\_ 22,2 Km \_\_\_\_\_  
Frecuencia de Trabajo \_\_\_\_\_ 162.075 MHz \_\_\_\_\_  
Lectura de Atenuación: \_\_\_\_\_ 18 dB \_\_\_\_\_  
Potencia de Recepción VHF: \_\_\_\_\_ -105 dBm \_\_\_\_\_  
Potencia de Recepción 400 MHz: \_\_\_\_\_ -113 dBm \_\_\_\_\_  
Campo Eléctrico: \_\_\_\_\_ 44,05 dBuV/m \_\_\_\_\_

**Sitio 9:**

Nombre del sitio: \_\_\_\_\_ Campamento Cononaco \_\_\_\_\_  
Altura sobre el nivel del mar: \_\_\_\_\_ 363,05 \_\_\_\_\_ m  
Localidad: \_\_\_\_\_ Orellana \_\_\_\_\_  
Latitud: \_\_0\_\_ ° \_\_59\_\_ ' \_\_29\_\_ "  
Longitud: \_\_76\_\_ ° \_\_55\_\_ ' \_\_40,9\_\_ " W  
Repetidora a la que pertenece: \_\_\_\_\_ Auca \_\_\_\_\_  
Distancia a la Repetidora: \_\_\_\_\_ 39,156 Km \_\_\_\_\_  
Frecuencia de Trabajo \_\_\_\_\_ 162.075 MHz \_\_\_\_\_  
Lectura de Atenuación: \_\_\_\_\_ 13 dB \_\_\_\_\_  
Potencia de Recepción VHF: \_\_\_\_\_ -110 dBm \_\_\_\_\_  
Potencia de Recepción 400 MHz: \_\_\_\_\_ -118 dBm \_\_\_\_\_  
Campo Eléctrico: \_\_\_\_\_ 39.11 dBuV/m \_\_\_\_\_

De las mediciones que se han mostrado podemos afirmar que estos pozos, que son los más distantes a los Sitios de Repetición, están dentro del área de cobertura de la norma del SENATEL para la banda de 400 MHz.

## **CAPÍTULO 6**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO**

#### **6.1. INTRODUCCIÓN**

La finalidad de este Capítulo es la de mostrar en forma de un análisis numérico que la inversión para la adquisición de los Sistemas de Radio Troncalizado y su Sistema de Gestión es conveniente desde el punto de vista económico, además de las justificaciones técnicas que ya han sido descritas en los anteriores Capítulos de este proyecto.

Para realizar este análisis se obtendrá el costo total de los equipos de la red diseñada en los Capítulos 3 y 4, con el cual se tendrá una relación costo / beneficio con respecto a indicadores económicos tales como el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno. Finalmente se hará una proyección de costos partiendo de la Red de Radio Troncalizado de PETROPRODUCCIÓN hacia una Red total para PETROECUADOR y sus filiales.

#### **6.2. COSTOS DEL SISTEMA**

Para obtener el costo del Sistema, a esta sección se la ha dividido en tres partes, debido a que se consideran tres grupos de equipos los cuales tienen fabricantes o distribuidores diferentes y estos son: Red de Radio Troncalizado, Equipos RF y Equipos de Alimentación de Energía.



### 6.2.1. Red de Radio Troncalizado

La presentación de los costos de la Red de Radio Troncalizado incluirá los precios de los equipos pertenecientes a:

- Nodo
- Sitios de Repetición
- Sistema de Gestión
- Sistema AVL (opcional)
- Radio Terminales móviles, fijos y portátiles

De acuerdo con el diseño realizado se ha determinado que se debe obtener el costo de los equipos que conformarían una Red con un Nodo y siete Sitios de Repetición con la distribución de canales mostrada en la Tabla 3.25.

Con respecto al costo de Radio Terminales, de acuerdo a la distribución mostrada en la Tabla 3.22 se debe adquirir:

- Radio Terminales Fijos = 112
- Radio Terminales Móviles = 278
- Radio Terminales Portátiles = 183

Los precios mostrados a continuación han sido suministrados por la Empresa TAIT Radio Communications

Item	Part N.	Descripción	Qty	Precio Unitario	Precio Total	Subtotal (US\$)
<b>1,00</b>	<b>TN3100 SYSTEM, Node equipment</b>					
1,01	T902-38S	Cabinet, 38u, + cable looms +ac distribution+ hardware	1	2.742,26	2.742,26	
1,01	T1541-00-0001	Node <8Site PC Modem Router SW	1	15.564,15	15.564,15	
1,02	T1541-99-0008	Site Licence TN3100	7	2.312,39	16.186,72	
1,03	T1556-03-0000	Modem Bin & Bkpln	3	1.597,92	4.793,76	
1,04	T1556-02-0000	Modem Card Intersite	7	336,48	2.355,37	
1,05	<b>Digital audio switch (DAS)</b>					

1,06	T1561-04-0101	DAS-II Bin RJ45 Blk	1	2.327,21	2.327,21	
1,07	T1561-02-0002	DAS-II AIO Card Blk	4	1.549,00	6.196,01	
1,08	T1561-03-0002	DAS-II 2w Phone Card Blk EU	1	2.846,02	2.846,02	
1,09	T1561-15-0001	DAS-II ECC Blk	1	3.868,80	3.868,80	
1,10	T1561-25-0000	DAS-II ECC Extender Card	1	1.479,34	1.479,34	
1,11	T1561-07-0000	DAS-II Krone Block Intfc	4	164,54	658,14	
1,12	T809-10-00C1	PSU Sngl 30A 100-240VAC 2U	1	926,44	926,44	
1,13	<b>Network management Terminal - NMT</b>					
1,14	T1541-20-0000	NMT SW + Manual + Windows PC	1	4.743,36	4.743,36	
1,15	<b>Line dispatcher Terminal- LDT</b>					
1,16	T1542-00-0000	Dispatcher SW+PC+H/Set+Console	1	6.499,89	6.499,89	
1,17	T1541-99-0002	License LDT 1 Connection	1	567,72	567,72	
1,18	T1561-02-0002	DAS-II AIO Card Blk	1	1.549,00	1.549,00	
		<b>subtotal</b>	<b>1</b>		<b>73.304,18</b>	<b>\$ 73.304,18</b>
<b>2,00</b>	<b>Equipos SITIOS de 4 Canales</b>					
2,01	T902-38S	Cabinet, 38u, + cable looms +ac distribution+ hardware	1	2.742,26	2.742,26	
2,02	TB8100 100W basestations	TB8100 base station, dual configuration, 100 watt RF output,400-440Mhz ,220VAC + 12 Vdc operation, standard software	4	5.693,18	22.772,74	
2,03	T1722-00-0000	Site Management Module, 128 PFix Modm Blk Pnl	1	4.150,44	4.150,44	
2,04	T1711-00-0400	CH Management Module + 4 CMM Cards	1	10.625,13	10.625,13	
2,05	<b>antenna system</b>					
2,06	COL12	colinear antenna, 6dB gain, 250 watt	2	540,17	1.080,33	
2,07	UC1	Clamps for Above	4	37,40	149,61	
2,08	<b>Tx Combiner</b>					
2,09	M-6874	Single T-Pass Channel, c/w 6" 1/4 Wave Cavity, Dual Stage 150W Symmetry Isolator	4	2.471,29	9.885,16	
2,10	M-5260	TAIT 10RU Flush Panel, c/w Hardware to mount 4 cavities	1	774,21	774,21	
2,11	Cables	Interconnection cables	8	43,37	346,92	
2,12	<b>Rx Multiplexer</b>					
2,13	M-7024	Expandable 4 Port Receiver Combiner - 12VDC mounted on 19" Shelf	1	1.678,84	1.678,84	
2,14	SPOOOO-6002-11	50 OHM RX TERMINATION	0	53,77	-	
2,15	m-5286	Preselector , 4x 4" cavities	1	3.852,96	3.852,96	
2,16	Cables	Interconnection cables	4	52,05	208,18	

2,17	<b>Lightning Protection</b>					
2,18	IS-B50LN-C2	RX Protector	1	174,57	174,57	
2,19	IS-VU50HN	TX Protector	1	300,81	300,81	
2,20	<b>Co-Axial Cable</b>					
2,21	LDF5-50A	Co-Axial Cable, per meter	60	15,45	926,93	
2,22	L5PNM-RPC	Connectors	4	47,10	188,42	
2,23	L5CLICKB	Cable Installation Kit, pack of ten	3	53,77	161,32	
2,24	243684-m	Cable Hangers pkt of 10 plus	3	76,34	229,02	
2,25	243095-11	hardware kit, pack of ten	3	41,64	124,91	
2,26	sgl5-06b2	Earthing Strip	6	50,10	300,61	
		<b>subtotal</b>	<b>4</b>		<b>60.673,35</b>	<b>\$ 242.693,42</b>
<b>3,00</b>	<b>Equipos SITIOS de 3 Canales</b>					
3,01	T902-38S	Cabinet, 38u, + cable looms +ac distribution+ hardware	1	2742,26	2742,26	
3,02	TB8100 100W basestations	TB8100 base station, dual configuration, 100 watt RF output,400-440Mhz ,220VAC + 12 Vdc operation, standard software	3	5693,18	17079,55	
3,03	T1722-00-0000	Site Management Module, 128 PFix Modm Blk Pnl	1	4150,44	4150,44	
3,04	T1711-00-0300	CH Management Module + 4 CMM Cards	1	8140,79	8140,79	
3,05	<b>antenna system</b>					
3,06	COL12	colinear antenna, 6dB gain, 250 watt	2	540,17	1080,33	
3,07	UC1	Clamps for Above	4	37,40	149,61	
3,08	<b>Tx Combiner</b>					
3,09	M-6874	Single T-Pass Channel, c/w 6" 1/4 Wave Cavity, Dual Stage 150W Symmetry Isolator	3	2471,29	7413,87	
3,10	M-5260	TAIT 10RU Flush Panel, c/w Hardware to mount 4 cavities	1	774,21	774,21	
3,11	Cables	Interconnection cables	6	43,37	260,19	
3,12	<b>Rx Multiplexer</b>					
3,13	M-7024	Expandable 4 Port Receiver Combiner - 12VDC mounted on 19" Shelf	1	1678,84	1678,84	
3,14	SPOOOO-6002-11	50 OHM RX TERMINATION	1	53,77	53,77	
3,15	m-5286	Preselector , 4x 4" cavities	1	3852,96	3852,96	
3,16	Cables	Interconnection cables	3	52,05	156,14	
3,17	<b>Lightning Protection</b>					
3,18	IS-B50LN-C2	RX Protector	1	174,57	174,57	
3,19	IS-VU50HN	TX Protector	1	300,81	300,81	
3,20	<b>Co-Axial Cable</b>					
3,21	LDF5-50A	Co-Axial Cable, per meter	60	15,45	926,93	
3,22	L5PNM-RPC	Connectors	4	47,10	188,42	

3,23	L5CLICKB	Cable Installation Kit, pack of ten	3	53,77	161,32	
3,24	243684-m	Cable Hangers pkt of 10 plus	3	76,34	229,02	
3,25	243095-11	hardware kit, pack of ten	3	41,64	124,91	
3,26	sgl5-06b2	Earthing Strip	6	50,10	300,61	
			<b>subtotal</b>	<b>2</b>	<b>49.939,54</b>	<b>\$ 99.879,08</b>
<b>4,00</b>	<b>Equipos SITIOS de 2 Canales</b>					
4,01	T902-38S	Cabinet, 38u, + cable looms +ac distribution+ hardware	1	2742,26	2742,26	
4,02	TB8100 100W basestations	TB8100 base station, dual configuration, 100 watt RF output,400-440Mhz ,220VAC + 12 Vdc operation, standard software	2	5693,18	11386,37	
4,03	T1722-00-0000	Site Management Module, 128 PFix Modm Blk Pnl	1	4150,44	4150,44	
4,04	T1711-00-0200	CH Management Module + 4 CMM Cards	1	5662,39	5662,39	
4,05	<b>antenna system</b>					
4,06	COL12	colinear antenna, 6dB gain, 250 watt	2	540,17	1080,33	
4,07	UC1	Clamps for Above	4	37,40	149,61	
4,08	<b>Tx Combiner</b>					
4,09	M-6874	Single T-Pass Channel, c/w 6" 1/4 Wave Cavity, Dual Stage 150W Symmetry Isolator	2	2471,29	4942,58	
4,10	M-5260	TAIT 10RU Flush Panel, c/w Hardware to mount 4 cavities	1	774,21	774,21	
4,11	Cables	Interconnection cables	4	43,37	173,46	
4,12	<b>Rx Multiplexer</b>					
4,13	M-7024	Expandable 4 Port Receiver Combiner - 12VDC mounted on 19" Shelf	1	1678,84	1678,84	
4,14	SPOOOO-6002-11	50 OHM RX TERMINATION	2	53,77	107,55	
4,15	M-5286	Preselector , 4x 4" cavities	1	3852,96	3852,96	
4,16	Cables	Interconnection cables	2	52,05	104,09	
4,17	<b>Lightning Protection</b>					
4,18	IS-B50LN-C2	RX Protector	1	174,57	174,57	
4,19	IS-VU50HN	TX Protector	1	300,81	300,81	
4,20	<b>Co-Axial Cable</b>					
4,21	LDF5-50A	Co-Axial Cable, per meter	60	15,45	926,93	
4,22	L5PNM-RPC	Connectors	4	47,10	188,42	
4,23	L5CLICKB	Cable Installation Kit, pack of ten	3	53,77	161,32	
4,24	243684-m	Cable Hangers pkt of 10 plus	3	76,34	229,02	
4,25	243095-11	hardware kit, pack of ten	3	41,64	124,91	
4,26	sgl5-06b2	Earthing Strip	6	50,10	300,61	
			<b>subtotal</b>	<b>1</b>	<b>39.211,66</b>	<b>\$ 39.211,66</b>
<b>5,00</b>	<b>MOBILE RADIOS</b>					

5,01	TM8255-H5A00	Mobile Radio TM8255 – UHF	278	642,33	178.567,74	
<b>subtotal</b>			<b>0</b>		<b>178.567,74</b>	<b>\$ 178.567,74</b>
<b>6,00</b>	<b>PORTABLE RADIOS</b>					
6,01	TOP-H2620-B25K45	Intrinsically Safe Portable Radio TOP5040 - Display plus full keypad, UHF (400-470) with US adapter, 2000mAh NiMH IS battery & belt clip	183	679,88	124.418,64	
<b>subtotal</b>			<b>0</b>		<b>124.418,64</b>	<b>\$ 124.418,64</b>
<b>7,00</b>	<b>FIJOS RADIOS</b>					
7,01	TF8255-H5A00	Fijos Radio TF8255 – UHF	112	656,45	679,88	
<b>subtotal</b>			<b>0</b>		<b>73.522,40</b>	<b>\$ 73.522,40</b>
<b>8,00</b>	<b>REPUESTOS</b>					
8,01	System Spares	Based on 5% spares provision	1	19.048	19.048	
<b>subtotal</b>			<b>1</b>		<b>19.047,55</b>	<b>\$ 19.047,55</b>

**Tabla. 6.1.** Costos de Equipos Sistema de Radio Troncalizado

### 6.2.2. Equipos RF

Item	Part N.	Descripción	Qty	Precio Unitario	Precio Total	Subtotal (US\$)
<b>1,00</b>	<b>Sistema RF</b>					
1,01	TTPA-4544	Tower Top Preamplifier 400-520 MHz	7	6.115,00	42.805,00	
<b>subtotal</b>			<b>1</b>		<b>42.805,00</b>	<b>\$ 42.805,00</b>

**Tabla. 6.2.** Costos de Equipos de Sistema RF

### 6.2.3. Equipos Adicionales

Item	Part N.	Descripción	Qty	Precio Unitario	Precio Total	Subtotal (US\$)
<b>1,00</b>	<b>Enlace Backbone</b>					
1,01		Tarjetas Bayly E&M	8	697,50	5.580,00	

1.02		Tarjetas Bayly LSDCM	2	787,50	1.575,00	
<b>subtotal</b>			<b>1</b>		<b>7.155,00</b>	<b>\$ 7.155,00</b>
<b>2,00</b>	<b>Equipos de Alimentación</b>					
2.01		Alimentador de Energía Ininterrumpible (UPS) Nodo Lago Agrio	1	733,00	733,00	
<b>subtotal</b>			<b>1</b>		<b>733,00</b>	<b>\$ 733,00</b>

**Tabla. 6.3.** Costos de Equipos para Enlace con Backbone y de Alimentación de Energía

### 6.3. COSTOS DE INSTALACIÓN

Debido a que el Sistema de Radio Troncalizado y su Sistema de Gestión no ha sido instalado antes en la empresa, el personal técnico de PETROPRODUCCIÓN no ha sido capacitado para realizar esta tarea, por esta razón la instalación y puesta en funcionamiento de los Sistemas tendrá que ser realizada por la empresa distribuidora de los equipos.

Como referencia para este análisis tomaremos en cuenta el precio de instalación, capacitación, transporte y puesta en marcha del sistema, proporcionado en la cotización de la empresa TAIT Radio Communications.

Item	Part N.	Descripción	Qty	Precio Unitario	Precio Total	Subtotal (US\$)
<b>1,00</b>	<b>SERVICIOS Obligatorios de Ingeniería</b>					
1,01	Build & Test	Build & Test	1	16058,25	16058,25	
1,02	Documentation	System Documentation	1	2058,75	2058,75	
1,03	Support Contract - BRONZE	Support Maintenance Contract (AMC) - 1 year	1	11377,21	11377,21	
1,04	Capacitación (1)	Tait Transpote - por día (1 course X 5 days, Max 8 people)	5	1399,95	6999,75	
1,05	Capacitación (2)	Pasaje aereo – por transporte	1	4941,00	4941,00	
1,06	Capacitación (3)	Accommodation, per day	5	411,75	2058,75	
1,07	Commissioning (1)	Commissioning on site, per day	16	741,15	11858,40	
1,08	Commissioning (2)	Airfare - commissioning engineer	1	4941,00	4941,00	
1,09	Commissioning (3)	Accommodation, per day	16	411,75	6588,00	

			<b>subtotal</b>	<b>1</b>	<b>66.881,13</b>	<b>\$ 66.881,13</b>
<b>2,00</b>	<b>SERVICIOS OPCIONALES</b>					
2,01	Factory acceptance Test	FAT - per day	5	1647,00	8235,00	
2,02	Instalación (1)	Installation assistance on site, per day	0	823,50	0,00	
2,03	Instalación (2)	Airfare – installer	0	4941,00	0,00	
2,04	Instalación (3)	Accommodation, per day	0	411,75	0,00	
			<b>subtotal</b>	<b>0</b>	<b>8.235,00</b>	<b>\$ 8.235,00</b>
<b>3,00</b>	<b>TRANSPORTE</b>					
3,01	T902-38C	Cajas de Madera 38u	9	568,15	5113,34	
3,02	Transporte	Transporte Aereo	1	AL COSTO	AL COSTO	
			<b>subtotal</b>	<b>1</b>	<b>5.113,34</b>	<b>\$ 5.113,34</b>

**Tabla. 6.4.** Costo de Instalación de los Sistemas

#### 6.4. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

De acuerdo a la suma de los tres costos parciales de Red de Radio Troncalizado, Equipos de RF y Equipos Adicionales más el costo producido por la Instalación del Sistema se puede obtener el Costo Total del Proyecto, lo cual se detalla en la Tabla 6.5.

<b>N°</b>	<b>ITEM</b>	<b>PRECIO TOTAL (USD)</b>
	<b>COSTO DEL SISTEMA</b>	
01	Red de Radio Troncalizado	850.644,67
02	Equipos RF	42.805,00
03	Equipos Adicionales	7.888,00
	<b>COSTOS DE INSTALACIÓN</b>	
04	Costos de Instalación	80.229,47
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>981.567,14</b>

**Tabla. 6.5.** Costo Total del Proyecto

## 6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

A través del cálculo de índices económicos como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) se va a determinar si la implementación del presente proyecto será conveniente desde el punto de vista económico para PETROPRODUCCIÓN.

En primer lugar, para poder tener estos índices se obtendrá la Tabla de Flujo de Fondos, en la que se detalla los Ingresos y Egresos que producirá el proyecto a lo largo del tiempo de vida útil de los equipos, el valor considerado para este cálculo corresponde al de los equipos de Radio troncalizado TAIT, que es de 10 años. En la Tabla de Flujo de Fondos se presentarán valores como el Flujo de Caja y la Utilidad.

**Ingresos.-** Los valores de Ingreso para cada año de Vida Útil del Equipo se determinan del producto entre el valor mensual que PETROPRODUCCIÓN tendría que pagar en el caso de alquiler de los equipos y servicio de Radio Troncalizado a una empresa privada multiplicada por el número de usuarios y por los doce meses del año. Se ha tomado como referencia el valor que la empresa proveedora de servicio troncalizado MARCONI S.A., que cobra por el alquiler del servicio para Quito que es de 37(USD) y Región Amazónica 65(USD). El Cálculo del valor de Ingreso se mostrará en la Tabla. 6.6.

<b>REGIÓN</b>	<b>CÁLCULO</b>	<b>TOTAL REGIÓN</b>
Quito	37(USD) x 152 Equipos x 12 meses	67.488 (USD)
Amazonía	65(USD) x 421 Equipos x 12 meses	328.380 (USD)
<b>INGRESO ANUAL</b>		<b>395.868 (USD)</b>

**Tabla. 6.6.** Cálculo Ingreso Anual

**Egresos.-** Para este estudio se tomará en cuenta como egresos al Costo de Servicio, que será calculado como 5% de la Amortización Anual<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> AMORTIZACIÓN ANUAL: Distribución del costo de la inversión inicial entre cada uno de los años de vida útil del bien adquirido



**Flujo de Caja.-** Es la diferencia entre Ingresos y Egresos calculado para cada año del Tiempo de Vida Útil de la Red.

**Utilidad.-** Es la diferencia entre el Ingreso y el Costo de Producción<sup>1</sup> calculados para cada año.

AÑO	INVERSIÓN US \$	AMORTI. US \$	COSTO OPERA. US \$	COSTO DE PRODUC. US \$	INGRESOS US \$	UTILIDAD US \$	FLUJO CAJA US \$
2006	-981.567,14						-981.567.14
2007		98.156,71	4.907,8	103.064,5	395.868	292.803,5	360.960.2
2008		98.156,71	4.907,8	103.064,5	395.868	292.803,5	360.960.2
2009		98.156,71	4.907,8	103.064,5	395.868	292.803,5	360.960.2
2010		98.156,71	4.907,8	103.064,5	395.868	292.803,5	360.960.2
2011		98.156,71	4.907,8	103.064,5	395.868	292.803,5	360.960.2
2012		98.156,71	4.907,8	103.064,5	395.868	292.803,5	360.960.2
2013		98.156,71	4.907,8	103.064,5	395.868	292.803,5	360.960.2
2014		98.156,71	4.907,8	103.064,5	395.868	292.803,5	360.960.2
2015		98.156,71	4.907,8	103.064,5	395.868	292.803,5	360.960.2
2016		98.156,71	4.907,8	103.064,5	395.868	292.803,5	360.960.2
<b>TOTAL</b>	<b>-981.567,14</b>	<b>981.567,14</b>	<b>49.078</b>	<b>1'030.645</b>	<b>3'958.680</b>	<b>2'928.030</b>	<b>2'628.034,86</b>

Tabla. 6.7. Tabla de Flujo de Fondos

### 6.5.1. Valor Actual Neto (VAN)

Este valor representa el beneficio actual que una inversión puede generar a la empresa durante un tiempo dado. Este valor se obtiene a partir de una tasa de descuento (*i*) y una serie de pagos futuros (valores negativos) e ingresos (valores positivos). Se suele utilizar para determinar la rentabilidad de una inversión. Cualquier inversión cuyo VAN sea mayor que cero es rentable.

En la Tabla 6.8 calculamos el valor de VAN usando una función en EXCEL a partir de los valores del Flujo de Caja.

AÑO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
FLUJO DE CAJA	360960,2	360960,2	360960,2	360960,2	360960,2	360960,2	360960,2	360960,2	360960,2	360960,2
VAN										<b>\$ 2'217.944,17</b>

Tabla. 6.8. Cálculo Valor del VAN del Proyecto

<sup>1</sup> COSTO DE PRODUCCIÓN: Es el valor obtenido de la suma de la Amortización anual más el costo de operación anual.

### 6.5.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Devuelve la tasa interna de retorno de los flujos de caja, que deben ocurrir en intervalos regulares, como meses o años. TIR es el tipo de interés que anula el VAN de una inversión.

La tasa interna de retorno equivale a la tasa de interés producida por un proyecto de inversión con pagos (valores negativos) e ingresos (valores positivos) que ocurren en períodos regulares. Esto significa que, se buscará una tasa que iguale la inversión inicial a los flujos netos de operación del proyecto, que es lo mismo que buscar una tasa que haga el **VAN** igual a cero.

- **Si  $TIR > i$**  Significa que el proyecto tiene una rentabilidad asociada mayor que la tasa de mercado (tasa de descuento), por lo tanto es más conveniente.
- **Si  $TIR < i$**  Significa que el proyecto tiene una rentabilidad asociada menor que la tasa de mercado (tasa de descuento), por lo tanto es menos conveniente.

Por tasa de descuento se entiende aquella que se utiliza para traer a valor presente los flujos de caja. Calculamos el valor de TIR usando una función en EXCEL a partir de los valores del Flujo de Caja.

AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Flujo de Caja	-981567	360.960	360.960	360.960	360.960	360.960	360.960	360.960	360.960	360.960	360.960
TIR										<b>35%</b>	

**Tabla. 6.9.** Cálculo Valor del TIR del Proyecto

Los resultados obtenidos para el VAN y TIR muestran que el presente proyecto va a ser económicamente favorable, en primer lugar, porque el valor obtenido por el VAN a 10 años indica que, a más de que la inversión es cubierta el proyecto se muestra rentable con un valor positivo considerable. Y en segundo lugar, la TIR nos

da una idea del grado o índice en el que los ingresos serían mayores a los gastos realizados traídos al presente.

Se debe mencionar que debido a que el proyecto se orienta a que una empresa, en este caso PETROPRODUCCIÓN, realice este proyecto solamente para su uso exclusivo y no para dar un servicio al público, lo que se ha denominado Ingresos en este análisis no representa una ganancia sino un ahorro en los rubros que se hubiesen tenido que cubrir de no realizarse este proyecto.

#### **6.6. PLAN DE CRECIMIENTO DEL PROYECTO DIRIGIDO HACIA PETROECUADOR Y SUS FILIALES**

Para elaborar una aproximación de los recursos que se necesitarían invertir en un Sistema Troncalizado y su Sistema Gestión que preste servicio tanto a PETROECUADOR, PETROCOMERCIAL y PETROINDUSTRIAL. Partiendo del costo calculado para implementar estos Sistemas en PETROPRODUCCIÓN.

Se ha considerado el valor que representaría un usuario dentro del costo total de la Red de PETROPRODUCCIÓN, proyectándolo para el total de usuarios que aproximadamente utilizarían este servicio. En la Tabla 6.10 se observarán los valores del costo por usuario de la Red de PETROPRODUCCIÓN.

<b><i>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</i></b>	981.567,14
<b><i>NUMERO DE USUARIOS DEL SISTEMA</i></b>	573
<b><i>COSTO POR USUARIO</i></b>	<b>1.713,03</b>

**Tabla. 6.10.** Costo por Usuario del Sistema de Petroproducción

A continuación en la Tabla 6.11 se muestran la distribución de usuarios y el cálculo del costo total de una Red de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y cada una de sus filiales.

<i>Empresa</i>	<i>Empleados</i>	<i>Usuarios Potenciales</i>	<i>Costo Aproximado del Sistema de Radio Troncalizado</i>
<b>PETROECUADOR</b>	494	295 (60%)	<b>505.343,85</b>
<b>OLEODUCTO</b>	226	226 (100%)	<b>387.144,78</b>
<b>PETROCOMERCIAL</b>	1.118	670 (60%)	<b>1'147.730,1</b>
<b>PETROINDUSTRIAL</b>	1.101	660 (60%)	<b>1'130.599,8</b>

**Tabla. 6.11.** Costo de Sistema de Radio Troncalizado para PETROECUADOR y sus filiales

Estos resultados representan el costo de Redes que podrán soportar una interconexión sólo a nivel administrativo debido a que en el cálculo de tráfico de la Red de PETROPRODUCCIÓN, se tomo en cuenta un 10% para reserva o crecimiento. Cualquier otro tipo de interconexión a mayor escala requerirá de un nuevo análisis de tráfico.

## **CAPÍTULO 7**

### **BASES TÉCNICAS**

#### **7.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente Capítulo se muestran las características de los equipos que deberán conformar toda la Red de Radio Troncalizado y su Sistema de Gestión, así como el Sistema RF y el Sistema de Alimentación, sin especificar estándares ni fabricantes, aspectos que deberán ser tomados en cuenta en el momento de llamar a licitación.

También se describirán las interfaces necesarias para conectar las señales tanto para llamadas dentro de la Red de Radio Troncalizado como para llamadas a PSTN / PABX. Además se enumerará los dispositivos necesarios para realizar la interconexión de este Sistema con el Backbone de PETROPRODUCCIÓN y las características eléctricas de los equipos.

Finalmente se mencionarán las condiciones que deberán existir en lo que se refiere a Soporte técnico, es decir, aspectos como Instalación de la Red, Capacitación a personal de la Unidad de Telecomunicaciones y condiciones de Mantenimiento del Sistema.

## 7.2. GENERALIDADES

En esta sección se mencionarán las características que debe cumplir el Sistema de Radio Troncalizado, los requerimientos para realizar actualizaciones, se especificarán los elementos de la red que necesitan tener sistemas redundantes.

### 7.2.1. Descripción

- La visión de este Sistema es la de un **Sistema de Radio Troncalizado Multi-Sitio** que soporte mínimo 7 Sitios de Repetición con lo que se proporcione cobertura al área operacional requerida por PETROPRODUCCION (Distrito Amazónico y Región Quito).
- El Sistema de Radio Troncalizado usará un protocolo no propietario digital y con acceso FDMA o TDMA para su Interfaz Aire.
- Este Sistema de Radio deberá maximizar el uso de la infraestructura de Sitio existente.
- Este Sistema permitirá a los radio usuarios comunicarse automáticamente en cualquier lugar dentro del área de cobertura del sistema, independientemente del Sitio de Repetición en el cual se encuentre, es decir que existan llamadas dentro de un solo Sitio de Repetición y también llamadas entre diferentes Sitios pertenecientes a la Red.
- El Sistema de Radio deberá soportar un mínimo de 600 radio - terminales fijos, móviles y portátiles distribuidos a través de toda la red.
- El Sistema de Radio permitirá múltiples llamadas realizadas simultáneamente.
- Este Sistema deberá permitir un crecimiento modular y ordenado y en la oferta se deberá incluir la explicación en detalle del crecimiento máximo y características.
- El Sistema de Radio podrá soportar llamadas de voz: radio a radio y radio a grupos de conversación.

- El Sistema de Radio podrá soportar el servicio de AVL (Localización Automática de Vehículos).
- El Sistema de Radio podrá soportar una interconexión entre unidades de radio y líneas PABX /PSTN para todas las unidades.
- Este Sistema soportará transmisión de mensajes de datos cortos entre radios de hasta 25 caracteres.
- El Sistema de Radio permitirá soportar mensajes de datos largos entre radios y computadoras personales o terminales de datos.
- El Sistema de Radio soportará estructura de prefijos para facilitar las llamadas.
- Usará alguna forma de estadística para asegurar que los usuarios de radios siempre tengan una buena calidad de comunicación.
- Este Sistema de Radio permitirá el establecimiento de llamadas de grupos cubriendo de uno a todos los Sitios en la red.
- Durante llamadas de grupos, el sistema limitará la transmisión para aquellos Sitios de Repetición que posean radios móviles y portátiles registrados dentro del grupo de la presente llamada.
- El Sistema de Radio Troncalizado deberá contar con un Sistema de Gestión el cual constará de una Red de transmisión de datos para el control, monitoreo, configuración y mantenimiento desde un Terminal de Gestión de Red

### **7.2.2. Actualización**

Deberá ser un sistema de arquitectura abierta, modular, tanto en Software como en Hardware, con el fin de permitir la expansión del sistema, permitiendo actualizaciones tecnológicas para prestar nuevas facilidades, sin necesidad de cambios radicales sino solamente con el incremento de nuevos módulos y/o la actualización del Software.

### 7.2.3. Redundancia

El sistema debe tener redundancia en los componentes principales como son: Procesador Principal, sistema de gestión de la red, sistema de almacenamiento de datos y fuentes de poder.

### 7.2.4. Interfaces

- Deberá soportar canales síncronos a cuatro hilos AIO (Entrada y Salida Analógica) para comunicación interna.
- Para comunicación externa, deberá soportar enlaces analógicos E&M (posibilidad de incorporar configuraciones de 4, 6 u 8 hilos, que soporte los varios tipos de protocolos abiertos de señalización existente), para interconexión con PSTN/PABX.

### 7.2.5. Interconexión con BACKBONE

Se tendrá que utilizar el Backbone de microondas HARRIS existente en el Distrito Amazónico y en la Región Quito de PETROPRODUCCIÓN para manejar las señales tanto de Audio como de Control desde los Sitios hacia el Nodo. Para esta interconexión se usará los Multiplexores Bayly que se encuentran distribuidos en todos Sitios de Repetición planificados, para lo cual se necesita la instalación de los siguientes elementos:

- Puertos de tarjetas E&M para la transmisión de las señales síncronas para la transmisión de audio desde cada Sitio hacia el Conmutador de Audio del Nodo. El número de puertos dependerá del número total de canales RF que se vayan a utilizar en todos los Sitios.
- Puertos de tarjetas E&M o LSDCM para el manejo de los Canales de Supervisión entre los Sitios y el Nodo. Se requiere solamente un Canal de Supervisión por Sitio, es decir un puerto E&M o LSDCM.



## 7.3. ESPECIFICACIONES DE LA RED DE RADIO TRONCALIZADO

### 7.3.1. Nodo

#### Funciones

- El Sistema de Radio Troncalizado deberá poseer un Nodo, el cual se encargará del Enrutamiento y Conmutación de señales dentro del Sistema.
- El Nodo deberá constar de un Conmutador para Señales de Audio para enlazar las comunicaciones entre: radio terminales de distintos Sitios de Repetición, entre radio terminales y la Red Telefónica Pública o las centrales telefónicas de PETROPRODUCCIÓN.
- El Nodo deberá poseer un equipo Controlador que maneje y procese las señales de control enviadas y recibidas a/desde cada Sitio de Repetición para poder establecer llamadas Inter-sitio y también para cumplir funciones de administración y control de Red.
- El Nodo tendrá la capacidad de conectar por lo menos a 7 Sitios de Repetición dentro de la Red.
- El Nodo deberá tener un Hub o Switch de Red para acceder al Sistema a través de un Terminal de Gestión de Red Local.
- El Nodo deberá tener el equipo de Red necesario para poder realizar la interconexión con la red WAN / LAN de PETROPRODUCCIÓN para poder realizar funciones de Gestión de Red remota del Sistema.
- El subsistema de Nodo deberá tener la opción de facilidad para la actualización tanto de hardware y software para interconexiones futuras a otros Nodos para el crecimiento de la Red.
- El Nodo deberá poseer un sistema para almacenamiento de datos para poder realizar registro de llamadas de cada Sitio, almacenamiento de información de radio terminales.

## Especificaciones

GENERALIDADES		AUDIO	
Temperatura de Operación	De 0°C a +60°C	Interfaz de Audio comunicación Inter-sitio	Línea balanceada 4 wire
Potencia de Alimentación	10.8-14.2 (V) DC	Tipo de Interfaz Telefónica	2 Wire PSTN o 4 wire E&M
Programación	Mediante Computadora Personal	Interfaz de Audio comunicación telefónica	Línea balanceada 2 o 4 wire
		Impedancia de Entrada de Audio	600 ohms
FUENTE DE ALIMENTACIÓN			
Rango de Voltaje de Entrada	120 (V) AC		
Frecuencia de Operación	60 Hz		

**Tabla. 7.1.** Especificaciones Técnicas del Nodo

### 7.3.2. Sitio de Repetición

#### Funciones

- Los Sitios de Repetición deberán ser instalados en los lugares indicados en el diseño del Sistema de Radio Troncalizado.
- Estos Sitios deberán entregar comunicaciones con muy buena calidad de voz a todos los radio usuarios dentro de las áreas de cobertura especificadas.
- Los Sitios deberán constar de un Canal de Control a parte de los Canales de Tráfico necesarios para cubrir las necesidades de comunicación para cada lugar.
- Cada Sitio de Repetición deberá contar con un Equipo Controlador que cumpla funciones de asignación de canales de tráfico y también envío y recepción de señales de control hacia/desde el Nodo.
- Los Sitios de Repetición poseerán circuitos para llamadas únicamente locales y circuitos para llamadas intersitios.

- Algunos de los canales deberán estar en la capacidad de trabajar como Canal de Control en el caso de que el Canal de Control original falle.
- Para Sitios con bajo tráfico de llamadas se operará con un simple canal de tráfico, como es el caso de San Rafael en la Región Quito.
- El Sitio de repetición debe seguir operando como si fuera el único Sitio dentro de la red cuando la conexión con el resto de la red falle.
- Los Sitios deben poseer un diseño modular que permita un fácil reemplazo de módulos que se encuentren defectuosos.
- Los equipos que se encuentran en los Sitios deben ser capaces de operar con baterías de respaldo en caso de que la alimentación pública falle en la localidad.
- En el Sitio se podrá activar una alarma en el Terminal de Gestión del Sistema cuando haya ocurrido una falla en la fuente de alimentación AC<sup>1</sup>.
- Los Sitios deben tener una alta tolerancia a fallas y proveer una degradación gradual en el servicio si existe una falla.
- Los Sitios de Repetición harán uso de la tecnología de Radio Troncalizado para permitir que más de una llamada esté presente en el sistema al mismo tiempo.
- El sistema de Radio operara con tres niveles de prioridad de llamadas: normal, alto, y emergencia.
- El Sistema de Radio deberá ser capaz de realizar transmisión y recepción de datos desde y hacia terminales.
- Las llamadas con prioridad de emergencia interrumpirán todas las llamadas que se estén realizando en ese momento tal que la llamada de emergencia pueda presentarse en todos los terminales.

## Especificaciones

GENERALIDADES		TRANSMISIÓN y RECEPCIÓN	
Temperatura de	De 0°C a +60°C	Frecuencia	300-380 MHZ

<sup>1</sup> AC: Corriente Alterna

Operación			400-520 MHz
Potencia de Alimentación	-48 (V) DC <sup>1</sup>	Potencia de Salida	100 Watts
Programación	Mediante Computadora Personal	Ancho de Banda	12.5 KHz
Impedancia de Carga RF	50 ohms	Sensibilidad del Receptor	Mejor que -115 dBm
		Tasa de Transmisión Datos	> 2400 bps
		Interfaz para conexión a terminal de datos (PC)	RS-232
<b>CONTROLADOR DE SITIO</b>		<b>FUENTE DE ALIMENTACIÓN</b>	
Protocolo de Señalización	No propietario	Rango de Voltaje de Entrada	120 (V) AC
Tiempo de establecimiento de llamadas	Sitio Local:<500 ms Sitio Remoto: 2 secs	Frecuencia de Operación	60 Hz
Impedancia de Audio	600 ohms	Voltaje de Salida	13.8 (V) AC
Interfaz de Audio	Líneas balaceadas de 4 hilos		

**Tabla. 7.2.** Especificaciones Técnicas de Repetidora

### 7.3.3. Sistema RF

#### Funciones

El Sistema RF esta encargado de realizar la interfaz aire entre los radio terminales y los Sitios de Repetición y por cada Sitio de Repetición deberá estar compuesto de los siguientes elementos:

- **Transmisión.-** Antena Tx, Cable Coaxial y Sistema Combinador.
- **Recepción.-** Antena Rx, Preamplificador, Cable Coaxial, Filtro tipo ventana y Multiacoplador

Se debe especificar por parte de la Empresa Oferente si se proveerá adicionalmente de los equipos Combinador y Multiacoplador y el precio de estos equipos.

<sup>1</sup> DC: Corriente Directa

## Especificaciones

GENERALIDADES		ANTENAS Rx Y Tx	
Temperatura de Operación	De -40°C a +70°C	Ganancia	> 5.5 dB
Rango de Frecuencia	400-512 MHz	Tipo de Antena	Omnidireccional
Impedancia Acoplamiento	50 (omhs)	Ancho de Banda	10 MHz
CABLE COAXIAL		OTROS	
Tipo de Cable	Heliax 7/8" Núcleo de Espuma	Ganancia Preamplificador	> 17dB
Perdidas a 400 MHz	2.56 dB/100m	Perdidas Multiacoplador	< 6 dB
Máxima Frecuencia de Operación	5 GHz	Perdida Filtro Preamplificador	< 2 dB

**Tabla. 7.3.** Especificaciones Técnicas de Sistema RF

### 7.3.4. Gestión de Red

#### Funciones

- El software de Gestión de Red usará una Interfaz Grafica para Usuario (GUI), donde se presentará una vista general del Sistema de Radio Troncalizado en pantalla mostrando un resumen del estado de los subsistemas de la Red.
- Se podrá acceder a la información de la Red de Gestión del Sistema a través de la red LAN/WAN existente, opcionalmente se puede tener una conexión Dial-up<sup>1</sup> entre el nodo y el Terminal de Gestión del Sistema.
- Cualquier falla en cualquier equipo remoto del Sistema causará que una alarma se presente en el Terminal de Gestión del Sistema (también se podrá informar vía e-mail). El Software de Gestión de Red permitirá configurar diferentes presentaciones para estas alarmas dependiendo de su prioridad.

<sup>1</sup> DIAL-UP: Enlace donde el usuario utiliza la computadora y modem para conectarse por teléfono con su proveedor de Acceso

- El Terminal de Gestión del Sistema será capaz de controlar los accesos de radio usuarios a alguno o todos los Sitios en el sistema, también podrá controlar el tipo de llamadas y el tiempo límite de éstas.
- El Terminal de Gestión de Sistema deberá ser conectado al Nodo o funcionar remotamente.
- El software de gestión será capaz de proporcionar opciones de prioridades de acceso a ingenieros o técnicos dependiendo de las funciones que realicen.
- El Sistema de Gestión de Red será capaz de administrar dinámicamente a grupos de conversación a través de software

### Especificaciones

GENERALIDADES		EQUIPO REQUERIDO	
Temperatura de Operación	De 0°C a +40°C	Hardware	Computadora personal
Potencia de Alimentación	120 (V) AC, 60Hz	Software	Sistema Operativo Windows (preferencia de 2000 en adelante)
INTERFAZ			
Tipo de Interfaz	Conexión a TCP/IP		

**Tabla. 7.4.** Especificaciones Técnicas de Gestión de Red

### 7.3.5. Radio Terminales

#### Generalidades

- Los radios terminales deberán soportar un mínimo de siete grupos de conversación.
- Los radios tendrán identificador de llamada para comunicaciones troncalizadas radio a radio y soportarán llamadas a/desde redes PABX y PSTN. Se podrán discar estas llamadas desde el teclado incorporado al Terminal.
- Los radios tendrán la capacidad de permitir conexión a Terminal de datos o computadora personal utilizando un protocolo estándar abierto de interfaz de radio.

- Los radios soportarán el envío de descodificación de mensajes de texto de hasta 25 caracteres
- Los radios tendrán etiquetas alfa-numéricas programables para números marcados frecuentemente. También tendrán la facilidad de establecer una llamada de emergencia para un destinatario predeterminado.
- Los Radios Terminales deben soportar considerables niveles de vibración para ser usados en la Región Amazónica.

### 7.3.5.1. Radios Móviles

#### Funciones

- Los radios móviles son requeridos para el uso en vehículos que se desplazan entre varios puntos dentro del área de operación.
- Los radios tendrán la opción de conectarse directamente a un receptor GPS para usarse en un sistema de localización de vehículos automática (AVL).
- Los radios constarán de los siguientes accesorios: micrófono, speaker externo, conectores DC y montura para vehículo.
- Los radios automáticamente buscarán el Sitio de Repetición más indicado dentro del sistema de radio. Si no se encuentra dentro del área de cobertura los radios darán una indicación.
- Los radios podrán operar en un canal convencional simplex para llamadas de radio a radio cuando estos se encuentren fuera del área de servicio.

#### Especificaciones

GENERALIDADES		TRANSMISION Y RECEPCION	
Temperatura de Operación	De -30°C a +60°C	Frecuencia	300-380 MHZ 400-520 MHz
Potencia de Alimentación	12 (V) DC	Potencia de Salida	25 Watts
Programación	Mediante Computadora Personal	Ancho de Banda	12.5 KHz
Impedancia de Carga RF	50 ohms	Sensibilidad del Receptor	Mejor que -115 dBm
		Tipo de Antena	Látigo
		Ganancia de Antena	5 dB

**Tabla. 7.5.** Especificaciones Técnicas de Radio Móviles

### 7.3.5.2. Radios Portátiles

#### Funciones

- Los radios automáticamente buscarán el Sitio de Repetición más indicado dentro del sistema de radio. Si no se encuentra dentro del área de cobertura los radios darán una indicación.
- Los radios podrán operar en un canal convencional simplex<sup>1</sup> para llamadas de radio a radio cuando estos se encuentren fuera del área de servicio.
- Los portátiles deben usar baterías recargables y deberán ser distribuidos cargadores para esta función

#### Especificaciones

GENERALIDADES		TRANSMISION Y RECEPCION	
Temperatura de Operación	De -30°C a +60°C	Frecuencia	300-380 MHZ 400-520 MHZ
Potencia de Alimentación	7.5 (V) DC	Potencia de Salida	3 Watts
Duración de Batería	>8 horas	Ancho de Banda	12.5 KHz
Programación	Mediante Computadora Personal	Sensibilidad del Receptor	Mejor que -117 dBm
Impedancia de Carga RF	50 ohms	Tipo de Antena	Antena Incluida
Tamaño (ancho x alto x profundidad)	Aprox. 6x13x4 cm	Ganancia de Antena	0 dB
Peso	< 600 gr		
CARGADOR			
Tipo	Cargador de escritorio		
Rango de Voltaje de Entrada	120 (V) AC, 60Hz		
Tiempo de Carga	2 horas al 90% de capacidad		

**Tabla. 7.6.** Especificaciones Técnicas de Radio Portátil

<sup>1</sup> SIMPLEX: Tipo de comunicación que consiste de unidades de radio operando (transmisión / recepción) en una misma frecuencia



### 7.3.5.3. Radios Fijos

#### Funciones

- Este tipo de radio opera en un lugar fijo dentro del área de servicio.
- El radio fijo podrá cumplir las mismas funciones que el radio móvil pero estará localizado en un escritorio o puesto de trabajo.

#### Especificaciones

GENERALIDADES		TRANSMISION Y RECEPCION	
Temperatura de Operación	De -30°C a +60°C	Frecuencia	300-380 MHZ 400-520 MHZ
Potencia de Alimentación	10.8-16 (V) DC	Potencia de Salida	>25 Watts
Programación	Mediante Computadora Personal	Ancho de Banda	12.5 KHz
Impedancia de Carga RF	50 ohms	Sensibilidad del Receptor	Mejor que -117 dBm
FUENTE DE ALIMENTACIÓN			
Rango de Voltaje de Entrada	110 (V) AC		
Frecuencia de Operación	60 Hz		
Voltaje de Salida	13.8 (V) DC		

Tabla. 7.7. Especificaciones Técnicas de Radios Fijos

### 7.3.6. Sistema AVL

El sistema AVL permitirá el monitoreo de vehículos dentro del área de cobertura haciendo uso de una pequeña cantidad de recursos del sistema. El AVL se deberá conectar a la infraestructura del sistema a través de puertos RS-232 o TCP/IP para minimizar el tráfico que se produce en la interfaz de aire y deberá incluir una interfaz gráfica que muestre la localización de los terminales monitoreados.

Si se requiere hardware o software adicional (con excepción del receptor GPS) para este sistema, entonces la empresa oferente indicará cual es el equipo requerido y su precio por unidad.

## **7.4. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

El sistema deberá operar con la corriente de alimentación de la red pública, esto es: 110/220 AC 60Hz  $\pm$ 10%, y que permita un intercambio automático con una fuente DC de respaldo, en caso de fallas de alimentación de energía. Se deberán cotizar los equipos y baterías necesarios para garantizar la operación del equipo por un mínimo de 60 minutos en caso de fallas de energía.

El equipo ofertado deberá tener protección contra variaciones de voltaje (transitorios y picos), que puedan causar daños o mal funcionamiento.

## **7.5. RESPALDO TÉCNICO**

### **7.5.1. Instalación**

El Nodo, los Sitios de Red con su respectivo sistema RF, Terminales de Gestión de Red y Radio terminales deberán ser instalados, programados y probados completamente de acuerdo a los requerimientos y necesidades de PETROPRODUCCIÓN, a estándares y normas nacionales e internacionales. La Empresa Oferente deberá cotizar todos los materiales necesarios para su completo funcionamiento.

Los servicios profesionales proporcionados por la empresa oferente serán la instalación del Sistema de Radio Troncalizado y las aplicaciones adicionales que PETROPRODUCCIÓN decida adquirir.

