

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**REDISEÑO DEL ENLACE DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN
SCADA Y RADIO TELÉFONO PARA LAS ESTACIONES DE
CAPTACIÓN DE GAS AGUARICO, PARAHUACU Y
ATACAPI PARA MONITOREO FINAL EN PLANTA
DE GAS DEL COMPLEJO INDUSTRIAL
SHUSHUFINDI EN LA AMAZONÍA
ECUATORIANA**

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

ANDRÉS SEBASTIÁN ROJAS CASTRO

andyr_@hotmail.com

WASHINGTON ERNESTO SILLO CASILLAS

wesc3010@hotmail.es

DIRECTOR: ING. MARIO RUBÉN CEVALLOS VILLACRESES

mario.cevallos@epn.edu.ec

Quito, febrero 2011

DECLARACIÓN

Nosotros, Rojas Castro Andrés Sebastián y Sillo Casillas Washington Ernesto, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Rojas Castro Andrés Sebastián

Sillo Casillas Washington Ernesto

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Rojas Castro Andrés Sebastián y Sillo Casillas Washington Ernesto, bajo mi supervisión.

Ing. Mario Cevallos

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Una vez culminada otra etapa de mi vida y haber escalado un peldaño más en mi formación profesional, quiero dar gracias principalmente a Dios y la Virgen por darme la vida y la fuerza para seguir adelante durante este duro y largo trayecto para alcanzar mi título de ingeniero.

Agradecer profundamente a mi madre, quien ha sido el motivo para realizarme como profesional, la inspiración de levantarme cada mañana, por su constancia y esfuerzo puesto en mí para verme salir adelante y formarme como hombre de bien para la sociedad, por cada lágrima derramada y por todos y cada uno de los consejos orientados.

A mis adorados hermanos Julio César y José Luis que han cultivado en mí un gran ejemplo de constancia y superación personal y que hasta el final han estado conmigo en las buenas y en las malas apoyándome, enseñándome e incentivándome en todo momento de mi vida.

A mi querido padre quien me ha apoyado en mis decisiones incondicionalmente, a mis abuelitos Mérida y José, quienes han sido una motivación adicional para salir adelante en cada momento.

A todos mis familiares y amigos que me han sabido apoyar en momentos difíciles de mi vida y con los que he disfrutado de su compañía en momentos de gozo, alegría y festejo. Un agradecimiento especial a mi tío Iván y al doctor Ramiro Barriga que me han apoyado en estas instancias finales de mi carrera.

Al ingeniero Mario Cevallos, quien ha sabido guiarnos durante el proceso de realización del Proyecto de Titulación, a mi compañero Washington, con quien hemos logrado salir adelante en el desarrollo del mismo, a los ingenieros miembros del tribunal y a todos los profesores de la Escuela Politécnica Nacional, los que han sido una gran guía para mi aprendizaje en estos años de estudio.

Al personal de EP-Petroecuador, tanto de Quito como de Shushufindi por darnos la oportunidad de realizar este Proyecto de Titulación en sus instalaciones, especialmente al Ingeniero José Ramírez que nos brindó todas las facilidades del caso.

Andrés Sebastián Rojas Castro

AGRADECIMIENTO

La culminación de este proyecto de titulación, motiva en mí, sentimientos de gratitud y agradecimiento hacia muchas personas e instituciones, que hicieron posible esta feliz realización. Producto del compromiso y de compartir el diario ser y hacer, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte de los autores y su director de proyecto, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaré y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación.

Primero y antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradecer hoy y siempre a mi familia por estar a mi lado brindándome esas palabras de aliento en momentos de flaqueza e incertidumbre. Su apoyo incondicional fortalece necesaria para seguir adelante en el largo camino que un día emprendí.

De igual manera mi más sincero agradecimiento al Director del Proyecto de Titulación Ing. Mario Cevallos y a mi compañero Andrés Rojas ya que sin su ayuda, esfuerzo y dedicación este proyecto no hubiese llegado a instancias finales.

Quiero hacer un agradecimiento especial a todas y cada una de las personas que trabajan en el Complejo Industrial Shushufindi perteneciente a la Gerencia de Refinación de EP-Petroecuador, a cargo del Ing. José Ramírez por brindarme todas las facilidades para desarrollar este proyecto ya que sin su ayuda todavía seguiría en el limbo. Además, resulta inolvidable la ayuda brindada por las personas que trabajan en el departamento de Telecomunicaciones y el sistema SCADA de la Gerencia de Producción y Exploración de EP-Petroecuador de Lago Agrio.

Agradezco también a las personas que tuve el agrado de conocer a lo largo de estos años de estudio, especialmente a aquellas con la que tuve la suerte de compartir gratos momentos fuera de lo académico, en donde cada una de ellas me ha dejado algo que, de una u otra manera, ha influido en mi vida. Un especial agradecimiento a los amigos de toda la vida, que me han soportado y dado su apoyo, sobre todo en los periodos académicos de mayor exigencia y en el desarrollo de este Proyecto de Titulación, en donde quizá los tuve un poco olvidados. ¡Gracias por su apoyo, preocupación y tolerancia!

Washington Ernesto Sillo Casillas

DEDICATORIA

Quiero dedicar este paso más en mi desarrollo profesional, especialmente a la persona que me ha sabido cuidar, acompañar, guiar, perdonar, tolerar; que ha sido la fuente de mi inspiración, la que ha iluminado mi caminar y la mayor motivación para culminar la carrera, MI MADRE.

Lo dedico a mis hermanos Julio César y José Luis, por haberme dado un gran ejemplo de vida y con los cuales nos mantendremos unidos hasta el fin de nuestros días, a mi padre que de seguro ha de sentirse orgulloso por este paso que he dado y apoyará mis decisiones futuras.

A mi abuelita Mérida, por consentirme en mis gustos; a mi abuelito Pepe, que con su apoyo moral y económico ha sido imprescindible en mi desarrollo profesional.

A todos los demás miembros de mi familia, los que me acompañan en vida y los que me han dado su bendición desde el cielo, estoy seguro que estarían presentes en este día junto a mí.

A todos mis amigos y conocidos, que en el transcurso de mis estudios me supieron apoyar, tanto en los labores estudiantiles, como en mi vida personal y de los cuales llevo gratos recuerdos de una verdadera amistad.

Andrés Sebastián Rojas Castro

DEDICATORIA

Dedico el presente Proyecto de Titulación a toda mi familia.

Para mis padres Manuel Sillo y Blanca Casillas, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, con su comprensión y ayuda en los momentos buenos y adversos. Enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Dándome todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Para mis hermanos Miryan, Patricia y Marcelo por su gran ejemplo de superación y valioso apoyo en cada una de las locuras que he emprendido y ser siempre mis más fervientes hinchas.

A mis cuñados Lidia, Marco y Carlos por estar siempre dispuestos a escucharme, ayudarme, soportarme y convertirse en mis mejores amigos.

A mi sobrina Maite por contagiarme la alegría de vivir.

A mis familiares y amigos que tuvieron una palabra de apoyo para mí durante mis estudios.

Washington Ernesto Sillo Casillas

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	xxiii
PRESENTACIÓN	xxv
CAPÍTULO 1	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 NECESIDADES DEL CIS Y LAS ESTACIONES DE CAPTACIÓN DE GAS	2
1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DEL CIS Y DE LAS ESTACIONES DE CAPTACIÓN DE GAS.....	2
1.3 DETALLE GEOGRÁFICO Y TÉCNICO DEL CIS Y LAS ESTACIONES DE CAPTACIÓN DE GAS AGUARICO, PARAHUACU Y ATACAPI.....	6
1.3.1 PLANTA DE GAS	6
1.3.1.1 Comunicación SCADA	7
1.3.2 TORRE DE COMUNICACIONES SHUSHUFINDI.....	8
1.3.2.1 Comunicación SCADA	8
1.3.2.2 Comunicación de radio teléfono.....	9
1.3.3 ESTACIÓN AGUARICO	9
1.3.3.1 Comunicación SCADA	10
1.3.3.2 Comunicación de radio teléfono.....	10
1.3.4 ESTACIÓN ATACAPI	10
1.3.4.1 Comunicación SCADA	11
1.3.4.2 Comunicación de radio teléfono.....	11
1.3.5 ESTACIÓN PARAHUACU	11
1.3.5.1 Comunicación SCADA	12
1.3.5.2 Comunicación de radio teléfono.....	12
1.4 DESCRIPCIÓN DE LOS ENLACES Y PERFIL TOPOGRÁFICO	12
1.4.1 SISTEMA SCADA	12
1.4.1.1 Enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi.....	13
1.4.1.2 Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico.....	15
1.4.1.3 Enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu / estación Atacapi.....	18

1.4.1.3.1	Enlace estación Aguarico-estación Atacapi	18
1.4.1.3.2	Enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu	20
1.4.2	SISTEMA RADIO TELÉFONO.....	22
1.4.2.1	Enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu	23
1.4.2.2	Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico.....	25
1.4.2.3	Enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi	27
1.5	EQUIPAMIENTO ACTUAL DEL CIS Y DE LAS ESTACIONES DE CAPTACIÓN DE GAS	29
1.5.1	PLANTA DE GAS	30
1.5.2	TORRE SHUSHUFINDI	30
1.5.3	ESTACIÓN AGUARICO	31
1.5.4	ESTACIÓN PARAHUACU	32
1.5.5	ESTACIÓN ATACAPI.....	33
1.6	INFORMACIÓN DETALLADA OBTENIDA.....	34
1.6.1	SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE RADIO TELÉFONO	36
1.6.2	SISTEMA DE COMUNICACIÓN SCADA.....	38
CAPÍTULO 2	40
2.	SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA	40
2.1	ENLACE DEL SISTEMA SCADA	41
2.1.1	CONSIDERACIONES PREVIAS	42
2.1.2	CONFIGURACIÓN RADIO MDS PARA ENLACE DEL SISTEMA SCADA	42
2.1.2.1	Información (Information).....	43
2.1.2.2	Configuración (Settings)	44
2.1.2.3	Opciones (Options).....	44
2.1.2.4	Toda la red (Network-wide)	45
2.1.2.5	Barra de herramientas.....	45
2.1.3	PRUEBAS DE CONEXIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN SCADA.....	64
2.1.3.1	Enlace Planta de Gas-estación Atacapi	64
2.1.3.2	Enlace Planta de Gas-estación Parahuacu	71
2.1.3.2.1	Enlace estación Parahuacu-Torre Parahuacu.....	71

2.1.3.3	Enlace estación Aguarico-Planta de Gas	73
2.2	ENLACE DEL SISTEMA DE RADIO TELÉFONO	74
CAPÍTULO 3	76
3.	ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES OBTENIDAS DEL SISTEMA	76
3.1	SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE RADIO TELÉFONO.....	76
3.1.1	RADIOS TELEMÓBILE 7PTEL.....	76
3.1.2	ANTENAS LAMBDA BY360 PARA COMUNICACIÓN DEL SISTEMA DE RADIO TELÉFONO	77
3.2	SISTEMA DE COMUNICACIÓN SCADA	78
3.2.1	RADIOS MDS 4710.....	78
3.2.2	ANTENA DB438-B Y ANTENA DB413 PARA COMUNICACIÓN DEL SISTEMA SCADA.....	82
3.3	UBICACIÓN DE LAS ANTENAS DE COMUNICACIÓN PARA LOS SISTEMAS DE RADIO TELÉFONO Y SCADA.....	83
3.3.1	SISTEMA DE COMUNICACIÓN SCADA.....	85
3.3.1.1	Enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi.....	86
3.3.1.1.1	Resultados obtenidos del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi ...	91
3.3.1.2	Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico.....	92
3.3.1.2.1	Resultados obtenidos del enlace Torre Shushufindi- estación Aguarico	93
3.3.1.3	Enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu	93
3.3.1.3.1	Resultados obtenidos del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu.....	94
3.3.1.4	Enlace estación Aguarico-estación Atacapi	95
3.3.1.4.1	Resultados obtenidos del enlace estación Aguarico-estación Atacapi.....	96
3.3.2	SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE RADIO TELÉFONO	96
3.3.2.1	Enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu	97
3.3.2.1.1	Resultados obtenidos del enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu.....	98
3.3.2.2	Enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi	98
3.3.2.2.1	Resultados obtenidos del enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi.....	99
3.3.2.3	Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico.....	100

3.3.2.3.1	Resultados obtenidos del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico	101
CAPÍTULO 4	102
4.	REDISEÑO DE LA RED	102
4.1	INTRODUCCIÓN	102
4.1.1	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE GAS EN UNA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN	103
4.1.1.1	Características Técnicas y Fases de Procesamiento del Compresor.....	104
4.1.1.1.1	Fase Baja	105
4.1.1.1.2	Fase Alta.....	105
4.1.2	PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE GAS	106
4.2	SUSTENTACIÓN TEÓRICA	107
4.2.1	SISTEMA SCADA	107
4.2.2	CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL SCADA.....	108
4.2.2.1	Confiabilidad	109
4.2.2.2	Mantenimiento.....	109
4.2.2.3	Seguridad del Sistema	110
4.2.2.4	Expandibilidad.....	110
4.2.3	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SCADA.....	110
4.2.3.1	Unidad Terminal Maestra.....	110
4.2.3.2	Unidades Terminales Remotas	111
4.2.3.3	HMI O MMI	111
4.2.3.4	PLC's	112
4.2.3.4.1	Campos de Aplicación de un PLC.....	112
4.3	REDISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES SCADA.....	113
4.3.1	OBJETIVO	113
4.3.2	SELECCIÓN DE EQUIPOS	114
4.3.3	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED CON EQUIPOS PRE-WIMAX	116
4.3.4	EQUIPAMIENTO	116
4.3.4.1	Alvarion Breeze Access VL	117
4.3.4.1.1	Unidad de acceso (AU).....	118

4.3.4.1.2	Unidad de suscriptor (SU)	120
4.3.4.2	Software de gestión y configuración Breeze CONFIG	121
4.3.4.3	Antenas	121
4.3.4.4	Switch	122
4.3.4.5	Fuentes de Alimentación	123
4.3.4.6	Convertidores de dispositivos Ethernet a series Modbus.....	125
4.3.5	COMUNICACIÓN DE VOZ	127
4.3.6	RESULTADO DE LOS ENLACES	129
4.3.6.1	Enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi.....	129
4.3.6.2	Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico.....	131
4.3.6.3	Enlace Aguarico-Torre Parahuacu.....	133
4.3.6.4	Enlace Parahuacu-Torre Parahuacu.....	135
4.3.6.5	Enlace Aguarico-Atacapi.....	137
4.3.7	MENCIÓN DE EQUIPOS EN BASE AL PLAN NACIONAL DE UNIFICACIÓN DE TECNOLOGÍA PARA EP-PETROECUADOR	140
CAPÍTULO 5		144
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	144
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS		148

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1. Radio MDS 4710	3
Figura 1.2. Conversor RS-232 a RS-485	4
Figura 1.3. Radio Telemobile 7PTEL	5
Figura 1.4. CIS y las estaciones de captación de gas	6
Figura 1.5. Estación Planta de Gas	7
Figura 1.6. Monitores del sistema SCADA para la captación de gas.....	7
Figura 1.7. Torre Shushufindi	8
Figura 1.8. Estación Aguarico	9
Figura 1.9. Estación Atacapi.....	10
Figura 1.10. Torre Parahuacu	11
Figura 1.11. Enlace de comunicaciones del CIS y las estaciones de captación de gas	12
Figura 1.12. Parámetros del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi obtenidos con Radio Mobile.....	13
Figura 1.13. Primera zona de Fresnel del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi.	14
Figura 1.14. Parámetros del enlace Torre Shushufindi- estación Aguarico obtenidos con Radio Mobile.....	16
Figura 1.15. Primera zona de Fresnel del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico	16
Figura 1.16. Parámetros del enlace estación Aguarico-estación Atacapi obtenidos con Radio Mobile	18
Figura 1.17. Primera zona de Fresnel del enlace estación Aguarico-estación Atacapi	19
Figura 1.18. Parámetros del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu obtenidos con Radio Mobile	20
Figura 1.19. Primera zona de Fresnel del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu	21
Figura 1.20. Enlace Torre de comunicaciones y las estaciones de captación de gas	22
Figura 1.21. Parámetros del enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu obtenidos con Radio Mobile	23

Figura 1.22. Primera zona de Fresnel del enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu.....	23
Figura 1.23. Parámetros del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico obtenidos con Radio Mobile	25
Figura 1.24. Primera zona de Fresnel del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico	25
Figura 1.25. Parámetros del enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi obtenidos con Radio Mobile	27
Figura 1.26. Primera zona de Fresnel del enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi.....	27
Figura 1.27. Componentes de un enlace de comunicaciones típico utilizado en el CIS	29

CAPÍTULO 2

Figura 2.1. Diagrama del sistema de comunicación SCADA	41
Figura 2.2. Software MDS para configuración de radios	42
Figura 2.3. Conexión radio-PC para configuración.....	43
Figura 2.4. Menú información del Software de configuración radio MDS.....	44
Figura 2.5. Menú configuración del Software para el radio MDS	44
Figura 2.6. Menú opciones del Software de configuración radio MDS	45
Figura 2.7. Menú toda la red del Software de configuración radio MDS	45
Figura 2.8. Menú sistema del Software de configuración radio MDS	46
Figura 2.9. Acceso al hyperterminal del radio MDS.....	46
Figura 2.10. Acceso a los efectos de sonido del radio MDS	48
Figura 2.11. Acceso consejos de características del radio MDS.....	48
Figura 2.12. Menú Radio del Software de configuración radio MDS.....	49
Figura 2.13. Acceso al diagnostico de mantenimiento y calibración del radio MDS	49
Figura 2.14. Acceso al rendimiento de datos del radio MDS.....	50
Figura 2.15. Acceso al cambio de contraseña del radio MDS.....	50
Figura 2.16. Acceso al código de autorización del radio MDS.....	51
Figura 2.17. Acceso a la programación de la frecuencia de transmisión del radio MDS....	51

Figura 2.18. Acceso a la programación de la frecuencia de recepción del radio MDS.....	51
Figura 2.19. Acceso a la programación de la potencia del radio MDS	52
Figura 2.20. Acceso a la programación del tiempo de espera del temporizador del radio MDS	52
Figura 2.21. Acceso a la programación de la velocidad y formato de los datos del radio MDS	53
Figura 2.22. Acceso a la programación de la dirección del equipo del radio MDS	53
Figura 2.23. Acceso a la programación del modo búfer del radio MDS.....	54
Figura 2.24. Acceso a la programación del retraso de CTS del radio MDS	54
Figura 2.25. Acceso a la programación del retraso de PTT del radio MDS.....	55
Figura 2.26. Acceso a la programación del tipo de dispositivo del radio MDS.....	55
Figura 2.27. Acceso a la programación del tipo de módem del radio MDS	56
Figura 2.28. Acceso a la programación de la clave de datos del radio MDS	56
Figura 2.29. Acceso a la programación del nombre del propietario del radio MDS.....	57
Figura 2.30. Acceso a la programación del mensaje de texto del radio MDS.....	57
Figura 2.31. Acceso a la programación del retardo de SCD del radio MDS.....	57
Figura 2.32. Acceso a la programación de la clave en modo continuo del radio MDS	58
Figura 2.33. Acceso a la programación del nivel de audio de transmisión del radio MDS	58
Figura 2.34. Acceso a la programación del nivel de audio de recepción del radio MDS	59
Figura 2.35. Acceso a la programación del énfasis del radio MDS	59
Figura 2.36. Menú toda la red del Software de configuración del radio MDS	60
Figura 2.37. Acceso a la programación del tipo de diagnóstico del radio MDS.....	60
Figura 2.38. Acceso a la programación del diagnóstico de enlace del radio MDS.....	61
Figura 2.39. Acceso a la programación del diagnóstico de mensajes brecha del radio MDS	61
Figura 2.40. Acceso a la programación del software RTU del radio MDS.....	62

Figura 2.41. Menú puerto de comunicación del Software de configuración del radio MDS	62
Figura 2.42. Menú imprimir del Software de configuración del radio MDS	63
Figura 2.43 Menú ayuda del Software de configuración del radio MDS.....	63
Figura 2.44. Software Modbus Poll.....	64
Figura 2.45. Menú conexión del Software Modbus Poll.....	68
Figura 2.46. Acceso a los parámetros de conexión del Software Modbus Poll	68
Figura 2.47. Menú instalación del Software Modbus Poll	69
Figura 2.48. Direcciones de entrada del RTU Atacapi.....	69
Figura 2.49. Parámetros de direcciones a monitorear en el RTU Atacapi	70
Figura 2.50. Datos obtenidos en el monitoreo del RTU Atacapi	70
Figura 2.51. Diagrama sistema de comunicación de Radio Teléfono.....	74

CAPÍTULO 3

Figura 3.1. Número de modelo del equipo MDS 4710	78
Figura 3.2. Típico enlace Punto - Multipunto	80
Figura 3.3. Esquema de un enlace de microonda	84
Figura 3.4. Gráfica de la primera y segunda zona de Fresnel	84
Figura 3.5. Línea de vista en un enlace de microonda	85
Figura 3.6. Enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi	86
Figura 3.7. Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico	92
Figura 3.8. Enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu	93
Figura 3.9. Enlace estación Aguarico-estación Atacapi	95
Figura 3.10. Enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu.....	97
Figura 3.11. Enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi.....	98
Figura 3.12. Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico	100

CAPÍTULO 4

Figura 4.1. Sensor analógico donde se muestra la presión de entrada y salida del gas.....	103
Figura 4.2. Sensor digital utilizado para tomar medidas de nivel, flujo y temperatura.....	104
Figura 4.3. Compresor utilizado en la estación de captación de gas Parahuacu	104
Figura 4.4. Esquema básico de un Sistema SCADA.....	108
Figura 4.5. Esquema básico de un sistema SCADA expresado en bloques	108
Figura 4.6. Ejemplo de un HMI del sistema SCADA	112
Figura 4.7. Elementos de Alvarión Breeze ACCESS VL	117
Figura 4.8. Estación Base o Estacion de Trabajo	119
Figura 4.9. Unidad Interna (IDU).....	119
Figura 4.10. Unidad Externa (ODU)	120
Figura 4.11. Antena directiva de 28 dBi.....	121
Figura 4.12. Patrón de azimut y elevación	122
Figura 4.13. Switch EDS-408A.....	123
Figura 4.14. Fuente de alimentación RS-15-24.....	123
Figura 4.15. Fuente de alimentación SD-15C.	124
Figura 4.16. Conversor Ethernet/Modbus NPort 6110.....	125
Figura 4.17. Ejemplo de conexión Ethernet/Modbus	126
Figura 4.18. Cisco SPA8800 IP Telephony Gateway - SPA8800.....	127
Figura 4.19. Red Inalámbrica del Complejo Industrial Shushufindi y las Estaciones de Captación	128
Figura 4.20. Parámetros del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi obtenidos con Radio Mobile.....	129
Figura 4.21. Primera zona de Fresnel del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi	130
Figura 4.22. Parámetros del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico obtenidos con Radio Mobile	131
Figura 4.23. Primera zona de Fresnel del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico ..	132

Figura 4.24. Parámetros del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu obtenidos con Radio Mobile	133
Figura 4.25. Primera zona de Fresnel del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu	134
Figura 4.26. Parámetros del enlace estación Parahuacu-Torre Parahuacu obtenidos con Radio Mobile	136
Figura 4.27. Primera zona de Fresnel del enlace estación Parahuacu-Torre Parahuacu ...	136
Figura 4.28. Parámetros del enlace Aguarico-Atacapi obtenidos con Radio Mobile.....	138
Figura 4.29. Primera zona de Fresnel del enlace estación Aguarico-estación Atacapi	138
Figura 4.30. Elementos de la marca Harris Stratex en su modelo Eclipse	140
Figura 4.31. Radio Harris Stratex en su modelo Eclipse.....	141
Figura 4.32. Esquema de trabajo de un radio Harris Stratex con su modelo Eclipse para 3 enlaces diferentes.....	142
Figura 4.33. Red de Comunicaciones del CIS y las estaciones de captación de gas.....	143

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO 1

Cuadro 1.1. Características técnicas del MDS 4710	3
Cuadro 1.2. Características técnicas del conversor RS-232 a RS-485	4
Cuadro 1.3. Características técnicas del radio Telemobile 7PTEL	5
Cuadro 1.4. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi	14
Cuadro 1.5. Características técnicas del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi	15
Cuadro 1.6. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico	17
Cuadro 1.7. Características técnicas del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico	17
Cuadro 1.8. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace estación Aguarico-estación Atacapi	19
Cuadro 1.9. Características técnicas del enlace estación Aguarico-estación Atacapi	20
Cuadro 1.10. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu	21
Cuadro 1.11. Características técnicas del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu	22
Cuadro 1.12. Datos obtenidos con Radio Mobile Para el enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu	24
Cuadro 1.13. Características técnicas del enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu	24
Cuadro 1.14. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico	26
Cuadro 1.15. Características técnicas del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico ...	26
Cuadro 1.16. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi	28
Cuadro 1.17. Características técnicas del enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi	28
Cuadro 1.18. Formulario de la Senatel para información de la infraestructura del sistema de radiocomunicaciones.....	35

Cuadro 1.19. Formulario de la Senatel para información de antenas.....	36
Cuadro 1.20. Formulario de la Senatel para el servicio fijo-terrestre.....	37
Cuadro 1.21. Formulario de la Senatel para información de antenas.....	38
Cuadro 1.22. Formulario de la Senatel para el servicio fijo terrestre.....	39

CAPÍTULO 2

Cuadro 2.1. Información radios MDS Planta de Gas y Torre Shushufindi-Planta de Gas.....	47
Cuadro 2.2. Direcciones de entradas y salidas analógicas del RTU de la estación Atacapi.....	65
Cuadro 2.3. Direcciones de entradas y salidas digitales del RTU de la estación Atacapi.....	67
Cuadro 2.4. Cálculos de radio enlace RTU Parahuacu-Radio Parahuacu.....	72

CAPÍTULO 3

Cuadro 3.1. Frecuencias de Tx y Rx dependiendo del modelo de radio.....	79
Cuadro 3.2. Factor dependiente del terreno para calcular confiabilidad.....	91
Cuadro 3.3. Resultados del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi.....	91
Cuadro 3.4. Resultados del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico.....	93
Cuadro 3.5. Resultados del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu.....	94
Cuadro 3.6. Resultados del enlace estación Aguarico-estación Atacapi.....	96
Cuadro 3.7. Resultados del enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu.....	98
Cuadro 3.8. Resultados del enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi.....	99
Cuadro 3.9. Resultados del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico.....	101

CAPÍTULO 4

Cuadro 4.1. Características técnicas del compresor.....	105
Cuadro 4.2. Características técnicas del radio Alvarion Breeze Access VL.....	118

Cuadro 4.3. Característica técnica de la antena de ganancia 28 dBi	122
Cuadro 4.4. Características técnicas de la fuente RS-15-24.....	124
Cuadro 4.5. Características técnicas de la fuente RS-15C-48	124
Cuadro 4.6. Características técnicas del NPort 6110.....	126
Cuadro 4.7. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi.....	130
Cuadro 4.8. Características técnicas del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi	131
Cuadro 4.9. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico	132
Cuadro 4.10. Características técnicas del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico	133
Cuadro 4.11. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu	134
Cuadro 4.12. Características técnicas del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu	135
Cuadro 4.13. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu	137
Cuadro 4.14. Características técnicas del enlace Parahuacu-Torre Parahuacu	137
Cuadro 4.15. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace estación Aguarico-estación Atacapi	139
Cuadro 4.16. Características técnicas del enlace estación Aguarico-estación Atacapi.....	139

ÍNDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO 3

Ec. 3.1. Cálculo de Margen de Despeje.....	86
Ec. 3.2. Cálculo de la Zona de Fresnel	87
Ec. 3.3. Cálculo de Margen de Seguridad	88
Ec. 3.4. Cálculo de Pérdida de Trayectoria por Espacio Libre.....	89
Ec. 3.5. Cálculo de Potencia Nominal de Recepción	89
Ec. 3.6. Cálculo de Margen de Umbral	90
Ec. 3.7. Cálculo de Confiabilidad.....	90
Ec. 3.8. Cálculo de Confiabilidad.....	90

RESUMEN

CAPÍTULO 1.

Se realiza un estudio de las condiciones geográficas de los sitios que pertenecen al Complejo Industrial Shushufindi (CIS), ubicación, clima, infraestructura utilizada para las comunicaciones.

Se utiliza el Software Radio Mobile de libre distribución para analizar el perfil topográfico de los enlaces, ubicando para ello las características técnicas de conexiones, equipos y antenas utilizadas en cada una de las estaciones de captación de gas, como en el CIS, se observa los accidentes geográficos que intervienen en los enlaces y se procede a llenar algunas formas de la SENATEL, necesarias como estudio de ingeniería para hacer el pedido de adjudicación de frecuencias en bandas no libres.

CAPÍTULO 2.

Se hace una revisión de los equipos que intervienen en los sistemas de comunicaciones existentes: SCADA y radio teléfono, se verifica su existencia y las condiciones en las que se encuentran. Se hace uso del software de configuración de radios propio del MDS (Microwave Data System) versión 2.4.0 necesario para la configuración de los radios MDS 4710 utilizados para el sistema de comunicación SCADA, sin afectar la configuración actual.

Se realiza la verificación de los enlaces mediante el software MODBUS POLL, programa propio del protocolo MODBUS, característico de los sensores análogos o digitales usados en las estaciones de captación de gas.

CAPÍTULO 3.

Se realiza un análisis completo de las instalaciones, infraestructura, equipos, conexiones, antenas utilizadas, para el rango de frecuencia en el que trabaja cada uno de los enlaces, considerando para los análisis manuales y datasheet de los dispositivos existentes, se hacen las respectivas observaciones obtenidas del funcionamiento actual de cada uno de los enlaces.

Se hace uso del software Radio Mobile para verificar la existencia de línea de vista en cada enlace, mediante el uso de algunas ecuaciones se analizan las condiciones técnicas en las que se encuentran los enlaces, verificando los resultados con los que se obtienen mediante la utilización del Radio Mobile.

CAPÍTULO 4.

Se presenta aspectos principales que enmarcan la producción de gas en las estaciones de captación y en Planta de Gas que pertenecen a la Gerencia de Refinación de EP-Petroecuador mediante la ayuda del sistema SCADA para realizar el monitoreo, supervisión y control de la industrialización del petróleo.

Para el rediseño del sistema de comunicación del CIS y las estaciones de captación, se propone la utilización de equipos basados en tecnología Pre-WIMAX de marca Alvarión, garantizando alta fiabilidad y disponibilidad en la transmisión de voz, datos y futuras implementaciones.

Se presenta la simulación y los resultados de cada uno de los enlaces con la ayuda del Radio Mobile, donde se garantiza el buen funcionamiento de la red. Además, se mencionan las características básicas de los equipos Harris Stratex en su modelo Eclipse, los cuales serán utilizados por EP-Petroecuador en un futuro.

CAPÍTULO 5.

Se realizan las respectivas conclusiones y recomendaciones, obtenidas de la realización del presente proyecto de titulación, necesarias para el mejoramiento de la red de comunicación que satisfaga las necesidades actuales y futuras del CIS perteneciente a la Gerencia de Refinación de EP-Petroecuador.

PRESENTACIÓN

El objetivo en este proyecto de titulación es tener un completo sistema de comunicación, el cual debe solventar las necesidades de comunicación, para la supervisión, monitoreo y control de cada una de las señales que adquiere y procesa el sistema SCADA existente en cada una de las estaciones de captación las cuales pertenecen a la Gerencia de Refinación de EP-Petroecuador. El cual deberá mostrar datos precisos y en tiempo real de las condiciones en las que se está industrializando el petróleo y sus derivados, teniendo como ejes centrales las estaciones de captación: Aguarico y Planta de Gas. Además si uno de los sistemas existentes falla, cualquiera podría entrar a suplir las necesidades temporalmente.

El requerimiento de comunicación existente para las estaciones de captación y Planta de Gas ubicada en las instalaciones del Complejo Industrial Shushufindi (CIS), se divide en dos áreas. La primera se denomina sistema de comunicación radio-teléfono y la segunda sistema de comunicación SCADA.

El sistema de comunicación SCADA permite ejecutar la supervisión, monitoreo y control de los dispositivos implementados en cada una de las estaciones de captación y Planta de Gas, garantizando el cumplimiento de los estándares de producción del gas de consumo popular.

El sistema de comunicación por radio-teléfono permite transmitir información de voz entre los operadores de cada una de las estaciones de captación y los operadores de la central ubicada en Planta de Gas, con el fin de mantenerse en contacto en caso de fallas del sistema de comunicación principal SCADA.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se analizarán las condiciones geográficas del CIS y las estaciones de captación de gas pertenecientes a la Gerencia de Refinación de EP-Petroecuador, para obtener información técnica del estado actual de cada uno de los enlaces que forman parte de los sistemas de comunicación SCADA y radio teléfono existente.

El CIS se encuentra ubicado en la Amazonía ecuatoriana en el cantón Shushufindi de la provincia de Sucumbíos y está formado por dos áreas: una de refinación y la otra denominada Planta de Gas. Las estaciones de captación de gas se encuentran ubicadas en las poblaciones cercanas a Shushufindi y estas son:

- Las estaciones de captación de gas Atacapi y Parahuacu se encuentran ubicadas en el cantón Dureno de la provincia de Sucumbíos.
- La estación de captación de gas Aguarico se encuentra ubicada en el cantón Pacayacu de la provincia de Sucumbíos.

Estas estaciones se encargan de enviar gas natural obtenido de la exploración de los pozos para que sean procesados y almacenados en Planta de Gas, además del bombeo de líquidos sucios (gasolina blanca) para su posterior proceso en el CIS, con lo cual se puede obtener gas licuado y algunos otros derivados del petróleo.

Las estaciones antes mencionadas pertenecen a la Gerencia de Refinación, que es parte de la empresa estatal EP-Petroecuador, encargada de la industrialización del petróleo perteneciente al Ecuador, cuya visión y misión establecen, ser reconocida como una empresa de primer nivel en refinación del petróleo, con personal altamente calificado, dentro de un ambiente de transparencia, excelencia operacional y responsabilidad socio ambiental para producir derivados de petróleo que satisfagan la demanda de consumo en el mercado nacional, bajo estándares

internacionales de calidad, asegurando el cuidado ambiental, con talento humano capacitado y comprometido, contribuyendo con el desarrollo del país.

1.1 NECESIDADES DEL CIS Y LAS ESTACIONES DE CAPTACIÓN DE GAS

El CIS y las estaciones de captación establecen la necesidad de realizar el rediseño del sistema de comunicación SCADA y radio teléfono existente para satisfacer necesidades de supervisión, monitoreo y control del proceso de producción de los derivados del petróleo en las diferentes estaciones.

Estos sistemas de comunicaciones permiten conocer a los operadores el estado de producción y alerta en caso de existir inconvenientes o fallas, los dos sistemas de comunicación están fuera de funcionamiento por diferentes circunstancias, las cuales serán analizadas y detalladas en posteriores capítulos.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DEL CIS Y DE LAS ESTACIONES DE CAPTACIÓN DE GAS

La Gerencia de Refinación perteneciente a EP-Petroecuador ha establecido la necesidad de tener un sistema de comunicación que sea capaz de monitorear el proceso de captación de gas de manera remota y una comunicación de voz privada con el fin de anular fugas de información confidencial, de interés únicamente de la empresa; con este antecedente se ha realizado la implementación de dos sistemas de comunicación independientes entre sí para la cobertura de las estaciones de captación: Aguarico, Parahuacu y Atacapi, considerando la situación topográfica del terreno, condiciones atmosféricas y altura estimada promedio de los árboles de 40 metros, se han instalado torres, postes o mástiles pertenecientes a EP-Petroecuador para la ubicación de las antenas de comunicación en cada una de las instalaciones existentes pertenecientes al CIS.

Para el sistema de comunicación SCADA se han utilizado equipos de marca MDS4710¹ que trabajan en el rango de frecuencia UHF, utilizan la técnica de polling – selecting para acceder al medio de transmisión, en configuración punto – punto y punto – multipunto, con salida de potencia de radio frecuencia máxima de 5 vatios programable. El interfaz físico que se utiliza en cada extremo es un DB25 serial estándar del que solamente se emplea las líneas de transmisión (Tx), recepción (Rx) y tierra (GND).

Los equipos utilizados son transmisores-receptores configurables como maestro - esclavo, con modo de operación simplex o half dúplex, además poseen características de datos tales como RTS/CTS, time-out-timer, todas estas son funciones programables.



Figura 1.1. Radio MDS 4710

Marca:	MDS
Modelo:	4710
Ancho de banda:	12,5 KHz
Separación entre Tx y Rx.	5 MHz
Tipo de modulación:	CPFSK
Velocidad de transmisión:	9600 bps
Potencia de salida:	5 vatios
Clase de emisión:	12K5F1DFN ²
Rango de operación:	420 – 450 MHz
Sensibilidad:	-108 dBm

Cuadro 1.1. Características técnicas del MDS 4710

¹ (Archivos extras) Manual MDS 4710, presente en el cd del Proyecto de Titulación actual.

² (Anexo 1) Clasificación de emisiones. http://www.coit.es/pub/ficheros/apendice_s1_ddce99d3.pdf

Para el caso de las instalaciones Aguarico y Parahuacu donde la ubicación física de los radios es distante de la caseta de control, se utilizaron convertidores de RS-232 a RS-485 para llevar la señal sobre par trenzado de 4 hilos. En este caso también se emplean las líneas de transmisión (Tx), recepción (Rx) y tierra (GND).



Figura 1.2. Conversor RS-232 a RS-485

Marca:	B&B ELECTRONICS
Modelo:	4850 TLED
Handshake:	Automático
Interfaz:	Full o Half duplex RS-232 balanceado a Full o Half duplex RS-422 o RS-485
Velocidad de transmisión:	Hasta 115,2 Kbps
Configuración:	2 hilos o 4 hilos
Rango de temperatura:	32 a 158 F (o a 70 °C)
Conectores:	DB25 hembra para RS-232 Terminal para RS-422/485

Cuadro 1.2. Características técnicas del conversor RS-232 a RS-485

Para el sistema de comunicación por radio teléfono se han utilizado equipos de marca Telemobile³ 7PTEL/10/FXO-FXS que trabajan en el rango de frecuencias UHF en configuración punto – punto, con capacidad para una línea telefónica (monocanal), con salida de potencia de radio frecuencia máxima de 10 vatios programable. El interfaz físico utilizado en cada extremo es un RJ-11 estándar, este equipo trabaja como FXO (Foreign Exchange Office) o FXS (Foreign Exchange Station), según el sitio de instalación, FXS actúa como una oficina central, que para las necesidades del CIS se ha dispuesto que sea en el pie de Torre Shushufindi donde existe un pequeño cuarto de equipos y las FXO se han ubicado en todas y cada una de las estaciones de captación de gas.

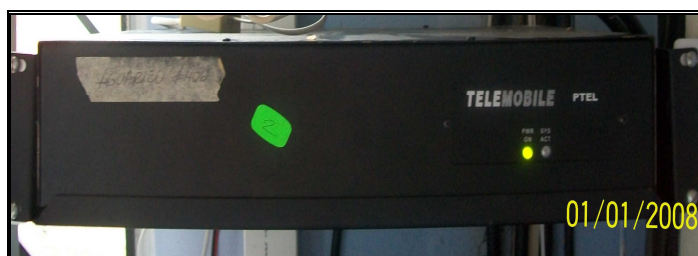


Figura 1.3. Radio Telemobile 7PTEL

Marca:	TELEMOBILE
Modelo:	TM 7PTEL/10/FXO-FXS
Ancho de banda:	12,5 o 25 KHz
Separación entre Tx y Rx.	5 MHz
Tipo de modulación:	FM
Velocidad de transmisión:	9600 Kbps
Potencia de salida:	10 vatios
Clase de emisión:	12K5F3EXN
Rango de operación:	360 – 366 MHz
Sensibilidad:	-107 dBm

Cuadro 1.3. Características técnicas del radio Telemobile 7PTEL

³ (Archivos extras) Manual Telemobile PTEL, presente en el cd del Proyecto de Titulación actual

1.3 DETALLE GEOGRÁFICO Y TÉCNICO DEL CIS Y LAS ESTACIONES DE CAPTACIÓN DE GAS AGUARICO, PARAHUACU Y ATACAPI

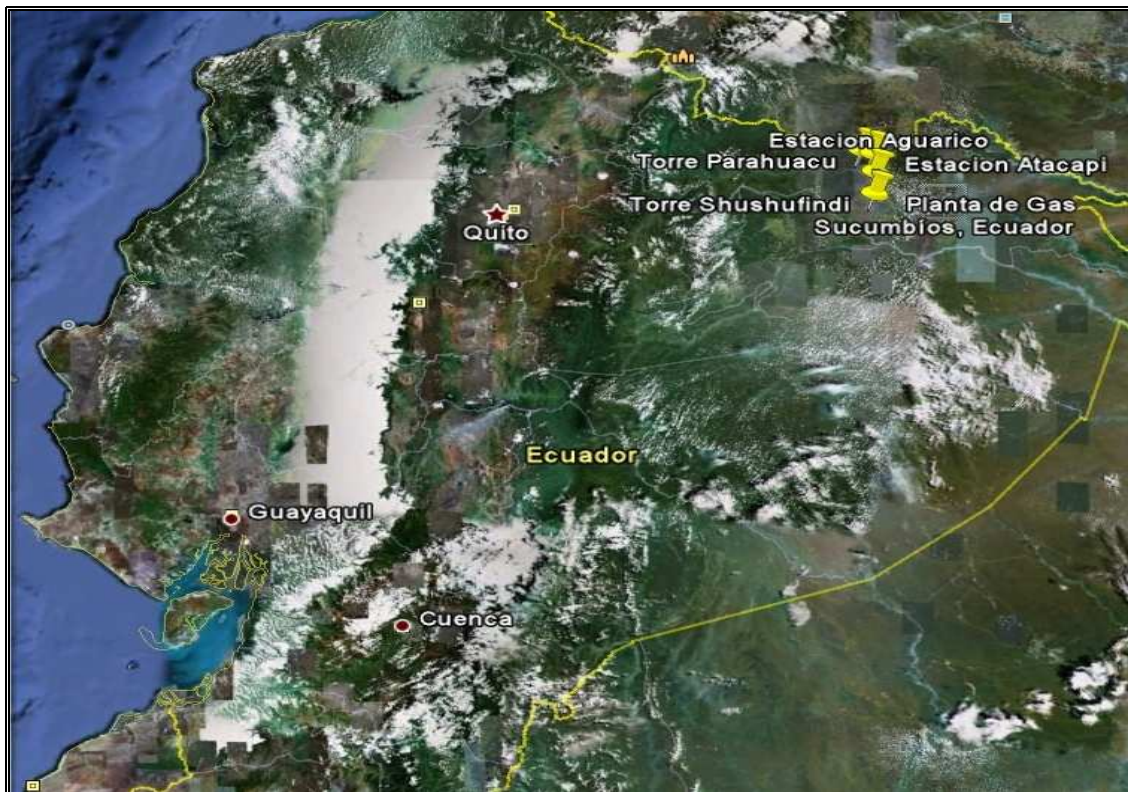


Figura 1.4. CIS y las estaciones de captación de gas

1.3.1 PLANTA DE GAS

Planta de Gas se encuentra ubicada en las instalaciones del CIS, en el cantón Shushufindi, de la provincia de Sucumbíos a 262 metros sobre el nivel del mar (s.n.m), cuyas coordenadas geográficas son: S 00°12'1,85"; W 76°39'1,8".

Este lugar es el centro de control del sistema de comunicación SCADA, donde se controla el funcionamiento de la Planta de Gas y de las estaciones de captación que pertenecen al CIS.

La estructura de la torre donde se encuentra instalada la antena es un mástil de 7 metros de altura, el cual es utilizado solamente para el enlace del sistema de comunicación SCADA.



Figura 1.5. Estación Planta de Gas

Esta estación cuenta con 4 monitores (interfaz HMI) que por el momento permiten al operador realizar el monitoreo y control solamente de la Planta de Gas, pero se espera en un futuro controlar a las estaciones de captación desde este lugar.



Figura 1.6. Monitores del sistema SCADA para la captación de gas

1.3.1.1 Comunicación SCADA

Para la transmisión de datos del sistema de comunicación SCADA se maneja un enlace punto a punto entre Planta de Gas (maestro) - Torre Shushufindi (esclavo). Con el cual se puede obtener, almacenar e interpretar las variables existentes en

el campo, para tener un excelente funcionamiento de Planta de Gas y de las estaciones que captan el gas y lo envían hacia este lugar.

1.3.2 TORRE DE COMUNICACIONES SHUSHUFINDI

La Torre de comunicaciones Shushufindi se encuentra ubicada en las instalaciones del CIS, en el cantón Shushufindi de la provincia de Sucumbíos a 272 metros sobre el nivel del mar, cuyas coordenadas geográficas son: S 00°12'4,7"; W 76°39'14,8".

La estructura de la torre existente en este lugar es de tipo auto soportada y de 65 metros de altura, la cual es utilizada para los enlaces de los sistemas de comunicación: SCADA, radio teléfono y otros enlaces de microondas.



Figura 1.7. Torre Shushufindi

1.3.2.1 Comunicación SCADA

Para el sistema de comunicación SCADA este sitio trabaja como una estación puente que sirve de repetidora, permite la transmisión de datos entre la estación de captación Aguarico y Planta de Gas, se utiliza este lugar para la ubicación de antenas en la torre existente, debido a que la infraestructura en Planta de Gas no tiene línea de vista con la estación Aguarico, por lo que se usan enlaces punto a

punto entre Planta de Gas (maestro) - Torre Shushufindi (esclavo) y Torre Shushufindi (maestro) – Aguarico (esclavo).

1.3.2.2 Comunicación de radio teléfono

Para la transmisión de voz, la comunicación de radio teléfono maneja enlaces punto - punto entre: Torre Shushufindi - Aguarico, Torre Shushufindi - Parahuacu y Torre Shushufindi - Atacapi, trabajando el radio teléfono como FXS en este lugar.

1.3.3 ESTACIÓN AGUARICO

La estación de captación Aguarico se encuentra ubicada en el cantón Pacayacu de la provincia de Sucumbíos a 303 metros de altura sobre el nivel del mar, cuyas coordenadas geográficas son: S 00°03'34,3"; W 76°39'01,1".



Figura 1.8. Estación Aguarico

La estructura de la torre que se utiliza en este lugar para las comunicaciones es un tubo piloteado soportado con vientos de 24 metros de altura, la cual es utilizada para los sistemas de comunicación: SCADA y radio teléfono.

1.3.3.1 Comunicación SCADA

La estación Aguarico mantiene una comunicación punto - multipunto entre: estación Aguarico (maestro) - estación Atacapi (esclavo) y estación Aguarico (maestro) - estación Parahuacu (esclavo), en la estación Aguarico se almacenan los datos de las estaciones Parahuacu y Atacapi; y conjuntamente con la información obtenida de esta misma estación se envía hacia Torre Shushufindi.

1.3.3.2 Comunicación de radio teléfono

Para la comunicación de voz se ha establecido un enlace punto - punto entre la estación Aguarico y Torre Shushufindi, trabajando el radio teléfono como FXO en este lugar.

1.3.4 ESTACIÓN ATACAPI

La estación de captación de gas Atacapi se encuentra ubicada en el cantón Dureno en la provincia de Sucumbíos a 292 metros de altura sobre el nivel del mar, cuyas coordenadas geográficas son: N 00°03'36,8"; W 76°39'34,0".

