UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN REDES Y TELECOMUNICACIONES

Tema:

"**RED DE COMUNICACIONES Y LA RELACIÓN EN LA GESTIÓN OPERATIVA DE RECONECTADORES A TRAVÉS DE UN SISTEMA SCADA**"

Trabajo de Titulación

Previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en Redes y Telecomunicaciones

Autor: Ing. Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo

Director: Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo Mg.

Ambato - Ecuador

2014

Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato

El Tribunal de Defensa del trabajo de titulación presidido por Ingeniero Edison Homero Álvarez Mayorga Magíster, Presidente del Tribunal e integrado por los señores Ingeniero Julio Enrique Cuji Rodríguez Magíster, Ingeniero José Vicente Morales Lozada Magíster, Ingeniero Mario Geovanny García Carrillo Magíster, Miembros del Tribunal de Defensa designados por el Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar la defensa oral del trabajo de titulación para graduación con el tema: "RED DE COMUNICACIONES Y LA RELACIÓN EN LA GESTIÓN OPERATIVA DE RECONECTADORES A TRAVÉS DE UN SISTEMA SCADA", elaborado y presentado por el señor Ingeniero Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo, para optar por el Grado Académico de Magíster en Redes y Telecomunicaciones .

Una vez escuchada la defensa oral el Tribunal aprueba y remite el trabajo de titulación para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Edison Homero Álvarez Mayorga, Mg.
Presidente del Tribunal de Defensa

Ing. Julio Cuji Enrique Rodríguez, Mg.
Miembro del Tribunal

Ing. José Vicente Morales Lozada, Mg.
Miembro del Tribunal

Ing. Mario Geovanny García Carrillo, Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de Titulación con el tema: **"RED DE COMUNICACIONES Y LA RELACIÓN EN LA GESTIÓN OPERATIVA DE RECONECTADORES A TRAVÉS DE UN SISTEMA SCADA"**, le corresponde exclusivamente a: Ing. Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo, Autor bajo la Dirección de Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo Mg., Director del trabajo de titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo	Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo, Mg.
Autor	Director

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso este trabajo de titulación como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los Derechos de mi trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además autoriza su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo
c.c. 1802248995

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y la fuerza necesaria para este propósito alcanzado

A mis padres José Manuel (†) y Carmen Rosa (†) fallecidos hace poco tiempo, porque me enseñaron que este es el camino de superación en la vida.

A mi esposa Myriam Lorena, a mis hijos Carlos Manuel, Juan José y Mateo Nicolás que son la razón de mi vida, con todo mi amor.

Ing. Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería de Sistemas, Electrónica e Industrial, a la Empresa Eléctrica Quito. S.A., al Ing. Geovanni Brito por ser los guías fundamentales para el presente trabajo.

A toda mi familia por su constante apoyo en todos los logros alcanzados en mi vida.

Ing. Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES

Portada ……i
Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato ii
Autoría de la investigación..... iii
Derechos del autor..... iv
Dedicatoria v
Agradecimiento vi
Índice general vii
Índice de cuadros..... xi
Índices de gráficos..... xii
Índices de tablas xiv
Resumen Ejecutivo..... xvi
Executive Summary xvii
Introducción 1
CAPÍTULO I..... 3
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 3
1.1. Tema de investigación 3
1.2 Planteamiento del problema..... 3
1.2.1 Contextualización..... 3
1.2.1.1 Macrocontextualización 3
1.2.1.2 Mesocontextualización..... 3
1.2.1.3 Microcontextualización..... 4
1.2.2 Árbol de Problemas..... 5
1.2.3 Análisis Crítico..... 6
1.2.4 Prognosis 6
1.2.5 Formulación del Problema 6
1.2.6 Interrogantes de la Investigación 7
1.2.7 Delimitación de la Investigación..... 7
1.3 Justificación..... 7
1.4 Objetivos 8
1.4.1 Objetivo General 8
1.4.2 Objetivos Específicos:..... 8
CAPÍTULO II 9
MARCO TEÓRICO..... 9
2.1 Antecedentes de Investigación..... 9
2.2 Fundamentación Legal 11
2.3 Categorías las Variables..... 11
2.4.1 Telecomunicaciones..... 14
2.4.1.1 Definición..... 14
2.4.1.2 Clasificación de las redes 16
2.4.1.3 Elementos de un sistema de telecomunicaciones..... 17
2.4.1.4 Clasificación de las Telecomunicaciones..... 18
2.4.2 Comunicación Inalámbrica 18
2.4.2.1 Definición..... 18
2.4.2.2 Tipos de conexiones..... 20

2.4.2.3 Elementos de Red Inalámbrica..... 21
2.4.3 Tecnologías Móviles 23
2.4.3.1 Definición..... 23
2.4.3.2 Composición de los Sistemas de Comunicaciones Móviles 23
2.4.3.3 Características de los sistemas celulares 24
2.4.3.4 Red General Packet Radio Service (GPRS)..... 24
2.4.3.4.1 Arquitectura de la red..... 25
2.4.3.4.2 Tipología del servicio..... 25
2.4.4 Redes Virtuales (VPN)..... 27
2.4.4.1 Definiciones 27
2.4.4.2 Ventajas del uso de las Redes Privadas Virtuales (VPN) 28
2.4.5 Sistemas Eléctricos..... 31
2.4.5.1 Introducción 31
2.4.5.2 Sistemas de Distribución..... 32
2.4.5.2.1 Definición..... 32
2.4.4.5.2 Componentes de un sistema de distribución 32
2.4.6 Sistemas SCADA 34
2.4.6.1 Definición..... 34
2.4.6.2 Arquitectura de un Sistema SCADA..... 34
2.4.6.3 Niveles de integración de un Sistema SCADA. 35
2.4.7 Calidad del Servicio Técnico 36
2.4.7.1 Definición..... 36
2.4.7.2 Índices de Calidad de Servicio..... 36
2.4.7.2.1 Frecuencia Media de Interrupción por kVA Nominal Instalado (FMIK) 37
2.4.7.2.2 Tiempo Total de Interrupción por kVA Nominal Instalado (TTIK)..... 38
2.4.8 Reconectadores 39
2.4.8.1 Aplicación 39
2.4.9 Conceptos del Marco Teórico 40
2.6 Categorías de la Variable Independiente..... 44
2.7 Categorías de la Variable Dependiente 44
CAPÍTULO III 45
METODOLOGÍA 45
3.1 Enfoque 45
3.2 Modalidad de Investigación 46
3.3 Niveles o Tipos 46
3.4 Población y Muestra..... 47
3.5 Técnicas e Instrumentos..... 50
3.6 Plan para Recolección de la Información..... 50
3.7 Plan para el Procesamiento de la Información..... 51
CAPÍTULO IV 51
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... 52
4. 1 Análisis e interpretación de resultados de la encuesta 52
4.2 Verificación de la Hipótesis 63
4.2.1 Formulación de la Hipótesis..... 63
4.2.2 Nivel de Significación..... 63
4.2.3 Elección de la Prueba Estadística..... 63
4.2.4 Zona de Aceptación o Rechazo..... 65

4.2.5 Cálculo Matemático 66
CAPÍTULO V 68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 68
5.1 Conclusiones 68
5.2 Recomendaciones 69
CAPÍTULO VI 71
PROPUESTA 71
6.1 Descripción del Sistema Eléctrico de EEQ. 71
6.1.1 Área de Concesión. 71
6.1.2 Instalaciones Eléctricas. 71
6.1.3 Accionistas 72
6.1.4 Composición Accionaria 72
6.1.5 Sistemas de Información y Comunicación 73
6.1.6 Innovación Tecnológica 73
6.1.7 Políticas Institucionales de la Empresa. 74
6.2 Antecedentes de la Propuesta. 74
6.3 Justificación de la Propuesta 75
6.4 Situación Actual de la Automatización de Redes de Distribución 78
6.5 Análisis de la Red Actual de Comunicaciones 79
6.6 Levantamiento de la Información 82
6.8 Descripción de la Topología Propuesta 85
6.9 Estudio de Factibilidad a Nivel de Radio Frecuencia 87
6.9.1 Criterios de Factibilidad 87
6.9.2 Parámetros 89
6.9.3 Procedimiento de Cálculo del Radio Enlace 91
6.10 Modos de Conexión 98
6.11 Esquemas de Conexión 99
6.12 Resultados del Estudio Radioeléctrico 101
6.13 Resultados 103
6.14 Verificación de los Estudios Radioeléctricos en Sitio 109
6.15 Reconectadores a comunicarse a través de VPN 114
6.16.1 Reconectadores Factibles Radio Frecuencia 119
6.16.2 Reconectadores no Factibles Radio Frecuencia 120
6.17 Esquema de direccionamiento IP 123
6.18 Equipamiento de radiofrecuencia para los reconectadores factibles en el estudio radioeléctrico 126
6.19 Torres y Mástiles 129
6.19.1 Especificaciones Técnicas para los tipos de torres contemplados 130
6.19.2 Torres Auto Soportadas 131
6.19.3 Mástiles 133
6.20 Equipamiento de red para los reconectadores no factibles en el estudio radioeléctrico. 134
6.21 Costos Referenciales 135
6.22 Proceso de Integración de Reconectadores al Sistema SCADA 137
6.23 Conclusiones y Recomendaciones de la Propuesta 139
6.23.1 Conclusiones de la Propuesta 139
6.23.2 Recomendaciones de la Propuesta 140
Bibliografía 142