### **7.5.2. Capacitación**

El personal del Departamento de Telecomunicaciones de PETROPRODUCCIÓN tanto en Quito como Distrito Amazónico, deberá ser capacitado en el control,

programación, operación y mantenimiento del Sistema de Radio Troncalizado implementado, de la siguiente manera:

- Ingenieros responsables de Unidades Quito y Lago Agrio: Capacitación en programación básica, avanzada, administración y operación del Sistema.
- Técnicos de las Estaciones: Capacitación en programación básica del Sistema y mantenimiento preventivo y correctivo de los diferentes equipos tanto del Nodo como de los Sitios.

En sí, los requerimientos de la Capacitación ofertada deben incluir entrenamiento en la administración y mantenimiento de los equipos del Sistema para 3 Ingenieros y 5 técnicos y deberá enfocarse tanto a la solución de problemas, como a manejar aplicaciones disponibles y futuras que pueden implementarse en este tipo de tecnología. Este entrenamiento deberá considerar el control y la programación básica y avanzada del sistema, administración de radio terminales y mantenimiento técnico de la Red.

### 7.5.3. Mantenimiento

**Características.-** El contrato de mantenimiento dentro de la garantía cubrirá el reemplazo del producto y el costo de instalación generado por el reemplazo, este hecho debe estar especificado por escrito en la Garantía Técnica del Proyecto. Además debe cumplir con todas las exigencias y dentro de los años de garantía del fabricante, incluyendo el tiempo de provisión de repuestos y también se debe estimar las opciones de mantenimiento luego de terminado el tiempo de garantía del fabricante.

- **Nota:** Si se dispone de opciones diferentes a la solicitada que mejoren el servicio y cobertura favor explicar a detalle con su respectivo costo.

**Soporte y Garantía.-** Las Empresas Oferentes deberán ser fabricantes o distribuidores autorizados de los equipos propuestos, estar legalmente establecidos en el Ecuador y deben contar con centros autorizados de soporte y mantenimiento en Quito con personal técnico capacitado para mantener la infraestructura ofertada.

Todos los elementos componentes del Sistema de Radio Troncalizado, deben tener una garantía contra fallas de fabricación de mínimo tres años, que cubrirá el reemplazo del producto y el costo de instalación generado por el reemplazo.

La asistencia técnica deberá ser en el menor tiempo posible, repuestos en stock, equipo completo o módulos a préstamo en caso de fallas, hasta aplicar la garantía o reparar. Finalmente se realizarán visitas periódicas mínimo dos veces al año para diagnósticos y mantenimiento preventivo

## 7.6. PRESUPUESTO REFERENCIAL

El presupuesto referencial para adquisición de una solución de un Sistema de Radio Troncalizado para PETROPRODUCCIÓN es de US\$ 1'200.000,00 (dolares de los Estados Unidos de América).

## 7.7. RESUMEN DE EQUIPOS A OFERTAR

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN
<b>A</b>		<b>SISTEMA DE RADIO TRONCALIZADO</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>Nodo</b>
		Controlador de Nodo
		Conmutador de señales de Audio de cada Sitio y líneas PSTN / PABX
		Equipos de Red (Switch, Router, MODEM para interconexión de señales de control de cada Sitio)
		Unidad de alimentación de potencia y Distribuidor DC

	<b>7</b>	<b>Sitios de Repetición</b>
		Canal de Control
		Canales de Tráfico
		Controlador de Sitio
	<b>2</b>	<b>Terminal de Gestión de Red</b>
		Software de Gestión
	<b>278</b>	<b>Radio Terminales Móviles</b>
	<b>183</b>	<b>Radio Terminales Portátiles</b>
	<b>112</b>	<b>Radio Terminales Fijos</b>
	<b>x</b>	<b>Sistema AVL</b>
	<b>x</b>	<b>Lote de repuestos</b>
	<b>1</b>	<b>Rectificador / Cargador y Banco de baterías</b>
	<b>1</b>	<b>UPS</b>

<b>SISTEMA RF</b>		
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>Antena Omnidireccinal Tx</b>
	<b>1</b>	<b>Antena Omnidireccinal Rx</b>
	<b>1</b>	<b>Cable coaxial Heliax 7/8" núcleo de espuma</b>
	<b>1</b>	<b>Preamplificador</b>
	<b>1</b>	<b>Filtros tipo ventana</b>
	<b>1</b>	<b>Sistema Combinador</b>
	<b>1</b>	<b>Mutliacoplador</b>

<b>MULTIPLEXORES</b>		
<b>3</b>	<b>X</b>	<b>Puerto Tajeta E&amp;M síncrono (canales audio)</b>
	<b>1</b>	<b>Puerto Tajeta E&amp;M o LSDCM asíncrono (canal de supervisión)</b>

<b>D</b>		
<b>INSTALACIÓN</b>		
<b>4</b>	<b>1</b>	<b>Materiales básicos de Instalación</b>
<b>5</b>	<b>1</b>	<b>Mano de obra de montajes, pruebas e instalación</b>

---

---

<b>E</b>		<b>OTROS</b>
<b>6</b>	<b>1</b>	<b>Capacitación para 8 personas</b>
<b>7</b>	<b>1</b>	<b>Mantenimiento, Soporte y Garantía</b>

**Tabla. 7.8.** Resumen de Equipos a Ofertar

## CAPÍTULO 8

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1. CONCLUSIONES

- El Sistema de Radio Móvil VHF del Distrito Amazónico está brindando un servicio insuficiente, ya que, existe máximo dos canales de comunicación por estación y el número de usuarios se ha incrementado. Además las llamadas pueden ser escuchadas en todas las unidades de radio que hayan sido programadas a la misma frecuencia; y, no existe interconexión entre las Estaciones Base.
- Los Sistemas de Radio Troncalizado pueden manejar tráfico de llamadas elevado, debido al uso eficiente del Espectro Radioeléctrico, permiten comunicaciones transparentes a los usuarios, administración dinámica a los Grupos de conversación; y, prioridades en el establecimiento de llamadas para distintos tipos de usuarios.
- Los Sistemas de Gestión son herramientas de administración de Red para Configuración, Control, Monitoreo y Mantenimiento de los equipos en forma automática, en la mayoría de casos. Esta administración se puede realizar en forma local y remota.
- La banda de VHF en la ciudad Quito se encuentra saturada, lo que dificultaría la implementación de un Sistema de Radio en VHF que brinde servicio a todas

las instalaciones de la empresa. Esto nos lleva a buscar bandas de frecuencias que estén disponibles en las dos Regiones

- El Backbone de microondas que actualmente posee PETROPRODUCCIÓN, de acuerdo al diseño realizado en este proyecto, cuenta con el número requerido de canales para transmitir las señales de voz y supervisión del Sistema de Radio Troncalizado.
- Para escoger el estándar del Sistema de Radio Troncalizado que más se ajuste a las necesidades de PETROPRODUCCIÓN, se ha considerado como principales parámetros, en orden de importancia, a: Estabilidad de Trama, Experiencia Proveedor, Potencia de Trabajo, Velocidad de Datos, Precio, Representación Técnica, Tamaño de Radio Terminales, Seguridad y Tipo de Acceso. El estándar MPT 1327 cumple en mayor grado con estos requerimientos.
- Los Sistemas TETRA (acceso TDMA) son convenientes para geografías de tipo europeo, llanuras planas donde no se necesita mucha potencia para tener la cobertura deseada, pero en el caso de Ecuador, estos sistemas no tienen el mismo desempeño, debido al tipo de topografía y vegetación que existe especialmente en la zona nororiental, donde una repetidora del sistema TETRA no abarcaría la cobertura necesaria por las atenuaciones existentes. En este caso, es más apropiado privilegiar el alcance y la robustez de un sistema de acceso como el FDMA, que es menos sensible a perder tramas de información, pues en esencia TETRA es sincrónico.
- Con la ubicación de Sitios de Repetición en Aguarico, Guarumo y Auca se podrá dar servicio a la totalidad de radios móviles, pero las unidades portátiles, que manejan bajas potencias, no tendrían cobertura en



campamentos importantes, por lo cual, en el diseño del Sistema se han aumentado los Sitios de Shushufindi y Sacha.

- El Sistema de Radio Troncalizado diseñado en el presente proyecto brindará servicio a un total de 573 usuarios, 421 en el Distrito Amazónico y 152 en la Región Quito. Del total de equipos se contará con 278 terminales móviles, 112 terminales fijos y 183 terminales portátiles. Además se tendrá una distribución de un Nodo Central con siete Sitios de Repetición, los cuales, estarán administrados por su respectivo canal de supervisión.
- En cuanto a realizar una administración de radio terminales dentro del Sistema de Radio Troncalizado, se ha observado que una organización de usuarios en grupos que cumplen tareas específicas como: Autoridades, Producción, Perforación, Mantenimiento y Telecomunicaciones, logrará un eficiente uso de los canales disponibles y facilitará la gestión en el sistema.
- En las visitas de campo realizadas a las instalaciones de los Sitios de Repetición, se pudo confirmar que existe el espacio físico y capacidad de energía necesaria para instalar los equipos de Radio Troncalizado en los cuartos de equipos y en las torres.
- Las mediciones de la Potencia de recepción, realizadas en el Distrito Amazónico, comprueban que los pozos importantes pertenecientes a PETROPRODUCCIÓN se encontrarán dentro del área de cobertura de la norma de SENATEL para la banda de 400 MHz.
- El valor para la adquisición e implementación de un Sistema de Radio Troncalizado con norma MPT1327 y que cumpla con las características del diseño realizado en este proyecto es de USD 981.567,14, que está por debajo del presupuesto referencial establecido por PETROPRODUCCIÓN de USD 1'200.000.

- El análisis del VAN y TIR muestra que el ahorro a 10 años será significativo y favorable económicamente para PETROPRODUCCIÓN al adquirir el Sistema de Radio Troncalizado en lugar de contratar a empresas que brinden este servicio.
- La inversión para realizar el presente proyecto es relativamente alta, pero cabe resaltar que ésta se ve justificada por el beneficio de los nuevos servicios y facilidades que presta este sistema, así como también, el ahorro significativo que el mismo generará durante todo su tiempo de vida útil.

## 8.2. RECOMENDACIONES

- Para que todos los radio terminales puedan funcionar independientemente del Sitio de Repetición en el que se encuentren, se recomienda escoger una banda de frecuencia que no esté saturada en la Región Quito y en el Distrito Amazónico. En el presente proyecto se ha tomado a la banda de 400 MHz, ya que, para sistemas de radio móvil no está congestionada.
- El sistema TN3100 de TAIT Radio Communications se ajustaría eficientemente a las necesidades actuales de tráfico en comunicaciones de radio móvil para PETROPRODUCCIÓN, ya que con un Nodo se podrá manejar hasta 30 sitios con 24 canales cada uno.
- Se debería realizar el cálculo de tráfico con un número extra de usuarios del 10%, para que el sistema pueda soportar un aumento de terminales en la empresa o para que se puedan realizar interconexiones con sistemas de otras filiales de PETROECUADOR.

- 
- Se recomienda que el Nodo Central sea ubicado en la estación de Lago Agrio para una mayor eficiencia en la gestión y mantenimiento del Sistema, debido a que en esta localidad se encuentra el personal administrativo del Distrito Amazónico de la Unidad de Telecomunicaciones y está ubicada cerca de las estaciones más importantes.
  - El Sitio de Repetición que cubrirá el sector de Lago Agrio, debería estar ubicado en la localidad de Aguarico, ya que, este lugar presenta condiciones geográficas favorables para tener un área de cobertura más extensa.
  - Para el funcionamiento eficiente y perdurable del Sistema de Radio troncalizado, es necesario, que el personal encargado de éste reciba cursos de capacitación para realizar un mantenimiento preventivo a los equipos del sistema.
  - Se debería adquirir equipos de repuesto para que las reparaciones y el mantenimiento correctivo realizado, sea en el menor tiempo posible.
  - En caso de que las metas económicas presentadas se cumplan, se debería analizar una posible ampliación del sistema para cubrir una mayor área, en especial, para los equipos de radio portátil en el Distrito Amazónico.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 
- RAPPAPORT, Theodore S., ***Wireless Communications***, Tomo 1, editorial Prentice Hall, New Jersey – USA, año 2001, 641 páginas.
  - SECRETARIA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, ***Contrato de Renovación de Concesión de uso de Frecuencias Banda VHF de PETROPRODUCCIÓN***, Quito – Ecuador, año 2002, 20 páginas.
  - DIGITEC S.A., ***Estudio de Campo e Ingeniería de detalle para un Enlace de Microondas Digital Quito – Lago Agrio***, Tomo 1, Quito – Ecuador, Octubre 2002, 86 páginas.
  - CAJAS, Leonardo Rubén, ***Estudio Técnico para la concesión de uso de Frecuencias para Sistema de Radio Microondas Punto – Multipunto de PRETROPRODUCCIÓN***, Tomo 1, Quito – Ecuador, año 2005, 305 páginas.
  - LOZA, Mario Oswaldo, ***Estudio Técnico de Enlace de Microondas Digital de Nueva Ruta y Distrito Amazónico de PETROPRODUCCIÓN***, Tomo 1, Quito – Ecuador, año 2005, 340 páginas.
  - HARRIS, ***Sistema de Microondas Digital Punto – Punto PETROECUADOR***, Tomo 1, Quito – Ecuador, año 1995, 410 páginas.
  - TAIT, Radio Communications, ***TaitNet 3100 System Support Manual***, Tomo 1, editorial Tait Electronics Limited, Nueva Zelanda, año 2003, 302 páginas.
  - <http://www.taitworld.com/main/index.cfm/4,html>, Información de Equipos TAIT MPT 1327
  - <http://www.tetramou.com/facts/index.asp>, Información teórica de la norma europea TETRA

- 
- [http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Tecnologias%20de%20banda%20angosta/Notas\\_sobre\\_TMN.pdf](http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Tecnologias%20de%20banda%20angosta/Notas_sobre_TMN.pdf), Archivo pdf con información técnica acerca del estándar TMN de Gestión de Redes.
  - <http://www.arrakis.es/~gepetto/redes/rog08p1.htm>, Información sobre los protocolos de gestión de redes SNMP y CMIP.
  - [www.ofcom.org.uk/static/archive/ra/publication/mpt/mpt\\_pdf/mpt1327.pdf](http://www.ofcom.org.uk/static/archive/ra/publication/mpt/mpt_pdf/mpt1327.pdf), Documento oficial sobre el estándar MPT1327.
  - <http://web.madritel.es/personales3/tsgnet/trunking.htm#CERO>, Teoría sobre Sistemas de Radio Troncalizado.
  - <http://www.csi.map.es/csi/silice/Gesred.html>, Teoría sobre Arquitecturas de Gestión de Red.
  - [http://www.radioptica.com/Radio/material\\_rad.asp](http://www.radioptica.com/Radio/material_rad.asp), Tutoriales y artículos sobre radiocomunicaciones.
  - [http://members.fortunecity.com/eds\\_jrivera/transmi.html#Inicio](http://members.fortunecity.com/eds_jrivera/transmi.html#Inicio), Teoría básica sobre propagación de ondas radioeléctricas.
  - <http://personal.telefonica.terra.es/web/vr/erlang/index.htm>, Apuntes sobre Ingeniería de Tráfico.
  - <http://www.cienciasmisticas.com.ar/electronica/comunicaciones/index.php>, Apuntes y artículos sobre tipos de comunicaciones.
  - <http://www.econlink.com.ar/economia/criterios/tasainternaderetorno.shtml>, Teoría y ejemplos de cálculo sobre la Tasa Interna de Retorno.

- 
- <http://www.econlink.com.ar/economia/criterios/van.shtml>, Teoría y ejemplos de cálculo sobre el Valor Actual Neto.
  - <http://www.geocities.com/v.iniestra/apuntes/telefonía/>, Apuntes sobre telefonía y tipos de señalización telefónica.
  - <http://www.monografias.com/trabajos17/radio-enlace/radio-enlace.shtml>, Teoría para diseño de radioenlaces.
  - <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Radioenlaces/1511.pdf>, Archivo pdf sobre Modelo de Cálculo de Radioenlaces.
  - [http://www.frsf.utn.edu.ar/universidad\\_virtual/catedras/sistemas/comunicaciones/herramientas/desvanecimiento.html](http://www.frsf.utn.edu.ar/universidad_virtual/catedras/sistemas/comunicaciones/herramientas/desvanecimiento.html), Información acerca sobre Cálculo de Margen de Desvanecimiento.

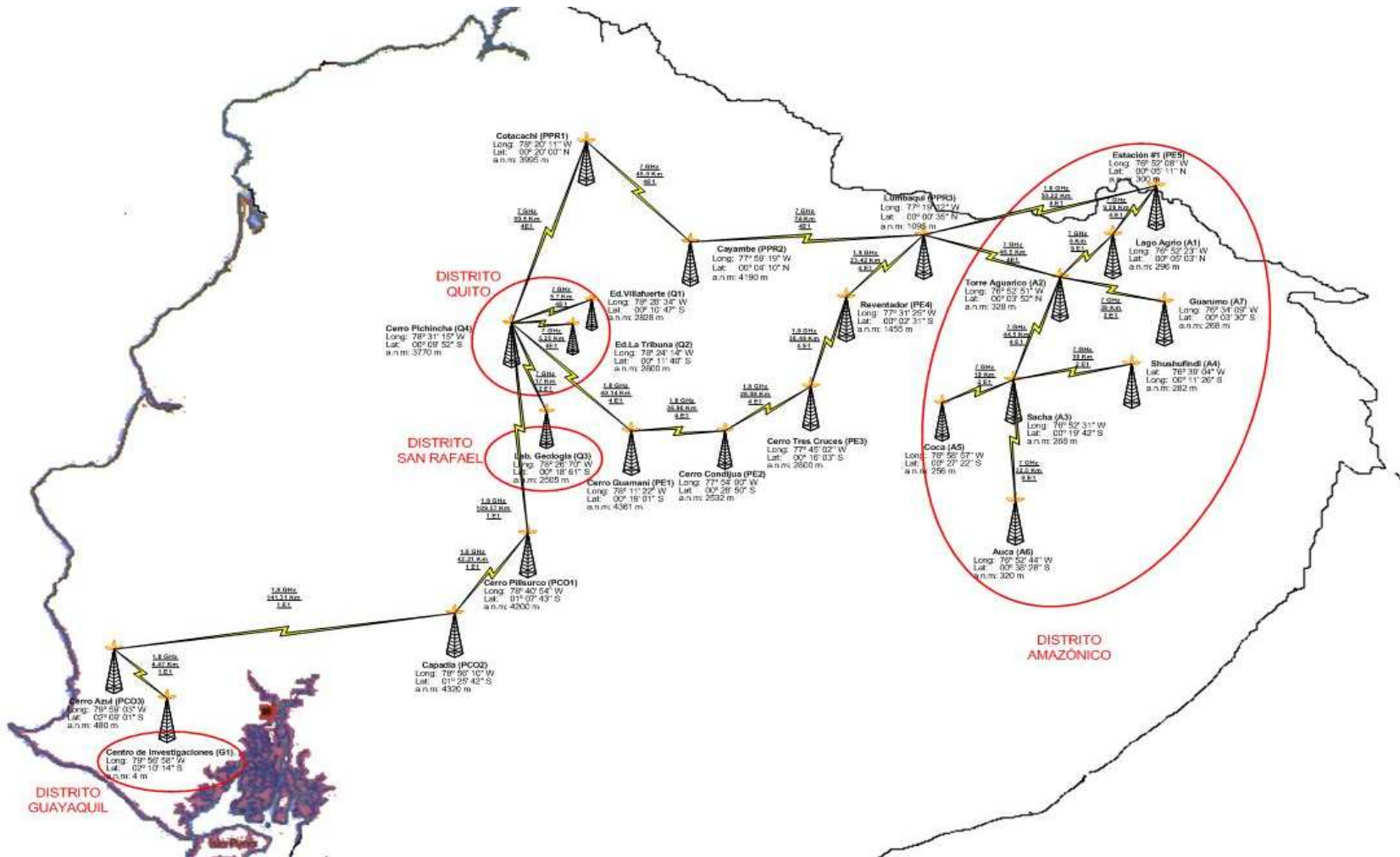
## ANEXO A

### SISTEMA DE COMUNICACIONES DE PETROPRODUCCIÓN

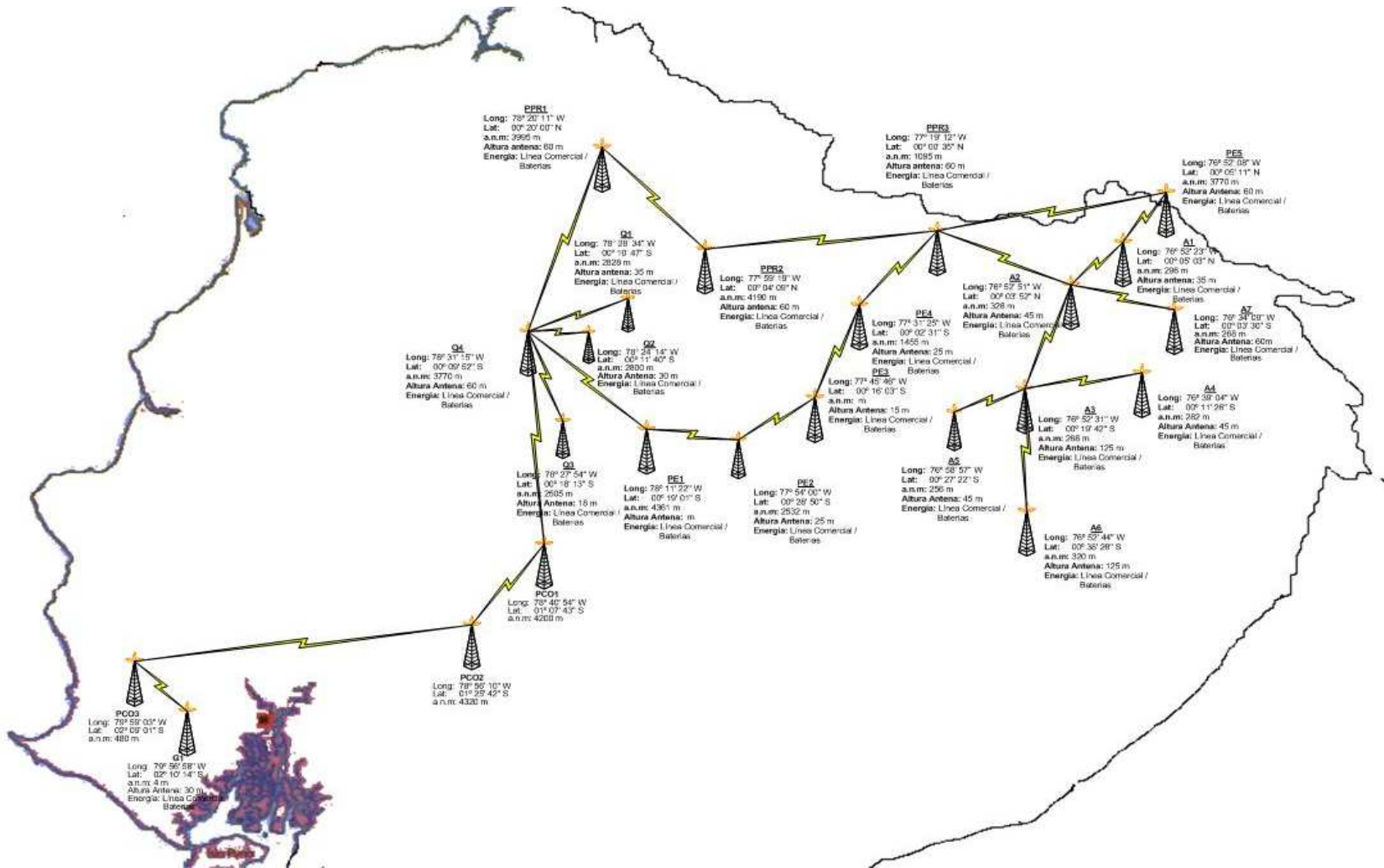
<b>SECCION A1: DIAGRAMA GENERAL .....</b>	<b>II</b>
<b>SECCIÓN A2: DIAGRAMA DE SITIO .....</b>	<b>III</b>
<b>SECCIÓN A3: ENLACES MICROONDA .....</b>	<b>IV</b>
<b>SECCIÓN A4: DIAGRAMA TRANSMISIÓN Y CONMUTACIÓN .....</b>	<b>V</b>
<b>SECCIÓN A5: DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE VOZ .....</b>	<b>VI</b>
<b>SECCIÓN A6: DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE DATOS .....</b>	<b>VII</b>



### SECCION A1: DIAGRAMA GENERAL

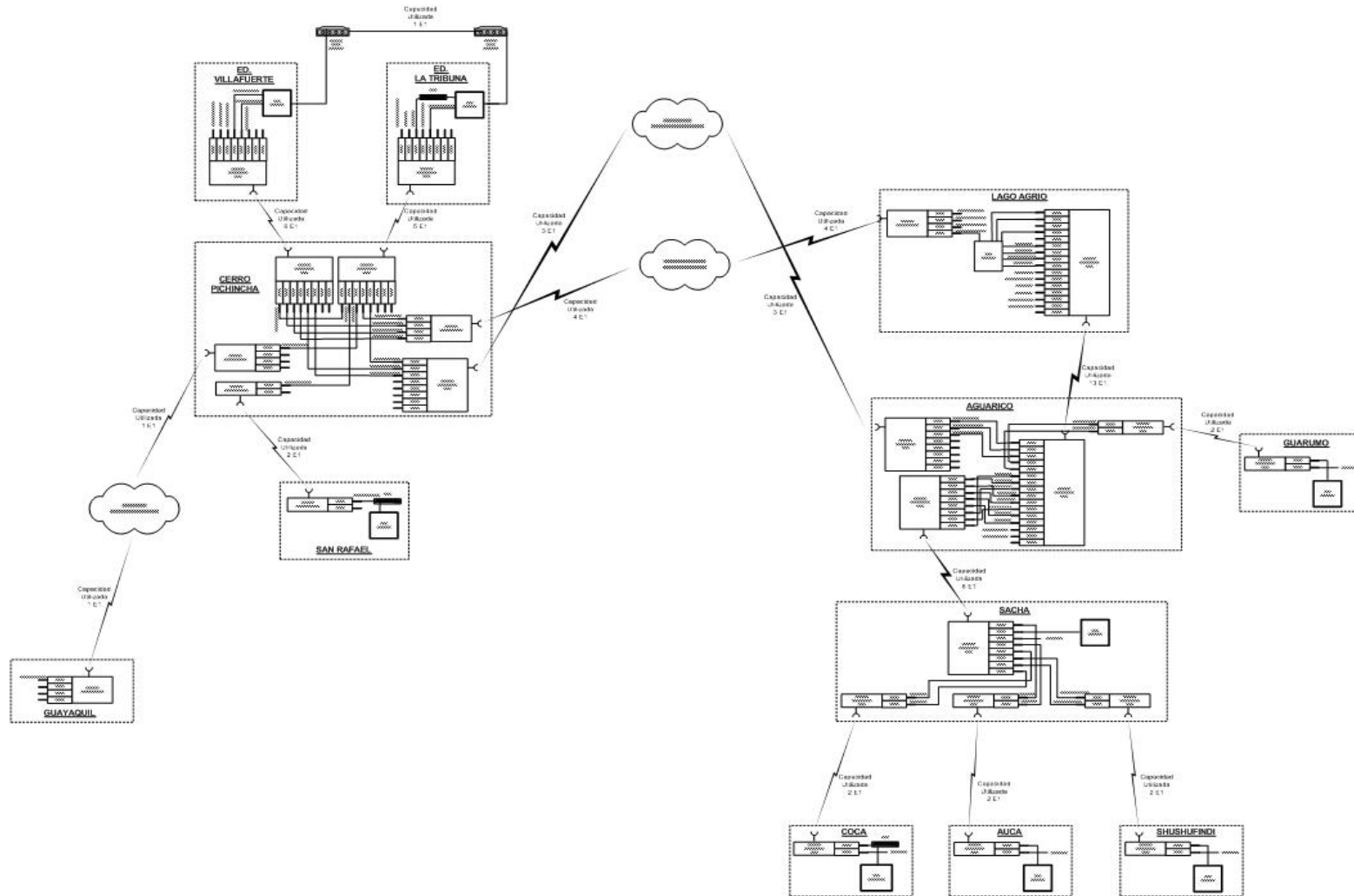


### SECCIÓN A2: DIAGRAMA DE SITIO

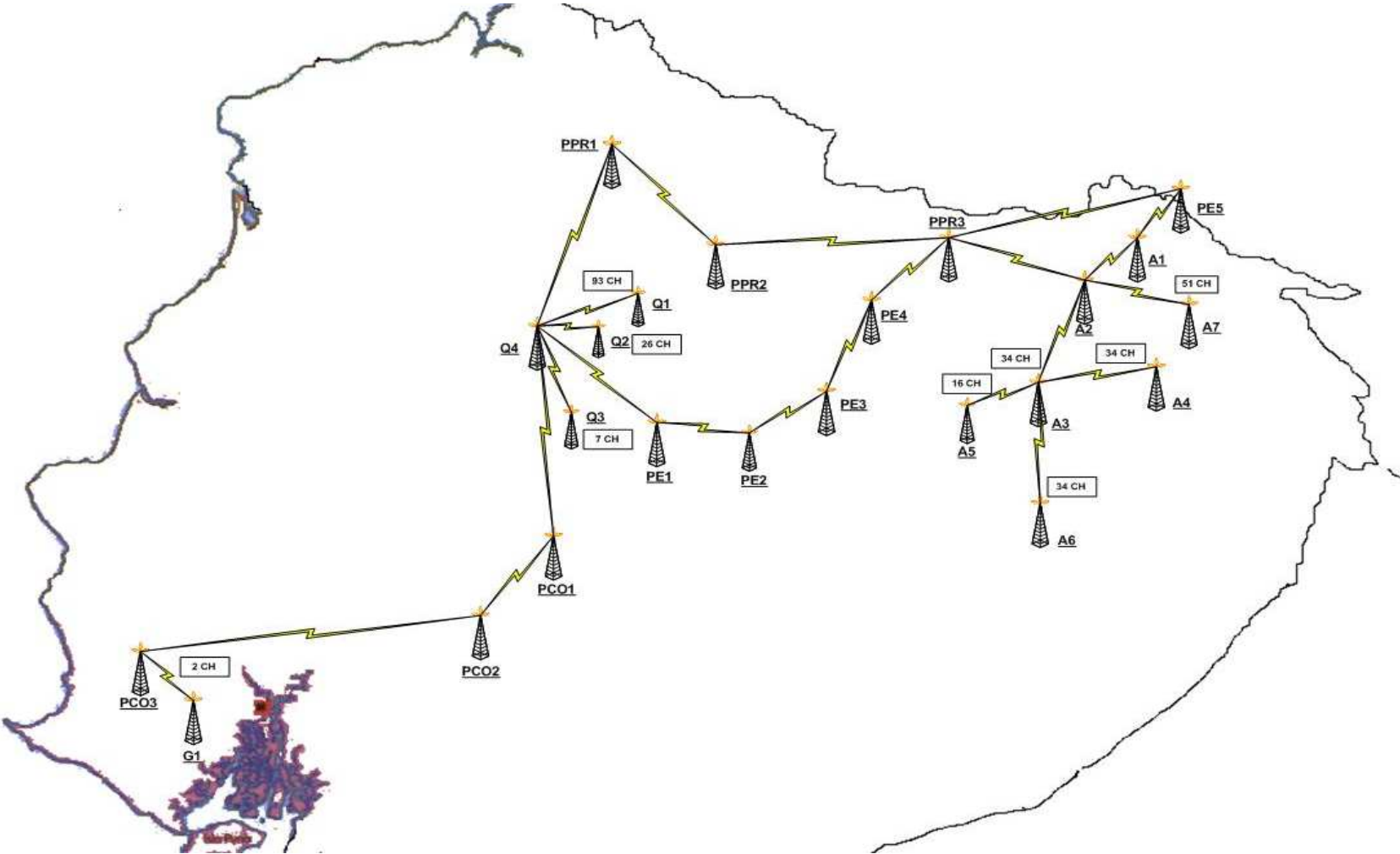




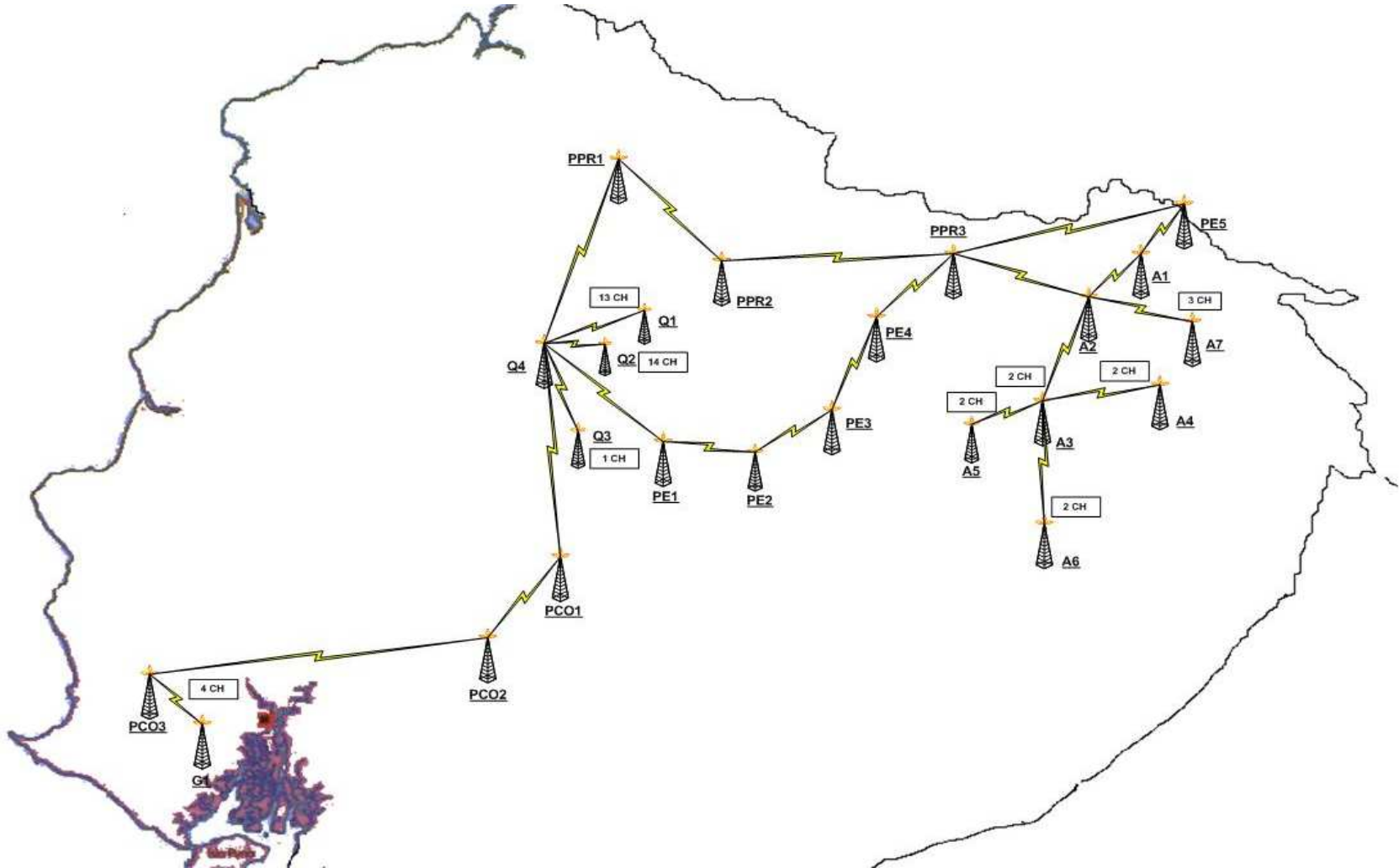
### SECCIÓN A4: DIAGRAMA TRANSMISIÓN Y CONMUTACIÓN



### SECCIÓN A5: DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE VOZ



### SECCIÓN A6: DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE DATOS

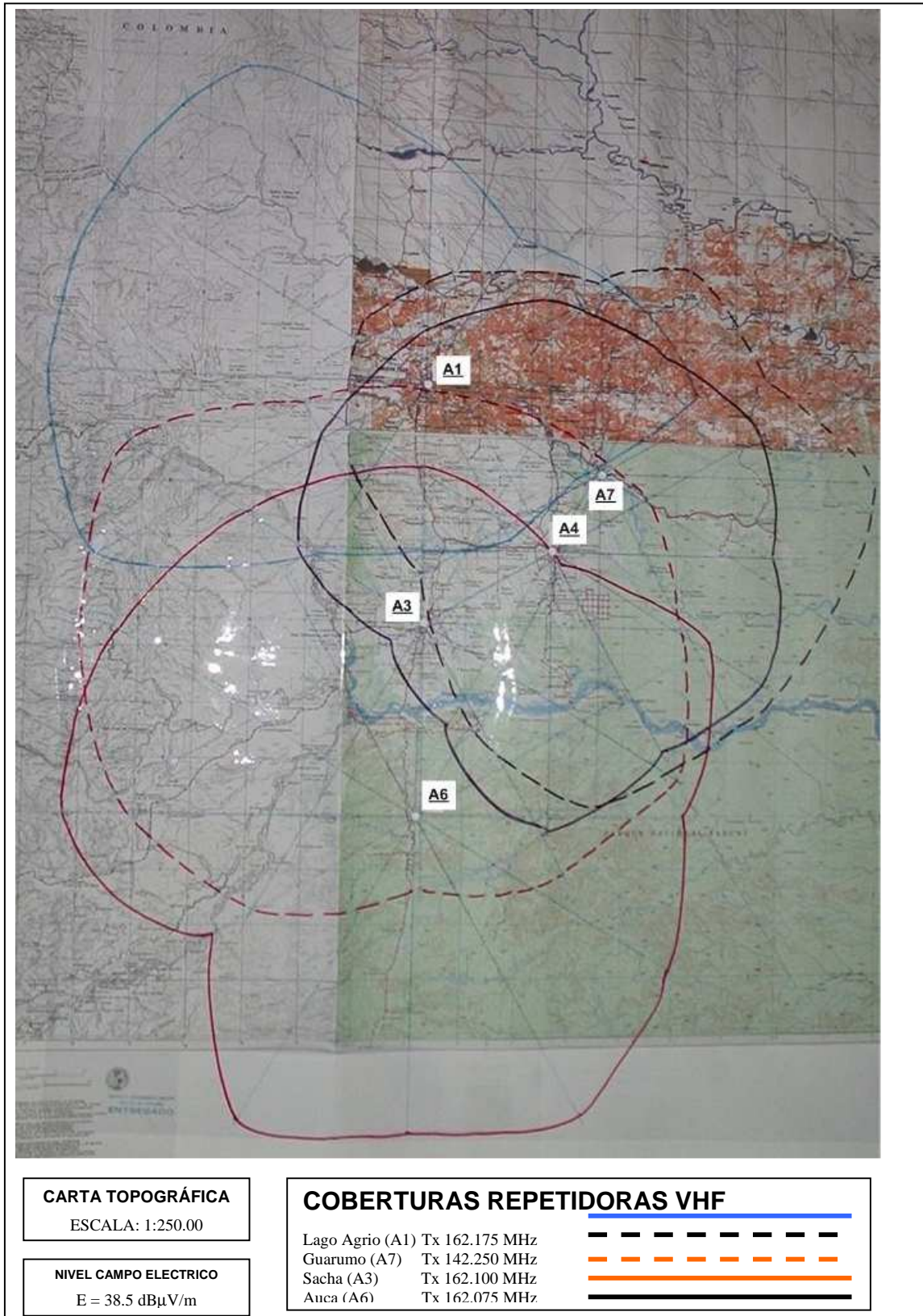


## ANEXO B

### SISTEMA DE RADIO FIJO – MÓVIL VHF

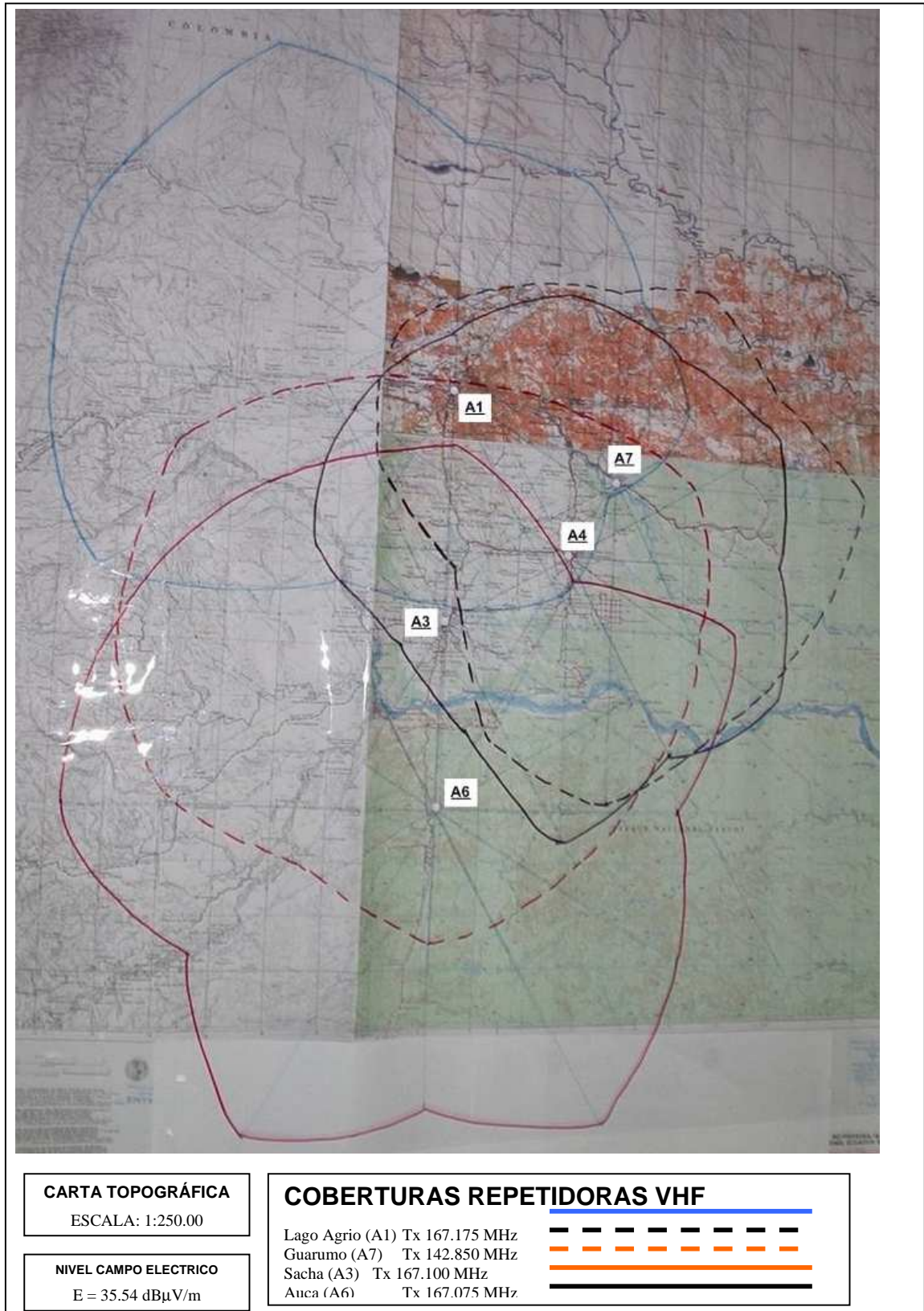
<b>SECCIÓN B1: COBERTURA SENATEL .....</b>	<b>II</b>
<b>SECCIÓN B2: COBERTURA RADIOS MÓVILES .....</b>	<b>III</b>
<b>SECCIÓN B3: COBERTURA RADIOS PORTÁTILES.....</b>	<b>IV</b>

**SECCIÓN B1: COBERTURA SENATEL**

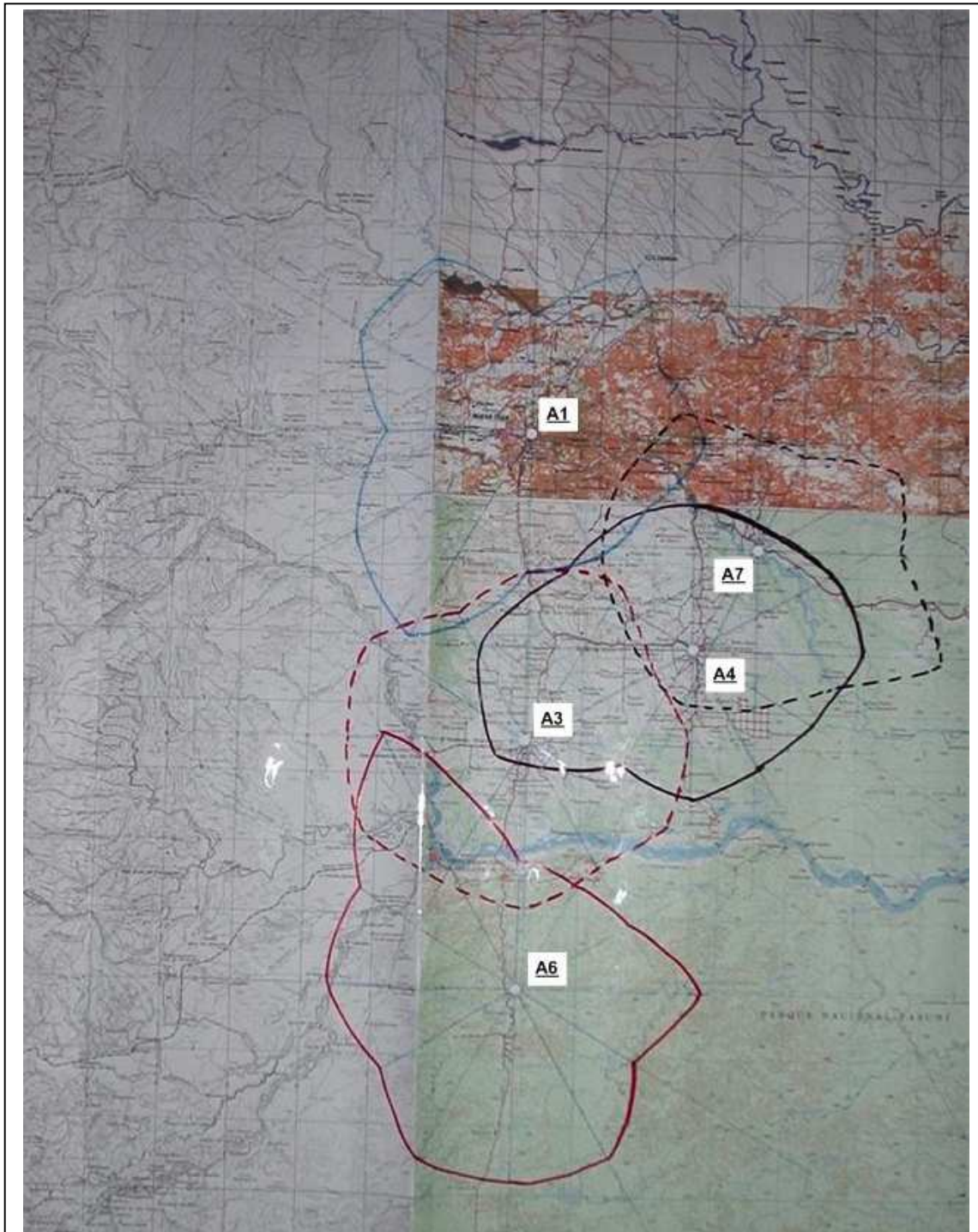




## SECCIÓN B2: COBERTURA RADIOS MÓVILES



**SECCIÓN B3: COBERTURA RADIOS PORTÁTILES**



**CARTA TOPOGRÁFICA**  
 ESCALA: 1:250.00

**NIVEL CAMPO ELECTRICO**  
 E = 35.54 dBμV/m

**COBERTURAS REPETIDORAS VHF**

Lago Agrio (A1) Tx 167.175 MHz	
Guarumo (A7) Tx 142.850 MHz	
Sacha (A3) Tx 167.100 MHz	
Auca (A6) Tx 167.075 MHz	