La estructura utilizada para las comunicaciones es un tubo piloteado soportado con vientos de 24 metros, la cual se usa para los sistemas de comunicación: SCADA y radio teléfono.



Figura 1.9. Estación Atacapi

1.3.4.1 Comunicación SCADA

La estación Atacapi (esclavo) se comunica con la estación Aguarico (maestro) en un enlace punto multipunto.

1.3.4.2 Comunicación de radio teléfono

Para la comunicación de voz se ha establecido un enlace punto - punto entre la estación Atacapi y Torre Shushufindi, el radio teléfono en este lugar trabaja como FXO.

1.3.5 ESTACIÓN PARAHUACU

La estación de captación de gas Parahuacu es parte del Complejo Industrial Shushufindi, tiene como coordenadas geográficas: N 00°04'52,84"; W 76°43'5,5".

Para la comunicación desde y hasta este lugar se ha hecho uso de la torre de comunicaciones de propiedad de la Gerencia de Producción, denominada como Torre Parahuacu, se encuentra ubicada en el cantón Dureno de la provincia de Sucumbíos a 300 metros sobre el nivel del mar, cuyas coordenadas geográficas son: N 00°04'49.16"; W 76°43'5.5".



Figura 1.10. Torre Parahuacu

1.3.5.1 Comunicación SCADA

La estación Parahuacu (esclavo) se comunica con la estación Aguarico (maestro) en un enlace punto multipunto, haciendo uso de la torre de comunicaciones denominada Torre Parahuacu.

1.3.5.2 Comunicación de radio teléfono

Para la comunicación de voz se ha establecido un enlace punto - punto entre la estación de captación de gas Parahuacu y Torre Shushufindi, haciendo uso de igual manera de Torre Parahuacu para la comunicación, el radio teléfono en este lugar trabaja como FXO.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LOS ENLACES Y PERFIL TOPOGRÁFICO

1.4.1 SISTEMA SCADA



Figura 1.11. Enlace de comunicaciones del CIS y las estaciones de captación de gas

1.4.1.1 Enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi

La comunicación entre Planta de Gas – Torre Shushufindi se encuentra dentro de las instalaciones del CIS ubicado en el cantón Shushufindi, este enlace es utilizado para la transmisión de datos a una distancia de cobertura en línea recta de aproximadamente 383 metros.

La comunicación que maneja este enlace es de tipo punto a punto, siendo Planta de Gas la estación que actúa como maestro y Torre Shushufindi como esclavo para realizar la supervisión, monitoreo y control del funcionamiento y producción de la planta, con el fin de obtener el gas de manera adecuada.

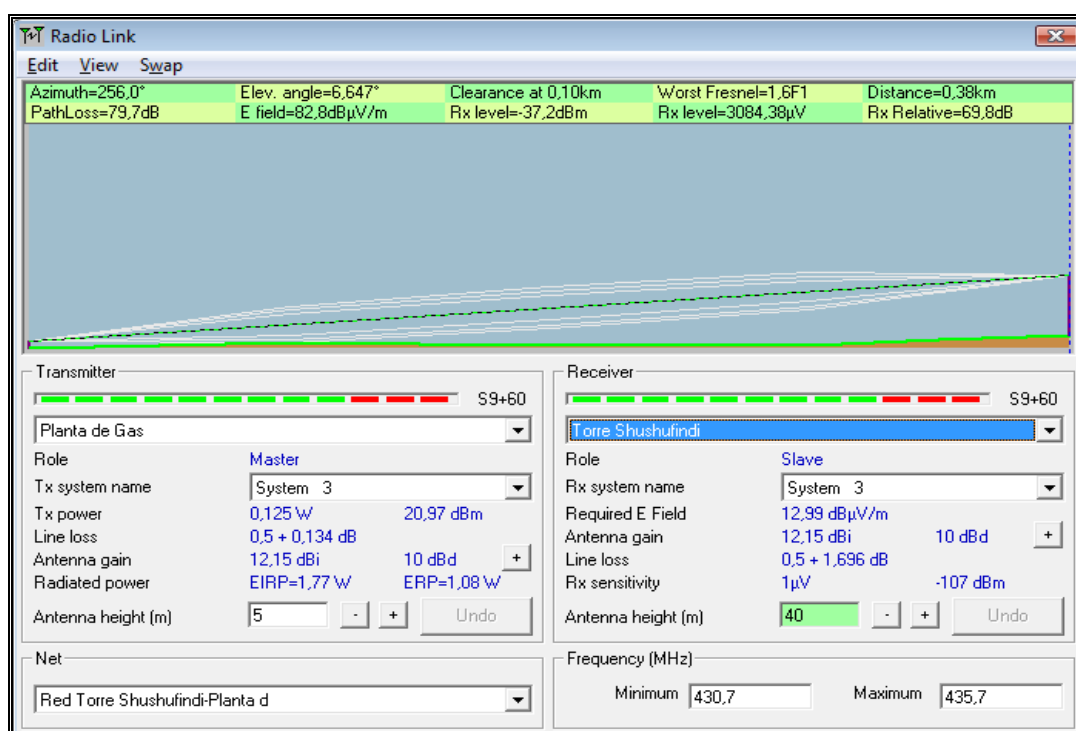


Figura 1.12. Parámetros del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi obtenidos con Radio Mobile.

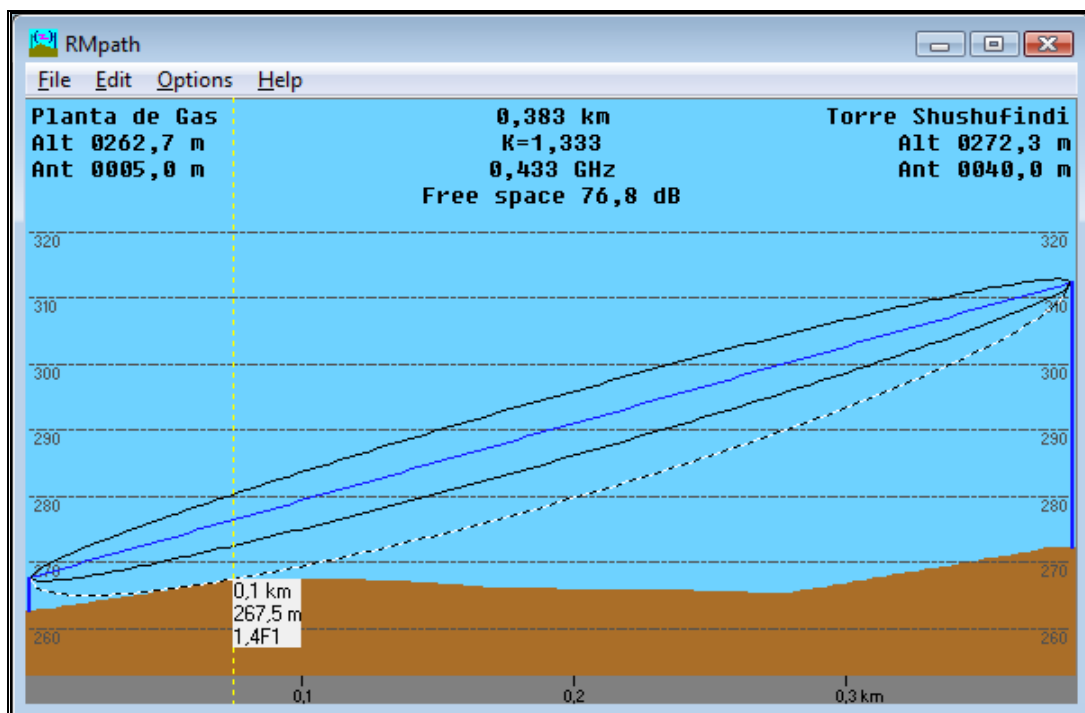


Figura 1.13. Primera zona de Fresnel del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi.

Parámetros	Datos del Radio Mobile
Distancia de enlace $D(Km)$	0.383 Km.
Angulo de elevación α	6.647°
Azimut $Z_{Planta_de_Gas-Torre_Shushufindi}$ [°]	256.0°
Azimut $Z_{Torre_Shushufindi-Planta_de_Gas}$ [°]	76.0°
Pérdidas en espacio libre A_{PEL} [dB]	77.4 dB
Potencia de recepción P_{RX} [dBm]	-37.2 dBm
Margen de umbral MU [dB]	69.8dB
Potencia efectiva irradiada $ERP(w)$	1.08 w
Nivel de voltaje recibido en el receptor $V_{RX}[\mu V]$	3084.38 μV
Intensidad de campo eléctrico $E(\frac{dB\mu V}{m})$	82.8 $\frac{dB\mu V}{m}$
Confiabilidad del Sistema [R%]	100%

Cuadro 1.4. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi

Características técnicas del enlace Planta de Gas - Torre Shushufindi					
Frecuencia de Tx	430.7 MHz		Frecuencia de Rx	435.7 MHz	
Potencia de Tx	125 mW	20.97 dBm	Ganancia de la antena	10 dBd	12.15 dBi
Altura de la antena en Planta de Gas	5m		Altura de la antena en Torre Shushufindi	40 m	
Sensibilidad del Rx				0,8913 μ V	-108 dBm
Permitividad relativa al Suelo	15		Conductividad del Suelo	0.005 S/m	
Perdidas de cable	0.04462 dB/m		Tipo de antena	Yagi	

Cuadro 1.5. Características técnicas del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi

1.4.1.2 Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

Los datos procesados desde las estaciones de captación de gas: Parahuacu y Atacapi son enviados hacia la Torre Shushufindi ubicada en el CIS, a través del enlace Torre Shushufindi – estación Aguarico, este enlace maneja la comunicación de tipo punto a punto.

La Torre Shushufindi hace las funciones de un puente de comunicaciones, ya que el objetivo principal de esta comunicación es tener la información en Planta de Gas, la misma trabaja como maestro para el enlace que se realiza con la estación de captación Aguarico, en dicha estación, además de procesar los datos de las estaciones Atacapi y Parahuacu, procesa la información de producción de la misma estación, dicha información es enviada con dirección a Torre Shushufindi.

En la estación Aguarico los radios que permiten la comunicación del sistema SCADA se encuentran ubicados en la torre aproximadamente a 5 metros de altura, motivo por el cual se utilizan conversores de RS-232 a RS-485 de marca B&B Electronics, los cuales son conectados al ROC o RTU existente en este lugar.

A continuación se presentan los resultados del enlace obtenidos con el Software Radio Mobile en el cual se considera el terminal maestro a la estación que se

encuentra ubicada en el extremo izquierdo y el terminal esclavo a la estación que se encuentra ubicada en el extremo derecho.

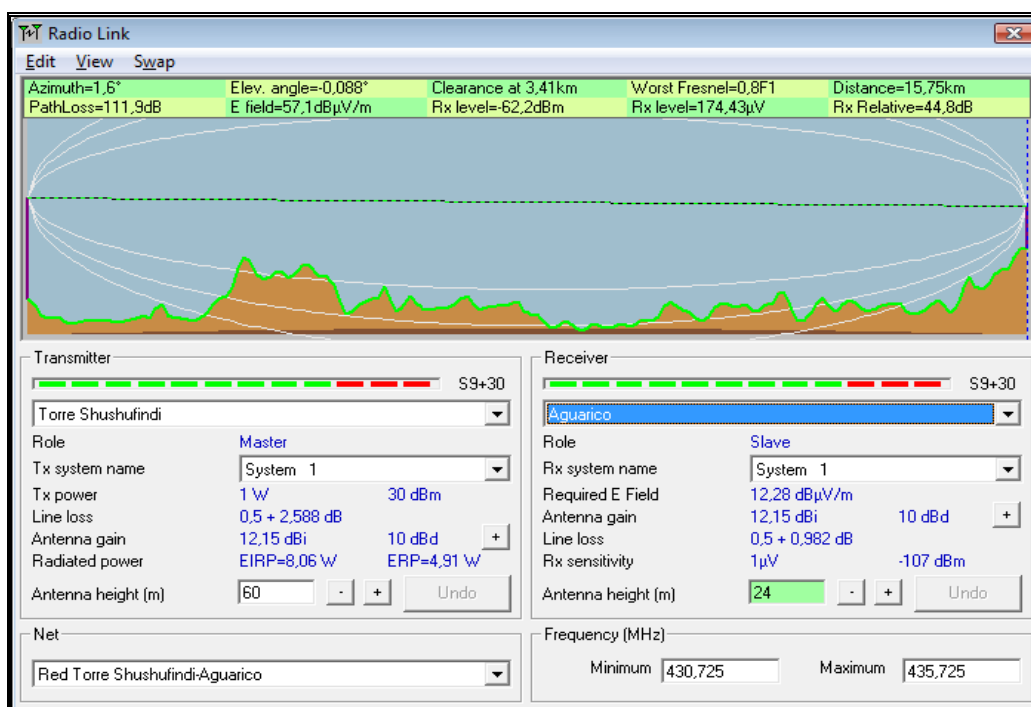


Figura 1.14. Parámetros del enlace Torre Shushufindi- estación Aguarico obtenidos con Radio Mobile

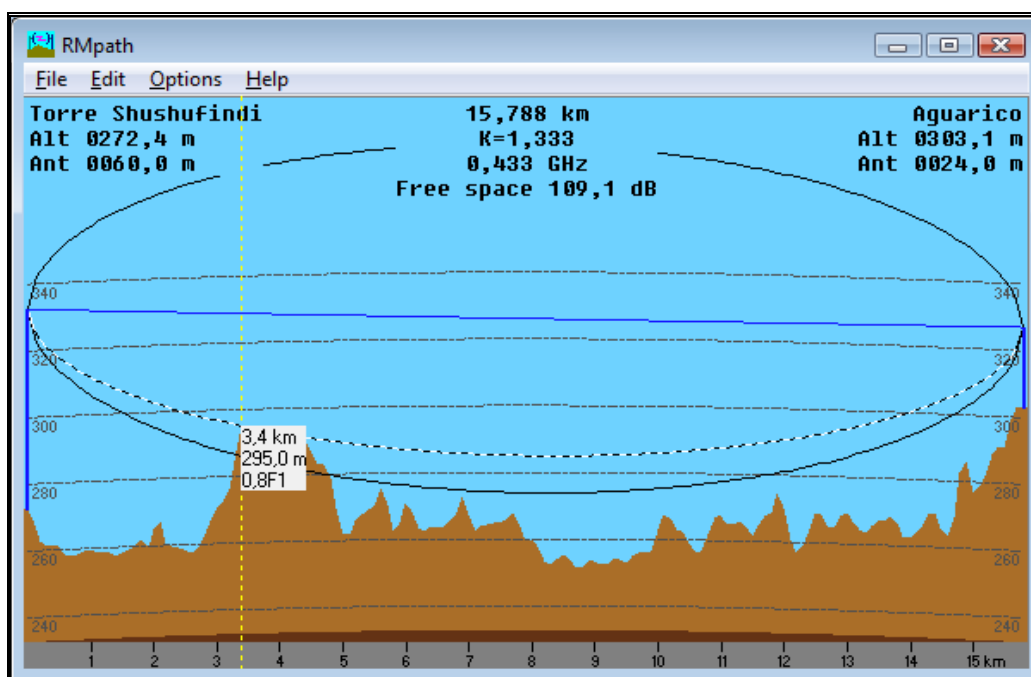


Figura 1.15. Primera zona de Fresnel del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

Parámetros	Datos del Radio Mobile
Distancia de enlace $D(Km)$	15.788 Km.
Angulo de elevación α	0.088°
Azimut $Z_{Torre_Shushufindi_Aguarico}$ [°]	1.6°
Azimut $Z_{Aguarico_Torre-Shushufindi}$ [°]	181.6°
Pérdidas en espacio libre A_{PEL} [dB]	109.1 dB
Potencia de recepción P_{RX} [dBm]	-62.2dBm
Margen de umbral MU [dB]	44.8 Db
Potencia efectiva irradiada $ERP_{(w)}$	4.91W
Nivel de voltaje recibido en el receptor $V_{RX}[\mu V]$	174.43 μV
Intensidad de campo eléctrico $E(\frac{dB\mu V}{m})$	57.1 $\frac{dB\mu V}{m}$
Confiabilidad del Sistema [R%]	99.99999661%

Cuadro 1.6. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

Características técnicas del enlace Torre Shushufindi – Aguarico					
Frecuencia de Tx	430.725 MHz		Frecuencia de Rx	435.725 MHz	
Potencia de Tx	1W	30 dBm	Ganancia de la antena	10 dBd	12.15 dBi
Altura de la antena Torre Shushufindi	60m		Altura de la antena Aguarico	24 m	
Sensibilidad del Rx			0,8913 μV	-108 dBm	
Permitividad relativa al Suelo	15		Conductividad del Suelo	0.005 S/m	
Perdidas de cable	0.04462 dB/m		Tipo de antena	Yagi	

Cuadro 1.7. Características técnicas del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

1.4.1.3 Enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu / estación Atacapi

1.4.1.3.1 Enlace estación Aguarico-estación Atacapi

La comunicación entre la estación Aguarico y la estación Atacapi es un enlace que tiene una distancia de cobertura en línea recta de aproximadamente 13.37 kilómetros. Para este enlace, la estación Aguarico utiliza una antena omnidireccional, mientras que la estación Atacapi utiliza una antena tipo yagi.

La comunicación que maneja este enlace es de tipo punto – multipunto, la cual es utilizada para la transmisión de datos desde y hacia la estación Aguarico hasta la estación Atacapi; la estación Aguarico trabaja como Maestro para los enlaces que se realizan con las estaciones Atacapi y Parahuacu.

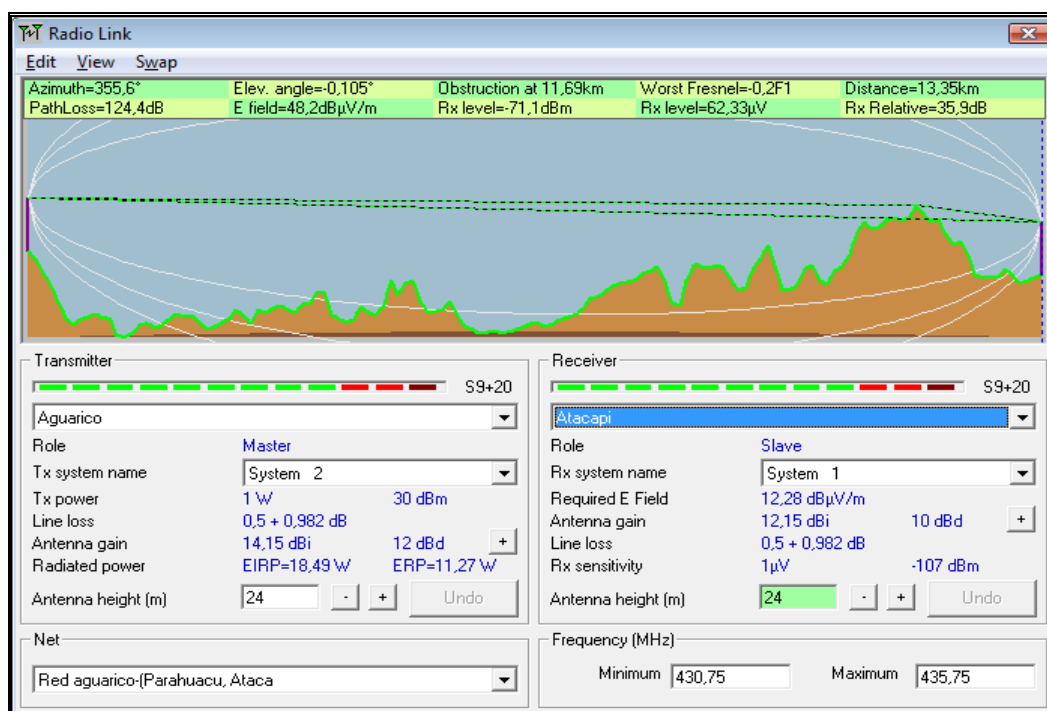


Figura 1.16. Parámetros del enlace estación Aguarico-estación Atacapi obtenidos con Radio Mobile

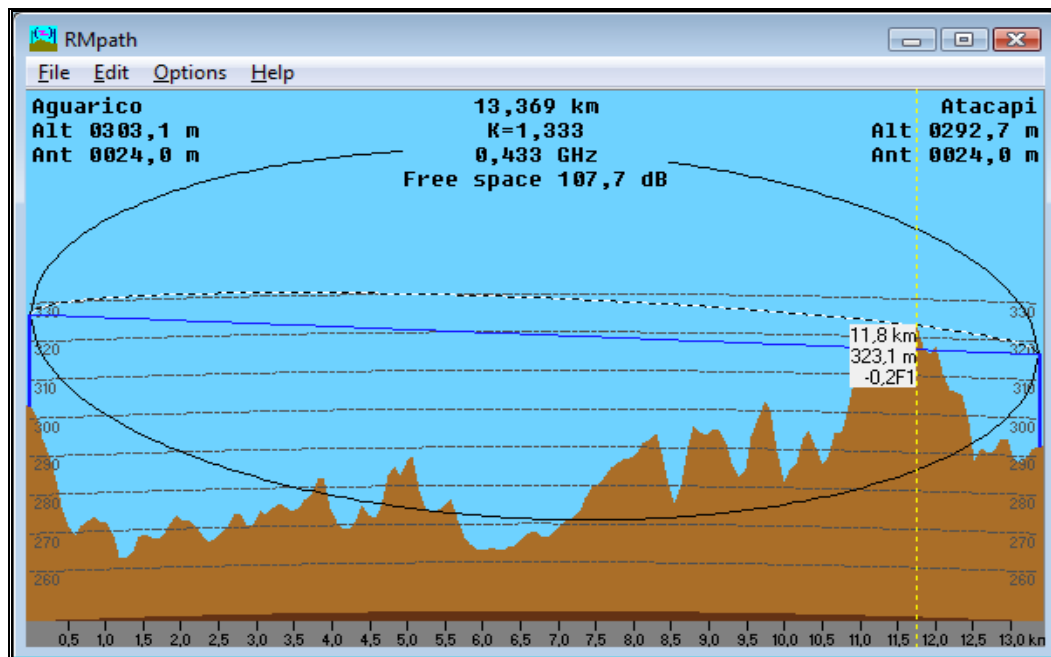


Figura 1.17. Primera zona de Fresnel del enlace estación Aguarico-estación Atacapi

Parámetros	Datos del Radio Mobile
Distancia de enlace $D(Km)$	13.369Km
Angulo de elevación α	0.105°
Azimut $Z_{Aguarico_Atacapi}$ [°]	355.6°
Azimut $Z_{Atacapi_Aguarico}$ [°]	175.6°
Pérdidas en espacio libre A_{PEL} [dB]	107.7dB
Potencia de recepción P_{RX} [dBm]	-71.1 dBm
Margen de umbral MU [dB]	35,9dB
Potencia efectiva irradiada $ERP_{(W)}$	11.27 W
Nivel de voltaje recibido en el receptor V_{RX} [μV]	62.33μV
Intensidad de campo eléctrico E ($\frac{dB\mu V}{m}$)	48,2 $\frac{dB\mu V}{m}$
Confiabilidad del Sistema [R%]	99,999985%

Cuadro 1.8. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace estación Aguarico-estación Atacapi

Características técnicas del enlace estación Aguarico - Atacapi					
Frecuencia de Tx	430.75 MHz		Frecuencia de Rx	435.75 MHz	
Potencia de Tx	1 W	30 dBm	Ganancia de la antena	10 dBd	12.15 dBi
Altura de la antena en Aguarico	24m		Altura de la antena en Atacapi	24 m	
Sensibilidad del Rx			0,8913 μ V	-108 dBm	
Permitividad relativa al Suelo	15		Conductividad del Suelo	0.005 S/m	
Perdidas de cable	0.04462 dB/m		Tipo de antena	Omnidireccional - Yagi	

Cuadro 1.9. Características técnicas del enlace estación Aguarico-estación Atacapi

1.4.1.3.2 Enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu

La comunicación entre la estación Aguarico – Torre Parahuacu es un enlace que tiene una distancia de cobertura en línea recta aproximadamente 17.30 kilómetros. Este enlace es de tipo punto – multipunto, la estación Aguarico trabaja como maestro para los enlaces que se realizan con las estaciones Atacapi y Parahuacu. En Aguarico se utiliza una antena omnidireccional, mientras que en Torre Parahuacu se utiliza una antena tipo yagi.

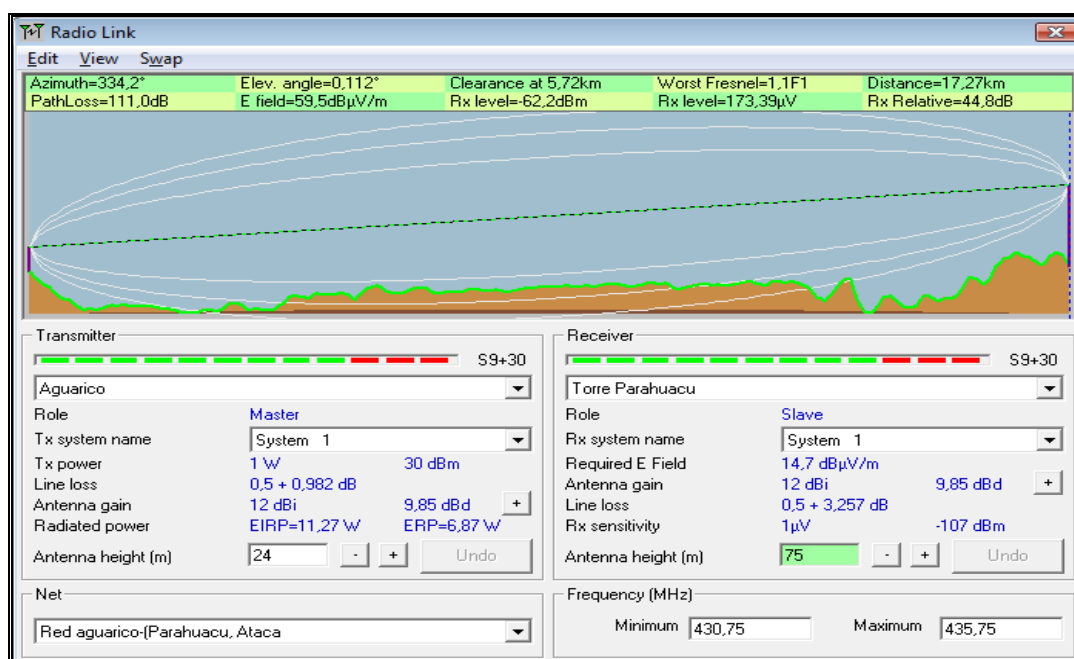


Figura 1.18. Parámetros del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu obtenidos con Radio Mobile

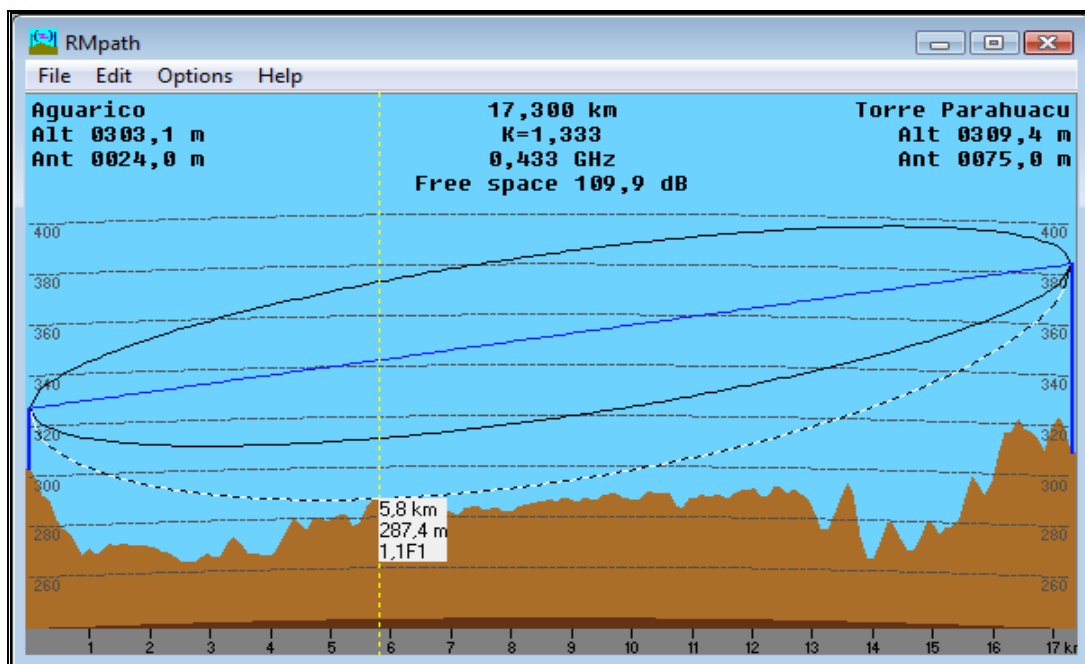


Figura 1.19. Primera zona de Fresnel del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu

Parámetros	Datos del Radio Mobile
Distancia de enlace $D(Km)$	17.300Km
Angulo de elevación α	0.112°
Azimut $Z_{Aguarico_Torre-Parahuacu}$ [°]	334.2°
Azimut $Z_{Torre-Parahuacu_Aguarico}$ [°]	154.2°
Pérdidas en espacio libre A_{PEL} [dB]	109.9dB
Potencia de recepción P_{RX} [dBm]	-62.2dBm
Margen de umbral MU [dB]	44.8dB
Potencia efectiva irradiada $ERP(w)$	6.87 W
Nivel de voltaje recibido en el receptor $V_{RX}[\mu V]$	173.39 μV
Intensidad de campo eléctrico $E(\frac{dB\mu V}{m})$	59.5 $\frac{dB\mu V}{m}$
Confiabilidad del Sistema [R%]	99,9999956%

Cuadro 1.10. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu

Características técnicas del enlace estación Aguarico - Torre Parahuacu					
Frecuencia de Tx	430.75 MHz		Frecuencia de Rx	435.75 MHz	
Potencia de Tx	1 W	30 dBm	Ganancia de la antena	12 dBd	14.15 dBi
Altura de la antena en Aguarico	24m		Altura de la antena en Torre Parahuacu	75 m	
Sensibilidad del Rx				0,8913 μ V	-108 dBm
Permitividad relativa al Suelo	15		Conductividad del Suelo	0.005 S/m	
Perdidas de cable	0.04462 dB/m		Tipo de antena	Omnidireccional-Yagi	

Cuadro 1.11. Características técnicas del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu

1.4.2 SISTEMA RADIO TELÉFONO

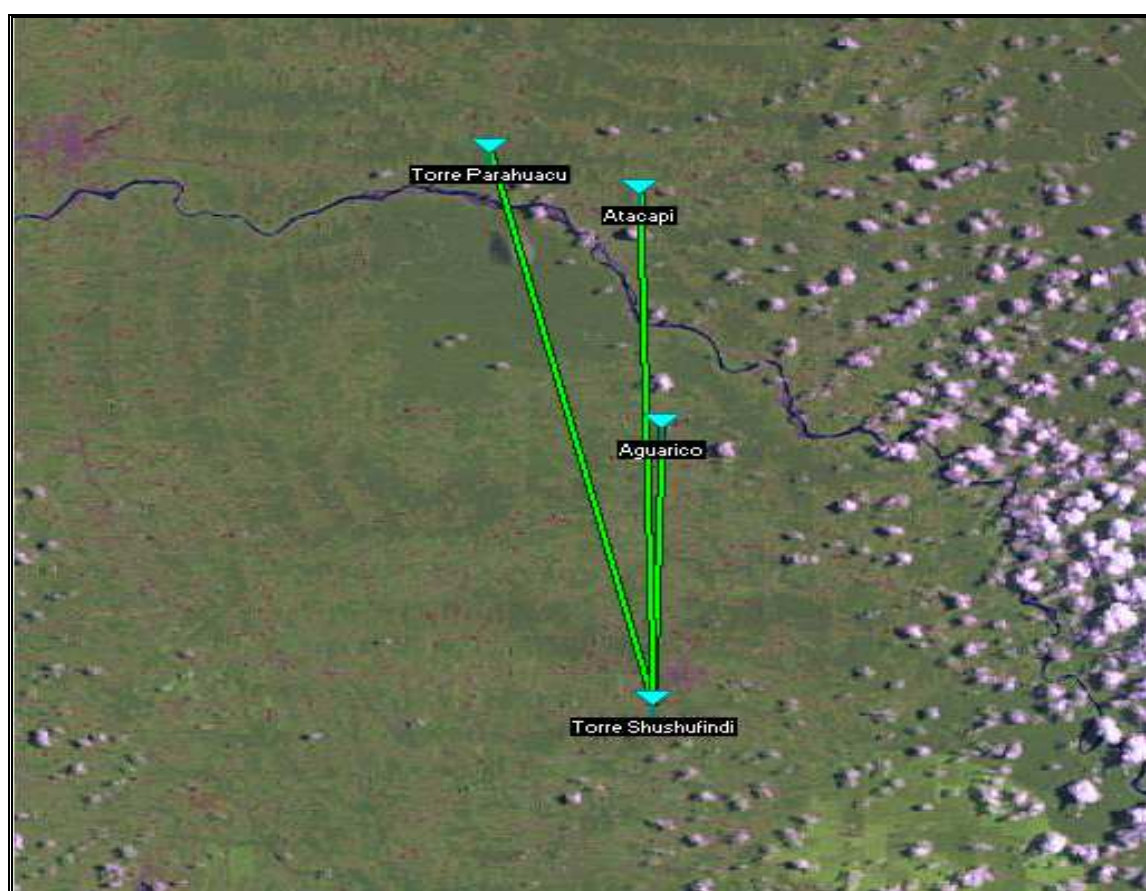


Figura 1.20. Enlace Torre de comunicaciones y las estaciones de captación de gas

1.4.2.1 Enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu

Para la comunicación de voz se maneja el enlace Torre Shushufindi - Torre Parahuacu con una distancia de cobertura en línea recta de aproximadamente 32.15 Kilómetros. Este enlace es de tipo punto – punto, en la transmisión de voz desde una estación hacia la otra se utilizan antenas tipo yagi en cada uno de los extremos.

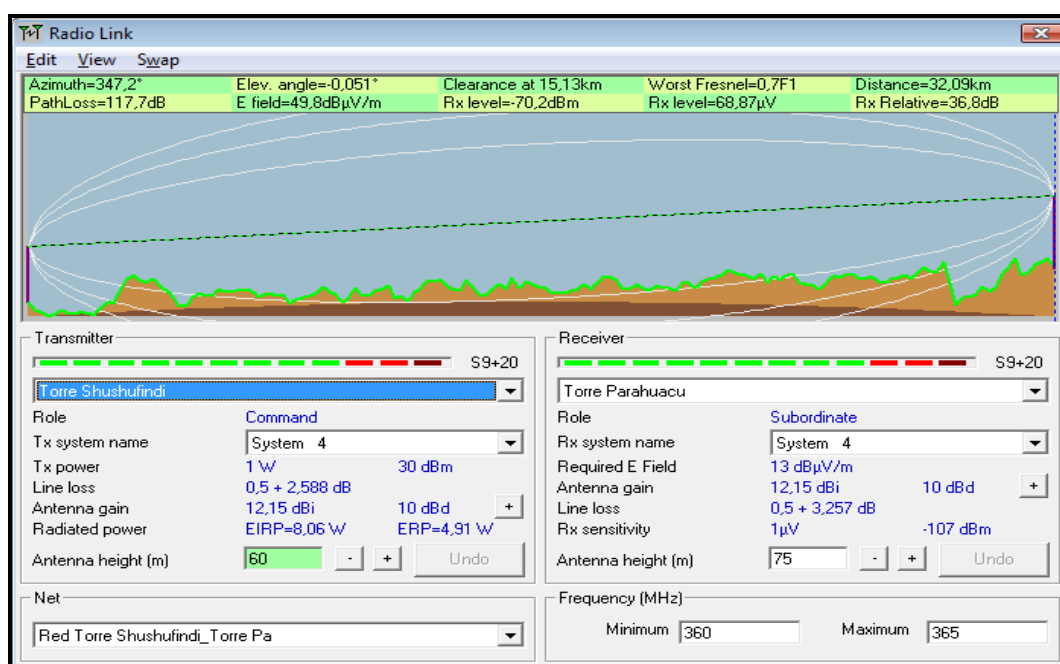


Figura 1.21. Parámetros del enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu obtenidos con Radio Mobile

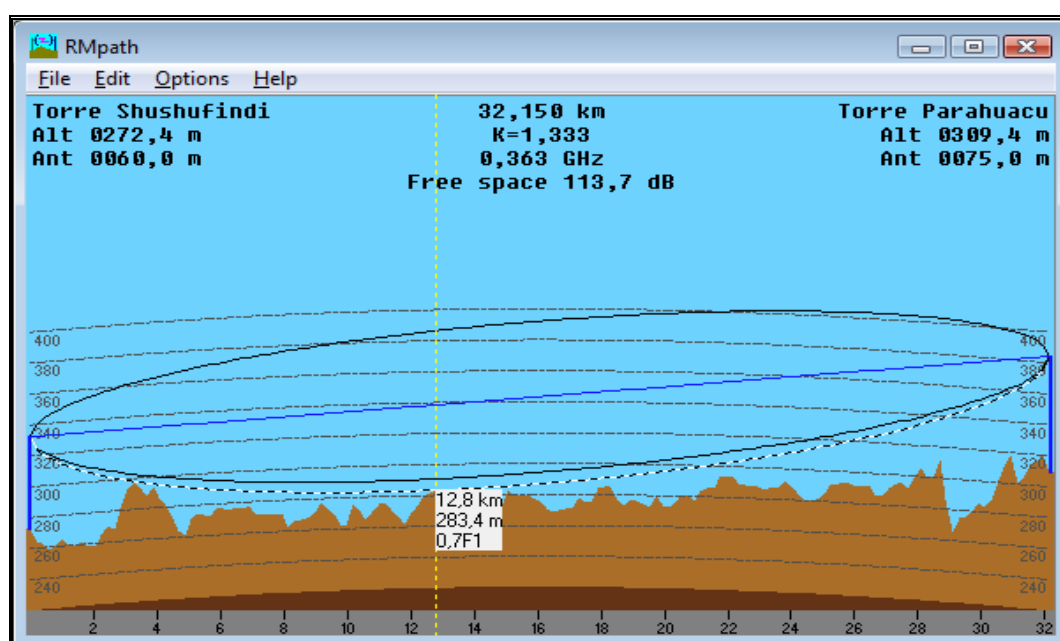


Figura 1.22. Primera zona de Fresnel del enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu

Parámetros	Datos del Radio Mobile
Distancia de enlace $D(Km)$	32.150Km
Angulo de elevación α	0.051°
Azimet $Z_{Torre-Shushufindi_Torre-Parahuacu}$ [°]	347.2°
Azimet $Z_{Torre-Parahuacu_Torre-Shushufindi}$ [°]	167.2°
Pérdidas en espacio libre A_{PEL} [dB]	113.7dB
Potencia de recepción P_{RX} [dB]	-70.2dB
Margen de umbral MU [dB]	36.8dB
Potencia isotrópica efectiva irradiada $EIRP_{(w)}$	4.91W
Nivel de voltaje recibido en el receptor $V_{RX}[\mu V]$	68.87 μV
Intensidad de campo eléctrico $E(\frac{dB\mu V}{m})$	49.8 $\frac{dB\mu V}{m}$
Confiabilidad del Sistema [R%]	99,999789%

Cuadro 1.12. Datos obtenidos con Radio Mobile Para el enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ENLACE TORRE SHUSHUFINDI - TORRE PARAHUACU					
Frecuencia de Tx	360 MHz		Frecuencia de Rx	365 MHz	
Potencia de Tx	1 W	30 dBm	Ganancia de la antena	10 dBd	12.15 dBi
Altura de la antena en Torre Shushufindi	60m		Altura de la antena en Torre Parahuacu	75 m	
Sensibilidad del Rx			1 μV	-107 dBm	
Permitividad relativa al Suelo	15		Conductividad del Suelo	0.005 S/m	
Perdidas de cable	0.04462 dB/m		Tipo de antena	Yagi	

Cuadro 1.13. Características técnicas del enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu

1.4.2.2 Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

Para la comunicación de voz se maneja el enlace Torre Shushufindi - estación Aguarico con una distancia de cobertura en línea recta de aproximadamente 15.78 Kilómetros. Este enlace es de tipo punto – punto, en la transmisión de voz desde una estación hacia la otra se utilizan antenas tipo yagi en cada uno de los extremos.

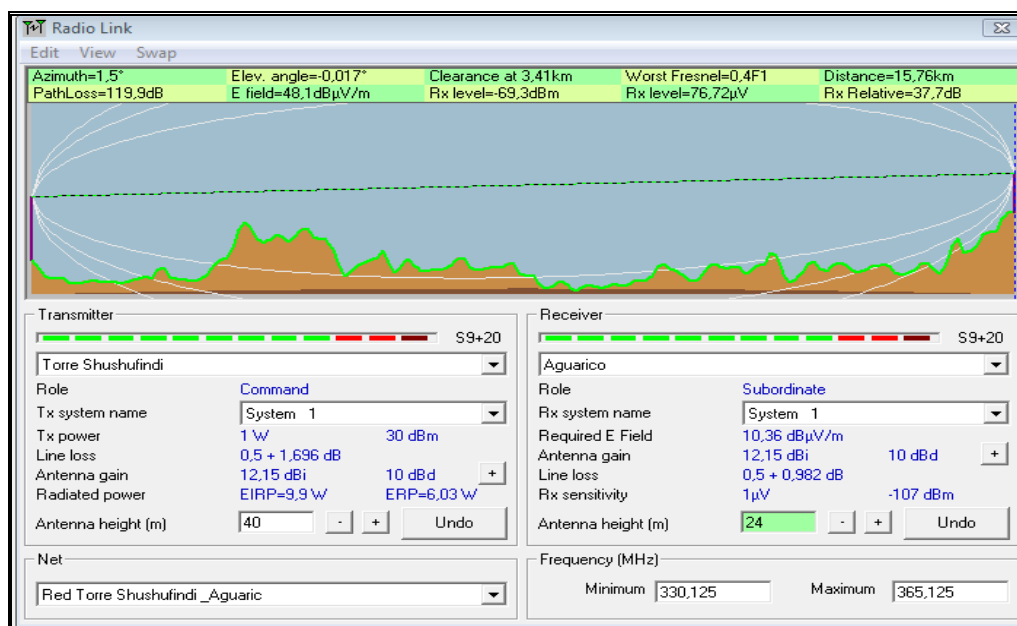


Figura 1.23. Parámetros del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico obtenidos con Radio Mobile

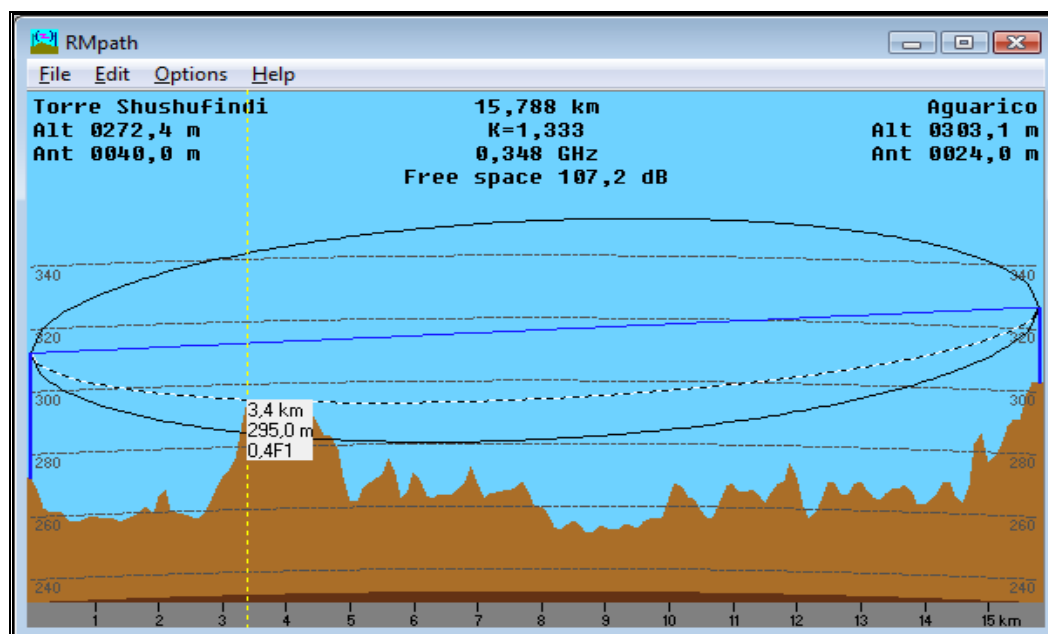


Figura 1.24. Primera zona de Fresnel del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

Parámetros	Datos del Radio Mobile
Distancia de enlace $D(Km)$	15.788 Km.
Angulo de elevación α	0.017°
Azimut $Z_{Torre_Shushufindi_Aguarico}$ [°]	1.5°
Azimut $Z_{Aguarico_Torre-Shushufindi}$ [°]	181.5°
Pérdidas en espacio libre A_{PEL} [dB]	107.2dB
Potencia de recepción P_{RX} [dB]	-69.3 dB
Margen de umbral MU [dB]	37.7dB
Potencia isotrópica efectiva irradiada $EIRP_{(W)}$	6.03W
Nivel de voltaje recibido en el receptor V_{RX} [μV]	76.72 μV
Intensidad de campo eléctrico E ($\frac{dB\mu V}{m}$)	48.1 $\frac{dB\mu V}{m}$
Confiabilidad del Sistema [R%]	99,99997%

Cuadro 1.14. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ENLACE TORRE SHUSHUFINDI – ESTACIÓN AGUARICO					
Frecuencia de Tx	360.125 MHz		Frecuencia de Rx	365.125 MHz	
Potencia de Tx	1W	30 dBm	Ganancia de la antena	10 dBd	12.15 dBi
Altura de la antena Torre Shushufindi	60m		Altura de la antena Aguarico	24 m	
Sensibilidad del Rx			1 μV	-107 dBm	
Permitividad relativa al Suelo	15		Conductividad del Suelo	0.005 S/m	
Perdidas de cable	0.04462 dB/m		Tipo de antena	Yagi	

Cuadro 1.15. Características técnicas del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

1.4.2.3 Enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi

Para la comunicación de voz se maneja el enlace Torre Shushufindi – Atacapi con una distancia de cobertura en línea recta de aproximadamente 29.05 Kilómetros. La comunicación que maneja este enlace es de tipo punto a punto en la transmisión de voz desde la estación de captación de gas Aguarico hacia la Torre Shushufindi.