ANEXO No 1 147
ANEXO No 2 151
ANEXO No 3 162

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No 1: Posibles configuraciones desde el punto de acceso 26
Cuadro No 2: Modelo OSI..... 41
Cuadro No 3: Población..... 47
Cuadro No 4: Variable Independiente Sistema de Comunicaciones..... 48
Cuadro No 5: Variable Dependiente Operación de reconectadores 49
Cuadro No 6: Recolección de información 50
Cuadro No 7: Composición Accionaria de EEQ 72

ÍNDICES DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Relación Causa – Efecto 5
Gráfico 2: Constelación de Ideas de la Variable Independiente 12
Gráfico 3: Constelación de Ideas de la Variable Dependiente 13
Gráfico 4: Red LAN y WAN 15
Gráfico 5: Redes Conmutadas 16
Gráfico 6: Enlace de Radios o Radioenlace 19
Gráfico 7: Esquema de conexión punto a punto 20
Gráfico 8: Esquema de conexión punto multipunto 20
Gráfico 9: Esquema de conexión de malla 21
Gráfico 10: Diagrama de conexión de una red VPN 27
Gráfico 11 Diagrama de una red VPN con túnel 30
Gráfico 12: Componentes de un Sistema Eléctrico 32
Gráfico 13: Componentes de un sistema SCADA 34
Gráfico 14: Arquitectura de un sistema SCADA de una planta de agua 35
Gráfico 15: Niveles de integración de un Sistema SCADA 36
Gráfico 16: Frecuencia Media de Interrupción - FMIk 37
Gráfico 17: TTIk Tiempo Total de Interrupción 39
Gráfico 18: Reconectador instalado en la red de distribución de energía 39
Gráfico 19: Módulo de control y comunicaciones de un reconectador 40
Gráfico 20: Pregunta 1 53
Gráfico 21: Pregunta 2 54
Gráfico 22: Pregunta 3 55
Gráfico 23: Pregunta 4 56
Gráfico 24: Pregunta 5 57
Gráfico 25: Pregunta 6 58
Gráfico 26: Pregunta 7 59
Gráfico 27: Pregunta 8 60
Gráfico 28: Pregunta 9 61
Gráfico 29: Pregunta 10 62
Gráfico 30: Zona de Aceptación y Rechazo 66
Gráfico 31: Evolución FMIk 74
Gráfico 32: Evolución TTIk n 75
Gráfico 33: Componentes de un Sistema de Distribución 76
Gráfico 34: Evolución FMIk 77
Gráfico 35: Evolución Indicador TTIk 77
Gráfico 36: Subestaciones integradas al Sistema SCADA 78
Gráfico 37: Red de Comunicaciones de EEQ 79
Gráfico 38: Modelo jerárquico de CISCO 80
Gráfico 39: Modelo jerárquico 81
Gráfico 40: Diagrama genérico subestación eléctrica 82
Gráfico 41: Topología general a ser implementada 86
Gráfico 42: Patrón de Radiación Antena Omnidireccional 15dBi 90
Gráfico 43: Patrón de Radiación Antena Direccional 24 dBi 90
Gráfico 44: Patrón de Radiación Antena Sectorial 20 dBi 90
Gráfico 45: Balance de potencias – Enlace radiofrecuencia unidireccional 92

Gráfico 46: Ejemplo conexión Punto a Punto 99
Gráfico 47: Ejemplo Conexión Punto a Punto con salto Intermedio. 100
Gráfico 48: Ejemplo conexión Punto a Multipunto. 101
Gráfico 49: Diagrama de conexión radios en paneles de control NOJA 118
Gráfico 50: Diagrama de conexión radios en paneles de control TAVRIDA..... 119
Gráfico 51: Escenario 1 – Topología de red con torre de comunicaciones 120
Gráfico 52: Topología de red a ser implementada en la subestación Los Bancos 121
Gráfico 53: Topología de red a ser implementada para los reconectadores no factibles en el estudio de radio frecuencia. 123
Gráfico 54: Esquema de direccionamiento IP propuesto 125
Gráfico 55: Área de construcción de una torre auto soportada 132
Gráfico 56: Estructura general torre autosoportada 132
Gráfico 57: Mástil 133
Gráfico 58: Componentes para integración de un equipo al Sistema SCADA ... 137
Gráfico 59: Esquema de Integración de los Reconectadores 139

ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1: Pregunta 1 52
Tabla 2: Pregunta 2 54
Tabla 3: Pregunta 3 55
Tabla 4: Pregunta 4 56
Tabla 5: Pregunta 5 57
Tabla 6: Pregunta 6 58
Tabla 7: Pregunta 7 59
Tabla 8: Pregunta 8 60
Tabla 9: Pregunta 9 61
Tabla 10: Pregunta 10 62
Tabla 11: Frecuencias de Preguntas 3 y 10 64
Tabla 12: Frecuencias esperadas de preguntas 3 y 10 66
Tabla 13: Pérdidas de Cable en 2.4 GHZ 91
Tabla 14: Valores del factor climático 95
Tabla 15: Subestaciones Factibles 103
Tabla 16: Subestación Machachi 104
Tabla 17: Subestación Barrionuevo 105
Tabla 18: Subestación Aeropuerto 105
Tabla 19: Subestación Belisario Quevedo 105
Tabla 20: Subestación Cotocollao 106
Tabla 21: Subestación San Rafael 106
Tabla 22: Subestación Andalucía 107
Tabla 23: Subestación Tababela 107
Tabla 24: Subestación Sangolquí 107
Tabla 25: Subestación Tumbaco 108
Tabla 26: Subestación Eugenio Espejo 108
Tabla 27: Subestación Cristianía 109
Tabla 28: Subestación Pomasqui 109
Tabla 29: Factibilidad Subestación Andalucía 110
Tabla 30: Factibilidad Subestación Aeropuerto 110
Tabla 31: Factibilidad Subestación Barrio Nuevo 110
Tabla 32: Factibilidad Subestación Belisario Quevedo 110
Tabla 33: Factibilidad Subestación Cotocollao 111
Tabla 34: Factibilidad Subestación Machachi 111
Tabla 35: Factibilidad Subestación San Rafael 112
Tabla 36: Factibilidad Subestación Tababela 112
Tabla 37: Factibilidad Subestación Sangolquí 112
Tabla 38: Factibilidad Subestación Eugenio Espejo 113
Tabla 39: Factibilidad Subestación Tumbaco 113
Tabla 40: Factibilidad Subestación Cristianía 114
Tabla 41: Factibilidad Subestación Pomasqui 114
Tabla 42: Reconectadores no factibles 115
Tabla 43: Direccionamiento IP de subredes para reconectadores 126
Tabla 44: Equipamiento de Radio Frecuencia 126
Tabla 45: Antenas por Subestación 127

Tabla 46: Antenas por Reconectador 128
Tabla 47: Requerimiento de torre por subestación 133
Tabla 48: Equipamiento reconectadores no factibles..... 134
Tabla 49: Costos Referenciales..... 135

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN REDES Y TELECOMUNICACIONES

Tema "RED DE COMUNICACIONES Y LA RELACIÓN EN LA GESTIÓN OPERATIVA DE RECONECTADORES A TRAVÉS DE UN SISTEMA SCADA"

Autor: Ing. Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo

Director: Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo Mg.

Fecha: 25 de noviembre de 2013

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación sobre "RED DE COMUNICACIONES Y LA RELACIÓN EN LA GESTIÓN OPERATIVA DE RECONECTADORES A TRAVÉS DE UN SISTEMA SCADA", tiene como objetivo general, utilizar las tecnologías de comunicaciones existentes, para comunicar equipos instalados en la red de distribución de Empresa Eléctrica Quito – EEQ, como reconectadores, con su Centro de Control, a través de su sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos – SCADA, con el objeto de disminuir los tiempos de interrupción del servicio eléctrico a sus usuarios, mejorando los índices la calidad del servicio de energía eléctrica y cumplir con los parámetros establecidos por el Consejo Nacional de Electricidad – CONELEC y las metas establecidas por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable – MEER.