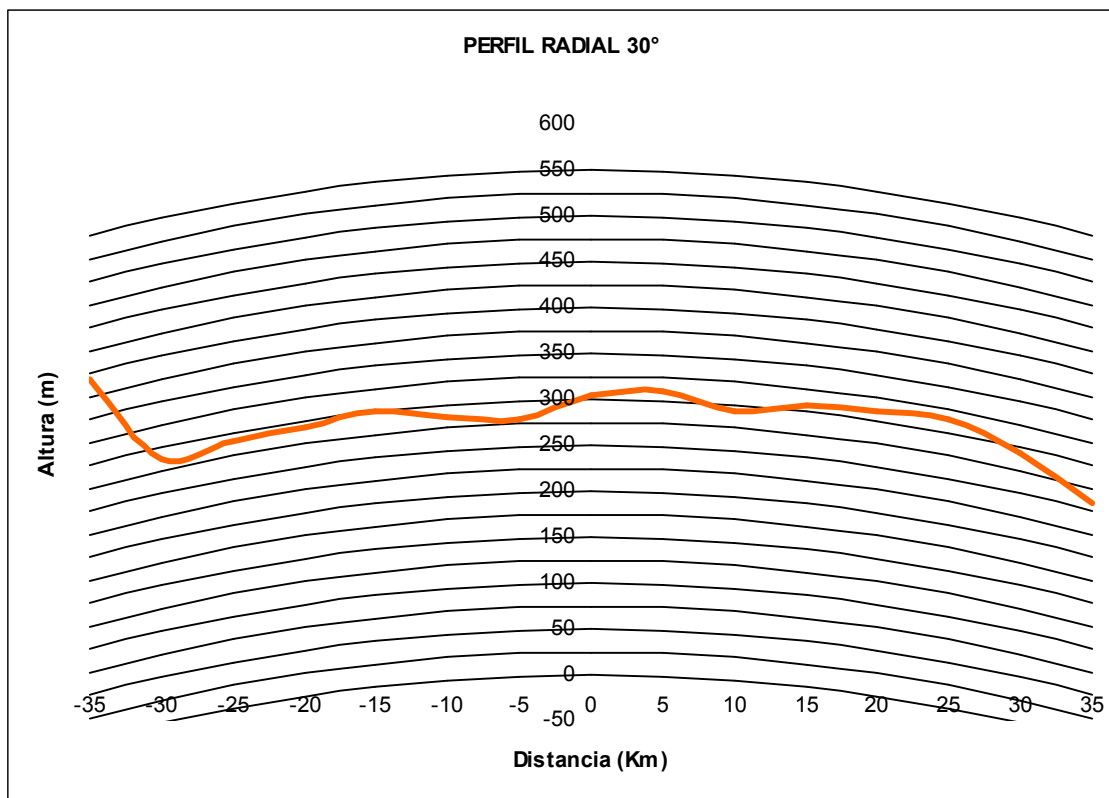
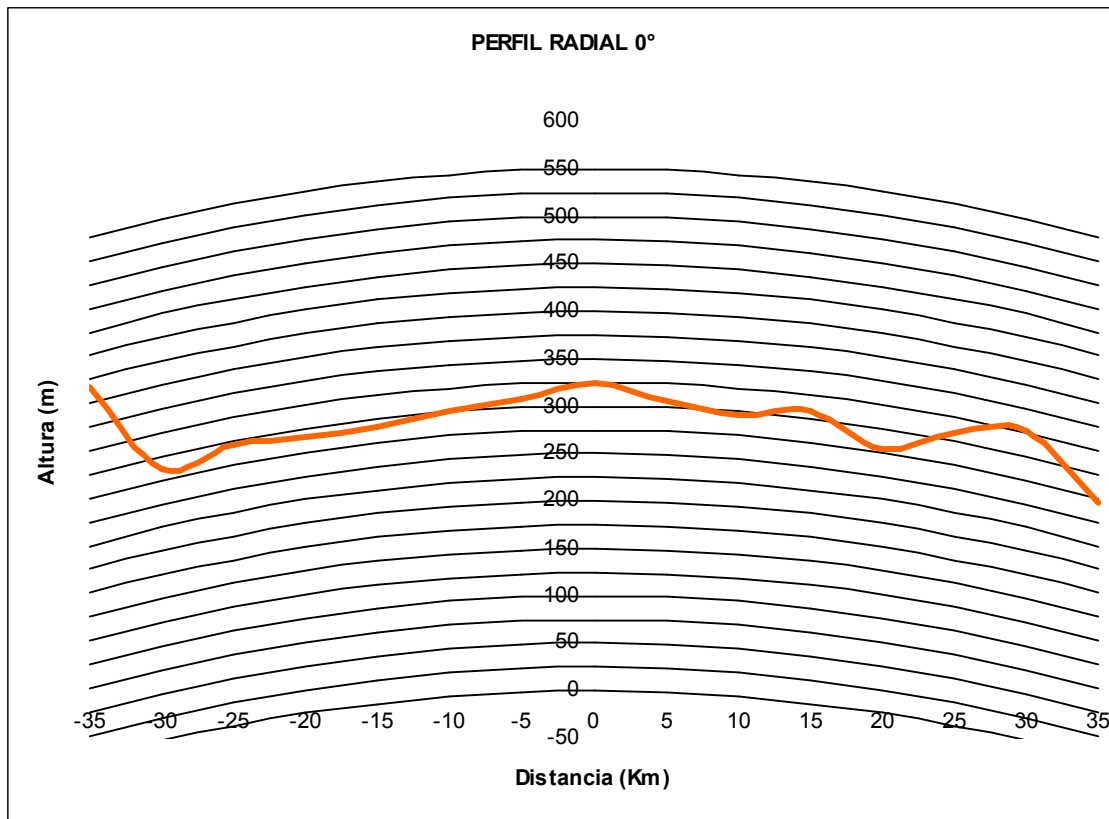
## ANEXO C

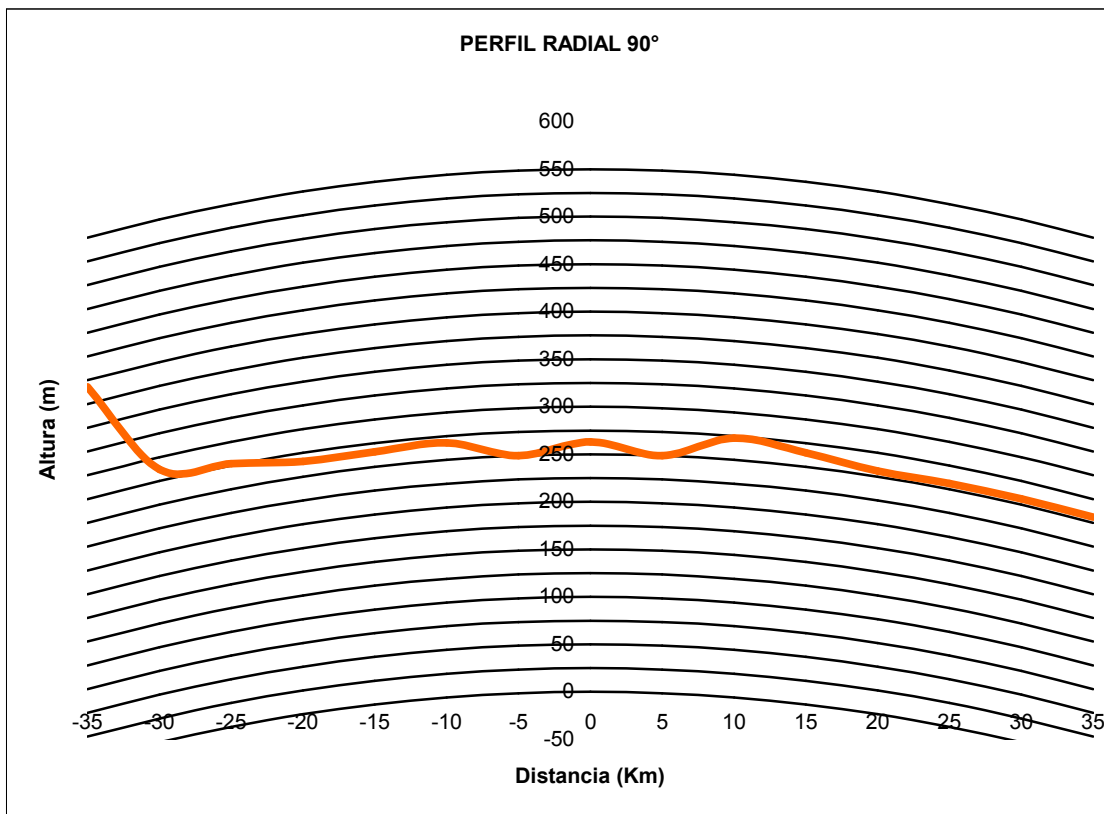
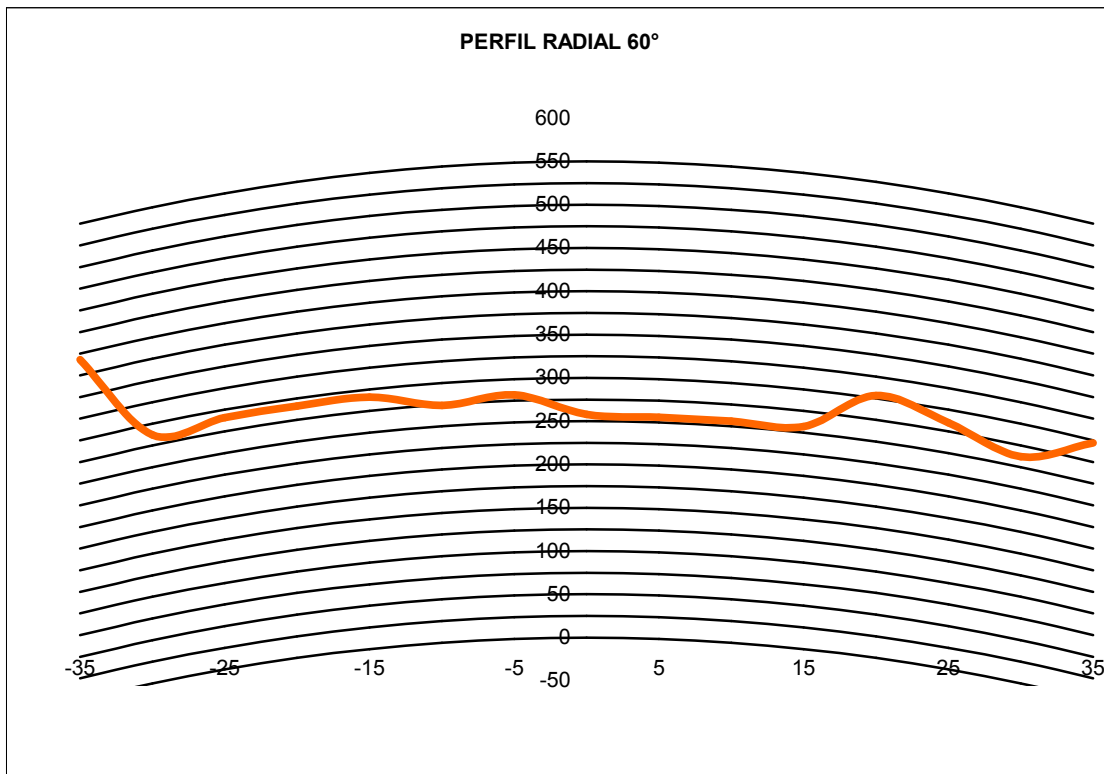
### PERFILES TOPOGRÁFICOS

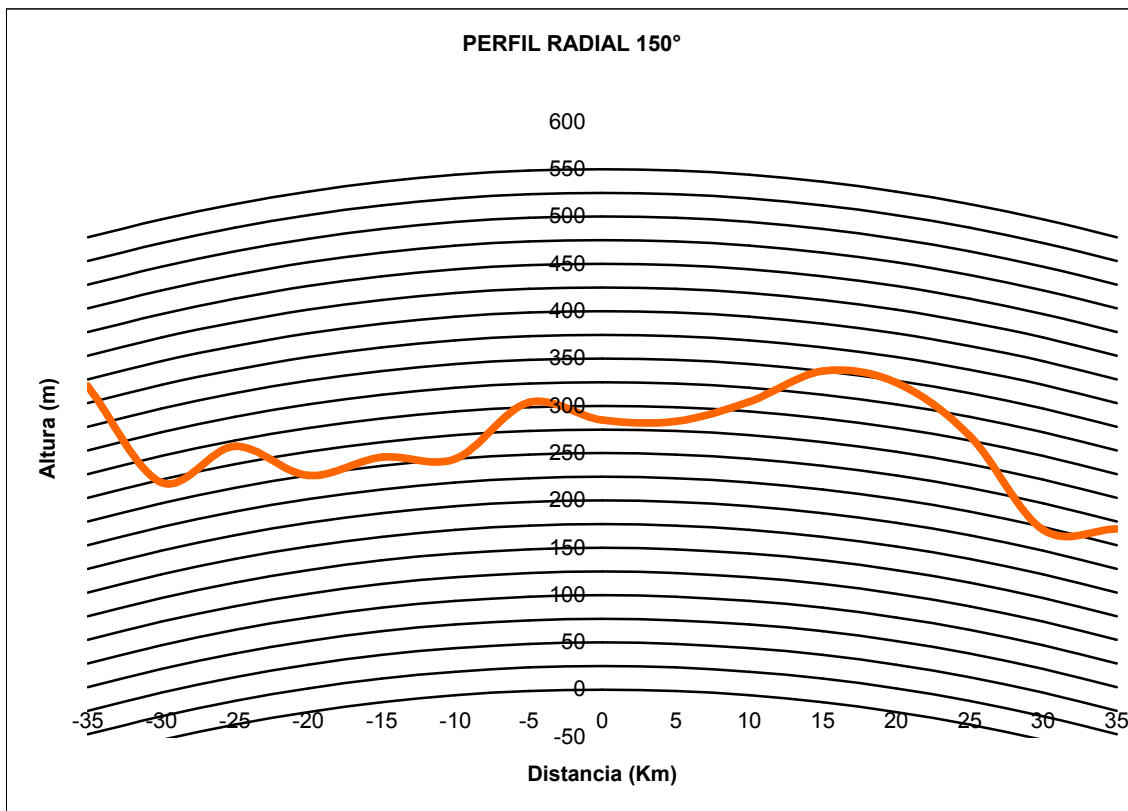
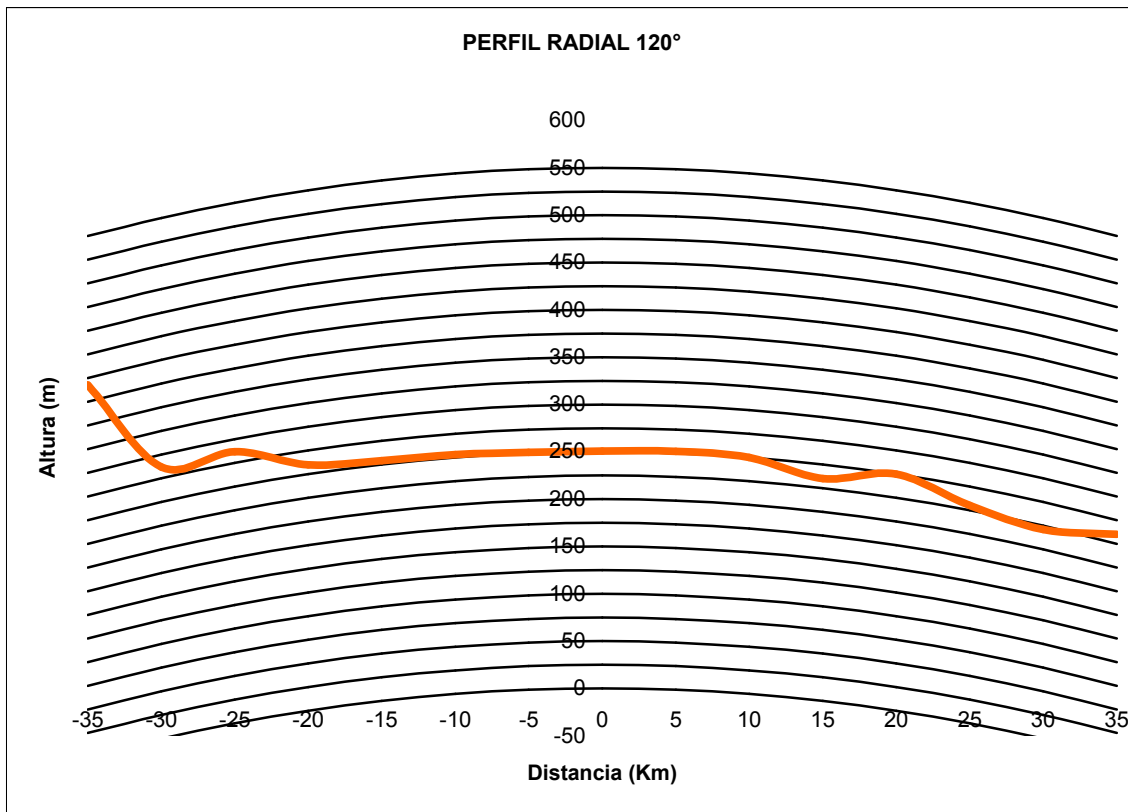
<b>SECCIÓN C1: PERFILES DISTRITO AMAZÓNICO .....</b>	<b>II</b>
SACHA.....	II
GUARUMO .....	VIII
AUCA.....	XIV
AGUARICO .....	XX
SHUSHUFINDI.....	XXVI
<b>SECCIÓN C2: PERFILES REGIÓN QUITO.....</b>	<b>XXXII</b>
CERRO PICHINCHA .....	XXXII

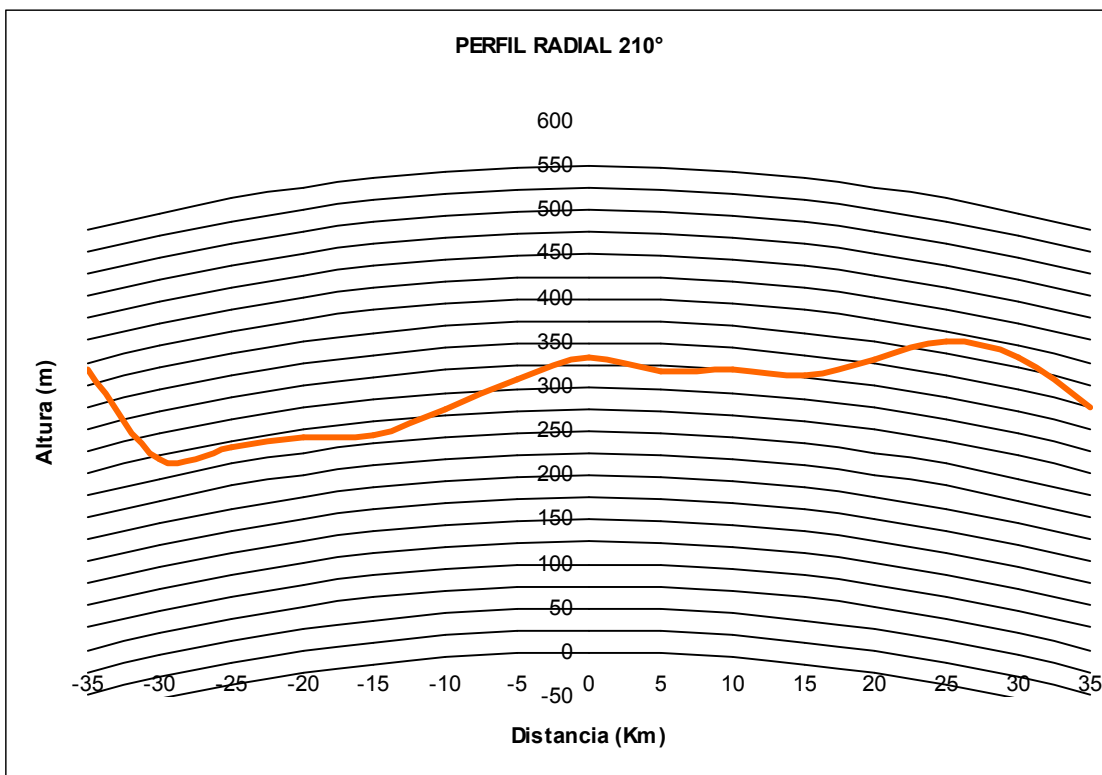
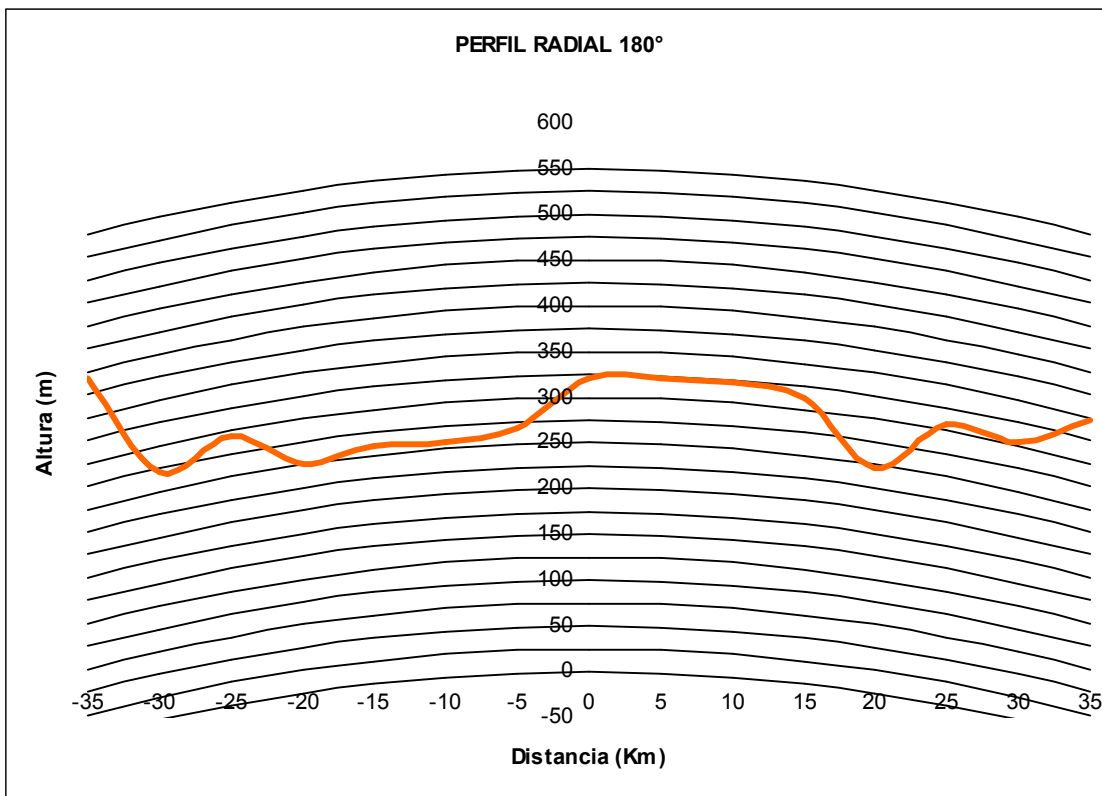
### SECCIÓN C1: PERFILES DISTRITO AMAZÓNICO

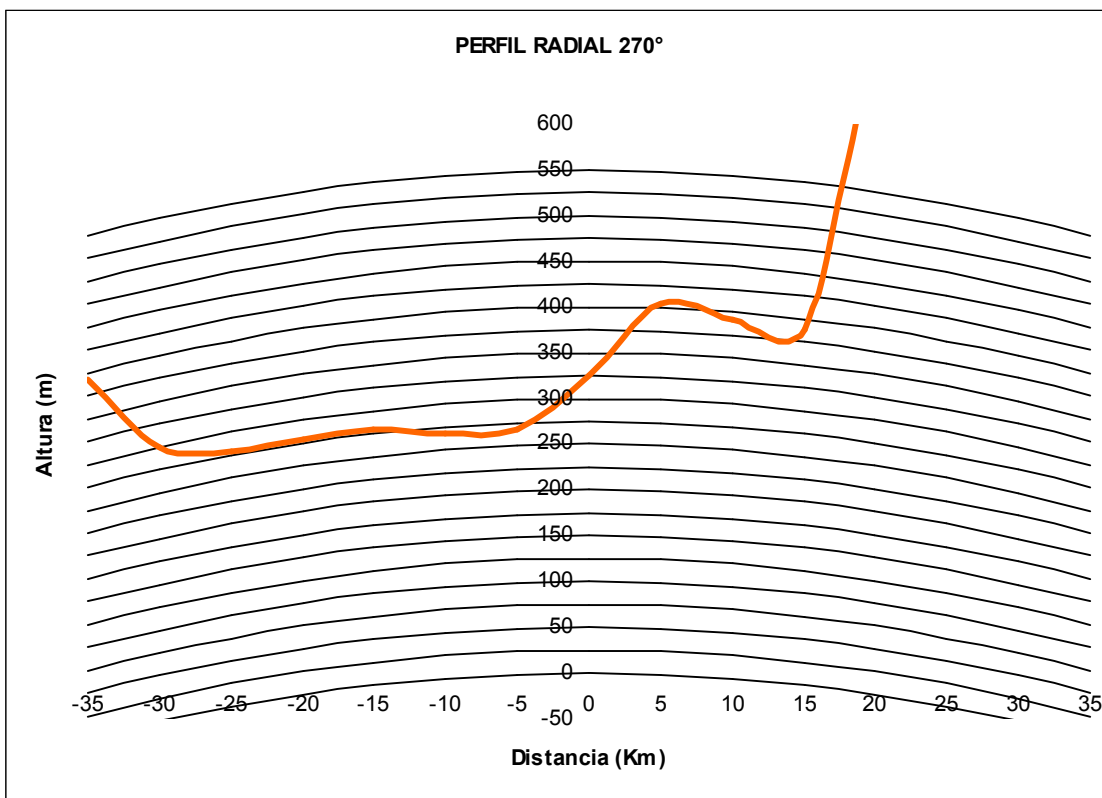
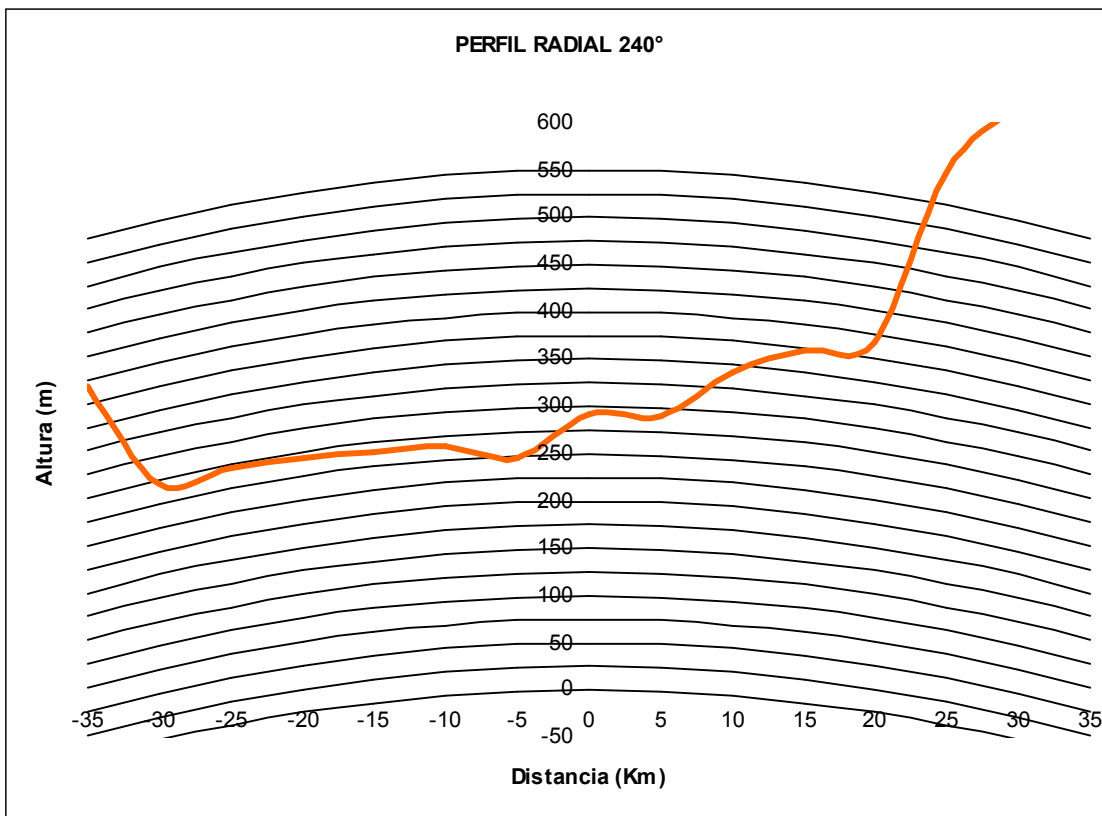
#### SACHA



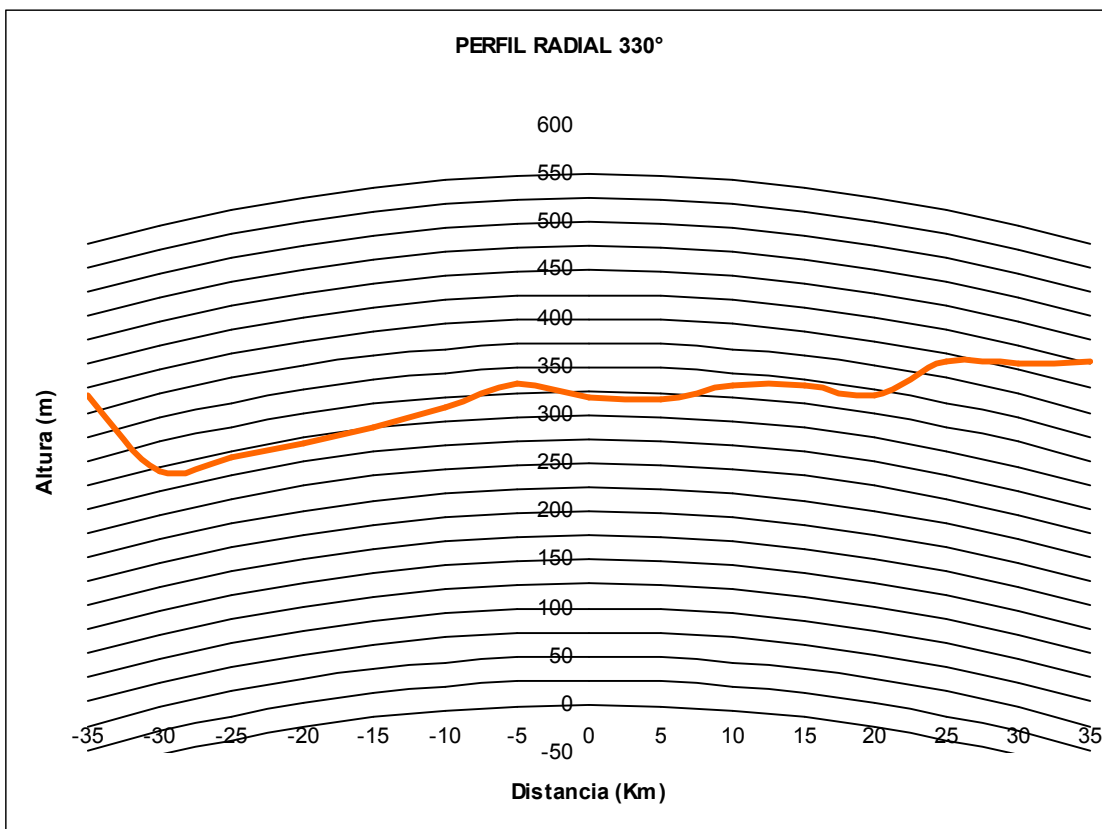
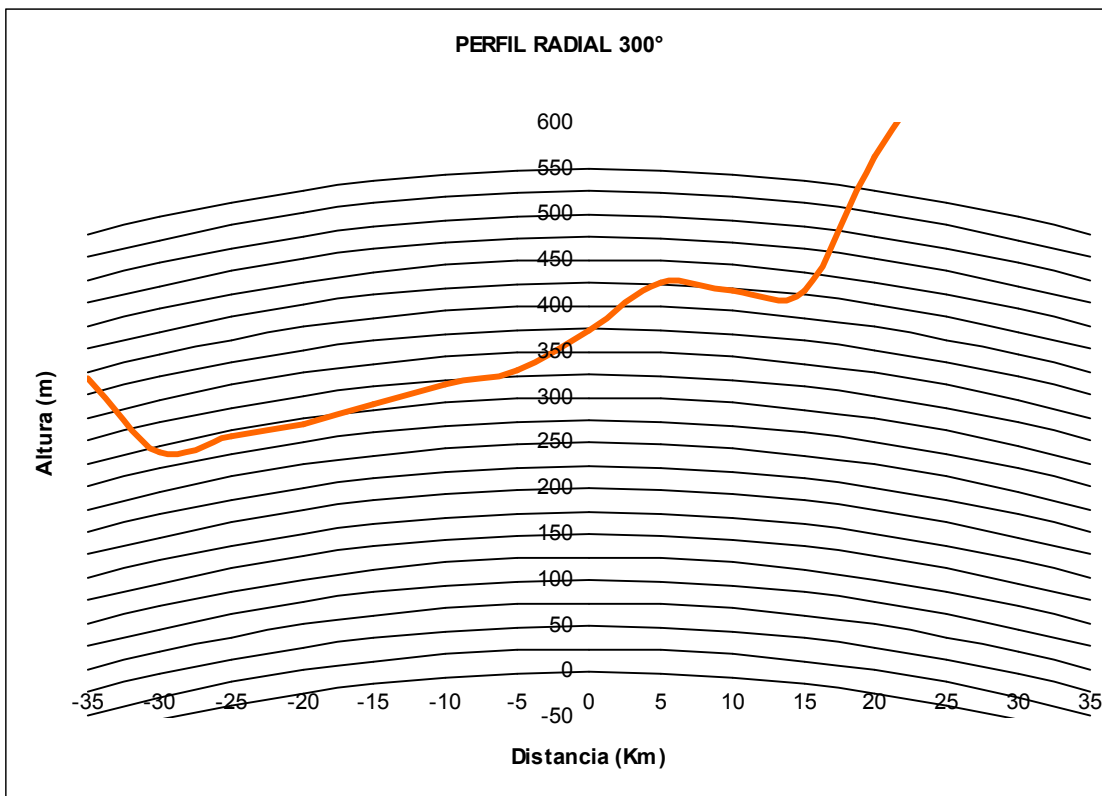




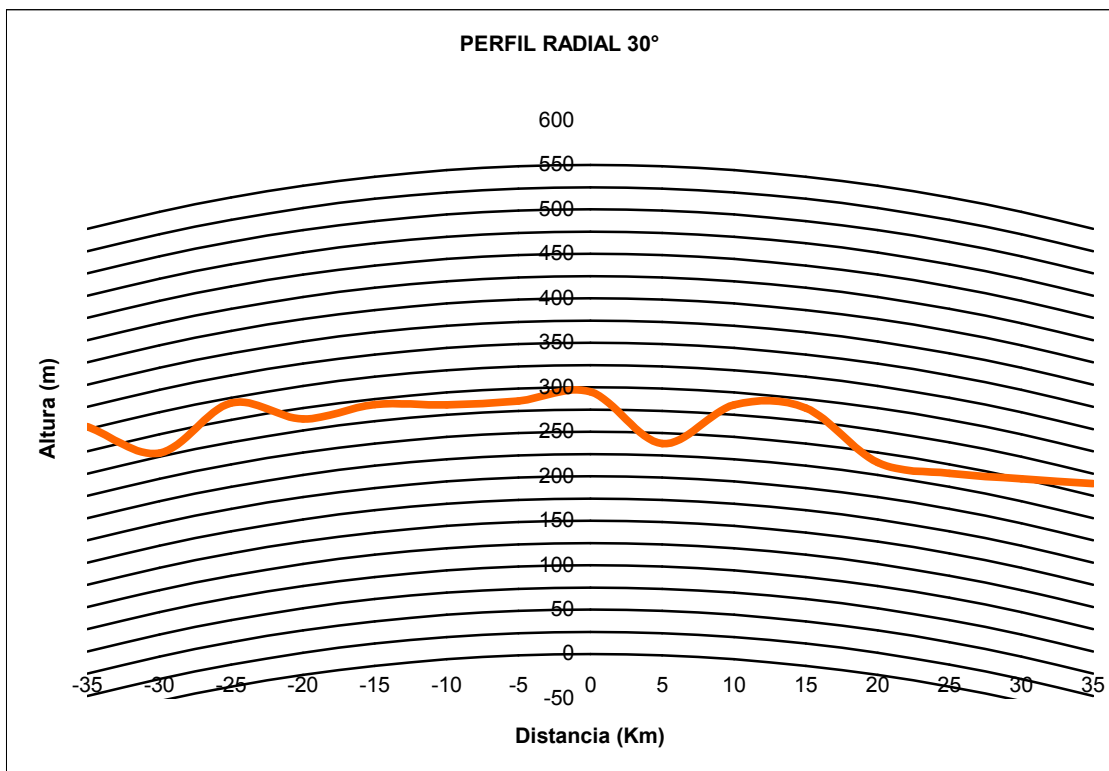
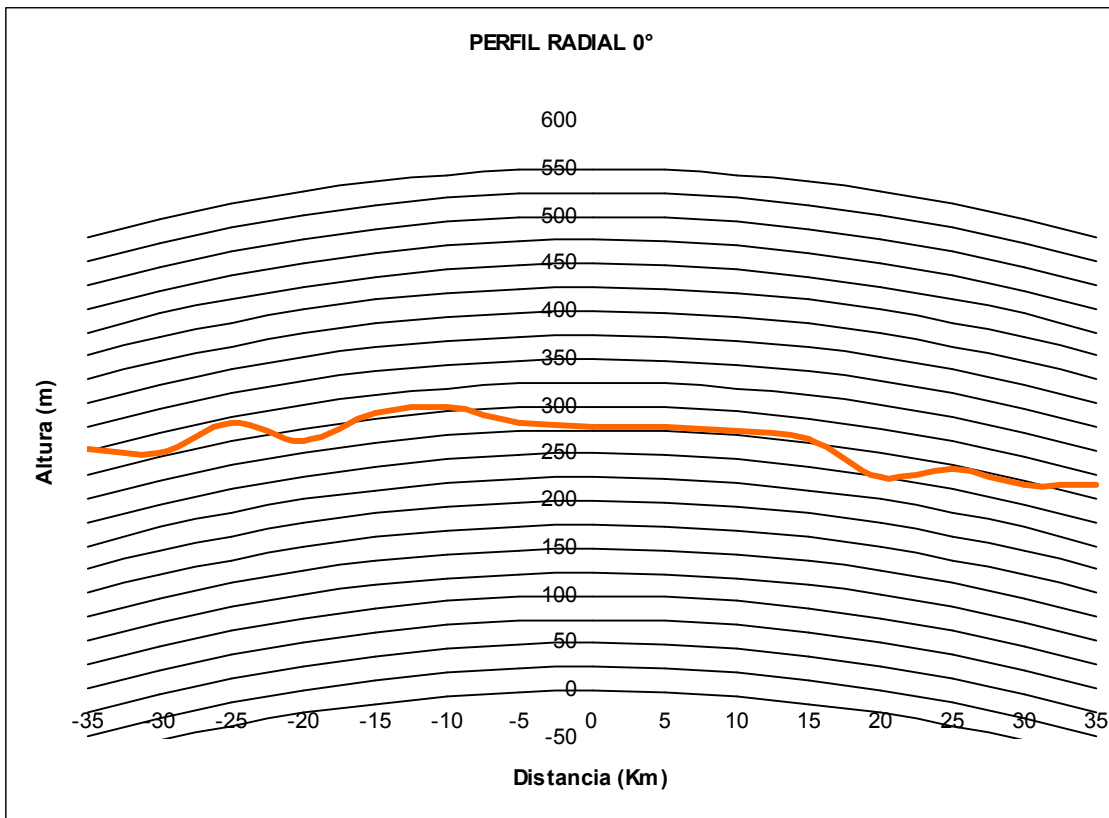


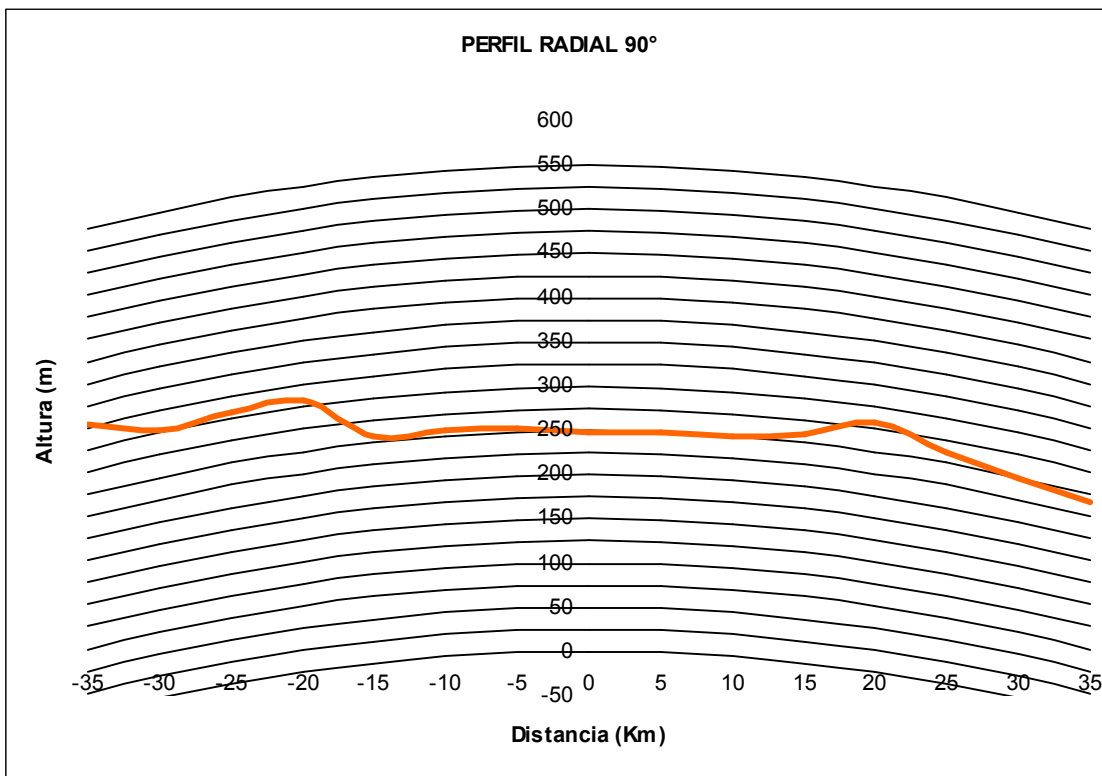
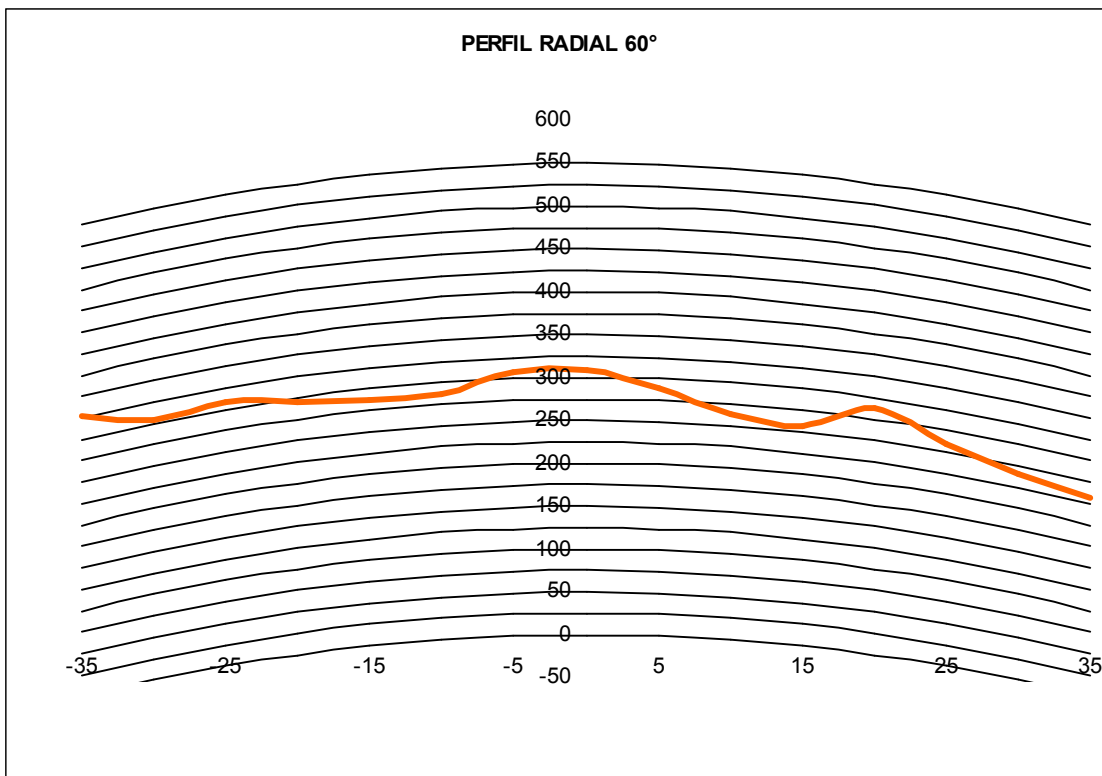


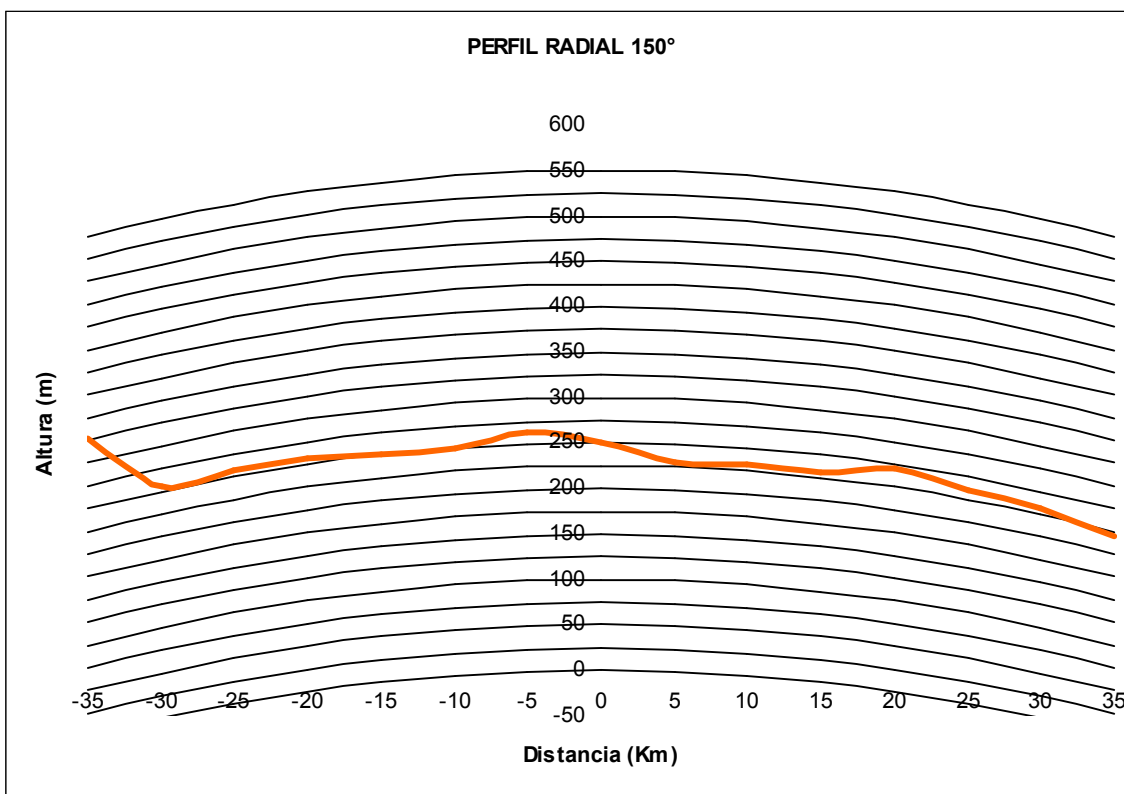
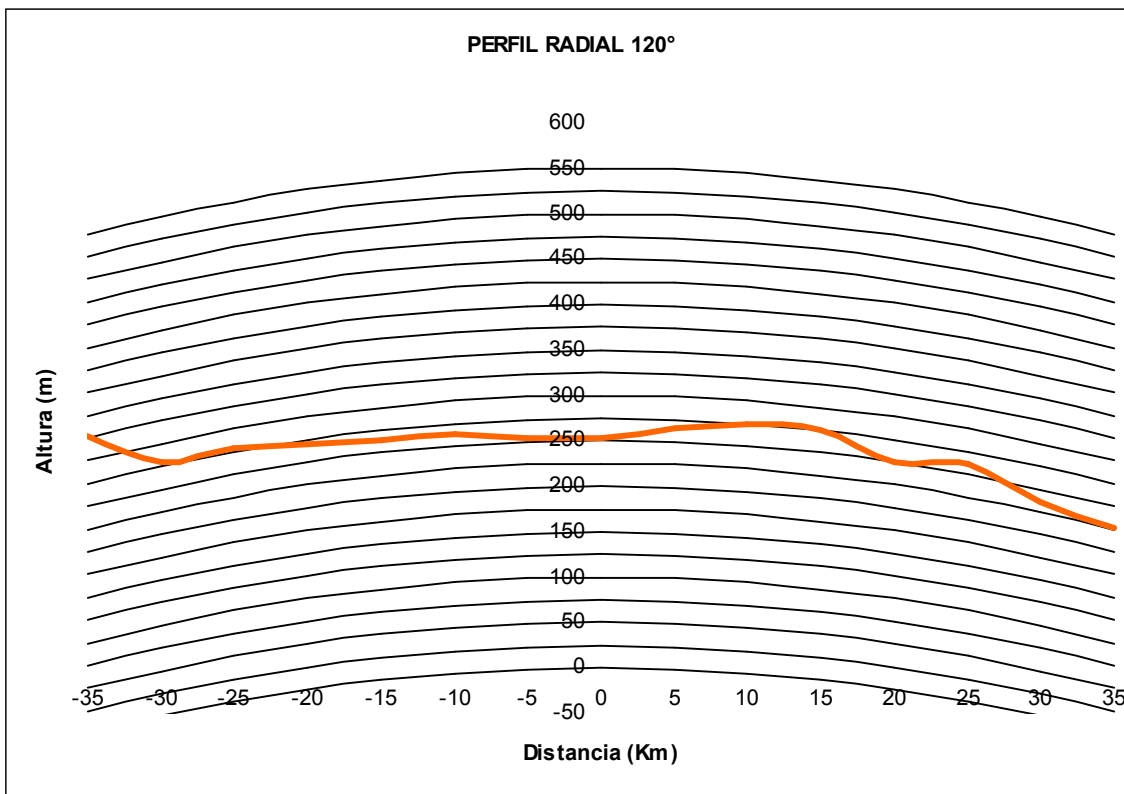