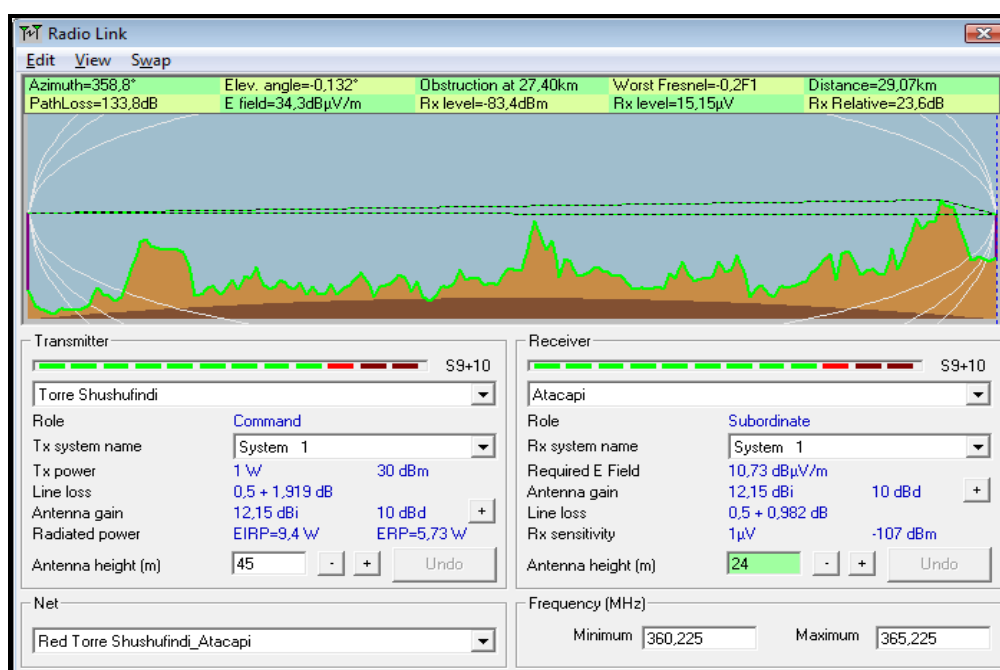


Figura 1.25. Parámetros del enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi obtenidos con Radio Mobile

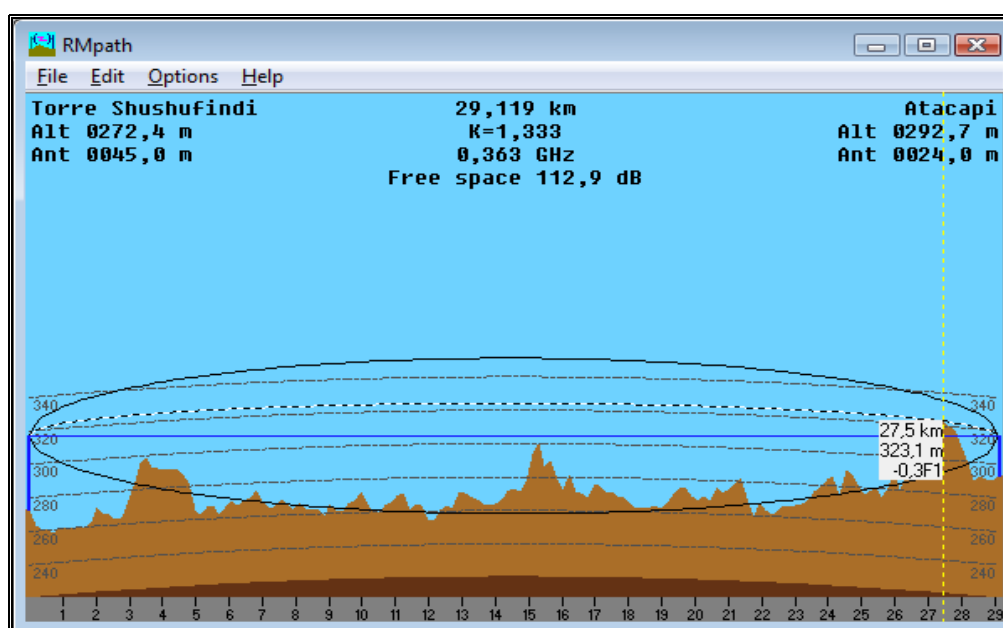


Figura 1.26. Primera zona de Fresnel del enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi

Parámetros	Datos del Radio Mobile
Distancia de enlace $D(Km)$	29.119 Km.
Angulo de elevación α	0.0132°
Azimut $Z_{Torre_Shushufindi_Atacapi}$ [°]	178.8°
Azimut $Z_{Atacapi_Torre-Shushufindi}$ [°]	358.8°
Pérdidas en espacio libre A_{PEL} [dB]	112.9 dB
Potencia de recepción P_{RX} [dB]	-83.4 dB
Margen de umbral MU [dB]	23,6 dB
Potencia isotrópica efectiva irradiada $EIRP$ (w)	5.73W
Nivel de voltaje recibido en el receptor V_{RX} [µV]	15.15 µV
Intensidad de campo eléctrico E ($\frac{dBµV}{m}$)	34.3 $\frac{dBµV}{m}$

Cuadro 1.16. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ENLACE TORRE SHUSHUFINDI – ESTACIÓN ATACAPI					
Frecuencia de Tx	360.225 MHz		Frecuencia de Rx	365.225 MHz	
Potencia de Tx	1W	30 dBm	Ganancia de la antena	10 dBd	12.15 dBi
Altura de la antena Torre Shushufindi	45m		Altura de la antena Atacapi	24 m	
Sensibilidad del Rx			1 µV	-107 dBm	
Permitividad relativa al Suelo	15		Conductividad del Suelo	0.005 S/m	
Perdidas de cable	0.04462 dB/m		Tipo de antena	Yagi	

Cuadro 1.17. Características técnicas del enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi

1.5 EQUIPAMIENTO ACTUAL DEL CIS Y DE LAS ESTACIONES DE CAPTACIÓN DE GAS

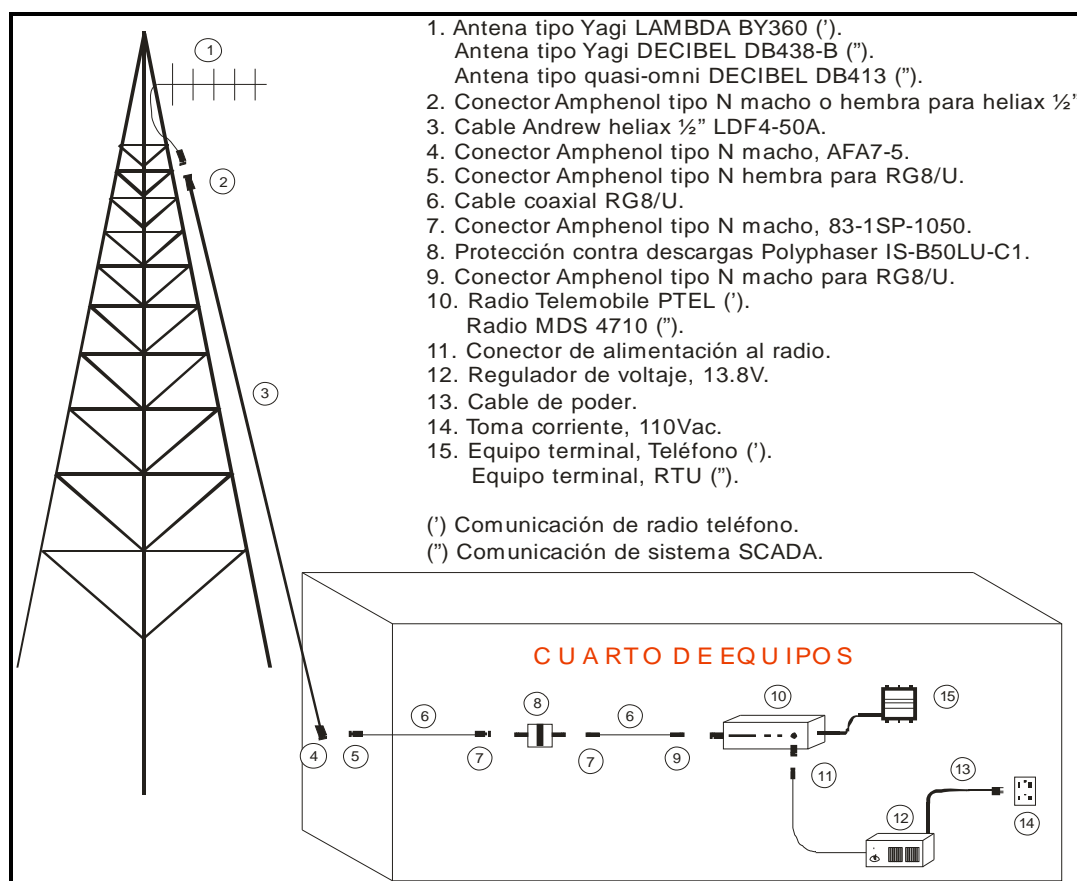


Figura 1.27. Componentes de un enlace de comunicaciones típico utilizado en el CIS

Las condiciones actuales que presentan las instalaciones del Complejo Industrial Shushufindi para la conexión desde las antenas hasta el cuarto de equipos en cada uno de los puntos del enlace siguen un mismo patrón de equipos y materiales utilizados, conforme se detalla en la figura 1.27.

Después de visitar los sitios que han sido enlazados, por el requerimiento de ser monitoreados y controlados mediante los sistemas de comunicación existentes, se pudo obtener la información necesaria de equipos e instalaciones con las que cuentan cada uno de los lugares, los cuales se detallan a continuación.

1.5.1 PLANTA DE GAS

El mástil colocado en este lugar para la ubicación de la antena es inestable y se vuelve peligroso al momento de ascender para su manipulación. Además se considera que en este lugar debería también existir el enlace y el equipo de radio teléfono para el intercambio de información con las estaciones de captación de gas y conformar aquí el centro de operaciones de comunicaciones de todo el CIS. Aquí se debería implementar un ROC con la capacidad suficiente para procesar la información que se recibe tanto de Planta de Gas como de las estaciones de captación.

Para el sistema de comunicación SCADA, el radio MDS 4710 se encuentra debidamente conectado a la fuente reguladora de voltaje (13.8 Vdc) Lian long LLA14100WP, este lugar es el destinado para realizar el acopio de datos, para monitorear y controlar los sensores instalados en el sistema SCADA de todas y cada una de las estaciones. Además se encontró la antena tipo yagi Decibel DB438-B⁴ y las conexiones correspondientes hasta el radio.

1.5.2 TORRE SHUSHUFINDI

La torre ubicada en este lugar posee la mejor infraestructura de todas las que conforman el CIS, la escalera posee protección a los costados y se hace muy seguro el ascenso para la manipulación de las antenas.

Para el sistema de comunicación de voz por radio teléfono en base a los diagramas y planos existentes de este lugar se debería encontrar tres equipos de marca Telemobile y modelo TM 7PTEL/10/FXO-FXS de similares características. Cuando se revisó las instalaciones de este lugar se confirmó la presencia de un solo equipo Telemobile, y las respectivas instalaciones de las tres antenas tipo yagi Lambda BY360⁵ ubicadas en la torre de comunicación, además de las conexiones hasta el cuarto de equipos.

⁴ Datasheet antena Decibel DB438 (Anexo 2). <http://www.cpcomms.com/mfr/gear/DBProducts/DB438.pdf>

⁵ Datasheet antena Lambda BY360 (Anexo 2). <http://www.inysa.es/lambda/desgcat/antenasbasedire240-390.pdf>

Para el sistema de comunicación SCADA se verifico la presencia de los dos equipos de marca MDS y modelo 4710, requeridos para actuar como un repetidor pasivo entre la estación Aguarico y Planta de Gas. Además, se revisó las respectivas instalaciones de las dos antenas tipo yagi Decibel DB438-B y sus conexiones hasta el cuarto de equipos necesarias para la comunicación entre Torre Shushufindi con la estación Aguarico y Planta de Gas.

En este cuarto de equipos también se encontró tres reguladores de voltaje, dos de marca Pyramid PS-14KX y uno Lian long LLA14130WP, para energizar los dos equipos MDS y el único radio Telemobile, faltando dos reguladores más para los dos radios Telemobile ausentes.

1.5.3 ESTACIÓN AGUARICO

La estructura de la torre para la comunicación de este lugar es un tubo piloteado soportado con vientos, el cual presenta buena estabilidad y se considera seguro al momento de subir por él para manipular las antenas de comunicación instaladas en este lugar.

Para el sistema de comunicación por radio teléfono se encontró la presencia del equipo Telemobile TM 7PTEL/10/FXO-FXS necesario para la transmisión de voz con Torre Shushufindi, además de la antena tipo Yagi Lambda BY360 y su respectiva conexión.

Para el sistema de comunicación SCADA los dos equipos MDS 4710 se encuentran colocados a cuatro metros de altura de la torre, instalados en una caja metálica, ocasionando dificultad en su manipulación, mantenimiento y configuración en caso de ser requerido.

Debido a que los equipos instalados para la comunicación en este lugar se encuentran distante de la caseta de control se usa conversores de marca B&B electronics de RS-232 balanceado a RS-422 o RS-485, los cuales por un lado están conectados los dos radios MDS 4710 y por otro lado al RTU que se encuentra en el cuarto de equipos por medio de cable STP. Además, se encontró dos tipos de antenas una tipo yagi DB438-B para la comunicación entre Aguarico

y Torre Shushufindi y otra antena tipo omnidireccional Decibel DB413⁶, que comunica las estaciones de Aguarico con Atacapi y Parahuacu.

El radio MDS está conectado a un RTU que procesa la información recibida de Atacapi y Parahuacu y que junto con la información de la misma estación Aguarico son enviados a Planta de Gas por medio del repetidor en Torre Shushufindi.

Para la alimentación de los radios MDS se usa un corta picos ubicado en la misma caja metálica instalada en la torre, el cual proporciona el voltaje y corriente necesario para el correcto funcionamiento de los equipos. Además, existe un regulador de voltaje en el cuarto de equipos que puede ser conectado al radio Telemobile para su funcionamiento.

1.5.4 ESTACIÓN PARAHUACU

La información obtenida en este lugar se transmite hacia la estación Aguarico con la ayuda de la torre perteneciente a la Gerencia de Producción y Exploración de 75 metros de altura, debido a que la estación Parahuacu cuenta con una torre pequeña, por lo que fue necesario la construcción de una caseta a un lado de la torre para la ubicación de los equipos de comunicación.

Para el sistema de comunicación por radio teléfono no se encontró la presencia del equipo Telemobile TM 7PTEL/10/FXO-FXS, que debería existir para la comunicación entre Parahuacu con Torre Shushufindi, la antena tipo yagi Lambda BY360 y su conexión hasta el cuarto de equipos si se encontró.

Para el sistema de comunicación SCADA, se encontró el radio MDS 4710 que comunica Parahuacu con Aguarico, además se encontró la antena tipo yagi Decibel DB438-B con su respectiva conexión hasta el equipo.

⁶ Datasheet antena Decibel DB413 (Anexo 2).
http://awapps.commscope.com/catalog/andrew/doc/DB413_Offset_Pattern_Station_Antennas.aspx?id=0000002%2Ft009_r02121_v0.pdf

El radio MDS está conectado a un RTU que envía información y recibe comandos de operación desde la estación Master en Aguarico y esta a la vez de Planta de Gas por medio del repetidor en Torre Shushufindi.

Se encontraron dos reguladores de voltaje, el uno Pyramid PS-14KX presenta fallas en su funcionamiento con voltaje de salida de 10.6V, muy diferente al nominal, por lo que es necesaria la revisión y pronta reparación, o la adquisición de otro regulador de características similares, mientras que el otro regulador de voltaje Lian long LLA14100WP se encuentra en buen estado.

1.5.5 ESTACIÓN ATACAPI

La estructura de la torre ubicado en este lugar es un tubo piloteado soportado con vientos, el cual no presenta buena estabilidad para acceder a manipular las antenas que se encuentran instaladas, debido a que los alambres de soporte al tubo no se encuentran debidamente templados.

Para el sistema de comunicación por radio teléfono no se encontró la presencia del equipo Telemobile TM 7PTEL/10/FXO-FXS, la antena tipo yagi Lambda BY360 y las conexiones hasta el cuarto de equipos si se encuentran existentes.


Para el sistema de comunicación SCADA, el radio MDS 4710 no se halló en el lugar debido a que se encuentra en revisión. La antena tipo yagi Decibel DB438-B junto con la conexión hasta el cuarto de equipos si se encontraron presentes en el lugar. El radio se conecta al RTU que envía información y recibe comandos de operación desde la estación Master en Aguarico y esta a la vez de Planta de Gas por medio del repetidor en Torre Shushufindi.

1.6 INFORMACIÓN DETALLADA OBTENIDA

La información obtenida ha sido llenada en formularios de la Senatel⁷ requeridos como estudio de ingeniería cuando exista la necesidad de adquirir frecuencias legalmente, dichos formularios serán llenados a continuación con la información obtenida de Torre Shushufindi, que nos servirá de ejemplo, la información completa de los formularios se localizan en el anexo 3.


La información detallada en los formularios de la Senatel fue facilitada por parte de EP-Petroecuador, los cuales fueron utilizados al momento de tramitar la adjudicación de frecuencias para su uso exclusivo. Como ejemplo se llenarán los formularios pertenecientes a una de las infraestructuras utilizadas para la comunicación en cada uno de los sistemas: de radio teléfono y SCADA.

⁷ (Anexo 3) http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?view=article&catid=282%3Aformularios-y-requisitos&id=702%3Aformularios-para-concesion-de-frecuencias&option=com_content&Itemid=426


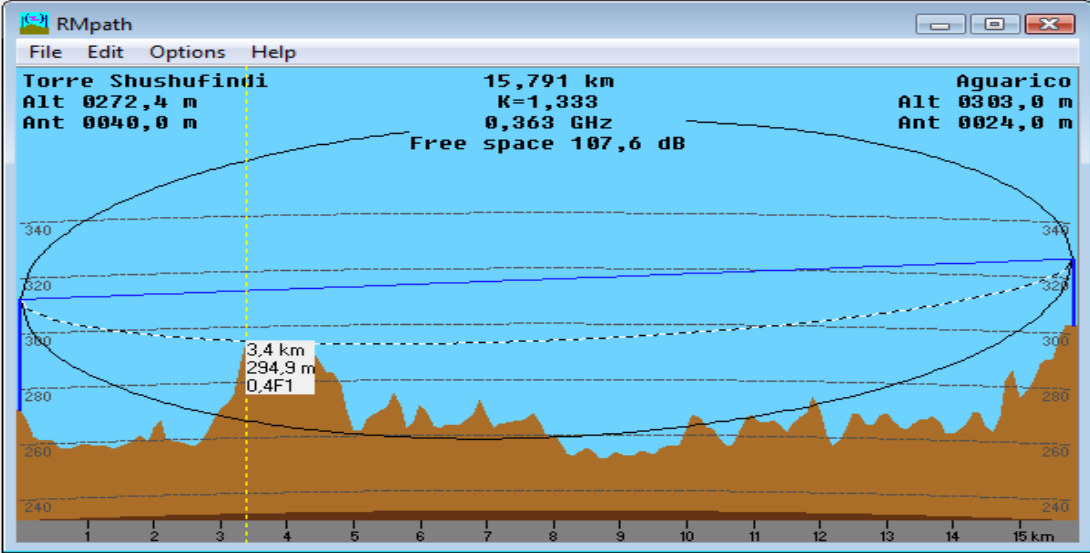
	FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES			RC – 2a Elab: DGGER Versión: 01	
				Cod. Cont:	
ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES					
ESTRUCTURA 2					
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):		
TORRE AUTOSOPORTADA			272		
CÓDIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):		
S2			65		
UBICACION DE LA ESTRUCTURA:					
PROVINCIA	CIUDAD / CANTÓN	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA (WGS84)		
			LATITUD (S/N) (° (') (") (S/N))	LONGITUD (W) (° (') (") (W))	
SUCUMBÍOS	SHUSHUFINDI	SHUSHUFINDI – TORRE DE COMUNICACIONES	00°12'4,7" S	76°39'14,8" W	
PROTECCIONES ELÉCTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:					
PUESTA A TIERRA		SI (X) NO ()	PARARRAYOS		SI (X) NO ()
OTROS (Describe):					
TIPO DE FUENTE DE ENERGÍA A UTILIZAR:					
LÍNEA COMERCIAL (X)	GENERADOR ()	BANCO DE BATERÍAS ()		EXISTE RESPALDO SI (X) NO ()	
TIPO DE RESPALDO					
GENERADOR (X)	BANCO DE BATERÍAS ()	UPS ()	OTRO: _____		
PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: EP-PETROECUADOR-GERENCIA DE REFINACIÓN.					

Cuadro 1.18. Formulario de la Senatel para información de la infraestructura del sistema de radiocomunicaciones

1.6.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE RADIO TELÉFONO


	FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	RC – 3a Elab: DGGER Versión: 02
		Cod. Cont:
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ANTENAS		
ANTENAS ENLACE TORRE SHUSHUFINDI – AGUARICO.		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ANTENA 1	ANTENA 2
CÓDIGO DE ANTENA:	A1	A4
MARCA:	LAMBDA	LAMBDA
MODELO:	BY360	BY360
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):	330 – 390	330 – 390
TIPO:	YAGI	YAGI
IMPEDANCIA (ohmios):	50	50
POLARIZACIÓN:	VERTICAL	VERTICAL
GANANCIA (dBd):	12	12
DIÁMETRO (m):	N.D.	N.D.
AZIMUT DE RADIACIÓN MÁXIMA(°):	1.5	181.5
ANGULO DE ELEVACIÓN (°):	0,125	-0,017
ALTURA BASE-ANTENA (m):	40	24

Cuadro 1.19. Formulario de la Senatel para información de antenas


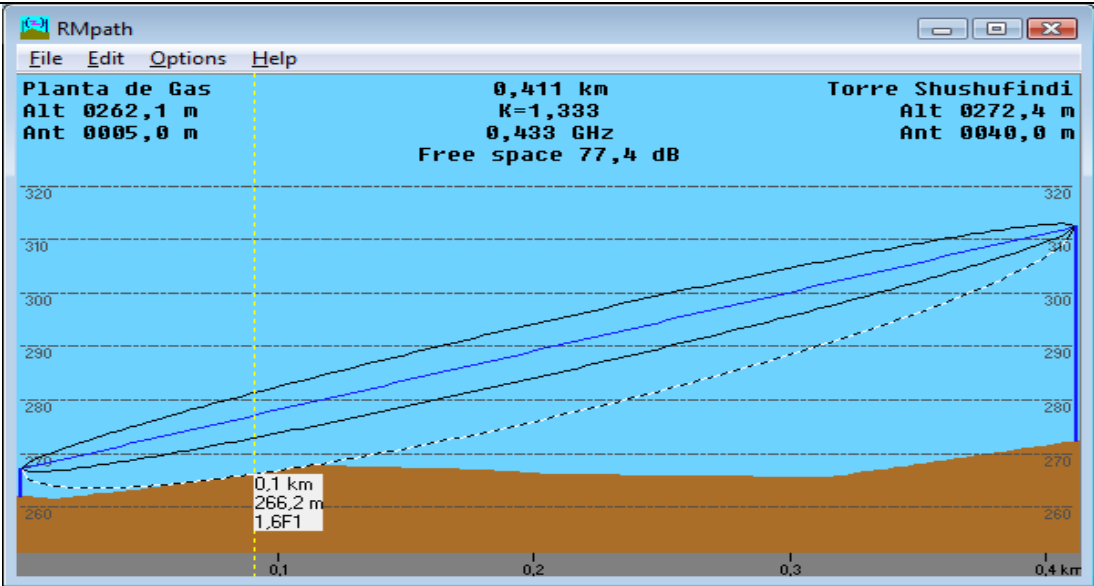
		FORMULARIO PARA EL SERVICIO FIJO TERRESTRE				RC – 6a Elab: DGER Versión: 01							
		(ENLACES PUNTO-PUNTO)				Cod. Cont:							
OPERACIÓN ENLACE TORRE SHUSHUFINDI – ESTACIÓN AGUARICO.													
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN POR ENLACE													
No. ENLACE L1		BANDA DE FRECUENCIA: (UHF)				RANGO EN LA BANDA REQUERIDA: 360 – 366 MHz				No. DE FRECUENCIAS POR ENLACE: 2			
MODO DE OPERACIÓN: <u>S</u> IMPLEX <u>S</u> EMIDUPLEX <u>F</u> ULLDUPLEX (FUL)					ANCHURA DE BANDA: 12,5 KHz			CLASE DE EMISIÓN: 12K5F3EXN		POTENCIA DE OPERACIÓN (Watt): 1			
CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS													
INDICATIVO		AC. (A,M,I,E)		ESTRUCTURA ASOCIADA:		ANTENA(S) ASOCIADA(S):				EQUIPO UTILIZADO:			
F1		A		S1		A1				TELEMOBILE			
F4		A		S2		A4				TELEMOBILE			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ENLACE													
DISTANCIA DEL ENLACE (Km): 15,776					MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB): 47,74					CONFIABILIDAD (%): 99,99			
PERFIL TOPOGRÁFICO													
Distan. (Km)	0	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/12	D/2	7D/12	2D/3	3D/4	5D/6	11D/12	D
Altura s.n.m. (m)	272	259	259	290	269	265	263	253	257	275	269	269	303
GRÁFICO DEL PERFIL TOPOGRÁFICO													
													

Cuadro 1.20. Formulario de la Senatel para el servicio fijo-terrestre

1.6.2 SISTEMA DE COMUNICACIÓN SCADA

	FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS	RC – 3a Elab: DGGER Versión: 02 <hr/> Cod. Cont:
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ANTENAS		
ANTENAS ENLACE PLANTA DE GAS - TORRE SHUSHUFINDI.		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ANTENA 1	ANTENA 2
CÓDIGO DE ANTENA:	A1	A2
MARCA:	DECIBEL	DECIBEL
MODELO:	DB438-B	DB438-B
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):	425 – 445	425 – 445
TIPO:	YAGI	YAGI
IMPEDANCIA (ohmios):	50	50
POLARIZACIÓN:	VERTICAL	VERTICAL
GANANCIA (dBd):	10	10
DIÁMETRO (m):	N.D.	N.D.
AZIMUT DE RADIACIÓN MÁXIMA(°):	258	78
ANGULO DE ELEVACIÓN (°):	-2,109	2,105
ALTURA BASE-ANTENA (m):	5	40

Cuadro 1.21. Formulario de la Senatel para información de antenas.

		FORMULARIO PARA EL SERVICIO FIJO TERRESTRE				RC – 6a Elab: DGER Versión: 01							
		(ENLACES PUNTO-PUNTO)				Cod. Cont:							
OPERACIÓN ENLACE PLANTA DE GAS - TORRE SHUSHUFINDI.													
CARACTERÍSTICAS DE OPERACION POR ENLACE													
No. ENLACE L1		BANDA DE FRECUENCIA: (UHF)				RANGO EN LA BANDA REQUERIDA: 425 – 445 MHz				No. DE FRECUENCIAS POR ENLACE: 2			
MODO DE OPERACIÓN: <u>S</u> IMPLEX <u>S</u> EMIDUPLLEX <u>F</u> ULLDUPLLEX (SEM)					ANCHURA DE BANDA: 12,5 KHz			CLASE DE EMISION: 12K5F1DFN		POTENCIA DE OPERACIÓN (Watt): 0.125			
CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS													
INDICATIVO		AC. (A,M,I,E)		ESTRUCTURA ASOCIADA:		ANTENA(S) ASOCIADA(S):				EQUIPO UTILIZADO:			
F1		A		S1		A1				MDS 4710			
F2		A		S2		A2				MDS 4710			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ENLACE													
DISTANCIA DEL ENLACE (Km): 383					MARGEN DE DESVANECIMIENTO (dB): 70,48					CONFIABILIDAD (%): 99,99			
PERFIL TOPOGRÁFICO													
Distan. (Km)	0	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/12	D/2	7D/12	2D/3	3D/4	5D/6	11D/12	D
Altura s.n.m. (m)	262	263	264	267	268	267	266	266	266	266	267	270	272
GRAFICO DEL PERFIL TOPOGRÁFICO													
													

Cuadro 1.22. Formulario de la Senatel para el servicio fijo terrestre

CAPÍTULO 2

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA

En este capítulo se hará una revisión de los equipos de comunicación que existen en cada una de las estaciones de captación y se harán las pruebas necesarias, en caso de ser posible, para comprobar el funcionamiento o no de los enlaces pertenecientes al Complejo Industrial Shushufindi (CIS).

Para realizar las pruebas punto a punto de los diferentes tipos de enlaces primero se procedió a la comprobación del estado de los cables y de los conectores desde los radios y sus respectivas antenas, descartando así algún tipo de cortocircuito en alguna parte de los cables instalados hace un par de años.

Se comprobó el estado de los cables y de los conectores realizando una simple prueba de continuidad, en uno de los lados se midió con un multímetro que no exista cortocircuito alguno, cuando el cable por el otro extremo se encontraba sin ningún tipo de contacto, en este mismo extremo se causó a propósito un corto midiendo la continuidad en el multímetro, es una prueba sencilla que se hace para conocer que el cable está en condiciones de ser utilizado.

Debido a que el cable y el conector dirigidos a la antena se encontraban cubiertos con taípe y cinta termo aislante, se realizó la extracción de los mismos para dejar el cable con su conector descubierto; una vez comprobado su buen estado se hizo la conexión nuevamente de la antena al cable, dejando una nueva cubierta de cinta termo aislante envuelta con taípe, que proteja contra lluvias al empate. Todo este trabajo se lo realizó en la ubicación de cada una de las antenas en las infraestructuras utilizadas para la comunicación de los diferentes tipos de sistemas existentes.

Para tener comunicación de voz entre las dos personas que realizamos las pruebas de continuidad del cable se hizo uso de radios Motorola inalámbricos facilitados en cada uno de los sitios visitados, los mismos existen para mantener la comunicación con la central y con las otras estaciones de captación, debido a la

inoperatividad del sistema de radio teléfono en todas las estaciones pertenecientes al CIS.

2.1 ENLACE DEL SISTEMA SCADA

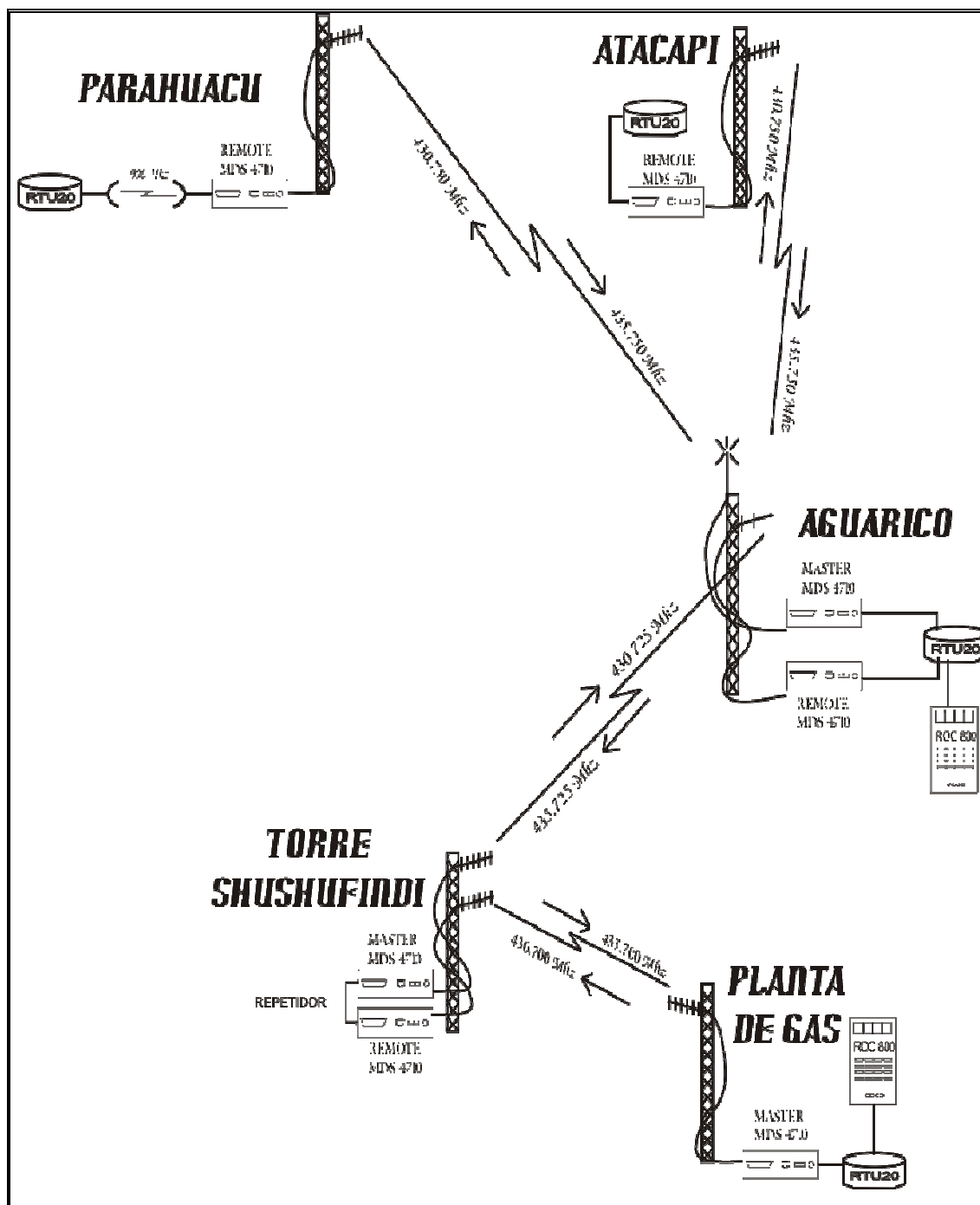


Figura 2.1. Diagrama del sistema de comunicación SCADA

2.1.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

En Planta de Gas se encuentra la RTU configurada para recibir las señales provenientes de las estaciones Aguarico, Parahuacu y Atacapi, el sistema actual del CIS actualmente se encuentra configurado para integrarse por medio de una comunicación serial RS-232, 8N1.

En Aguarico la RTU existente funciona como Master de la RTU ubicada en la estación Parahuacu y de la RTU de la estación Atacapi, configurada para recibir las señales de las dos estaciones, que conjuntamente con la información de la estación Aguarico envía los datos hacia la estación de control instalada en Planta de Gas.

2.1.2 CONFIGURACIÓN RADIO MDS PARA ENLACE DEL SISTEMA SCADA

Para la configuración de los radios MDS 4710 utilizados en los enlaces del sistema SCADA se hizo uso del software propio del MDS (Microwave Data System) versión 2.4.0, necesario para ingresar los parámetros de los enlaces.

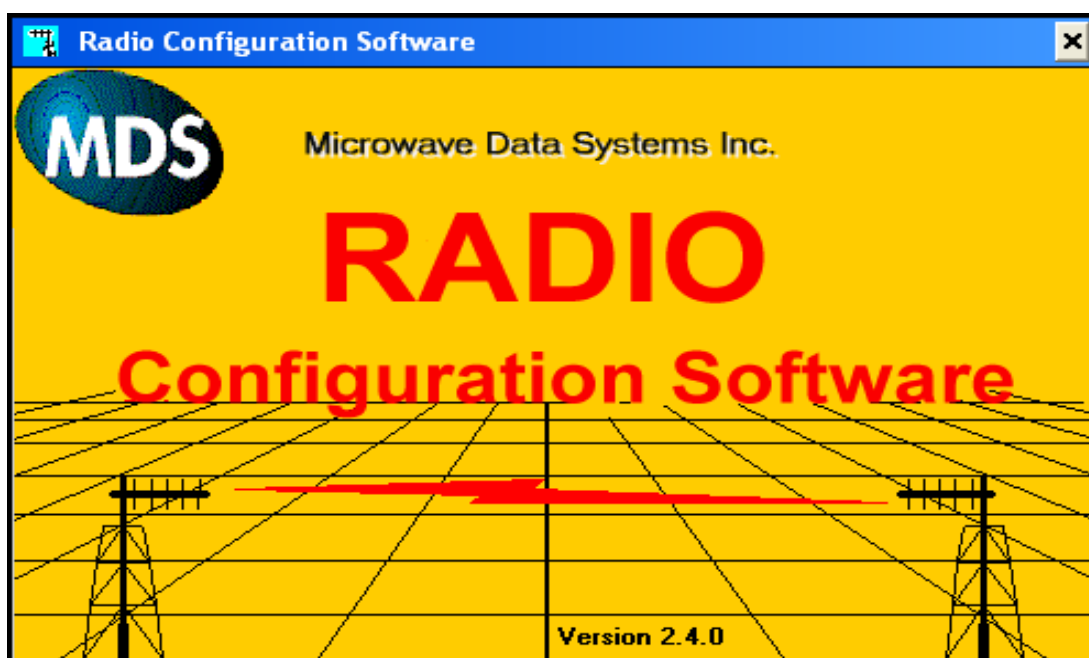


Figura 2.2. Software MDS para configuración de radios

Se utilizó un conector, de RJ11 a puerto serial, en un extremo conectado al radio MDS y el otro dirigido a la PC, respectivamente, en caso de que la PC no tenga puerto serial, se utiliza el puerto USB de la misma, con el conector necesario. La conexión se la ha realizado conforme la figura 2.3, obtenida en la ayuda del software.

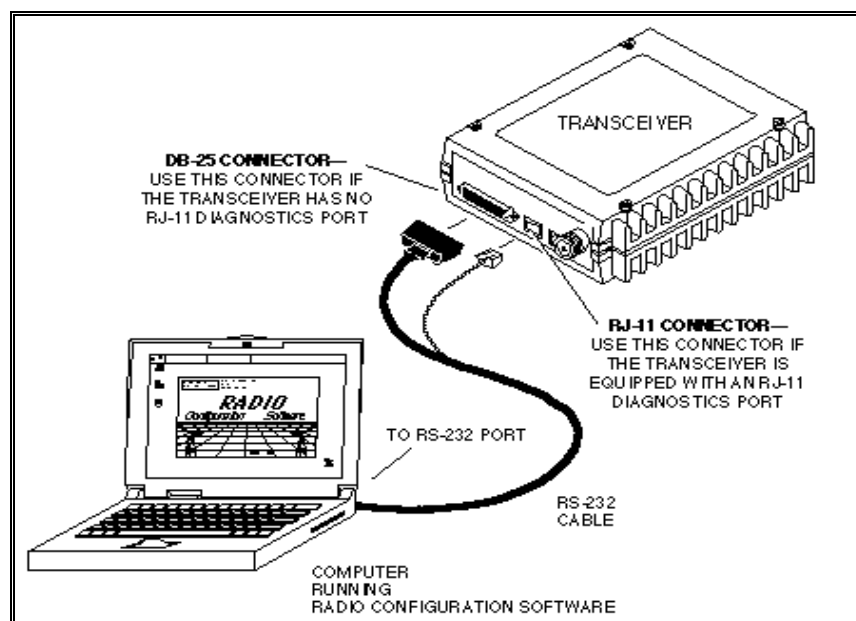


Figura 2.3. Conexión radio-PC para configuración

El software permite el ingreso de varios parámetros de configuración para el enlace, como ejemplo se presenta la configuración del radio MDS 4710 ubicado en Planta de Gas en las instalaciones del Complejo Industrial Shushufindi, la cual se detalla a continuación:

2.1.2.1 Información (Information)

Se obtiene la información general del radio como la marca, modelo, número de serie, el tipo de conector utilizado para acceder al radio, el nombre del propietario. Además existe un informe de alarmas en caso de producir algún problema, los tipos de alarmas que se detectan se detallan en el manual del radio MDS en los archivos extras en el cd del Proyecto de Titulación presente, en las páginas 22 y 23.

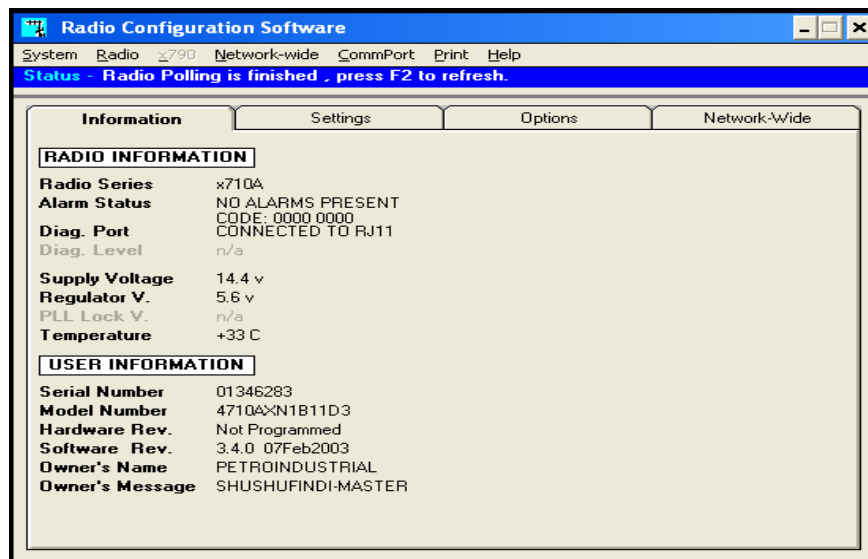


Figura 2.4. Menú información del Software de configuración radio MDS

2.1.2.2 Configuración (Settings)

Este menú brinda información de los parámetros de configuración de los radios encontrados actualmente para cada enlace; en el ejemplo se ve la configuración colocada para el enlace del tramo comprendido entre Planta de Gas y Torre Shushufindi.

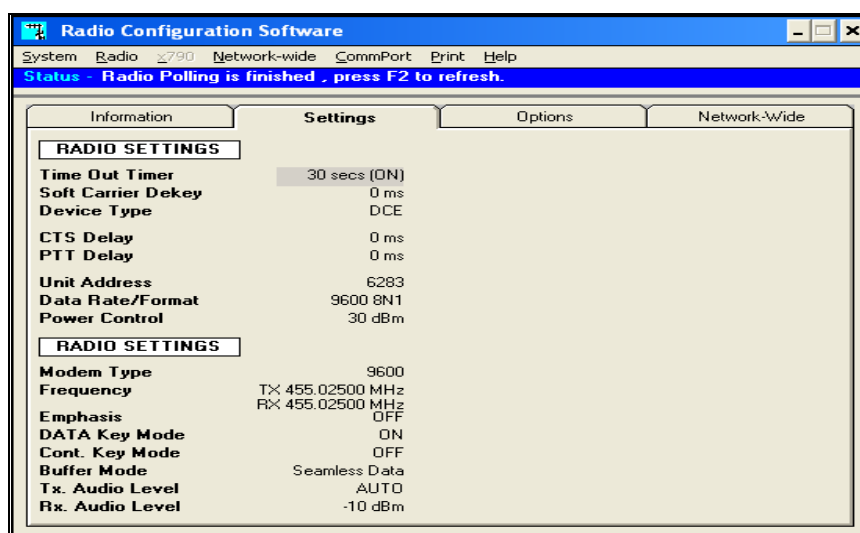


Figura 2.5. Menú configuración del Software para el radio MDS

2.1.2.3 Opciones (Options)

Se visualizan las autorizaciones con las cuales se le ha configurado al radio para su operación.

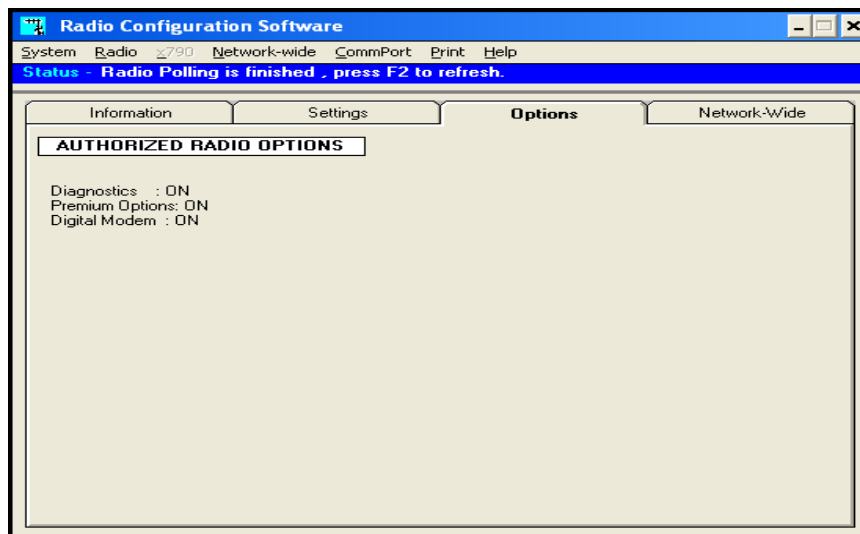


Figura 2.6. Menú opciones del Software de configuración radio MDS

2.1.2.4 Toda la red (Network-wide)

Se puede observar la configuración realizada en el diagnóstico de la red.

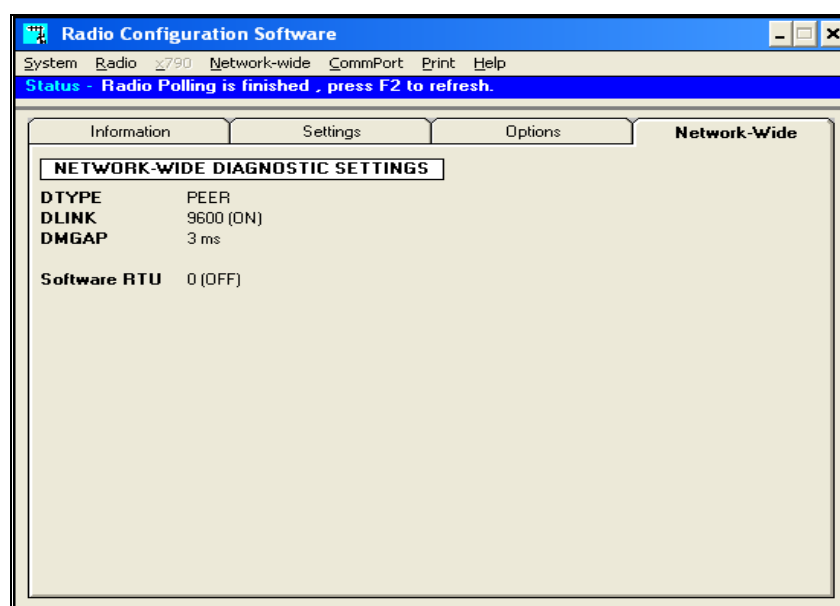


Figura 2.7. Menú toda la red del Software de configuración radio MDS

2.1.2.5 Barra de herramientas

En la barra de herramientas del software se puede, además, acceder a los parámetros de configuración que se van a cambiar, dependiendo de la necesidad del enlace que se vaya a realizar. Incluye menús para el control de: sistema, radio, x790, toda la red, puerto de comunicaciones y menús de impresión del manual y la respectiva ayuda del programa.

- **Sistema (System):** En el menú sistema se puede acceder a la siguiente configuración:



Figura 2.8. Menú sistema del Software de configuración radio MDS

Modo de terminal (Terminal Mode).- Esta selección inicia un emulador de terminal que se utiliza para comunicarse con el transmisor-receptor. Si se escribe el comando Dump en esta parte accedemos a la información con la que está configurado el radio, para ejemplo se enseña la configuración de dos de los radios existentes, los demás varían generalmente en el modelo y en la serie. Se accede de la siguiente manera:

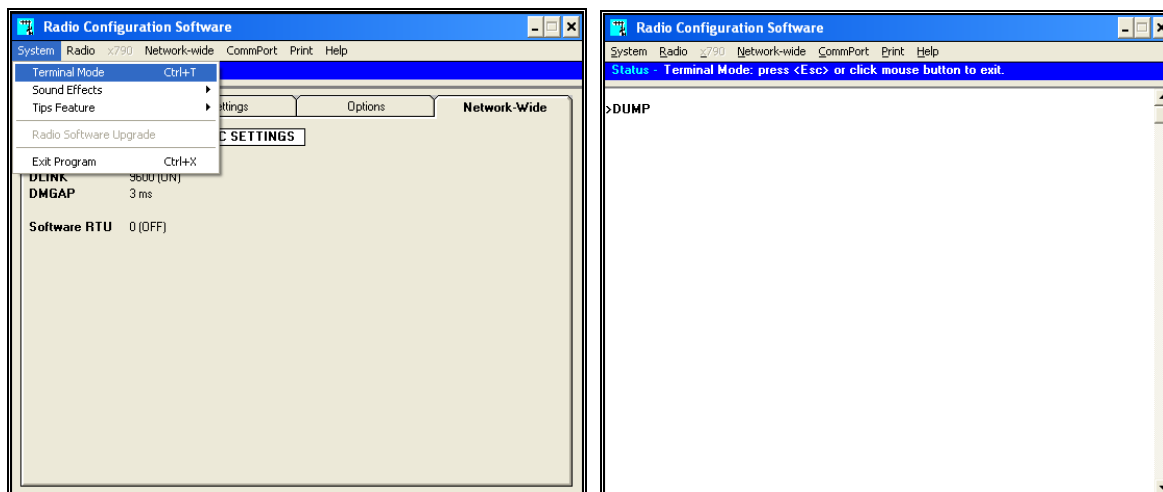


Figura 2.9. Acceso al hyperterminal del radio MDS

Con este comando se despliegan los datos ingresados en la configuración de los enlaces, los podemos revisar en el cuadro 2.1, como ejemplo se ha puesto la configuración de dos de los radios pertenecientes al CIS.