DESCRIPTORES: Comunicaciones, Comunicación Inalámbrica, Calidad del Servicio, Energía Eléctrica, Gestión Operativa, Índices, Reconectadores, SCADA, Sistemas de Distribución, Redes Privadas Virtuales.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN REDES Y TELECOMUNICACIONES

Theme "NETWORK COMMUNICATIONS AND RELATIONSHIP IN OPERATIONAL MANAGEMENT RECLOSER THROUGH A SCADA SYSTEM"

Author: Ing. Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo
Director: Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo, Mg.
Date: 25 november 2013

EXECUTIVE SUMMARY

Research on "NETWORK COMMUNICATIONS AND RELATIONSHIP IN OPERATIONAL MANAGEMENT RECLOSER THROUGH A SCADA SYSTEM" general objective, using existing communication technologies to communicate equipment installed in the distribution network of Empresa Eléctrica Quito - EEQ as reclosers, with your Control Center, through its system of Supervisory Control and data Adquisition - SCADA, in order to reduce the time of interruption of electrical service to its users, improving the quality indices electrical service and meet the parameters set by the National Electricity Council - CONELEC and targets set by the Ministry of Electricity and Renewable Energy - MEER.

DESCRIPTIONS: Communications, Wireless Communication, Quality of Service, Electric Power, Operational Management, Indexes, Reclosers, SCADA, Distribution Systems, Virtual Private Networks.

INTRODUCCIÓN

Las Nuevas Tecnologías de la Información y de las Telecomunicaciones han impactado la vida cotidiana del hombre en los albores del siglo XXI, y esta infiltración tenderá a socializarse cada día más.

Las instituciones públicas como la Empresa Eléctrica Quito, indudablemente, no están ajenas a este fenómeno, y se mueven bajo el enfoque constructivista en torno al uso de las nuevas tecnologías para las comunicaciones, en donde lo importante es tomar decisiones, para la solución de problemas determinados que ayuden a una mejor atención a sus clientes, y específicamente en prestar un servicio eléctrico de calidad, acorde con la normativa legal establecida, para éste propósito.

El presente trabajo de investigación desarrollado en la Empresa Eléctrica Quito, está estructurado por capítulos, para lo cual los primeros hacen referencia a la descripción general de: sistemas de telecomunicaciones existentes, los componentes de un sistema de distribución de energía eléctrica, su infraestructura eléctrica, descripción del sistema SCADA, los requerimientos técnicos y legales de las regulaciones vigentes respecto a los índices de calidad del servicio de electricidad. Estos originan el problema, fundamentados en una investigación bibliográfica y de campo, utilizados como instrumentos base para la red de comunicaciones, para mejorar la gestión operativa de sus equipos instalados a nivel del Sistema de Distribución, como es el caso de los reconectadores a través de su sistema SCADA.

Finalmente se describe, una propuesta, con una clara descripción técnica e ilustraciones de las variables del problema en estudio, para alcanzar los objetivos planteados, los mismos que ofrecen una facilidad al logro de resultados esperados, con información en tiempo real a través del sistema SCADA. También encontramos tablas depuradas y gráficos; y, costos para la implementación de este sistema.

Este trabajo no pretende ser la única alternativa de solución ante el problema investigado, sino un aporte para las otras empresas eléctricas del país, como una

alternativa para mejorar sus índices de calidad del servicio de energía eléctrica, aprovechando las infraestructuras tecnológicas propias y existentes de las telecomunicaciones.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Tema de investigación

Red de comunicaciones y la relación en la gestión operativa de reconectadores, a través de un sistema SCADA

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Contextualización

El desconocimiento de la utilización de los actuales sistemas de comunicaciones, afecta la gestión operativa de los reconectadores a través de un sistema SCADA.

1.2.1.1 Macrocontextualización

El desarrollo mundial de las comunicaciones, permite encontrar soluciones a las empresas, a mejorar sus procesos de atención al cliente, comunicación con el cliente, atención de reclamos, lo cual permite interactuar de mejor forma con sus clientes. En los servicios públicos, la aplicación de las tecnologías de las comunicaciones permite disminuir los tiempos de atención a sus consumidores.

1.2.1.2 Mesocontextualización

En el Ecuador el CONELEC, en el año 2001 promulgó la Regulación relacionada a los índices de Calidad del Servicio Técnico y Comercial, que tienen que cumplir

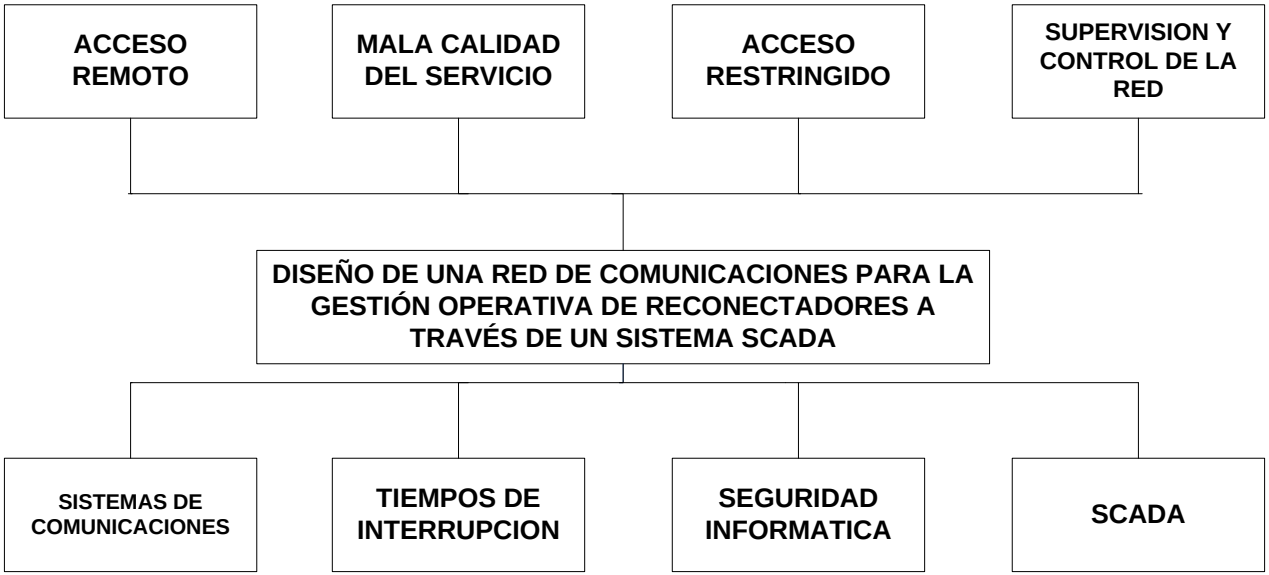
las Empresas Eléctricas del Ecuador, otorgándoles un tiempo para implementar acciones que les permitan cumplir estos requerimientos legales.

1.2.1.3 Microcontextualización

La Empresa Eléctrica Quito, a partir del 2008 inició un proceso de automatización de sus redes de distribución, con la implementación de su sistema SCADA para disminuir los tiempos de interrupción del servicio eléctrico. A partir del año 2012, se inició la instalación de reconectadores en las redes de distribución, equipos que tienen la capacidad de comunicarse con el sistema SCADA, por lo cual es necesario diseñar un sistema de comunicaciones que interactúen entre sí, con el propósito de mejorar los índices de calidad del servicio y cumplir los requerimientos de la regulación mencionada, establecida por el CONELEC y alcanzar las metas establecidas anualmente por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables -MEER.

1.2.2 Árbol de Problemas

Gráfico 1: Relación Causa – Efecto



Elaborado por: Manuel Otorongo

1.2.3 Análisis Crítico

La modernización de los sistemas eléctricos tanto de generación como de distribución de energía eléctrica, por las exigencias legales de proporcionar servicios de calidad a sus usuarios, han optado por modernizar sus instalaciones, automatizando las mismas, a través de avanzados sistemas de control, supervisión y adquisición de datos, que necesitan de manera imperativa estar soportados por una plataforma de comunicaciones robusta y dinámica, que permita alcanzar niveles aceptables de disponibilidad, flexibilidad y seguridad tanto en los datos como en su integridad física.