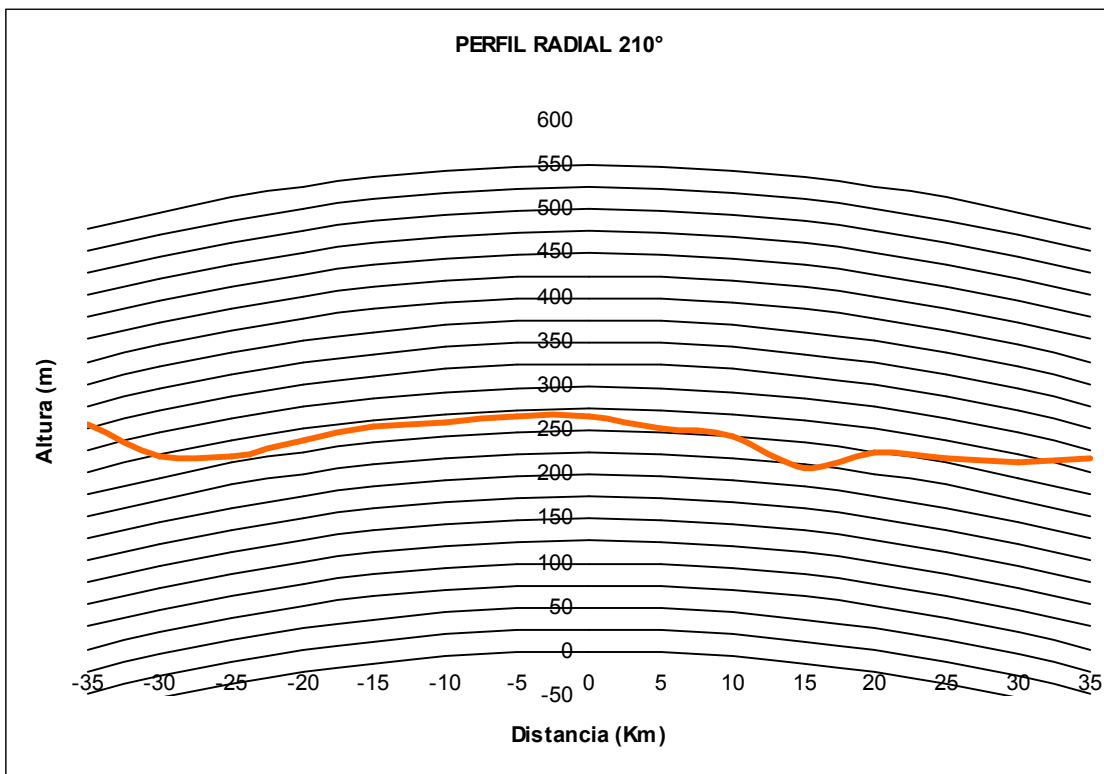
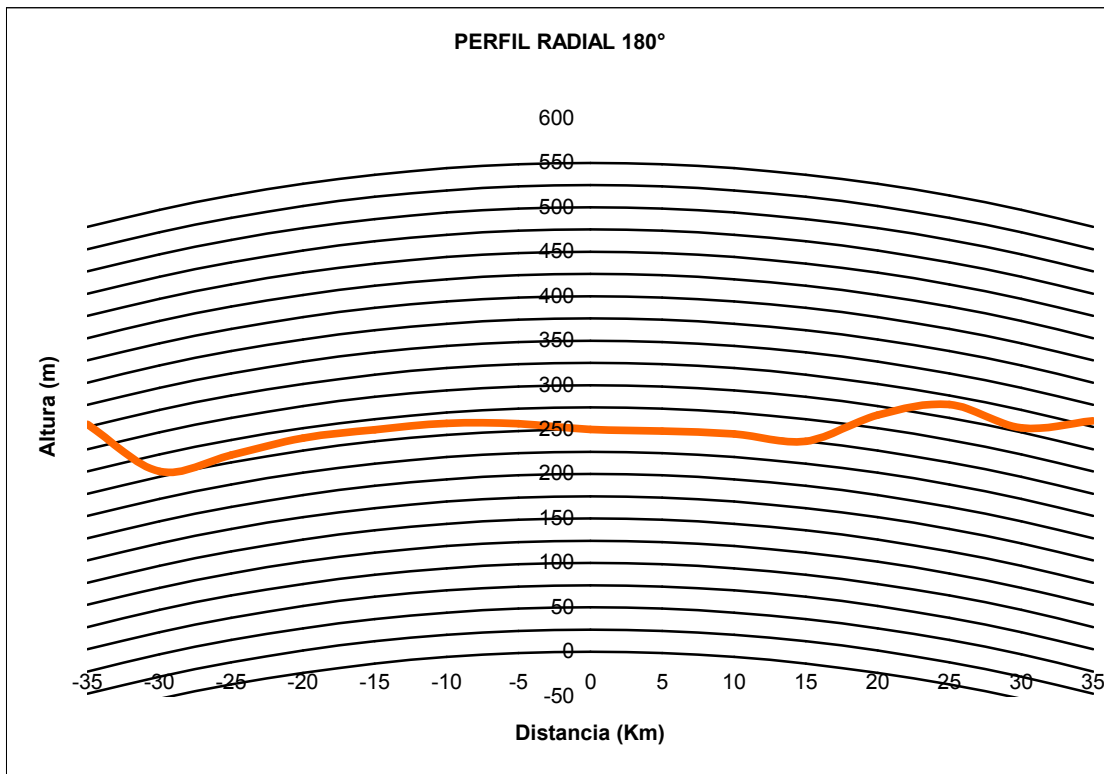


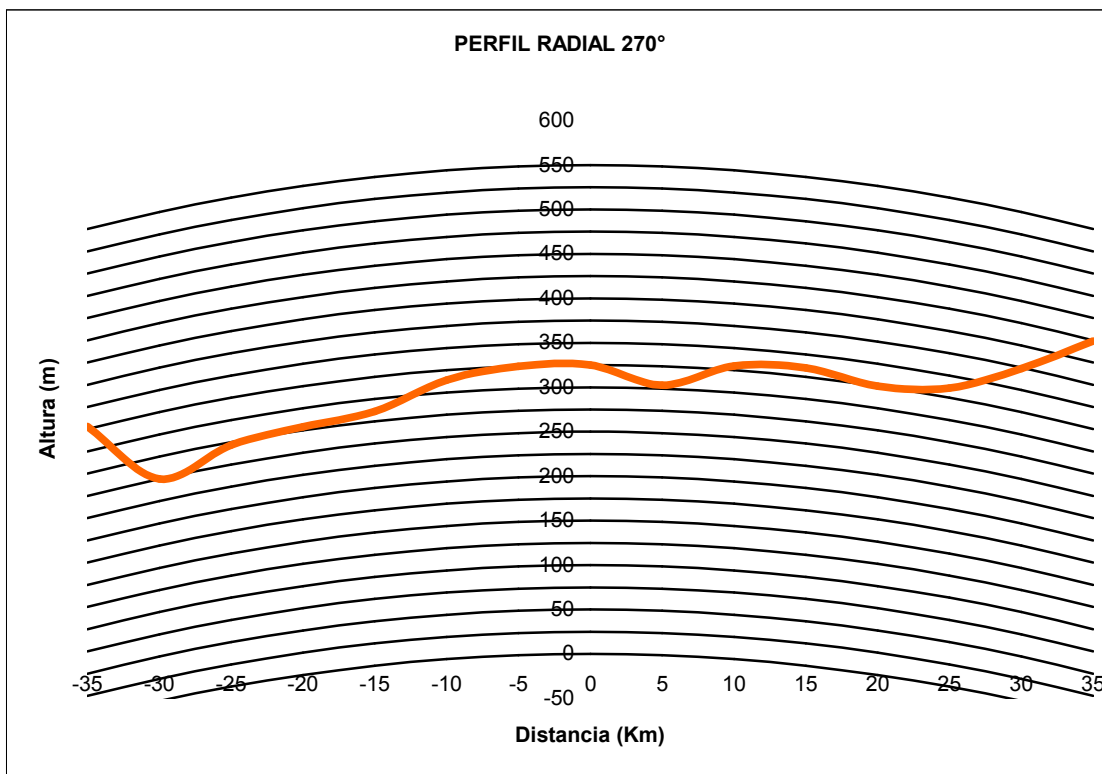
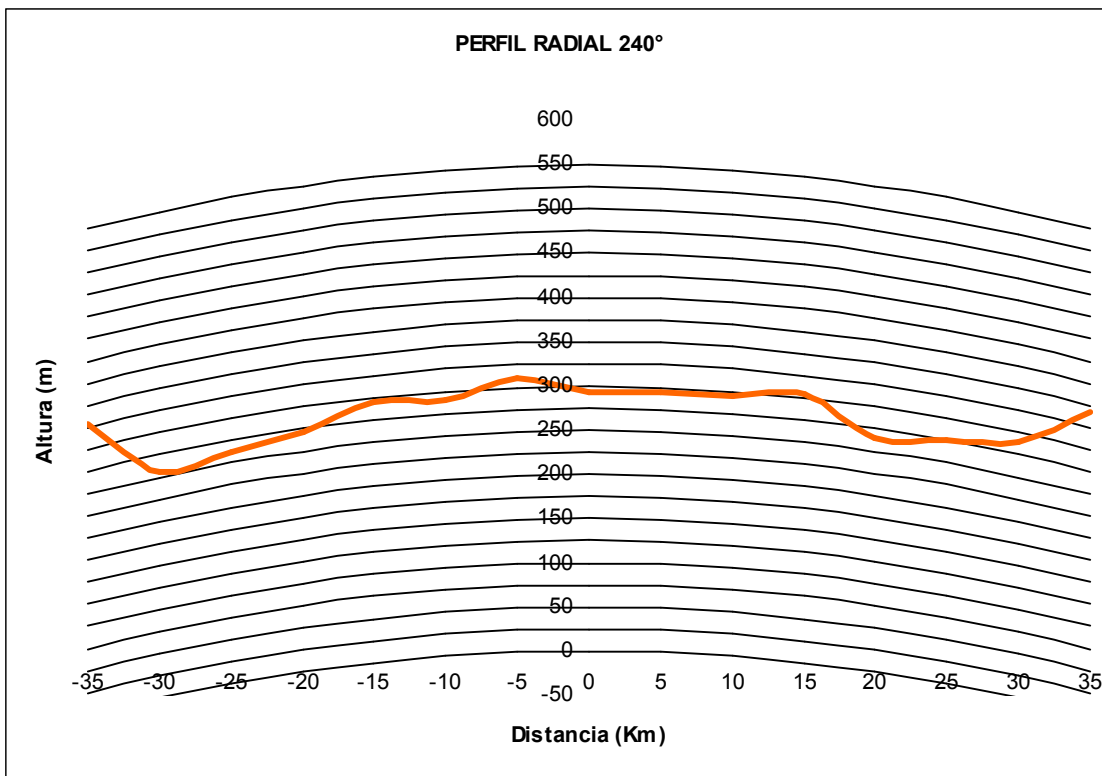
### GUARUMO

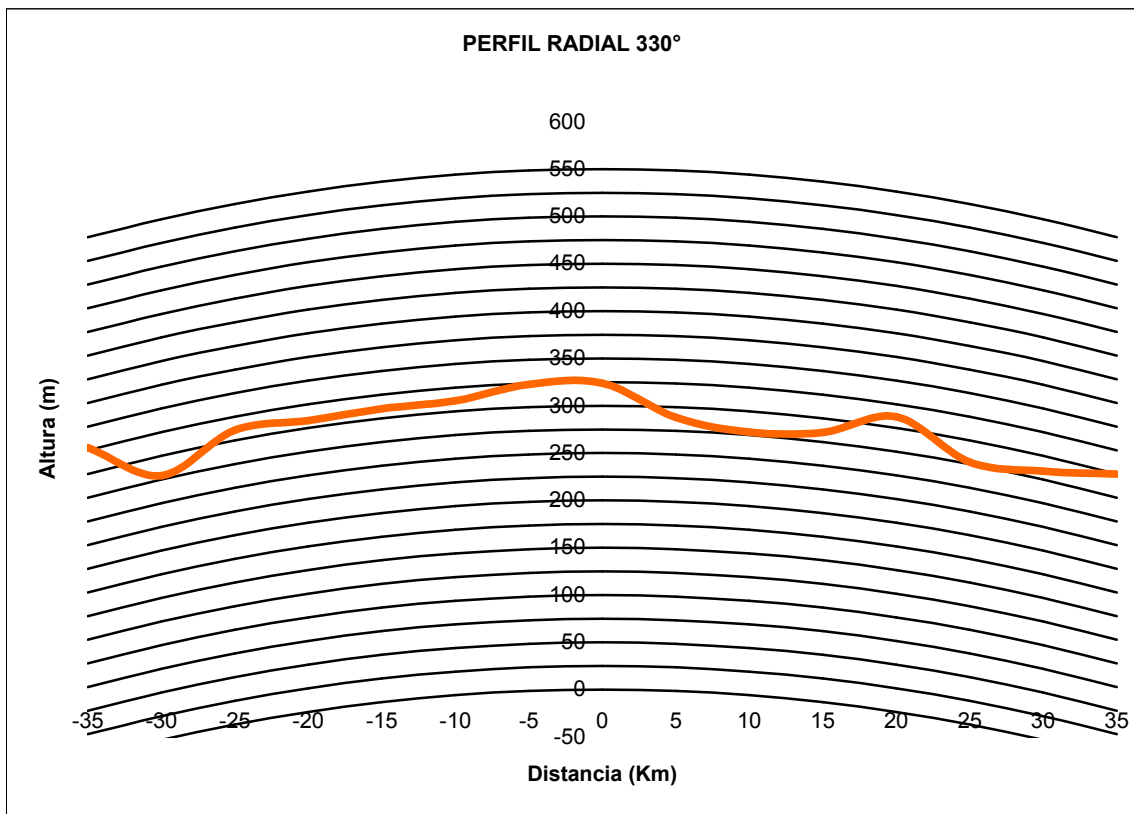
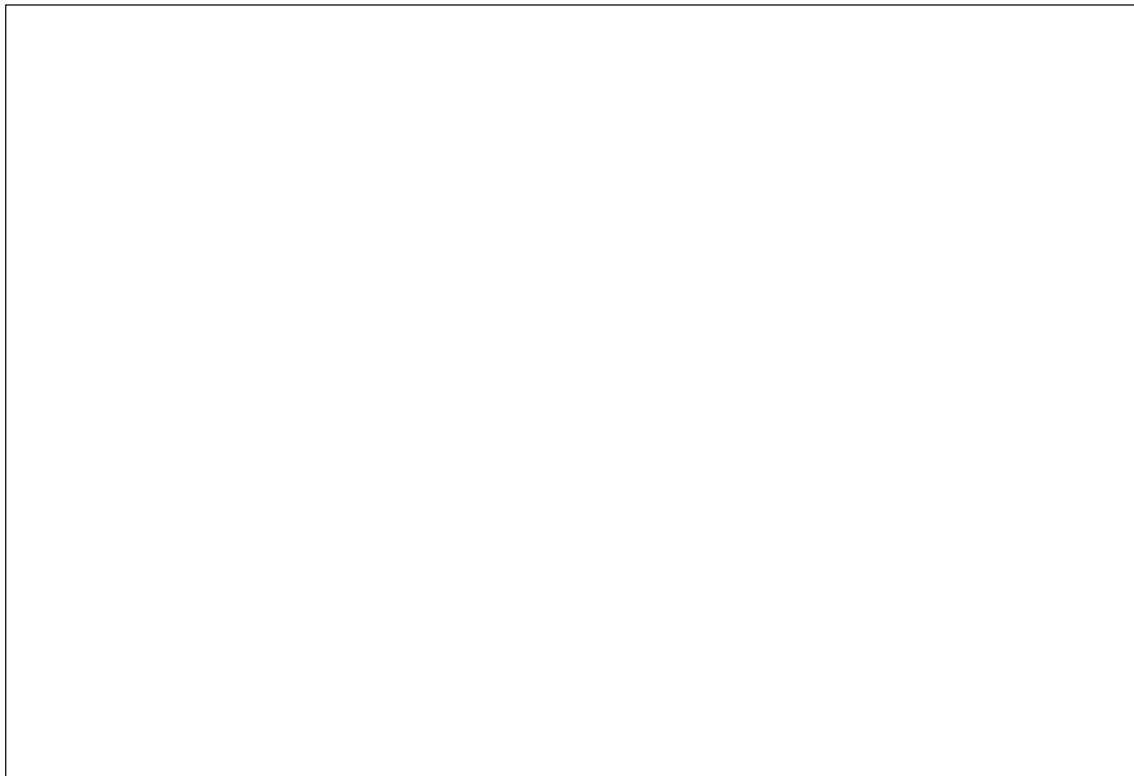




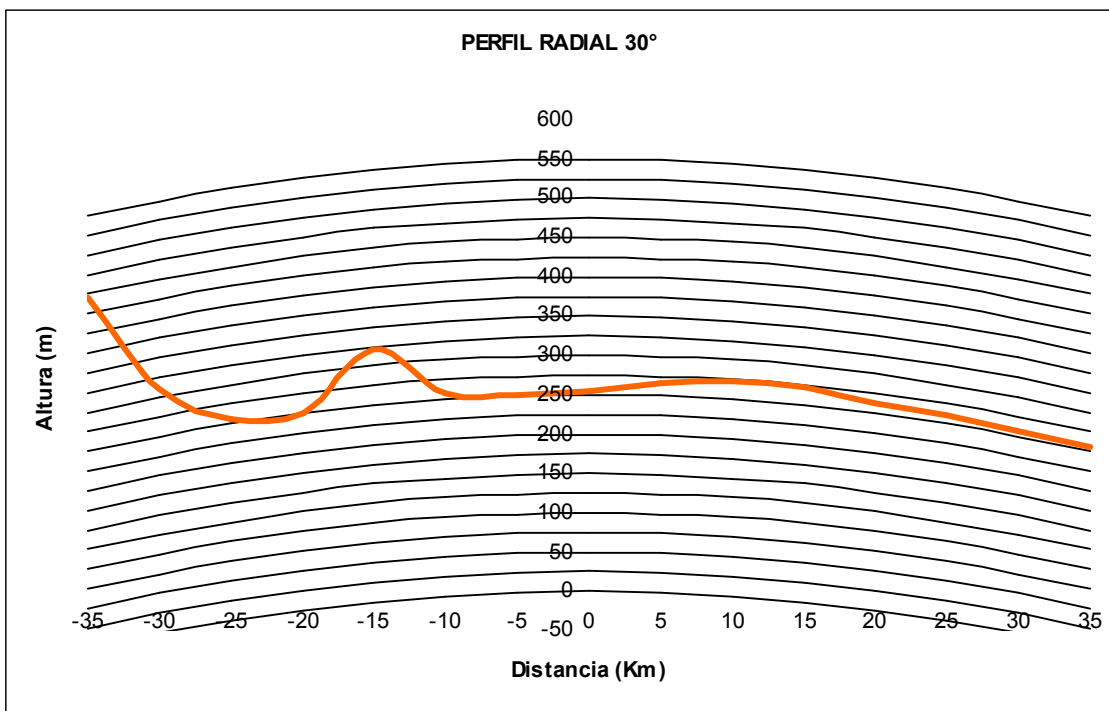
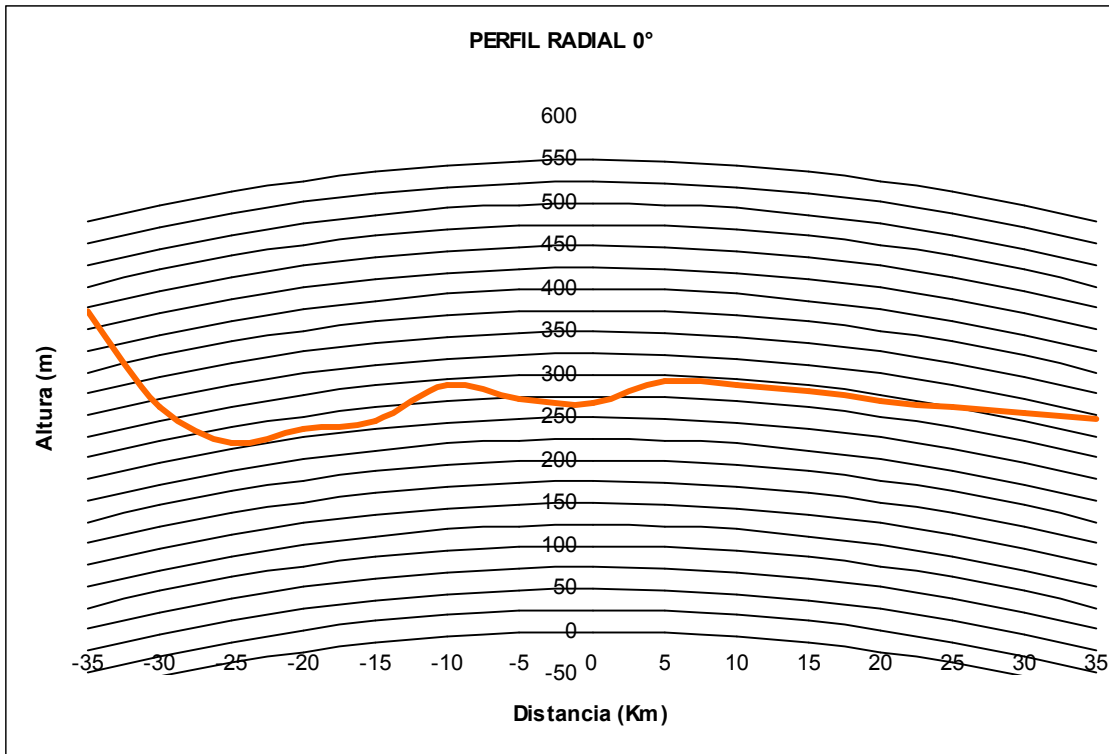




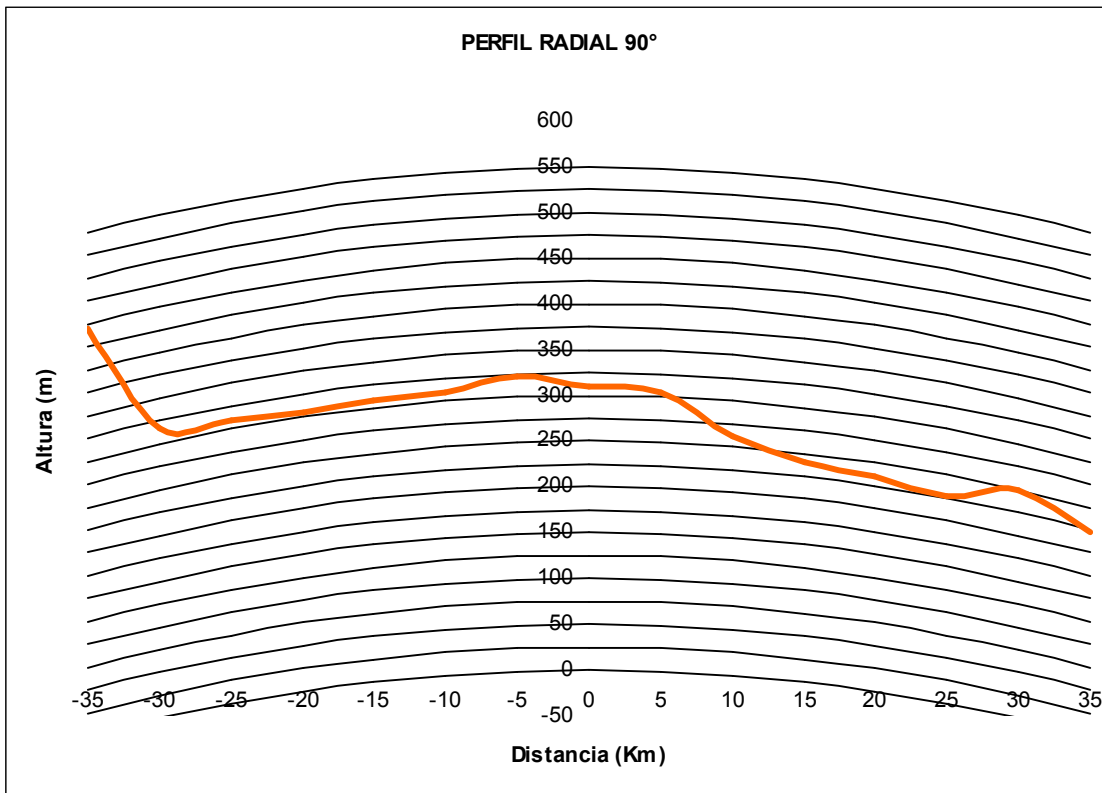
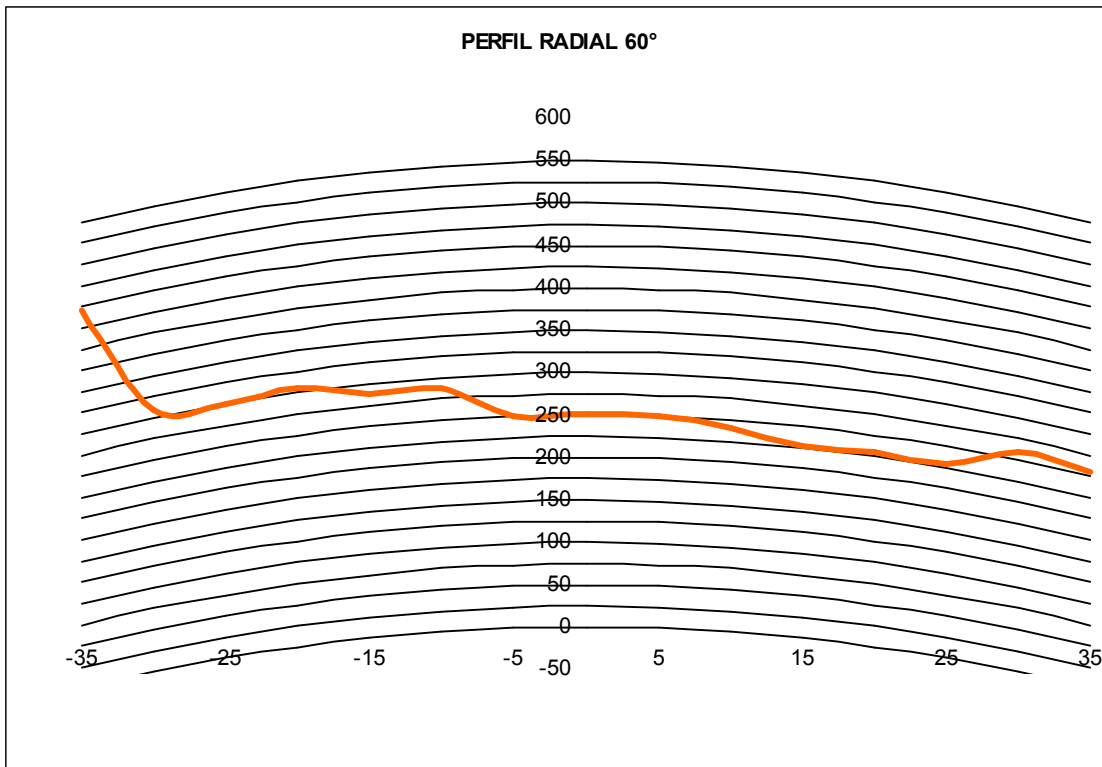


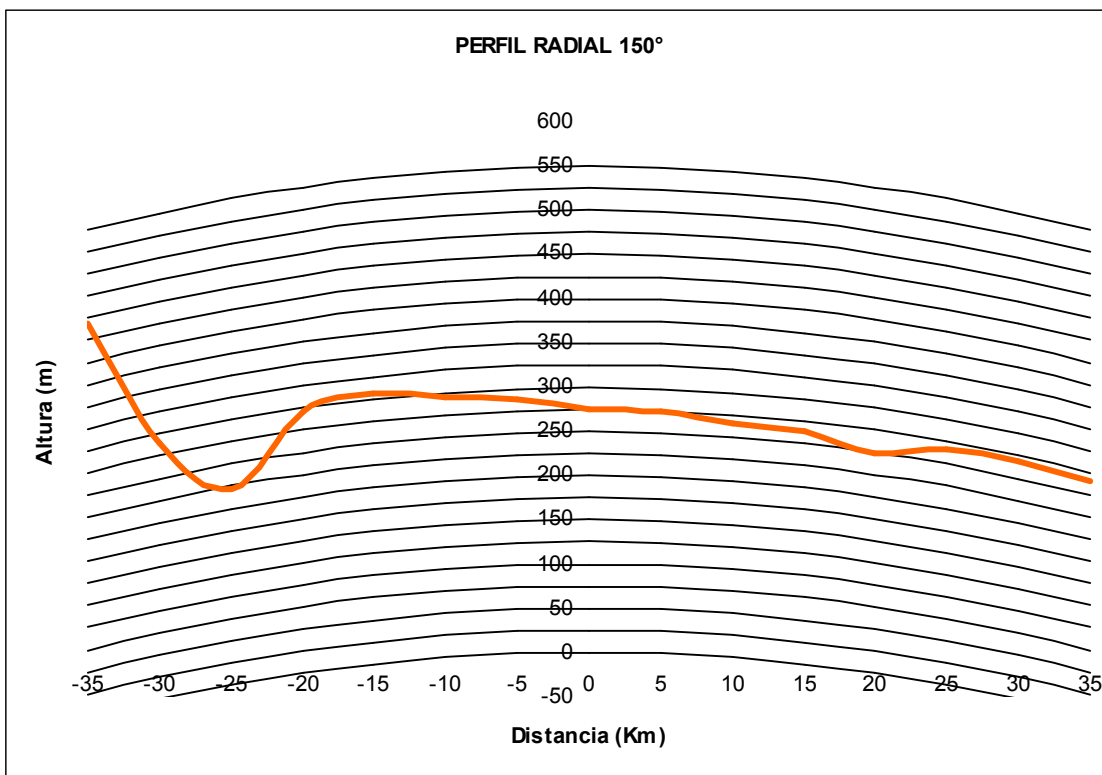
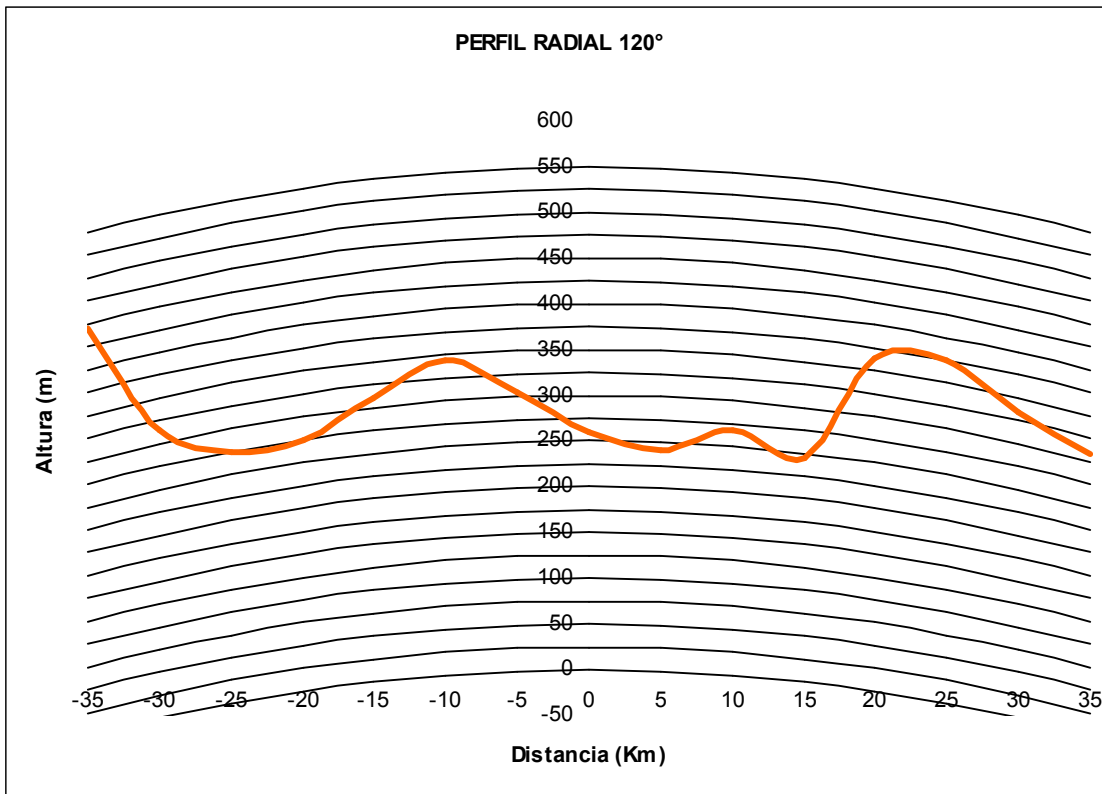


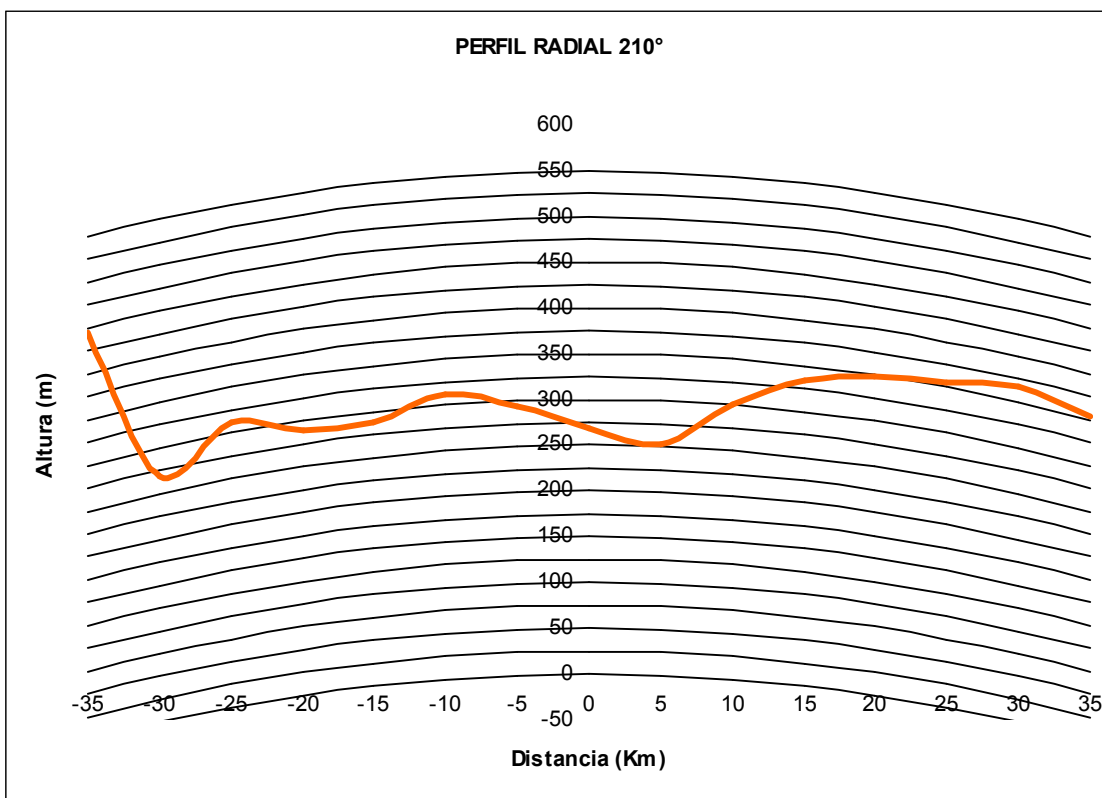
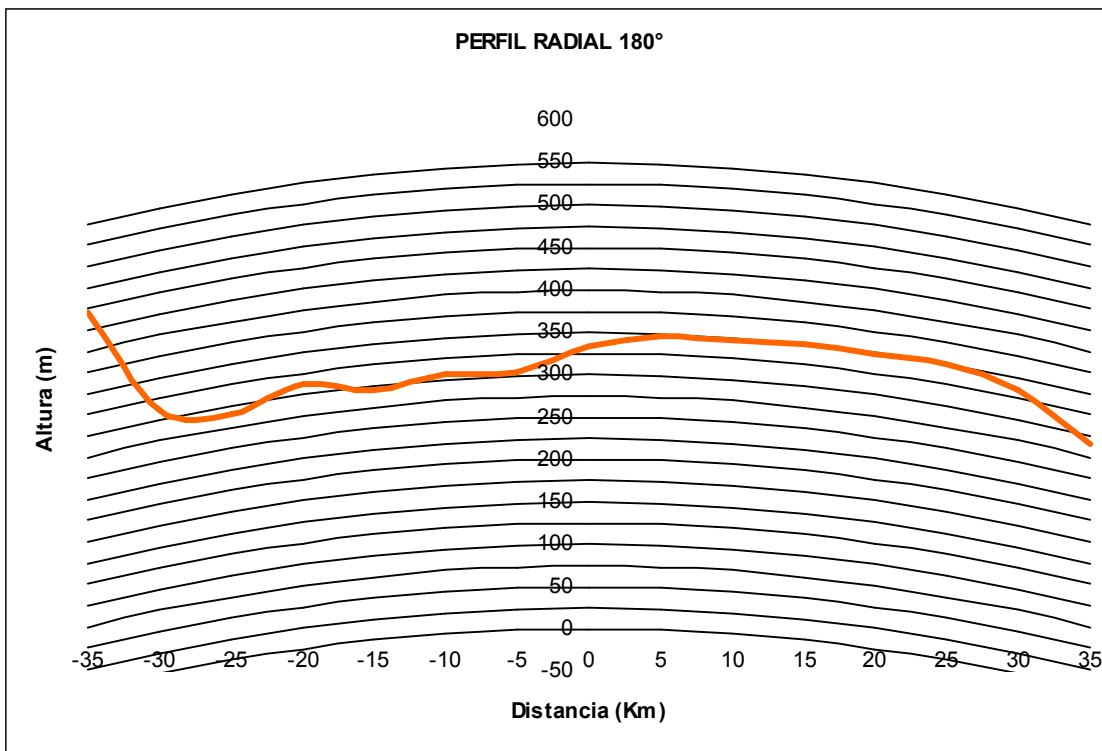
### AUCA

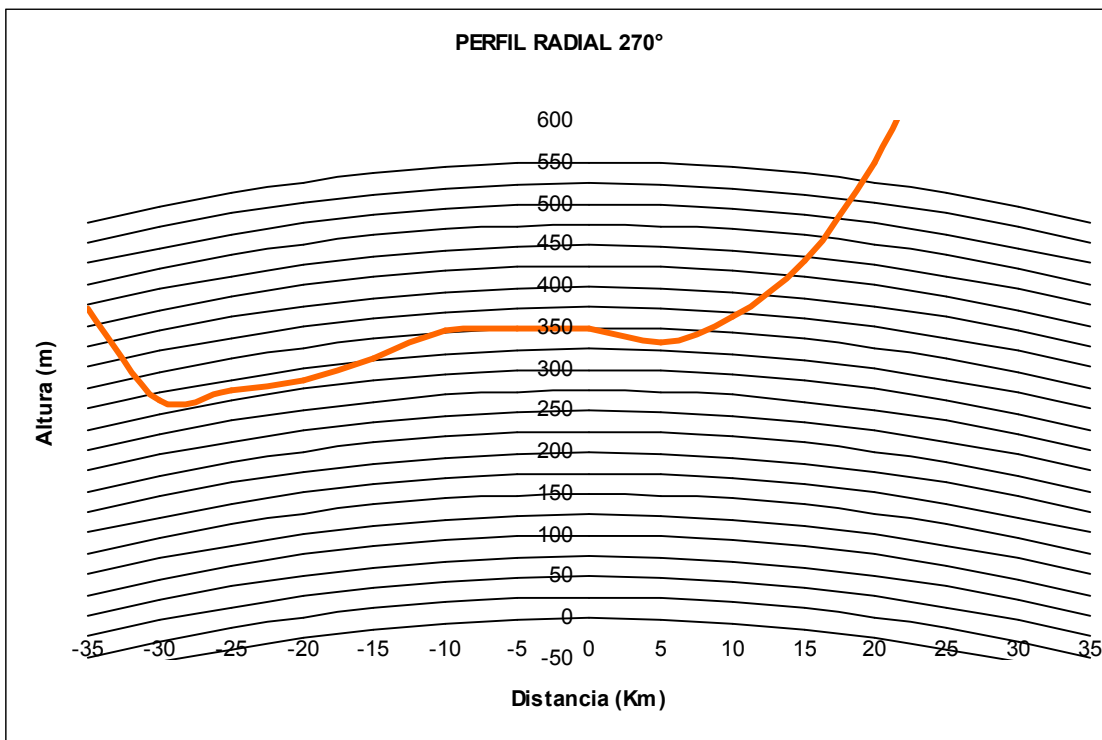
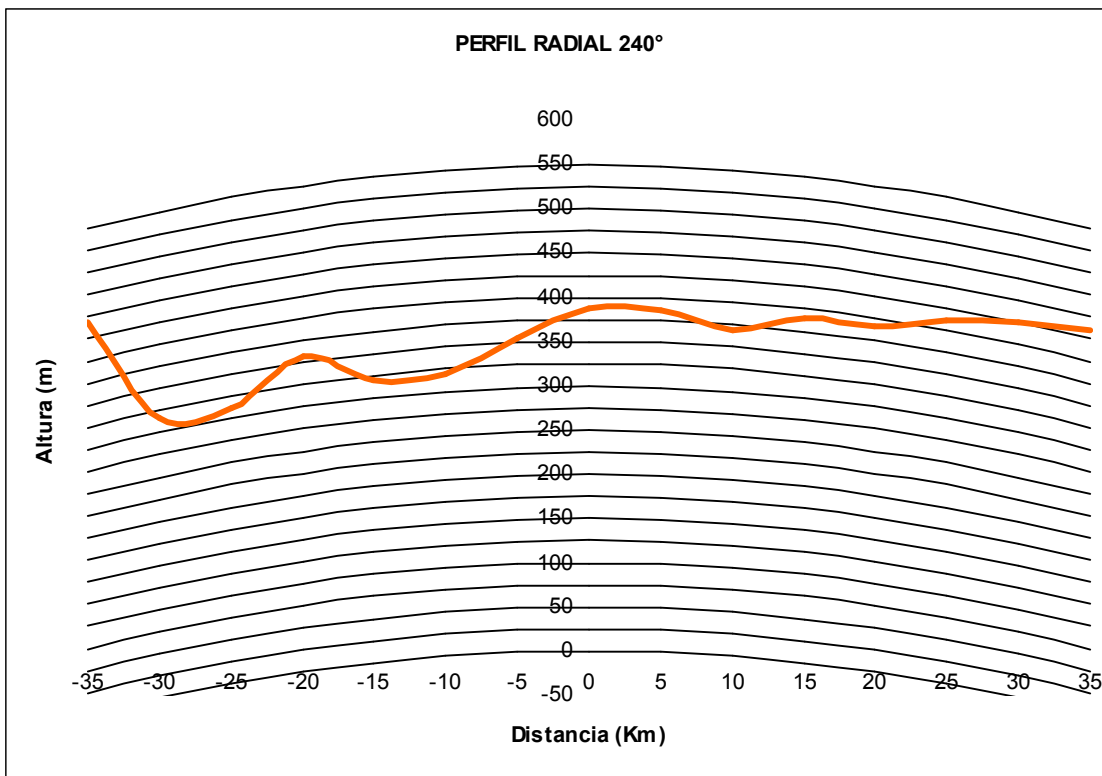


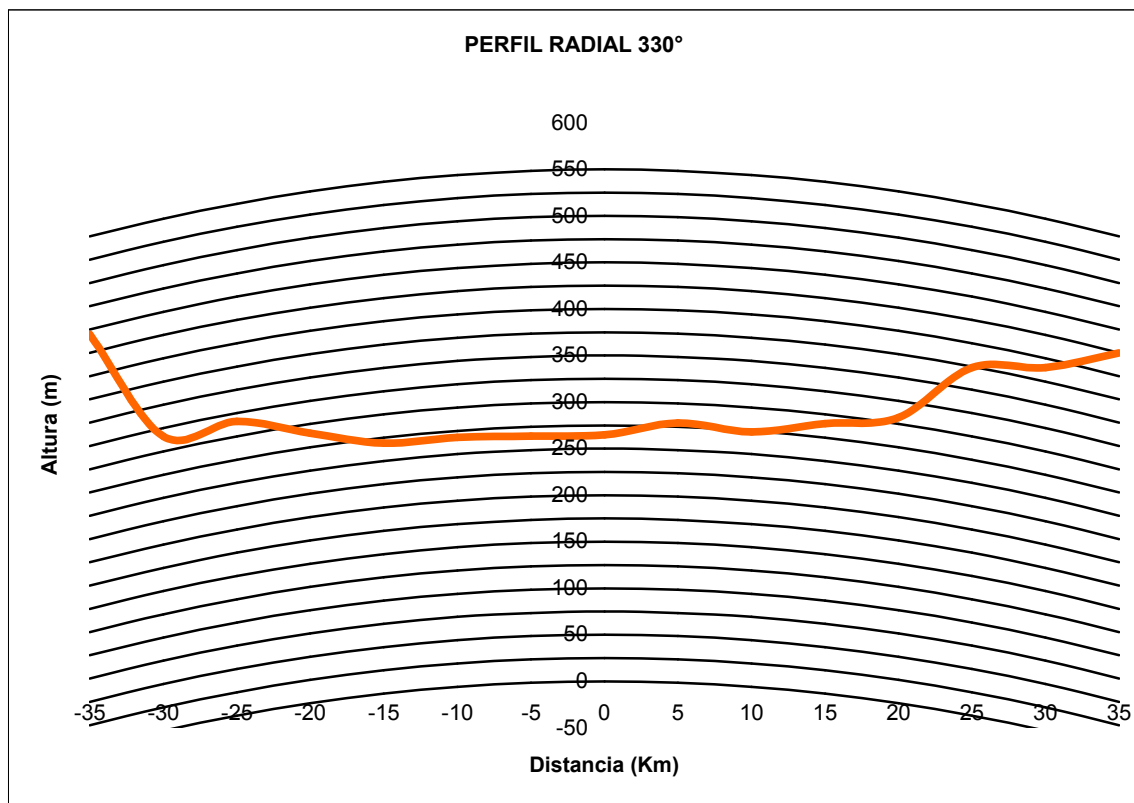
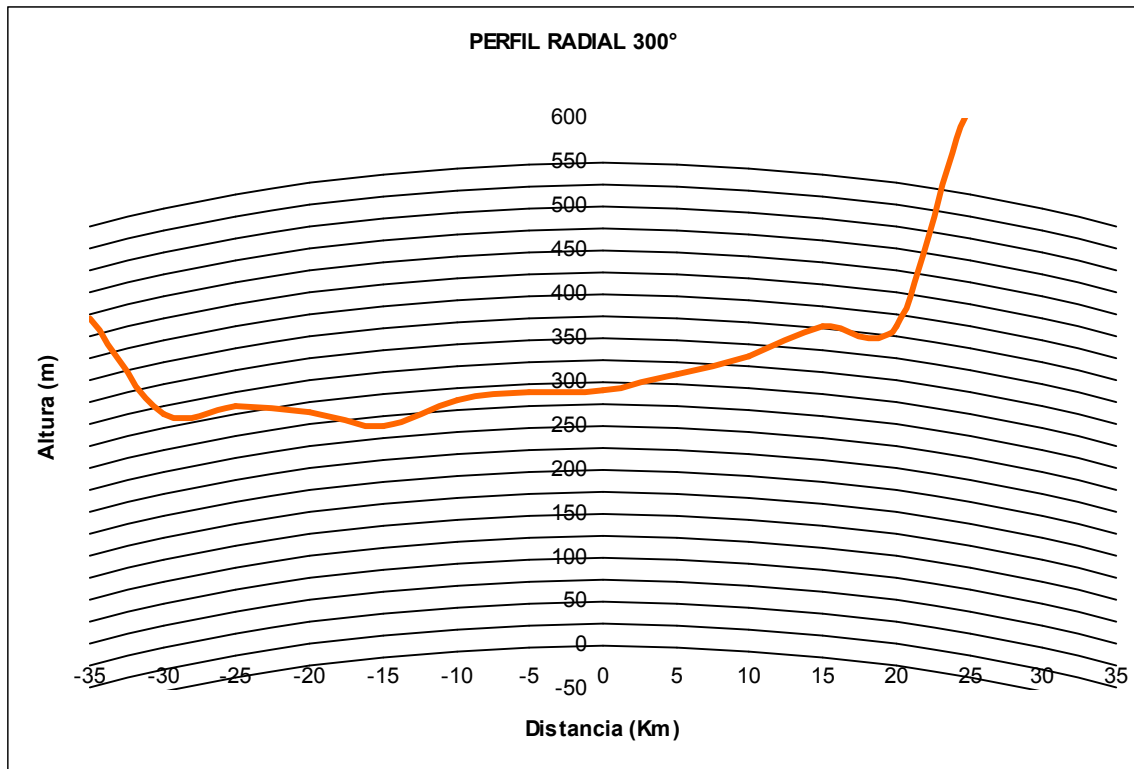