RADIO PLANTA DE GAS.		RADIO TORRE SHUSHUFINDI: (PLANTA DE GAS).	
>ALARM NO ALARMS PRESENT CODE: 0000 0000 >MODEL 4710AXN1B11D30FFA >TX TX 455.02500 MHz >RX RX 455.02500 MHz >UNIT UNIT 6283 >MODE MODE R >BUFF BUFF ON >MODEM MODEM 9600 >BAUD BAUD 9600 8N1 >DEVICE DEVICE DCE >PWR PWR 30 dBm >DATAKEY DATAKEY ON >CKEY CKEY OFF >CTS CTS DELAY 0 ms >PTT PTT DELAY 0 ms >SCD SCD 0 ms >TOT TOT 30 secs (ON) >TXLEVEL TXLEVEL AUTO >RXLEVEL RXLEVEL -10 dBm >EMP EMP OFF	>SER SN:01346283 >HREV HARDWARE REV NOT PROGRAMMED >SREV 06-3251A02 3.4.0 07Feb2003 >OWN PETROINDUSTRIAL >OWM SHUSHUFINDI-MASTER >RSSI! RSSI -120 dBm >SNR! SNR 0 dB >SHOW PWR RF POWER <0 dBm >SHOW PORT CONNECTED TO RJ11 >SHOW DC DC IN 14.4 v DC OUT 5.6 v >TEMP TEMP +33 C >ASENSE ALARM ACTIVE HI >AMASK MASK: FFFF FFFF >RXTOT RXTOT NONE >DTYPE DTYPE PEER >DLINK DLINK 9600 (ON) >DMGAP MESSAGE GAP 3 ms >RTU RTU 0 (OFF)	>ALARM NO ALARMS PRESENT CODE: 0000 0000 >MODEL 4710AXN1B11D30FFA >TX TX 455.02500 MHz >RX RX 455.02500 MHz >UNIT UNIT 6313 >MODE MODE R >BUFF BUFF ON >MODEM MODEM 9600 >BAUD BAUD 9600 8N1 >DEVICE DEVICE DCE >PWR PWR 30 dBm >DATAKEY DATAKEY ON >CKEY CKEY OFF >CTS CTS DELAY 0 ms >PTT PTT DELAY 0 ms >SCD SCD 0 ms >TOT TOT 30 secs (ON) >TXLEVEL TXLEVEL AUTO >RXLEVEL RXLEVEL -10 dBm >EMP EMP OFF	>SER SN:01346313 >HREV HARDWARE REV NOT PROGRAMMED >SREV 06-3251A02 3.4.0 07Feb2003 >OWN PETROINDUSTRIAL >OWM SHUSHUFINDI-SLAVE >RSSI! RSSI -120 dBm >SNR! SNR 0 dB >SHOW PWR RF POWER <0 dBm >SHOW PORT CONNECTED TO RJ11 >SHOW DC DC IN 13.7 v DC OUT 5.7 v >TEMP TEMP +30 C >ASENSE ALARM ACTIVE HI >AMASK MASK: FFFF FFFF >RXTOT RXTOT NONE >DTYPE DTYPE PEER >DLINK DLINK 19200 (ON) >DMGAP MESSAGE GAP 3 ms >RTU RTU 0 (OFF)

Cuadro 2.1. Información radios MDS Planta de Gas y Torre Shushufindi-Planta de Gas

- Efectos de sonido (Sound Effects).- Prendido (ON) o apagado (OFF), se selecciona OFF para silenciar el audio del programa, se selecciona ON para obtener respuestas de audio del programa.

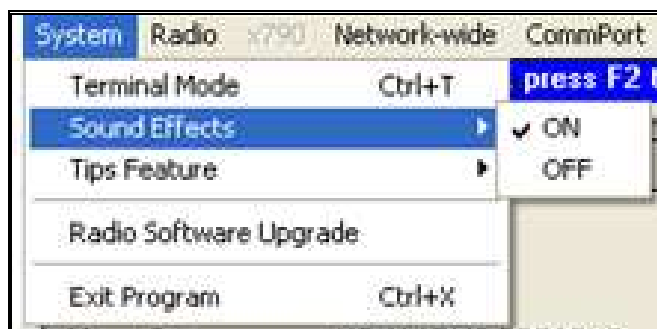


Figura 2.10. Acceso a los efectos de sonido del radio MDS

- Consejos (Tips Feature).- Prendido (ON) o apagado (OFF), se selecciona ON para activar las casillas de ayuda emergente cuando el cursor se coloca sobre los elementos de la ventana, OFF para desactivar.

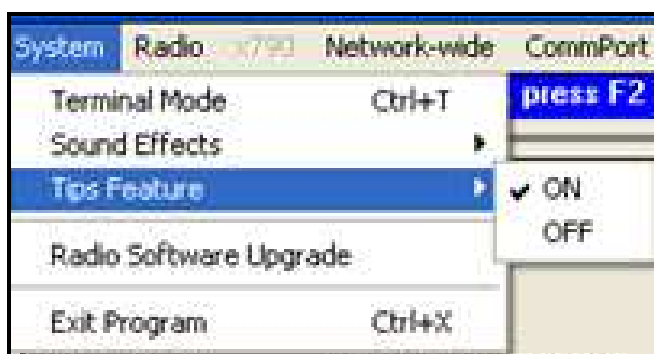


Figura 2.11. Acceso consejos de características del radio MDS

- Actualización de software del radio (Radio Software Upgrade).- Esta selección inicia la sustitución del software existente y lo actualiza.
 - Salir (Exit Program).- Detiene el programa de configuración del radio.
- **Radio:** En el menú radio se puede acceder a la siguiente configuración:

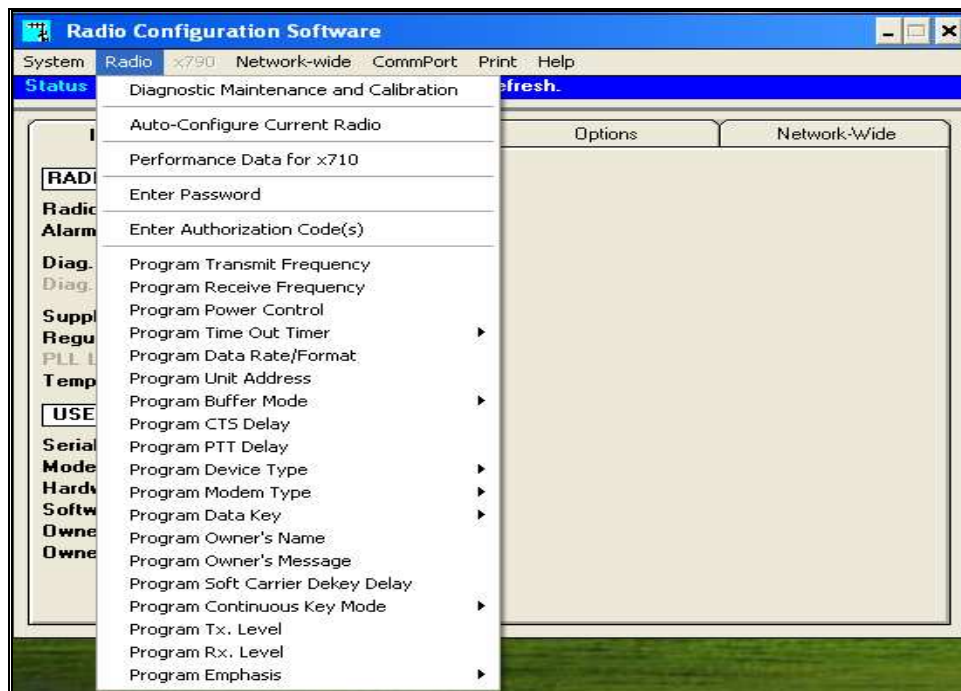


Figura 2.12. Menú Radio del Software de configuración radio MDS

- Diagnóstico de Mantenimiento y Calibración (Diagnostic Maintenance and Calibration).- Cuando se selecciona, el programa trata de abrir las funciones de diagnóstico del transmisor-receptor. Puede tardar unos segundos. Requiere introducir el código de autorización, la clave es de 16 caracteres alfanuméricos.

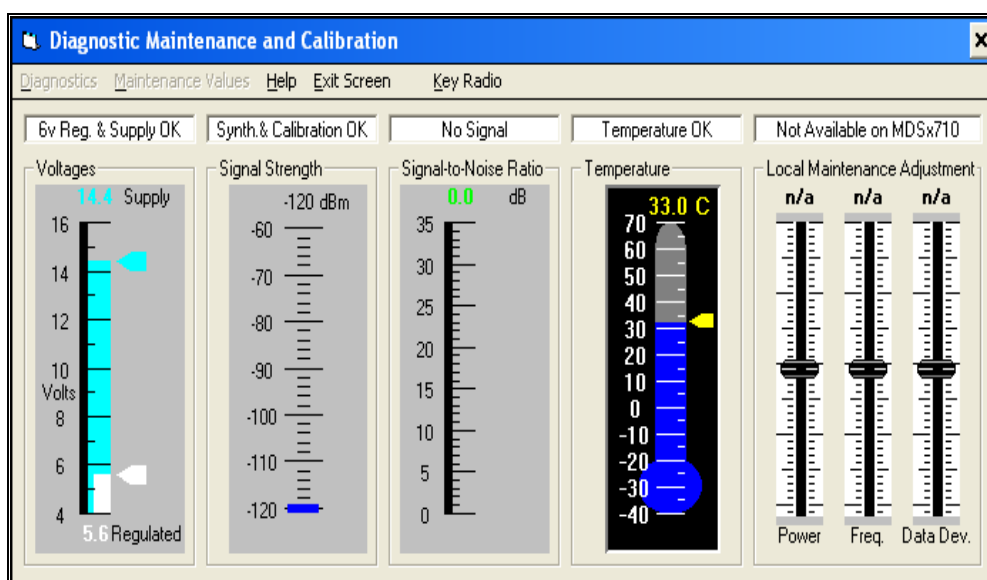


Figura 2.13. Acceso al diagnóstico de mantenimiento y calibración del radio MDS

- Auto configuración actual del radio (Auto-Configure Current Radio).- Cuando se selecciona, el programa se inicia en modo de auto

configuración. Esta característica permite la gestión, almacenamiento, carga y descarga de archivos de parámetros del transmisor-receptor.

- Rendimiento de datos para x710 (Performance Data for x710).- Esta opción sólo está disponible cuando se conecta a un radio apropiado como MDS 9710 o 4710. El programa muestra los datos del rendimiento de la comunicación, como se muestra en la figura 2.14.

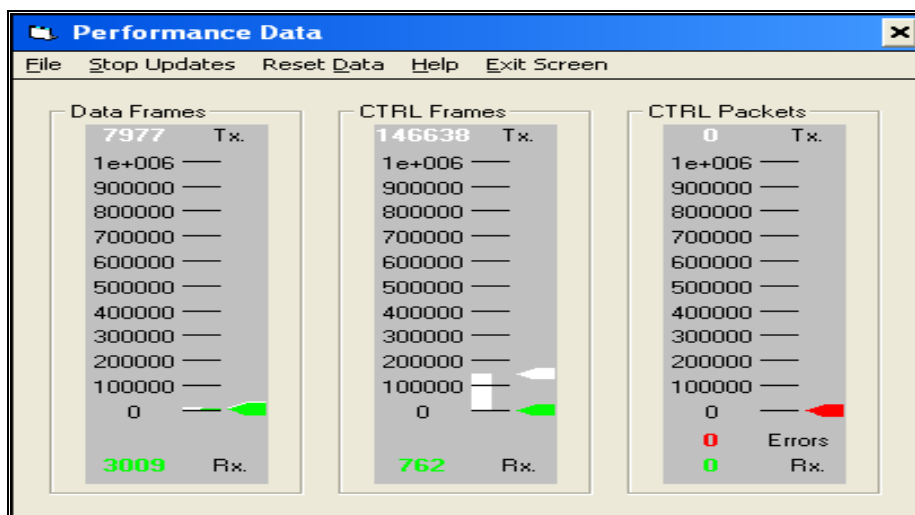


Figura 2.14. Acceso al rendimiento de datos del radio MDS

- Introducir contraseña (Enter Password).- Contraseña de 4 caracteres para proteger al equipo de usuarios no autorizados, para que estos no puedan realizar cambios en la configuración de la radio.

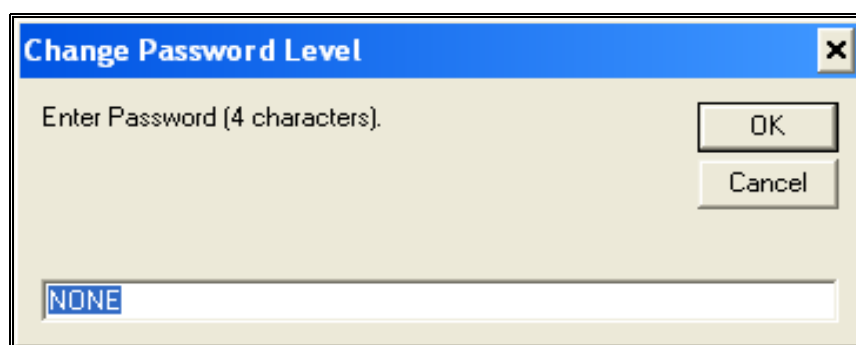


Figura 2.15. Acceso al cambio de contraseña del radio MDS

- Introducir código de autorización (Enter Authorization code(s)).- Este código se puede introducir manualmente por el usuario o automáticamente leerlo desde un archivo que contiene una lista de números de serie de la radio y los códigos de autorización que correspondan.

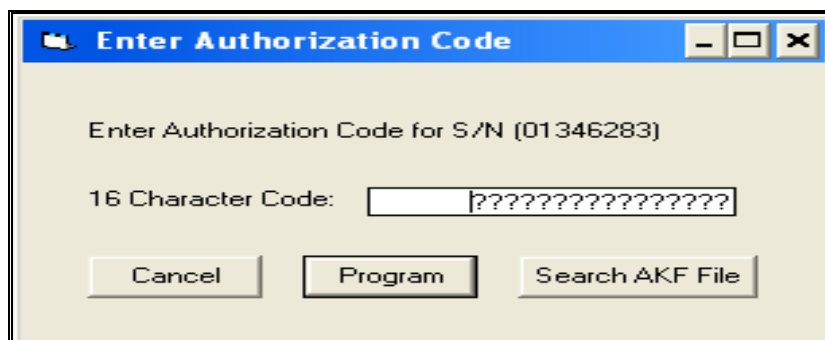


Figura 2.16. Acceso al código de autorización del radio MDS

- Programar la frecuencia de transmisión (Program Transmit Frequency).- Esta selección permite una reprogramación de la frecuencia de transmisión del transmisor-receptor. Se abre un cuadro de diálogo que muestra la frecuencia de operación actual y un campo para introducir una nueva frecuencia de funcionamiento.

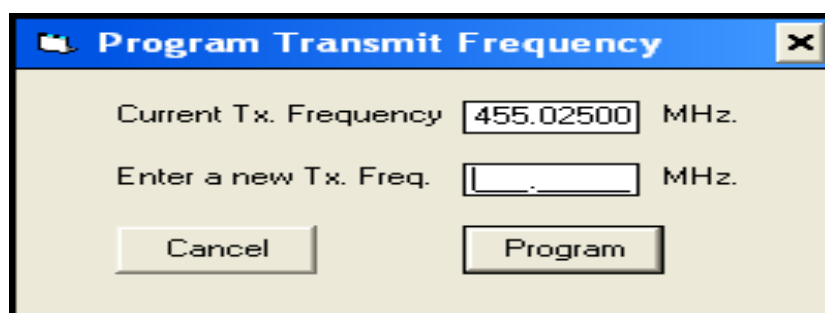


Figura 2.17. Acceso a la programación de la frecuencia de transmisión del radio MDS

- Programar la frecuencia de recepción (Program Receive Frequency).- Esta selección permite una reprogramación de la frecuencia de recepción del transmisor-receptor. Se abre un cuadro de diálogo que muestra la frecuencia de operación actual y un campo para introducir una nueva frecuencia de funcionamiento.

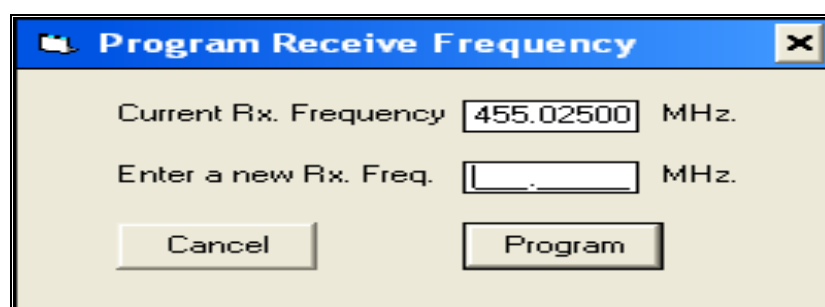


Figura 2.18. Acceso a la programación de la frecuencia de recepción del radio MDS

- Programar control de potencia (Program Power Control).- Permite seleccionar la potencia de operación a la cual se desea que funcione el radio, varía de 20 a 37 dBm.

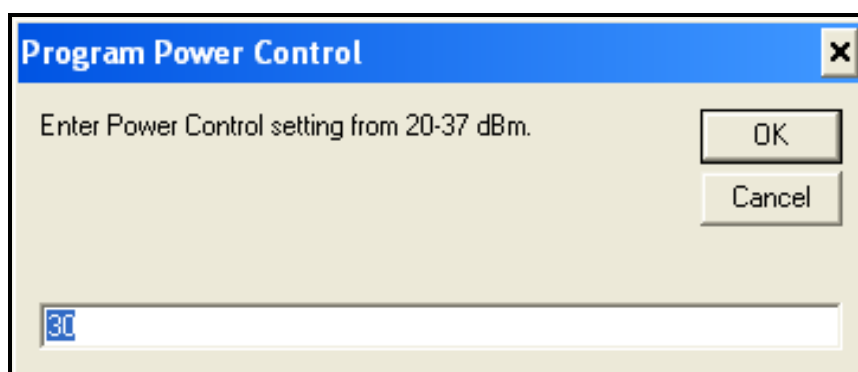


Figura 2.19. Acceso a la programación de la potencia del radio MDS

- Programar el tiempo de espera del temporizador (Program Time Out Timer).- Esta selección permite activar, desactivar o colocar un retraso en el temporizador del tiempo de espera cuando existe una demora en la programación.

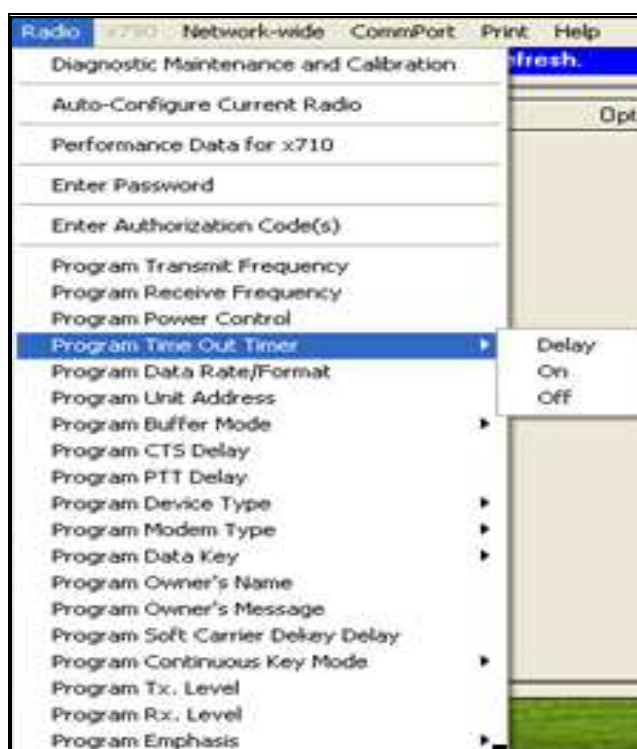


Figura 2.20. Acceso a la programación del tiempo de espera del temporizador del radio MDS

- Programar velocidad de datos y el formato (Program Date Rate/Format).- Esta selección permite al usuario cambiar la velocidad de transmisión y el esquema de codificación de los datos.

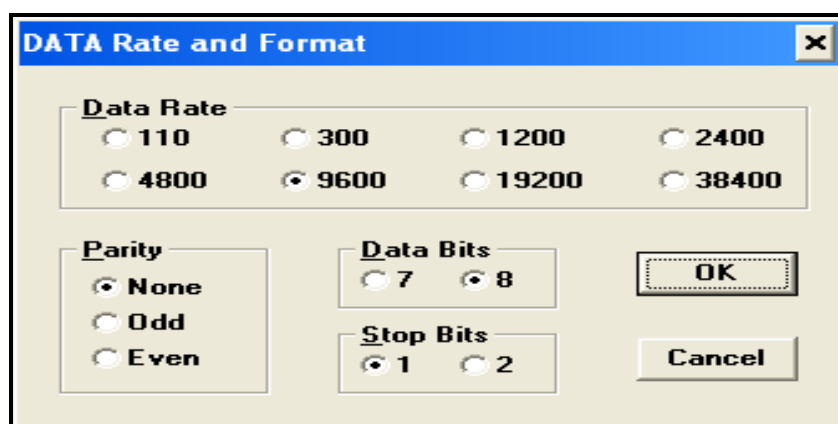


Figura 2.21. Acceso a la programación de la velocidad y formato de los datos del radio MDS

- Programar dirección de la unidad (Program Unit Address).- Esta es una dirección de la radio, esta función está reservada para uso futuro.

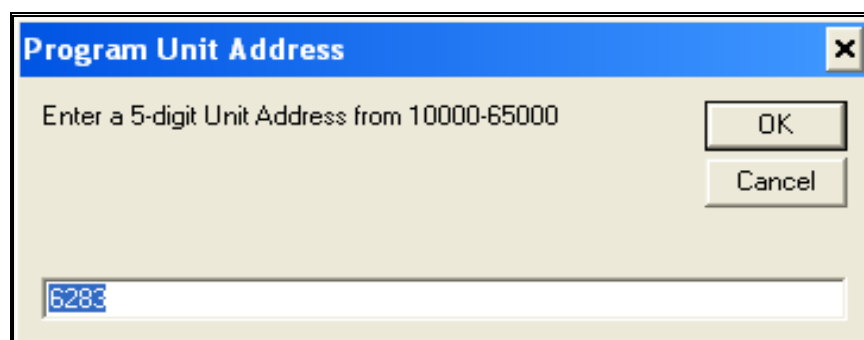


Figura 2.22. Acceso a la programación de la dirección del equipo del radio MDS

- Programar modo búfer (Program Buffer Mode).- ON activado y OFF desactivado, opciones emergentes permiten al transmisor-receptor que fije el almacenamiento del búfer. Permite que la radio opere en un modo integrado. Este comando es de sólo lectura para transmisores-receptores configurados como mandos a distancia.

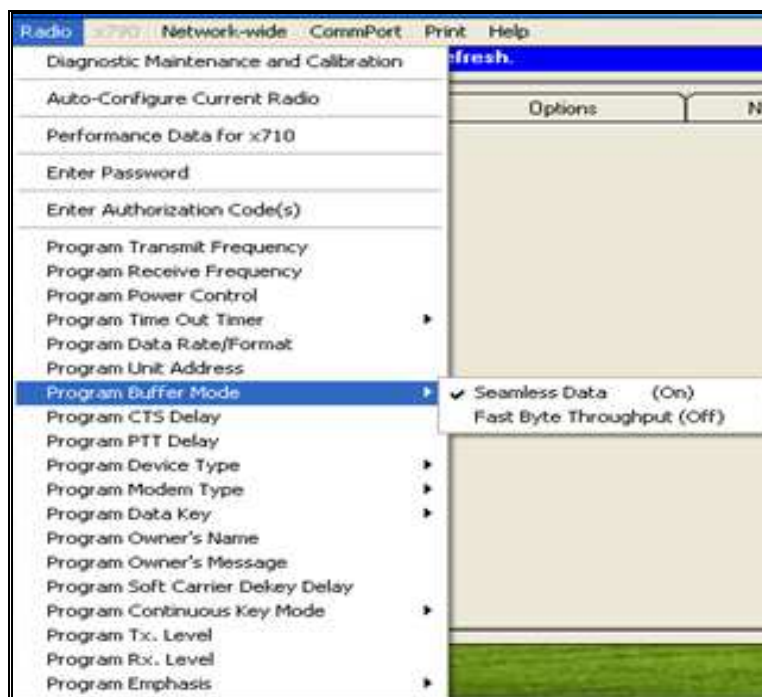


Figura 2.23. Acceso a la programación del modo búfer del radio MDS

- Programar el retraso de CTS (Program CTS Delay).- Esta selección permite programar la demora o retraso de CTS (clear to send), se trata de un plazo de comunicación de datos que indica si el DCE está listo para transmitir datos. Esta es una señal de salida desde el conector del transmisor-receptor.

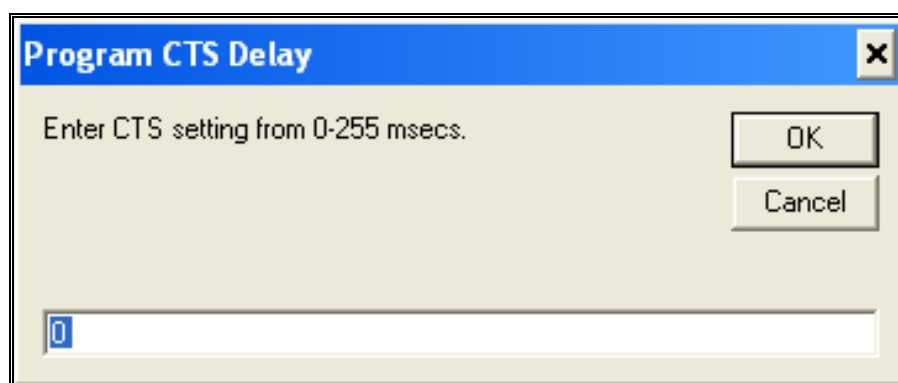


Figura 2.24. Acceso a la programación del retraso de CTS del radio MDS

- Programar retraso de la PTT (Program PTT Delay).- Esta selección permite programar la demora o retraso de PTT (Push to Talk), este término indica un interruptor o una señal que activa el transmisor en un radio.

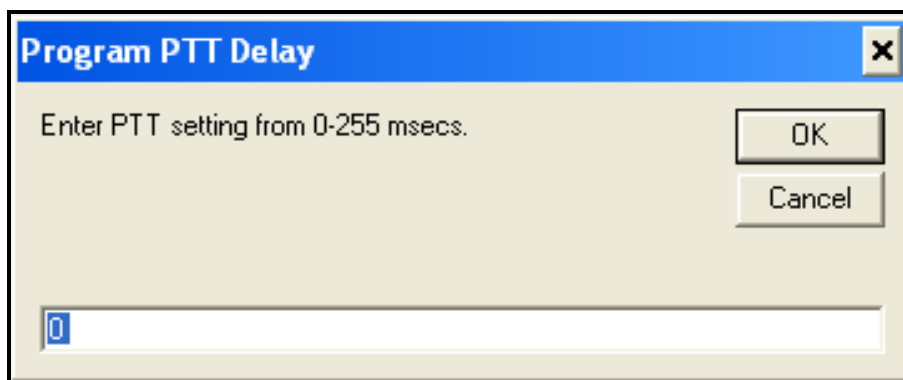


Figura 2.25. Acceso a la programación del retraso de PTT del radio MDS

- Programar tipo de dispositivo (Program Device Type).- Esta selección establece el modo básico de funcionamiento de una radio de espectro ensanchado ya sea a un DCE (Data Circuit-equip terminal) o CTS KEY. El modo CTS KEY establece la configuración de la radio para hacer valer la línea CTS tan pronto como la radio recibe una señal de RF, el modo de DCE es el método más típico donde la línea RTS afirma el acceso al radio y la línea CTS será válida después de que el retraso CTS ha transcurrido.

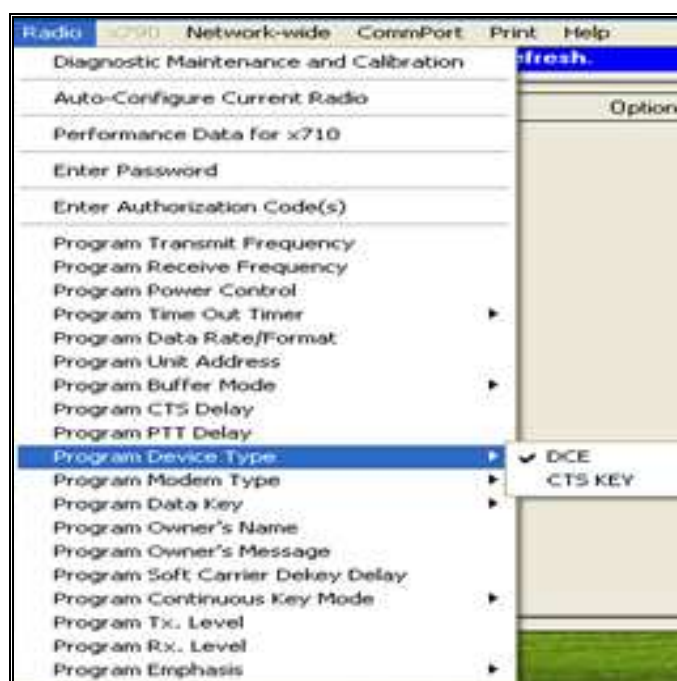


Figura 2.26. Acceso a la programación del tipo de dispositivo del radio MDS

- Programar tipo de módem (Program Modem Type).- El tipo de módem en radios x790, x710, es fijado por la fábrica por default. Otros sistemas de

modulación permitirán 4800, 9600 o 19200 baudios. Cuando el módem se establece en NONE, significa que ningún módem está seleccionado.

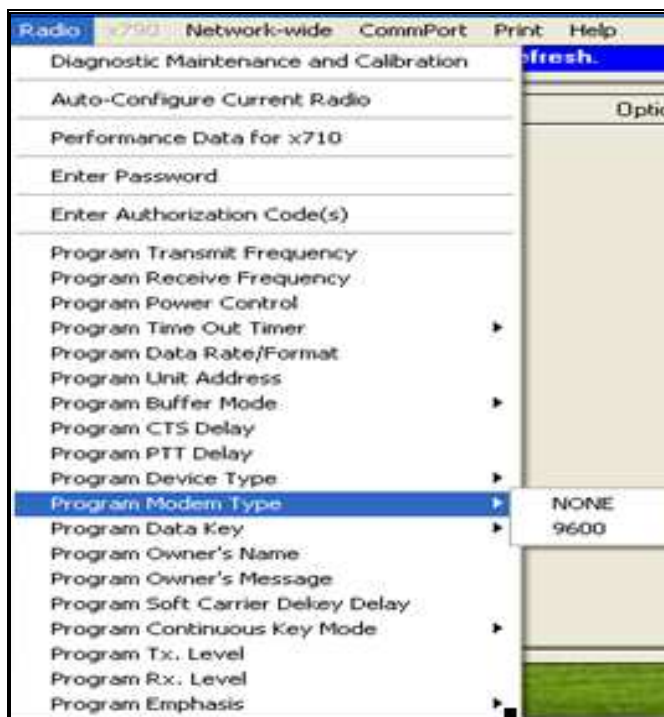


Figura 2.27. Acceso a la programación del tipo de módem del radio MDS

- Programar clave de datos (Program Data Key).- ON activado y OFF desactivado, el valor por default es ON que activa la clave de la radio para la recepción de datos automáticamente.

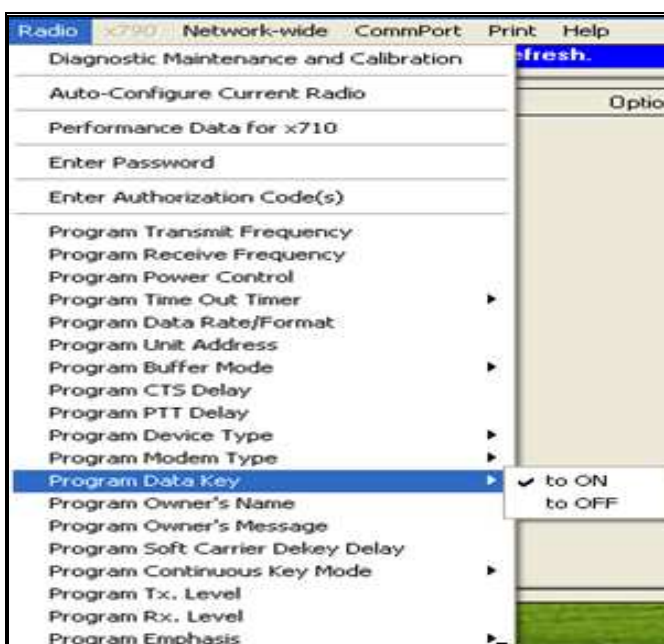


Figura 2.28. Acceso a la programación de la clave de datos del radio MDS

- Ingresar nombre del propietario (Enter Owner's Name).- Esta selección permite programar el nombre del propietario como un mensaje de texto dentro del transmisor-receptor.

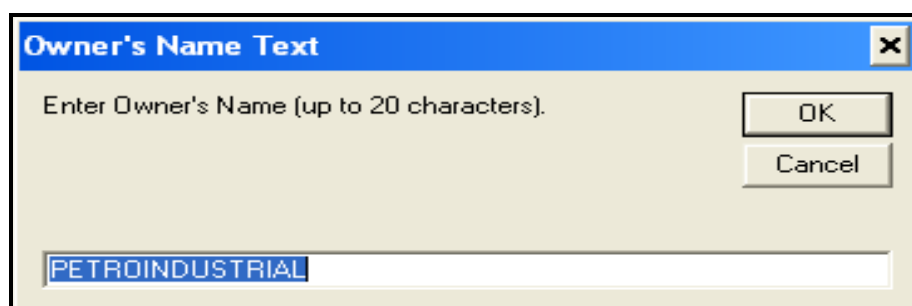


Figura 2.29. Acceso a la programación del nombre del propietario del radio MDS

- Ingrese mensaje del propietario (Enter Owner's Message).- Esta selección permite programar un mensaje del propietario como un mensaje de texto dentro del transmisor-receptor, usado para identificar una radio dentro de la red de comunicación.

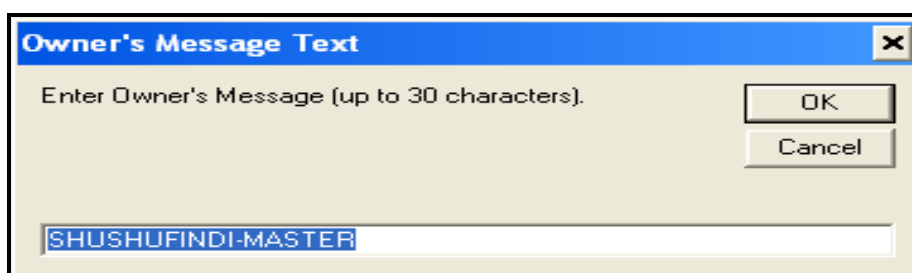


Figura 2.30. Acceso a la programación del mensaje de texto del radio MDS

- Programar retardo SCD (Program SCD Delay).- Esta selección permite programar la duración del SCD (Soft Carrier Dekey), este es un parámetro de clave para el transmisor por un corto período de tiempo después de que la RTU ha enviado el último bit de datos al transmisor-receptor.

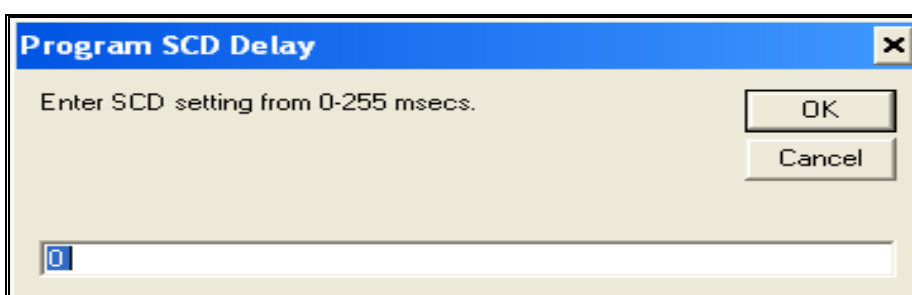


Figura 2.31. Acceso a la programación del retardo de SCD del radio MDS

- Programar clave en modo continuo (Program Continuous Key Mode).- Activado On y apagado OFF, esta selección permite pedir el ingreso de clave de manera continua.

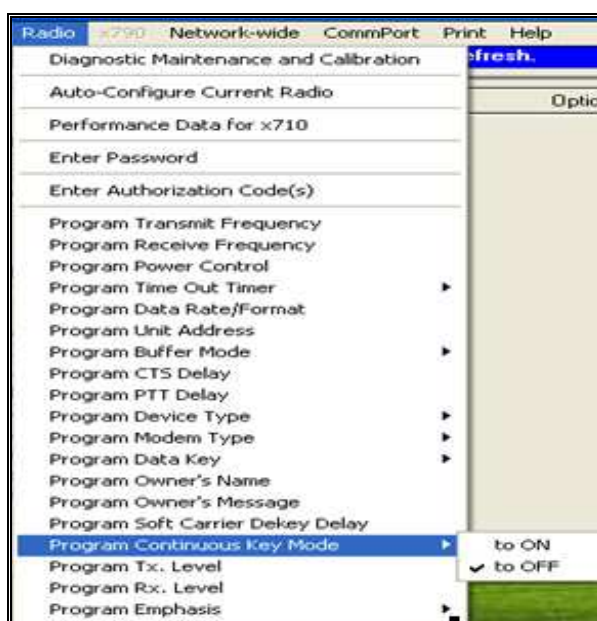


Figura 2.32. Acceso a la programación de la clave en modo continuo del radio MDS

- Programar nivel de transmisión de audio (Program Tx. Level).- Establece el nivel de potencia en dBm, en la línea de entrada de transmisión de audio. El modo AUTO viene dado por default y comprobará el nivel de transmisión de audio en la línea de entrada.

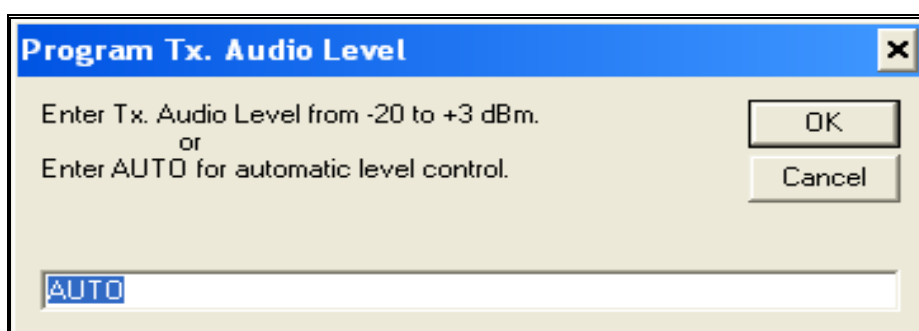


Figura 2.33. Acceso a la programación del nivel de audio de transmisión del radio MDS

- Programar nivel de recepción de audio (Program Rx. Level).- El nivel de recepción de audio establece el nivel de salida, en dBm, en la línea de salida de recepción de audio. Por defecto de fábrica es -10dBm.

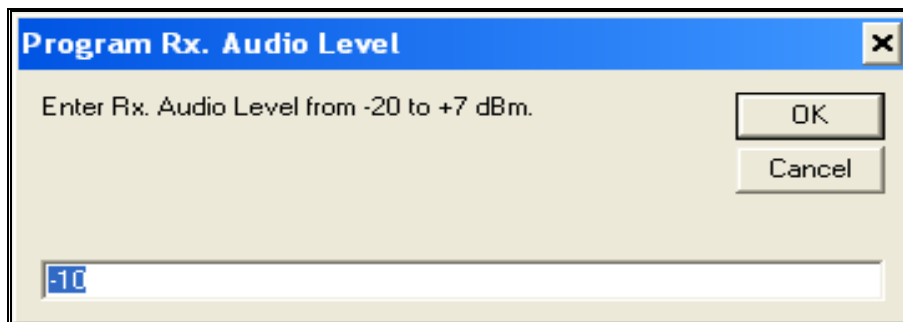


Figura 2.34. Acceso a la programación del nivel de audio de recepción del radio MDS

- Programar énfasis (Program Emphasis).- La dirección del sistema se utiliza en las radios de la Serie 9310 de espectro ensanchado para identificar el sistema local dentro de un grupo definido.

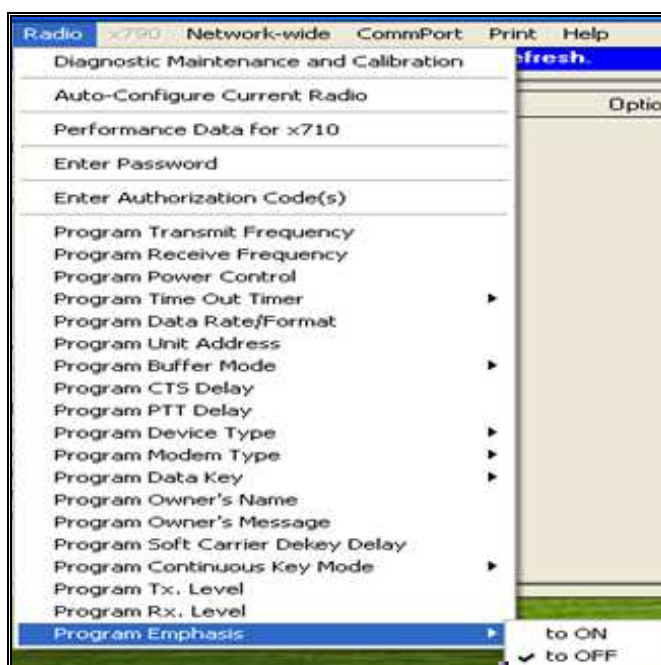


Figura 2.35. Acceso a la programación del énfasis del radio MDS

- **x790:** En el menú x790 se puede acceder a la siguiente configuración:

Esta sección sólo estará disponible si está conectado a una radio de la serie de equipos x790 (para el caso de los equipos correspondientes al CIS solo se utilizan equipos x710, por lo que no se pudo habilitar y desplegar esta información).

- **Toda la red (Network-Wide):** En este menú se puede acceder a la siguiente configuración:

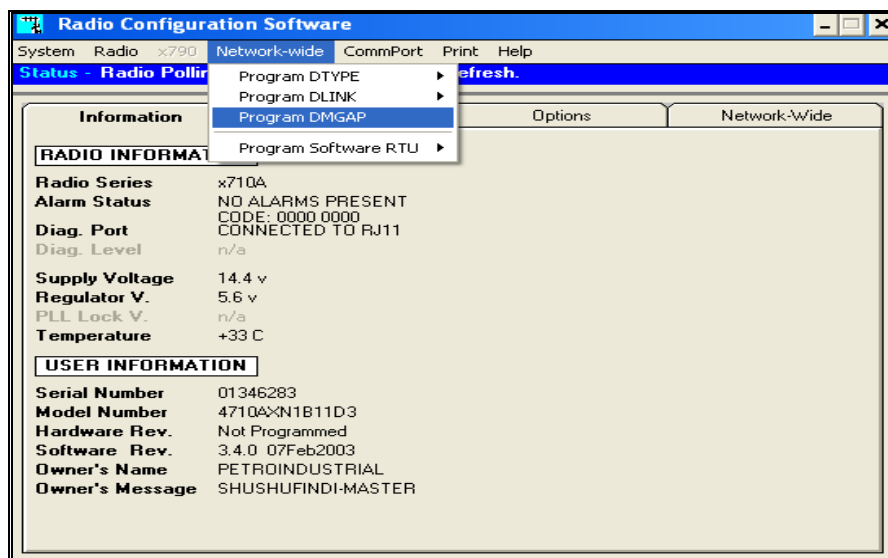


Figura 2.36. Menú toda la red del Software de configuración del radio MDS

- Programar tipo de diagnóstico (Program DTYPE).- Esta programación suele establecerse como ROOT o nodo. Solo un radio "ROOT" puede existir en la red. La mayoría de los radios se establecerán en forma de nodo. Nodo se utiliza siempre en un sistema punto multipunto. También se puede configurar como GATE cuando un sistema simple es encadenado a un sistema primario, en otras palabras, cuando el principal sistema MAS (Multiple Address Systems) tiene una extensión simple conectada a él, llamado sistema secundario,. El DTYPE también se puede configurar para PEER, en sistemas de repetición. Todas las radios en un sistema repetidor se establecerán en PEER a excepción de la radio principal.

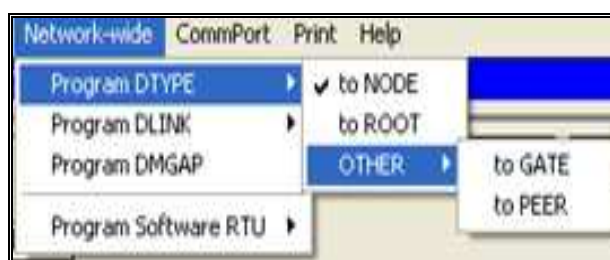


Figura 2.37. Acceso a la programación del tipo de diagnóstico del radio MDS

- Programar diagnóstico de enlace (Program DLINK).- La programación del diagnóstico de enlace se puede establecer en ON o en OFF. Cuando está activado, permite a los mensajes de red pasar a través del puerto RJ-11. También controla la velocidad de transmisión para la comunicación entre la

PC al radio a través de la conexión RJ11-puerto serial. Generalmente es preferible utilizar la más alta velocidad de transmisión.

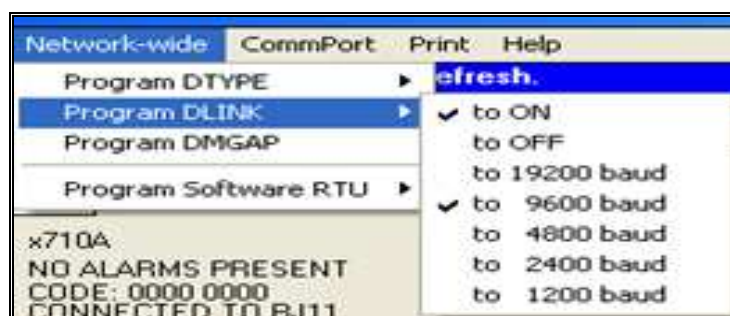


Figura 2.38. Acceso a la programación del diagnóstico de enlace del radio MDS

- Programar diagnóstico de mensaje brecha (Program DMGAP).- Se puede establecer entre 0 y 255 mseg. Para el modo pasivo, se utiliza para determinar si el mensaje es carga útil realmente. El valor normal para DMGAP es 3msec. Esto debería funcionar para la mayoría de las aplicaciones.