Las redes de comunicaciones hoy en día tienen una gran variedad de opciones para dotar de conectividad a los dispositivos que se encuentran en las redes eléctricas, además se prevé para las nuevas fuentes alternativas de energía, métodos, estrategias y estándares en los sistemas de comunicación, que permitan adaptarse a la exigente estabilidad de un red eléctrica.

1.2.4 Prognosis

Si la empresa no dispone o no cuenta con una red robusta de comunicaciones a nivel de fibra óptica con redundancia que comunique sus instalaciones, no le será posible desplegar a partir de esta base, los nodos de comunicaciones para llegar a los equipos de la red de distribución como los reconectadores, en una especie de red híbrida, donde los enlaces de última milla serán las conexiones inalámbricas y los enlaces de fibra óptica pasen a ser la red de transporte o backbone, que lleve la información al Centro de Control de la Empresa.

1.2.5 Formulación del Problema

¿Cómo afecta la indisponibilidad de comunicaciones entre equipos instalados en las redes de distribución, como los reconectadores y el sistema SCADA, en la calidad del servicio eléctrico?

1.2.6 Interrogantes de la Investigación

- ¿Cómo utilizar las tecnologías de comunicaciones existentes, para mejorar la calidad del servicio de energía?
- ¿Porque es necesario la adquisición de datos de los reconectadores instalados en la red de distribución de energía?
- ¿Cuánto se debe invertir para cumplir con las normativas legales, y técnicas de calidad del servicio?

1.2.7 Delimitación de la Investigación

Campo: Telecomunicaciones
Área: Comunicación Inalámbrica (Enlaces de Radio o Radioenlaces)
Aspecto: Redes Virtuales, Enlaces de Radio o Radioenlaces.

1.2.7.1 Delimitación Espacial:

Empresa Eléctrica Quito S.A

1.2.7.2 Delimitación Temporal:

Del 11 de julio de 2013 al 25 de noviembre de 2013.

1.2.7.3 Unidades de Observación:

La red se diseñara de acuerdo a lo solicitado por la Empresa Eléctrica Quito.

1.3 Justificación

Las normativas legales y técnicas vigentes, exigen a las empresas prestadoras de servicios públicos, garantizar el suministro del servicio que prestan con calidad y eficiencia, entre ellos el servicio de energía eléctrica, por lo que es necesario

diseñar un sistema de comunicaciones, utilizando las tecnologías existentes para mejorar la operación del sistema eléctrico, que permita obtener tiempos de reposición cortos ante suspensiones inesperadas del servicio, mejorando la calidad del suministro de energía eléctrica a los usuarios.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una red de comunicaciones, para la gestión operativa de equipos reconectadores instalados en la red de distribución de la Empresa Eléctrica Quito

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Cuáles son los factores de uso de las tecnologías de comunicación para la mejora de la calidad de servicio de energía eléctrica.
- Evaluar la disminución en los tiempos de interrupción del servicio de energía eléctrica, para medir su impacto en el mejoramiento de la calidad del servicio de energía eléctrica.
- Establecer las políticas de seguridades adecuadas, en la transmisión de datos, para restringir el acceso a usuarios no autorizados en la operación de los equipos.
- Analizar el comportamiento de la red de distribución de energía eléctrica, a través de los reconectadores, para control y supervisión de los mismos.
- Determinar el costo de la red de comunicación diseñada, para proponer su implementación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Investigación

Existe información en libros, tesis de grado, fuentes bibliográficas electrónicas relacionadas a la red o sistemas de comunicaciones, que servirán de apoyo para llevar a cabo la investigación, así como artículos publicados y tomados de:

Solano Gaibor Daniela (2012) dice "Las tecnologías de interconexión inalámbrica van desde redes de voz y datos globales, que permiten a los usuarios establecer conexiones inalámbricas a través de largas distancias, hasta las tecnologías de luz infrarroja y radiofrecuencia que están optimizadas para conexiones inalámbricas a distancias cortas.

La tecnología de redes inalámbricas ofrece movilidad y una instalación sencilla, además permite la fácil ampliación de una red. Es decir, que podemos estar moviéndonos por cualquier lugar sin perder la conectividad con Internet. Esto es algo que actualmente está tomando gran importancia en el mundo en que vivimos.

El desarrollo de la tecnología permite que estos enlaces tengan alcances de hasta 40 kilómetros de punto a punto, con la creación de nuevos equipos. El uso de antenas permite también que se cuente con señal de hasta un kilómetro a la redonda, dispositivos que proporcionan soluciones y permiten a los proveedores de servicios de Internet ofrecer soluciones externas de punto a multipunto"

López Muñoz, Nicolás Antonio (2011) indica que: "Efecto de las redes de cuarta generación (lte) en los servicios móviles en Chile" dice "Los sistemas de comunicaciones móviles se han ido desarrollando acorde a los nuevos intereses de

los usuarios. Las actuales tecnologías permiten conectarse a internet pero con ciertas limitaciones en velocidad, cobertura y movilidad. Lo que se espera con la llegada de LTE es mejorar la experiencia de usuario de tal forma de entregar un servicio de banda ancha similar a las redes de banda ancha fija, pero con la posibilidad de movilidad."

Alulema Quitaquis, Martha Elizabeth (2010) indica que: "Estudios de comunicación con comandos AT y micro controladores caso práctico implementación de un sistema de gestión de alarma para viviendas con monitoreo mediante telefonía celular" dice, "Son evidentes las ventajas que brinda la tecnología móvil y siendo un sistema en continuo desarrollo, resulta factible, la implantación de un sistema de control y monitoreo aprovechando las cualidades ofrecidas por las operadoras"

Cáceres Montesdeoca, César Danilo (2006) manifiesta "Hoy en día es clara la alta dependencia en las actividades empresariales e institucionales de la redes de comunicación. Por ello la posibilidad de compartir información sin que sea necesario buscar una conexión física permite mayor movilidad y comodidad."

Carrera López, Eduardo Patricio (2009) indica que: "Estudio de los sistemas de comunicaciones móviles utilizando tecnología Lte de cuarta generación para la ciudad de Ambato" dice, "En la actualidad los sistemas de comunicaciones están evolucionando de manera impredecible, la cuarta generación 4g es también conocido como beyond 3g, es el término usado para describir la siguiente generación de la comunicación inalámbrica, esta generación está pensada a dirigirse hacia el término "anytime, anywhere" el cuál se refiere a tener conexión inalámbrica en todo momento usando una tasa de datos mucho más alta que las generaciones previas"

Burbano, Patricia (2004) manifiesta: "Desarrollo de una Red Móvil de Comunicación utilizando Tecnología de Espectro Ensanchado" dice "El diseño de la red de comunicación móvil para la ciudad de Guayaquil usando tecnología de

espectro ensanchando ofrece una alternativa que permite mejorar el servicio de las telecomunicaciones en el país y a la vez ser más asequible económicamente para el usuario final debido a que este tipo de tecnología permite obtener ventajas en el punto crucial de costos el espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado por lo que las tecnologías que permiten su uso racional y conlleve una mejor administración del mismo deben ser alentadas."

2.2 Fundamentación Legal

Las disposiciones legales establecidas en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y sus reformas, el Reglamento Sustitutivo del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, el Reglamento de Concesiones, Permisos y Licencias para la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica, el Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad y el Reglamento de Tarifas, indican que es necesario asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos a que se refieren las disposiciones legales establecidas.