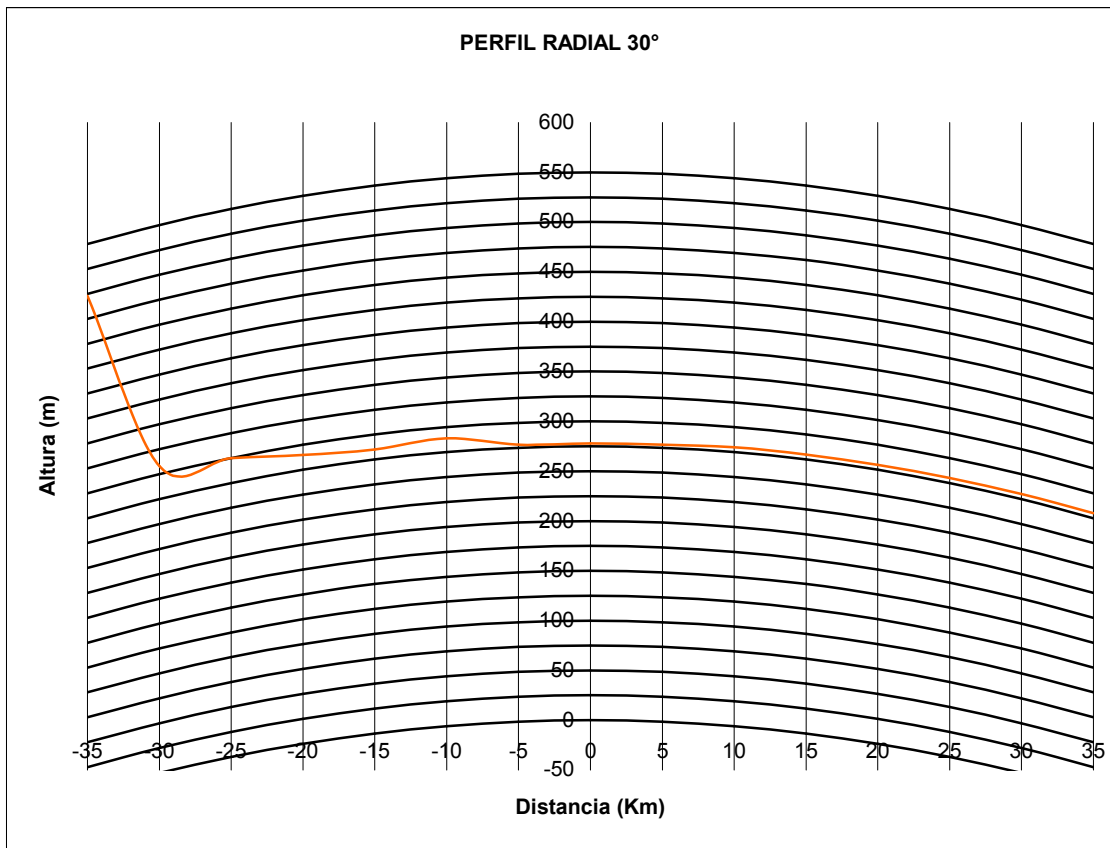
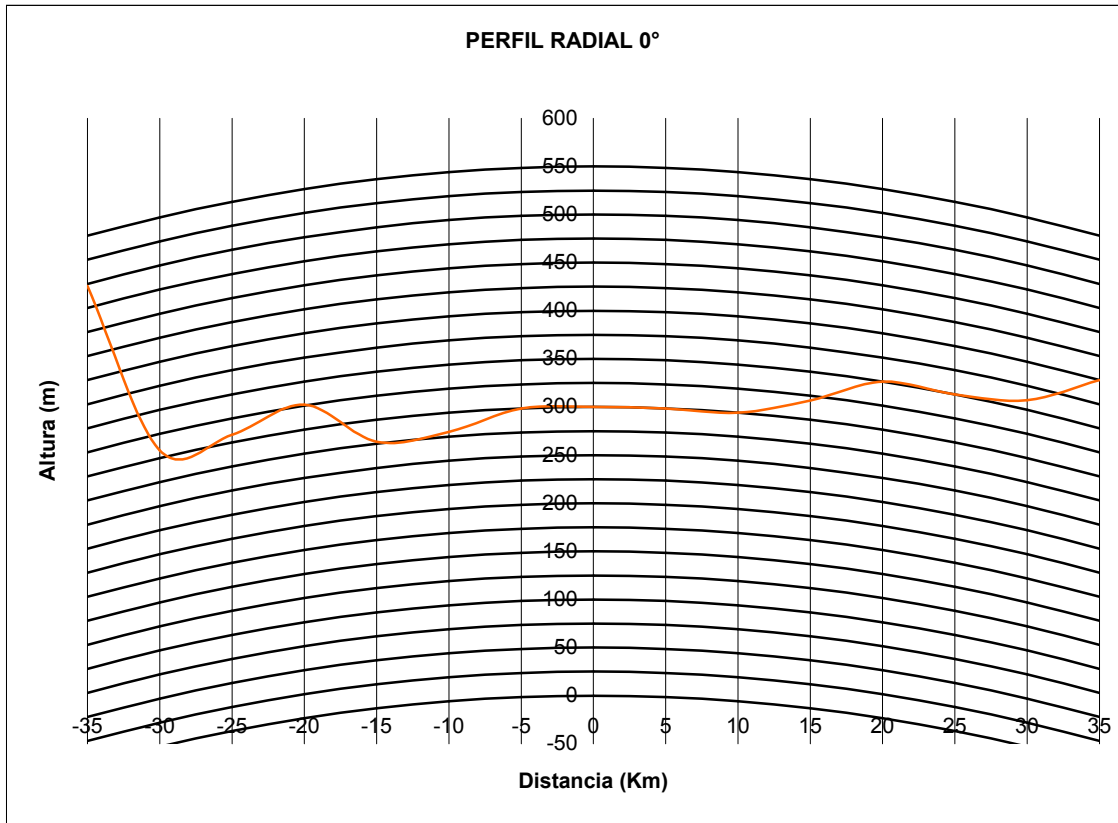


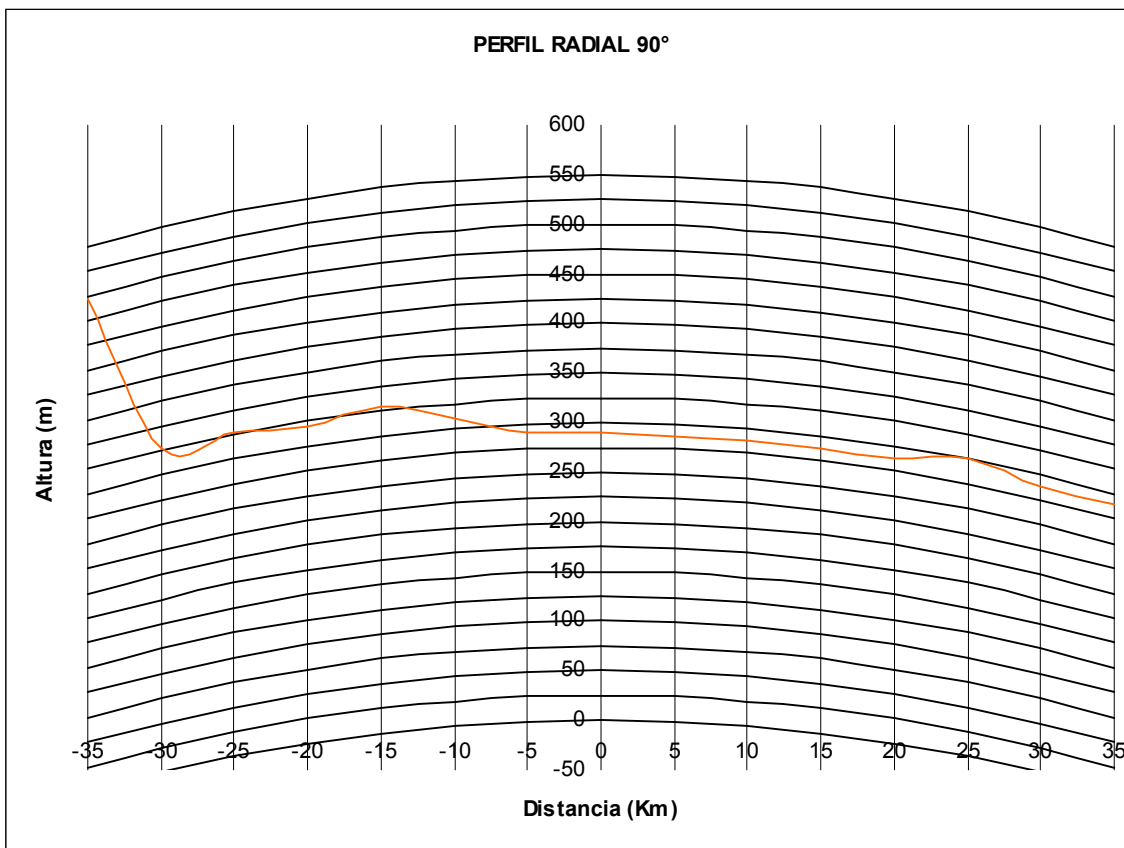
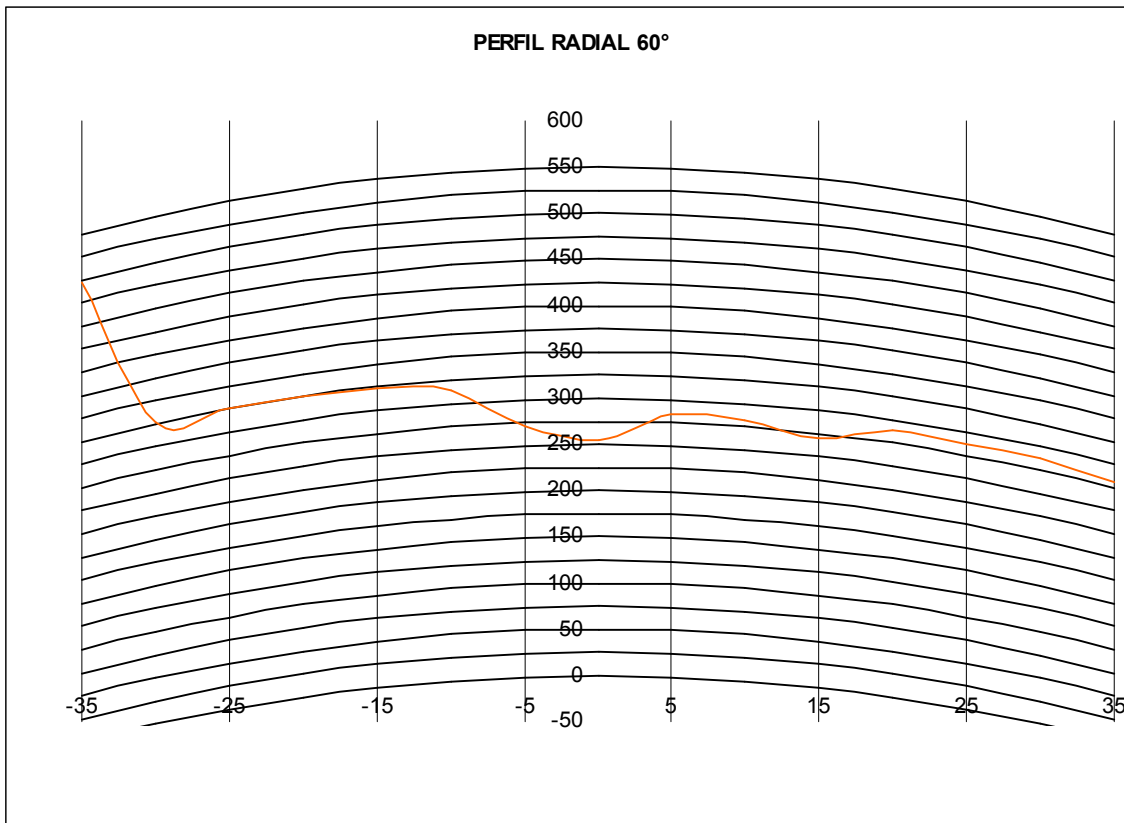


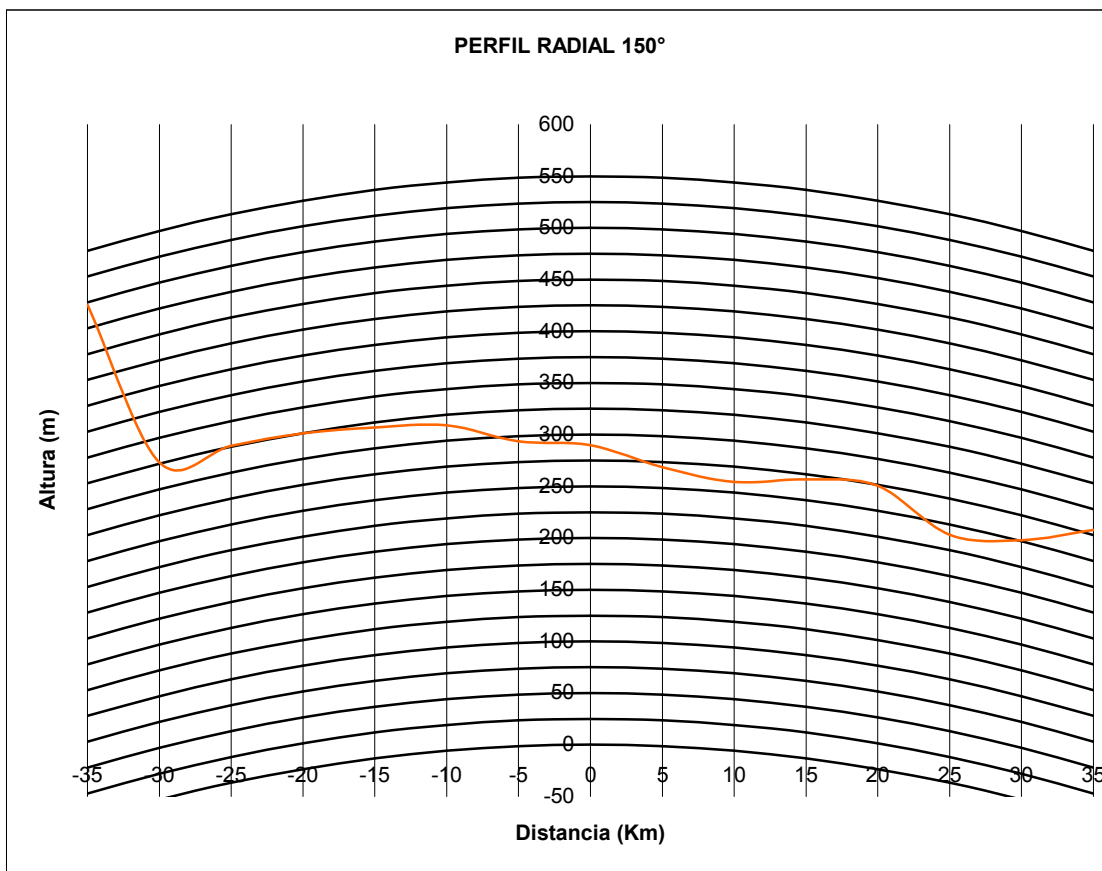
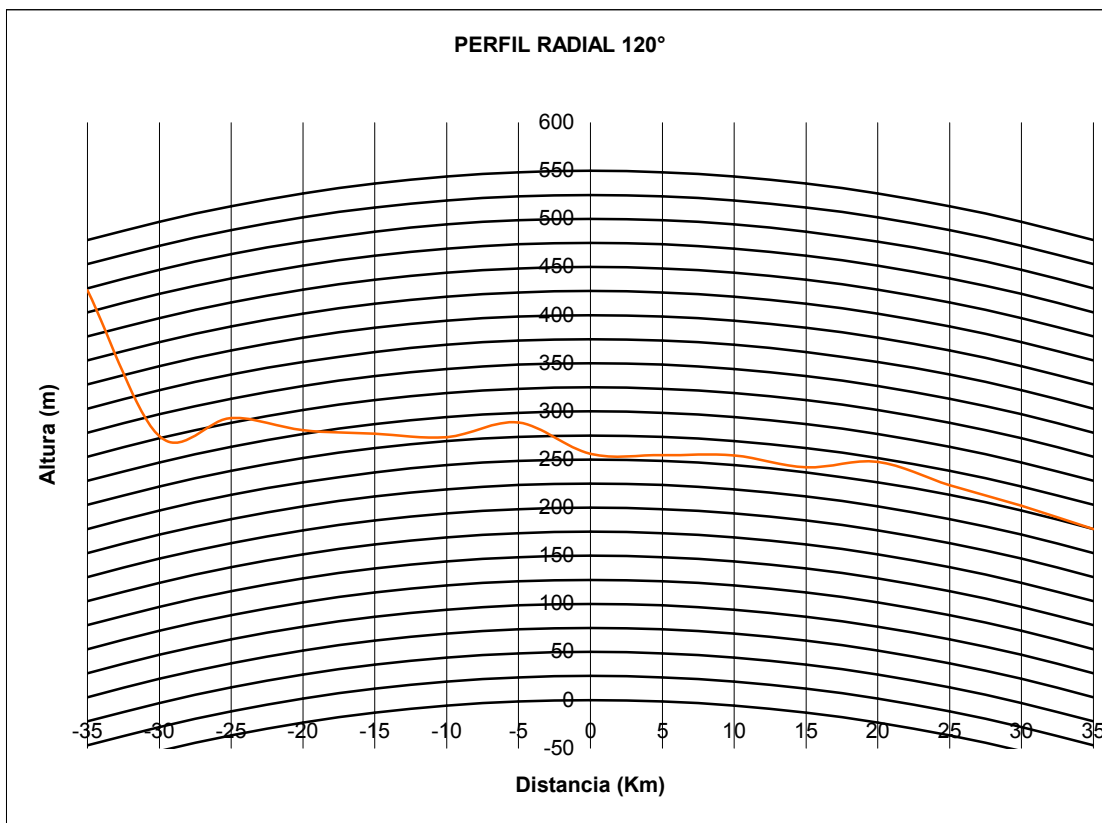




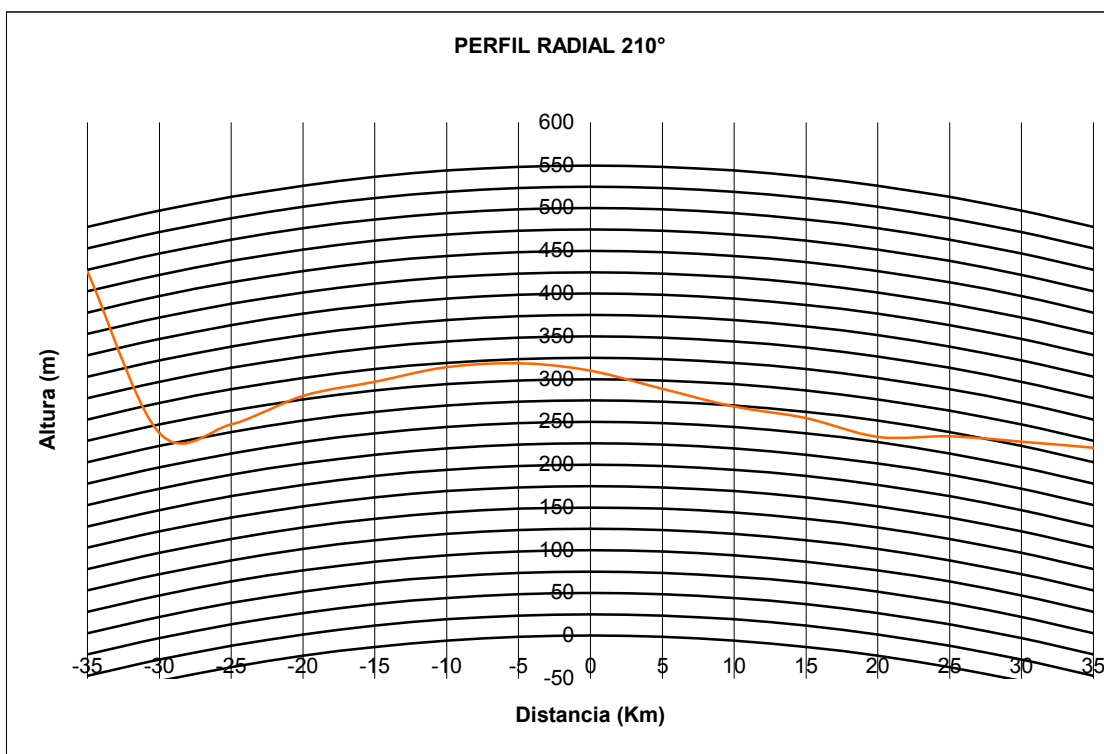
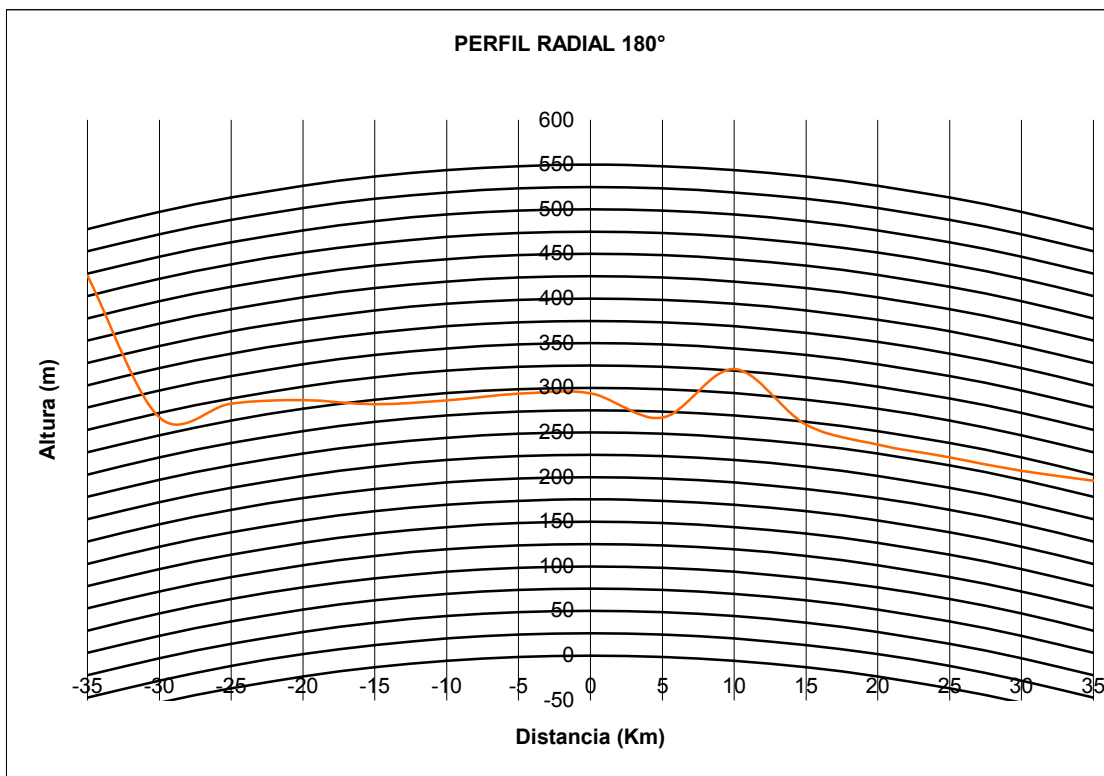
# AGUARICO

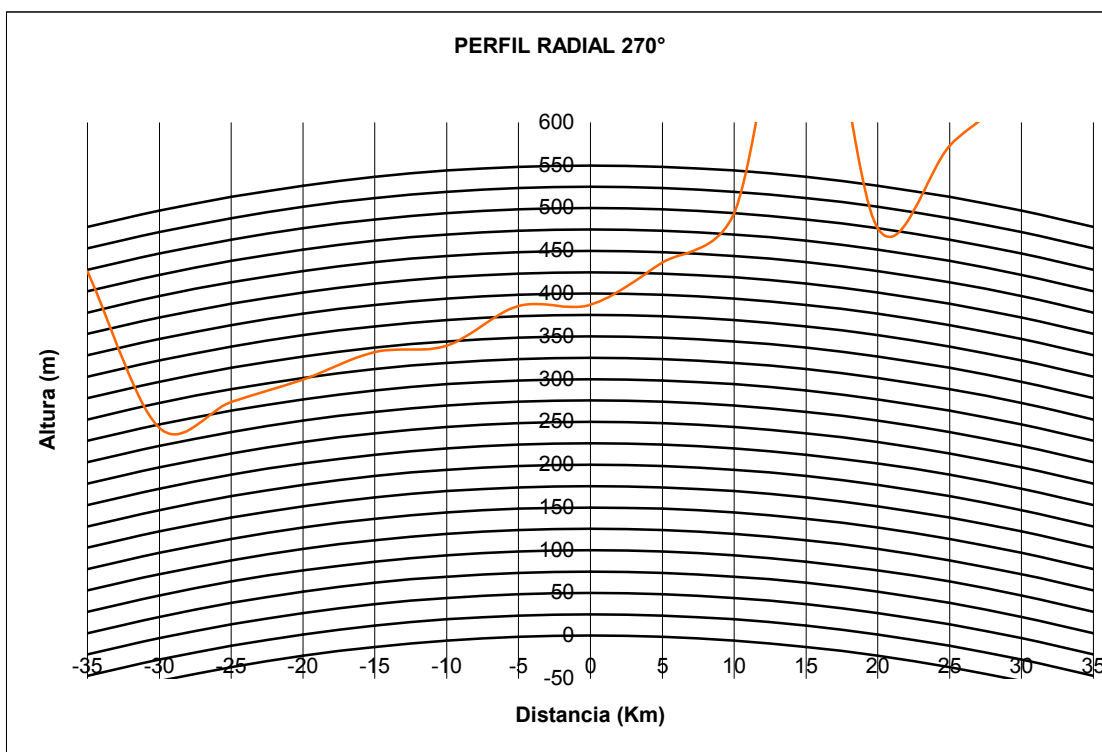
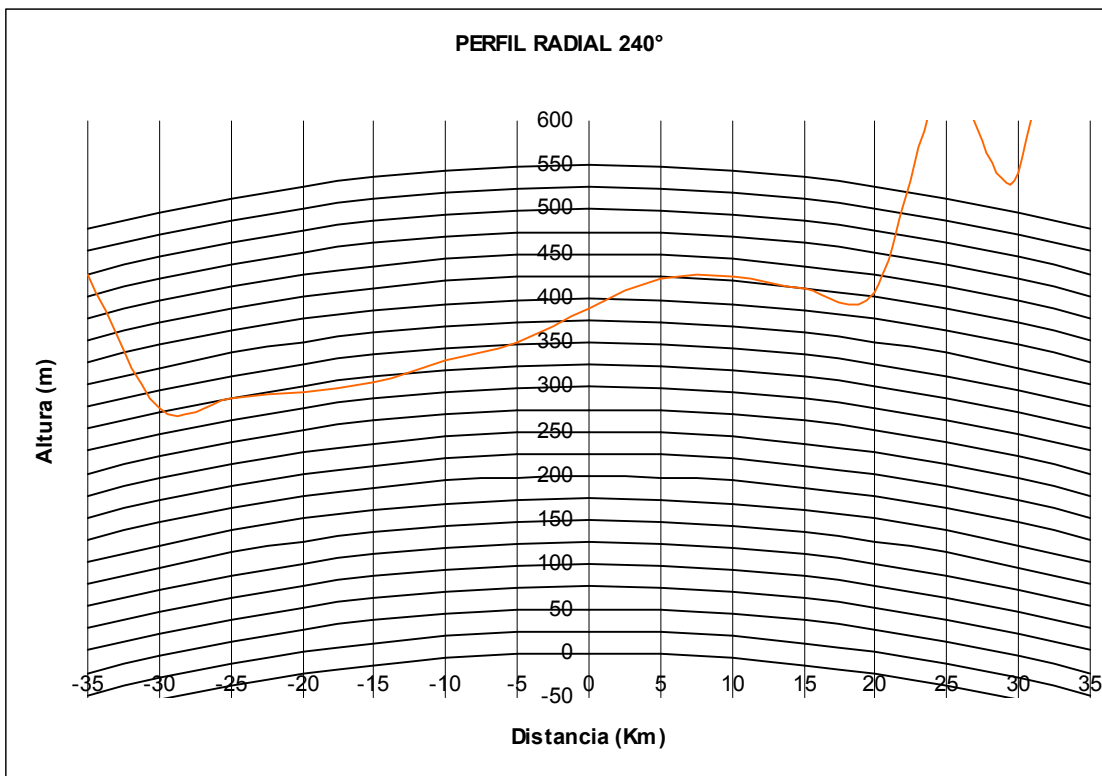


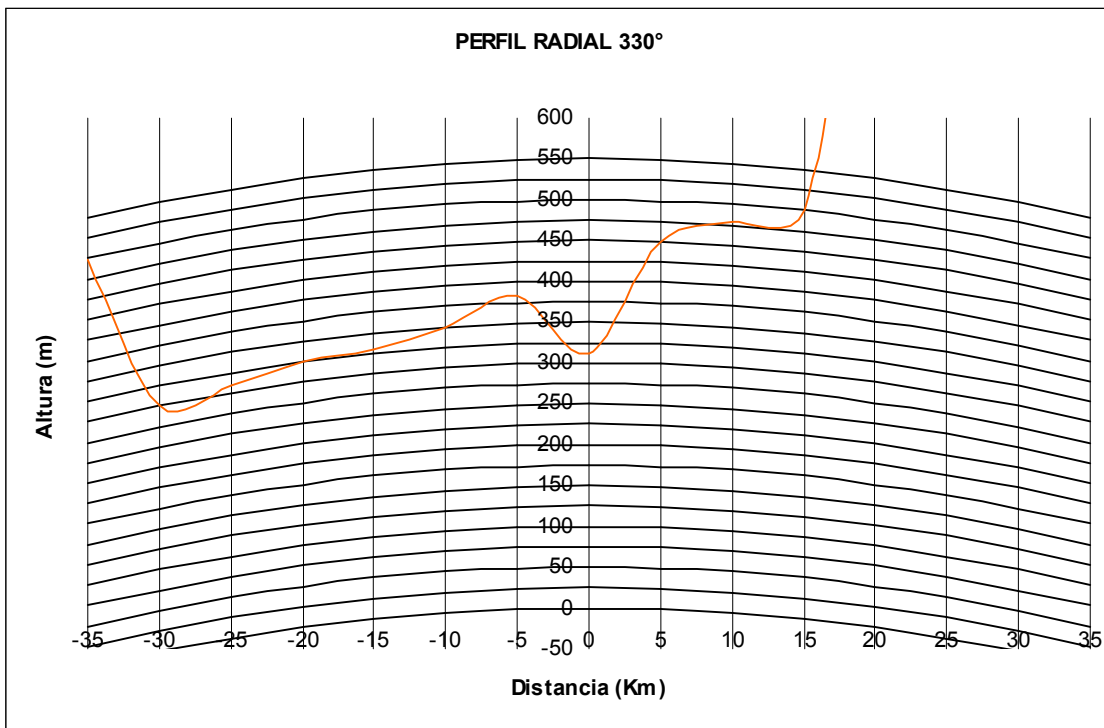
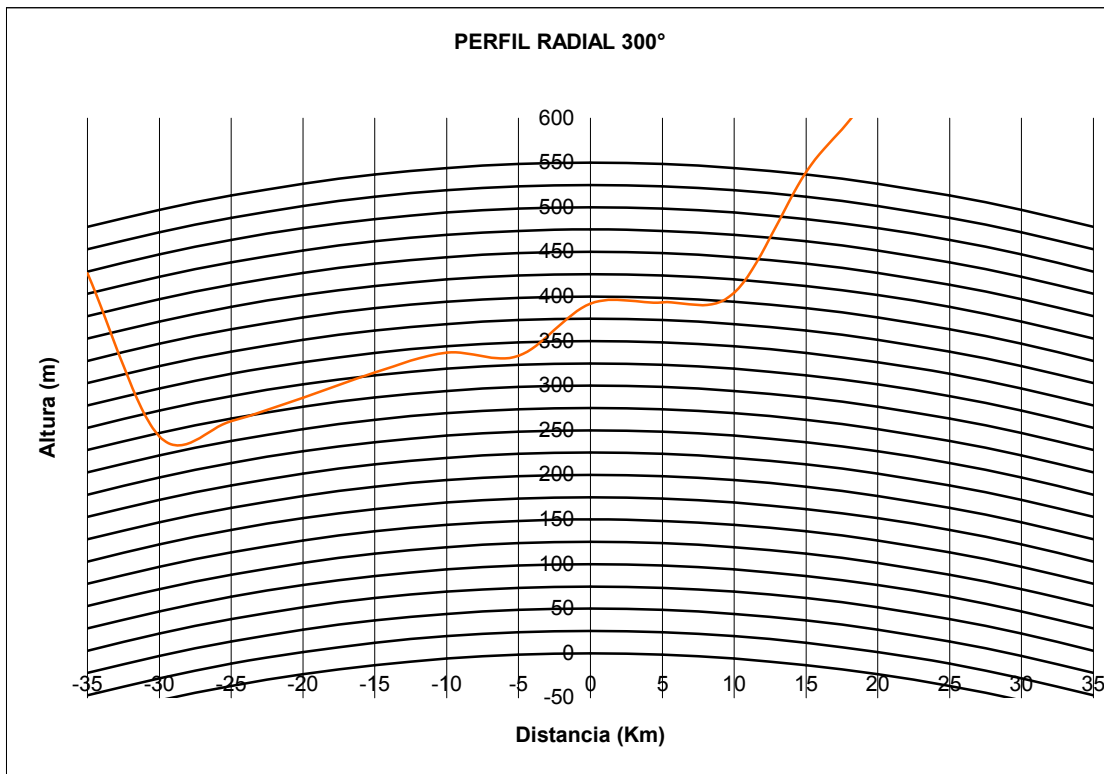




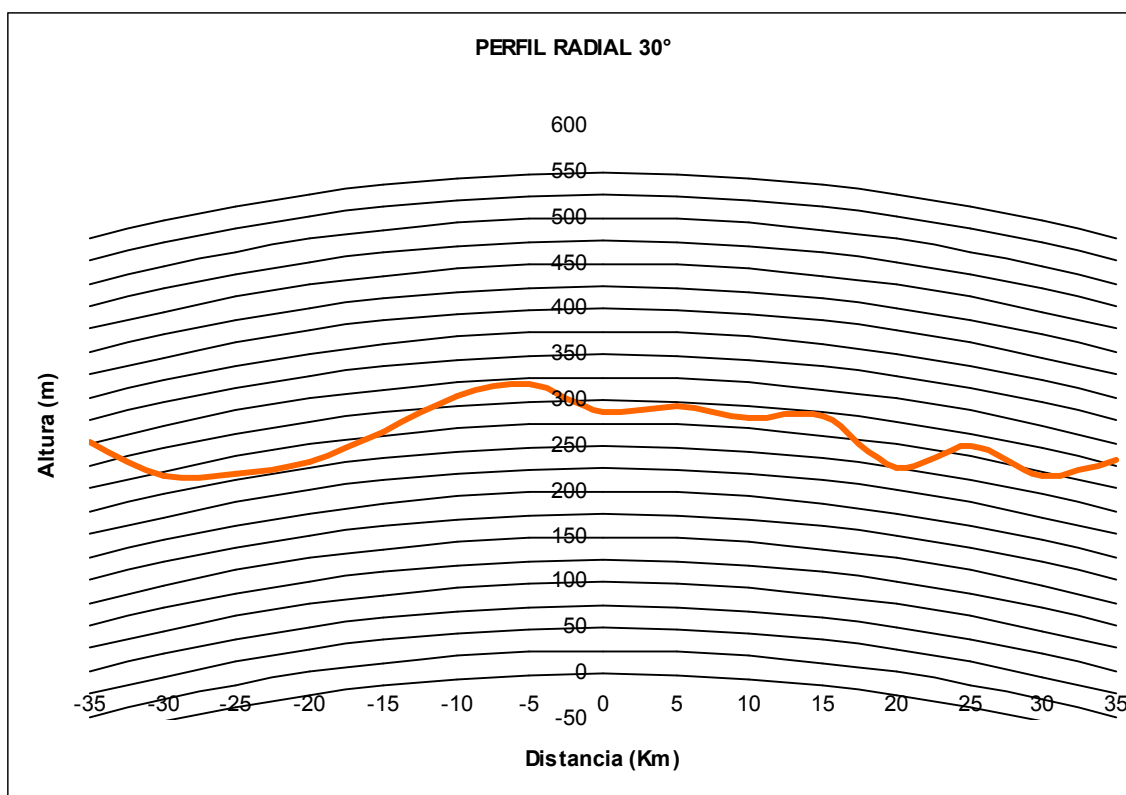
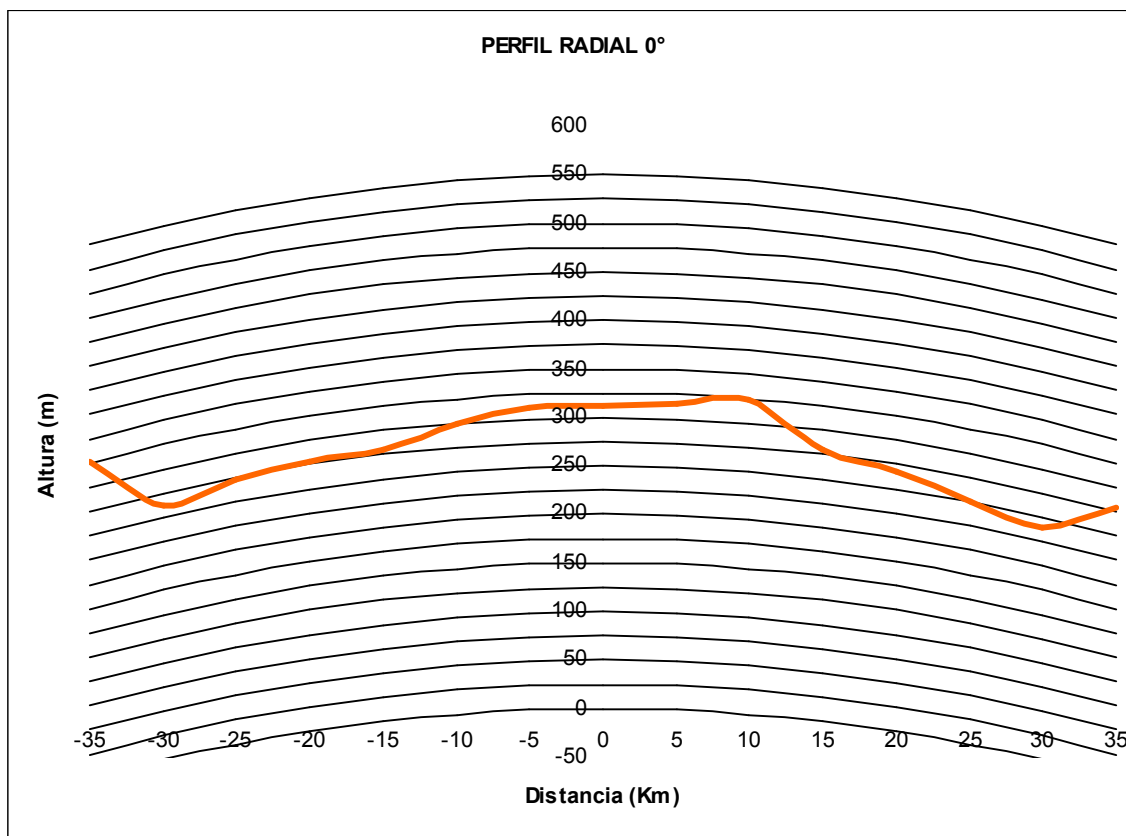


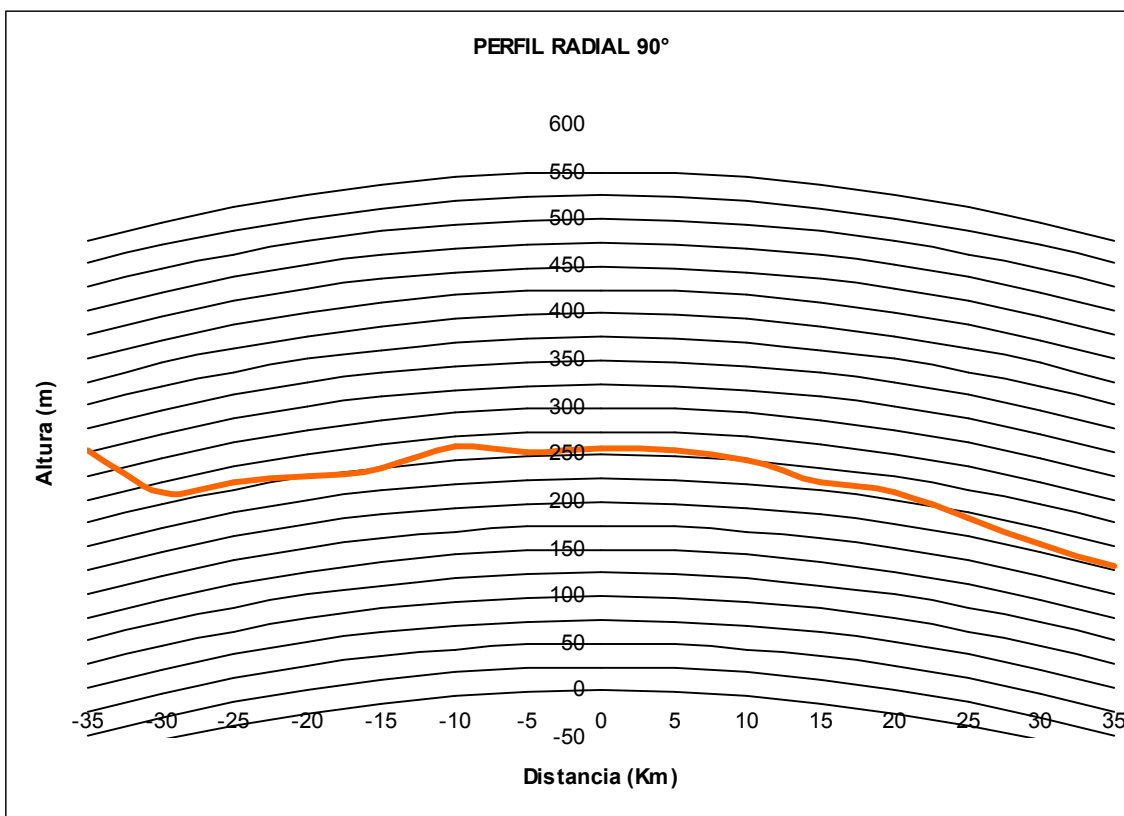
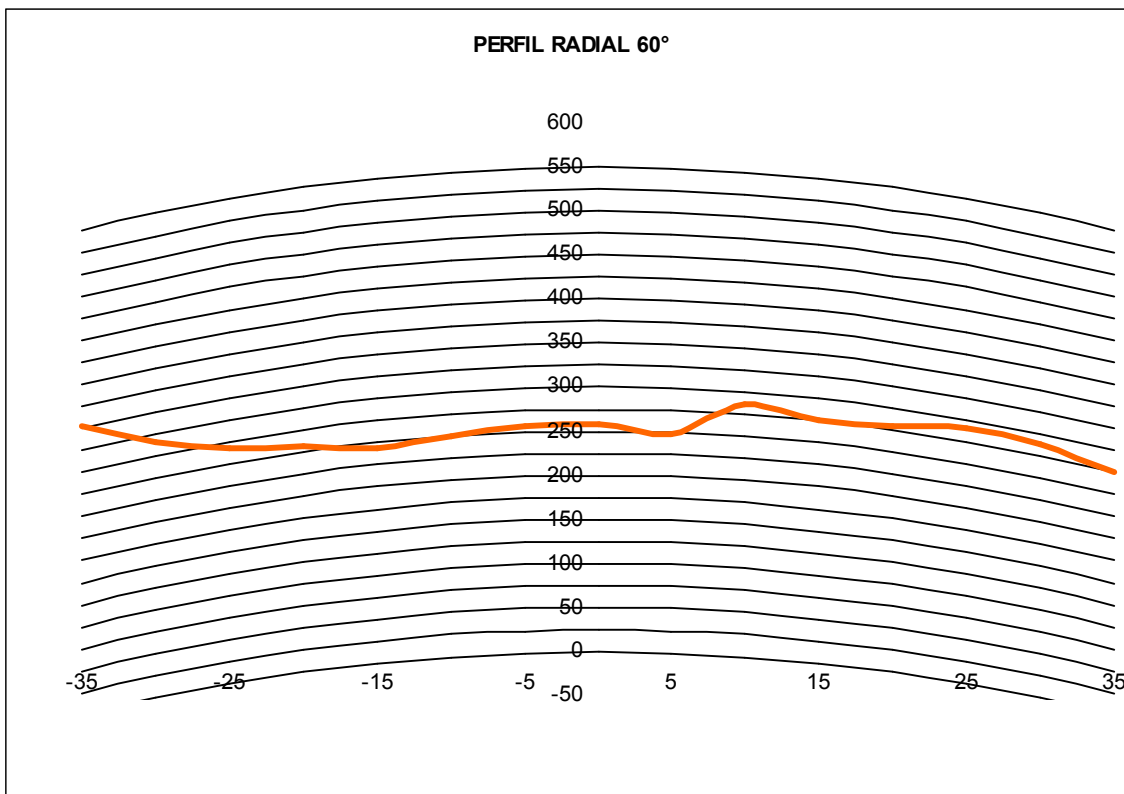


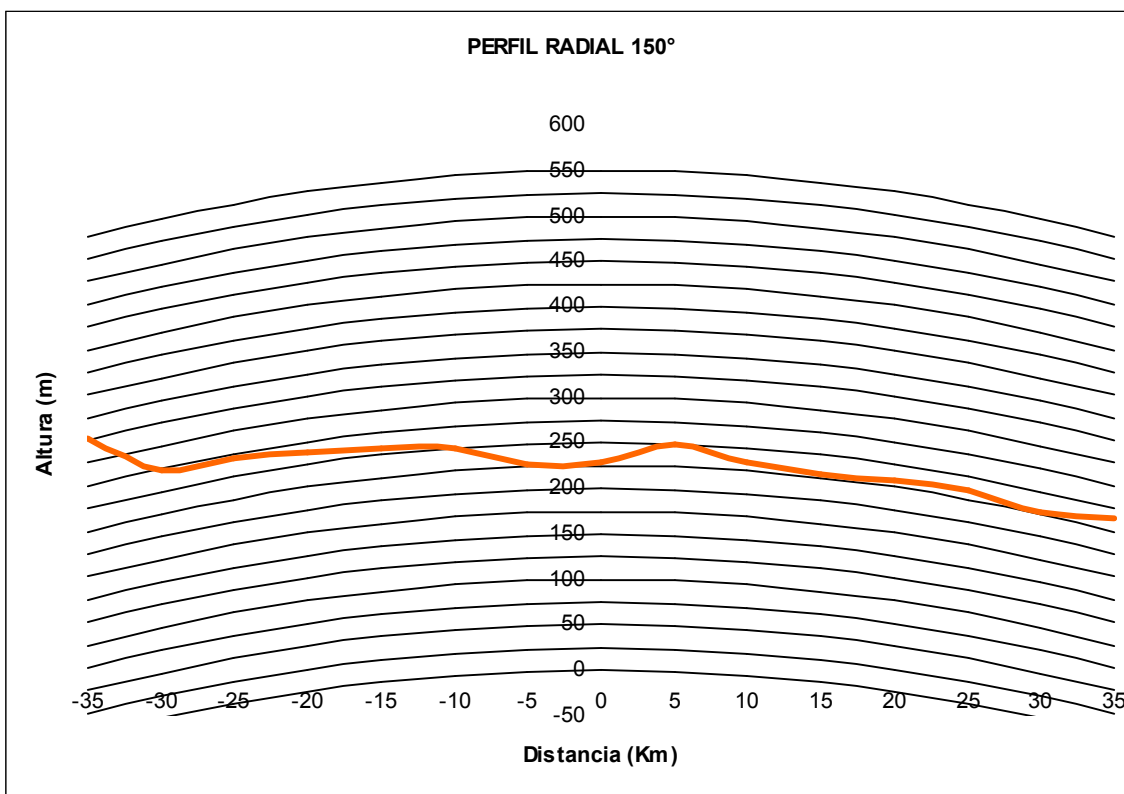
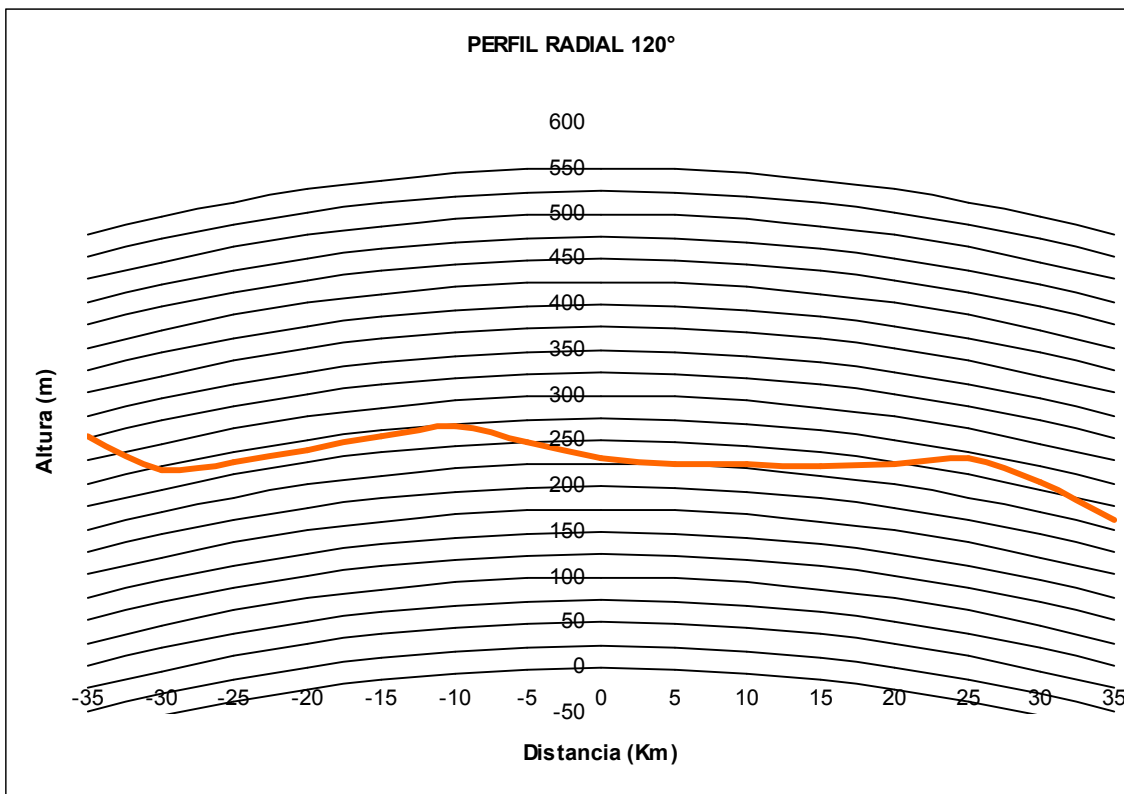