Figura 2.39. Acceso a la programación del diagnóstico de mensajes brecha del radio MDS

- Programar software RTU (Program Software RTU).- Es un software simulador de RTU que imita su funcionalidad. Se puede ajustar en ON o en OFF. La dirección RTU puede variar desde 0 hasta 80.

MDS tiene dos programas para la simulación de transmisión de datos basados en DOS (POLL.EXE y RSIM) y un programa basado en Windows (LinkWatcher) que puede ejercer la función de RTU para las pruebas de rendimiento de datos.

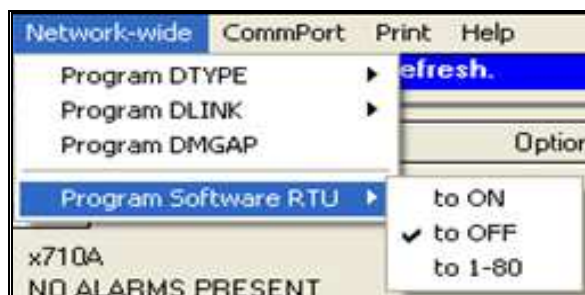


Figura 2.40. Acceso a la programación del software RTU del radio MDS

- **Puerto de comunicación (CommPort):** En este menú se puede acceder a la siguiente configuración:

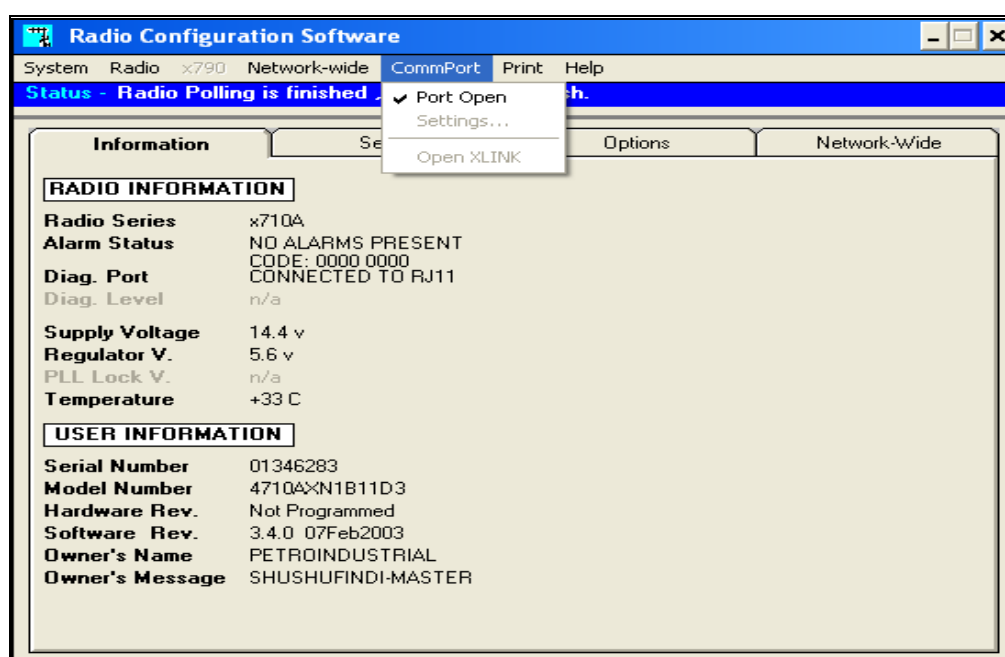


Figura 2.41. Menú puerto de comunicación del Software de configuración del radio MDS

- Abrir puerto (Port Open).- Cuando es seleccionado el estado del puerto de comunicaciones se abre y esta listo para la comunicación con la PC.
- Configuración (Settings).- Cuando es seleccionado aparece una ventana que muestra la configuración del puerto para la comunicación con la PC.

- **Imprimir (Print):** En el menú imprimir se puede acceder a dos opciones:

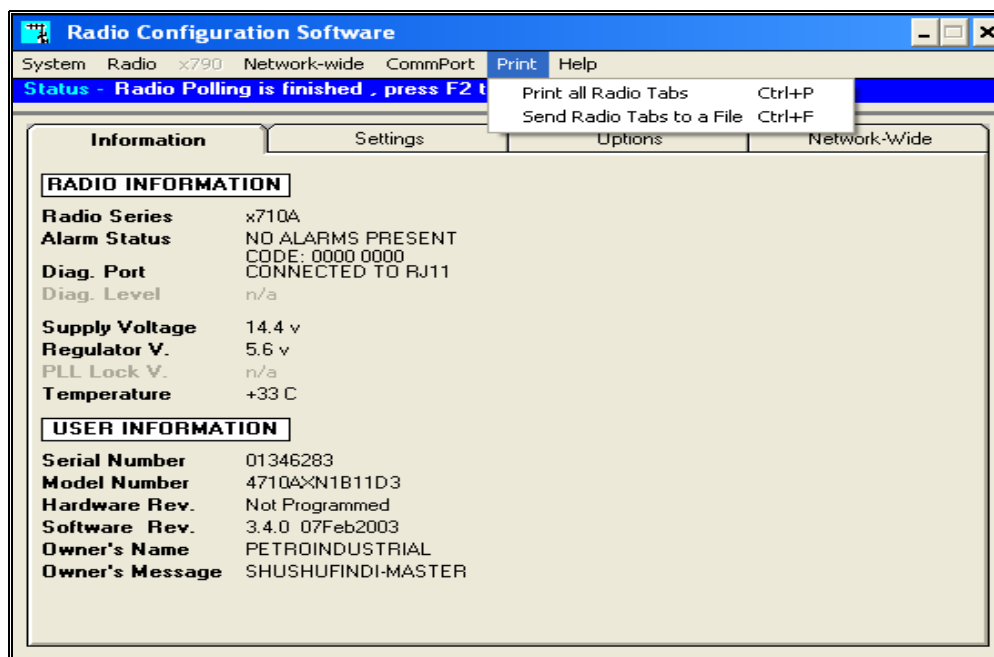


Figura 2.42. Menú imprimir del Software de configuración del radio MDS

- Imprimir las etiquetas del radio (Print all Radio Tabs).- Esta selección indica al ordenador imprimir la información que aparecen en la ventana principal de este software. Se utilizará la impresora predeterminada.
 - Envía las etiquetas del radio a un archivo (Send Radio Tabs to a File).- Envía la información que aparecen en la ventana principal de este software a un archivo nuevo.
- **Ayuda (Help):** En este menú se puede acceder a la siguiente información:



Figura 2.43 Menú ayuda del Software de configuración del radio MDS

- Manual en línea (On-Line Manual).- Accede a la ayuda del manual en línea.
- En esta pantalla (On This Screen).- Accede a la ayuda acerca de la pantalla actual del software de configuración de radio.
- Acerca (About).- Información sobre el software utilizado.

2.1.3 PRUEBAS DE CONEXIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN SCADA

Los enlaces del sistema SCADA se encuentran actualmente inoperativos, por lo que la comprobación del sistema se la hizo en las partes donde fue posible realizarla.

2.1.3.1 Enlace Planta de Gas-estación Atacapi

El enlace Planta de Gas – Atacapi se lo verificó desde el radio MASTER MDS 4710 ubicado en Planta de Gas que se utiliza para monitorear los datos de la estación de captación de gas Atacapi, para ello se hizo uso del software MODBUS POLL. Para la conexión al radio MDS se hizo uso de un conector USB a DB9 y de otro conector de DB9 a DB25, usando este último se utiliza solamente los pines correspondientes a (Tx, Rx y tierra) de cada uno.

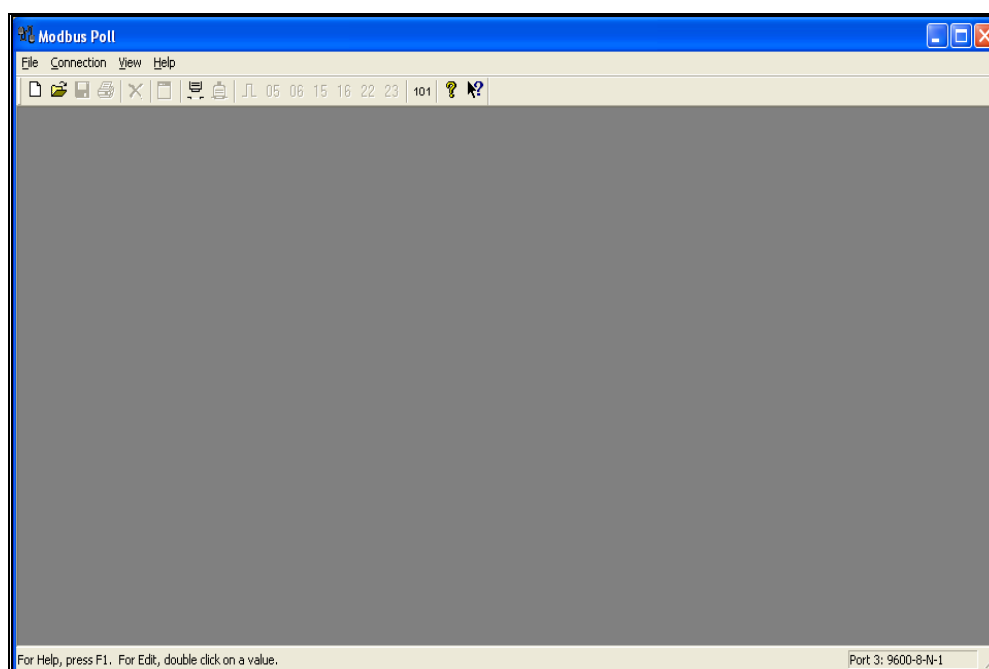


Figura 2.44. Software Modbus Poll

Para utilizar este programa se requiere del ingreso de las direcciones puestas en el RTU de Atacapi para cada uno de los transmisores utilizados en la estación que controlan el proceso de succión, compresión y envío de gas hacia Planta de Gas, con estas direcciones se monitorean los datos que producen los sensores en la estación Atacapi. Las direcciones de los transmisores de la estación de Atacapi,

analógicas o digitales que pueden ser monitoreados, supervisados y controlados desde Planta de Gas se detallan a continuación:

ENTRADAS ANALÓGICAS		SALIDAS ANALÓGICAS	
TAG	INTOUCH	TAG	INTOUCH
E_306	32305	PCV_101	40004
LT_301	32306	PCV_102	40005
LT_302	32307	PCV_103	40006
PT_307	32308	PCV_104	40007
PT_308	32309	PCV_105	40008
PT_309	32310		
PT_310	32311		
PT_306	32312		
TT_311	32313		
PT_311	32314		
FT_311	32315		
TT_312	32316		
PT_312	32317		
FT_312	32318		
TT_313	32319		
PT_313	32320		
SPARE	32321		
SPARE	32322		
SPARE	32323		
SPARE	32324		
FT_313	32325		
PT_314	32326		

Cuadro 2.2. Direcciones de entradas y salidas analógicas del RTU de la estación Atacapi

ENTRADAS DIGITALES		SALIDAS DIGITALES	
TAG	INTOUCH	TAG	INTOUCH
ONESV_101	30001:8	ESV_101	40001:1
ONESV_102	30001:7	ESV_102	40001:2
ONESV_103	30001:6	ESV_103	40001:3
ONESV_104	30001:5	ESV_104	40001:4
ONESV_105	30001:4	ESV_105	40001:5
SW1P_005	30001:3	GREENP_005	40001:6
SW3P_005	30001:2	ONP_005	40001:7
MONP_005	30001:1	OFP_005	40001:8
MSTP_005	30001:16	GREENP_001A	40001:9
SPARE	30001:15	REDP_001A	40001:10
LSHP_005	30001:14	GREENP_001B	40001:11

LSLP_005	30001:13	REDP_001B	40001:12
SP_005	30001:12	ONP_001A	40001:13
SW1P_001A	30001:11	OFF_001A	40001:14
SW3P_001A	30001:10	ONP_001B	40001:15
MONP_001A	30001:9	OFF_001B	40001:16
MSTP_001A	30002:8	GREENP_002A	40002:1
LDPP_001A	30002:7	REDP_002A	40002:2
HDPP_001A	30002:6	GREENP_002B	40002:3
SPL_001A	30002:5	REDP_002B	40002:4
SW1P_001B	30002:4	ONP_002A	40002:5
SW3P_001B	30002:3	OFF_002A	40002:6
MONP_001B	30002:2	ONP_002B	40002:7
MSTP_001B	30002:1	OFF_002B	40002:8
LDPP_001B	30002:16	GREENP_003	40002:9
HDPP_001B	30002:15	GREENP_04	40002:10
SPL_001B	30002:14	ONP_003	40002:11
EHSL_01	30002:13	OFF_003	40002:12
ONESV_106	30002:12	ONP_004	40002:13
SC_004	30002:10	OFF_004	40002:14
LSHP_006	30003:6	OFFC_001	40002:15
LSLP_006	30003:5	OFFC_002	40002:16
MONP_006	30003:4	OFFC_003	40003:1
MSTP_006	30003:3	GREENP_006	40003:2
PSHP_006	30003:2	ON_P006	40003:3
PSLP_006	30003:1	OFF_006	40003:4
SW1P_002A	30003:16	ESV_106	40003:5
SW3P_002A	30003:15	OFFC_004	40003:6
MONP_002A	30003:14		
MSTP_002A	30003:13		
LDPP_002A	30003:12		
HDPP_002A	30003:11		
SPL_002A	30003:10		
SW1P_002B	30003:9		
SW3P_002B	30004:8		
MONP_002B	30004:7		
MSTP_002B	30004:6		
LDPP_002B	30004:5		
HDPP_002B	30004:4		
ESLL01	30004:3		
SPL_002B	30004:2		
S_006	30004:16		
ESD_BUT	30004:13		
LPAV_01	30005:4		
LLPAV_01	30005:3		
LLLSV_01	30005:2		
HLAV_01	30005:1		
HHLSV_01	30005:16		
LPAV_02	30005:13		

HLAV_02	30005:12		
LLAV_02	30005:11		
LLLSV_02	30005:10		
HHLSV_02	30005:9		
SW1P_003	30006:8		
SW3P_003	30006:7		
MONP_003	30006:6		
MSTP_003	30006:5		
SP_003	30006:4		
SW1P_004	30006:3		
SW3P_004	30006:2		
MONP_004	30006:1		
MSTP_004	30006:16		
SP_004	30006:15		
HPSC_001	30006:11		
HPIC_001	30006:10		
HDPC_001	30006:9		
HTC1C_001	30007:8		
HTC2C_001	30007:7		
HTDC1C_001	30007:6		
HTDC2C_001	30007:5		
VEC_001	30007:4		
VFC_001	30007:3		
HLSIC_001	30007:2		
LLOC_001	30007:1		
SVMC_001	30007:16		
SC_001	30007:15		
HPSC_002	30007:14		
HPIC_002	30007:13		
HPDC_002	30007:12		
HTC1C_002	30007:11		
HTC2C_002	30007:10		
HTDC1C_002	30007:9		
HTDC2C_002	30008:8		
VEC_002	30008:7		
VFC_002	30008:6		
HLSIC_002	30008:5		
LLOC_002	30008:4		
SVMC_002	30008:3		
SC_002	30008:2		
SC_003	30008:1		

Cuadro 2.3. Direcciones de entradas y salidas digitales del RTU de la estación Atacapi

Una vez que se conocen las direcciones de los transmisores de Atacapi a los que se puede acceder mediante un sistema SCADA, se procedió a la verificación de transmisión de datos desde la estación de captación Atacapi hacia Planta de Gas, con la ayuda del programa MODBUS POLL, en el cual se ingresan los parámetros que vamos a utilizar en el programa y las direcciones de las cuales queremos recibir información. Se procede a abrir el menú conectar (connect) para realizar nuestras primeras modificaciones en los parámetros del enlace.



Figura 2.45. Menú conexión del Software Modbus Poll

Se despliega el siguiente cuadro en el que el usuario coloca los parámetros a utilizar dependiendo el enlace. El formato de la trama de comunicación para nuestro enlace es 8N1, 8 bits de datos, no paridad y 1 bit de parada, a una velocidad de 9600 Baudios, el número de puerto depende del que deseemos usar de la computadora.

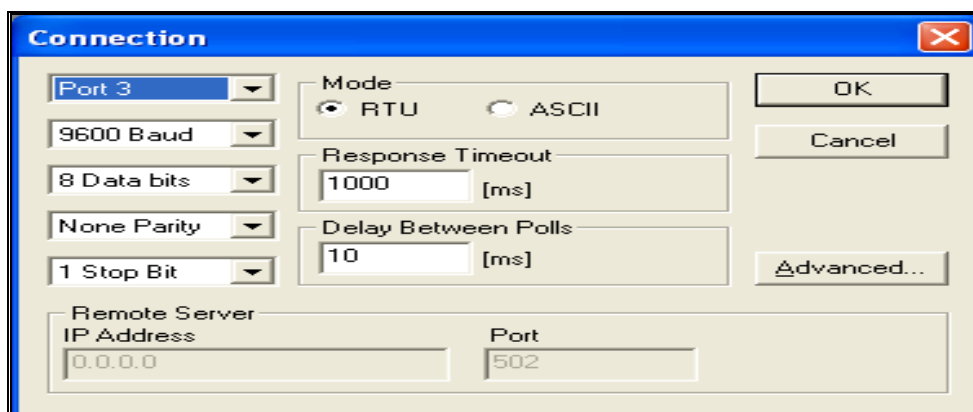


Figura 2.46. Acceso a los parámetros de conexión del Software Modbus Poll

En el menú instalación (Setup), es donde el programa pide las direcciones a ser monitoreadas en la opción de Poll Definition y donde se colocan algunos parámetros en la pantalla que se despliega.

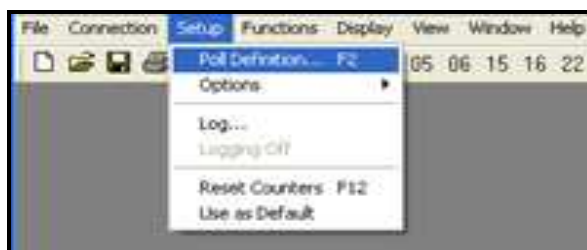


Figura 2.47. Menú instalación del Software Modbus Poll

Se escogió una dirección analógica, la 32316, correspondiente al transmisor de temperatura conforme se muestra en el cuadro 2.2 de la página 65, para la realización de un ejemplo de transmisión de datos; la manera de ingresar los parámetros es la siguiente:

- En Slave ID se coloca siempre el número 20 en nuestro caso, que es la identificación de los RTU utilizados en el enlace.
- En function se escoge la opción 04, leer registros de entrada (Read Input Registers) y que automáticamente lee direcciones a partir de la 30000.

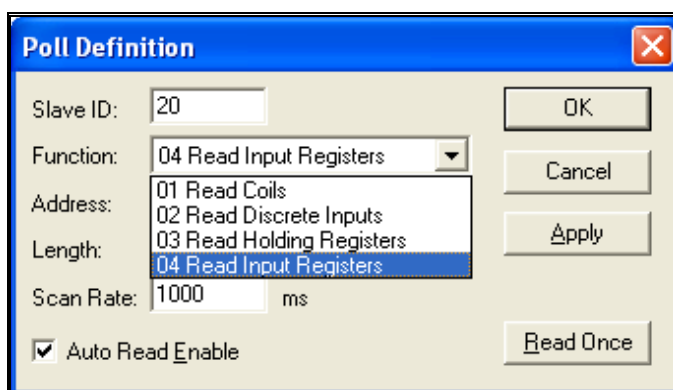


Figura 2.48. Direcciones de entrada del RTU Atacapi

- Una vez escogida la opción 04 que corresponde a direcciones a partir de 30000 se tiene que completar el número requerido para obtener la dirección que se desea leer, en este caso se desea obtener la dirección 32316, así que será necesario colocar el 2316 en la parte de Address.
- En la parte de length se coloca la longitud de las direcciones que se quiera monitorear a partir de la primera que se escogió que fue la 32316, para el ejemplo se verán 10 direcciones a partir de la primera.
- En Scan Rate se deja los 1000 mili segundos (ms) que vienen por default.
- Activar el Auto Read Enable en la parte inferior de la ventana para que se habilite la opción de lectura automática.

Con estos parámetros ingresados de las direcciones que se desean recibir se obtienen los datos que proporciona el protocolo MODBUS. Una vez realizados los pasos anteriores se obtiene la pantalla completa de esta manera:

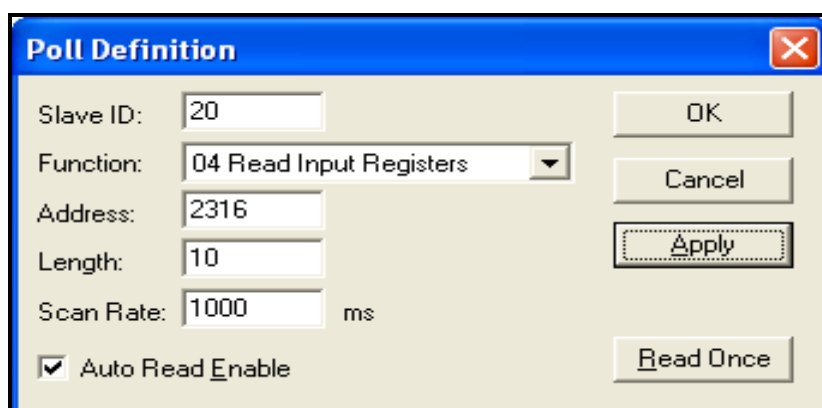


Figura 2.49. Parámetros de direcciones a monitorear en el RTU Atacapi

Para obtener los resultados que hemos solicitado obtener de los transmisores de la estación de Atacapi bastará con poner la opción OK, obteniendo para el ejemplo los siguientes resultados:

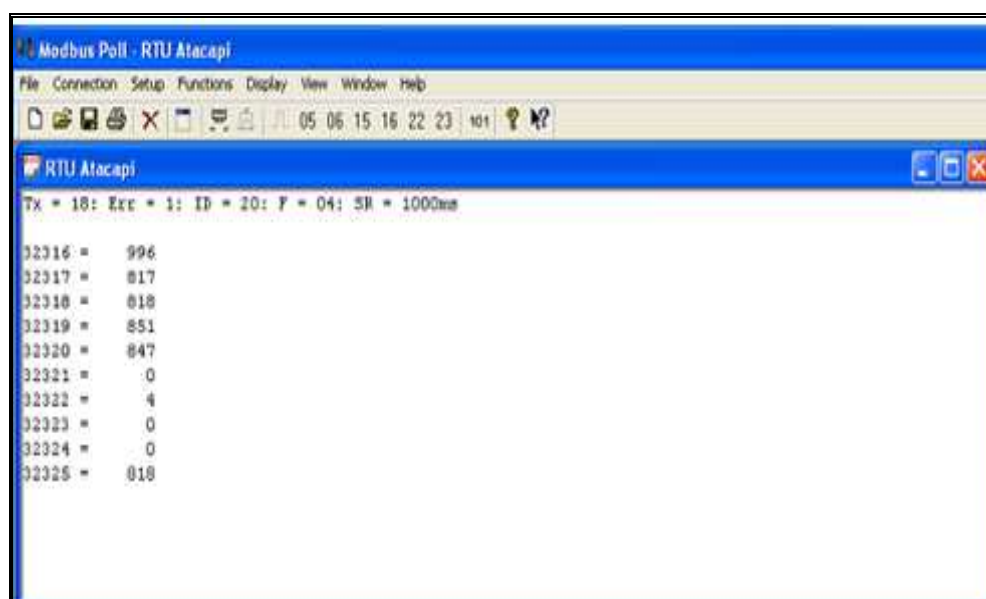


Figura 2.50. Datos obtenidos en el monitoreo del RTU Atacapi

Los datos que se obtienen con el Modbus Poll, son comparados con los que se observan en la estación Atacapi. Se puede constatar que la información es correcta, por lo que se concluye que el enlace Planta de Gas – estación Atacapi funciona correctamente.

2.1.3.2 Enlace Planta de Gas-estación Parahuacu

Para el enlace Planta de Gas - estación Parahuacu se debía proceder de la misma manera, desde el radio MASTER MDS 4710 ubicado en Planta de Gas, para monitorear los datos de la estación de captación Parahuacu; para ello se debía realizar previamente una comunicación inalámbrica desde el cuarto de equipos de la estación Parahuacu hasta la caseta de información donde se halla el radio MDS, esta caseta está ubicada al pie de Torre Parahuacu, donde está ubicada la antena que enlaza Torre Parahuacu con la estación Aguarico. La comunicación inalámbrica ha sido requerida debido a la inexistencia de un medio físico que conecte Torre Parahuacu con la estación Parahuacu, separados aproximadamente 120 metros en línea recta.

2.1.3.2.1 Enlace estación Parahuacu-Torre Parahuacu⁸

Este es un radio enlace en la banda libre de 900 MHz, utilizando para la interconexión el protocolo de comunicación RS-232 con configuración 8N1 (8 bits de datos, sin paridad y 1 bit de parada), realizado por la empresa contratada por EP-Petroecuador para realizar este enlace inalámbrico.

El enlace indicado es punto a punto que conecta el puerto serial RS-232 de la RTU instalada en la estación Parahuacu con el puerto serial RS-232 del radio MDS 4710 instalado al pie de Torre Parahuacu. Este radio es el que se enlaza con la estación Aguarico. Para el establecimiento del enlace utilizando la banda libre de 900 MHz, se desarrolló el respectivo estudio de factibilidad que contempla el análisis de línea de vista, propagación de radio, potencia y ganancia de las antenas para que se garantice el perfecto funcionamiento del enlace.

➤ Cálculo de propagación

El enlace a establecerse tiene una distancia aproximada de 300 metros en línea recta, pero para garantizar la operación se considera una distancia de 1 Km para los cálculos del enlace.

⁸ (Anexo 4). Informe técnico enlace estación Parahuacu (RTU)-Torre Parahuacu (radio MDS).

Los radios seriales considerados para utilizarse en este enlace disponen de 18 dBm de potencia de transmisión, la disponibilidad anual será del 100% y se obtiene además un margen de desvanecimiento de 30 dB, para el enlace de datos se considerará un margen de desvanecimiento de 30 dB o superior.

➤ **Cálculos del radio enlace RTU Parahuacu-Radio Parahuacu**

DESCRIPCION	ESTACIÓN PARAHUACU	TORRE PARAHUACU
Antenna Type	A09	A09
Antenna Gain (dBi)	11	11
Transmission Line Type	LMR 900	LMR 900
Transmission Line Loss (dB/100m)	16,000	16,000
Transmission Line Length (m)	20	20
Transmission Line Loss (dB)	3,20	3,20
Connector Loss (dB)	0,5	0,5
Divider / Combiner Loss (dB)	0	0
Equipment Tolerances (dB)	0,5	0,5
Path Length (Km)		1,00
Frequency (GHz)		0,9
Free Space Attenuation (dB)		91,53
Diffraction Loss (dB)		0
Radio Type	ACCESS POINT	CPE
Transmitter Power (dBm)	18	18
Free Space Receive Signal Level (dBm)	-59,93	-59,93
Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) (dBm)	24,80	24,80
Receive Threshold Criteria (BER)	BER 10 exp-6	BER 10 exp-6
Receiver Threshold Level (dBm)	-90	-90
Thermal Fade Margin (dB)	30,07	30,07
Worst Month Availability (%)	100,000	100,000
Worst Month Outage Time (sec)	0,00	0,00
One Way Annual Availability (%)	100,000	100,000
One Way Annual Outage Time (sec)	0,00	0,00

Cuadro 2.4. Cálculos de radio enlace RTU Parahuacu-Radio Parahuacu

Para la implementación de los equipos para el enlace inalámbrico se realizó una serie de obras complementarias que se detallan a continuación:

- Ubicación de un pequeño mástil de pared que de soporte a la antena a instalarse en la estación de captación de gas Parahuacu.
- Instalación de la antena en la torre de comunicación de la Gerencia de Producción de EP-Petroecuador (Torre Parahuacu).
- Recorrido de cable tipo coaxial para la conexión de las antenas con sus respectivos radios seriales.
- Alineación de las antenas para máxima recepción en el enlace, según lo establecido.

Una vez realizadas las pruebas y basándonos en el informe técnico presentado por la empresa contratada para realizar el enlace inalámbrico en este tramo, se puede realizar la verificación del enlace entre la estación Parahuacu y Planta de Gas.

2.1.3.3 Enlace estación Aguarico-Planta de Gas

Al constatar el funcionamiento del enlace entre la estación Atacapi - Planta de Gas, se puede afirmar que el enlace estación Aguarico - Planta de Gas funciona correctamente, al ser Aguarico un punto medio en la comunicación entre las estaciones Parahuacu y Atacapi con Planta de Gas.

La estación de Aguarico funciona como concentrador de información de Parahuacu y Atacapi y junto con la información que se obtiene de la estación Aguarico se procesa en el ROC de Aguarico y se transmite toda esta información con destino Planta de Gas, pasando por la repetidora ubicada en Torre Shushufindi.

2.2 ENLACE DEL SISTEMA DE RADIO TELÉFONO

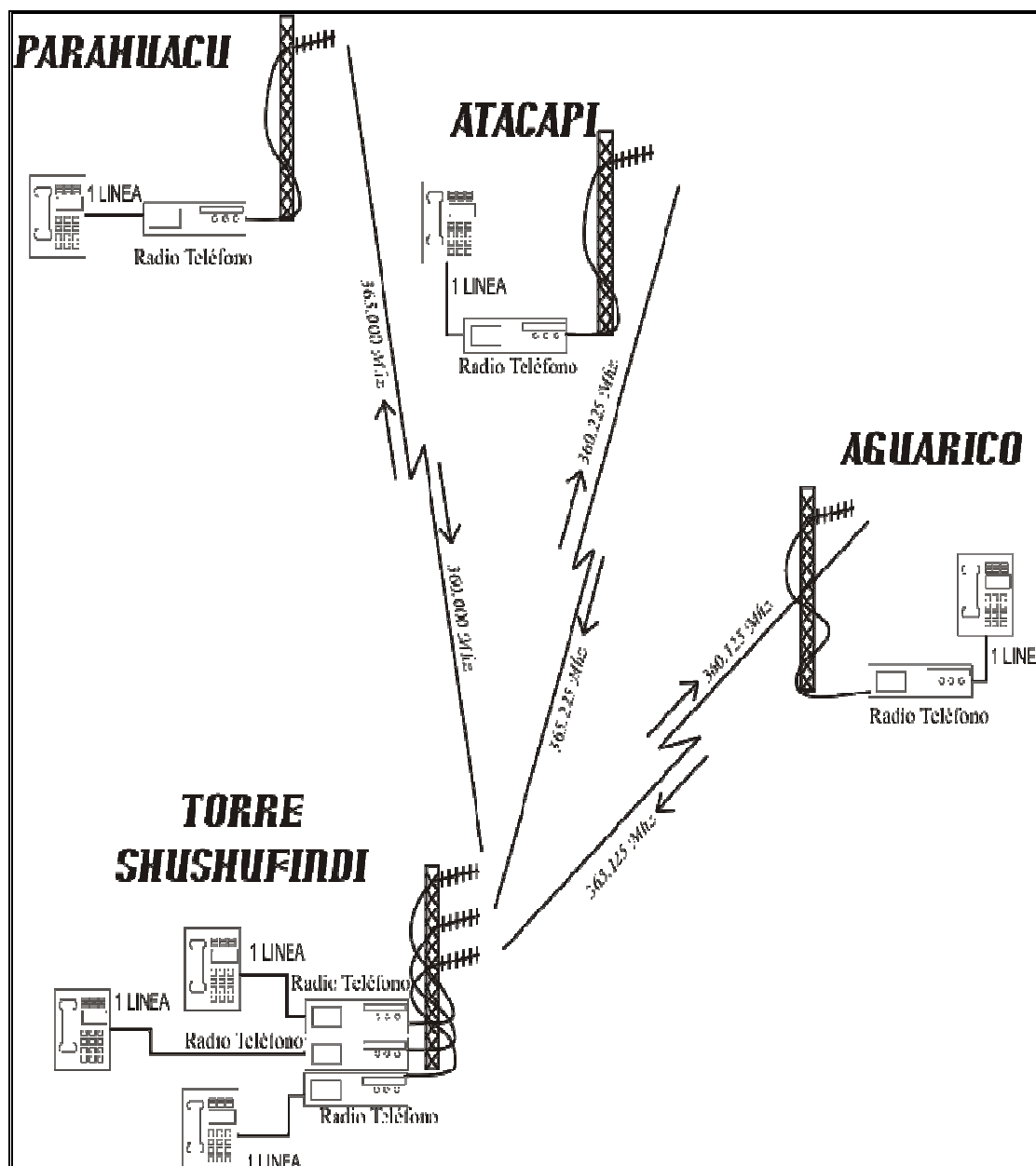


Figura 2.51. Diagrama sistema de comunicación de Radio Teléfono

Para la comunicación del sistema de radio teléfono se encontró la existencia de un solo radio Telemobile 7PTEL ubicado en el cuarto de comunicaciones al pie de Torre Shushufindi, del cual no se puede realizar ninguna prueba, tanto de configuración ni de transmisión de voz, debido a que en las estaciones de captación de gas no se encontró la presencia de este equipo.

Se encontró solamente la existencia de la antena Lambda BY360 con su respectiva conexión hacia los cuartos de comunicaciones en todos los puntos, se verificó visualmente el buen estado de las antenas y se procedió a realizar pruebas de continuidad en cada uno de los cables, comprobando que no existe corto circuito en los mismos hasta la fecha actual.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES OBTENIDAS DEL SISTEMA

En este capítulo se hará la evaluación de los datos obtenidos en las pruebas de funcionamiento actual de los enlaces de los sistemas de comunicación SCADA y de radio teléfono y se determinarán las condiciones de los mismos; además se realizará un análisis de las novedades encontradas.

3.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE RADIO TELÉFONO

EP-Petroecuador, con la necesidad de poseer un sistema de comunicación de voz propio que garantice la privacidad de la información, requiere de un sistema de radio teléfono, el mismo que por el momento se ha encontrado inoperante y en algunos sitios hasta inexistente, por lo cual el análisis de este sistema de comunicación será corto.

Para estar comunicados entre estaciones actualmente se hace uso de radios portátiles multicanal, los cuales mantienen en permanente contacto al personal del Complejo Industrial Shushufindi con las estaciones pertenecientes a la misma, pero estos radios no garantizan la confidencialidad de la transmisión de voz que se realiza entre los operadores de las estaciones.

3.1.1 RADIOS TELEMÓBILE 7PTEL

La existencia de un sistema de radio teléfono fijo monocanal como el Telemobile tiene como único propósito la confidencialidad de las llamadas de voz, convirtiendo a este, en un respaldo de comunicación en caso de una falla del sistema SCADA, para poder monitorear las estaciones de manera remota por voz, al menos hasta recuperar la comunicación principal del SCADA.

Como se ha descrito en capítulos anteriores, el sistema de comunicación de voz no se encuentra operativo, el radio Telemobile adquirido para dicha aplicación entre Torre Shushufindi y las estaciones de captación de gas Aguarico, Atacapi y

Parahuacu no ha sido encontrado en las estaciones Atacapi y Parahuacu, un mal funcionamiento y la caducidad del tiempo útil de los mismos ha hecho que se trate de realizar una reparación en ellos, sin embargo se presume que no se logró remediar su daño por lo que estos equipos nunca regresaron a las estaciones donde pertenecían.

En cuanto a los radios Telemobile ubicados en Torre Shushufindi y en la estación de captación de gas Aguarico si existen pero no hay comunicación por falta de configuración de los equipos, necesitando para ello el software propio de los radios, el cual no lo posee la empresa EP-Petroecuador y debido a que el radio Telemobile está considerado fuera de circulación, es muy difícil encontrar manuales o el software de configuración en alguna página de internet o en distribuidores de radios de comunicaciones.

3.1.2 ANTENAS LAMBDA BY360 PARA COMUNICACIÓN DEL SISTEMA DE RADIO TELÉFONO

La antena Lambda BY360 funciona para frecuencias de 330 a 390 MHz, cuyo rango es el que se necesita para el sistema de comunicación de voz según las frecuencias obtenidas por la empresa EP-Petroecuador. Una vez realizada la inspección visual de las antenas y sus respectivos conectores para el tipo de cable utilizado se puede concluir que el enlace está listo para ser utilizado en caso de colocar los radios Telemobile en sus respectivos lugares con la configuración necesaria en cada uno de ellos.

En este capítulo se realizarán los cálculos necesarios para conocer el estado de los enlaces existentes actualmente para el sistema de comunicación de voz, considerando las frecuencias utilizadas, los obstáculos presentes, coeficientes del suelo y altura de las antenas en este momento, dichos cálculos nos darán una idea del funcionamiento de los enlaces al obtener datos como zonas de fresnel, márgenes de desvanecimiento, porcentajes de confiabilidad del enlace.

3.2 SISTEMA DE COMUNICACIÓN SCADA

EP-Petroecuador, con la necesidad de monitorear la captación de gas en las distintas estaciones pertenecientes al Complejo Industrial Shushufindi y con el deseo de tener una central de información desde la cual se pueda realizar un control de manera remota del proceso de industrialización del petróleo, ha dispuesto la utilización de un sistema de comunicación SCADA en cada una de las estaciones de captación de gas, que mediante el uso de radios MDS 4710 la información necesaria es visible en Planta de Gas situada en el Complejo Industrial Shushufindi.

3.2.1 RADIOS MDS 4710

Para los radios MDS 4710 se encontró la configuración necesaria en cada uno de ellos como se indicó en el capítulo anterior, los parámetros de transmisión y recepción debieron ser considerados basados en la adjudicación de frecuencias obtenidas por parte de la Senatel.

Para el análisis del rango de frecuencia nominal al que trabajan los radio MDS 4710, dependiendo del número de modelo de fábrica, se lo realizará en base a la página 4 del manual MDS 4710, en los archivos extras en el cd del Proyecto de Titilación, como se muestra en la figura 3.1, que contiene información del número de modelo de cada radio.

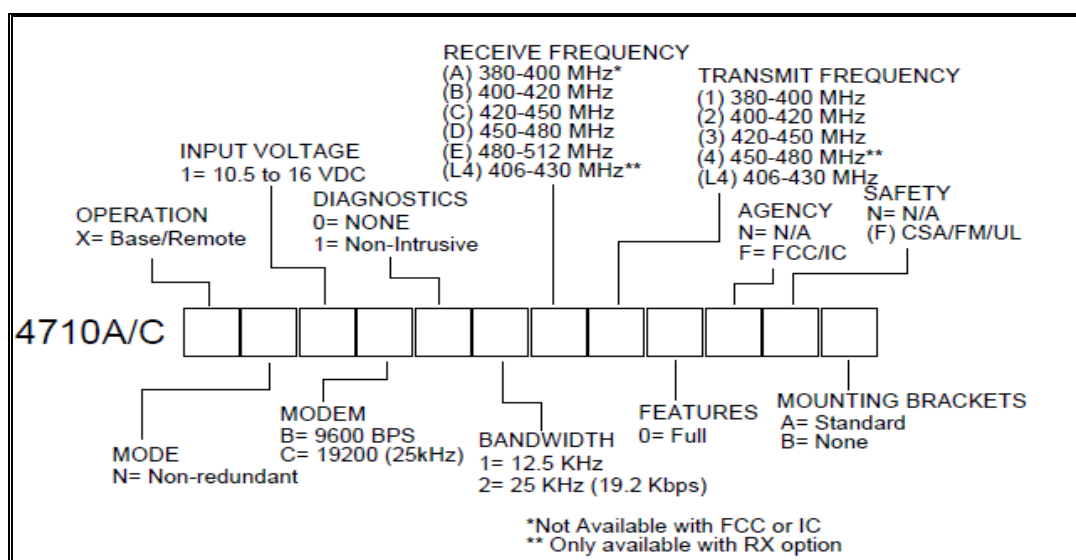


Figura 3.1. Número de modelo del equipo MDS 4710

Para nuestro interés se analizara solamente los espacios de las frecuencias de transmisión y recepción dependiendo del número de modelo de cada radio. El pedido de frecuencias realizada por la empresa para el sistema de comunicación SCADA es alrededor de 430 a 435 MHz por lo que la configuración necesaria en el equipo está en el rango de 420 a 450 MHz, tanto para la transmisión como para la recepción, por lo cual el número de modelo de los radios comprados deberían tener los caracteres 3 y C respectivamente, en los dos espacios que especifican el rango de frecuencias a utilizar en los enlaces de toda la red para la comunicación de datos.

	MODELO	FRECUENCIA DE RECEPCIÓN (MHz)	FRECUENCIA DE TRANSMISIÓN (MHz)
RADIO PLANTA DE GAS	4710AXN1B11D30FFA	450-480	420-450
RADIO TORRE SHUSHUFINDI (PLANTA DE GAS)	4710AXN1B11D30FFA	450-480	420-450
RADIO TORRE SHUSHUFINDI (AGUARICO)	4710AXN1B01C20NNA	420-450	400-420
RADIO AGUARICO (TORRE SHUSHUFINDI)	4710AXN1B01C20NNA	420-450	400-420
RADIO AGUARICO (PARAHUACU Y ATACAPI)	4710AXN1B01C20NNB	420-450	400-420
RADIO PARAHUACU	4710AXN1B01C20NNA	420-450	400-420
RADIO ATACAPI	4710AXN1B11C20NNA	420-450	400-420

Cuadro 3.1. Frecuencias de Tx y Rx dependiendo del modelo de radio

Por lo que en primera instancia se puede indicar que los radios adquiridos presentan incompatibilidad de la frecuencia en la que deberían funcionar con la frecuencia adquirida para que funcione el enlace. Debido a esta inconsistencia en la frecuencia de funcionamiento de los radios se ha hecho la solicitud por parte de EP-Petroecuador a la Senatel para que confiera la autorización necesaria para cambiar la frecuencia del enlace Planta de Gas – Torre Shushufindi de 430.700 MHz en transmisión y 435.700 MHz en recepción a las frecuencias de 450.700 MHz en transmisión y 455.700 MHz en recepción para operar en las frecuencias

de funcionamiento de los equipos involucrados en este tramo del enlace que es de corta distancia.

Se indica que ninguna de las frecuencias de transmisión configuradas de fábrica en todos los radios pertenecientes a la empresa coincide con la frecuencia de operación en la que deberían estar funcionando. En cuanto a las frecuencias de recepción la configuración de los equipos viene dada precisamente a la frecuencia operacional del enlace por lo que en este caso no se tiene ningún inconveniente en el uso de los radios.

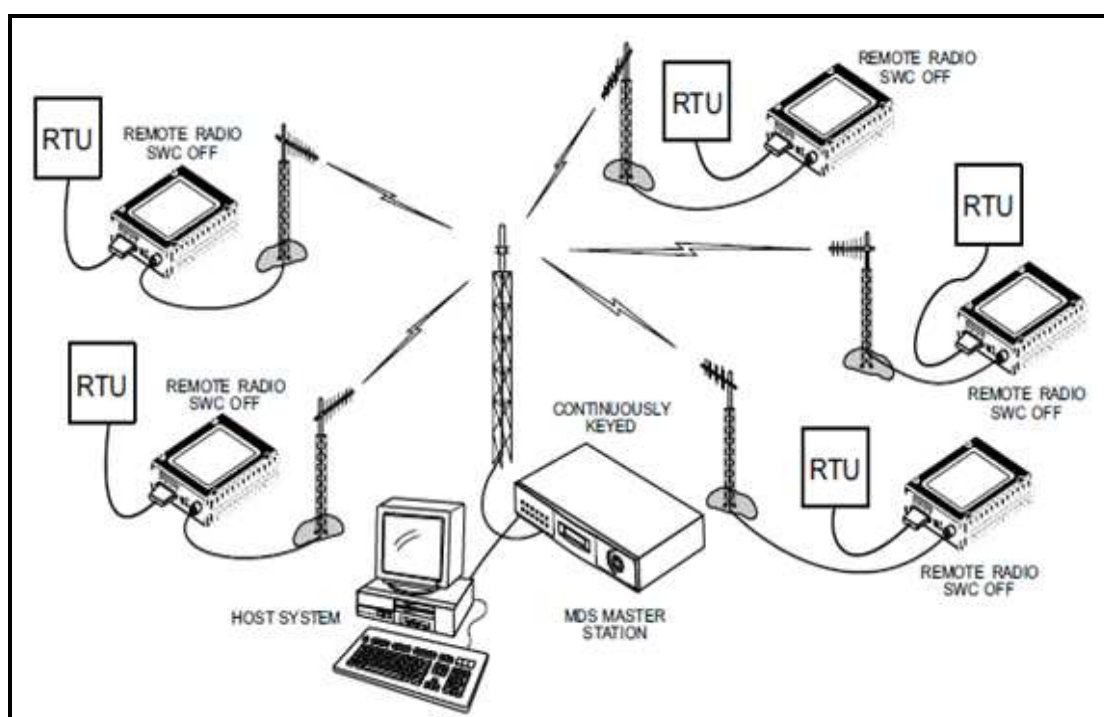


Figura 3.2. Típico enlace Punto - Multipunto

Debido a que el enlace es Half Duplex, la comunicación existe en las dos vías, transmisión y recepción, pero no al mismo tiempo, por este motivo en la configuración de alguno de los radios fue necesario colocar en los parámetros de transmisión y recepción la misma frecuencia, la más crítica (la más alta), sin tener ningún problema al momento de enviar o recibir los datos necesarios para confirmar la existencia de comunicación.

Conforme dice el manual del radio MDS 4710, estos se pueden utilizar en un sistema punto multipunto o Multiple Address Systems (MAS) acorde la página 2 del manual MDS en los archivos extras en el cd del Proyecto de Titulación

presente, siempre y cuando se haga uso de una estación o radio master central como se detalla en la figura 3.2.

Este radio master debería existir en la estación de captación Aguarico, debido a que este lugar esta enlazado con dos lugares, la estación de captación Parahuacu y la estación de captación Atacapi, lo que hace que este tramo de la red sea un sistema punto – multipunto, por lo que para operar de una manera satisfactoria para la transferencia de datos, se debería cambiar el radio existente en Aguarico por otro MDS Master.

Para la comunicación entre el RTU de la estación de captación de gas Parahuacu con el radio MDS 4710 ubicado al pie de Torre Parahuacu se realizó un enlace inalámbrico utilizando la banda libre de 900 MHz por lo que a pesar de ser un enlace punto a punto no deja de ser inseguro al momento de que usuarios ilegítimos deseen interferir los datos que son de interés únicamente de la Gerencia de Refinación de EP-Petroecuador.

Una red cableada resulta muy difícil de ser interferida por lo que la recomendación en este tipo de enlace sería un cable coaxial de poca atenuación como el cable Andrew de 1 ¼ “, que debería ir bajo tierra, por la tubería existente para este mismo fin, o en su defecto realizar una conexión con tendido aéreo del cable, siendo esta opción poco probable por las características del terreno, del peso del cable y de los trabajos que se realizan en el lugar.

Tomando en cuenta que existía una conexión física de cable en este lugar y que por la necesidad de realizar trabajos pertenecientes a la Gerencia de Producción de EP-Petroecuador, por error se hizo un corte en el cable, lo cual dejó sin conexión al radio con el RTU de la estación Parahuacu, por lo que el requerimiento de un red inalámbrica resulta ser la mejor opción para solucionar la falta de conexión en este tramo del enlace.