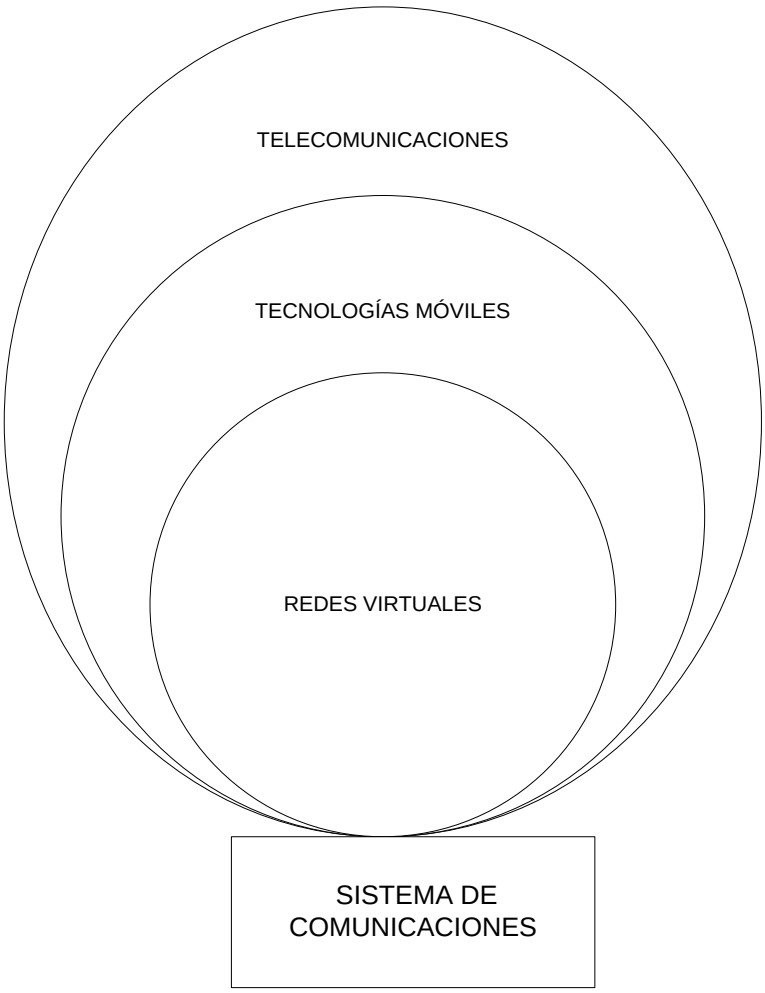
Que, el Art. 1, inciso segundo del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, establece que las disposiciones de dicho instrumento serán complementadas con regulaciones aprobadas por el CONELEC y por instructivos y procedimientos dictados por los distribuidores de conformidad con este Reglamento.

La Regulación sobre la Calidad del Servicio Eléctrico emitida por el CONELEC 004/001, establece los límites o parámetros que deben cumplir las empresas concesionarias del servicio eléctrico, con sus usuarios.

2.3 Categorías las Variables

Variable Independiente = Sistema de Comunicaciones

Gráfico 2: Constelación de Ideas de la Variable Independiente



Elaborado por: Manuel Otorongo

Variable Dependiente = Operación Reconectadores

Gráfico 3: Constelación de Ideas de la Variable Dependiente

Elaborado por: Manuel Otorongo

2.4.1 Telecomunicaciones

2.4.1.1 Definición.

La palabra telecomunicaciones proviene del griego “tele” que significa “distancia”.

Al hablar de telecomunicaciones nos estamos refiriendo a “comunicación a distancia” a un proceso que consiste en trasmitir un mensaje e intercambiar información a otras personas desde un punto a otro. Es la forma de comunicarse con las grandes masas de personas ya sea por televisión, radio, internet, etc.

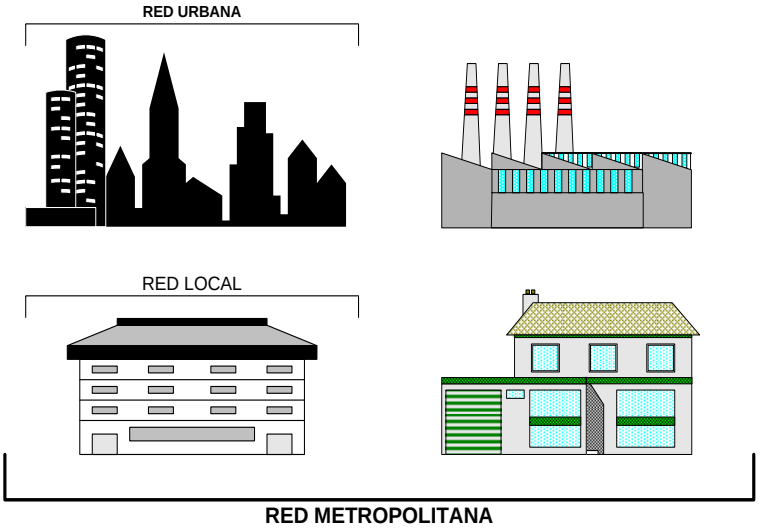
Debemos estar conscientes que las telecomunicaciones nos cambia la vida, ya que nos lleva al progreso por los distintos servicios que nos ofrece, como el uso de la Internet, los teléfonos móviles, los teléfonos con videoconferencias y las nuevas tecnologías de la comunicación, todo esto es parte de las telecomunicación y que de una u otra forma están presentes en el desarrollo de los seres humanos.

Una red de Telecomunicaciones consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esta infraestructura se ofrecen a los usuarios los diversos servicios de telecomunicaciones. Para recibir un servicio de telecomunicaciones, un usuario utiliza un equipo terminal a través del cual obtiene entrada a la red por medio de un canal de acceso. Cada servicio de telecomunicaciones tiene distintas características, puede utilizar diferentes redes de transporte, y, por tanto, el usuario requiere de distintos equipos terminales. Por ejemplo, para tener acceso a la red telefónica, el equipo terminal requerido consiste en un aparato telefónico; para recibir el servicio de telefonía celular, el equipo terminal consiste en teléfonos móviles con receptor y transmisor de radio, etcétera.

Una característica importante de una red es su cobertura geográfica, ya que esta limita el área en que un usuario puede conectarse y tener acceso a la red para

utilizar los servicios que ofrece. Por ejemplo, existen redes locales que enlazan computadoras instaladas en un mismo edificio o una sola oficina (conocidas como LAN por su nombre en inglés (Local Área Network), pero también existen redes de cobertura más amplia (conocidas como WAN por su nombre en inglés (Wide Área Network), como redes de cobertura urbana que distribuyen señales de televisión por cable en una ciudad, redes metropolitanas que cubren a toda la población de una ciudad, redes que enlazan redes metropolitanas o redes urbanas formando redes nacionales, y redes que enlazan las redes nacionales, las cuales constituyen una red global de telecomunicaciones.

Gráfico 4: Red LAN y WAN



Elaborado por: Manuel Otorongo

Se definirá al canal de acceso a la red como el medio físico a través del cual viaja la información entre dos puntos. Sus características son de vital importancia para una comunicación efectiva, ya que de los canales dependerá en gran medida la calidad de las señales recibidas en el destino.

Estos canales pueden ser de dos clases

Los que guían la señal desde el origen al destino, pues es conocido que los cables, en especial los de cobre, han sido hasta la fecha uno de los medios más extendidos

en el uso para servicios de Telecomunicaciones ya que son el medio base utilizado por las tecnologías de telefonía fija.

Los que difunden la señal sin la utilización de una guía, los servicios de utilizan este medio son por ejemplo los de Televisión, tanto la antigua analógica como la actual digital, así como los servicios de radio, tanto AM como FM. A estos servicios de Telecomunicaciones, hay que añadir a la Telefonía Móvil, que utiliza los canales sin la utilización de guía para su difusión. De hecho, el auge de las tecnologías inalámbricas hace que cada vez se emplee este tipo de canal para la difusión de la información.

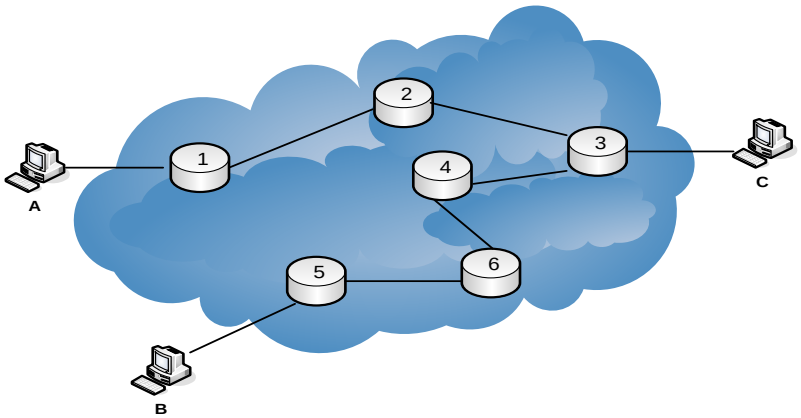
2.4.1.2 Clasificación de las redes

Desde el punto de vista de su arquitectura y de la manera en que transportan la información, las redes de telecomunicaciones pueden ser clasificadas en:

Redes conmutadas

Que consisten en una sucesión alternante de nodos y canales de comunicación, es decir, después de ser transmitida la información a través de un canal, llega a un nodo, éste a su vez, la procesa lo necesario para poder transmitirla por el siguiente canal para llegar al siguiente nodo, y así sucesivamente.

Gráfico 5: Redes Conmutadas



Elaborado por: Manuel Otorongo

Redes de difusión

En este tipo de redes se tiene un canal al cual están conectados todos los usuarios, y todos ellos pueden recibir todos los mensajes, pero solamente extraen del canal los mensajes en los que identifican su dirección como destinatarios.