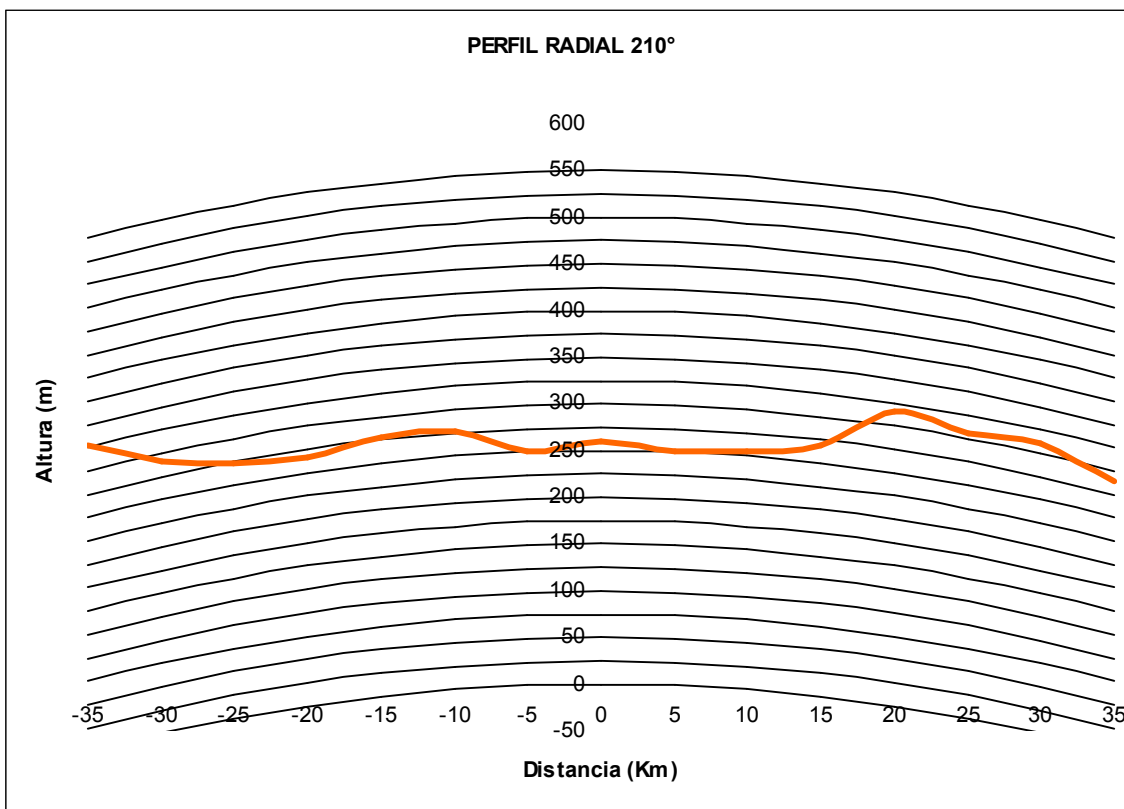
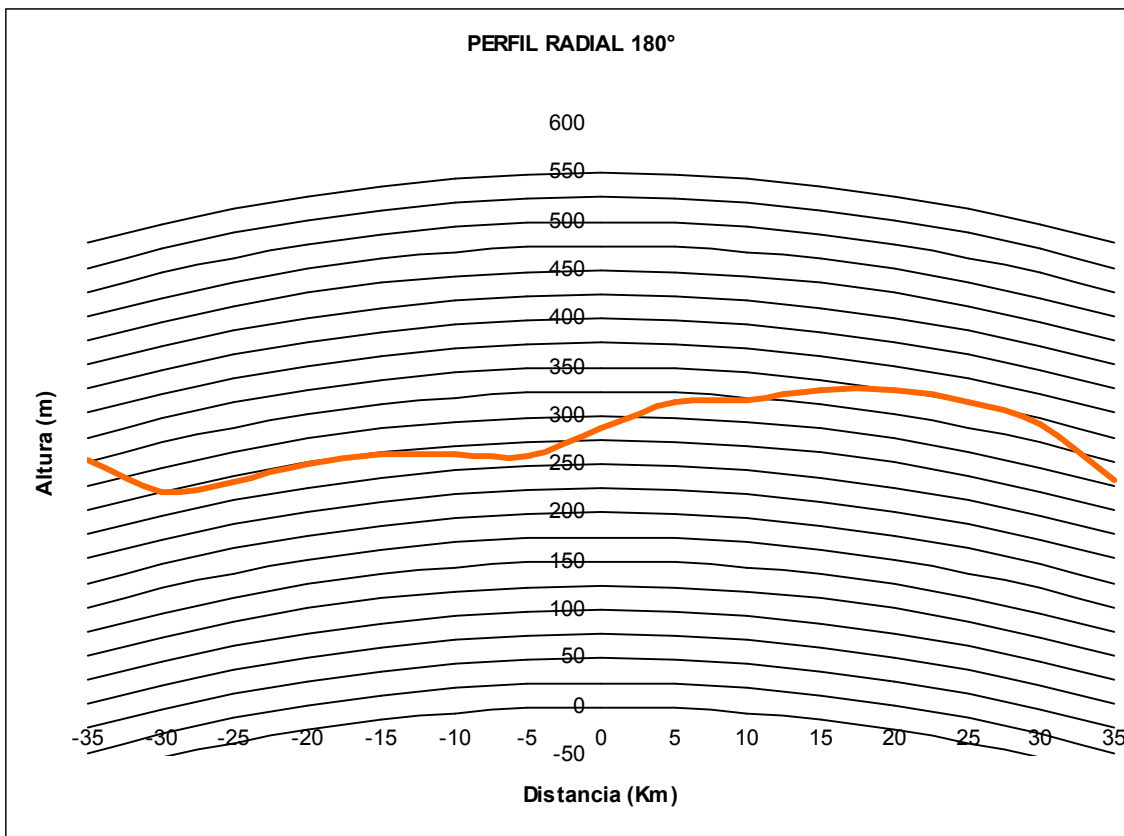


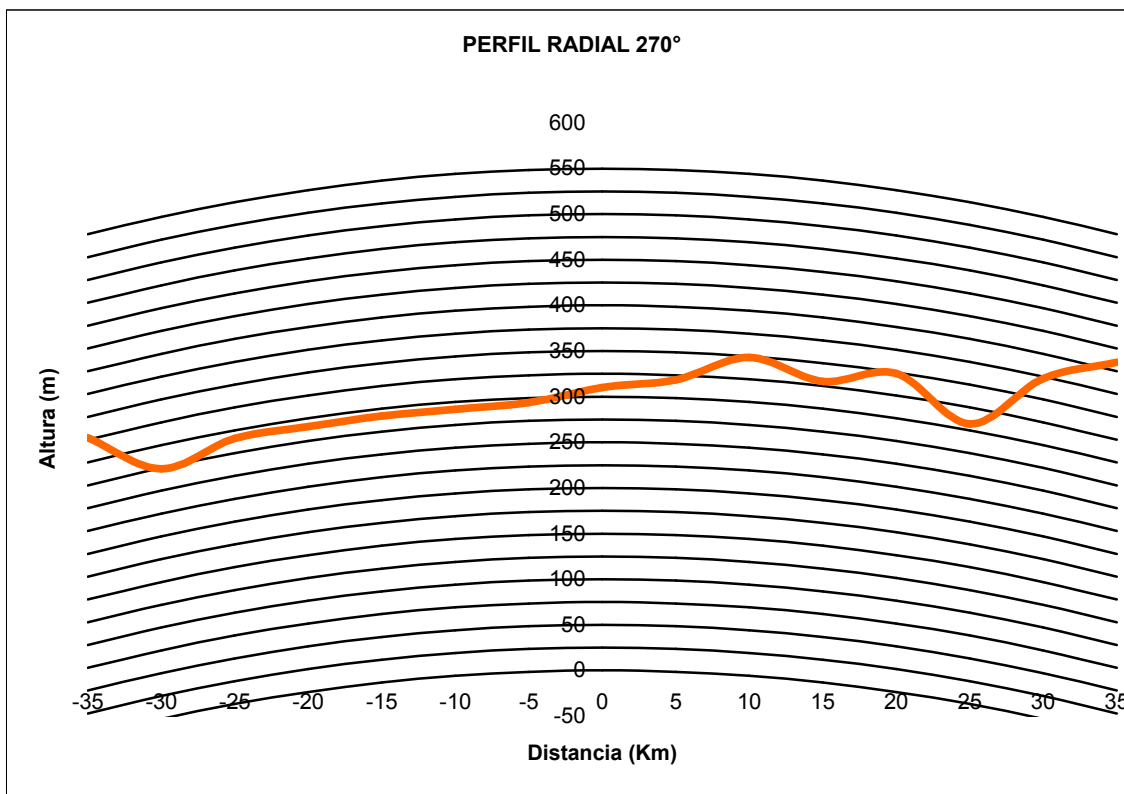
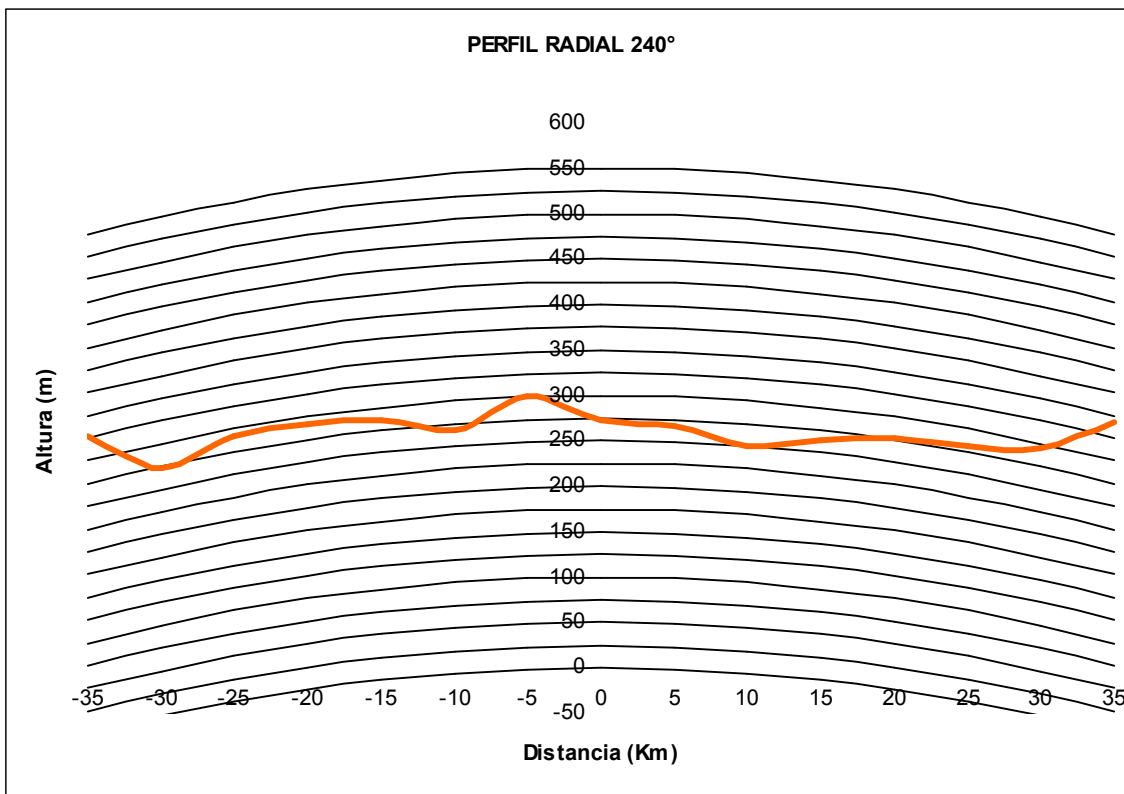
### SHUSHUFINDI



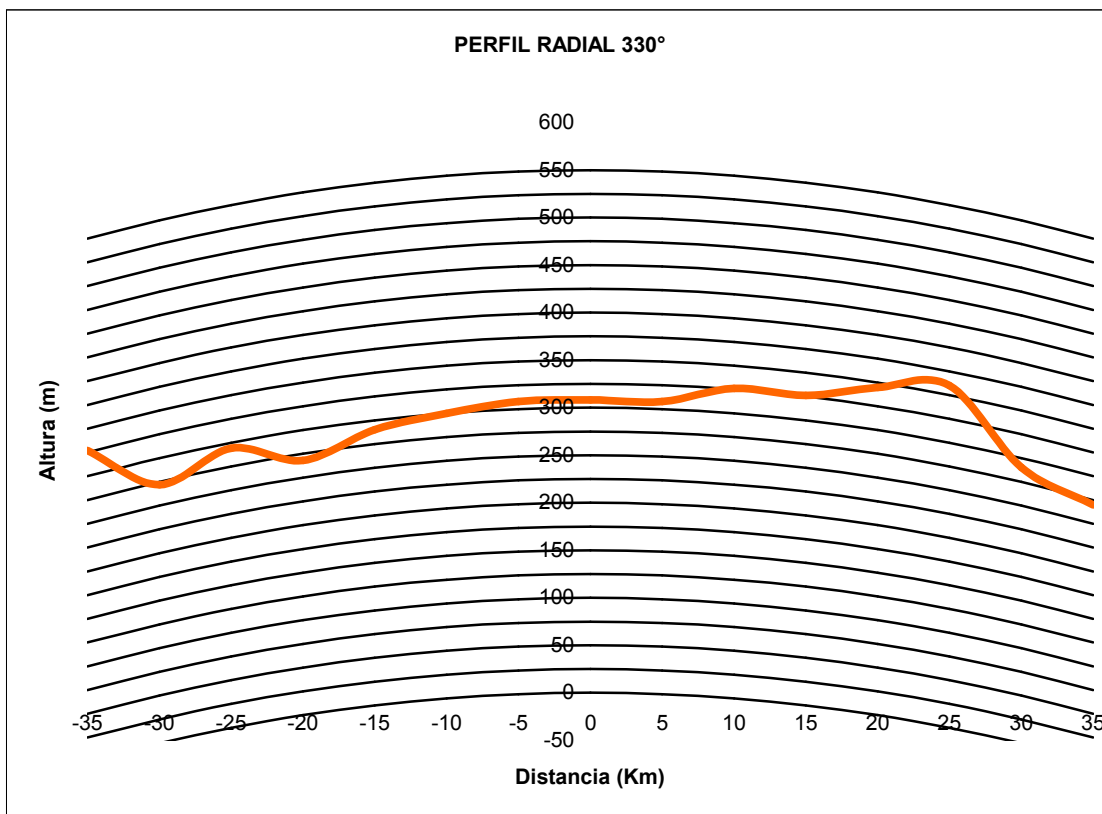
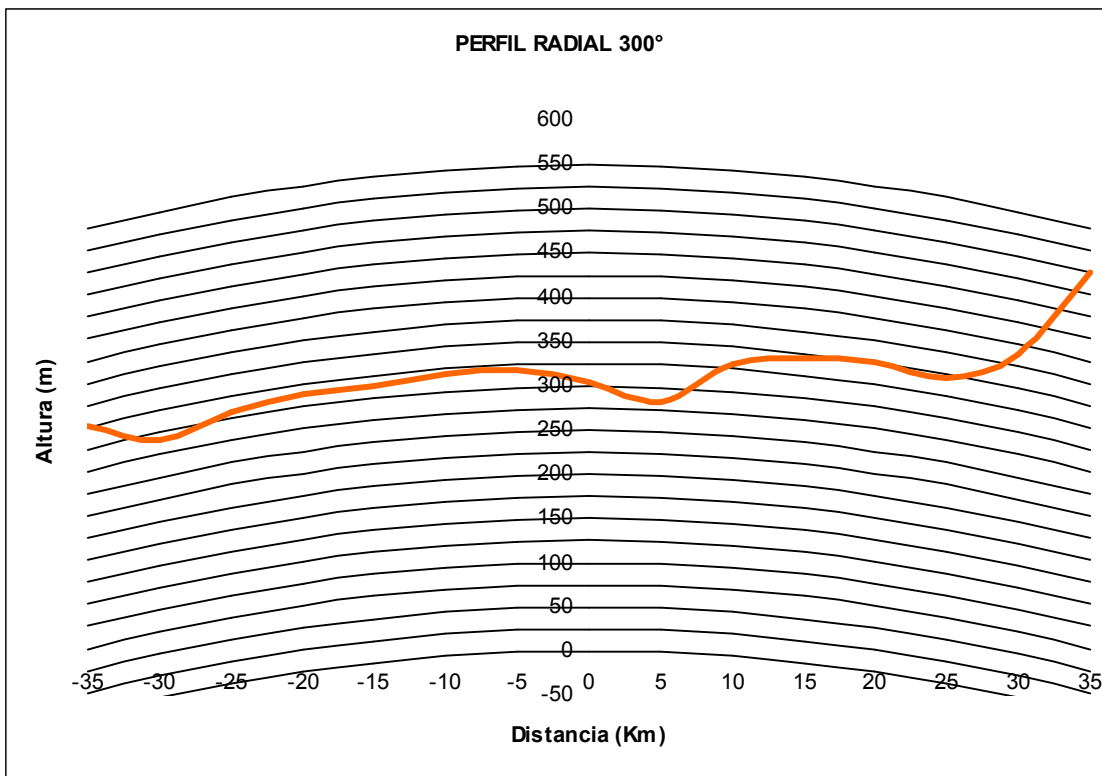






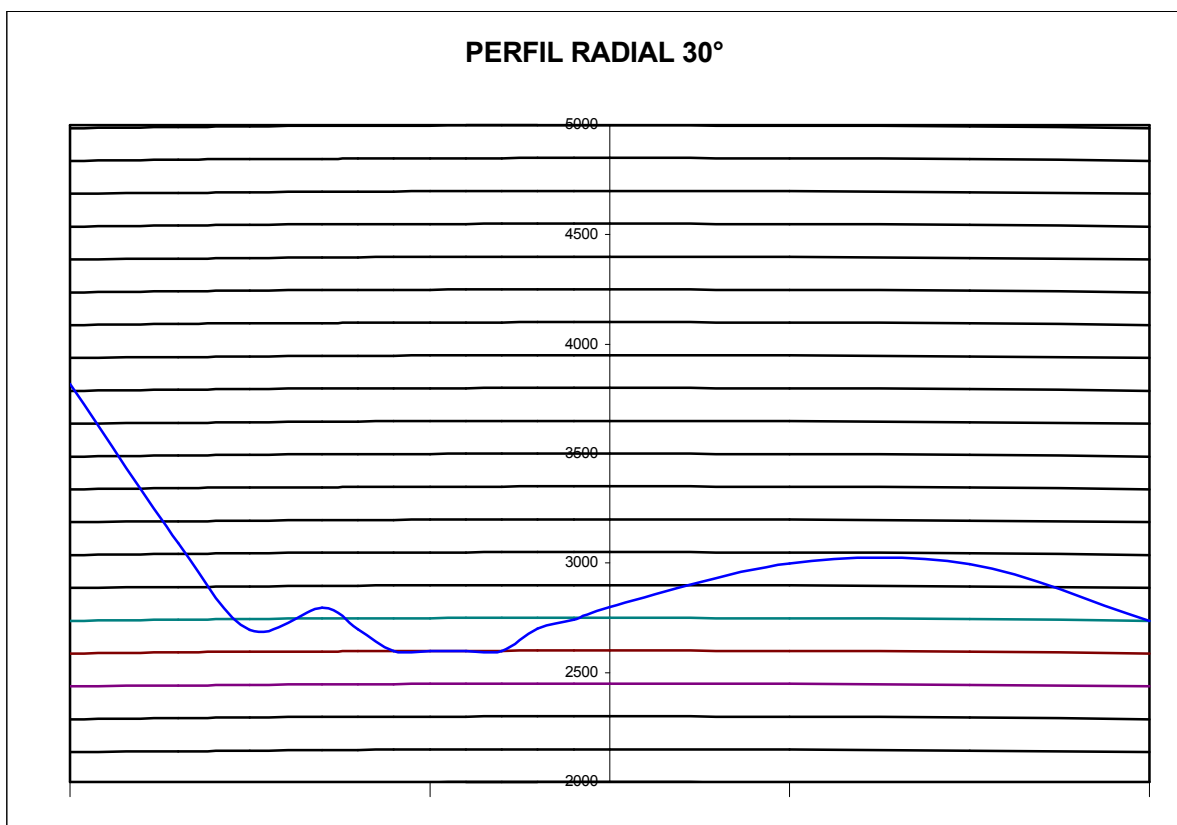
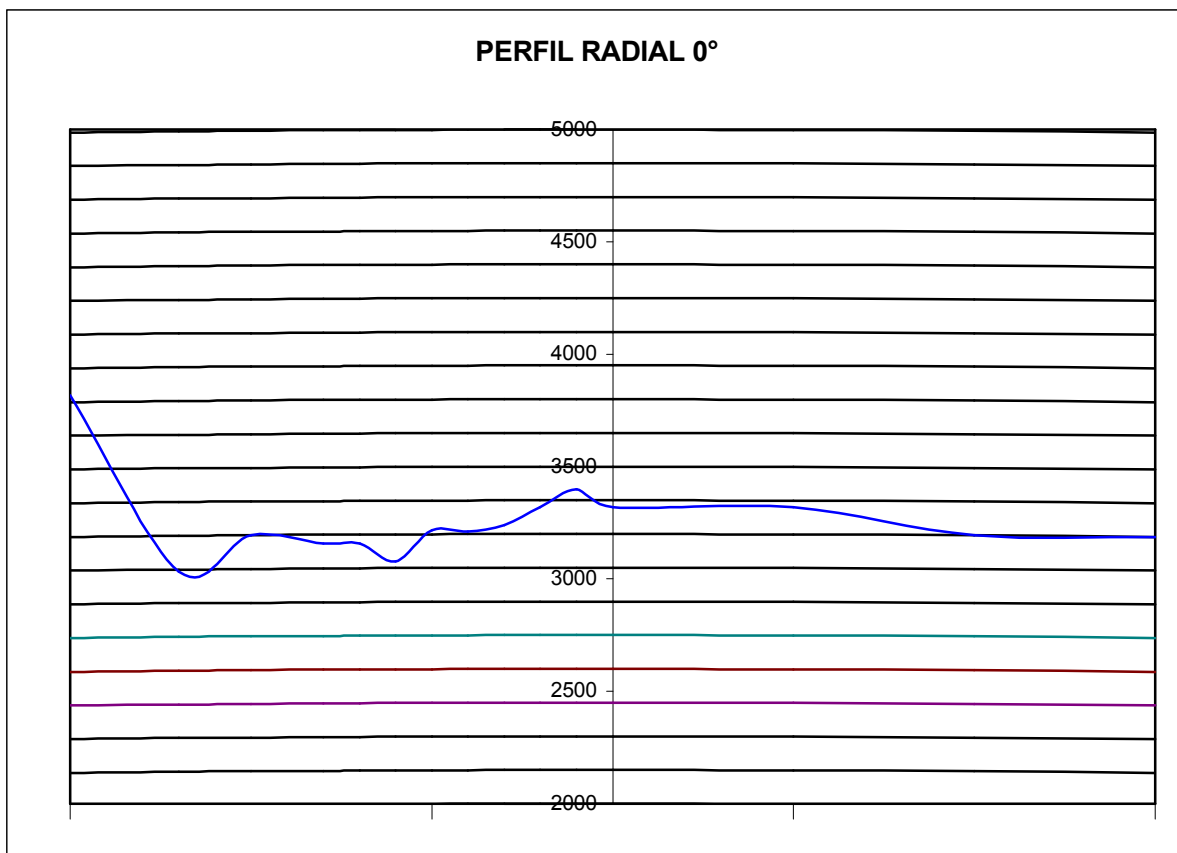


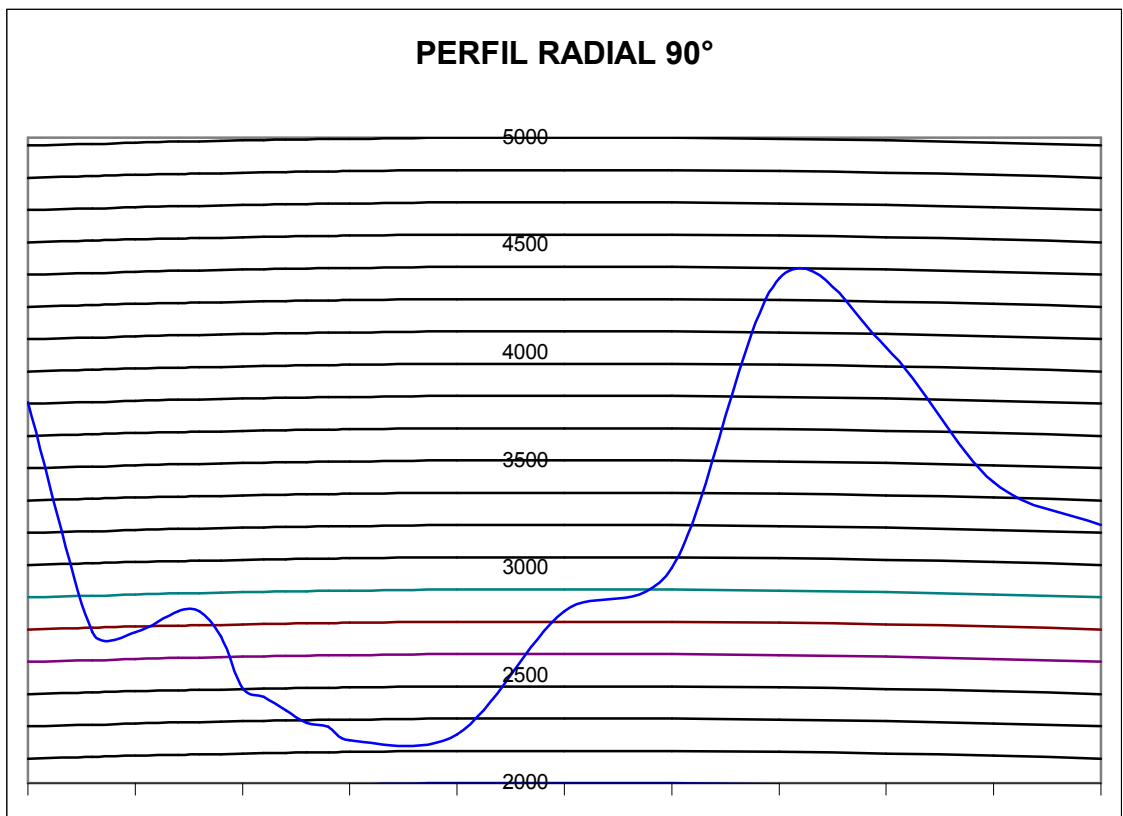
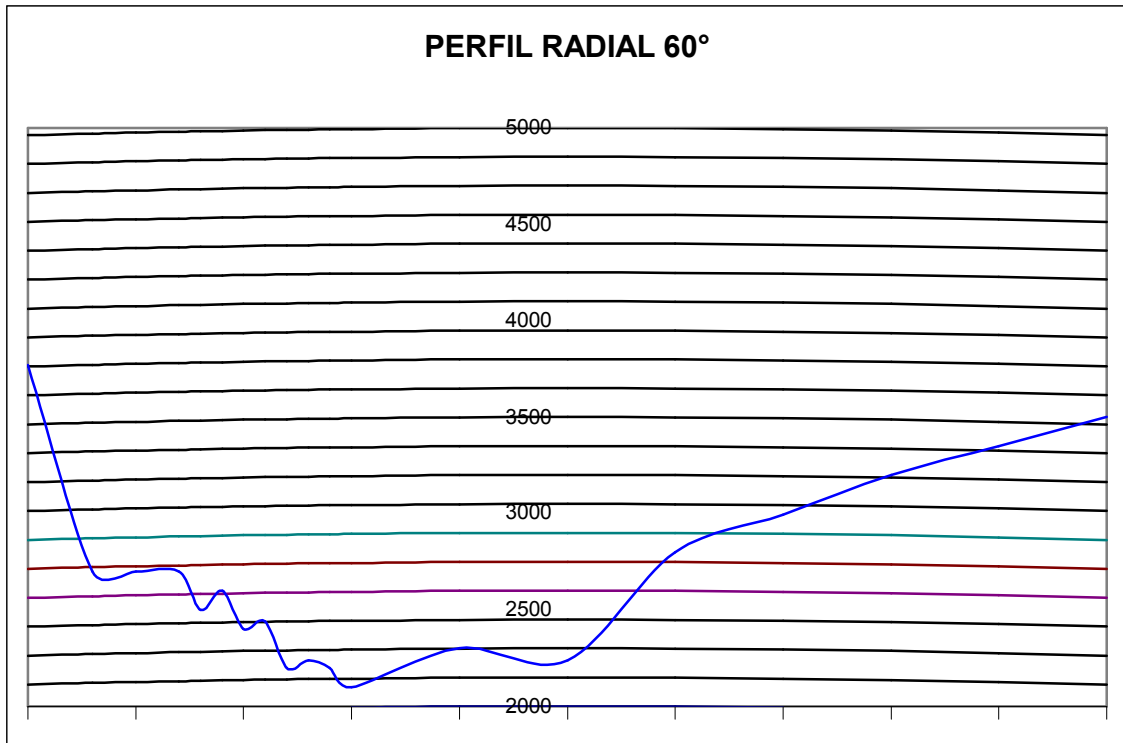


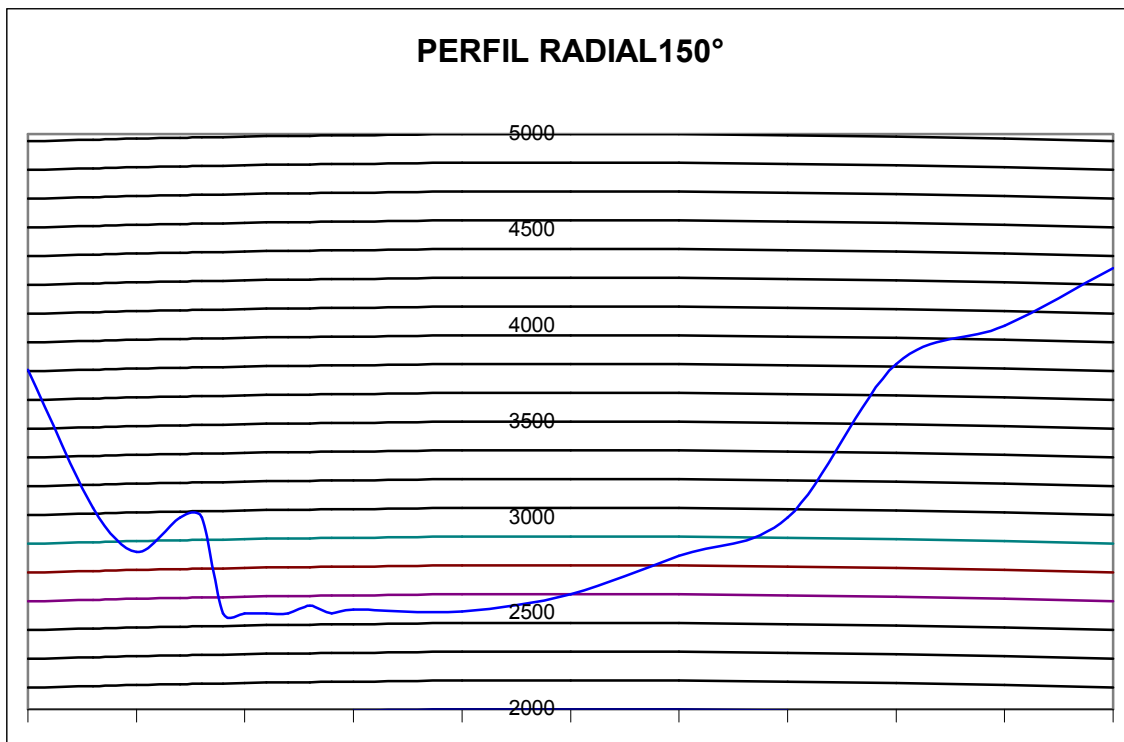
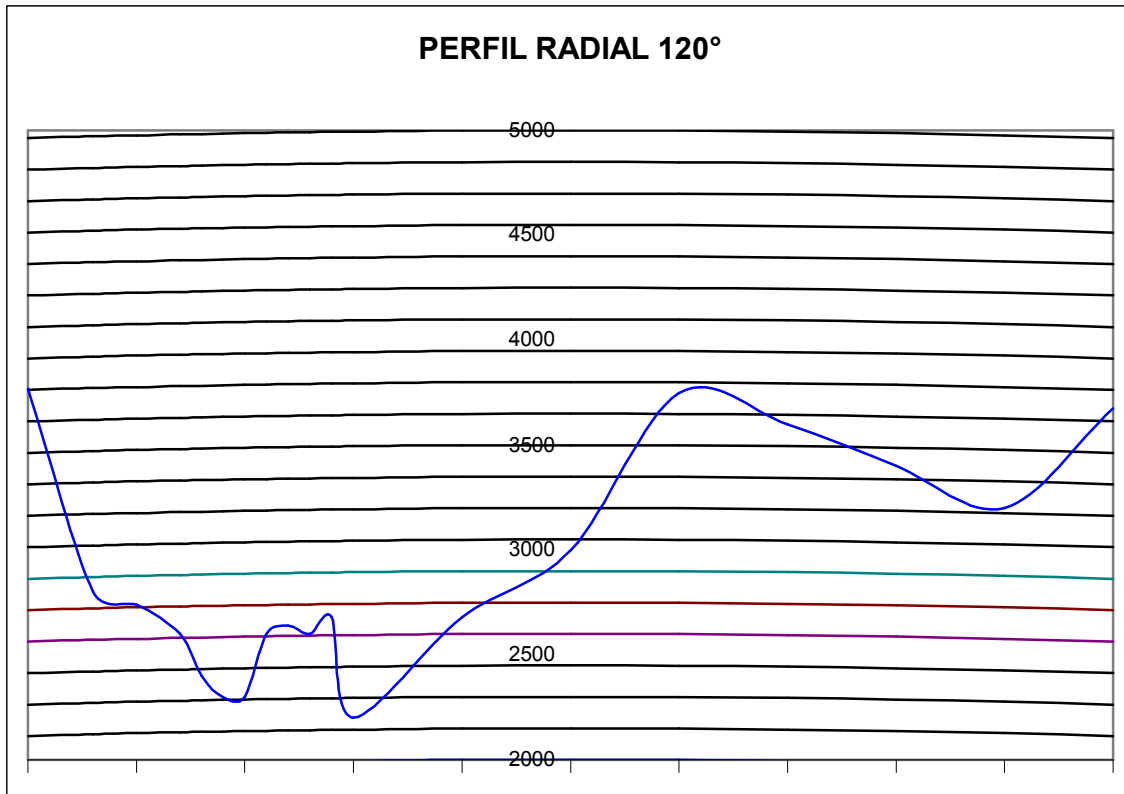


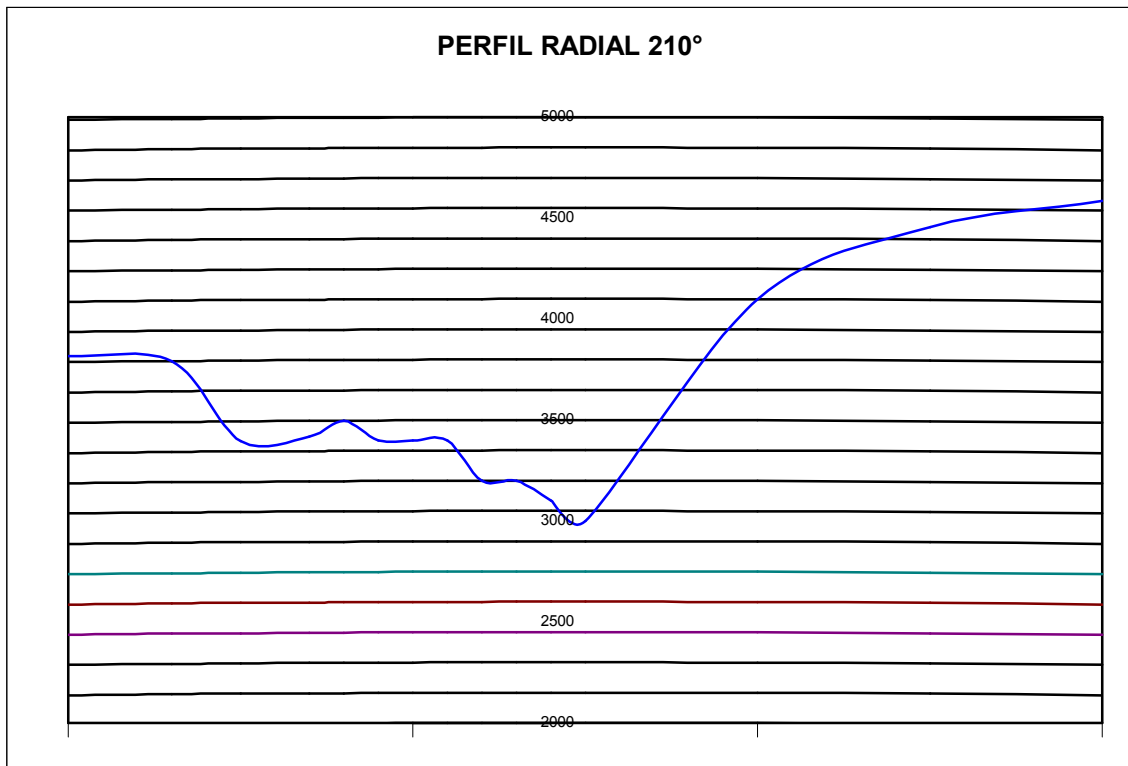
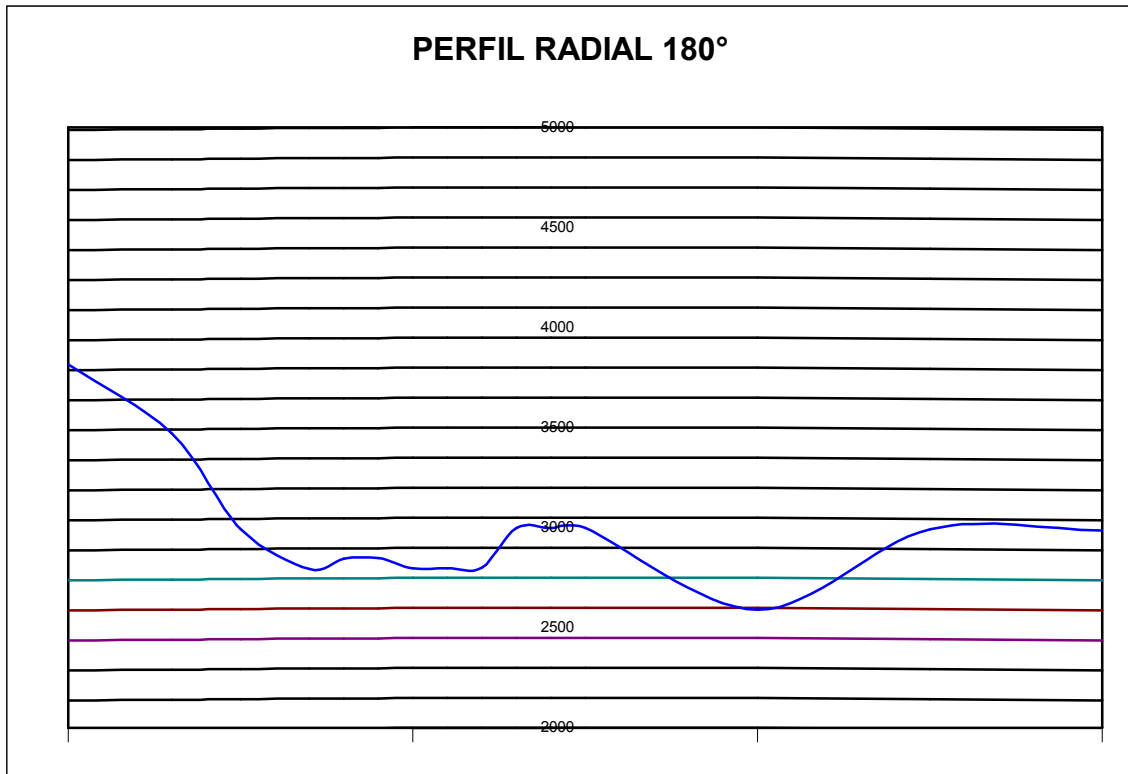
### SECCIÓN C2: PERFILES REGIÓN QUITO

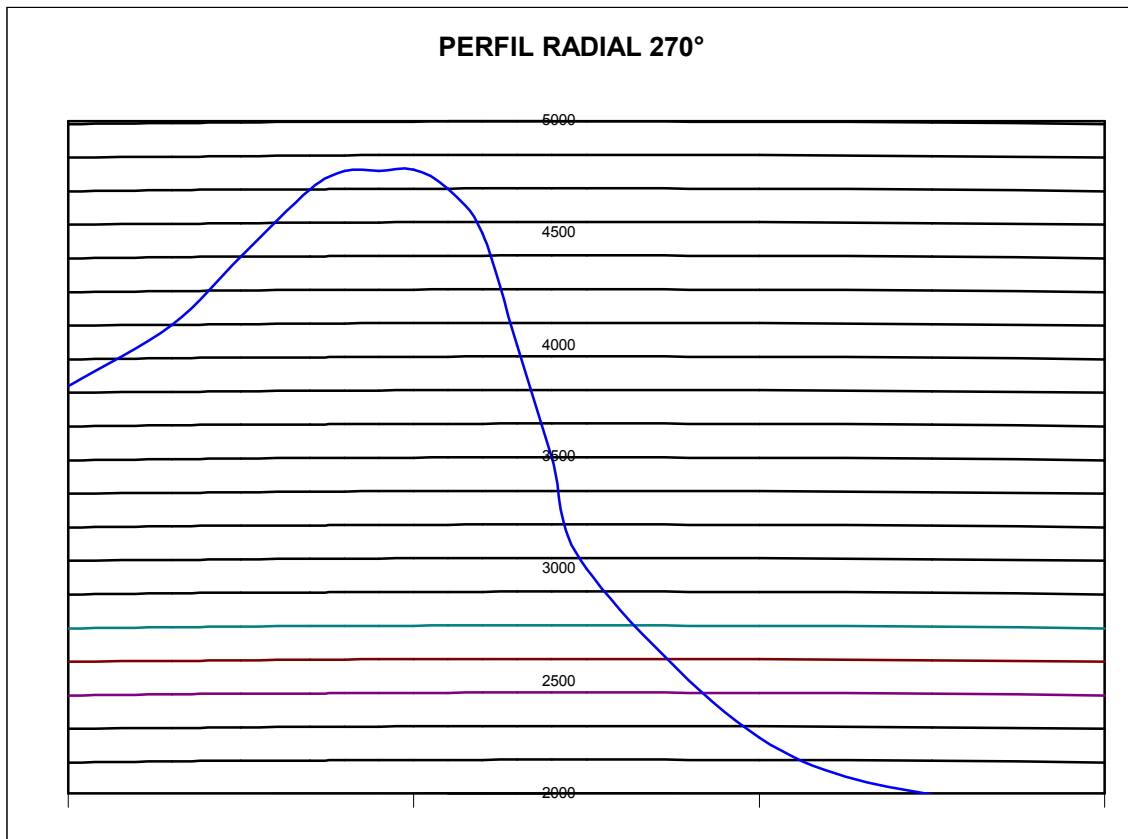
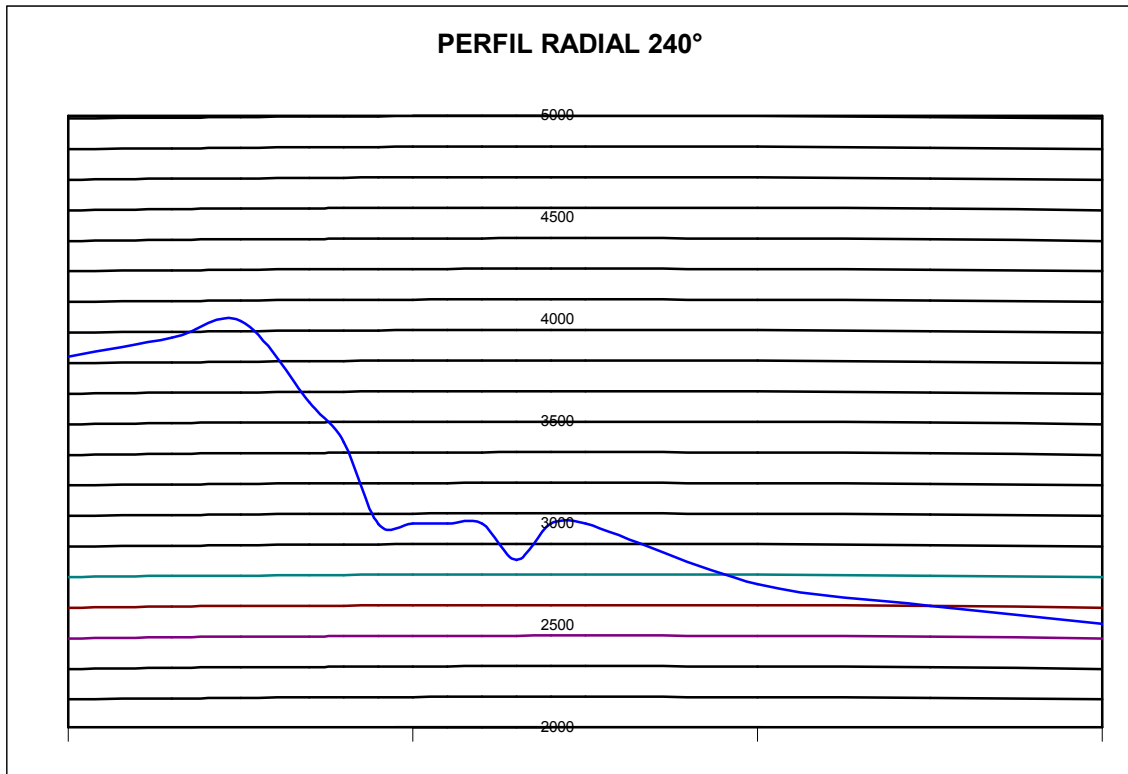
#### CERRO PICHINCHA