Las recomendaciones para asegurar un tipo de red que opera en una banda ISM que son bandas libres se enumeran a continuación:

- Cambiar la contraseña que en todo equipo viene por defecto.
- Se debe colocar necesariamente protocolos de encriptación WEP, WPA Y WPA2 utilizados actualmente para proteger la información que esta en el aire, estos protocolos son propios de equipos inalámbricos. Además cambiar las contraseñas constantemente.
- Cambiar el SSID por defecto, de manera de llamar menos la atención del usuario ilegal o intruso de la red.
- Desactivar el broadcasting SSID, al desactivar se requiere introducir manualmente el SSID en la configuración cuando exista un nuevo usuario que quiera pertenecer a la red.
- Activar el filtrado de direcciones MAC de los dispositivos que actualmente se tenga en funcionamiento, así solo los dispositivos que coincidan con la direcciones MAC permitidas podrán conectarse a nuestra red.
- Establecer un número máximo de dispositivos que pueden conectarse a nuestra red.
- Desactivar DHCP en la configuración de los equipos Wi-Fi, una vez desactivado el DHCP se tiene que introducir manualmente las direcciones IP, puerta de enlace, máscara de subred, DNS primario y secundario.

De nada serviría poseer una red privada de datos pagando por la asignación de frecuencias si en un punto de la red se utilizan bandas libres que pueden provocar que algún intruso quiera perjudicar de alguna manera los intereses de la empresa en el proceso de industrializar el petróleo.

3.2.2 ANTENA DB438-B Y ANTENA DB413 PARA COMUNICACIÓN DEL SISTEMA SCADA

Para las frecuencias otorgadas por parte de la Senatel para los enlaces utilizados en la red del Complejo Industrial Shushufindi se ha hecho uso de dos tipos de antenas con distintas características y frecuencias de operación, la DB438-B tipo direccional y la DB413 tipo omnidireccional.

Para el tramo del enlace de Planta de Gas – Torre Shushufindi, en caso de ser alteradas las frecuencias de funcionamiento a otras alrededor de 455 MHz, debido a que los radios que intervienen en esta parte del enlace tienen frecuencias de operación más altas, la antena DB438-B ya no estaría acorde con el rango de frecuencias a utilizar, por lo que se debería cambiar las antenas en este pequeño intervalo del enlace, en caso de querer usar antenas de la misma marca y características la DB438-C sería la ideal para operar en este enlace, o cualquier otra que cumpla con parámetros similares.

En tanto que la antena DB413 posee cuatro tipos de modelos que pertenecen a determinados rangos de frecuencias: A = 406 - 420 MHz; B = 450 - 470 MHz; C = 470 - 488 MHz; D = 488 - 512 MHz.

La antena DB413 está ubicada en la estación de captación de gas Aguarico que se enlaza con las estaciones de captación de gas Parahuacu y Atacapi conjuntamente, por lo que para las frecuencias utilizadas en estos dos enlaces no coincide con la frecuencia de ninguno de los modelos existentes de la antena DB413, siendo necesario el cambio de la misma.

En este capítulo se realizarán los cálculos necesarios para conocer el estado de los enlaces existentes actualmente para el sistema de comunicación SCADA, considerando las frecuencias utilizadas, los obstáculos presentes, coeficientes del suelo y altura de las antenas en este momento, dichos cálculos nos darán una idea del funcionamiento de los enlaces al obtener datos como zonas de fresnel, márgenes de desvanecimiento, porcentajes de confiabilidad del enlace.

3.3 UBICACIÓN DE LAS ANTENAS DE COMUNICACIÓN PARA LOS SISTEMAS DE RADIO TELÉFONO Y SCADA

Para analizar el estado actual de la comunicación existente entre cada uno de los enlaces y para cada uno de los sistemas de comunicación nos basamos en los gráficos de perfil topográfico obtenidos del programa Radio Mobile, del cual se adquiere la altura y la distancia del obstáculo más alto que obstruye entre los dos puntos del enlace.

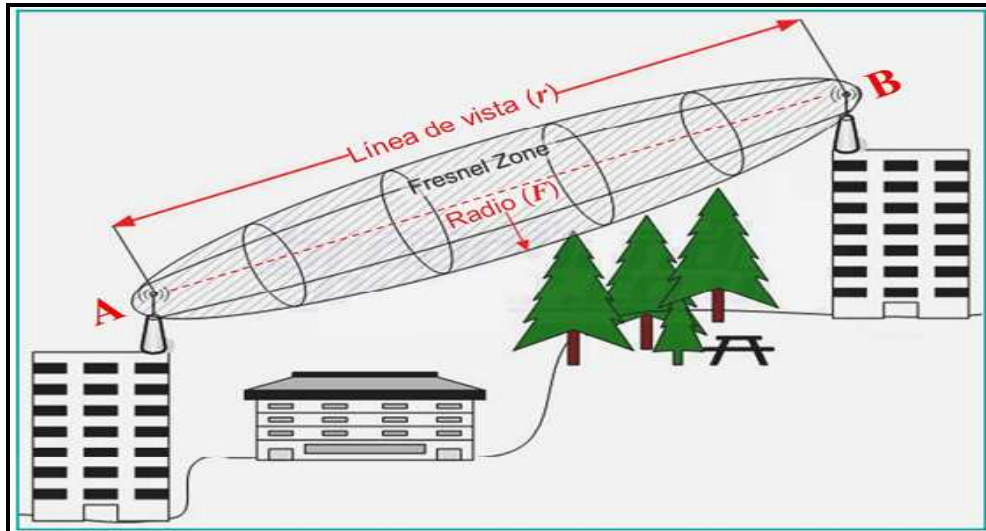


Figura 3.3. Esquema de un enlace de microonda

Se llama zona de fresnel al volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética y un receptor, de modo que el trayecto por el perfil de la zona sea diferente al directo en $\lambda/2$.

Para la primera zona de Fresnel se debe tomar en consideración el despeje existente, además debe existir visibilidad directa entre transmisor y receptor. En el trayecto, se deben evitar obstáculos como montañas, también se debe evitar la difracción causada por la obstrucción parcial de cualquier objeto fijo.

La difracción causa que aparezca una segunda onda en el receptor, y las dos ondas, dependiendo de sus fases relativas, podrían cancelarse entre sí hasta cierto grado, produciendo el desvanecimiento de la onda. Los efectos de la difracción se reducen si el trayecto directo de la onda evita obstáculos por lo menos en un 60% del radio (F1) de la primera zona de Fresnel.

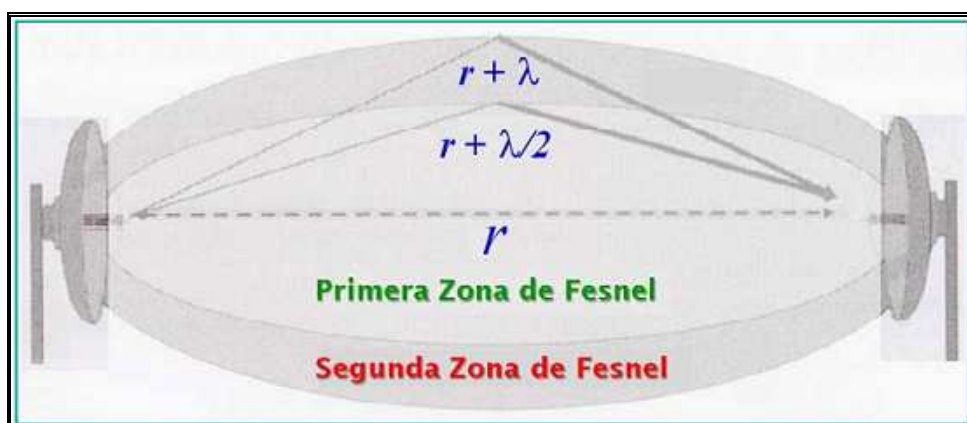


Figura 3.4. Gráfica de la primera y segunda zona de Fresnel

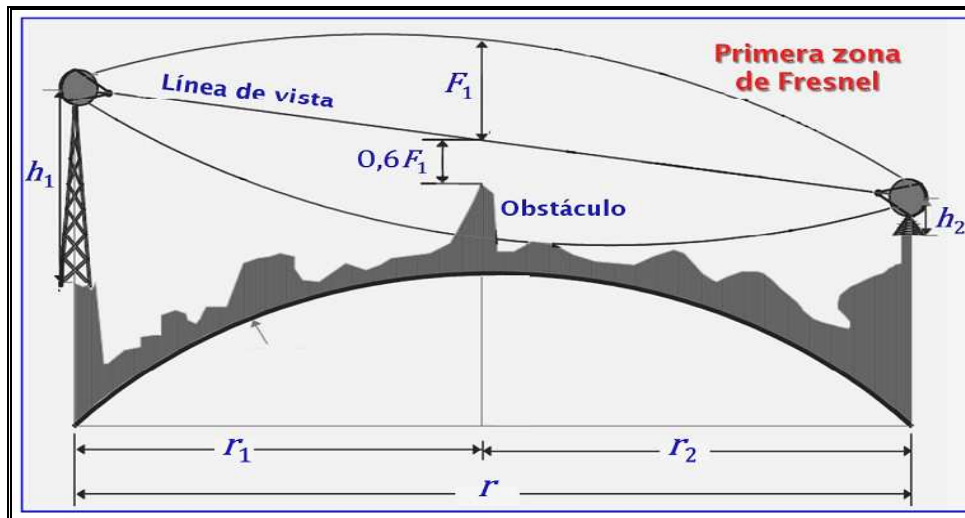


Figura 3.5. Línea de vista en un enlace de microonda

Para realizar el análisis de la ubicación de las antenas se emplearán ecuaciones⁹ que servirán para cada enlace punto a punto, para ejemplo de cálculo se va a tomar el enlace entre Planta de Gas - Torre Shushufindi, la altura del obstáculo más alto, la altura sobre el nivel del mar (s.n.m) en cada punto y de las antenas ubicadas en los mismos; se obtiene del perfil topográfico estimado por Radio Mobile conforme se muestra en cada figura de los enlaces, usando la ubicación actual de las antenas. Para este y los demás enlaces las ecuaciones utilizadas serán las mismas, se indicará algún cambio en caso de existir variación en algún parámetro.

3.3.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN SCADA

Para el caso del CIS, el sistema de comunicación SCADA sirve para la obtención de los parámetros en el proceso de captación de gas de las estaciones y el envío hasta Planta de Gas, donde se realiza el almacenamiento del gas para ser industrializado.

⁹ De la ecuación 3.1 a la ecuación 3.8 tomadas de:
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1095/6/T10905CAP4.pdf>

3.3.1.1 Enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi

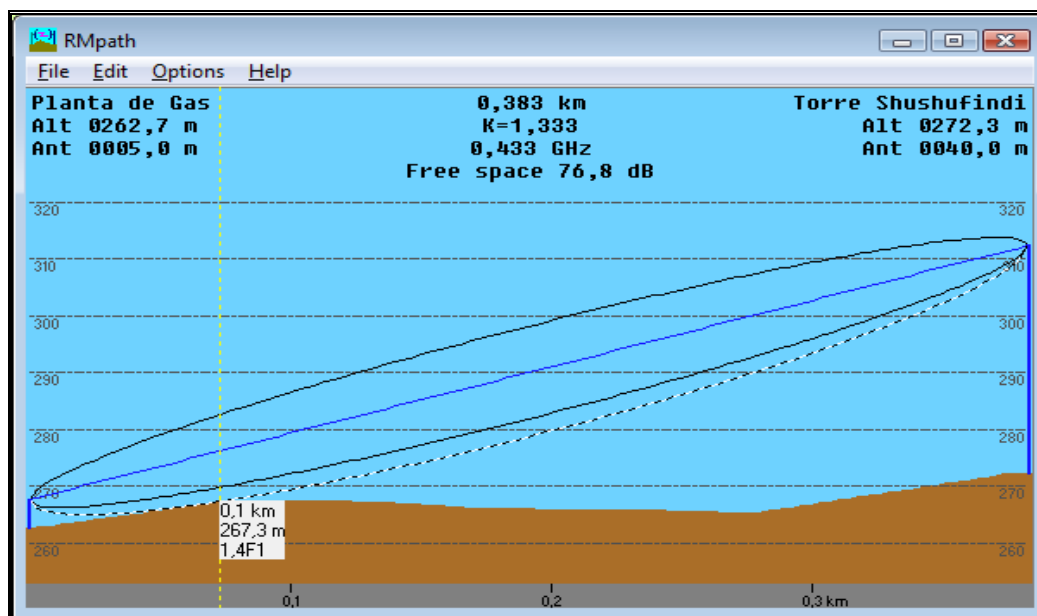


Figura 3.6. Enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi

➤ Cálculo de Margen de Despeje

$$h(d) = h_1 + \frac{d_1}{d_1 + d_2} (h_2 - h_1) - \left(h(c) + \frac{d_1 * d_2}{2 * k * R_o} \right) \quad [m]$$

Ec. 3.1. Cálculo de Margen de Despeje⁹

Donde:

$h(d)$ Margen de despeje en metros.

h_1 Altura s.n.m. de la ubicación de la antena más baja en el enlace en metros.

h_2 Altura s.n.m. de la ubicación de la antena más alta en el enlace en metros.

d_1 Distancia desde la posición de la antena más baja del enlace hasta el punto del accidente más alto que obstruye el enlace en metros.

d_2 Distancia desde la posición de la antena más alta del enlace hasta el punto del accidente más alto que obstruye el enlace en metros.

$h(c)$ Altura cumbre u obstáculo localizado entre las estaciones a enlazar.

k Constante adimensional de la curvatura de la tierra (igual a 4/3).

R_o Radio de la tierra 6370 [Km].

Para el desarrollo de los cálculos en este enlace se toma como dato h_1 a la altura más baja, que corresponde al extremo en Planta de Gas, cuyo valor es de 262.7 [m] sobre el nivel del mar (s.n.m), a la que se le suma la altura en la que se encuentra actualmente la antena que es de 5 [m].

Se toma como dato h_2 a la altura más alta que corresponde al extremo ubicado en Torre Shushufindi que se encuentra situada a 272.3 (s.n.m) y se le suma la altura en la que se halla actualmente la antena que es de 40 [m].

$$h_2 = 272.3 + 40 = 312.3[\text{m}]$$

$$h_1 = 262.7 + 5 = 267.7[\text{m}]$$

$$h(c) = 267.3[\text{m}]$$

$$d_1 = 100 [\text{m}]$$

$$d_2 = 283 [\text{m}]$$

$$h(d) = 267.7 + \frac{100}{100 + 283} (312.3 - 267.7) - \left(267.3 + \frac{100 * 283}{2 * \frac{4}{3} * 6370000} \right)$$

$$h(d) = 267.7 + 11.645 - (267.3 + 0.0016)$$

$$h(d) = 12.043 [\text{m}]$$

➤ Cálculo de la Zona de Fresnel

$$R_n = \sqrt{\frac{n * \lambda * d_1 * d_2}{(d_1 + d_2)}}$$

Ec. 3.2. Cálculo de la Zona de Fresnel⁹

Donde:

n Zona de fresnel que se desea calcular. (1ra zona $n=1$).

λ Longitud de onda = $\frac{300}{f}$; f en MHz.

R_n Radio de la zona de Fresnel en [m].

$$R_1 = \sqrt{\frac{1 * 300 * 100 * 283}{433(100 + 283)}} \quad (\text{para la 1ra zona de fresnel})$$

$$R_1 = \sqrt{51.1942}$$

$$R_1 = 7.155 \text{ [m]}$$

➤ **Cálculo de Margen de Seguridad**

$$\text{MS\%} = \left(1 + \frac{h(d) - R_1}{R_1} \right) * 100$$

Ec. 3.3. Cálculo de Margen de Seguridad⁹

Donde:

MS% Margen de seguridad porcentual (se deseará obtener al menos un 60%).

$h(d)$ Despeje en [m].

R_1 Radio de la primera zona de Fresnel en [m].

$$\text{MS\%} = \left(1 + \frac{12.043 - 7.155}{7.155} \right) * 100$$

$$\text{MS\%} = (1 + 0.683) * 100$$

$$\text{MS\%} = 168.3$$

➤ **Cálculo de Pérdida de Trayectoria por Espacio Libre**

$$A_{PEL} = 92.4 + 20\log(f) + 20\log(d) \quad [\text{dB}]$$

Ec. 3.4. Cálculo de Pérdida de Trayectoria por Espacio Libre⁹

Donde:

A_{PEL} Atenuación del espacio libre entre antenas en [dB].

f Frecuencia del enlace en [GHz].

d Distancia entre antenas en [Km].

$$A_{PEL} = 92.4 + 20\log(0.433) + 20\log(0.383)$$

$$A_{PEL} = 76.79 \text{ [dB]}$$

➤ **Cálculo de Potencia Nominal de Recepción**

$$P_{RX} = P_{TX} - A_{BTX} + G_{TX} - A_{PEL} + G_{RX} - A_{BRX} \quad [\text{dBm}]$$

Ec. 3.5. Cálculo de Potencia Nominal de Recepción⁹

Donde:

P_{RX} Potencia nominal de recepción en [dBm].

P_{TX} Potencia de transmisión en [dBm]. Para el enlace Planta de Gas – Torre Shushufindi se utiliza una potencia de 125 mW (20.97 dBm).

A_{BTX} Pérdidas de branching en el transmisor, valores alrededor de 3 [dB].

G_{TX} Ganancia de la antena de transmisión en [dB].

A_{PEL} Pérdidas en el espacio libre en [dB].

G_{RX} Ganancia de la antena de recepción en [dB].

A_{BRX} Pérdidas de branching en el receptor, valores alrededor de 3 [dB].

$$P_{RX} = 20.97 - 3 + 12.15 - 76.79 + 12.15 - 3 \quad [\text{dBm}]$$

$$P_{RX} = -37.52 \quad [\text{dBm}]$$

➤ **Cálculo de Margen de Umbral**

$$MU = P_{RX} - U_{RX}$$

Ec. 3.6. Cálculo de Margen de Umbral⁹

Donde:

MU Margen respecto al umbral de recepción, en [dB].

P_{RX} Potencia de recepción en [dBm].

U_{RX} Umbral de Potencia, en [dBm] (-108 para el sistema de comunicación SCADA y -107 para el sistema de Radio Teléfono).

$$MU = -37.52 - (-108)$$

$$MU = 70.48 \quad [\text{dB}]$$

➤ **Cálculo de Confiabilidad**

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

Ec. 3.7. Cálculo de Confiabilidad⁹

$$P = 6 * 10^{-7} * C * f * d^3 * 10^{-\frac{MU}{10}}$$

Ec. 3.8. Cálculo de Confiabilidad⁹

Donde:

R Confiabilidad del sistema.

P Porcentaje de indisponibilidad del sistema.

f Frecuencia de la portadora en [GHz].

d Longitud del trayecto en [Km].

MU Margen de umbral.

C Factor dependiente del terreno.

Factor	Valor	Condiciones
C	4	Terreno liso incluyendo agua. (Condiciones difíciles de propagación).
	1	Terreno y clima promedio. (Condiciones promedio de propagación).
	¼	Terreno montañoso/clima seco. (Buenas condiciones de propagación).

Cuadro 3.2. Factor dependiente del terreno para calcular confiabilidad

$$P = 6 * 10^{-7} * 1 * 0.433 * 0.383^3 * 10^{-\frac{70.48}{10}}$$

$$P = 1.30688 * 10^{-15}$$

$$R\% = (1 - 1.30688 * 10^{-15}) * 100$$

$$R\% = 99.99$$

3.3.1.1.1 Resultados obtenidos del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi

Radio de la 1ra zona de Fresnel	R_1	7.155 [m]
Margen de despeje en metros.	$h(d)$	12.043 [m]
Margen de seguridad porcentual.	MS	168.3 [%]
Pérdida por espacio libre.	A_{PEL}	76.79 [dB]
Potencia nominal de recepción.	P_{RX}	-37.52 [dBm]
Margen de Umbral.	MU	70.48 [dB]
Confiabilidad.	R	99.99[%]

Cuadro 3.3. Resultados del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi

El margen de seguridad porcentual alcanza un 168.3% que cumple con nuestro propósito de al menos alcanzar un 60%. La confiabilidad del enlace es muy buena.

3.3.1.2 Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

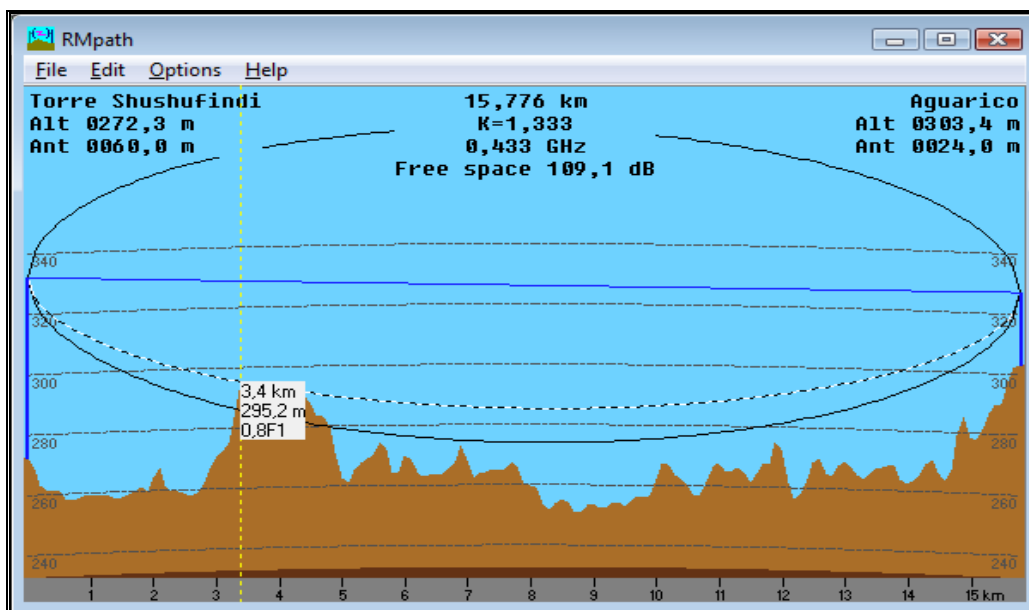


Figura 3.7. Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

Para el desarrollo de los cálculos en este enlace se toma como dato h_1 a la altura más baja, que corresponde al extremo en la estación de Aguarico, cuyo valor es de 303.4 [m] sobre el nivel del mar (s.n.m), a la que se le suma la altura en la que se encuentra actualmente la antena que es de 24 [m].

Se toma como dato h_2 a la altura más alta que corresponde al extremo ubicado en Torre Shushufindi que se encuentra situada a 272.3 (s.n.m) y se le suma la altura en la que se halla actualmente la antena que es de 60 [m].

$$h_2 = 272.3 + 60 = 332.3[\text{m}]$$

$$h_1 = 303.4 + 24 = 327.4[\text{m}]$$

$$h(c) = 295.2[\text{m}]$$

$$d_1 = 12376[\text{m}]$$

$$d_2 = 3400[\text{m}]$$

P_{TX} Potencia de transmisión en [dBm]. Para el enlace Torre Shushufindi – estación Aguarico se utiliza una potencia de 1000 mW (30 dBm).

3.3.1.2.1 Resultados obtenidos del enlace Torre Shushufindi- estación Aguarico

Margen de despeje en metros.	$h(d)$	33.566 [m]
Radio de la 1ra zona de Fresnel	R_1	42.988 [m]
Margen de seguridad porcentual.	MS	78.08 [%]
Pérdida por espacio libre.	A_{PEL}	109.089 [dB]
Potencia nominal de recepción.	P_{RX}	-60.789 [dBm]
Margen de Umbral.	MU	47.211 [dB]
Confiabilidad.	R	99.99 [%]

Cuadro 3.4. Resultados del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

El margen de seguridad porcentual alcanza un 78.08% que cumple con nuestro propósito de al menos alcanzar un 60%. La confiabilidad del enlace es muy buena.

3.3.1.3 Enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu

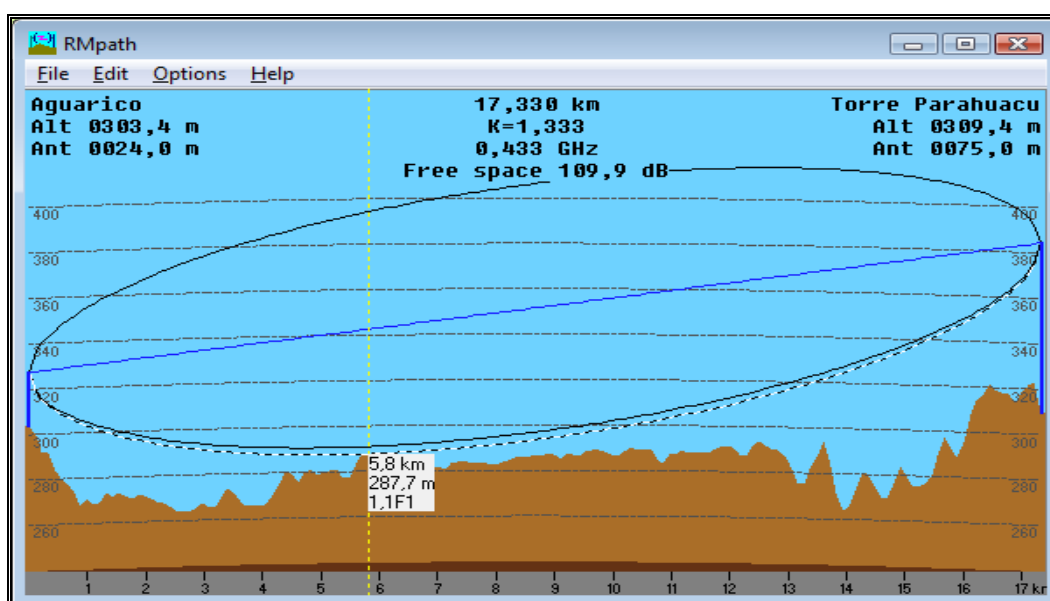


Figura 3.8. Enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu

Para el desarrollo de los cálculos en este enlace se toma como dato h_1 a la altura más baja, que corresponde al extremo en la estación de Aguarico, cuyo valor es de 303.4 [m] sobre el nivel del mar (s.n.m), a la que se le suma la altura en la que se encuentra actualmente la antena que es de 24 [m].

Se toma como dato h_2 a la altura más alta que corresponde al extremo ubicado en Torre Parahuacu que se encuentra situada a 309.4 [m] (s.n.m) y se le suma la altura en la que se halla actualmente la antena que es de 75 [m].

$$h_2 = 309.4 + 75 = 384.4[\text{m}]$$

$$h_1 = 303.4 + 24 = 327.4[\text{m}]$$

$$h(c) = 287.7[\text{m}]$$

$$d_1 = 5800 [\text{m}]$$

$$d_2 = 11530[\text{m}]$$

P_{TX} Potencia de transmisión en [dBm]. Para el enlace estación Aguarico – Torre Parahuacu se utiliza una potencia de 1000 mW (30 dBm).

3.3.1.3.1 Resultados obtenidos del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu

Margen de despeje en metros.	$h(d)$	54.8397 [m]
Radio de la 1ra zona de Fresnel	R_1	51.7066 [m]
Margen de seguridad porcentual.	MS	106.0593 [%]
Pérdida por espacio libre.	A_{PEL}	109.9057 [dB]
Potencia nominal de recepción.	P_{RX}	-61.6057 [dBm]
Margen de Umbral.	MU	46.3943 [dB]
Confiabilidad.	R	99.99 [%]

Cuadro 3.5. Resultados del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu

El margen de seguridad porcentual alcanza un 106.0593% que cumple con nuestro propósito de al menos alcanzar un 60%. La confiabilidad del enlace es muy buena.

3.3.1.4 Enlace estación Aguarico-estación Atacapi

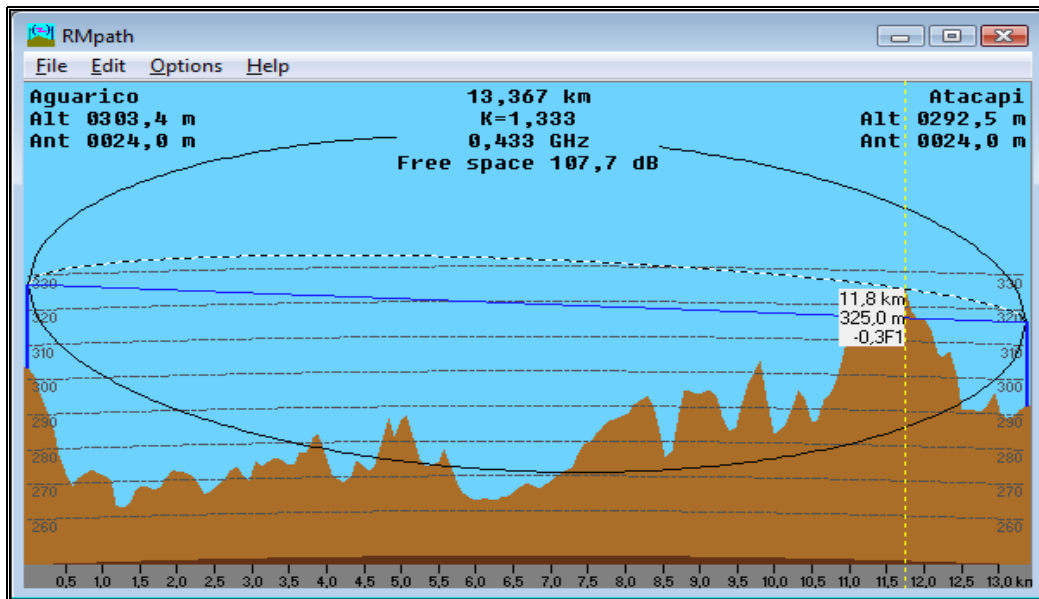


Figura 3.9. Enlace estación Aguarico-estación Atacapi

Para el desarrollo de los cálculos en este enlace se toma como dato h_1 a la altura más baja, que corresponde al extremo en la estación Atacapi, cuyo valor es de 292.5 [m] sobre el nivel del mar (s.n.m), a la que se le suma la altura en la que se encuentra actualmente la antena que es de 24 [m].

Se toma como dato h_2 a la altura más alta que corresponde al extremo ubicado en la estación Aguarico que se encuentra situada a 303.4 [m] (s.n.m) y se le suma la altura en la que se halla actualmente la antena que es de 24 [m].

$$h_2 = 303.4 + 24 = 327.4[\text{m}]$$

$$h_1 = 292.5 + 24 = 316.5[\text{m}]$$

$$h(c) = 325[\text{m}]$$

$$d_1 = 1567[\text{m}]$$

$$d_2 = 11800[\text{m}]$$

P_{TX} Potencia de transmisión en [dBm]. Para el enlace estación Aguarico – estación Atacapi se utiliza una potencia de 1000 mW (30 dBm).

3.3.1.4.1 Resultados obtenidos del enlace estación Aguarico-estación Atacapi

Margen de despeje en metros.	$h(d)$	-8.31 [m]
Radio de la 1ra zona de Fresnel	R_1	30.958 [m]
Margen de seguridad porcentual.	MS	-26.84 [%]
Pérdida por espacio libre.	A_{PEL}	107.65 [dB]
Potencia nominal de recepción.	P_{RX}	-59.35 [dBm]
Margen de Umbral.	MU	48.65 [dB]
Confiabilidad.	R	99.99 [%]

Cuadro 3.6. Resultados del enlace estación Aguarico-estación Atacapi

El margen de seguridad porcentual es negativo de -26.84%, lo que quiere decir que no existe línea de vista, por lo que en este enlace se debería levantar una torre más alta en la estación de Atacapi, o se podría poner un repetidor pasivo, las opciones serán propuestas en el capítulo 4 donde se realiza el rediseño de la red. La confiabilidad es muy buena.

3.3.2 SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE RADIO TELÉFONO

Para el caso del CIS, poseer un sistema de comunicación de radio teléfono será importante en el caso que la información del SCADA por algún motivo falle en su funcionamiento, así el teléfono será necesario para mantener en contacto a los operadores de las estaciones y operadores de la central en Planta de Gas para advertir cualquier novedad existente en el proceso de captación de gas.

3.3.2.1 Enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu

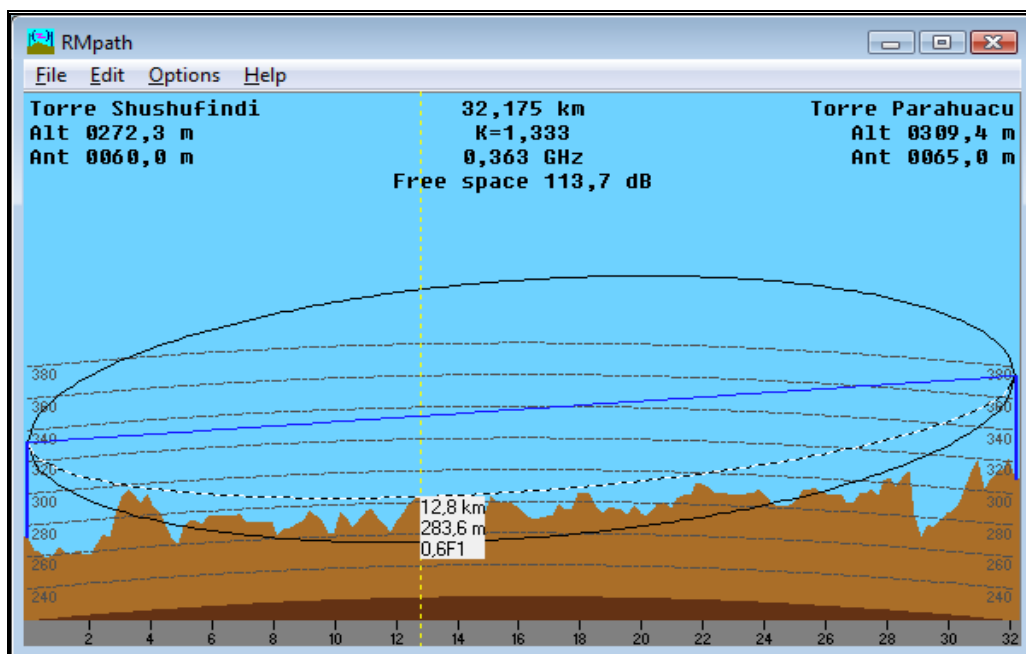


Figura 3.10. Enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu

Para el desarrollo de los cálculos en este enlace se toma como dato h_1 a la altura más baja, que corresponde al extremo en Torre Shushufindi, cuyo valor es de 272.3 [m] sobre el nivel del mar (s.n.m), a la que se le suma la altura en la que se encuentra actualmente la antena que es de 60 [m].

Se toma como dato h_2 a la altura más alta que corresponde al extremo ubicado en Torre Parahuacu, que se encuentra situada a 309.4 [m] (s.n.m) y se le suma la altura en la que se halla actualmente la antena que es de 65 [m].

$$h_2 = 309.4 + 65 = 374.4[\text{m}]$$

$$h_1 = 272.3 + 60 = 332.3[\text{m}]$$

$$h(c) = 283.6[\text{m}]$$

$$d_1 = 12800 [\text{m}]$$

$$d_2 = 19375[\text{m}]$$

P_{TX} Potencia de transmisión en [dBm]. Para el enlace Torre Shushufindi – Torre Parahuacu se utiliza una potencia de 1000 mW (30 dBm).

3.3.2.1.1 Resultados obtenidos del enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu

Margen de despeje en metros.	$h(d)$	50.8487 [m]
Radio de la 1ra zona de Fresnel	R_1	73.0774 [m]
Margen de seguridad porcentual.	MS	69.5819 [%]
Pérdida por espacio libre.	A_{PEL}	113.7485 [dB]
Potencia nominal de recepción.	P_{RX}	-65.4485 [dBm]
Margen de Umbral.	MU	41.5515 [dB]
Confiabilidad.	R	99.99 [%]

Cuadro 3.7. Resultados del enlace Torre Shushufindi-Torre Parahuacu

El margen de seguridad porcentual alcanza un 69.5819% que cumple con nuestro propósito de al menos alcanzar un 60%. La confiabilidad del enlace es muy buena.

3.3.2.2 Enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi

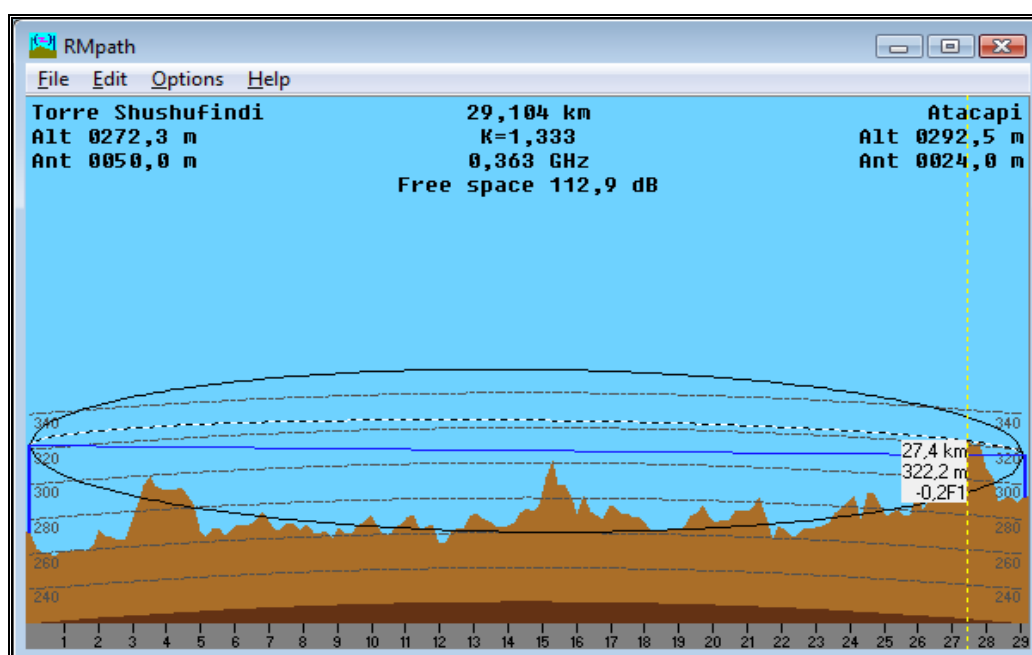


Figura 3.11. Enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi

Para el desarrollo de los cálculos en este enlace se toma como dato h_1 a la altura más baja, que corresponde al extremo en la estación Atacapi, cuyo valor es de 292.5 [m] sobre el nivel del mar (s.n.m), a la que se le suma la altura en la que se encuentra actualmente la antena que es de 24 [m].

Se toma como dato h_2 a la altura más alta que corresponde al extremo ubicado en Torre Shushufindi, que se encuentra situada a 272.3 [m] (s.n.m) y se le suma la altura en la que se halla actualmente la antena que es de 50 [m].

$$h_2 = 272.3 + 50 = 322.3[\text{m}]$$

$$h_1 = 292.5 + 24 = 316.5[\text{m}]$$

$$h(c) = 322.2[\text{m}]$$

$$d_1 = 1704 [\text{m}]$$

$$d_2 = 27400 [\text{m}]$$

P_{TX} Potencia de transmisión en [dBm]. Para el enlace Torre Shushufindi – estación Atacapi se utiliza una potencia de 1000 mW (30 dBm).

3.3.2.2.1 Resultados obtenidos del enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi

Margen de despeje en metros.	$h(d)$	-8.109 [m]
Radio de la 1ra zona de Fresnel	R_1	36.4117 [m]
Margen de seguridad porcentual.	MS	-22.2703 [%]
Pérdida por espacio libre.	A_{PEL}	112.8771 [dB]
Potencia nominal de recepción.	P_{RX}	-64.5771 [dBm]
Margen de Umbral.	MU	42.4229 [dB]
Confiabilidad.	R	99.99 [%]

Cuadro 3.8. Resultados del enlace Torre Shushufindi-estación Atacapi

El margen de seguridad porcentual es negativo de -22.2703%, lo que quiere decir que no existe línea de vista, por lo que en este enlace se debería levantar una torre más alta en la estación de Atacapi, o se podría poner un repetidor pasivo, las opciones serán propuestas en el capítulo 4 donde se realiza el rediseño de la red. La confiabilidad es muy buena.

3.3.2.3 Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

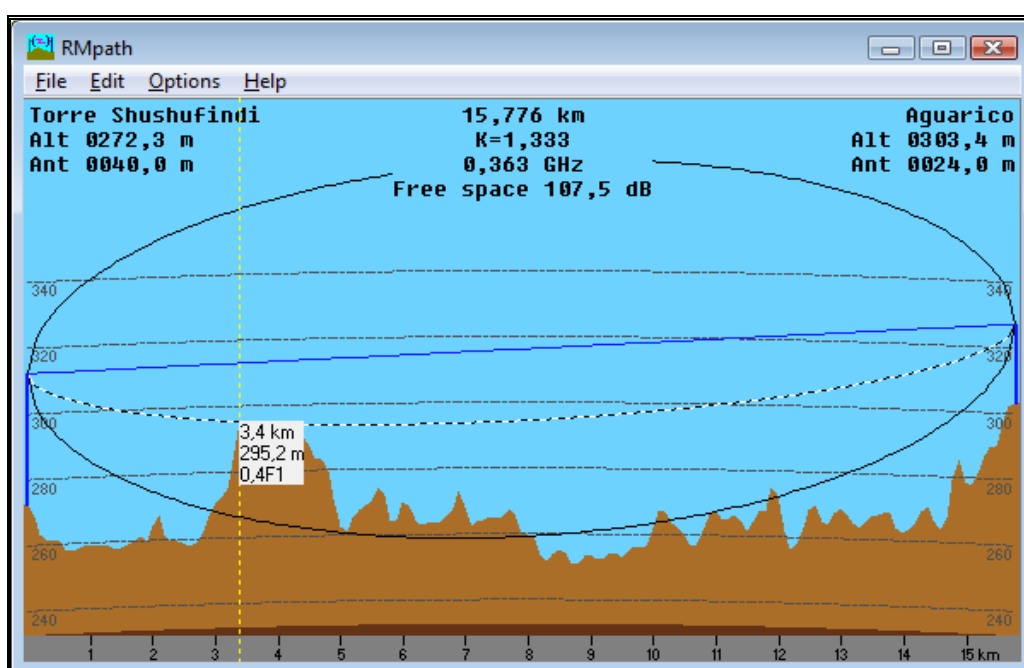


Figura 3.12. Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

Para el desarrollo de los cálculos en este enlace se toma como dato h_1 a la altura más baja, que corresponde al extremo en Torre Shushufindi, cuyo valor es de 272.3 [m] sobre el nivel del mar (s.n.m), a la que se le suma la altura en la que se encuentra actualmente la antena que es de 40 [m].

Se toma como dato h_2 a la altura más alta que corresponde al extremo ubicado en Torre Shushufindi, que se encuentra situada a 303.4 [m] (s.n.m) y se le suma la altura en la que se halla actualmente la antena que es de 24 [m].

$$h_2 = 303.4 + 24 = 327.4[\text{m}]$$

$$h_1 = 272.3 + 40 = 312.3[\text{m}]$$

$$h(c) = 295.2[\text{m}]$$

$$d_1 = 3400[\text{m}]$$

$$d_2 = 12376[\text{m}]$$

P_{TX} Potencia de transmisión en [dBm]. Para el enlace Torre Shushufindi – estación Aguarico se utiliza una potencia de 1000 mW (30 dBm).

3.3.2.3.1 Resultados obtenidos del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

Margen de despeje en metros.	$h(d)$	17.8771 [m]
Radio de la 1ra zona de Fresnel	R_1	46.9503 [m]
Margen de seguridad porcentual.	MS	38.0766 [%]
Pérdida por espacio libre.	A_{PEL}	107.558 [dB]
Potencia nominal de recepción.	P_{RX}	-59.258 [dBm]
Margen de Umbral.	MU	47.742 [dB]
Confiabilidad.	R	99.99 [%]

Cuadro 3.9. Resultados del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

El margen de seguridad porcentual alcanza un 38.0766% que no cumple con nuestro propósito de al menos alcanzar un 60%, por lo que sería necesario subir la altura de la antena en Torre Shushufindi, aprovechando que si existe la infraestructura necesaria de 65 metros. La confiabilidad del enlace es muy buena.

CAPÍTULO 4

4. REDISEÑO DE LA RED

En este capítulo se realizará una propuesta para el rediseño del sistema de comunicación SCADA y de radio teléfono entre las estaciones de captación y Planta de gas pertenecientes al CIS, con la respectiva selección de equipos adecuados para el funcionamiento de la red.

4.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo está encaminado a presentar una solución para el sistema de comunicación SCADA y de radio teléfono existentes actualmente para las estaciones de captación y Planta de Gas pertenecientes al CIS, debido a que se cuenta con dos sistemas de comunicaciones independientes entre sí, con lo cual no se logra obtener eficazmente los resultados deseados para la supervisión, monitoreo y control del funcionamiento de los equipos de campo de cada una de las estaciones de captación que ayudan con el transporte y la industrialización de los derivados del petróleo. En capítulos anteriores se dio a conocer el estado actual de cada una de las estaciones y se analizó los problemas existentes por los que dichos sistemas no funcionan en la actualidad.

La Gerencia de Refinación perteneciente a EP- Petroecuador desea conocer en tiempo real, la producción de gas en cada una de las estaciones involucradas en la industrialización del petróleo y sus derivados. Con la ayuda del sistema de comunicación propuesto se podrá conocer exactamente la producción para saber si es capaz de solventar las necesidades de uso de gas licuado de petróleo en el país, además se puede conocer exactamente cuándo se producirá un desabastecimiento de gas.

4.1.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE GAS EN UNA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN

Al momento de realizar la extracción del petróleo de un pozo, se obtiene una mezcla de: agua, gas natural y petróleo propiamente dicho el cual es transportado por medio de tuberías a las estaciones pertenecientes a la Gerencia de Exploración y Producción para separar sus componentes y redistribuir cada una de sus partes a las estaciones encargadas de procesar este producto.

La Gerencia de Exploración y Producción perteneciente a EP-Petroecuador es encargada de extraer el petróleo, una vez realizado este proceso es de nuestro interés la cantidad de gas que se entrega a cada estación de captación perteneciente a la Gerencia de Refinación.

En cada una de las estaciones de captación se manejan cuatro tipos de medidas básicas: volumen, flujo, presión y nivel para el proceso de industrialización y transporte del producto. Las cuales son obtenidas en base a sensores de tipo analógico y digital que son instalados en las tuberías y equipos de producción para el control, monitoreo y supervisión de la producción.



Figura 4.1. Sensor analógico donde se muestra la presión de entrada y salida del gas



Figura 4.2. Sensor digital utilizado para tomar medidas de nivel, flujo y temperatura

4.1.1.1 Características Técnicas y Fases de Procesamiento del Compresor



Figura 4.3. Compresor utilizado en la estación de captación de gas Parahuacu

Marca	CHART
Temperatura	20 ƒ
Capacidad de compresión	600 PSI
Capacidad de transporte	800 pies cúbicos por día
Combustible	Gas procesado de bajo nivel
Año de fabricación	2002

Cuadro 4.1. Características técnicas del compresor

Las estaciones de captación, una vez que reciben este producto se encarga de procesar; con la ayuda de compresores que manejan dos fases de proceso antes de enviar el producto con destino Planta de Gas, estos realizan un proceso de succión a una presión de 24 PSI para recibir el gas procedente de la Gerencia de Producción, dicho producto es procesado en dos etapas donde se retira el propano y butano:

- Fase de baja
- Fase de alta

4.1.1.1.1 Fase Baja

El gas ingresa al compresor en fase gaseosa a 24 PSI a la cual se le realiza una compresión donde se eleva la temperatura y se lo saca a una presión de 110 PSI para pasar la primera etapa. En esta fase existe un gas residual que es un excedente el cual es transportado para posteriores trabajos y utilizado como combustible.