En lo referente al primer grupo de los mencionados anteriormente, existen dos tipos de conmutación en este tipo de redes: conmutación de paquetes y conmutación de circuitos.

En la conmutación de paquetes, el mensaje se divide en pequeños paquetes independientes, a cada uno se le agrega información de control por ejemplo, las direcciones del origen y del destino, y los paquetes circulan de nodo en nodo, posiblemente siguiendo diferentes rutas. Al llegar al nodo al que está conectado el usuario destino, se reensambla el mensaje y se le entrega.

Por otra parte, en la conmutación de circuitos se busca y reserva una trayectoria entre los usuarios, se establece la comunicación y se mantiene esta trayectoria durante todo el tiempo que se esté transmitiendo información.

2.4.1.3 Elementos de un sistema de telecomunicaciones.

Los elementos que integran un sistema de telecomunicaciones son los siguientes:

El transmisor, es quien transforma o codifica los mensajes un la señal.

Medio de Transmisión o canal de comunicación, que por su naturaleza física, es posible que modifique la señal en su trayecto desde el transmisor al receptor. Por ello el receptor ha de tener un mecanismo de decodificación capaz de recuperar el mensaje dentro de ciertos límites de degradación de la señal, puede llegar a existir interferencia en el canal de comunicación como un ruido, tiempo de propagación del mensaje, mala señal,

Receptor, es quien recibe el mensaje, y en algunos casos, es el oído o el ojo humano y la recuperación del mensaje se hace por la mente.

2.4.1.4 Clasificación de las Telecomunicaciones

Las redes

- Telefonía fija
- Banda ancha
- Telefonía móvil
- Redes de televisión
- Redes en el hogar

Los terminales

- Ordenador personal
- Navegador de internet

Sistemas operativos para ordenadores

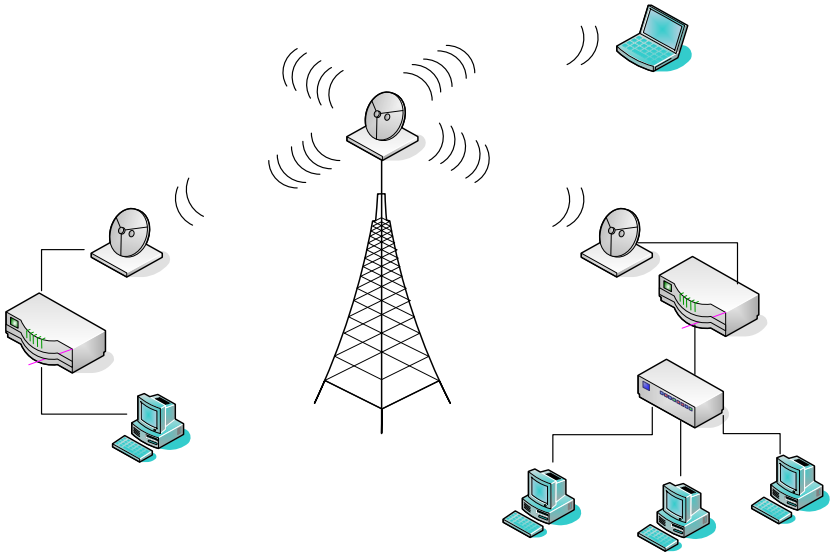
- Teléfono móvil
- Televisor
- Reproductores portátiles de audio y vídeo

2.4.2 Comunicación Inalámbrica

2.4.2.1 Definición

Es un sistema de comunicación que permite el intercambio de información entre los participantes sin el uso de cables, a través del uso de ondas electromagnéticas.

Gráfico 6: Enlace de Radios o Radioenlace



Elaborado por: Manuel Otorongo

Los enlaces inalámbricos tienden en general a comunicar: datos, voz o video, entre dos o más puntos distantes, más allá de los que es posible unir con cableados de cobre normales, adicionalmente ofrecen la posibilidad de comunicarse a lugares de difícil acceso donde no existen otras posibilidades de servicios de telecomunicaciones.

Las ventajas que pueden ofrecer las comunicaciones inalámbricas son:

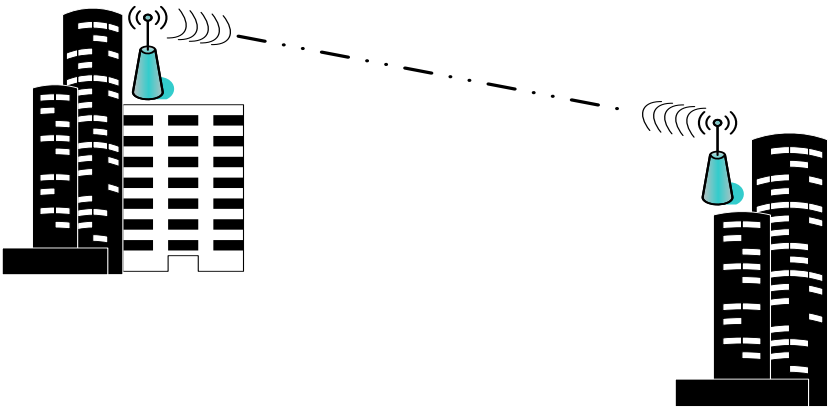
- Se puede crear una red inalámbrica dentro de su empresa.
- No requiere una entrada a cable de red.
- Velocidad inigualable.
- Evita costos de cableado estructurado.
- Conexión de 60 usuarios en un solo punto.
- Ideal en escuelas o centros de cómputo o a lugares de difícil acceso.
- Facturación o captura de datos en terminales y servidores en tiempo real, entre edificios, naves de producción, oficinas etc. de una misma Institución o Empresa.

2.4.2.2 Tipos de conexiones

2.4.2.2.1 Conexión punto a punto

Esta opción se conoce como punto (nodo) a punto, es decir se trasmite de un lugar a otro.

Gráfico 7: Esquema de conexión punto a punto

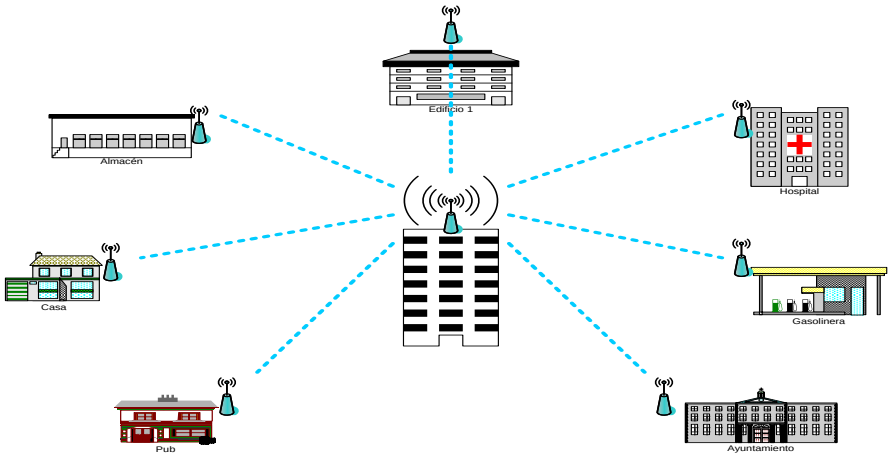


Elaborado por: Manuel Otorongo

2.4.2.2.2 Conexión punto multipunto

Esta opción se conoce como punto multipunto, en donde hay un equipo base o central y todos trasmiten hacia este, sería la solución para enlazar por ejemplo en un banco, una matriz y sucursales.

Gráfico 8: Esquema de conexión punto multipunto

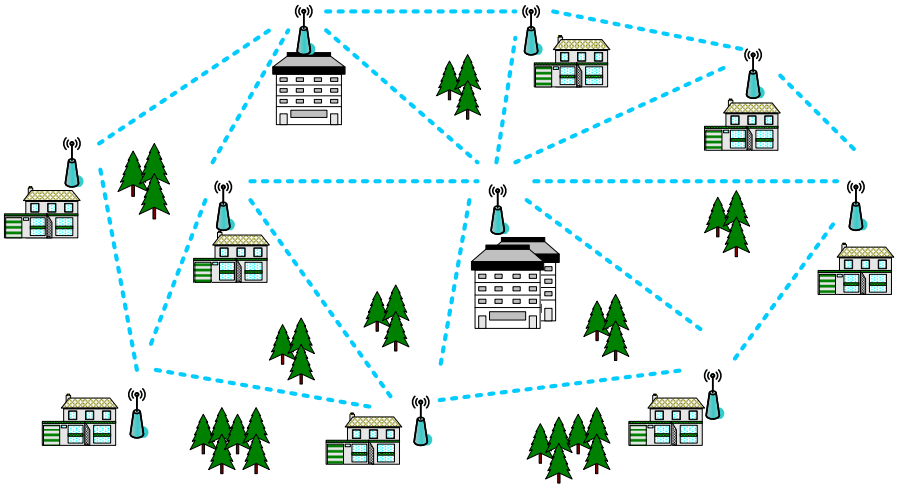


Elaborado por: Manuel Otorongo

2.4.2.2.3 Conexión de rejilla o malla

Esta última configuración se le conoce como rejilla o malla en donde cada punto o nodo puede trasmitir a cualquier otro que esté disponible o accesible. Esta configuración es muy flexible ya que permite un nodo trasmitir a otro vía cualquier otro nodo.