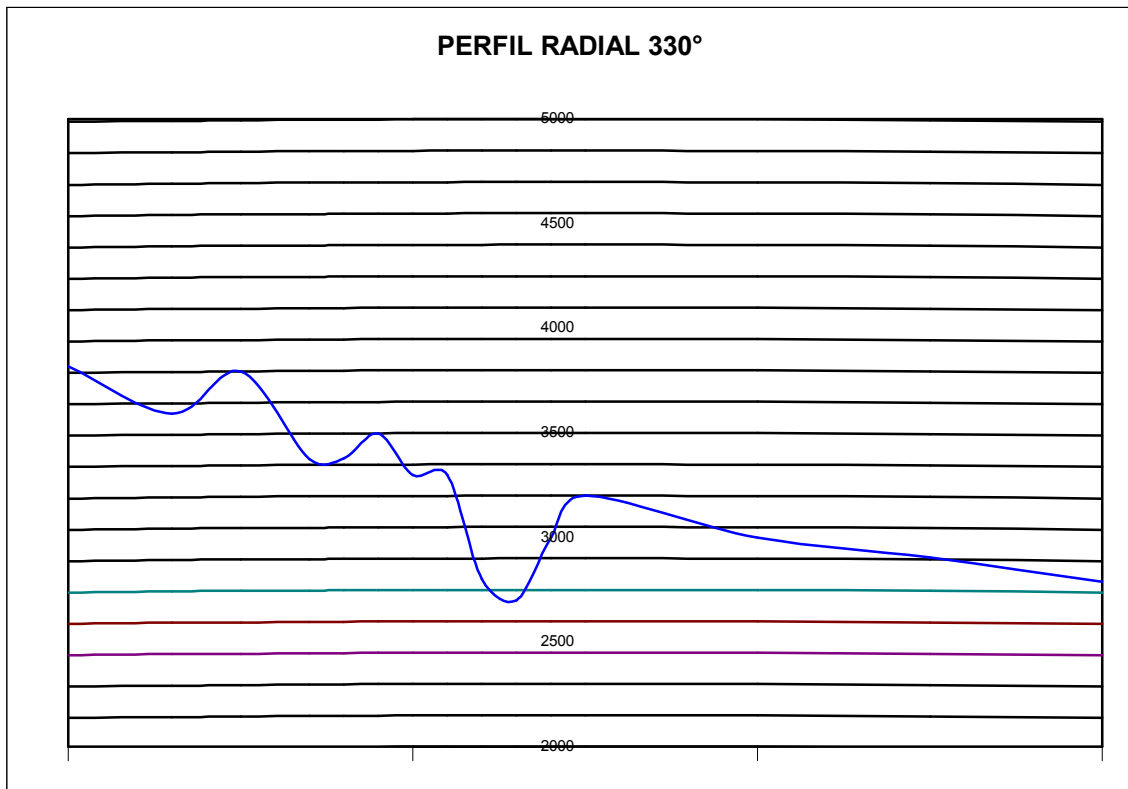
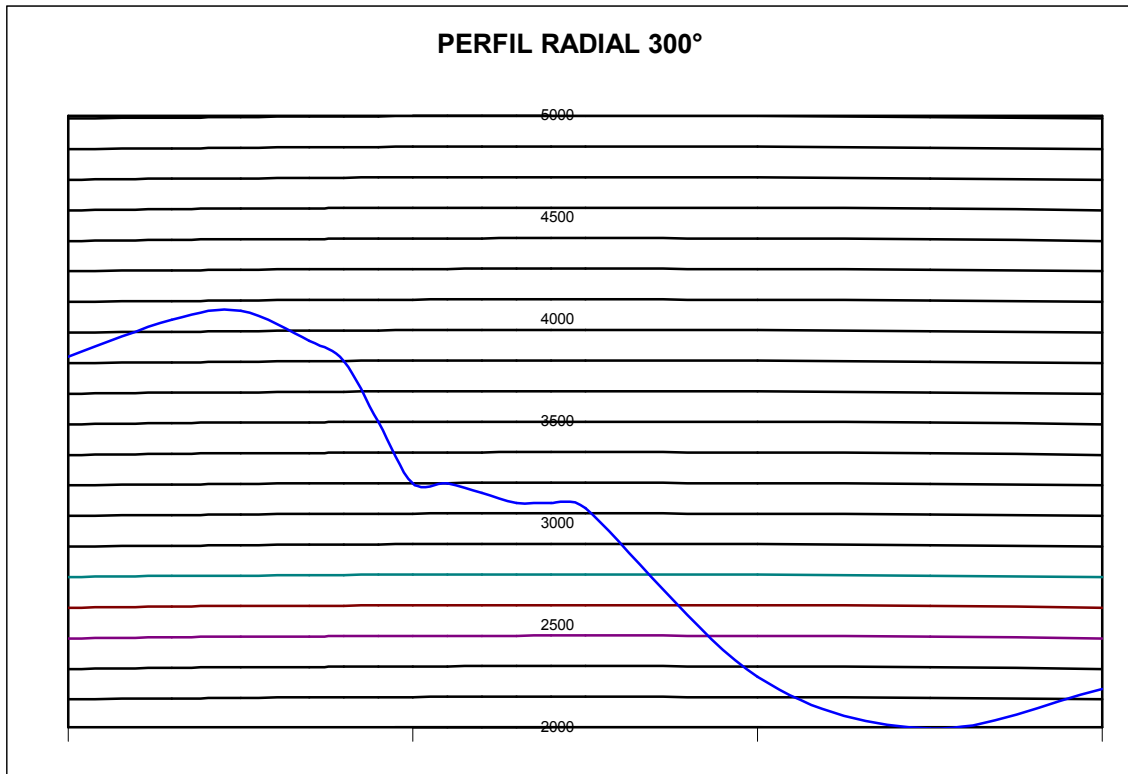




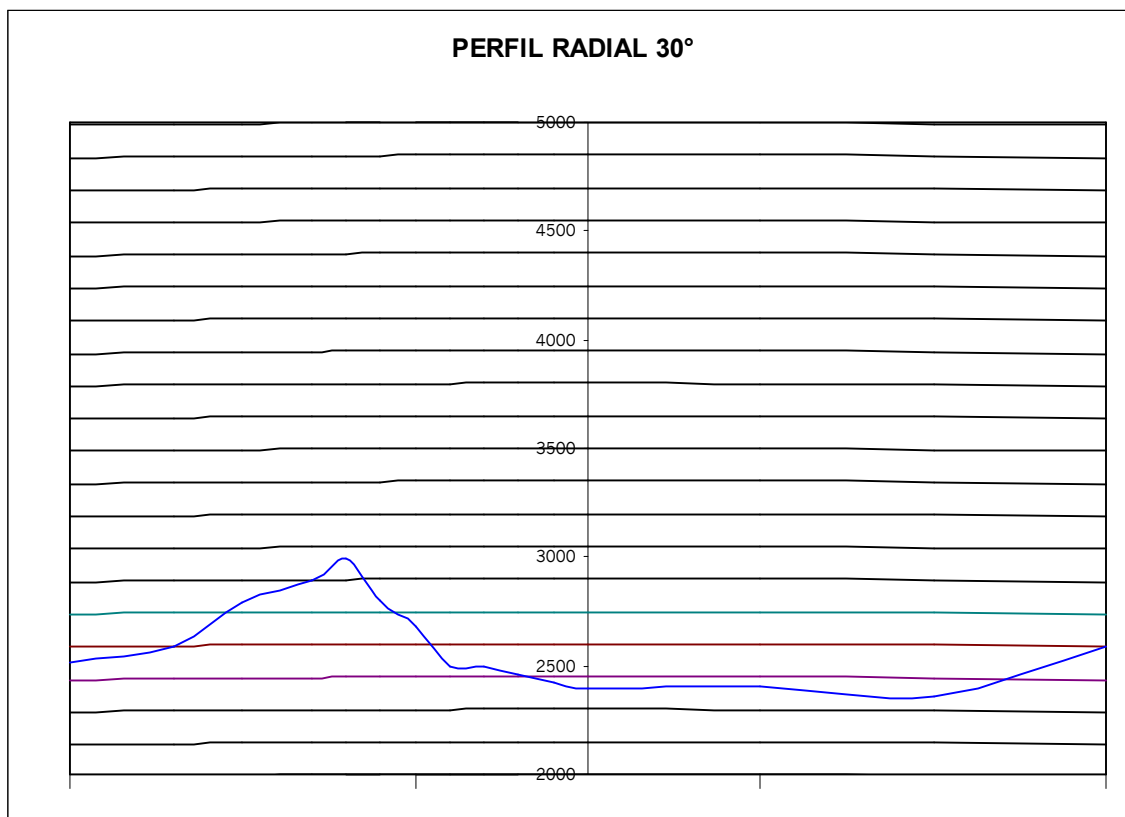
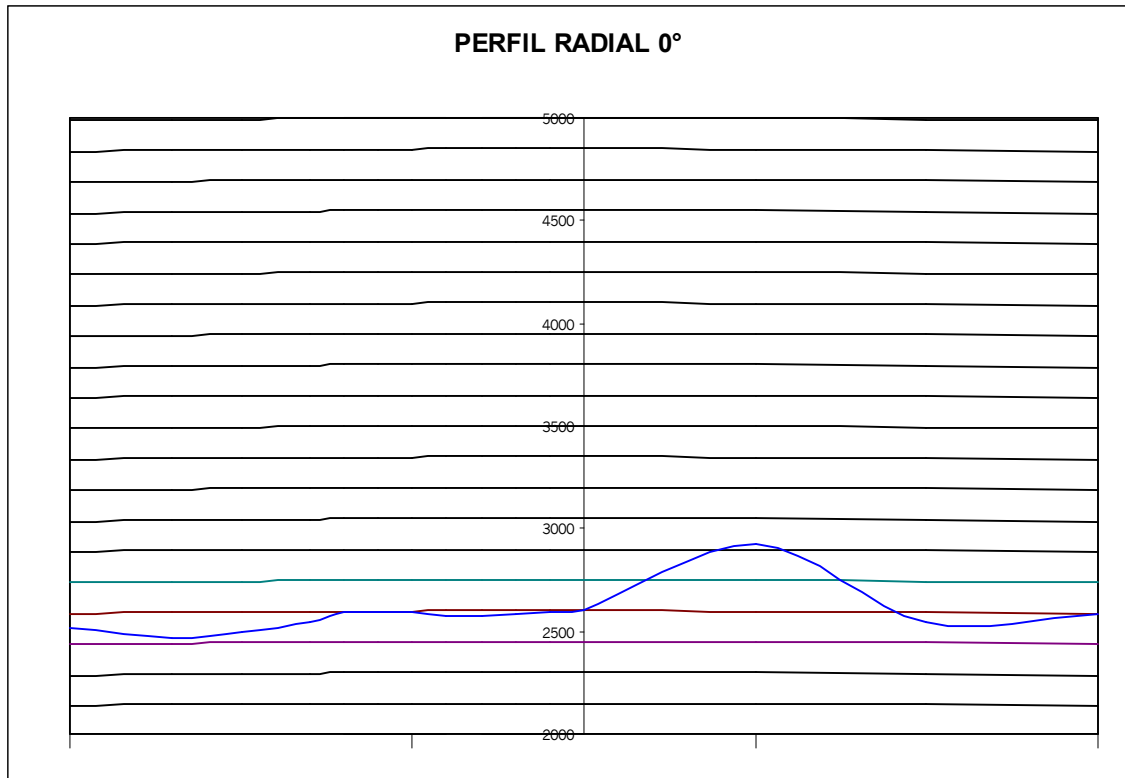




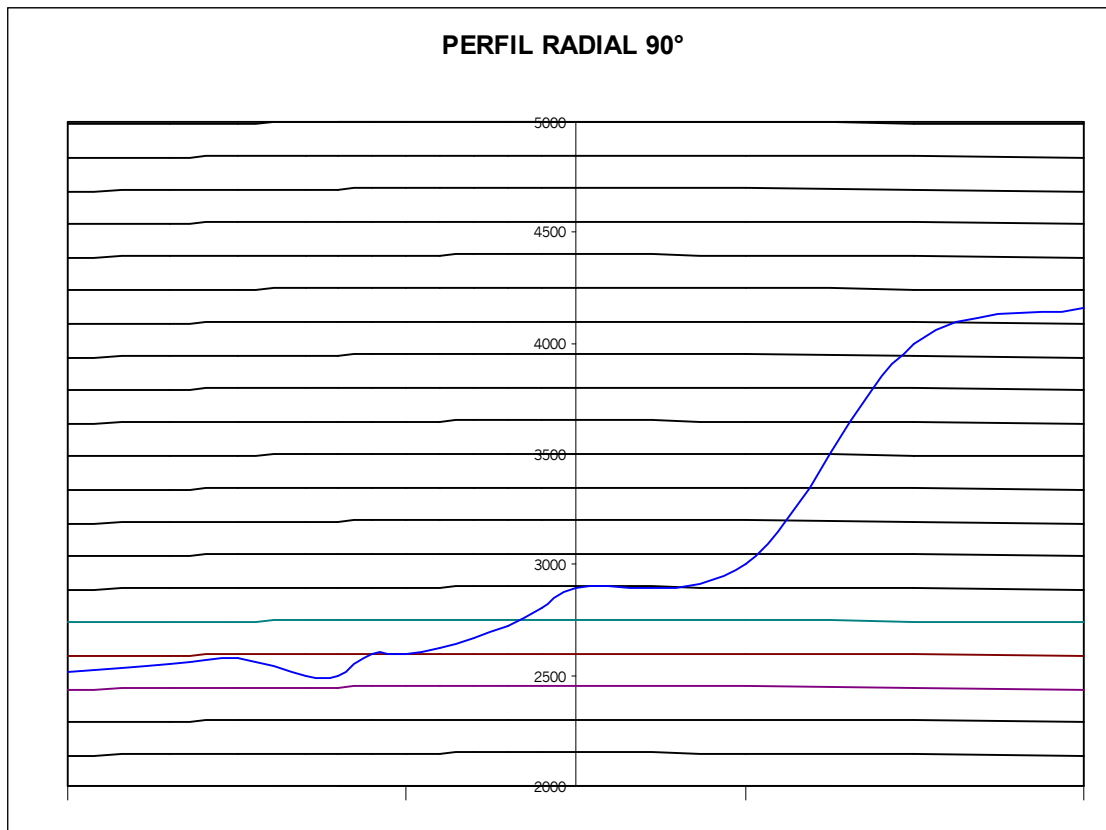
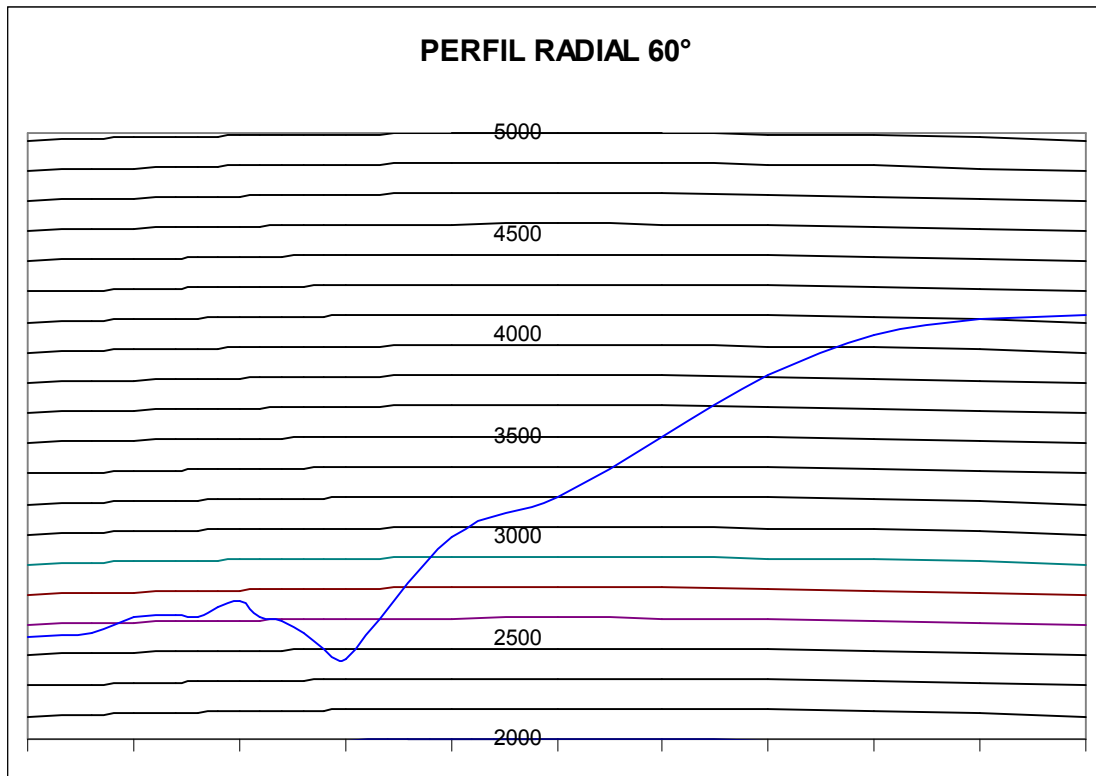


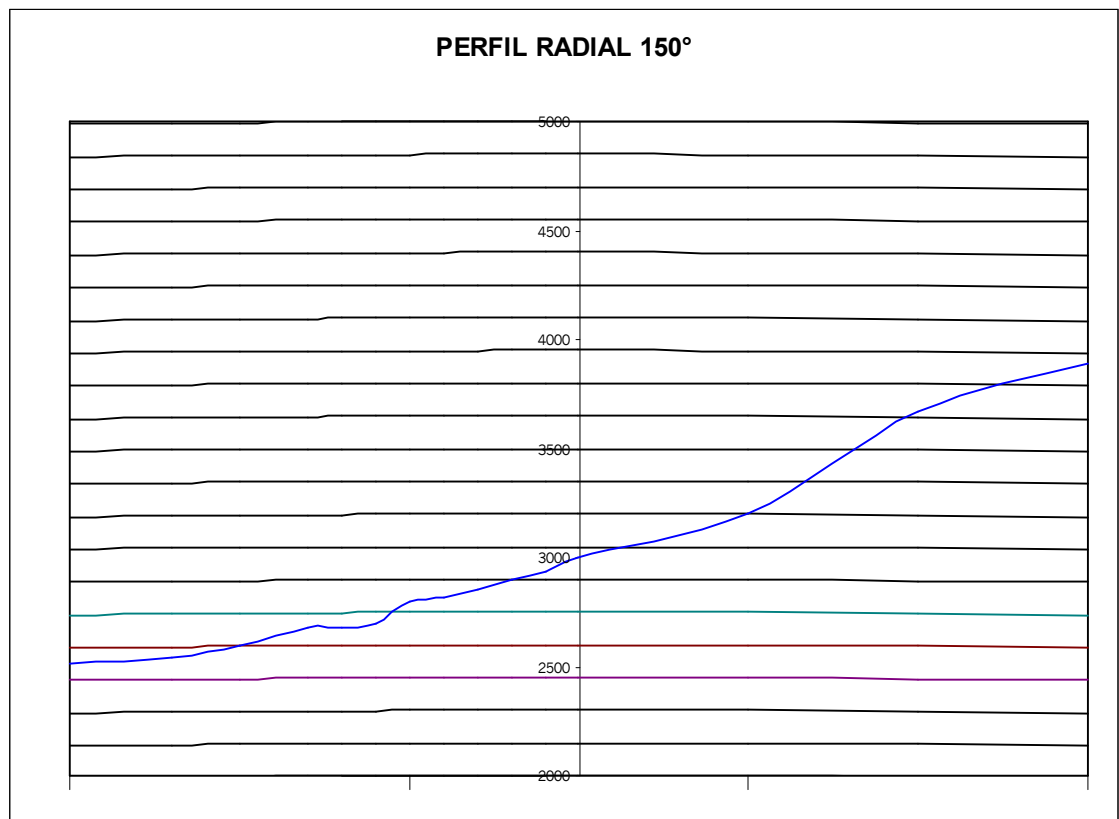
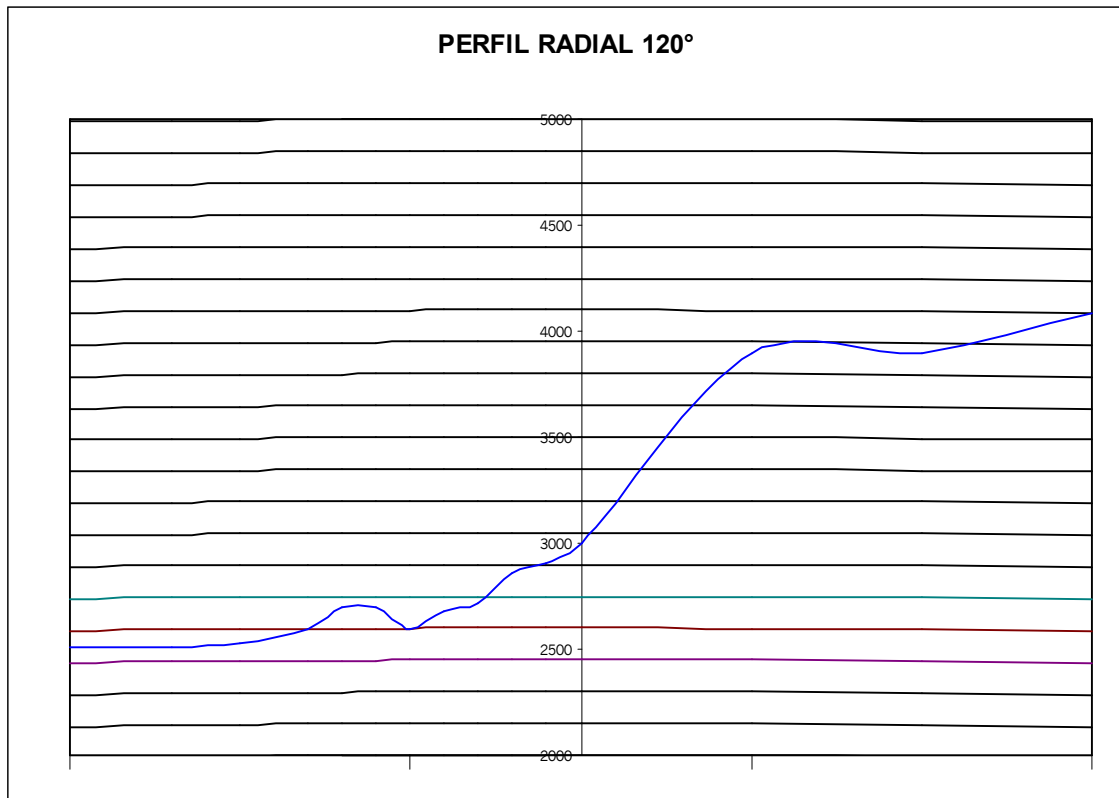


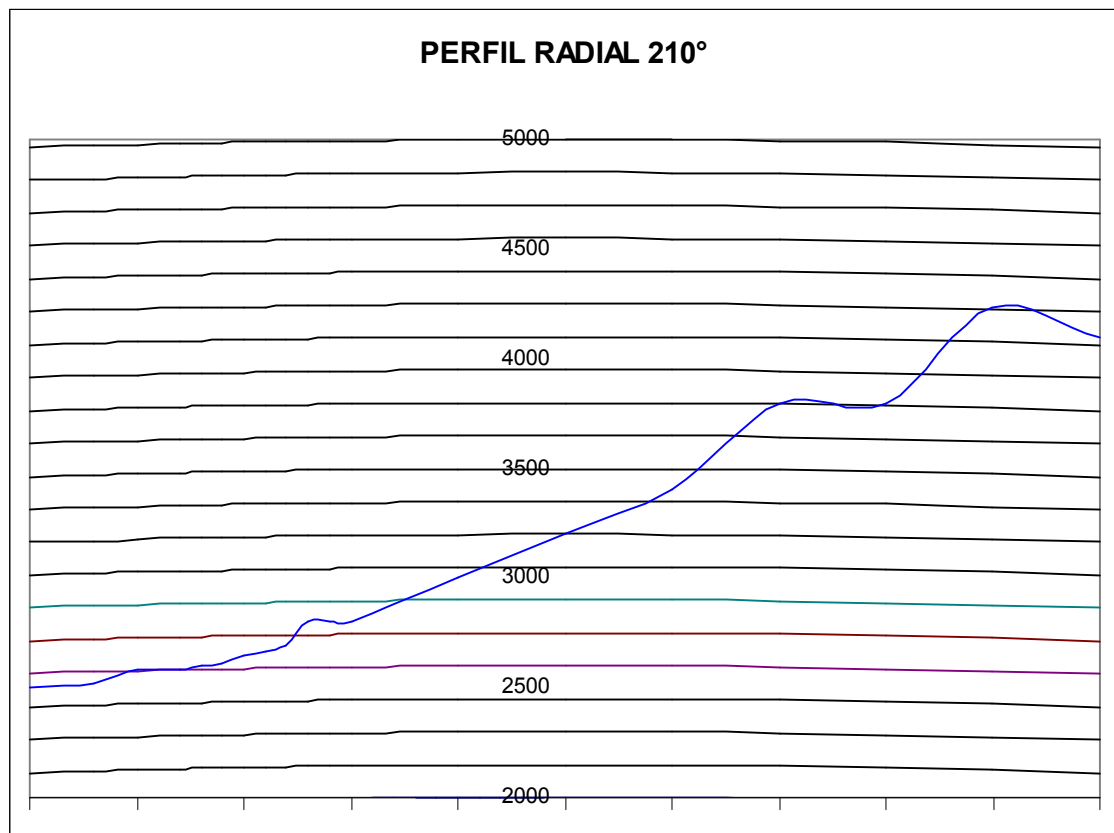
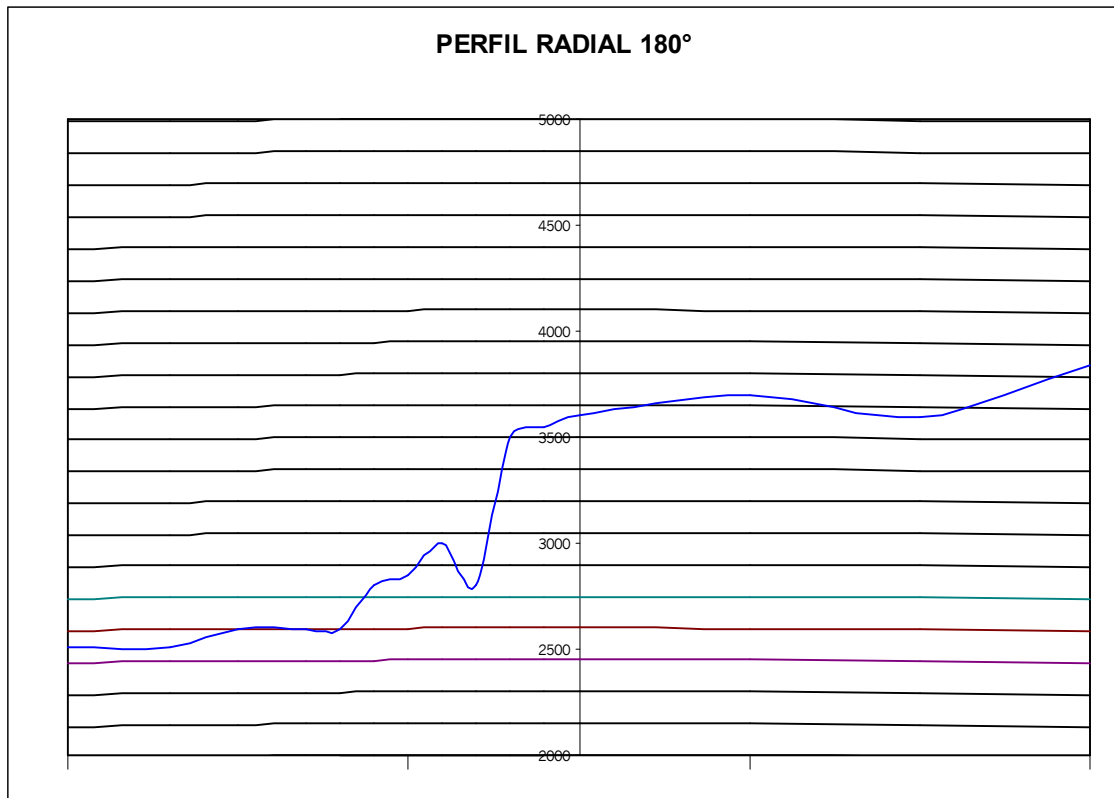
**SAN RAFAEL**

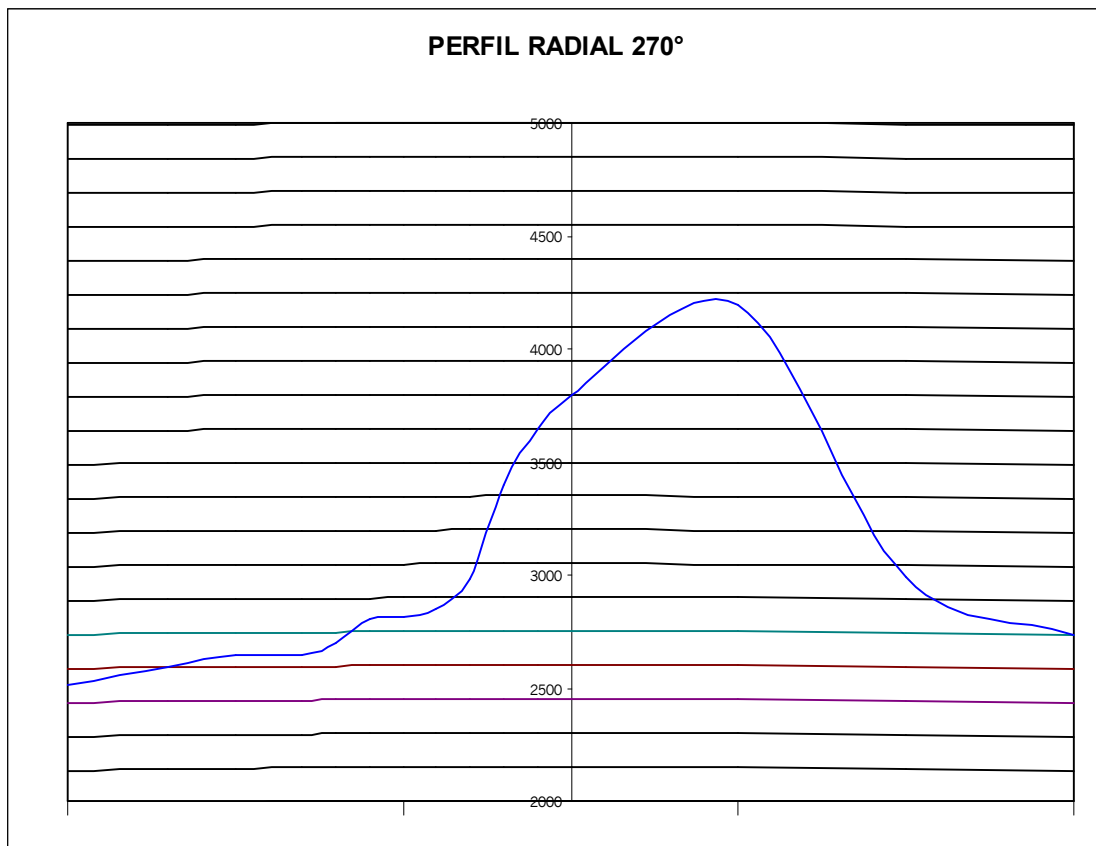
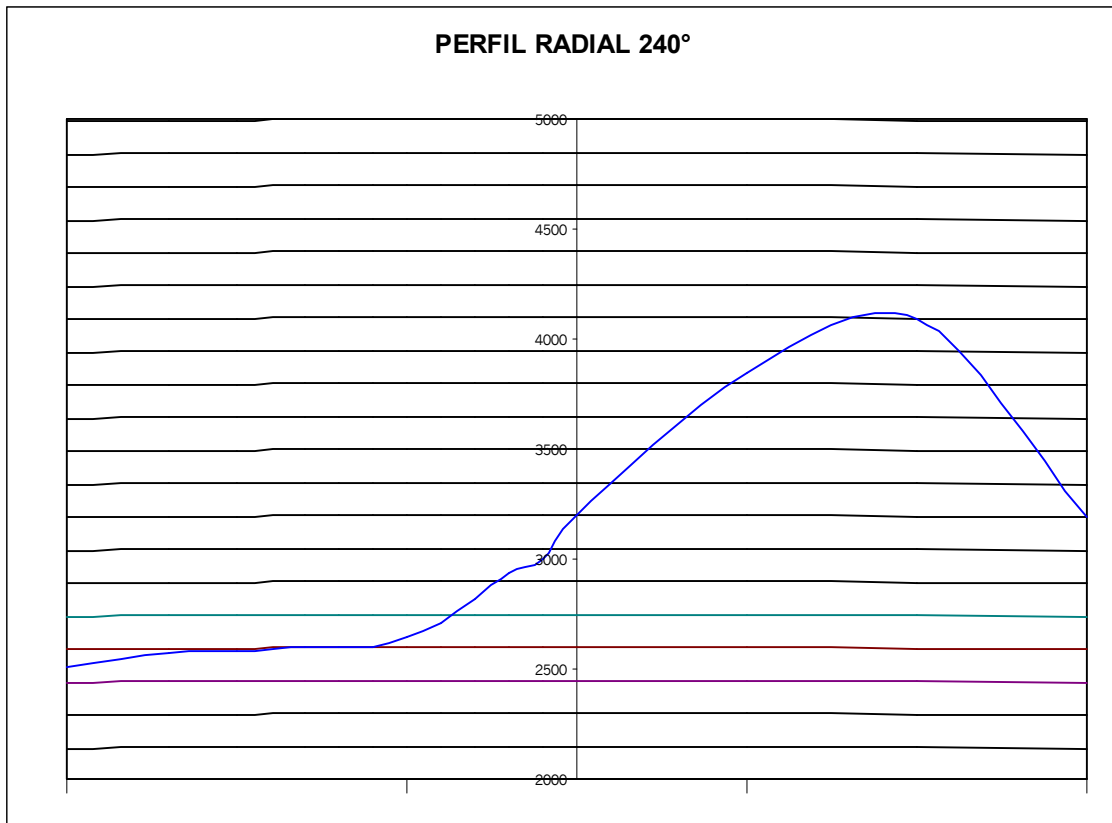


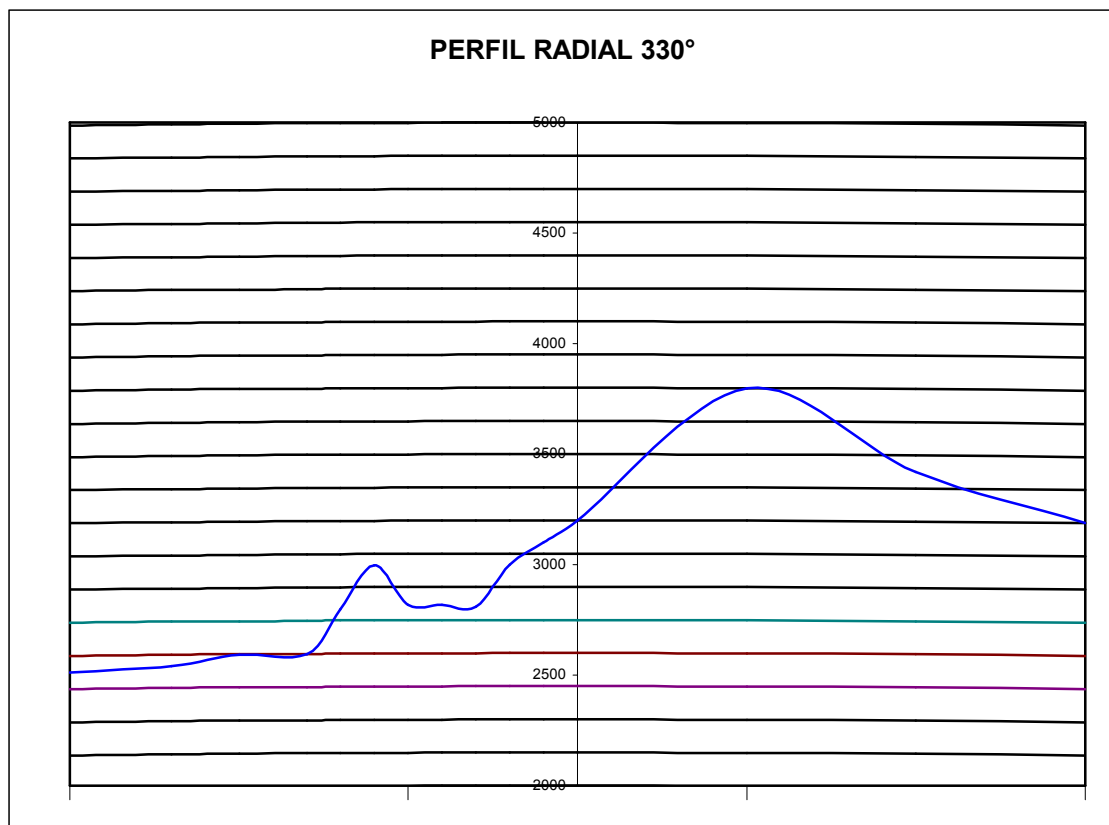
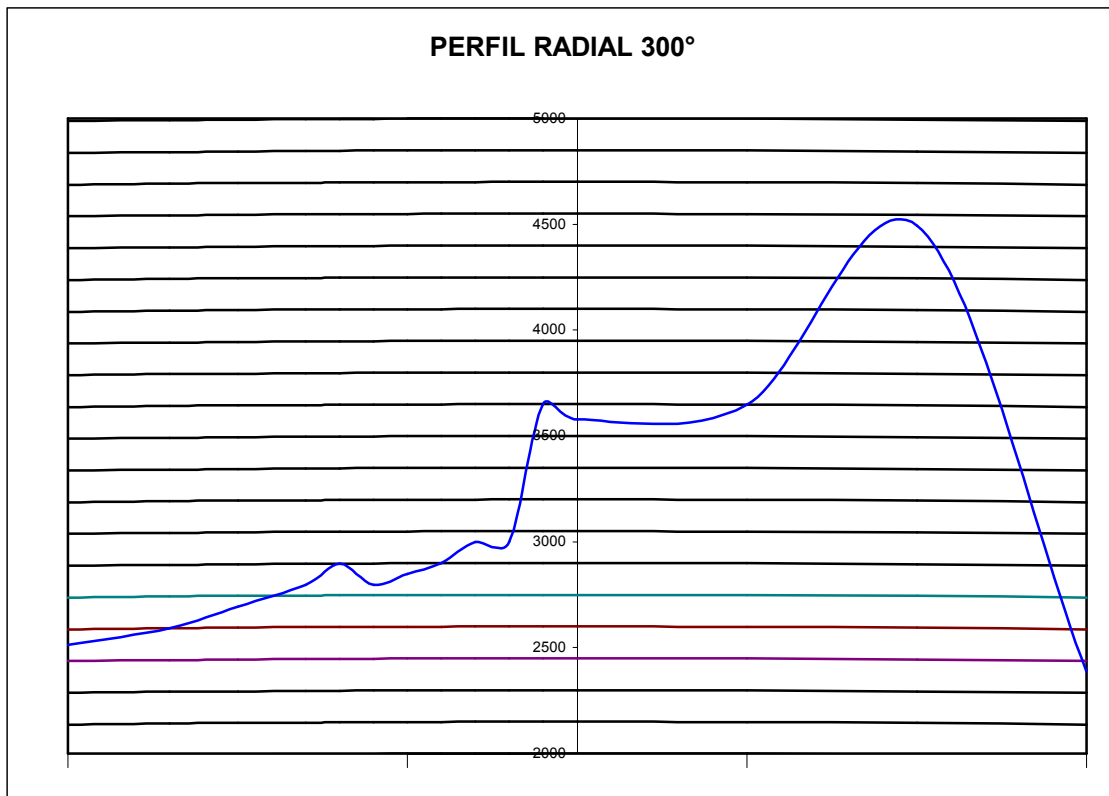












## ANEXO D

### EJEMPLO CÁLCULO DE COBERTURA

<b>SECCION D1: EJEMPLO DE COBERTURA ESTABLECIDA PARA SENATEL.....</b>	<b>II</b>
<b>SECCION D2: EJEMPLO DE COBERTURA PARA RADIOS MÓVILES .....</b>	<b>VI</b>
<b>SECCION D3: EJEMPLO DE COBERTURA PARA RADIOS PORTÁTILES .....</b>	<b>IX</b>

## SECCION D1: EJEMPLO DE COBERTURA ESTABLECIDA PARA SENATEL

Para el cálculo de cobertura tomaremos como ejemplo el sistema actual fijo móvil de VHF para la repetidora Auca y su radial de 0° para distintas distancias ya que estos cálculos son repetitivos, solo se explicaran los casos más comunes. El SENATEL ha establecido el valor de campo eléctrico de 38.5 dBuV/m como un límite para tener un nivel aceptable de servicio

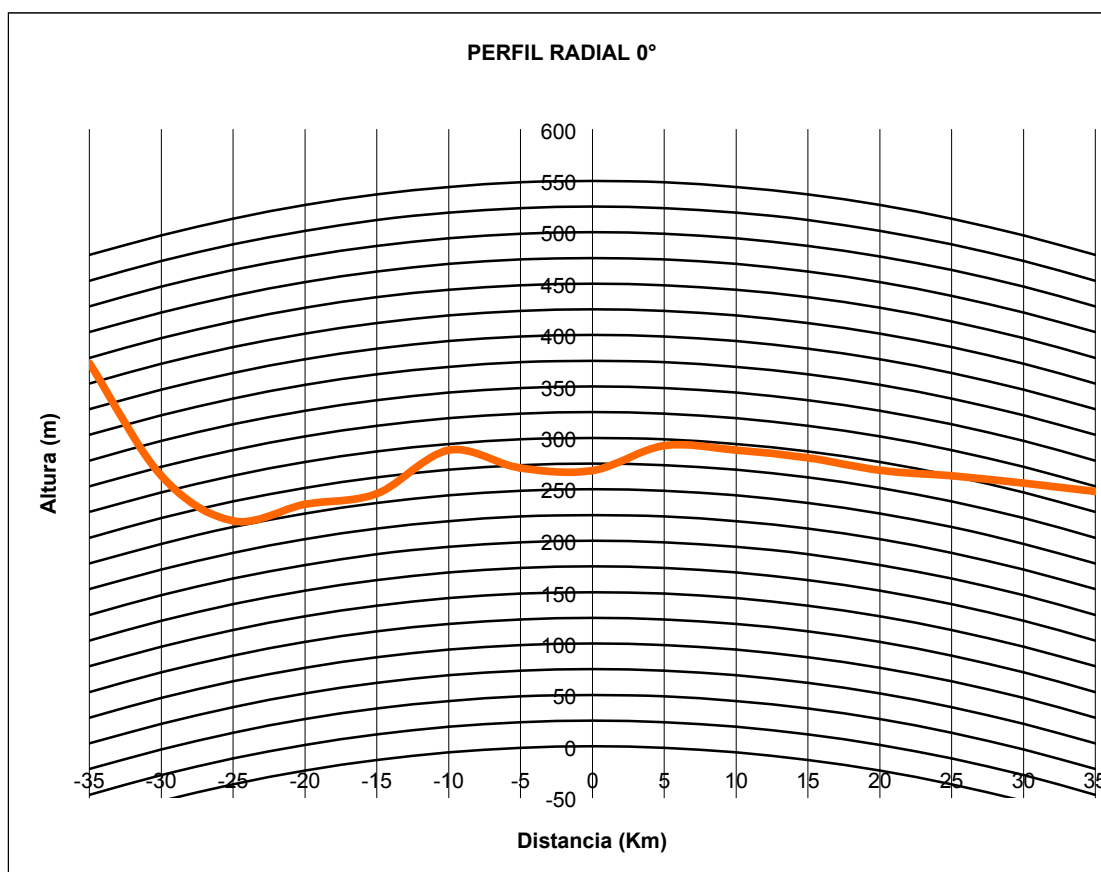


Figura. D.1 Perfil Auca en el radial 0°

La potencia de transmisión de la repetidora en Auca es de 100 (W), trabaja a una frecuencia de transmisión (f) de 162.075 (MHz), el Factor de Rugosidad (A) para bosques es 2.00, el Factor de Probabilidad (B) para áreas calientes y húmedas es 0.5 y el Factor de Conversión de Probabilidad (R) es de 99.99%

$$P_{Tx}(dB) = 10 \log(P_{Tx}(W))$$

$$P_{Tx}(dB) = 10 \log(100) = 20(dB)$$

Para los cálculos necesitamos el valor de la potencia radiada, esto es la potencia que emite la antena para esto hay que sumar a la potencia de transmisión, la ganancia de la antena y restar la atenuaciones por cable

$$\text{Ganancia de Antena de Transmisión} = (G_{TX}) = 6 \text{ (dB)}$$

La longitud del cables es de 125 (m), la perdida del cable es de 1.74 (dB/100m), entonces:

$$\text{Atenuación por cable} = 1.25 * 1.74 = 2.175 \text{ (dB)}$$

$$Prad \text{ (dB)} = G_{TX} + P_{TX} - \text{Aten.cable}$$

$$Prad \text{ (dB)} = 6 + 20 - 2.175 = 23.825 \text{ (dB)}$$

- o Cálculo del campo eléctrico en el radial 0° para un a distancia de 5 Km

Reemplazando los valores de la Potencia radiada y la distancia correspondiente en la ecuación ec.(0.1) tenemos:

$$E_o \left( dB \frac{\mu V}{m} \right) = 74.8 + 23.825 - 20 \log(5) = 84.64 \left( dB \frac{\mu V}{m} \right)$$

$$E = E_o - \text{Atenuaciones}$$

Donde la atenuación es el Margen de Desvanecimiento (FM), no hay atenuación por obstáculos debido a que se encuentra en línea de vista como se puede ver en la Figura.C.1. Usando la ec. (0.3) y reemplazando los valores, tenemos:

$$FM \text{ (dB)} = 30 \log(5) + 10 \log(6 * 2 * 0.5 * 162.075 / 1000) - 10 \log(1 - 0.9999) - 70$$

$$FM \text{ (dB)} = -9.15 \text{ (dB)}$$

Debido a que el valor de el margen de desvanecimiento es menor a cero, ya que es despreciable por lo tanto se la reemplaza este valor por cero, entonces



$$E = E_o - FM$$

$$E = 84.64 \left( dB \frac{\mu V}{m} \right) - 0(dB) = 84.64 \left( dB \frac{\mu V}{m} \right)$$

- Cálculo del campo eléctrico en el radial 0° para una distancia de 15 Km. Usando la ec. (0.1) y reemplazando los datos correspondientes, tenemos:

$$E_o \left( dB \frac{\mu V}{m} \right) = 74.8 + 23.825 - 20 \log(15) = 75.10 \left( dB \frac{\mu V}{m} \right)$$

$$E = E_o - \text{Atenuaciones}$$

Donde la atenuación es el Margen de Desvanecimiento (FM) que la calculamos usando la ec. (0.3), no hay atenuación por obstáculos debido a que se encuentra en línea de vista como se puede ver en la Figura. C.1.

$$FM(dB) = 30 \log(15) + 10 \log(6 * 2 * 0.5 * 162.075 / 1000) - 10 \log(1 - 0.9999) - 70$$

$$FM(dB) = 5.16(dB)$$

$$E = E_o - FM$$

$$E = 75.10 \left( dB \frac{\mu V}{m} \right) - 5.16(dB) = 69.94 \left( dB \frac{\mu V}{m} \right)$$

- Cálculo del campo eléctrico en el radial 0° con distancia de 30 Km. Usando la ec. (0.1) y reemplazando los datos correspondientes, tenemos

$$E_o \left( dB \frac{\mu V}{m} \right) = 74.8 + 23.825 - 20 \log(30) = 69.08 \left( dB \frac{\mu V}{m} \right)$$

$$E = E_o - \text{Atenuaciones}$$

Donde la atenuación es el Margen de Desvanecimiento (FM) que la calculamos usando la ec. (0.3) y atenuación por obstáculos

$$FM(dB) = 30 \log(30) + 10 \log(6 * 2 * 0.5 * 162.075 / 1000) - 10 \log(1 - 0.9999) - 70$$

$$FM(dB) = 14.19(dB)$$

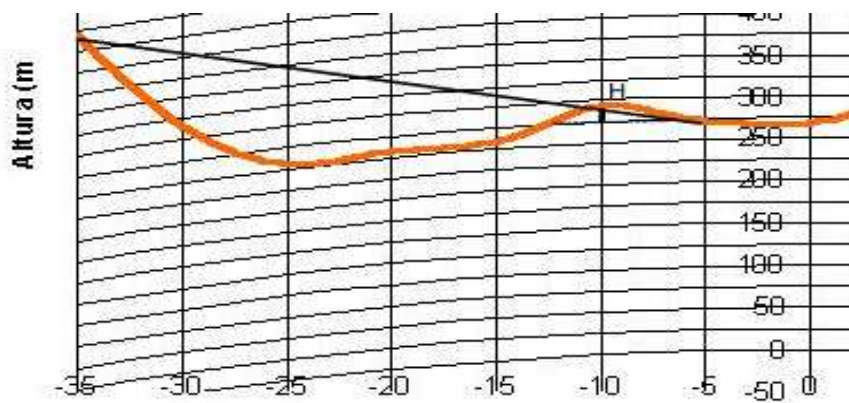


Figura. D.2. Trazo de trayectoria a 25 Km

Como podemos observar en la Figura. C.2. a los 25 Km la trayectoria de propagación encuentra un obstáculo, para calcular la atenuación producida por este en el nomograma respectivo para este caso ubicamos los siguientes datos

H = 10 (m)  
 d1 = 25 (m)  
 d2 = 5 (m)

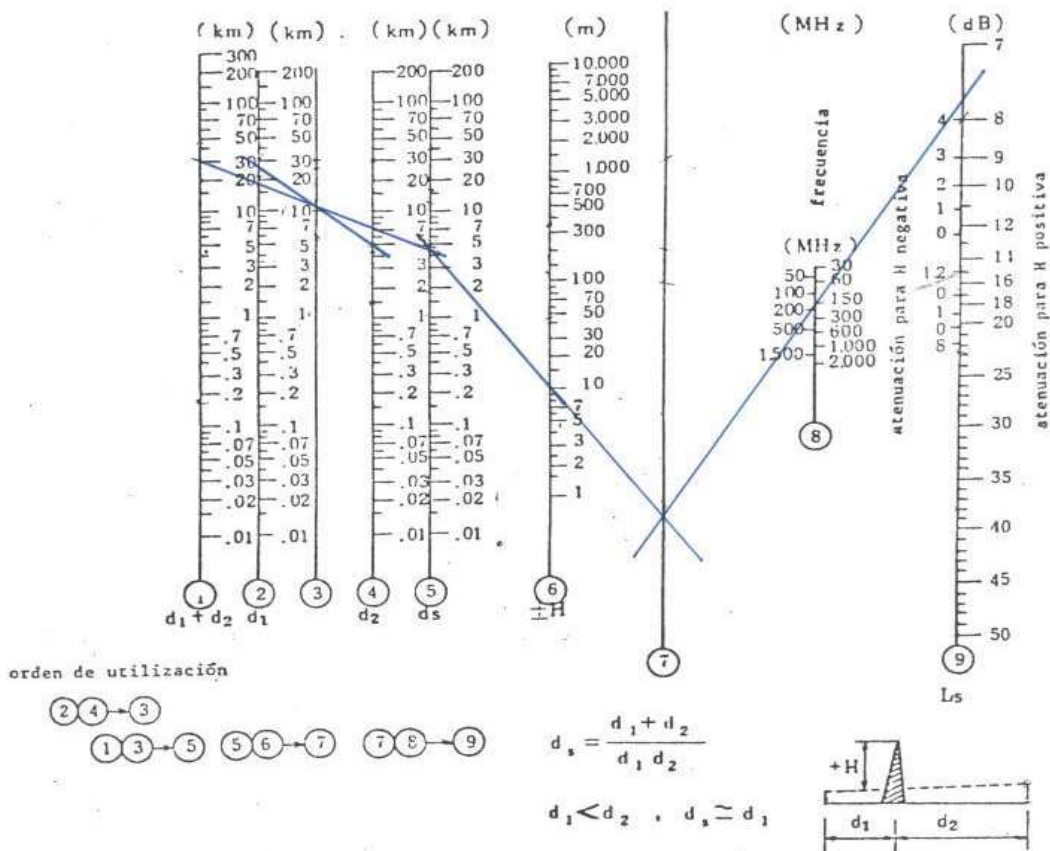


Figura. D.3. Calculo atenuación obstáculos en Nomograma

Aten.Obs = 7.8 (dB)

$$E = E_o - FM - Aten.Obs$$

$$E = 69.08 \left( dB \frac{\mu V}{m} \right) - 14.19(dB) - 7.8(dB) = 47.09 \left( dB \frac{\mu V}{m} \right)$$

## SECCION D2: EJEMPLO DE COBERTURA PARA RADIOS MÓVILES

En este caso tomamos en cuenta que el parámetro para determinar el radio máximo de cobertura es la SENSIBILIDAD del receptor, correspondiente a la repetidora del sistema VHF, que para los equipos utilizados es de  $0.35\mu V$  a una frecuencia de trabajo (f) de 167.075 (MHz), donde la sensibilidad es transformada a campo eléctrico de la siguiente manera:

$$Pr \lim(W) = \frac{V^2}{Z} = \frac{(0.35 * 10^{-6})^2}{50} = 2.45 * 10^{-15}$$

$$Pr \lim(mW) = 2.45 * 10^{-12}$$

$$Pr \lim(dBm) = 10 \log(2.45 * 10^{-12}) = -116.11$$

$$E = Pr \lim(dBm) + 20 \log f + 167.21$$

$$E = -116.11 + 20 \log \left( \frac{167.075}{1000} \right) + 167.21$$

Donde  $E = 35.55 \left( \frac{dB\mu V}{m} \right)$ ; hasta este valor existe comunicación.