4.1.1.1.2 Fase Alta

Luego de pasar la primera fase este gas el comprimido en una segunda etapa donde se alcanza un nivel de presión de 430 PSI, en el cual se consigue pasar de un estado gaseoso a un estado líquido para finalmente transportarlo con destino a Planta de Gas ubicada en las instalaciones del CIS. En este proceso también existe gas residual al cual se le da el mismo procesamiento de los gases sobrantes de la fase de baja.

4.1.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE GAS

En las instalaciones de Planta de gas se recibe todo el gas proveniente de todas las estaciones de captación: Aguarico, Atacapi, Parahuacu, Sacha Sur, Sacha Norte y otras que realizan la misma actividad.

El gas ingresa a un separador de partículas donde se procede a retirar el agua mediante un proceso de pre-enfriamiento mediante condensación, debido a la densidad de las sustancias; una vez realizado este tratamiento el gas sigue su procesamiento, pasando por filtros donde se realiza un proceso de deshidratación eliminando un 99% de agua restante, para obtener el gas en estado casi puro, porque este aún debe pasar por más filtros donde se deben retirar todas las moléculas de polvo.

En este lugar se procesa el gas a temperaturas de -35 a -40 °C para obtener el gas licuado, en dicho tratamiento se obtienen seis productos diferentes conocidos en el área de producción como: C1, C2, C3, C4, C5, C6. El resultado conocido como: C1 y C2 son gases residuales de mala calidad los cuales son utilizados como gas combustible para el funcionamiento de los hornos, compresores, turbo compresores, para la planta de gas y las estaciones de captación de gas, el excedente de este gas es enviado a los mecheros donde se lo quema al aire libre.

El resultado denominado: C3 y C4 es conocido como gas licuado de petróleo el cual es distribuido para el consumo. Además, el excedente de este gas es acumulado en las esferas existentes en la estación. La altura de una esfera es de 8.8 metros, donde la capacidad de almacenamiento en volumen es de 943 metros cúbicos a una temperatura 24 °C.

El resultado conocido como: C5 y C6 es la gasolina extra que es enviado a los tanques de reserva ubicados en la refinería perteneciente al CIS. La altura de un tanque es de 8 metros, donde la capacidad de almacenamiento en volumen es de 2080 m³ a una temperatura de 24 °C.

4.2 SUSTENTACIÓN TEÓRICA

4.2.1 SISTEMA SCADA

Los sistemas SCADA fueron diseñados para cubrir las necesidades de monitoreo, supervisión y control del funcionamiento de una planta o complejo industrial distribuido sobre áreas geográficas muy extensas. Es una aplicación de software, diseñada para funcionar sobre equipos de cómputo, para el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo, tales como: controladores autónomos, sensores programables, etc. Controlando el proceso de forma automática desde una computadora. Además, permite conocer a todos los usuarios que pertenecen a la empresa, toda la información que se genera en el proceso productivo.

Los sistemas SCADA están formados por tres componentes principales:

- Equipo de cómputo.
- Programas de cómputo.
- Comunicaciones.

Los cuales permiten realizar el monitoreo, supervisión y control simultáneamente de las instalaciones de una planta o complejo industrial en proceso. El proceso de adquisición de datos tiene la función de recoger, procesar y almacenar la información recibida, para después observar en un monitor o centro de control el comportamiento de las variables de control instaladas en los equipos, tales como: sensores de temperatura, de presión, de humo etc. Los cuales permiten realizar la gestión de calidad, control estadístico, gestión de producción, gestión administrativa y financiera.

La presentación gráfica de los datos obtenidos durante el control y monitoreo, se la conoce como interfaz del Operador o HMI (Interfaz Hombre-Máquina).

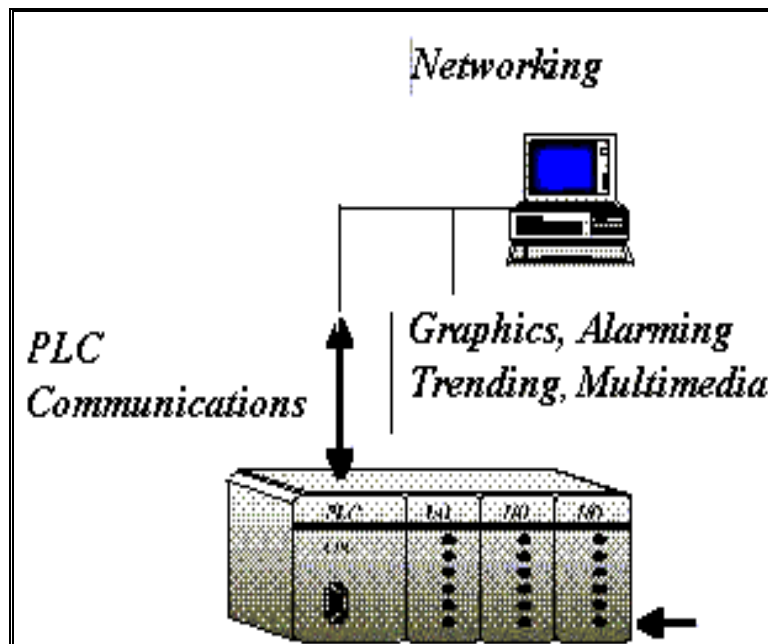


Figura 4.4. Esquema básico de un Sistema SCADA

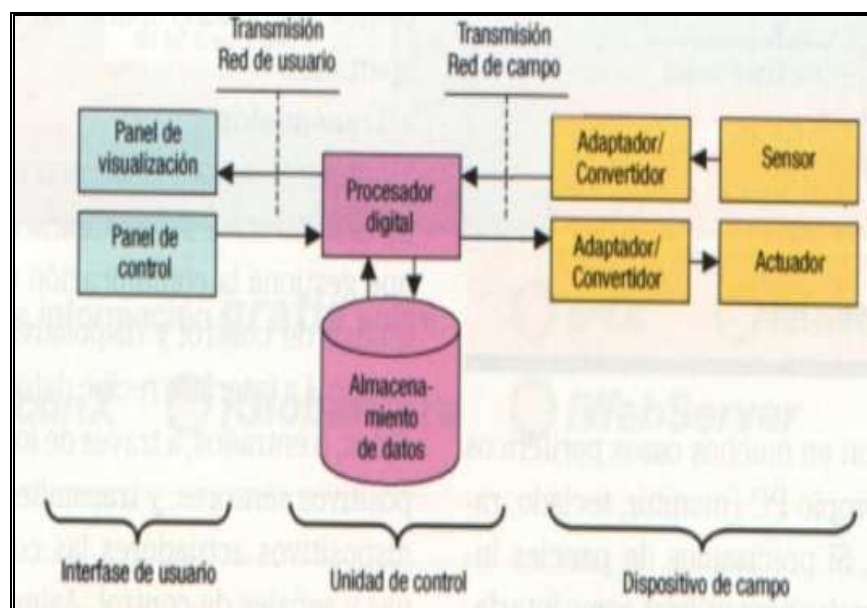


Figura 4.5. Esquema básico de un sistema SCADA expresado en bloques

4.2.2 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL SCADA

El sistema SCADA puede aplicarse en diferentes áreas de trabajo por ejemplo: Distribución Eléctrica, Industria Petrolera y Gasífera, Agua Potable y Aguas Residuales, Sirenas - Sistemas de Alarma, Seguridad Pública y Avisos a Estaciones de Bomberos, Sistemas de Alerta en Desastres Naturales, etc.

Usuarios en todo el mundo han comprobado que las soluciones SCADA aumentan la confiabilidad operativa, ayudando a reducir costos, simplificando los procedimientos de mantenimiento y garantizando la eficiencia de los trabajos de campo.

Un paquete SCADA debe ofrecer los siguientes servicios:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencia.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control o incluso el programa total sobre el sensor, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permita realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre el PLC del ordenador y no sobre la del sensor menos especializado.

Otras características que ofrece un sistema SCADA en un proceso de producción.

4.2.2.1 Confiabilidad

Para que un sistema SCADA desempeñe su función prevista, debe cumplir condiciones específicas en periodos de tiempo específicos que garanticen el buen funcionamiento. Además se debe tomar en cuenta el tiempo promedio entre fallas para poder conocer la confiabilidad de los equipos.

4.2.2.2 Mantenimiento

Se debe tomar en cuenta: el entrenamiento, capacitación, documentación, equipos de prueba, refaccionamiento, para que el personal técnico que desempeña los servicios de mantenimiento pueda obtener los mejores resultados en la reparación de los equipos en el menor tiempo posible, garantizando con esto la disponibilidad de los equipos y sistemas para su operación.

4.2.2.3 Seguridad del Sistema

La seguridad del sistema en operación debe permitir reconocer una operación: indeseable, inapropiada, condiciones que causan alarmas, por lo que se debe de contar con procedimientos y prácticas operativas que garanticen seguridad en las comunicaciones, software y hardware.

4.2.2.4 Expandibilidad

El sistema debe brindar la capacidad de agregar nuevos elementos o funciones en el mínimo de tiempo para llevarlas a cabo. Se deben considerar aspectos tales como: disponibilidad de espacio físico, capacidad de suministro de energía, disipación de calor, número de procesadores, capacidad de memoria de todo tipo, límites de puntos de hardware, software y protocolos, carga y tráfico, niveles o buffers.

4.2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SCADA

El sistema SCADA está compuesto por una computadora principal o maestra llamada Unidad Terminal Maestra (MTU), una o más unidades de control para obtener datos de campo a las cuales se las conoce como Unidades Terminales Remotas (RTUs), Instrumentación de campo, Comunicación y una colección de software estándar a la medida usado para monitorear y controlar remotamente dispositivos de campo.

4.2.3.1 Unidad Terminal Maestra

En esta unidad se centraliza la información adquirida por las unidades terminales remotas (información de la instrumentación de campo, procesada por las RTUs). La Unidad Terminal Maestra se encuentra localizada cerca de las estaciones del operador.

Sus funciones principales serán:

- Solicitar, recibir y transmitir la información desde las RTUs.
- Enviar la información almacenada a las estaciones de operación.
- Manejo de los históricos y las tendencias del comportamiento del proceso.
- Envío de comandos a los dispositivos de campo con las decisiones del operador para actuar con los elementos finales de control (cierre de válvulas o control de los equipos de campo que lo requieran).

4.2.3.2 Unidades Terminales Remotas

Estas unidades se encuentran en campo y se encargan de procesar la información que reciben de los transmisores de campo y efectúan las integraciones de las mediciones de flujo de acuerdo a las normas de AGA o API, pueden tener capacidad de efectuar control regulatorio y procesamiento de lógica para control o seguridad, este equipo tiene la capacidad de concentrar la información y comunicarla a las unidades terminales maestras que es donde se concentra la información de las RTUs para que el operador la tenga disponible.

La Unidad Terminal Remota debe de tener las siguientes características:

- Capacidad de programar ejecución de tareas
- Base de datos de entradas y salidas
- Base de datos histórica
- Registro de eventos y de alarmas.

4.2.3.3 HMI O MMI

La Interfaz Hombre-Máquina, HMI (Man-Machine Interface, MMI), permite al operador interactuar con una máquina o proceso y determinar el estado de esta, si está encendida o apagada, también se puede verificar las variables físicas que están presentes en una planta o proceso de producción.

Una HMI puede ser tan simple como un interruptor para encender un motor y una lámpara indicadora del estado del mismo, una o varias pantallas desarrolladas en

una computadora que llegan a mostrar en el monitor la representación esquemática de todo el proceso bajo supervisión, dando a conocer valores en tiempo real de las variables presentes en ese momento en la planta. Un ejemplo conocido de HMI es el cajero automático que posibilita al usuario ejecutar una serie de transacciones bancarias.

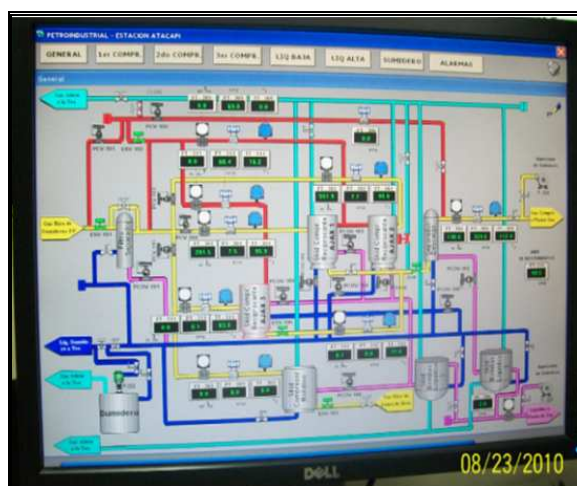


Figura 4.6. Ejemplo de un HMI del sistema SCADA

4.2.3.4 PLC's

Los PLC's (Controladores Lógicos Programables) son dispositivos utilizados para el control de circuitos complejos de automatización que en principio eran sistemas de control basados en relés y contactores. Se caracterizan por su gran capacidad de procesamiento de información y por su flexibilidad en la configuración de las interfaces de entrada y salida de los puertos de comunicación, además poseen ranuras universales de conexión que sirven para instalar distintas tarjetas de comunicaciones, lo cual permite personalizar la configuración del PLC según las necesidades y aprovechar al máximo sus capacidades.

4.2.3.4.1 Campos de Aplicación de un PLC

El PLC por sus especiales características de diseño y la constante evolución del hardware y software tiene un amplio campo de aplicación. Su utilización se da en aquellas instalaciones donde es necesario un proceso de maniobra, control,

señalización. Por lo cual su aplicación abarca desde un proceso de fabricación industrial de cualquier tipo, control de instalaciones.

Las reducidas dimensiones, la facilidad en su montaje, la facilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc. permiten que su eficiencia se aprecie principalmente en procesos que satisfagan las siguientes necesidades:

- Procesos de producción periódicamente cambiante.
- Procesos secuenciales.
- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.
- Señalización del estado de procesos.

4.3 REDISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIONES SCADA

4.3.1 OBJETIVO

Durante el desarrollo de este capítulo se presenta una solución técnica detallada con la cual se da soporte a los sistemas de comunicación SCADA y radio teléfono requeridos por el CIS y las estaciones de captación: Aguarico, Atacapi, Parahuacu. Además, se menciona otra solución en la que no se ha entrado en detalles.

Cualquiera de estas alternativas permitirá la comunicación de voz y datos entre Planta de Gas y las estaciones de captación pertenecientes a la Gerencia de Refinación de EP-Petroecuador, situadas en la provincia de Sucumbíos cuyo fin es obtener gas licuado de consumo doméstico e industrial.

El principal objetivo es proporcionar una infraestructura de comunicaciones robusta, de alta fiabilidad y disponibilidad, que sirva de soporte para la transmisión de voz y datos necesarios para gestionar los procesos relacionados con la actividad de producción.

4.3.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS

Para el rediseño de la red de comunicación del CIS y las estaciones de captación se propone dos soluciones basados en tecnología IP.

Para la primera solución se toma en consideración la marca y modelo de los equipos que en la actualidad son usados en la Gerencia de Producción y Exploración de todo el distrito amazónico, aplicado en la comunicación del sistema SCADA existente en este lugar, mediante la utilización de enlaces inalámbricos de tecnología Pre-WiMAX.

Se toma en consideración esta solución por la principal ventaja que proporciona la utilización de equipos que trabajan en bandas de frecuencia libre, debido a que el o las personas que estén a cargo del mantenimiento de esta red no deberán realizar ningún tipo de trámite con la Senatel para obtener la asignación de frecuencia.

Con la utilización de estos equipos se puede ahorrar: tiempo, dinero y recurso humano, debido a que no se realiza ningún estudio del espectro de frecuencia para determinar si existe un rango disponible para ingresar a trabajar y seleccionar el equipo adecuado. Además, Otra de las ventajas es que se puede implementarlos en lugares de difícil acceso para conexiones con medios guiados.

Si bien es cierto que una red inalámbrica tiene como principal desventaja su seguridad, se propone utilizar estos equipos por que manejan opciones de cifrado AES 128 y WEP 128 – y el nuevo modo FIPS-197, certificado de acuerdo con los Estándares de Procesamiento de Información Federales (Federal Information Processing Standards), con lo cual garantizan seguridad y confidencialidad en la transmisión de información.

En cada una de las estaciones de captación y Planta de Gas se requiere equipos que garanticen aproximadamente 2kbps de velocidad de transmisión, para el envío de datos almacenados en sus respectivos RTU los cuales son obtenidos en base a sensores de: presión, nivel, volumen y temperatura que ayudan con el

monitoreo, supervisión y control de la industrialización de los derivados del petróleo.

Los equipos Alvarion fueron seleccionados por: su cobertura a gran distancia y la tecnología Pre- WiMAX que proporciona enlaces de banda ancha con velocidad de transmisión que va desde 3, 6 y 54 Mbps con lo cual se garantiza que en el futuro esta red puede transportar datos de diversa naturaleza como son: automatización y control, video vigilancia, etc. Además, se puede crear una red corporativa entre las distintas delegaciones de la empresa.

En el desarrollo de este proyecto se propone una red principal en base a la utilización de equipos inalámbricos de marca Alvarion, y en cada una de las estaciones de captación y Planta de gas se propone utilizar un switch de capa 3 para crear subredes las cuales servirán para transmitir: datos y VoIP.

El switch de capa 3 tiene las siguientes funciones: maneja altos mecanismos de seguridad, excelente rendimiento, tolerancia a fallas, escalabilidad, procesamiento de rutas en base a protocolos de enrutamiento, eficiencia de transmisión en datos de diferente tipo. Además, este tipo de switch puede trabajar a más de diez veces la velocidad de un router tradicional.

Para la transmisión de VoIP se toma en cuenta que en cada una de las estaciones de captación y Planta de Gas no se necesita tener muchas líneas telefónicas para su comunicación, lo cual motiva a proponer la utilización de un Gateway de marca cisco SPA8800 que maneja cuatro puertos FXS (Foreign Exchange Station), y FXO (Foreign Exchange Office. Además, mientras mayor sea el ancho de banda que se maneja permitirá obtener mayor calidad en la transmisión de voz.

La segunda solución que se propone para el rediseño de la red de comunicación está considerada en base al plan nacional de unificación tecnológica aprobado por EP-Petroecuador, el cual será implementado en un futuro en vista de que cada una de sus filiales maneja tecnología de diferentes marcas.

Nosotros no hacemos énfasis en describir estos equipos debido a que no se encuentra con facilidad toda la información requerida, ya que en la actualidad las únicas personas que acceden a esta son los funcionarios de EP-Petroecuador.

4.3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA RED CON EQUIPOS PRE-WIMAX¹⁰

Los equipos con tecnología Pre-WiMAX que a continuación se describen proporcionan enlaces de banda ancha (3, 6 y 54 Mbps) para crear una red totalmente IP en bandas de frecuencia que van desde 4.9 a 5.85 GHz.

Al disponer de una red inalámbrica IP de alta capacidad, se garantiza alta versatilidad para el transporte de datos de diversa naturaleza tales como: VoIP, internet, video conferencia, etc. Para desplegar la red que se propone, se utilizarán equipos en cada una de las estaciones de captación que se configurarán con encriptación AES para garantizar la seguridad y confidencialidad de las comunicaciones.

Para el rediseño de esta red de comunicaciones se intenta reutilizar la infraestructura de torres existente en cada una de las estaciones de captación y Planta de Gas del CIS. Además, se propone realizar un cambio total de los conectores y cables utilizados en las conexiones de las antenas y el radio de comunicaciones con lo cual se garantizará mayor eficiencia en la transmisión de voz y datos para la supervisión, control y monitoreo de cada una de las estaciones.

4.3.4 EQUIPAMIENTO

Los equipos que permitirán alcanzar los objetivos de comunicación entre las estaciones de captación de gas y la Planta de Gas serán de marca Alvarion en su modelo Breeze Access VL el cual utiliza tecnología Pre-WiMAX para la comunicación inalámbrica.

¹⁰ (Anexo 5) Datasheet equipos Pre-WiMAX. <http://www.ralco-networks.com/descargas/Alvarion.pdf>

Pre-WiMAX es una tecnología basada en 802.11a, que incluye algunas características propias del WiMAX 802.16, maneja modulación OFDM y modulación adaptativa. Estos equipos constan de una estación base o Unidad de Acceso (AU) radiante a través de una antena, que variará en función de la ganancia necesaria para cubrir el enlace. En el otro extremo del enlace se coloca la Unidad Suscriptora (SU) que permite la comunicación con la estación base.

4.3.4.1 Alvarion Breeze Access VL

Breeze Access VL es una nueva solución OFDM de Alvarion en la banda de frecuencia de 4.9 a 5.85 GHz, con el que se garantiza un avance en el campo de las comunicaciones inalámbricas sin licencia, por sus mejoras en aspectos tan importantes como la capacidad, disponibilidad, seguridad y desde luego un paso previo hacia Wimax.

Breeze Access VL trabaja en modo TDD (Time División Dúplex) e implementan modulaciones OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing) con corrección de errores (FEC) e incorporan control automático de potencia (ATPC) y selección dinámica de la frecuencia (DFS) tal y como marca la norma UN 128.



Figura 4.7. Elementos de Alvarion Breeze ACCESS VL

Sus características principales son:

Marca:	Alvarion	
Modelo:	Breeze ACCESS VL	
Ancho de banda:	10 MHz, 20 MHz	
Separación entre Tx y Rx.	5 MHz, 10 MHz	
Tipo de modulación:	OFDM: BPSK, QPSK, QAM 16, QAM 64	
Velocidad de transmisión:	3,6 y 54 Mbps	
Potencia de salida:	10 a 21 dBm	
Seguridad:	Autenticación WEP 128 bit, AES 128, WEP 128 y cifrado incorporado de modo FIPS-197 certificado	
Frecuencias:	4.9-5.1GHz, 5.15-5.35GHz, 5.47-5.725GHz, 5.725-5.85GHz.	
Sensibilidad típica:	A (20 MHz): -84 dBm	A (10MHz): -87 dBm
QoS. CIR/MIR por unidad de subscritor.	802.1P ToS.	
Incluye modulación adaptativa y algoritmos de corrección de errores (FEC)		

Cuadro 4.2. Características técnicas del radio Alvarion Breeze Access VL

El sistema está formado por dos componentes fundamentales:

- Unidad de Acceso: Proporciona los accesos de las unidades suscriptoras a la red principal.
- Unidad de Subscritor: A través de éstas, el cliente se comunica con la unidad de acceso para utilizar los recursos de la red principal.

4.3.4.1.1 Unidad de acceso (AU)

Unidad de Acceso (AU) es una estación de trabajo formada por dos áreas a las cuales se las denomina como unidad interna y externa. En la figura 4.8 de la página 119 se muestra un esquema de la unidad de acceso:

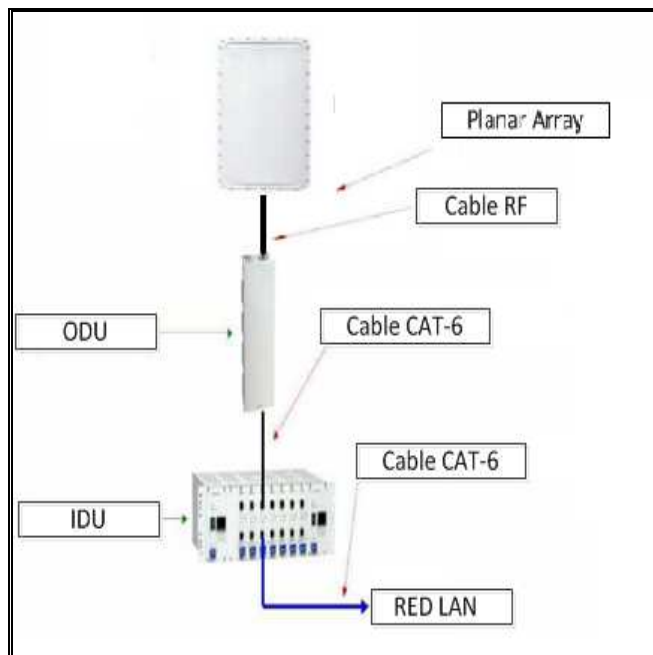


Figura 4.8. Estación Base o Estacion de Trabajo

➤ **Unidad interna o Indoor Unit “IDU”.**

La unidad interna está formada por el radio Breeze ACCESS VL el cual comprende de dos puertos, uno Ethernet 10/100 BaseT que sirve para conectar a la red LAN usando un conector RJ-45 y otro puerto usado para conectar a la ODU mediante cable UTP categoría 6. Además, Se alimenta con 110/220 VAC un rectificador que maneja voltajes de 48 VDC para energizar el radio

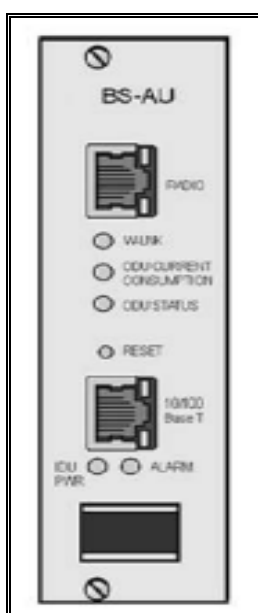


Figura 4.9. Unidad Interna (IDU)

➤ **Unidad Externa u Outdoor Units “ODU”.**

La unidad externa está formada por la ODU y la antena de marca Alvarion los cuales sirven de puente inalámbrico que establece la conexión de red inalámbrica y gestiona el ancho de banda. Además, maneja el estándar IEEE802.11a, el cual es capaz de soportar anchos de banda de 10 ó 20 MHz con un rango de potencia de salida de 10 a 21 dBm. La conexión de la antena al ODU se realiza mediante cable RF.



Figura 4.10. Unidad Externa (ODU)

4.3.4.1.2 Unidad de suscriptor (SU)

Las unidades suscriptoras permiten la conexión de los usuarios de la red con la unidad de acceso y puede soportar un usuario único o múltiple. Permite acceso inmediato a los servicios que sean requeridos por las empresas que lo implementen suministrando una plataforma eficiente para Internet e Intranet de alta velocidad siempre conectado, VoIP, VPN y otros servicios. Cada SU se conecta con la red mediante una interfaz estándar Ethernet10/100 BaseT (RJ-45), y se conecta con la unidad interna mediante un cable CAT-6.

4.3.4.2 Software de gestión y configuración Breeze CONFIG

Breeze CONFIG es una herramienta basada en SNMP (Simple Network Management Protocol), que permite configurar y monitorizar redes de equipos Breeze ACCESS VL, Breeze ACCESS 4900, Breeze NET B. El administrador del sistema puede utilizar Breeze CONFIG para gestionar todas las unidades desde una única localización de la red, donde el administrador de estos equipos podrá comprobar los siguientes parámetros:

- Verificación del estado y configuración actual de la unidad.
- Configuración simultánea de varias unidades.
- Actualizaciones del firmware de varias unidades de manera simultánea.
- Estadísticas de tráfico y monitoreo de las unidades.

4.3.4.3 Antenas

Para la implementación de los enlaces inalámbricos de nuestra red se propone la utilización de una antena directiva.



Figura 4.11. Antena directiva de 28 dBi

Esta antena presenta las siguientes características:

Marca: Alvarion	Tipo: Planar Array
Rango de frecuencias: 5.25 - 5.85 [GHz]	Ganancia: 28 [dBi]
Ancho de banda (3dB): 4.5°	Impedancia de entrada: 50 [Ω]
Polarización: Lineal (Vertical/Horizontal)	Polarización cruzada: -28 [dBm]
Protector de rayos	Dimensiones(LxAxG):600x600x55[mm]
Peso: 5 Kg.	Elevación de tilt: +22.5°/ -22.5°
Temperatura: -45 a +70 [°C]	

Cuadro 4.3. Característica técnica de la antena de ganancia 28 dBi

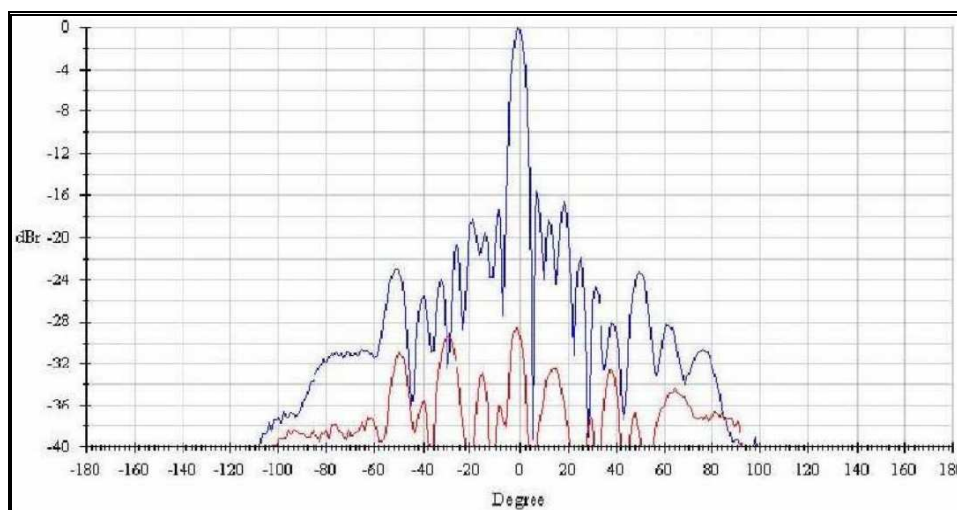


Figura 4.12. Patrón de azimut y elevación

4.3.4.4 Switch

Se utilizará switch capa 3 en las instalaciones de Planta de gas y las estaciones de captación: Atacapi, Aguarico y Parahuacu para reservar el ancho de banda de cada uno de los enlaces descritos en el capítulo uno, los cuales garantizarán la transmisión de datos almacenados en los RTU de cada una de las estaciones. Además, este switch permitirá transmitir voz sobre IP con la integración de nuevos equipos tales como Gateway.

El switch seleccionado es del fabricante Moxa EDS-408A y permite comunicar equipos o estaciones de trabajo de diferentes subredes cuyas características son: soporta funcionalidades avanzadas (VLAN, spanning tree y protocolos de gestión

de redundancia), tiene 8 puertos 100BaseT gestionables, es diseñado para entornos industriales que soporta un rango de temperatura (0° - 60 °C) y humedad (5-95%) suficiente para las condiciones meteorológicas que se esperan tener en las instalaciones del CIS y las estaciones de captación. El cual permitirá dimensionar nuestra red para enviar información de acuerdo a las necesidades que la empresa requiera en un futuro, ya que por el momento la Gerencia de Refinación solo requiere la transmisión de datos y voz.



Figura 4.13. Switch EDS-408A

4.3.4.5 Fuentes de Alimentación

Para energizar los switch Moxa EDS-408A es necesario utilizar una fuente de alimentación de 15 vatios y 24 Vdc, los cuales se consiguen usando las fuentes AMV modelo RS-15-24.

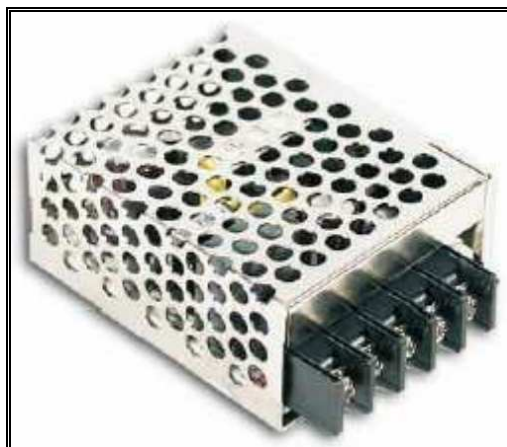


Figura 4.14. Fuente de alimentación RS-15-24

Marca	AMV Electronics
Modelo	SD-15A-24
Potencia	15 [W]
Voltaje dc salida	24 [V]
Rango de corriente	0-0.625 [A]

Cuadro 4.4. Características técnicas de la fuente RS-15-24

También se necesita utilizar un conversor de Vac a Vdc para energizar el radio Breeze ACCESS VL, el cual debe dar un voltaje de 48 Vdc y se consigue usando un regulador AMV del modelo SD-15C.



Figura 4.15. Fuente de alimentación SD-15C.

Marca	AMV Electronics
Modelo	SD-15C-48
Potencia	15 [W]
Voltaje dc salida	48 [V]
Rango de corriente	0-0.313 [A]

Cuadro 4.5. Características técnicas de la fuente RS-15C-48

4.3.4.6 Conversores de dispositivos Ethernet a series Modbus

Para realizar la adquisición, control y monitoreo de la industrialización de los derivados del petróleo se debe tomar en cuenta que en cada una de las estaciones de captación de gas existe un MTU(Unidad Terminal Maestra) o ROCK la cual transmite y recibe la información utilizando el protocolo de comunicación Modbus; debido a que los equipos que se proponen en nuestro rediseño de comunicación manejan tecnología IP con la cual formaremos una red Ethernet, se propone adicionalmente utilizar dispositivos que faciliten la comunicación Ethernet-Modbus y viceversa.

Los equipos de marca Moxa y modelo NPort 6110, permite comunicar una red Ethernet con dispositivos que manejan protocolos de comunicación Modbus en base a un puerto seleccionable RS-232/422/485 para comunicarse sin problemas con los instrumentos de campo.



Figura 4.16. Conversor Ethernet/Modbus NPort 6110

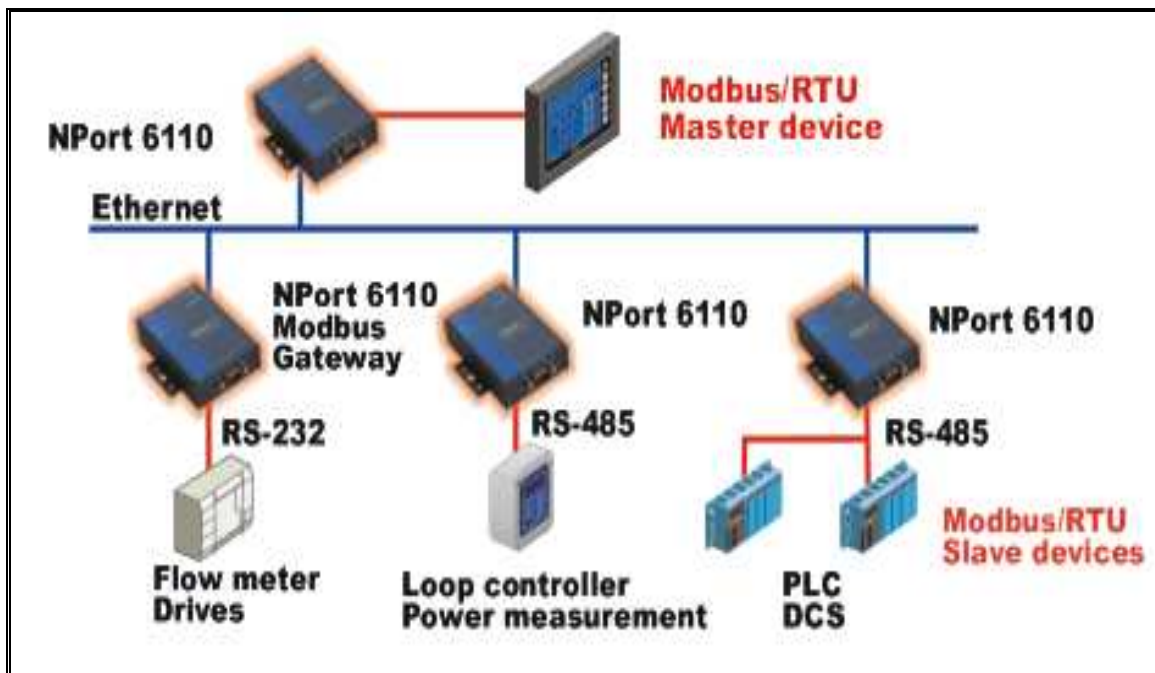


Figura 4.17. Ejemplo de conexión Ethernet/Modbus¹¹

Ethernet	10/100 Mbps, conector RJ45
Protocolos de Internet	DHCP, BootP, TCP, UDP, IP, ICMP, ARP
Protocolos Modbus	Modbus / TCP, Modbus / ASCII, Modbus / RTU, Maestro / Esclavo modos de apoyo
Velocidad	1200 bps hasta 230,4 Kbps
Control de flujo	RTS / CTS, XON / XOFF
Bits de datos	7, 8
Bits de parada	1, 2
Interfaz	RS-232/422/485 x 1, DB9 (M), seleccionable por software
Señales RS-232	TxD, RxD, RTS, CTS, DTR, DSR, DCD, GND
RS-422 señales	+ Tx, Tx, Rx +, Rx, GND
Las señales RS-485 de 2 hilos	Datos +, datos, GND

Cuadro 4.6. Características técnicas del NPort 6110

¹¹ (Anexo 5) Datasheet equipos pre-Wimax, página 2.

4.3.5 COMUNICACIÓN DE VOZ

VoIP o telefonía IP es el término utilizado para referirse a la transmisión de tráfico de Voz a través de una red de paquetes basada en protocolo IP, al hablar de éste se hace referencia a un conjunto de protocolos que conforman las redes IP.

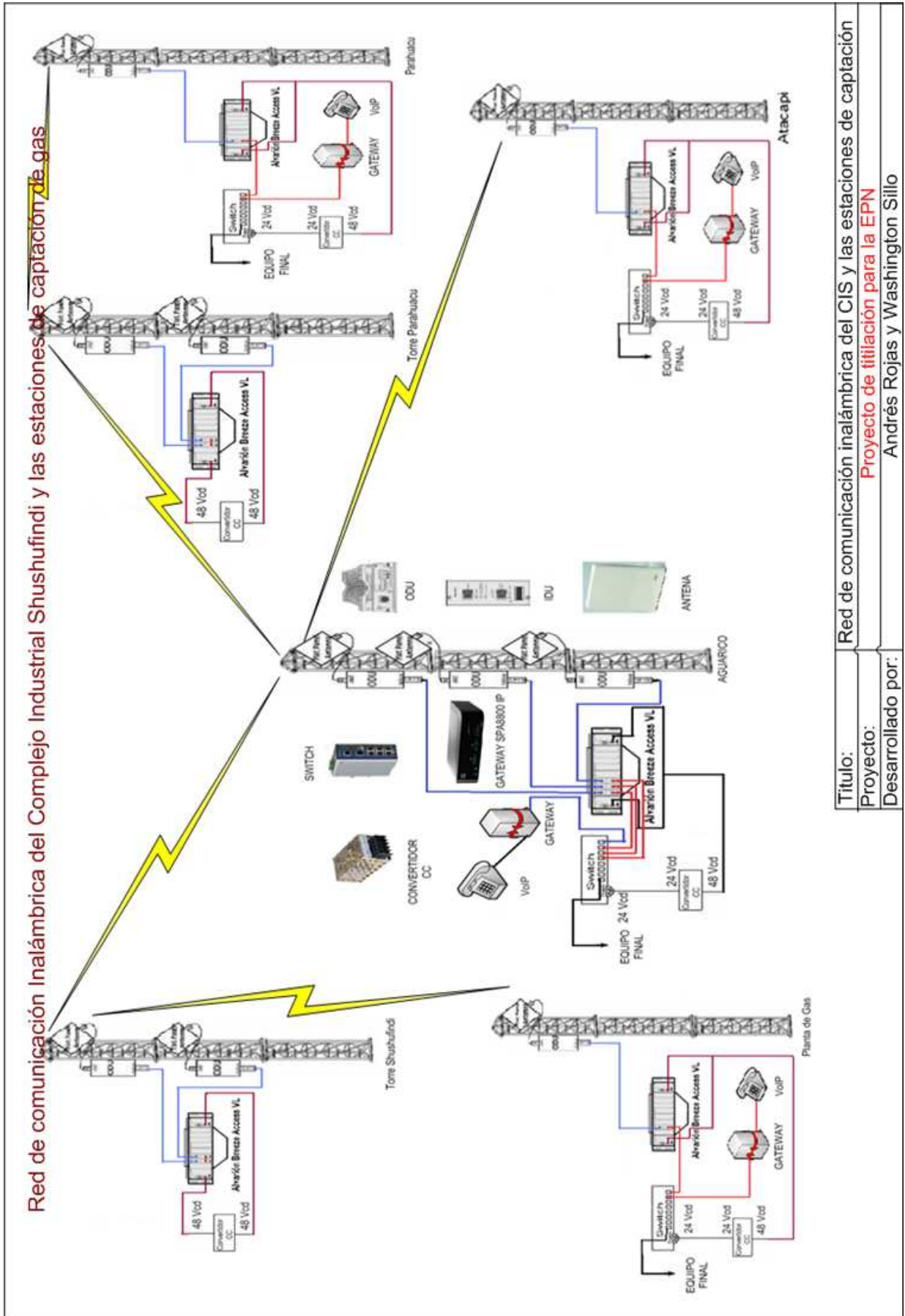
Se recomienda el uso de un Gateway Cisco para la comunicación de VoIP.



Figura 4.18. Cisco SPA8800 IP Telephony Gateway - SPA8800

El Cisco SPA8800 IP Telephony Gateway es desarrollado para las pequeñas empresas que solventan sus necesidades manteniendo su propia Private Branch Exchange (PBX) o que quiere añadir voz sobre IP (VoIP).

- Convierte el tráfico de voz en paquetes de datos para la transmisión sobre una red IP.
- Voz de alta calidad y soporte de las funciones de nivel de operador.
- Despliegue a gran escala de gestión.
- Aumento de la densidad de puertos FXO para conectar las líneas PSTN.
- Agrega VoIP a un legado TDM PBX o un sistema de claves.
- Soporta SIP para redes de voz y datos.
- Incluye alta seguridad, basado en métodos de cifrado para la comunicación.
- Posee cuatro conectores RJ-11 FXS y cuatro puertos FXO.
- Posee una interfaz RJ-45 Ethernet de 10/100 BASE-T para conectarse a un router o switch de múltiples capas.



Red de comunicación Inalámbrica del Complejo Industrial Shushufindi y las estaciones de captación de gas

Figura 4.19. Red Inalámbrica del Complejo Industrial Shushufindi y las Estaciones de Captación

Título:	Red de comunicación inalámbrica del CIS y las estaciones de captación
Proyecto:	Proyecto de titulación para la EPN
Desarrollado por:	Andrés Rojas y Washington Sillo

4.3.6 RESULTADO DE LOS ENLACES

En el capítulo 3 se ha presentado los cálculos que garantizan el 60% de despeje de la primera zona de Fresnel para cumplir con las características mínimas de cada uno de los enlaces. Para cada uno de los enlaces se propone realizar la comunicación punto a punto.

4.3.6.1 Enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi

De acuerdo a los cálculos obtenidos en el capítulo 3 para garantizar el porcentaje mínimo de seguridad, se recomienda mantener la altura de las antenas en cada una de las torres instaladas en las instalaciones del CIS. Para la estación Planta de Gas la antena queda ubicada a 5 metros de altura y para la Torre Shushufindi la antena queda ubicada a 40 metros de altura.

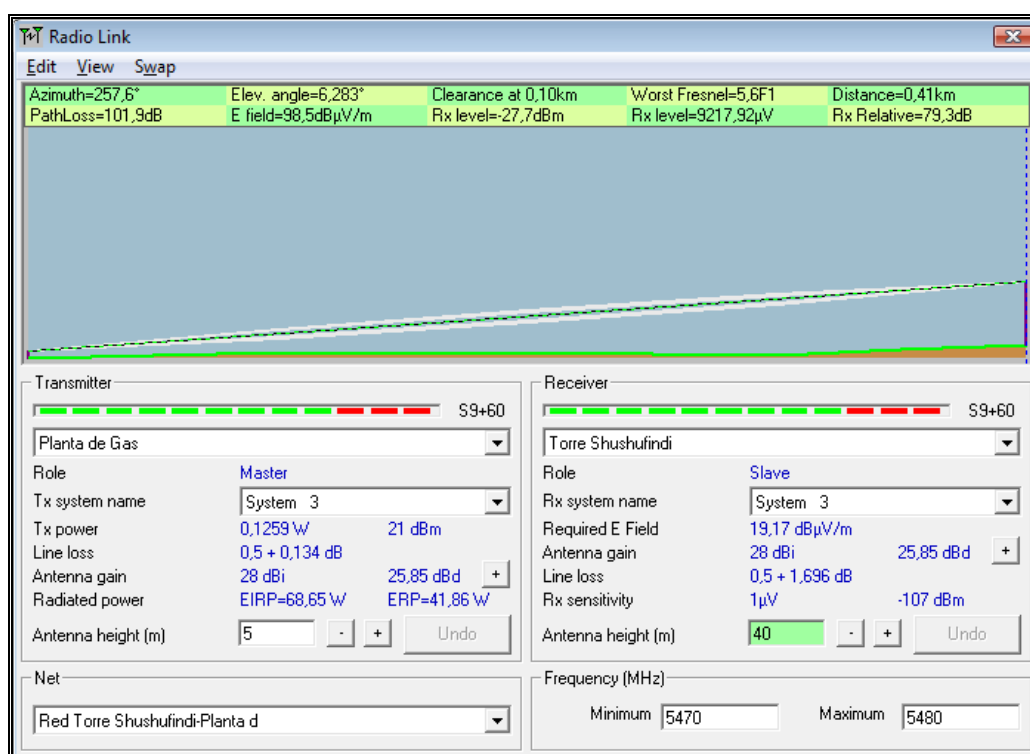


Figura 4.20. Parámetros del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi obtenidos con Radio Mobile

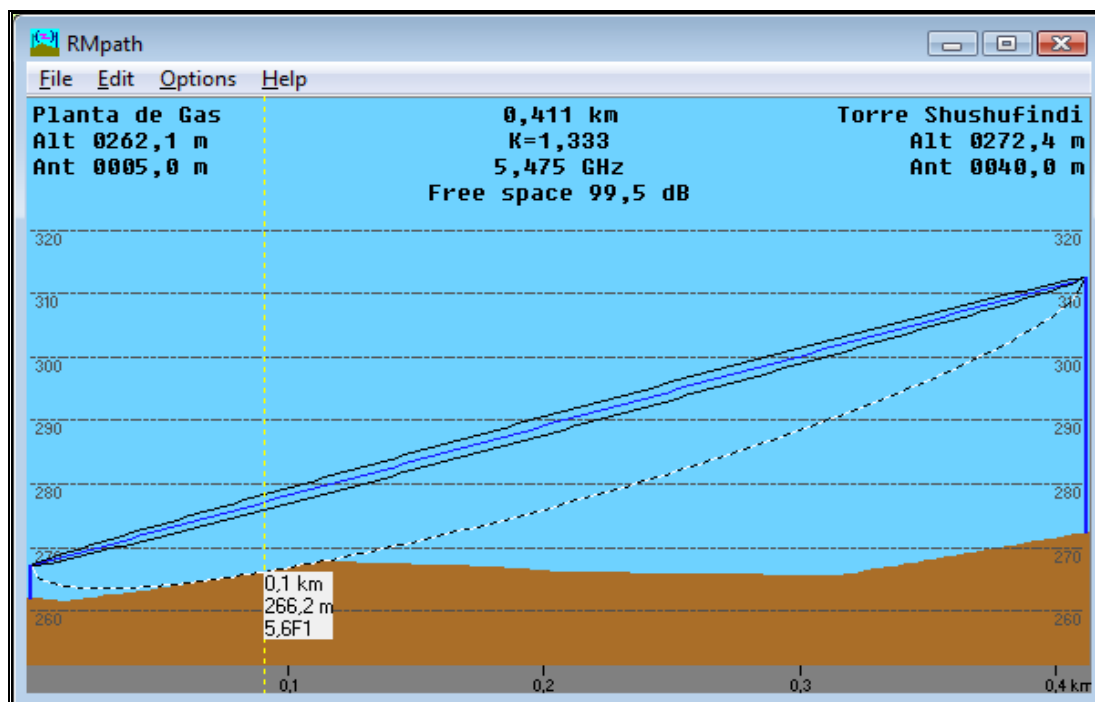


Figura 4.21. Primera zona de Fresnel del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi

Parámetros	Datos del Radio Mobile
Distancia de enlace $D(Km)$	0.411 Km.
Angulo de elevación α	6.283°
Azimut $Z_{Planta_de_Gas-Torre_Shushufindi}$ [°]	257.6°
Azimut $Z_{Torre_Shushufindi-Planta_de_Gas}$ [°]	77.6°
Pérdidas en espacio libre A_{PEL} [dB]	99.5 dB
Potencia de recepción P_{RX} [dBm]	-27.7dBm
Margen de umbral MU [dB]	79.3dB
Potencia efectiva irradiada $ERP_{(W)}$	41.86W
Nivel de voltaje recibido en el receptor $V_{RX}[\mu V]$	9217.92 μV
Intensidad de campo eléctrico $E(\frac{dB\mu V}{100L})$	98.5 $\frac{dB\mu V}{100L}$
Confiabilidad del Sistema [R%]	≈ 100%

Cuadro 4.7. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi

Características técnicas del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi					
Frecuencia de Tx	5470 MHz		Frecuencia de Rx	5480 MHz	
Potencia de Tx	0,125892W	21dBm	Ganancia de la antena	25.85 dBd	28 dBi
Altura antena Planta de Gas	5m		Altura antena Torre Shushufindi	40 m	
Tipo de antena	Planar array		Sensibilidad RX	-107 dBm	1 μ V
Permitividad relativa al Suelo	15		Conductividad del Suelo	0.005 S/m	

Cuadro 4.8. Características técnicas del enlace Planta de Gas-Torre Shushufindi

4.3.6.2 Enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

De acuerdo a los cálculos obtenidos en el capítulo 3 para garantizar el porcentaje mínimo de seguridad, se recomienda mantener la altura de las antenas. Para la estación Aguarico, la antena queda ubicada a 24 metros de altura y para Torre Shushufindi la antena queda ubicada a 60 metros de altura.