Gráfico 9: Esquema de conexión de malla



Elaborado por: Manuel Otorongo

2.4.2.3 Elementos de Red Inalámbrica

Host inalámbricos

Son dispositivos que pueden ser o no móviles, que proveen y utilizan servicios de una red. Poseen una dirección IP y están inter-conectados con uno o más equipos. Actúan como sistemas iniciales o terminales para transferir datos y ejecutan aplicaciones. Los usuarios que usan estos hosts pueden pedir servicios a otras máquinas conectadas a esa red. En general son computadoras que pueden ser mono-usuario o multi-usuario, portátiles o de escritorio; también pueden ser un teléfono, entre otros, los cuales ofrecen conexión remota, servidores de base de datos, servidores web, etc., además de la transferencia de archivos.

Enlaces inalámbricos

Un host se puede conectar con otro host inalámbrico o con una estación base a través de un enlace de comunicaciones inalámbrico. El objetivo principal de esto es unir dos redes o también para proporcionar cobertura inalámbrica en puntos donde no hay acceso a la red cableada. Se considerará aquí, aspectos distintos de sus características, como sus tasas de errores de bit y las causas que conllevan a ello y se enfocará en el uso de estas comunicaciones inalámbricas alrededor las fronteras de la red y no dentro de ella, para conectar entre sí equipos de la red, como routers, etc., como suele utilizarse también.

Estación base

Sirve como pasarela entre las redes inalámbrica y fija y generalmente coordina la transmisión de los múltiples hosts inalámbricos que estén asociados con ella. En general es un transmisor - receptor de radio de la capa de enlace entre el host inalámbrico y el resto con los que se comunica ese host. Es una parte clave de la infraestructura de la red inalámbrica, pues es responsable de enviar y recibir datos hacia y desde un host inalámbrico que esté asociado con ella.

Cuando decimos que un host inalámbrico está asociado con una estación base, quiere decir que pueden ocurrir dos cosas:

1.- El host utiliza la estación base para reenviar datos hacia y desde la red de mayor tamaño.

2.- El host se encuentra dentro de la distancia máxima de comunicación inalámbrica de la estación base.

De los host asociados con una estación base se suele decir que operan en modo de infraestructura, puesto que todos los servicios de red tradicionales, como por ejemplo, la asignación de direcciones y el enrutamiento, son proporcionados por la red con la que un host se conecta a través de la estación base. Un ejemplo de estación base son las torres de telefonía en las redes celulares.

2.4.3 Tecnologías Móviles

2.4.3.1 Definición

El término comunicaciones móviles describe cualquier enlace de radiocomunicación entre dos terminales, de los cuales al menos uno está en movimiento, o parado, pero en localizaciones indeterminadas, pudiendo el otro ser un terminal fijo, tal como una estación base. Esta definición es de aplicación a todo tipo de enlace de comunicación, ya sea móvil a móvil o fijo a móvil. De hecho, el enlace móvil a móvil consiste muchas veces en un enlace móvil a fijo a móvil. El término móvil puede referirse a vehículos de todo tipo de automóviles, aviones, trenes o, sencillamente, a personas paseando por las calles.

2.4.3.2 Composición de los Sistemas de Comunicaciones Móviles

Estaciones Fijas: Estación radioeléctrica no prevista para su utilización en movimiento; entre estas tenemos:

- **Estación Base (BS),** su movimiento se controla directamente desde una unidad de control, local o remoto mediante líneas telefónicas o radioenlaces, características: son fuentes/destinatarias de tráfico y envían información señalización.
- **Estación de control (CS),** es utilizada para gobernar automáticamente el funcionamiento de otra estación de radio en un emplazamiento específico, para gestionar una BS o repetidora.
- **Estación repetidora (RS),** son estaciones fijas que retransmiten las señales recibidas, obteniendo una mayor cobertura.

Estaciones móviles: estación radioeléctrica prevista para su utilización en un vehículo en marcha o que efectúa paradas en puntos indeterminados. El término incluye equipos portátiles y equipos transportables.

Equipos de control: son los equipos necesarios para el gobierno de las estaciones base, generación y recepción de llamadas, localización e identificación de usuarios, equipos y vehículos, transferencia de llamadas, etc.

2.4.3.3 Características de los sistemas celulares

- Gran capacidad
- Uso eficiente del espectro radioeléctrico
- Cobertura nacional
- Adaptación a la densidad del tráfico
- Prestación del servicio con teléfonos portátiles
- Servicios suplementarios a la telefonía básica
- Calidad de explotación (Fidelidad y disponibilidad)

2.4.3.4 Red General Packet Radio Service (GPRS)

La red GSM prevé unos servicios de transmisión de datos desde la fase inicial, sin embargo, se trata de servicios con modalidad de transferencia por conmutación del circuito, es decir, donde la red, una vez establecida la conexión física de forma íntegra y total entre dos usuarios, dedica los recursos propios hasta que no es solicitado expresamente el establecimiento de la conexión, independientemente del hecho de que los dos usuarios se intercambien datos durante todo el tiempo de conexión. Esta modalidad de transferencia es óptima sólo en el caso en que los dos usuarios tengan que intercambiarse una cantidad significativa de datos como transferencia de ficheros o archivos; resulta ineficiente en cuanto los datos a intercambiarse son de pequeña entidad o bien, en el caso más frecuente, el tráfico de datos es de tipo interactivo o transitorio, es decir, el tiempo de uso efectivo de los recursos de la red supone sólo una parte con respecto al tiempo total de conexión como, por ejemplo, la navegación en Internet.

El servicio GPRS, está dirigido a aplicaciones que tienen las siguientes características:

- Transmisión poco frecuente de pequeñas o grandes cantidades de datos (por ejemplo, aplicaciones interactivas)
- Transmisión intermitente de tráfico de datos bursty (por ejemplo, aplicaciones en las que el tiempo medio entre dos transacciones consecutivas es de duración superior a la duración media de una única transacción Como por ejemplo:
- RTI (Road Traffic Informatics)
- Telemetría
- Tele alarma
- Control del tráfico ferroviario
- Acceso a internet

2.4.3.4.1 Arquitectura de la red

Para la realización de un servicio de datos por paquetes en la red celular GSM se pueden seguir dos inicializaciones diferentes:

- Inicialización de sistema separado
- Inicialización de sistema integrado

La primera inicialización prevé que toda la infraestructura necesaria para el soporte del servicio sea añadida a la red GSM, mientras que la segunda prevé el añadido de la funcionalidad necesaria para el soporte del GPRS a las entidades que componen la infraestructura de la red GSM.

2.4.3.4.2 Tipología del servicio

El servicio GPRS pone a disposición de sus usuarios dos tipologías de servicio diferentes:

- Punto a Punto (Point To Point, PTP)
- Punto Multipunto (Point To Multipoint, PTM)

Un servicio Punto a Punto es un servicio en el que el usuario envía uno o más paquetes a un único destinatario; en relación a las modalidades con las que la conexión punto-punto es gestionada se pueden localizar dos clases de servicios punto-punto:

- Connection Less Point To Point services (CLNS)
- Connection Oriented Point To Point services (CONS)

Un servicio Punto a Punto PTP CLNS, es un servicio en el que dos paquetes sucesivos son independientes entre ellos; por tanto, es como si cada uno de los paquetes formase parte de una comunicación en sí misma. Un servicio con esta característica se define como un servicio de datagrama y puede ser útil para soportar aplicaciones bursty de tipo no interactivo.