Además de los parámetros tomados en cuenta para el cálculo de cobertura pedido por la SENATEL, se deben tener en cuenta la potencia y frecuencia del transmisor, que corresponden a los equipos de Radio Móvil y también la Ganancia de la antena de recepción. Para este cálculo tendremos en cuenta a la repetidora Auca en su radial de  $0^\circ$  para distancias de 5, 15 y 30 Km.

La potencia de transmisión de los equipos Móviles es de 40(W), con una ganancia de antena de 3(dB), mientras que la ganancia en el receptor de 6(dB), el Factor de Rugosidad (A) para bosques es 2.00, el Factor de Probabilidad (B) para áreas calientes y húmedas es 0.5 y el Factor de Conversión de Probabilidad (R) es de 99.99%

$$P_{Tx}(dB) = 10 \log(P_{Tx}(W))$$

$$P_{Tx}(dB) = 10 \log(40) = 16.02(dB)$$

Para obtener la potencia de recepción en cada una de las distancias deseadas ocupamos la ecuación general del un enlace:

$$Pr(dBm) = P_{TX}(dB) + G_{TX}(dB) + G_{RX}(dB) - FSL(dB) - \text{Atenuaciones}(dB)$$

donde,  $\text{Atenuaciones}(dB) = \text{Aten.Obst}(dB) + FM(dB) + \text{Aten.Cables}$

Las atenuaciones por cable se encuentran en la repetidora VHF y en cable de conexión de la antena con el equipo transmisor en el móvil.

La pérdida del cable es 1.74 (dB/100m), en donde, para la repetidora la longitud del cable es de 125 (m) y en el móvil se maneja una longitud de 2(m), entonces:

$$\text{Atenuación por cable}_{TX} = 1.25 * 1.74 = 2.175(dB)$$

$$\text{Atenuación por cable}_{RX} = 0.02 * 1.74 = 0.0348(dB)$$

- o Cálculo del campo eléctrico en el radial 0° para una distancia de 5 Km

Donde la atenuación es el Margen de Desvanecimiento (FM) usando la ec. (0.3), más la atenuación por cables, no hay atenuación por obstáculos debido a que se encuentra en línea de vista como se puede ver en la Figura C.1.

$$FM(dB) = -9.15(dB)$$

tomamos:  $FM(dB) = 0$

$$\text{Atenuaciones}(dB) = FM(dB) + \text{Aten.Obst}(dB) + \text{Aten.Cables}(dB)$$

$$\text{Atenuaciones}(dB) = 0 + 0 + 2.175 + 0.0348(dB)$$

$$\text{Atenuaciones}(dB) = 2.2098(dB)$$

$$FSL(dB) = 32.44 + 20 \log(R) + 20 \log(f)$$

$$FSL(dB) = 32.44 + 20 \log(5) + 20 \log(167.075)$$

$$FSL(dB) = 90.93(dB)$$

Finalmente reemplazando en la ecuación ec. (0.5):

$$Pr(dBm) = 16.02(dB) + 6(dB) + 3(dB) - 90.93(dB) - 2.2098(dB)$$

tenemos:

$$Pr(dBm) = -68.12 \text{ y } E(dB\mu V/m) = 83.53 \text{ (Está dentro del área de cobertura)}$$

- o Cálculo del campo eléctrico en el radial 0° para una distancia de 15 Km

No existe atenuación por obstáculos, entonces

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

$$FM(dB) = 5.29(dB)$$

$$Atenuaciones(dB) = FM(dB) + Aten.Obst(dB) + Aten.Cables(dB)$$

$$Atenuaciones(dB) = 5.29 + 0 + 2.175 + 0.0348(dB)$$

$$Atenuaciones(dB) = 7.5(dB)$$

$$FSL(dB) = 32.44 + 20 \log(R) + 20 \log(f)$$

$$FSL(dB) = 32.44 + 20 \log(15) + 20 \log(167.075)$$

$$FSL(dB) = 100.48(dB)$$

Finalmente reemplazando en la ecuación ec. (0.5):

$$Pr(dBm) = 16.02(dB) + 6(dB) + 3(dB) - 100.48(dB) - 7.5(dB)$$

tenemos:

$$Pr(dBm) = -82.96 \text{ y } E(dB\mu V/m) = 68.69 \text{ (Está dentro del área de cobertura)}$$

- o Cálculo del campo eléctrico en el radial 0° con distancia de 30 Km

Existe atenuación por obstáculos la cual ya fue calculada y es igual:

$$Aten.Obst(dB) = 7.8$$

El Margen de Desvanecimiento (FM) para 30 Km, usando la ec. (0.3)

$$FM(dB) = 14.19$$

$$Atenuaciones(dB) = FM(dB) + Aten.Obst(dB) + Aten.Cables(dB)$$

$$Atenuaciones(dB) = 14.19 + 7.8 + 2.175 + 0.0348(dB)$$

$$Atenuaciones(dB) = 24.2(dB)$$

$$FSL(dB) = 32.44 + 20\log(R) + 20\log(f)$$

$$FSL(dB) = 32.44 + 20\log(30) + 20\log(167.075)$$

$$FSL(dB) = 106.5(dB)$$

Finalmente reemplazando en la ecuación ec. (0.5):

$$Pr(dBm) = 16.02(dB) + 6(dB) + 3(dB) - 106.5(dB) - 24.2(dB)$$

tenemos:

$$Pr(dBm) = -105.68 \text{ y } E(dB\mu V/m) = 45.84 \text{ (Está dentro del área de cobertura)}$$

### SECCION D3: EJEMPLO DE COBERTURA PARA RADIOS PORTÁTILES

El cálculo para equipos Portátiles se considera una Potencia de transmisión de 4(W), con una ganancia de antena transmisora unitaria, por lo cual el proceso es el mismo que el caso de radios móviles.

## ANEXO E

MATRIZ DE HOLMES .....	II
------------------------	----

**MATRIZ DE HOLMES**

Encuesta Número:.....

	<b>Seguridad</b>	<b>Potencia</b>	<b>Precio</b>	<b>Tamaño Equipos</b>	<b>Velocidad Datos</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Estabilidad Trama</b>	<b>Cantidad Proveedores y Representantes</b>	<b>Éxito de Implementaciones anteriores</b>	<b>Tipo de Acceso</b>	<b>Total Columnas</b>	<b>% del Total</b>	<b>Ranking de Prioridad</b>
<b>Seguridad</b>													
<b>Potencia</b>													
<b>Precio</b>													
<b>Tamaño de Equipos</b>													
<b>Velocidad Datos</b>													
<b>Tecnología</b>													
<b>Estabilidad Trama</b>													
<b>Cantidad Proveedores y Representantes</b>													
<b>Éxito de Implementaciones anteriores</b>													
<b>Tipo de Acceso</b>													
<b>Suma total de Filas</b>													

- 0.1: Significativamente menos importante
- 0.2: Menos Importante
- 1: Igual de Importante
- 5: Más Importante
- 10: Significativamente Importante



## ANEXO F

### INGENIERÍA DE TRÁFICO

<b>SECCIÓN F1: ADQUISICIÓN DE DATOS .....</b>	<b>II</b>
SACHA.....	ii
GUARUMO.....	iii
AUCA .....	iv
AGUARICO .....	v
SHUSHUFINDI.....	vii
<b>SECCIÓN F2: CÁLCULO DE TRÁFICO .....</b>	<b>VIII</b>



44	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Llamadas</b>	59	22	24	32	41	20	9	14	19	18
<b>Duración Promedio</b>	42,84746	20,4091	17,75	21,188	22,6829	31,7	22,222	15,2143	17,579	18

## GUARUMO

PERIODO DE LLAMADAS (seg)										
N°	PRODUCCIÓN					PERFORACIÓN				
	7:00 8:00	9:00 10:00	12:00 13:00	13:00 14:00	16:00 17:00	7:00 8:00	9:00 10:00	12:00 13:00	13:00 14:00	16:00 17:00
1	41	33	2	5	12	46	3	2	11	28
2	46	10	2	10	52	51	39	14	3	13
3	59	40	15	55	3	39	10	5	9	7
4	54	39	5	40	16	45	3	10	5	29
5	49	10	5	33	24	28	14	19	33	18
6	32	55	24	12	16	29	19	24	19	5
7	55	10	55	5	5	54	28	55	16	3
8	54	3	33	10	10	55	22	37	12	56
9	42	25	38	10	45	39	3	19	50	3
10	10	11	5	48	10	46	10	2	14	11
11	33	50	10	32	33	30	13	5	5	16
12	55	5	5	59	27	40	22	3	8	0
13	40	14	2	11	28	29	0	1	41	0
14	33	10	48	15	3	39	0	0	13	0
15	45	5	29	30	2	10	0	0	0	0
16	48	10	10	34	45	50	0	0	0	0
17	47	33	5	50	1	40	0	0	0	0
18	46	10	5	12	10	49	0	0	0	0
19	30	41	14	38	56	55	0	0	0	0
20	33	0	24	10	44	10	0	0	0	0
21	50	0	3	5	32	43	0	0	0	0
22	51	0	5	22	29	0	0	0	0	0

23	39	0	10	5	1	0	0	0	0	0
24	46	0	50	10	14	0	0	0	0	0
25	47	0	0	24	12	0	0	0	0	0
26	49	0	0	6	11	0	0	0	0	0
27	38	0	0	36	3	0	0	0	0	0
28	50	0	0	12	0	0	0	0	0	0
29	55	0	0	19	0	0	0	0	0	0
30	39	0	0	28	0	0	0	0	0	0
31	44	0	0	26	0	0	0	0	0	0
32	47	0	0	22	0	0	0	0	0	0
33	58	0	0	5	0	0	0	0	0	0
34	56	0	0	5	0	0	0	0	0	0
35	48	0	0	5	0	0	0	0	0	0
36	55	0	0	10	0	0	0	0	0	0
37	51	0	0	2	0	0	0	0	0	0
38	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Llamadas</b>	52	19	24	37	27	21	12	13	14	11
<b>Duración Promedio</b>	44,673	21,789	16,83	20,568	20,148	39,381	15,5	15,08	17,071	17,18

## AUCA

PERIODO DE LLAMADAS (seg)										
N°	PRODUCCIÓN					PERFORACIÓN				
	7:00 8:00	9:00 10:00	12:00 13:00	13:00 14:00	16:00 17:00	7:00 8:00	9:00 10:00	12:00 13:00	13:00 14:00	16:00 17:00
1	3	22	38	11	14	33	15	2	3	22
2	55	14	22	2	19	18	3	26	4	14
3	13	5	10	5	56	25	29	58	56	30
4	29	16	26	43	44	30	17	13	2	19
5	55	13	5	11	3	39	10	10	16	3
6	46	2	3	5	42	54	11	8	12	15
7	29	45	1	19	18	29	6	41	23	33
8	44	11	2	26	25	3	3	16	10	19
9	55	5	2	21	35	39	56	24	5	12

10	48	2	2	10	5	33	9	10	7	23
11	55	2	18	17	10	54	16	0	9	17
12	42	0	7	14	19	19	24	0	18	25
13	39	0	55	3	11	44	16	0	25	5
14	24	0	3	1	46	49	28	0	3	5
15	56	0	4	6	13	19	5	0	33	14
16	50	0	3	3	5	38	13	0	11	0
17	47	0	33	29	4	10	0	0	17	0
18	56	0	14	56	19	36	0	0	22	0
19	49	0	29	50	17	47	0	0	0	0
20	33	0	7	22	13	33	0	0	0	0
21	50	0	5	28	25	29	0	0	0	0
22	51	0	5	47	2	14	0	0	0	0
23	44	0	5	3	0	32	0	0	0	0
24	46	0	16	5	0	5	0	0	0	0
25	47	0	28	56	0	27	0	0	0	0
26	49	0	6	10	0	35	0	0	0	0
27	38	0	39	5	0	5	0	0	0	0
28	50	0	0	28	0	0	0	0	0	0
29	18	0	0	44	0	0	0	0	0	0
30	40	0	0	19	0	0	0	0	0	0
31	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Llamadas	44	11	27	30	22	27	16	10	18	15
Duración Promedio	40,72	12,45	14,37	19,9667	20,2273	29,59	16,31	20,8	15,33	17,0667

## AGUARICO

PERIODO DE LLAMADAS (seg)					
N°	PRODUCCIÓN				
	7:00 8:00	9:00 10:00	12:00 13:00	13:00 14:00	16:00 17:00
1	18	15	29	34	33
2	56	56	6	56	26
3	43	23	10	3	56
4	5	22	10	12	49
5	54	10	5	19	47

6	59	5	6	6	25
7	58	5	4	56	21
8	39	2	56	42	11
9	57	19	55	13	5
10	55	26	59	12	10
11	47	14	23	19	14
12	56	36	32	22	16
13	58	39	33	27	23
14	50	25	52	36	2
15	50	24	14	10	24
16	57	10	13	16	22
17	48	6	17	3	16
18	42	6	20	5	16
19	55	19	26	8	19
20	39	2	55	2	54
21	57	16	40	16	13
22	58	17	2	55	59
23	39	33	54	54	0
24	52	34	15	23	0
25	56	29	36	22	0
26	49	29	25	27	0
27	59	6	10	19	0
28	51	44	10	16	0
29	53	32	54	14	0
30	57	33	59	16	0
31	55	14	20	56	0
32	54	8	19	58	0
33	52	0	13	23	0
34	57	0	16	2	0
35	58	0	11	57	0
36	54	0	29	23	0
37	55	0	3	22	0
38	59	0	3	16	0
39	53	0	16	23	0
40	48	0	17	22	0
41	59	0	0	6	0
42	52	0	0	19	0
43	55	0	0	27	0
44	54	0	0	35	0
45	59	0	0	25	0
46	48	0	0	14	0
47	39	0	0	16	0
48	52	0	0	26	0
49	50	0	0	0	0
50	50	0	0	0	0
51	55	0	0	0	0
52	57	0	0	0	0
53	54	0	0	0	0
54	58	0	0	0	0
55	50	0	0	0	0
56	52	0	0	0	0
57	49	0	0	0	0
58	57	0	0	0	0
59	56	0	0	0	0

60	54	0	0	0	0
61	55	0	0	0	0
62	52	0	0	0	0
63	57	0	0	0	0
64	59	0	0	0	0
65	49	0	0	0	0
66	50	0	0	0	0
<b>Total Llamadas</b>	66	32	40	48	22
<b>Duración Promedio</b>	51,5757576	20,59375	24,425	23,6041667	25,5

## SHUSHUFINDI

PERIODO DE LLAMADAS (seg)					
N°	PRODUCCIÓN				
	7:00 8:00	9:00 10:00	12:00 13:00	13:00 14:00	16:00 17:00
1	14	16	12	10	3
2	59	46	56	3	5
3	22	20	3	16	10
4	5	6	10	9	11
5	54	10	19	9	18
6	49	19	54	11	11
7	40	24	13	14	45
8	55	23	33	56	56
9	16	19	12	54	23
10	29	23	9	13	20
11	54	52	17	55	45
12	29	46	12	58	58
13	40	7	19	23	52
14	57	33	54	10	10
15	45	28	3	5	40
16	38	0	10	5	33
17	52	0	5	14	30
18	49	0	5	6	10
19	38	0	5	6	22
20	54	0	10	18	29
21	55	0	59	16	17
22	56	0	17	27	37
23	43	0	16	26	38
24	46	0	23	23	26
25	55	0	14	11	10
26	46	0	12	19	5
27	55	0	16	9	5
28	50	0	29	17	10
29	46	0	18	17	11
30	23	0	9	22	5

31	57	0	16	28	6
32	53	0	15	38	11
33	47	0	55	39	14
34	42	0	17	43	19
35	39	0	0	49	29
36	49	0	0	22	36
37	55	0	0	15	47
38	57	0	0	55	11
39	52	0	0	54	16
40	46	0	0	56	36
41	44	0	0	3	25
42	49	0	0	0	33
43	50	0	0	0	28
44	40	0	0	0	24
45	27	0	0	0	42
46	55	0	0	0	22
47	49	0	0	0	25
48	44	0	0	0	29
49	46	0	0	0	56
50	57	0	0	0	22
51	55	0	0	0	10
52	52	0	0	0	0
53	50	0	0	0	0
54	49	0	0	0	0
55	48	0	0	0	0
56	59	0	0	0	0
57	49	0	0	0	0
58	57	0	0	0	0
Total Llamadas	58	15	34	41	51
Duración Promedio	45,7068966	24,8	19,9117647	24	24,2352941

## SECCIÓN F2: CÁLCULO DE TRÁFICO

Como ejemplo del cálculo de número de canales necesarios en un Sitio de Repetición tomaremos como referencia los resultados obtenidos en la repetidora de Guarumo:

- o Repetidora Producción

$$\bar{H} = 52 \text{ men/hora}$$

$$\bar{\mu} = 45 \text{ seg}$$

Con estos valores calculamos la Intensidad de tráfico para los usuarios actuales en VHF:



$$A = \bar{H} \times \bar{\mu}$$

$$A = 52 \frac{\text{men}}{\text{hora}} \times \frac{1\text{hora}}{3600\text{seg}} \times 45\text{seg}$$

$$A = 0.65\text{Erlangs}$$

- o Repetidora Perforación

$$\bar{H} = 21 \text{ men/hora}$$

$$\bar{\mu} = 40 \text{ seg}$$

Con estos valores calculamos la Intensidad de tráfico para los usuarios actuales en VHF:

$$A = \bar{H} \times \bar{\mu}$$

$$A = 21 \frac{\text{men}}{\text{hora}} \times \frac{1\text{hora}}{3600\text{seg}} \times 40\text{seg}$$

$$A = 0.24\text{Erlangs}$$

Estos resultados nos permiten calcular el tráfico total que existe en el Sitio de Repetición Guarumo:

$$A_T = A_{PROD} + A_{PERF}$$

$$A_T = 0.65 + 0.24$$

$$A_T = 0.89$$

Para realizar una estimación del tráfico que existirá en el Sitio Guarumo para el Sistema de Radio Troncalizado tomamos como referencia el tráfico total de VHF en Guarumo y el número actual de usuarios para y lo proyectamos a el número de usuarios que lo utilizarán:

$$107\text{usuarios} \longrightarrow 0.89\text{Erlangs}$$

$$109\text{usuarios} \longrightarrow x$$

$$x = 0.9\text{Erlangs}$$

Por último, considerando que MPT1327 maneja la norma Erlang C y se utilizará un GOS de 2%, mediante una calculadora Erlang obtenemos que el número de canales que se necesitan para el Sitio Guarumo es de  $2.4 \approx 3$

## INDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 1

Tabla. 1.1. Información de Sitio Región Quito .....	6
Tabla. 1.2. Información de Enlaces Región Quito.....	7
Tabla. 1.3. Información Distribución de Canales Región Quito .....	8
Tabla. 1.4. Información de Sitio Distrito Amazónico .....	9
Tabla. 1.5. Información de Enlaces Distrito Amazónico.....	10
Tabla. 1.6. Información Distribución de Canales Distrito Amazónico .....	11
Tabla. 1.7. Información de Sitio Guayaquil .....	12
Tabla. 1.8. Información Distribución de Canales de Guayaquil .....	12
Tabla. 1.9. Información de Sitio Nueva Ruta .....	14
Tabla. 1.10. Información de Enlaces Nueva Ruta.....	15
Tabla. 1.11. Información de sitio Ruta Oleoducto .....	16
Tabla. 1.12. Información de Enlaces Ruta Oleoducto .....	17
Tabla. 1.13. Información de los enlaces de la Estación Aguarico .....	19
Tabla. 1.14. Información de los enlaces de la Estación Guarumo .....	19
Tabla. 1.15. Información de los enlaces de la Estación Sansahuari.....	19
Tabla. 1.16. Información de los enlaces de la Estación Sacha.....	20
Tabla. 1.17. Información Equipos SR- 500 .....	20
Tabla. 1.18. Distribución de Estaciones Repetidoras y Fijas .....	21
Tabla. 1.19. Frecuencias Transmisión y Recepción repetidoras Distrito Amazónico....	22
Tabla. 1.20. Valores de Campo Eléctrico Repetidora Lago Agrio .....	23
Tabla. 1.21. Distancias (Km) para $E=38.5dB\mu V/m$ de Repetidora Lago Agrio.....	23
Tabla. 1.22. Distancias Sensibilidad móviles y portátiles Repetidora Lago Agrio.....	23
Tabla. 1.23. Valores de Campo Eléctrico Repetidora Guarumo.....	23
Tabla. 1.24. Distancias (Km) para $E=38.5dB\mu V/m$ de Repetidora Guarumo .....	24
Tabla. 1.25. Distancias (Km) Sensibilidad móviles y portátiles Repetidora Guarumo...	24
Tabla. 1.26. Valores de Campo Eléctrico Repetidora Auca .....	24
Tabla. 1.27. Distancias (Km) para $E=38.5dB\mu V/m$ de Repetidora Auca.....	24
Tabla. 1.28. Distancias (Km) Sensibilidad de móviles y portátiles Repetidora Auca ....	24
Tabla. 1.29. Valores de Campo Eléctrico Repetidora Sacha .....	25
Tabla. 1.30. Valores de Distancias para $E=38.5dB\mu V/m$ de Repetidora Sacha .....	25
Tabla. 1.31. Distancias (Km) Sensibilidad de móviles y portátiles Repetidora Sacha ..	25
Tabla. 1.32. Valores de Campo Eléctrico Repetidora Shushufindi.....	26
Tabla. 1.33. Distancias (Km) para $E=38.5dB\mu V/m$ de Repetidora Shushufindi .....	26
Tabla. 1.34. Distancias Sensibilidad móviles y portátiles Repetidora Shushufindi .....	26

### CAPÍTULO 2

Tabla. 2.1. Tabla comparativa entre Sistema Troncalizado y Convencional.....	57
Tabla. 2.2. Características del Sistema APCO 25 .....	69
Tabla. 2.3. Rango de frecuencias utilizadas por el Sistema APCO 25.....	69
Tabla. 2.4. Frecuencias de Operación de Estándar TETRA .....	73
Tabla. 2.5. Tipo Modulación y Tasas de Estándar TETRA.....	73
Tabla. 2.6. Comparación entre Sistema Tradicional y Troncalizado.....	74
Tabla. 2.7. Comparación entre TETRA y otros Sistemas PMR .....	74

### CAPÍTULO 3

Tabla. 3.1. Comparación Estándares.....	101
Tabla. 3.2. Tabla de Jerarquía de Requerimientos.....	102
Tabla. 3.3. Resumen de Parámetros de Propagación .....	106
Tabla. 3.4. Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado Guarumo .....	107
Tabla. 3.5. Distancias (Km) para $E=38.5dB\mu V/m$ de BS Troncalizado Guarumo.....	107
Tabla. 3.6. Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado Auca.....	108
Tabla. 3.7. Distancias (Km) para $E=38.5dB\mu V/m$ de BS Troncalizado Auca .....	108
Tabla. 3.8. Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado Sacha.....	109
Tabla. 3.9. Distancias (Km) para $E=38.5dB\mu V/m$ de BS Troncalizado Sacha .....	109
Tabla. 3.10. Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado Aguarico .....	109
Tabla. 3.11. Distancias (Km) para $E=38.5dB\mu V/m$ de BS Troncalizado Aguarico .....	109
Tabla. 3.12. Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado Shushufindi.....	110
Tabla. 3.13. Distancias (Km) para $E=38.5dB\mu V/m$ de BS Troncalizado Shushufindi .....	110
Tabla. 3.14. Distancias (Km) Sensibilidad móviles Troncalizado Distrito Amazónico. ....	112
Tabla. 3.15. Distancias (Km) Sensibilidad portátiles Troncalizado Distrito Amazónico .....	113
Tabla. 3.16. Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado Cerro Pichincha .....	114
Tabla. 3.17. Distancias (Km) para $E=38.5dB\mu V/m$ BS Troncalizado Cerro Pichincha .....	114
Tabla. 3.18. Valores de Campo Eléctrico BS Troncalizado San Rafael.....	115
Tabla. 3.19. Distancias (Km) para $E=38.5dB\mu V/m$ de BS Troncalizado San Rafael .....	115
Tabla. 3.20. Distancias (Km) para sensibilidad de móviles para Región Quito.....	117
Tabla. 3.21. Distancias (Km) para sensibilidad de portátiles para Región Quito .....	118
Tabla. 3.22. Distribución de Radio Terminales para distrito Amazónico y Quito .....	122
Tabla. 3.23. Cálculo de Número de Canales .....	124
Tabla. 3.24. Cálculos de Intensidad de Tráfico Quito y Número de Canales .....	127
Tabla. 3.25. Distribución Final de Canales por Sitio .....	128
Tabla. 3.26. Sistema de Redundancia de Energía por BS .....	134

### CAPÍTULO 4

Tabla. 4.1. Niveles de acceso para el NMT .....	140
Tabla. 4.2. Variables para Mensajes de Alarmas.....	141
Tabla. 4.3. Condiciones y Prioridades de las Alarmas presentadas en el NMT .....	146
Tabla. 4.4. Destinatarios de e-mail de acuerdo al tipo de Alarma .....	146
Tabla. 4.5. Conexiones de Equipos para Administrar Señales de Control en Nodo ..	151
Tabla. 4.6. Conexiones de Equipos para Administrar Señales de Control en Sitio .....	153

### CAPÍTULO 5

Tabla. 5.1. Distribución de Energía DC por Sitio de Repetición .....	156
Tabla. 5.2. Equivalencia de Frecuencias .....	177
Tabla. 5.3. Parámetros Radio Móvil Motorola PRO5100 .....	177

### CAPÍTULO 6

Tabla. 6.1. Costos de Equipos Sistema de Radio Troncalizado.....	183
Tabla. 6.2. Costos de Equipos de Sistema RF.....	183
Tabla. 6.3. Costos de Equipos Enlace con Backbone y Alimentación de Energía .....	184
Tabla. 6.4. Costo de Instalación de los Sistemas .....	185
Tabla. 6.5. Costo Total del Proyecto .....	185
Tabla. 6.6. Cálculo Ingreso Anual.....	186
Tabla. 6.7. Tabla de Flujo de Fondos.....	187

Tabla. 6.8. Cálculo Valor del VAN del Proyecto .....	187
Tabla. 6.9. Cálculo Valor del TIR del Proyecto.....	188
Tabla. 6.10. Costo por Usuario del Sistema de Petroproducción.....	189
Tabla. 6.11. Costo Sistema Radio Troncalizado PETROECUADOR y sus filiales.....	190

## **CAPÍTULO 7**

Tabla. 7.1. Especificaciones Técnicas del Nodo .....	196
Tabla. 7.2. Especificaciones Técnicas de Repetidora.....	198
Tabla. 7.3. Especificaciones Técnicas de Sistema RF.....	199
Tabla. 7.4. Especificaciones Técnicas de Gestión de Red.....	200
Tabla. 7.5. Especificaciones Técnicas de Radio Móviles .....	201
Tabla. 7.6. Especificaciones Técnicas de Radio Portátil .....	202
Tabla. 7.7. Especificaciones Técnicas de Radios Fijos .....	203
Tabla. 7.8. Resumen de Equipos a Ofertar.....	208

## INDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura. 1.1. Diagrama del Sistema de Comunicaciones de PETROPRODUCCIÓN .....	3
Figura. 1.2. Edificio Villafuerte.....	5
Figura. 1.3. Edificio La Tribuna .....	5
Figura. 1.4. Laboratorio de Geología San Rafael.....	5
Figura. 1.5. Radio Microonda Edf. Villafuerte .....	7
Figura. 1.6. Antena Edf. Villafuerte.....	7
Figura. 1.7. Radio Microonda Edf. La Tribuna .....	7
Figura. 1.8. Antena Edf. La Tribuna .....	7
Figura. 1.9. Radio Microonda Lab. Geología .....	7
Figura. 1.10. Antena Lab. Geología .....	7
Figura. 1.11. Esquema Equipos Cerro Pichincha .....	8
Figura. 1.12. Esquema Conexión PCO – PPR .....	12
Figura. 1.13. Ruta PCO .....	13
Figura. 1.14. Diagrama de Distribución de Sistema Punto Multipunto .....	21

### CAPÍTULO 2

Figura. 2.1. Comparación Sistema Convencional – Sistema Troncalizado .....	32
Figura. 2.2. Arquitectura de Red de Sistema de Radio Troncalizado .....	33
Figura. 2.3. Estructura del MSC .....	34
Figura. 2.4. Esquema de BS.....	35
Figura. 2.5. Configuración Red Local.....	37
Figura. 2.6. Configuración Red Regional.....	38
Figura. 2.7. Funcionamiento PTT .....	39
Figura. 2.8. Petición de Llamada .....	40
Figura. 2.9. Controlador Central Recibe Petición.....	40
Figura. 2.10. Sistema Controlador envía Comando de Palabra de Salida.....	41
Figura. 2.11. Usuario recibe Información del Canal Asignado.....	41
Figura. 2.12. Usuario conmuta hacia el Canal de Voz .....	41
Figura. 2.13. Radios Receptores en el Canal de Voz.....	42
Figura. 2.14. Radios Transmisor en el Canal de Voz .....	42
Figura. 2.15. Llamada en proceso .....	43
Figura. 2.16. Fin de Transmisión .....	43
Figura. 2.17. Retorno hacia el Canal de Control .....	43
Figura. 2.18. Interconexión Sistema de Radio Troncalizado con Redes Telefónicas ...	44
Figura. 2.19. Ocurrencia de Handoff .....	49
Figura. 2.20. Parámetros para el manejo de Handoff.....	52
Figura. 2.21. Esquema de dos niveles de Handoff .....	54
Figura. 2.22. Sistema de Relevos.....	57
Figura. 2.23. Sistemas de relevos con consulta.....	58
Figura. 2.24. Sistema de Radio Móvil Terrestre de Troncal .....	58
Figura. 2.25. Configuración MPT 1327 para área local.....	62
Figura. 2.26. Interconexión de MPT1327 con Red Telefónica.....	62
Figura. 2.27. Estructura básica de Señalización de Canal de Control.....	64

Figura. 2.28. Trama MPT 1327 .....	66
Figura. 2.29. Proceso de envío de Mensajes MPT 1327 .....	67
Figura. 2.30. Ejemplo de configuración de red de APCO 25.....	68
Figura. 2.31. Logotipo Estándar TETRA.....	71
Figura. 2.32. Interfaces de Estándar TETRA.....	72
Figura. 2.33. Elementos de la Red de Gestión.....	79
Figura. 2.34. Diagrama de flujo al presentarse una alarma.....	79
Figura. 2.35. Interacción gestor-agente durante el proceso de alarma .....	80
Figura. 2.36. Ejemplo de Sistema de Gestión SNMP .....	87
Figura. 2.37. Niveles de gestión del Modelo TMN .....	89
Figura. 2.38. Nomograma para el cálculo de atenuación por obstáculos .....	93

### **CAPÍTULO 3**

Figura. 3.1. Análisis de Requerimiento de los Estándares .....	103
Figura. 3.2. Cobertura Distrito Amazónico Norma SENATEL .....	111
Figura. 3.3. Cobertura Distrito Amazónico Móviles.....	112
Figura. 3.4. Cobertura Distrito Amazónico Portátiles.....	113
Figura. 3.5. Cobertura Región Quito Norma SENATEL.....	116
Figura. 3.6. Cobertura Región Quito Móviles.....	117
Figura. 3.7. Cobertura Región Quito Portátiles.....	118
Figura. 3.8. Esquema de BS.....	131
Figura. 3.9. Diagrama de la Red de Radio Troncalizado de PETROPRODUCCION .	132

### **CAPÍTULO 4**

Figura. 4.1. Diagrama NMT Local.....	137
Figura. 4.2. Diagrama NMT Remoto .....	138
Figura. 4.3. Diagrama Canales de Supervisión .....	147
Figura. 4.4. Elementos Gestión del Nodo.....	149
Figura. 4.5. Elementos de Gestión de los Sitios de Repetición .....	152

### **CAPÍTULO 5**

Figura. 5.1. Equipos Lago Agrio.....	157
Figura. 5.2. Diagrama Cuarto de Equipos Lago Agrio.....	157
Figura. 5.3. Equipos Aguarico .....	158
Figura. 5.4. Torre Aguarico .....	158
Figura. 5.5. Diagrama Cuarto de Equipos Aguarico .....	159
Figura. 5.6. Diagrama Torre Aguarico.....	160
Figura. 5.7. Equipos Guarumo .....	161
Figura. 5.8. Torre Guarumo .....	161
Figura. 5.9. Diagrama Cuarto de Equipos Guarumo .....	161
Figura. 5.10. Diagrama Torre Guarumo.....	162
Figura. 5.11. Equipos Sacha .....	163
Figura. 5.12. Torre Sacha .....	163
Figura. 5.13. Diagrama Cuarto de Equipos Sacha .....	163
Figura. 5.14. Diagrama Torre Sacha.....	164
Figura. 5.15. Equipos Shushufindi.....	165
Figura. 5.16. Torre Shushufindi.....	165
Figura. 5.17. Diagrama Cuarto de Equipos Shushufindi.....	166
Figura. 5.18. Torre Shushufindi.....	167
Figura. 5.19. Equipos Auca.....	168

Figura. 5.20. Torre Auca .....	168
Figura. 5.21. Diagrama Cuarto de Equipos Auca.....	168
Figura. 5.22. Torre Auca .....	169
Figura. 5.23. Equipos Cerro Pichincha .....	170
Figura. 5.24. Torre Cerro Pichincha .....	170
Figura. 5.25. Diagrama Cuarto de Equipos Cerro Pichincha .....	170
Figura. 5.26. Torre Cerro Pichincha .....	171
Figura. 5.27. Equipos San Rafael.....	172
Figura. 5.28. Torre San Rafael.....	172
Figura. 5.29. Diagrama Cuarto de Equipos San Rafael .....	172
Figura. 5.30. Torre San Rafael.....	173
Figura. 5.31. Analizador de Espectro .....	174
Figura. 5.32. Radio Móvil PRO5100.....	175
Figura. 5.33. Atenuador Pasivo HP con pasos de 1dB .....	176
Figura. 5.34. Atenuador Pasivo HP con pasos de 10dB.....	176

## GLOSARIO

<b>GLOSARIO TÉRMINOS .....</b>	<b>II</b>
<b>ETIQUETAS INSTALACIONES PETROPRODUCCIÓN.....</b>	<b>VII</b>



## GLOSARIO TÉRMINOS

$\lambda$	Longitud de Onda
$\rho$	Densidad de Potencia
$\mu$	Tasa de requerimiento
<b>A</b>	
<b>A</b>	Intensidad de Tráfico
<b>A</b>	Factor de Rugosidad
<b>AGR</b>	Aplicación de Gestión de Red
<b>AIO</b>	Tipo de Tarjetas de Entrada – Salida de Audio Analógicas
<b>APCO</b>	(The Association of Public Public – Safety Communications Officials) Estándar Americano de Comunicaciones basadas en Radio Troncalizado.
<b>Arec</b>	Área de la antena receptora
<b>AVL</b>	Sistema de Localización Automática de Vehículos utilizada en los sistemas de Radio Troncalizado.
<b>B</b>	
<b>B</b>	Factor de Rugosidad
<b>BS</b>	Estación Base
<b>C</b>	
<b>c</b>	Velocidad de la Luz
<b>C</b>	Potencia de la Señal Portadora
<b>CB</b>	Banco de canales administrado por un MUX
<b>CC</b>	Canal de Control
<b>Central Telefónica</b>	Conmutador de operador de telecomunicaciones público que atiende a una región o un distrito de una ciudad
<b>Ch</b>	Canal
<b>CMIP</b>	Protocolo Común de Información de Gestión
<b>CMIS</b>	Sistema Genérico de Información de Gestión
<b>CMOT</b>	CMIP sobre TCP/IP
<b>CMM</b>	Módulo de Control de Canales, equipo utilizado para administrar canales en los Sitios de Repetición de una red de Radio Troncalizado
<b>Combinador</b>	Equipo para transmisión de radio que une las señales de transmisión de diferentes transmisores y produce una salida simple hacia la antenaTx

<b>D</b>	
<b>D</b>	Retardo promedio de llamada
<b>DAS</b>	(Digital Audio Switch) Conmutador Digital de Audio del Sistema de Radio Troncalizado MPT1327 de la compañía TAIT Radio Communications.
<b>DQPSK</b>	Differential Quaternary Phase Shift Keying. Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria diferencial
<b>E</b>	
<b>E</b>	Campo Eléctrico
<b>E&amp;M</b>	Oído y Boca. Protocolo de señalización e interfaz para recepción y transmisión analógica. Este sistema se emplea aún en algunos países y utiliza líneas de transmisión telefónica de cuatro hilos.
<b>E1</b>	Canal digital. E1 = 2.048 Mbps. Contiene 30 canales de información y 2 de señalización (de 64 kbps cada uno).
<b>ECC</b>	Tarjeta de Principal de Control del DAS.
<b>EDACS</b>	Sistema de Comunicaciones de Acceso Digital Mejorado, tipo de Sistema de Radio Troncalizado analógico y de estándar propietario
<b>EG</b>	Elemento de Gestión
<b>EGR</b>	Entidad de Gestión de Red
<b>End to End (E-E)</b>	Tipo de conexión telefónica de dos pares de cobre utilizadas en Centrales Telefónicas.
<b>Eo</b>	Campo Eléctrico en Espacio Libre
<b>Equipo Repetidor</b>	Es una estación RF que sirve como un enlace en RF entre el sistema y los móviles y portátiles. Se compone de un receptor para subir señal desde los suscriptores y un transmisor para enviar señal RF hacia los suscriptores.
<b>ER</b>	Elemento de Red
<b>ESN</b>	Número de Identificación Única usada para realizar control y administración a los radio terminales en redes troncalizadas de TAIT Communications.
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standards Institute. Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo
<b>F</b>	
<b>FDMA</b>	Acceso Múltiple por División de Frecuencia
<b>FM</b>	Margen de Desvanecimiento
<b>FSL</b>	Perdida por Espacio Libre
<b>Full - duplex</b>	Tipo de comunicación que utiliza diferentes frecuencias simultáneamente.

<b>G</b>	
<b>Ga</b>	Ganancia de la Antena
<b>Gateway</b>	Una pasarela es un programa o dispositivo de comunicaciones que transfiere datos entre redes que tienen funciones similares pero implantaciones diferentes.
<b>GOS</b>	Grado de Servicio
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamiento Global
<b>H</b>	
<b>H</b>	Duración media de llamada
<b>Half - duplex</b>	Comunicaciones que utilizan dos frecuencias, una para transmisión y la segunda para recepción.
<b>Hardware</b>	Componentes físicos, electrónicos y mecánicos de un sistema informático: normalmente, el mismo ordenador, las unidades de disco externas, etc
<b>I</b>	
<b>I/F</b>	Interface
<b>ICBM</b>	Modo de Respaldo para comunicaciones Intersitio
<b>ID</b>	Identificación dada por el sistema a un terminal suscriptor
<b>ISDN</b>	Red Digital de Servicios Integrados
<b>ISI</b>	Interfaz de Interconexión de Sistemas, que permite la interconexión de redes TETRA de distintos fabricantes
<b>ISW</b>	Palabra de Señal de Entrada, mensaje de petición de canal desde un radio
<b>ITU</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones
<b>ITU-R</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Radio.
<b>ITU-T</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Telefonía.
<b>L</b>	
<b>LLA</b>	Arquitectura Lógica de Nivel
<b>LSDCM</b>	Low Speed Data Module, Tarjeta para equipo multiplexor BAYLY
<b>LSHS</b>	Handshake de baja velocidad
<b>LTR</b>	Tipo de sistema troncalizado basado en tecnología analógica y estándar abierto
<b>M</b>	
<b>MDF</b>	Main Distribution Frame, Distribuidor Principal de conexiones dentro de una red de un edificio.
<b>MIB</b>	Base de Información de Gestión

<b>MPT 1327</b>	(Ministry of Post and Telegraph documento 1327) Estándar de Radio Troncalizado definido en el Reino Unido mediante protocolos abiertos de señalización
<b>MSC</b>	Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema
<b>Multiacoplador</b>	Equipo utilizado para dividir las señales recibidas desde la antenna Rx para proveer la información adecuada para cada canal.
<b>Multiplexor (MUX)</b>	Dispositivo que mezcla la información de varias fuentes para ser enviadas a través de una línea de comunicaciones. Al final del vínculo debe existir un dispositivo que demultiplexe la señal mezclada para recuperar la información original.
<b>N</b>	
<b>N</b>	Interferencia
<b>NC</b>	Nodo Central
<b>NMS</b>	Sistema de Gestión de Red
<b>NMT</b>	Terminal de gestión de Red local o remoto para Sistemas MPT1327.
<b>O</b>	
<b>OSW</b>	Palabra de Señal de Salida, mensaje enviado desde el controlador con la identificación del grupo de conversación y el canal de voz
<b>P</b>	
<b>PABX</b>	Central Telefónica Automática Privada
<b>PAMR</b>	Radio Móvil de Acceso Público
<b>PCS</b>	Sistema de Comunicación Personal. Tecnología que plantea el acceso a múltiples servicios a través de un solo equipo terminal.
<b>PDH</b>	Jerarquía Digital Plesiocrona
<b>PDN</b>	Red Pública de Datos
<b>PEI</b>	Interfaz con el Equipo Terminal, que facilita el desarrollo de aplicaciones móviles de datos independientes
<b>PMR</b>	Radio Móvil Privado
<b>Pr</b>	Potencia de Recepción
<b>Prad</b>	Potencia Radiada
<b>PSTN</b>	Red de Conmutación Telefónica Pública
<b>PTT</b>	Push to talk
<b>Q</b>	
<b>QPSK-C</b>	Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria

<b>R</b>	
<b>R</b>	Factor de Conversión de Probabilidad
<b>RF</b>	Radio Frecuencia
<b>RSS</b>	Intensidad de la señal recibida
<b>RSSI</b>	Indicador de Intensidad de la señal recibida
<b>S</b>	
<b>SAT</b>	Señal de supervisión de audio
<b>SENATEL</b>	Secretaria Nacional de Telecomunicaciones
<b>Sensibilidad</b>	Factor de mérito que expresa la capacidad de un circuito o dispositivo para responder a una magnitud de entrada.
<b>SGMP</b>	Protocolo Simple de Monitoreo de Entrada
<b>Simplex</b>	Tipo de comunicación que consiste de unidades de radio operando (transmisión / recepción) en una misma frecuencia.
<b>SMI</b>	Estructura de la Información de Gestión
<b>SMM</b>	Módulo de Gestión de Sitio, equipo que se encarga de la administración del Sitio de Repetición y su interconexión con el Nodo del Sistema.
<b>SNMP</b>	Protocolo Simple de Gestión de Red
<b>SNT</b>	Secretaria Nacional de Telecomunicaciones
<b>Software</b>	El conjunto de programas, procedimientos y documentación asociado a un sistema informático. Específicamente hace referencia a los programas del ordenador que dirigen y controlan las actividades del sistema informático.
<b>T</b>	
<b>TCP/IP</b>	Protocolo de Control de Transporte/Protocolo de Internet
<b>TDMA</b>	Acceso Múltiple por División de Tiempo
<b>Telemetría</b>	La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información generada en la medición hacia el operador del sistema de telemetría
<b>TETRA</b>	Radio Troncalizado Terrestre
<b>TIR</b>	Tasa Interna de Retorno, se utiliza para analizar la rentabilidad de una inversión temporal.
<b>TMN</b>	Red de Gestión de Telecomunicaciones
<b>U</b>	
<b>UHF</b>	Ultra High Frequency. Frecuencia Ultra Alta

<b>V</b>	
<b>VAN</b>	Valor Actual Neto, es la diferencia entre todos los ingresos y todos los egresos actualizados al periodo actual
<b>VC</b>	Canal de Voz
<b>VHF</b>	Very High Frequency. Frecuencia Muy Alta
<b>W</b>	
<b>WAN</b>	(Wide Area Network)

### ETIQUETAS INSTALACIONES PETROPRODUCCIÓN

<b>A1</b>	Lago Agrio
<b>A2</b>	Torre Aguarico
<b>A3</b>	Sacha
<b>A4</b>	Shushufindi
<b>A5</b>	Coca
<b>A6</b>	Auca
<b>A7</b>	Guarumo
<b>G1</b>	Guayaquil
<b>PCO1</b>	Cerro Pilisurco
<b>PCO2</b>	Cerro Capadia
<b>PCO3</b>	Cerro Azul
<b>PE1</b>	Cerro Guamaní
<b>PE2</b>	Cerro Condijua
<b>PE3</b>	Cerro Tres Cruces
<b>PE4</b>	Reventador
<b>PE5</b>	Estación #1
<b>PPR1</b>	Cotacachi
<b>PPR2</b>	Cayambe
<b>PPR3</b>	Lumbaqui
<b>Q1</b>	Ed. Villafuerte
<b>Q2</b>	Ed. La Tribuna
<b>Q3</b>	San Rafael
<b>Q4</b>	Cerro Pichincha

## **Sangolquí,**

### **ELABORADO POR:**

---

Srta. Aída Fernanda Díaz Andrade

---

Sr. Juan Fernando Ibarra Quezada

### **AUTORIDADES:**

---

Sr. Xavier Martínez Carrera  
Tnt. Crnl. Estado Mayor  
Decano de la Facultad de Ingeniería Electrónica

---

Sr. Dr. Jorge Carvajal Rodríguez  
Secretario Académico de la Facultad de Ingeniería Electrónica