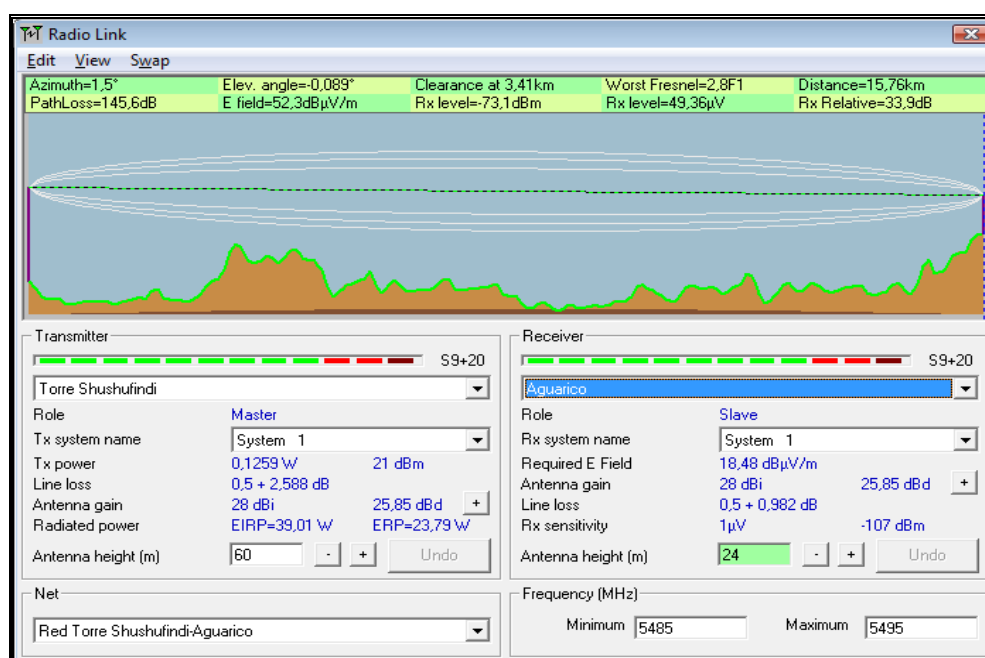


Figura 4.22. Parámetros del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico obtenidos con Radio Mobile

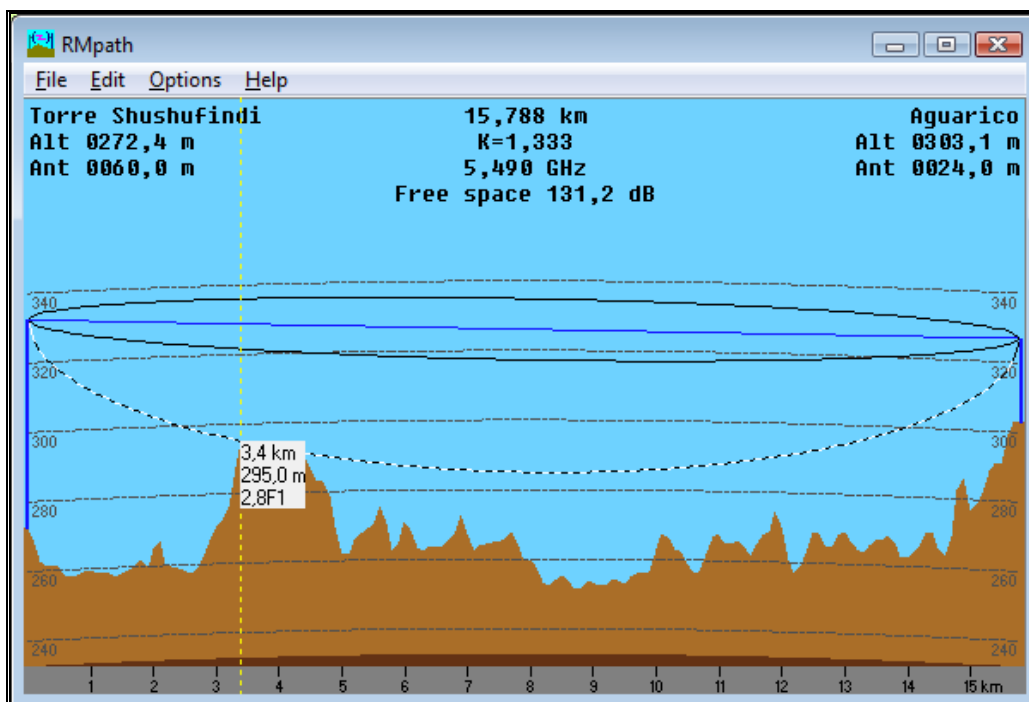


Figura 4.23. Primera zona de Fresnel del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

Parámetros	Datos del Radio Mobile
Distancia de enlace $D(Km)$	15.788 Km
Angulo de elevación α	0.089°
Azimut $Z_{Torre_Shushufindi_Aguarico}$ [°]	1.5°
Azimut $Z_{Aguarico_Torre-Shushufindi}$ [°]	181.5°
Pérdidas en espacio libre A_{PEL} [dB]	131.2 dB
Potencia de recepción P_{RX} [dBm]	-73.1dBm
Margen de umbral MU [dB]	33.9 dB
Potencia efectiva irradiada $ERP_{(W)}$	23.79W
Nivel de voltaje recibido en el receptor V_{RX} [μV]	49.36 μV
Intensidad de campo eléctrico E ($\frac{dB\mu V}{m}$)	52.3 $\frac{dB\mu V}{m}$
Confiabilidad del Sistema [R%]	99.99947%

Cuadro 4.9. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

Características técnicas del enlace Torre Shushufindi – estación Aguarico				
Frecuencia de Tx	5485 MHz		Frecuencia de Rx	5495 MHz
Potencia de Tx	0.1259W	21 dBm	Ganancia de la antena	25.85 dBd 28 dBi
Altura de la antena Torre Shushufindi	60m		Altura de la antena Aguarico	24 m
Tipo de antena	Planar array		Sensibilidad RX	-107 dBm 1 μ V
Permitividad relativa al Suelo	15		Conductividad del Suelo	0.005 S/m

Cuadro 4.10. Características técnicas del enlace Torre Shushufindi-estación Aguarico

4.3.6.3 Enlace Aguarico-Torre Parahuacu

De acuerdo a los cálculos obtenidos en el capítulo 3 para garantizar el porcentaje mínimo de seguridad, se recomienda mantener la altura de las antenas. Para la estación de captación de gas Aguarico la antena queda ubicada a 24 metros de altura y para la estación Torre Parahuacu la antena queda ubicada a 75 metros de altura.

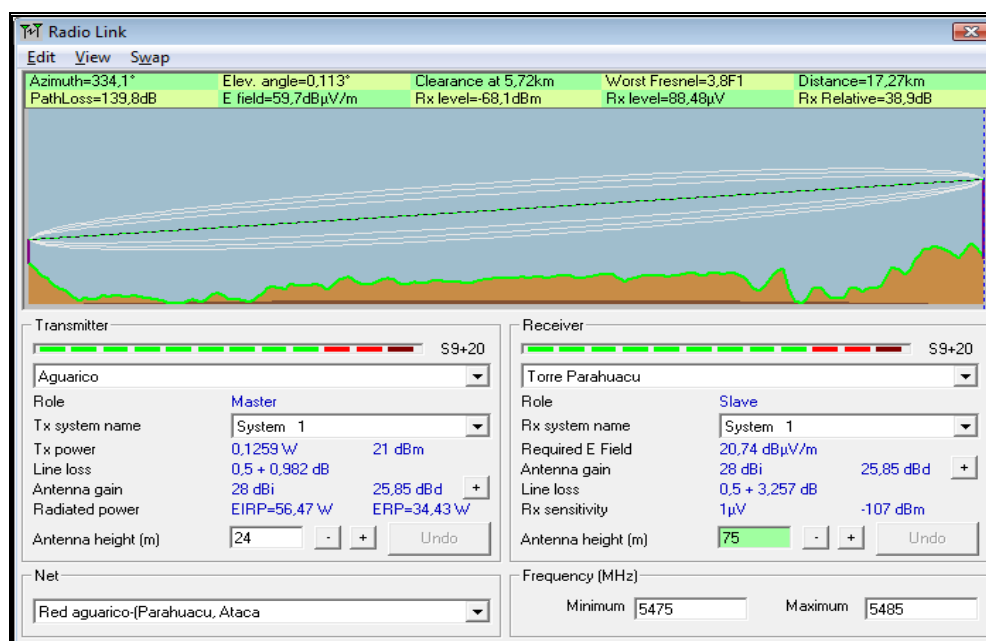


Figura 4.24. Parámetros del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu obtenidos con Radio Mobile

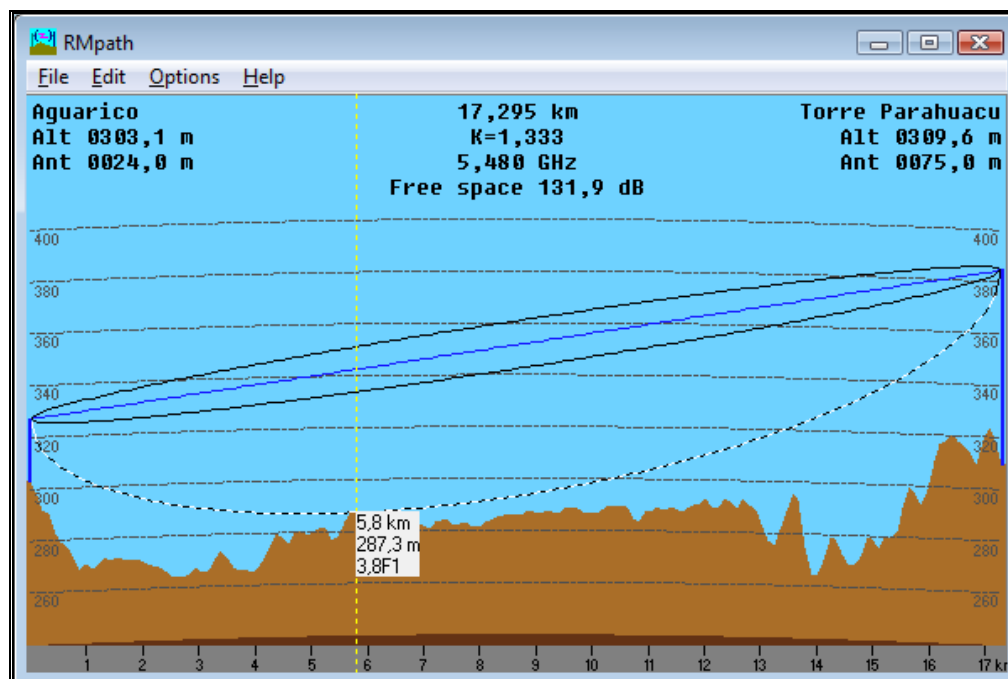


Figura 4.25. Primera zona de Fresnel del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu

Parámetros	Datos del Radio Mobile
Distancia de enlace $D(Km)$	17.295Km
Angulo de elevación α	0.113°
Azimut $Z_{Aguarico_Torre-Parahuacu}$ [°]	334.1°
Azimut $Z_{Torre-Parahuacu_Aguarico}$ [°]	154.1°
Pérdidas en espacio libre A_{PEL} [dB]	131.9 dB
Potencia de recepción P_{RX} [dBm]	-68.1 dBm
Margen de umbral MU [dB]	38.9dB
Potencia efectiva irradiada $ERP_{(w)}$	34.43 W
Nivel de voltaje recibido en el receptor V_{RX} [μV]	88.48 μV
Intensidad de campo eléctrico E ($\frac{dBmV}{m}$)	59.7 $\frac{dBmV}{m}$
Confiability del Sistema [R%]	99.99982594%

Cuadro 4.11. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu

Características técnicas del enlace estación Aguarico - Torre Parahuacu					
Frecuencia de Tx	5475 MHz		Frecuencia de Rx	5485 MHz	
Potencia de Tx	0.1259W	21dBm	Ganancia de la antena	25.85dBd	28 dBi
Altura de antena en Aguarico	24m		Altura de antena en Torre Parahuacu	75 m	
Tipo de antena	Planar array		Sensibilidad RX	-107 dBm	1 μ V
Permitividad relativa al Suelo	15		Conductividad del Suelo	0.005 S/m	

Cuadro 4.12. Características técnicas del enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu

4.3.6.4 Enlace Parahuacu-Torre Parahuacu

En los capítulos anteriores no se tomó en consideración este tramo debido a que por el momento no existe la comunicación entre estos lugares, debido a que por el momento no se cuenta con la conexión física entre estos dos extremos.

En instalaciones anteriores la conexión física de estos puntos rodeaba todo el campamento, el motivo de que en la actualidad no existe comunicación en este sitio se debe a que cuando se realizó algunos trabajos de mantenimiento en esta estación se cortó el medio físico dejando fuera de servicio.

Para solventar este problema se propone realizar un enlace inalámbrico ya que la estación de captación de gas Parahuacu por el momento cuenta con una torre de 20 metros de altura la cual garantiza tener una excelente línea de vista para realizar este enlace.

Basados en las ecuaciones del capítulo 3^o se puede garantizar el porcentaje mínimo de seguridad colocando las antenas a las siguientes alturas. Para la estación de captación Parahuacu la antena queda ubicada a 5 metros de altura y para la estación Torre Parahuacu la antena queda ubicada a 15 metros de altura.

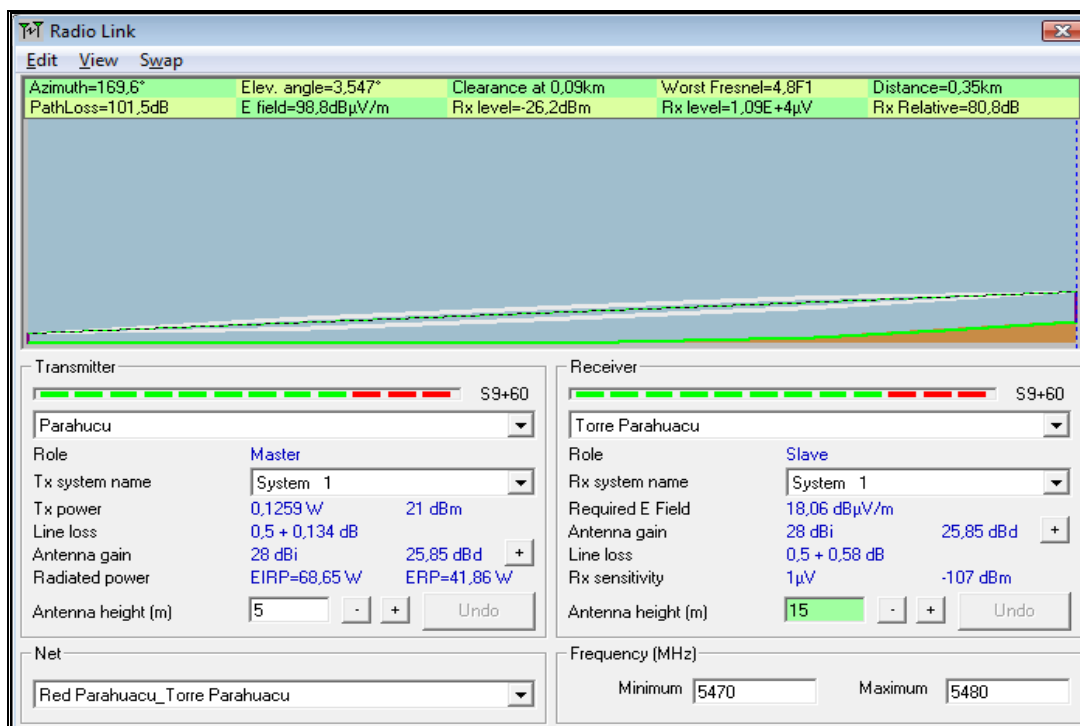


Figura 4.26. Parámetros del enlace estación Parahuacu-Torre Parahuacu obtenidos con Radio Mobile

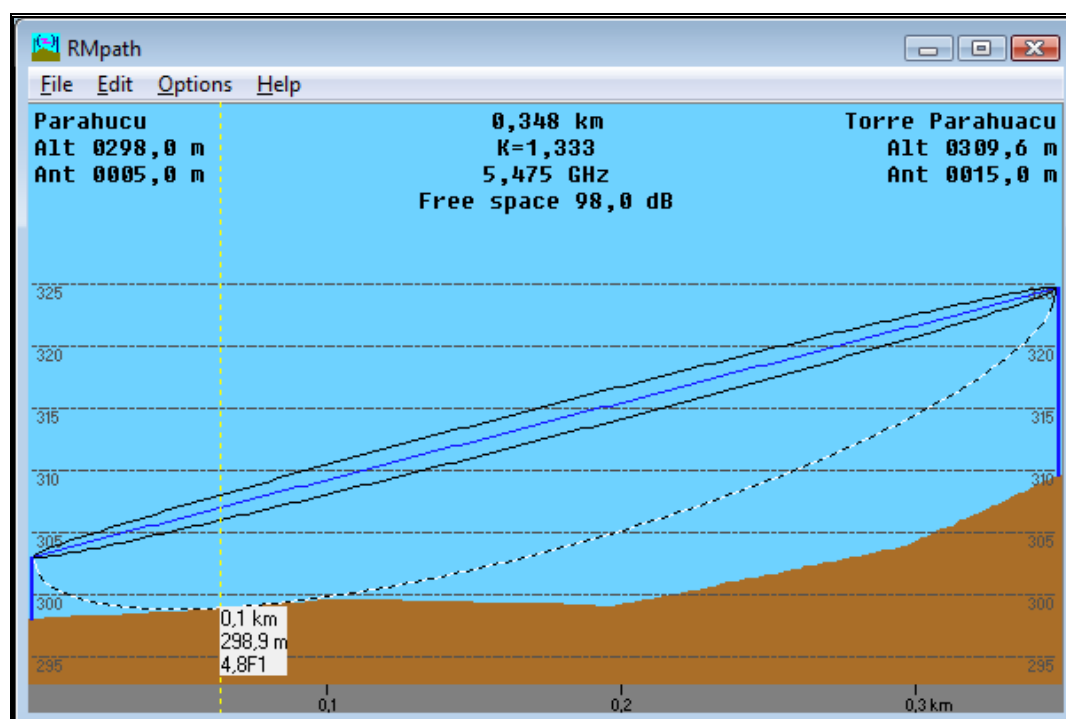


Figura 4.27. Primera zona de Fresnel del enlace estación Parahuacu-Torre Parahuacu

Parámetros	Datos del Radio Mobile
Distancia de enlace $D(Km)$	0.348 Km
Angulo de elevación α	3.547°
Azimut $Z_{Parahuacu_Torre-Parahuacu}$ [°]	169.6°
Azimut $Z_{Torre-Parahuacu_Parahuacu}$ [°]	349.6°
Pérdidas en espacio libre A_{PEL} [dB]	98.0dB
Potencia de recepción P_{RX} [dBm]	-26.2 dBm
Margen de umbral MU [dB]	80.8dB
Potencia efectiva irradiada $ERP_{(w)}$	41.86 W
Nivel de voltaje recibido en el receptor V_{RX} [μV]	$1.09E+4 \mu V$
Intensidad de campo eléctrico E ($\frac{dBuV}{m}$)	98.8 $\frac{dBuV}{m}$
Confiabilidad del Sistema [R%]	100%

Cuadro 4.13. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace estación Aguarico-Torre Parahuacu

Características técnicas del enlace Parahuacu - Torre Parahuacu					
Frecuencia de Tx	5470 MHz		Frecuencia de Rx	5480 MHz	
Potencia de Tx	0.1259W	21dBm	Ganancia de la antena	25.85dBd	28 dBi
Altura de antena en Parahuacu	15m		Altura de antena en Torre Parahuacu	40 m	
Tipo de antena	Planar array		Sensibilidad RX	-107 dBm	1 μV
Permitividad relativa al Suelo	15		Conductividad del Suelo	0.005 S/m	

Cuadro 4.14. Características técnicas del enlace Parahuacu-Torre Parahuacu

4.3.6.5 Enlace Aguarico-Atacapi

De acuerdo a los cálculos obtenidos en el capítulo 3 para garantizar el porcentaje mínimo de seguridad, se recomienda mantener la altura de la antena ubicada en Aguarico. Mientras que para la estación de captación Atacapi se recomienda aumentar la torre que se encuentra instalada, a una altura mínima de 45 metros, y la antena se la ubicara a 40 metros de altura.

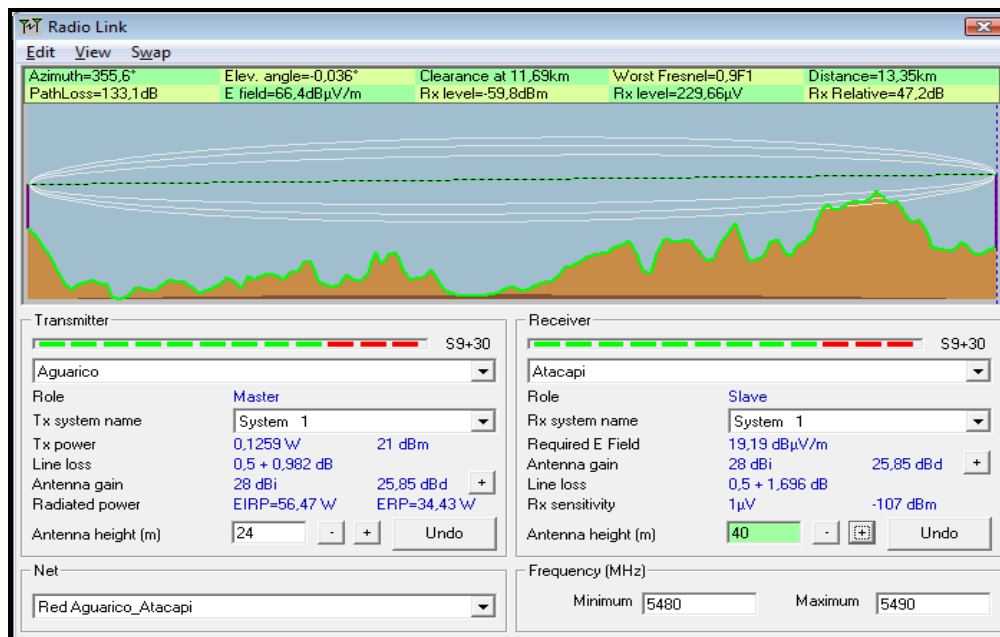


Figura 4.28. Parámetros del enlace Aguarico-Atacapi obtenidos con Radio Mobile

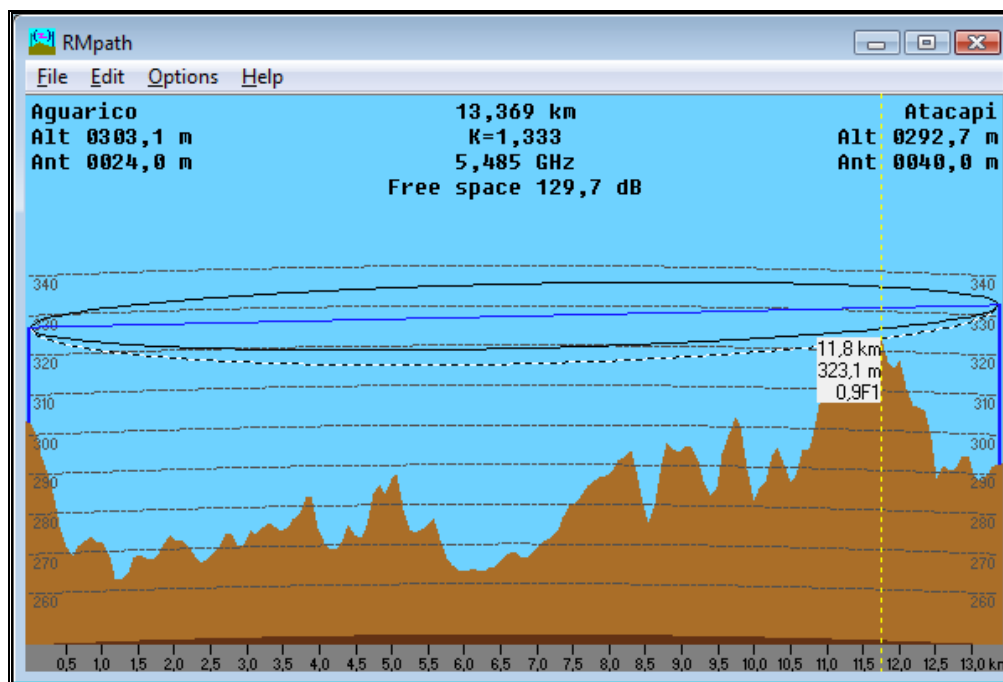


Figura 4.29. Primera zona de Fresnel del enlace estación Aguarico-estación Atacapi

Parámetros	Datos del Radio Mobile
Distancia de enlace $D(Km)$	13.369Km
Angulo de elevación α	0.036°
Azimut $Z_{Aguarico_Atacapi}$ [°]	355.6°
Azimut $Z_{Atacapi_Aguarico}$ [°]	175.6°
Pérdidas en espacio libre A_{PEL} [dB]	129.7dB
Potencia de recepción P_{RX} [dBm]	-59.8dBm
Margen de umbral MU [dB]	47.2dB
Potencia efectiva irradiada ERP [W]	34.43 W
Nivel de voltaje recibido en el receptor V_{RX} [μV]	229.66 μV
Intensidad de campo eléctrico E ($\frac{dBW}{m}$)	66.4 $\frac{dBW}{m}$
Confiabilidad del Sistema [R%]	99.999985%

Cuadro 4.15. Datos obtenidos con Radio Mobile para el enlace estación Aguarico-estación Atacapi

Características técnicas del enlace Aguarico - Atacapi					
Frecuencia de Tx	5480 MHz		Frecuencia de Rx	5490 MHz	
Potencia de Tx	0.1259W	21 dBm	Ganancia de la antena	25.85 dBd	28 dBi
Altura de antena en Aguarico	24m		Altura de antena en Atacapi	40 m	
Tipo de antena	Planar array		Sensibilidad RX	-107 dBm	1 μV
Permitividad relativa al Suelo	15		Conductividad del Suelo	0.005 S/m	

Cuadro 4.16. Características técnicas del enlace estación Aguarico-estación Atacapi

4.3.7 MENCIÓN DE EQUIPOS EN BASE AL PLAN NACIONAL DE UNIFICACIÓN DE TECNOLOGÍA PARA EP-PETROECUADOR

En un futuro se planifica realizar la unificación de equipos y tecnología, debido a que en la actualidad en cada una de las Gerencias de EP-Petroecuador existen equipos de diferente marca.

Para solventar las necesidades de comunicación del CIS y las estaciones de captación de gas se sugiere utilizar equipos Harris Stratex¹² en su modelo Eclipse, los cuales garantizan una alta versatilidad para el transporte de datos de diversa naturaleza tales como: datos, telefonía IP (VoIP), video conferencia, internet.

Los equipos eclipse son líderes en el mercado brindando acceso a los usuarios que pertenecen a una red específica, formada por enlaces microondas que permiten una amplia variedad de aplicaciones.

Eclipse proporciona la solución móvil más completa disponible para el transporte de todo tipo de tráfico: PDH, SDH y Ethernet punto a punto de acceso inalámbrico.



Figura 4.30. Elementos de la marca Harris Stratex en su modelo Eclipse

¹² (Anexo 6) Datasheet equipos Harris Stratex en su modelo Eclipse.
http://www.microlink.hr/.../eclipse/EclipseE300_datasheet_ETSI_0806_ml.pdf

Con la utilización de estos equipos se puede reducir drásticamente el costo total de la implementación de redes inalámbricas, debido a que maneja tecnología para ofrecer soluciones que proporcionan conectividad de tipo: empresarial de banda ancha con acceso inalámbrico fijo y móvil.

A continuación se describen algunas características de los equipos Eclipse.

- **Software Definido.-** Manejan un software altamente escalable donde su arquitectura proporciona a los operadores el control total de sus redes, permitiendo adaptarse a los cambios existentes para solventar las necesidades futuras de una red.
- **Optimización de los nodos inalámbricos.-** La solución Eclipse soporta varias (ODUs) los cuales permiten encaminar la información deseada hacia su destino mediante interfaces seleccionables de tipo: E1, E3, STM1, 10/100 Base-T y Gigabit Ethernet.
- **Alta velocidad de transporte de datos.-** Eclipse soporta Ethernet de alta velocidad y TDM a través de un único canal de radio, el ancho de banda que manejan estos equipos es configurable hasta 311 Mbps con baja latencia. Además, manejan funciones de nivel 2, realizando diferenciación de servicio y maneja funciones de QoS.

Esquema gráfico de conexión de la ODU hasta la IDU

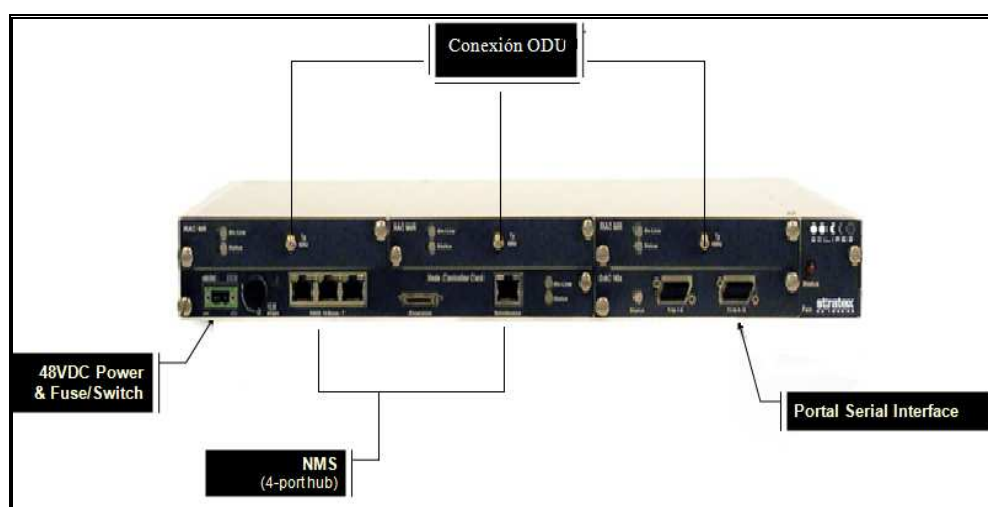


Figura 4.31. Radio Harris Stratex en su modelo Eclipse

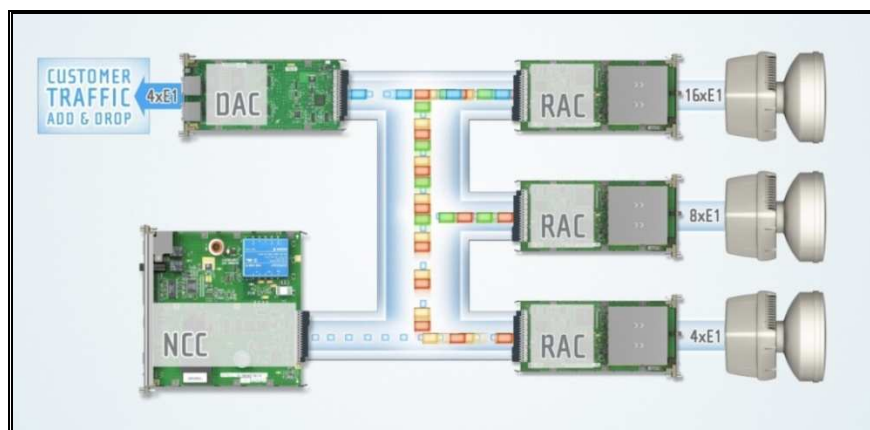


Figura 4.32. Esquema de trabajo de un radio Harris Stratex con su modelo Eclipse para 3 enlaces diferentes

En la figura 4.33 de la página 143 se presenta un esquema de red para una solución en futuras aplicaciones en base al plan nacional de unificación de equipos y tecnología de EP-Petroecuador.

RAC. Radio Access card: Interfaz IF entre la INU y la ODU.

DAC. Data Access card: Interfaz del cliente para el add/drop del tráfico.

NCC. Node Controller card: Controla la operación del nodo.

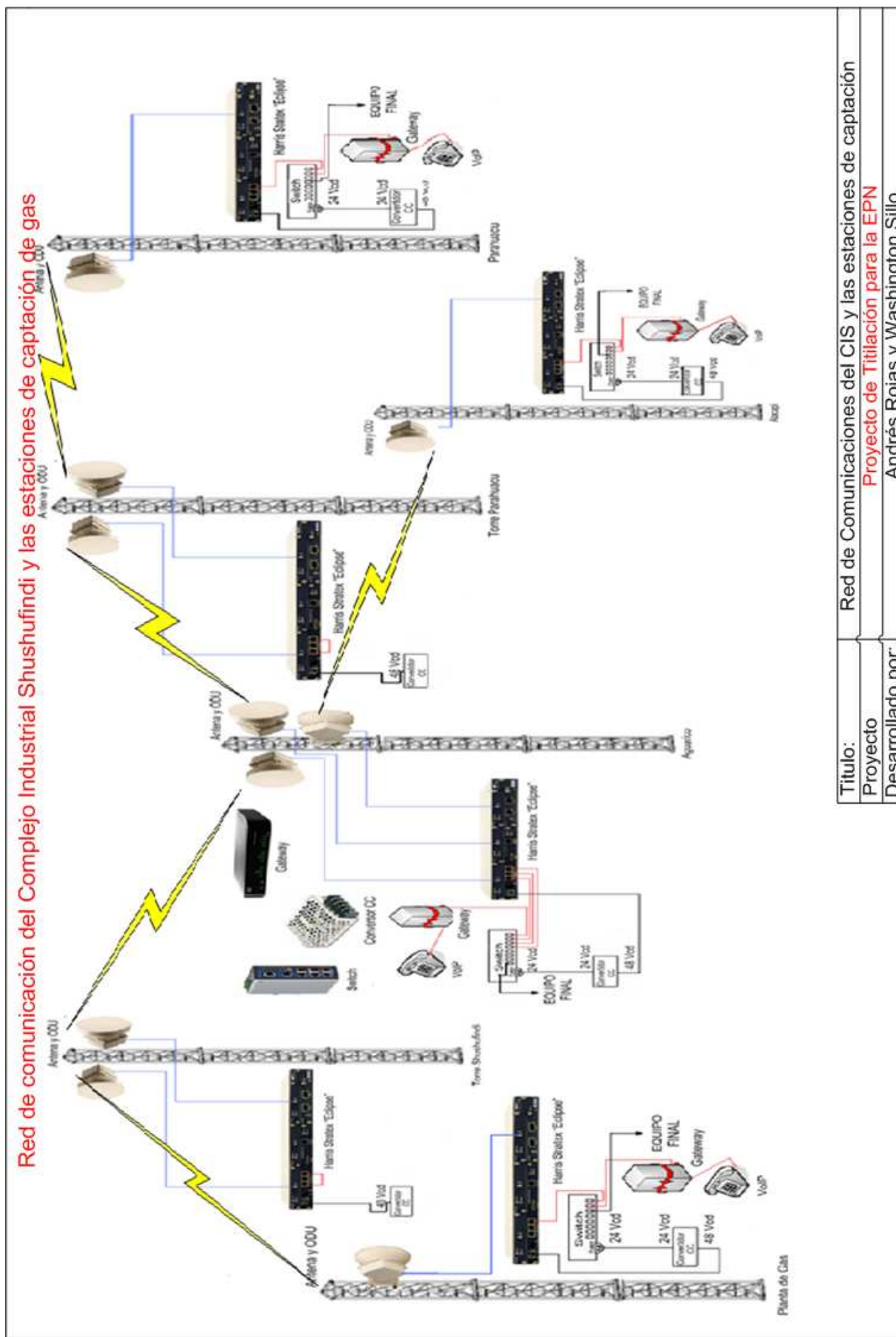


Figura 4.33. Red de Comunicaciones del CIS y las estaciones de captación de gas

Título:	Red de Comunicaciones del CIS y las estaciones de captación
Proyecto	Proyecto de Titulación para la EPN
Desarrollado por:	Andrés Rojas y Washington Sillo

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizado el estudio y análisis correspondiente de los enlaces existentes para los sistemas de comunicación SCADA y de radio teléfono y efectuado un rediseño, por una parte, en la actualización de equipos, acorde al avance tecnológico que ha existido durante el tiempo que ha pasado desde la compra de los equipos que existen actualmente y por otra parte, en el funcionamiento de la red y su posible ampliación que proporcione monitoreo a otras estaciones de captación de gas que pertenecen al Complejo Industrial Shushufindi y que no han sido tomados en cuenta en el enlace actual, basados en las intenciones futuras de la empresa de utilizar equipos y tecnologías a nivel nacional, se pueden realizar algunas conclusiones y recomendaciones que se aportan a continuación:

- EP-Petroecuador hasta el año pasado se dividía en filiales, las cuales eran independientes entre sí en el funcionamiento de cada una de ellas y la toma de decisiones se las realizaba con autonomía propia, lo cual con respecto a las comunicaciones ha causado la utilización de un sinnúmero de equipos con diversidad de características entre uno y otro, requiriendo para ello instruir al personal en la utilización de cada uno de los equipos que se dispone, por lo que la idea de una unificación de equipos, independiente de marcas, facilitaría a la empresa la capacitación de funcionarios en una determinada línea de equipos y haría posible que cualquiera de estos funcionarios sea capaz de trabajar en cualquier parte del Ecuador, conociendo que la empresa, dividida actualmente en gerencias, tiene cobertura a nivel nacional y sería a la vez más fácil reemplazar a un trabajador por otro en caso de dejar vacante el cargo.
- Se debe tener cuidado y tomar algunas precauciones cuando se utilizan equipos de comunicación que operen en bandas libres, puede ser peligroso la interferencia de información que pueda afectar los intereses de una empresa y mucho más de empresas tan grandes productoras de petróleo como es EP-Petroecuador que cualquier tipo de daño que afecte la producción, transporte o refinación del petróleo podría perjudicar en millones de dólares si el daño

paraliza la producción por tan solo unas horas, mucho peor si afectación paraliza días enteros la misma.

- Con un sistema consolidado de comunicación SCADA, haciendo una automatización de los procesos de la empresa se lograría requerir de menos mano de obra y el personal sería ubicado solamente en un punto central de acopio de datos, donde se monitoree, controle y supervise los datos. Para el caso del CIS se lo implementaría en Shushufindi en la parte de Planta de Gas, evitando el traslado de personal a zonas alejadas, privadas de servicios básicos, donde se han dado las condiciones para ubicar infraestructura para la captación de gas, con lo que se puede aprovechar el personal inactivo, en otras actividades concernientes a la empresa, haciendo más eficiente la mano de obra contratada.
- Considerando las condiciones de clima extremo característico del Oriente ecuatoriano y asumiendo que en un futuro se efectúe un cambio de equipos de comunicación, tanto radios como antenas, se recomienda además realizar la renovación de los cables existentes que conectan actualmente las antenas con los radios y que han tenido más de cinco años de servicio, soportando a momentos temperaturas altas y a otros lluvias cuantiosas, lo que afecta radicalmente la vida útil de los cables de comunicación y aunque la mayoría de empresas distribuidoras de cables proporciona garantías de diez años o hasta más se deben considerar tanto las condiciones climáticas del sector como la migración de tecnología para aprovechar y contar en un futuro con conexiones y equipos nuevos que garanticen la comunicación por muchos años más hasta que el avance tecnológico o la ampliación de las redes de comunicaciones ameriten un nuevo cambio de equipos y de conexiones.
- La implicación de trabajar a frecuencias más altas, como se propone en el rediseño y conforme las necesidades de la empresa al usar equipos que operen en frecuencias por encima de los 5 GHz, sería la obtención de un mayor ancho de banda del canal a utilizar. Lo que significa que se puede transmitir más cantidad de información dentro del canal, se requieren antenas de menor tamaño y se pueden colocar sistemas de antenas para obtener mayor ganancia, que puedan suplir las pérdidas que se consiguen al trabajar con estas frecuencias. Pero a la vez tanto la distancia del enlace como la

capacidad de la señal para superar obstáculos, en este caso montañas y árboles, disminuye de manera significativa si se aumenta la frecuencia de transmisión.

- Radio Mobile es un software, aunque es de libre distribución, es utilizado por empresas reconocidas que dan servicios de telecomunicaciones, debido a su precisión en cálculos de radio enlaces, se hace más exacto cuando se ingresa datos técnicos de los equipos utilizados y los parámetros que tendrá el enlace, el programa pide se ingrese valores de potencias, ganancias de antenas, pérdidas de cables, sensibilidad del receptor y otros que harán que los resultados que origina este software sean confiables al momento de realizar una simulación de un enlace de media o larga distancia, Radio Mobile adquiere información del Google Earth, la que nos facilita características del perfil topográfico involucrado en el enlace, evitando el uso de mapas, y cálculos usados en el pasado.
- El utilizar una tecnología que pueda agrupar los dos sistemas de comunicación requeridos por el Complejo Industrial Shushufindi, tanto de voz como de datos, evitará la adquisición de dos frecuencias distintas como se ha venido trabajando hasta la actualidad, además que reducirá gastos de antenas, cables, conectores, reguladores que son necesarios para poner en funcionamiento a los equipos de comunicación y el ahorro de mantenimiento que implica utilizar este tipo de dispositivos. La utilización de equipos que soporten una tecnología actual como VoIP permitiría que la voz viaje encapsulada en paquetes IP utilizando la misma red de datos, sin que exista la necesidad de hacer uso de la PSTN (Public switched telephone network), posibilitando así la realización de llamadas telefónicas y el envío de datos por la misma red, la misma que será capaz de enviar cualquier tipo de comunicación, sea esta de voz, datos o video.
- Se recomienda la implementación de un departamento de comunicaciones que involucre tanto personal de Sistemas como de Telecomunicaciones en las instalaciones del CIS o en sus alrededores, es en un futuro imprescindible su existencia para dar soporte inmediato a la red de comunicación, evitando la contratación de empresas privadas ajenas a EP-Petroecuador que solo dan servicio en caso de fallas.

- La realización de este Proyecto de Titulación ha significado para nosotros una gran experiencia previa al desarrollo de una vida laboral que nos espera en un futuro cercano, el haber permanecido durante la realización de este trabajo en lugares lejanos a nuestros hogares nos ha permitido crecer y madurar como personas, el tener un convenio de beca firmado hace que la responsabilidad de efectuar con lo establecido, sea cumplido de la mejor manera por nuestra parte y ahora una vez culminado el desarrollo de esta labor nos hace reflexionar y pensar acerca de las responsabilidades que nos esperan y a las cuales esperamos responder de la manera más profesional posible.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

[¹] www.gedigitalenergy.com/products/manuals/MDS/3305D-x710ACMT.pdf

[²] http://www.fieldserver.com/docs/pdf/ENOTE0074-Using_the_B&B_4850TLED_RS-232_to_RS-485_converter.pdf

[³] http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/RDCM/adjuntos/material_consulta/Manuales%20del%20programa%20Radio%20Mobile/Manual%20de%20Radio%20Mobile.pdf

[⁴] http://www.goshop.co.nz/pdf/Nport_6110.pdf

[⁵] http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/voicesw/ps6790/gatecont/ps10024/ps10446/data_sheet_c78-534718.pdf

[⁶] http://www.moxa.com/product/download/EDS-408A_405A.pdf

[⁷] <http://www.amvelectronica.com/catalogo/fuentes/irs15.htm>

[⁸] <http://www.ralco-networks.com/descargas/Alvarion.pdf>

[⁹] www.amgn.org.mx/amgn%20asamblea%202007/.../2.pdf

[¹⁰] <http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1095/6/T10905CAP4.pdf>

[¹¹] http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye_archivos/apuntess/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf

[¹²] <http://www.control-systems-principles.co.uk/whitepapers/spanishwp/14ProgLogicSP.pdf>

[¹³] <http://www.dxzone.com/catalog/Antennas/Yagi/>

[¹⁴] www.aiu.edu/.../SCADA%20System's%20&%20Telemetry.html

[¹⁵] <http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/123456789/9142/1/T11628.pdf>

[¹⁶] <http://www.therfc.com/polyphasers.htm>

[¹⁷] ftp://ftp.wll.cz/instal_dsk/BNet/BNet-B-040809/BNET%20B%20Announce%2028%20Nov%202003a.pdf

[¹⁸] www.ltidata.com/pdfdocuments/.../061-HarrisStratexEclipse.pdf

[¹⁹] www.microlink.hr/.../eclipse/EclipseE300_datasheet_ETSI_0806_ml.pdf

[²⁰] http://www.coit.es/pub/ficheros/apendice_s1_ddce99d3.pdf

[²¹] <http://www.cpcomms.com/mfr/gear/DBProducts/DB438.pdf>

[²²] <http://www.inysa.es/lambda/desgcat/antenasbasedire240-390.pdf>

[²³] http://awapps.commscope.com/catalog/andrew/doc/DB413_Offset_Pattern_Station_Antennas.aspx?id=0000002%2Ft009_r02121_v0.pdf

[²⁴] http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?view=article&catid=282%3Aformularios-y-requisitos&id=702%3Aformularios-para-concesion-de-frecuencias&option=com_content&Itemid=426