Un servicio Punto a Punto CONS es, por el contrario, un servicio en el que se establece una relación lógica entre la fuente y el destinatario de los paquetes, relación que permanece activa durante el tiempo total de la conexión; el servicio es, por lo tanto, un circuito virtual, es decir, en la fase de configuración de la conexión se establece un recorrido para el routing de los paquetes, con la diferencia de que, respecto a una conexión por conmutación del circuito, los recursos físicos se liberan en cuanto el paquete genérico se ha transmitido, manteniendo la conexión lógica.

La tabla siguiente resume las configuraciones posibles en base al punto de acceso del destinatario de los paquetes.

Cuadro No 1: Posibles configuraciones desde el punto de acceso

Remitente/Destinatario	Servicio Punto a Punto	Servicio Punto Multipunto a Punto
Fijo/Móvil	Soportado	Soportado
Móvil/Móvil	Soportado	soportado
Móvil/Fijo	No aplicable	No aplicable

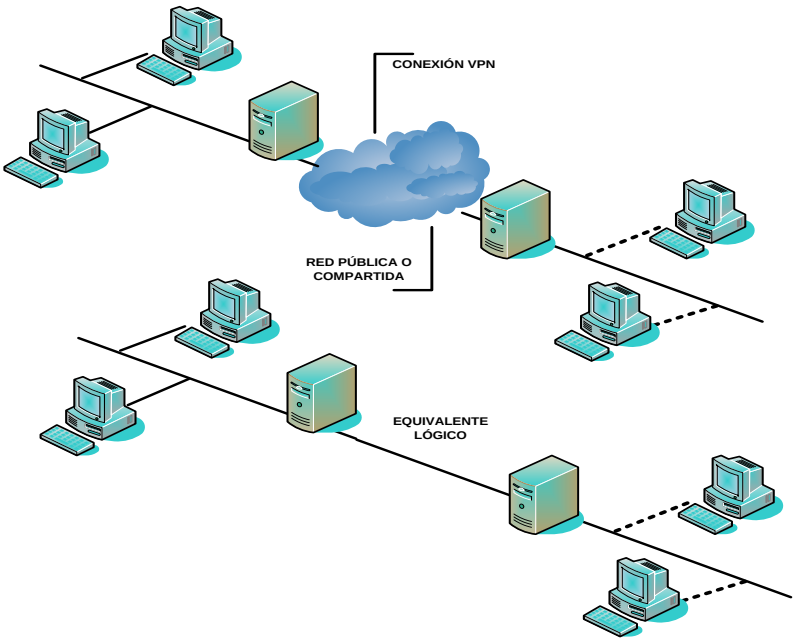
Elaborado por: Manuel Otorongo

2.4.4 Redes Virtuales (VPN)

2.4.4.1 Definiciones

- Una Red Privada Virtual (VPN) es una red privada construida dentro de una infraestructura de red pública, tal como la red mundial de Internet. Las empresas pueden usar redes privadas virtuales para conectar en forma segura oficinas y usuarios remotos a través de accesos a Internet económicos proporcionados por terceros, en vez de costosos enlaces WAN dedicados o enlaces de marcación remota de larga distancia.
- Una Red Privada Virtual (VPN) es una red privada que se extiende, mediante un proceso de encapsulación y en algún caso de encriptación, desde los paquetes de datos a diferentes puntos remotos, mediante el uso de infraestructuras públicas de transporte. Los paquetes de datos de la red privada viajan por un túnel definido en la red pública.

Gráfico 10: Diagrama de conexión de una red VPN



Elaborado por: Manuel Otorongo

2.4.4.2 Ventajas del uso de las Redes Privadas Virtuales (VPN)

Las Redes Privadas Virtuales, ayudan a las organizaciones a ampliar la conectividad y mejorar la velocidad en forma segura y rentable.

Las organizaciones pueden usar redes privadas virtuales para reducir los costos de ancho de banda de redes WAN, y a la vez aumentar las velocidades de conexión a través de conectividad a Internet de alto ancho de banda, tal como DSL, Ethernet o cable.

Las Redes Privadas Virtuales proporcionan el mayor nivel posible de seguridad mediante seguridad IP conocida como IPsec cifrada o túneles VPN de seguridad con tecnologías de autenticación. Estas tecnologías protegen los datos que pasan por la red privada virtual contra accesos no autorizados.

Las empresas pueden aprovechar la infraestructura estilo internet de la Red Privada Virtual, cuya sencillez de abastecimiento permite agregar rápidamente nuevos sitios o usuarios. También pueden aumentar drásticamente el alcance de la red privada virtual sin expandir significativamente la infraestructura.

La principal ventaja de usar una VPN es que nos permite disfrutar de una conexión a red con todas las características de la red privada a la que queremos acceder. El cliente VPN adquiere totalmente la condición de miembro de esa red, con lo cual se le aplican todas las directrices de seguridad y los permisos de un ordenador en esa red privada; así se puede acceder a la información publicada para aquella red privada: bases de datos, documentos internos, etc. a través de un acceso público.

En ese momento, todas las conexiones de acceso a Internet desde el ordenador cliente VPN se llevarán a cabo con los recursos y las conexiones que tenga la red privada.

2.4.4.4 Seguridades en las redes privadas virtuales con usuarios remotos

Las redes VPN SSL y VPN IPsec se han convertido en las principales soluciones de redes privadas virtuales para conectar oficinas remotas, usuarios remotos y socios comerciales, porque:

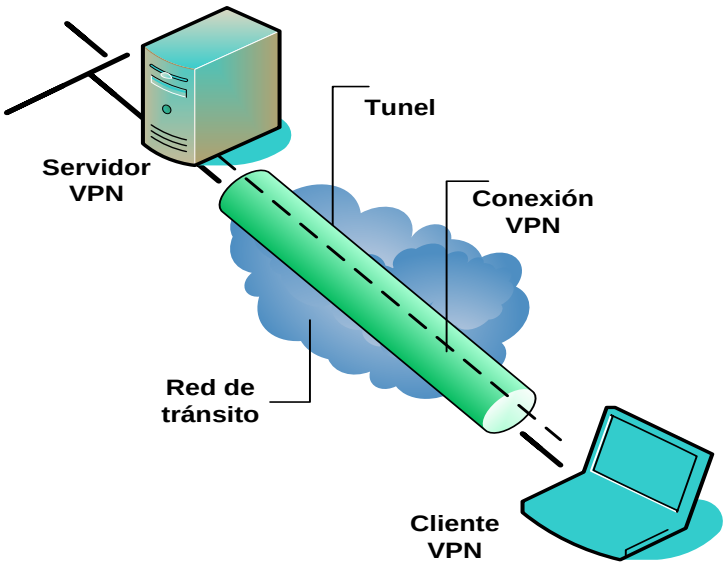
- Proporcionan comunicaciones seguras con derechos de acceso adaptados a usuarios individuales, tales como empleados, contratistas y socios
- Aumentan la productividad al ampliar el alcance de las redes y aplicaciones empresariales
- Reducen los costos de comunicación y aumentan la flexibilidad

2.4.4.5 Tipos de redes virtuales privadas cifradas

VPN IPsec de sitio a sitio: Esta alternativa a Frame Relay o redes WAN de línea arrendada permite a las empresas extender los recursos de la red a las sucursales, oficinas en el hogar y sitios de los partners comerciales.

VPN de acceso remoto: Esto extiende prácticamente todas las aplicaciones de datos, voz o video a los escritorios remotos, emulando los escritorios de la oficina central. Las redes VPN de acceso remoto pueden desplegarse usando redes VPN SSL, IPsec o ambas, dependiendo de los requisitos de implementación.
En el caso de acceso remoto, la VPN permite al usuario acceder a su red corporativa, asignando a su ordenador remoto las direcciones y privilegios de esta, aunque la conexión la haya realizado mediante un acceso público a Internet.

Gráfico 11 Diagrama de una red VPN con túnel



Elaborado por: Manuel Otorongo

En ocasiones, puede ser interesante que la comunicación que viaja por el túnel establecido en la red pública vaya encriptado para permitir una confidencialidad mayor.

2.4.4.6 Inconvenientes y recomendaciones en el uso de las VPN.

Entre los inconvenientes podemos mencionar una mayor carga en el cliente VPN, ya que ha de realizar la tarea adicional de encapsular los paquetes de datos una vez más. Esta situación se agrava cuando además, se hace una encriptación de los datos que produce una mayor ralentización de la mayoría de conexiones. También se produce una mayor complejidad en el tráfico de datos, que puede producir efectos no deseados en cambiar la numeración asignada al cliente VPN y que puede requerir cambios en las configuraciones de aplicaciones o programas como el proxy, servidor de correo o permisos basados en nombre y número IP.

El uso de encriptación en la conexión VPN puede ser necesario en los casos en los que la información que vaya a pasar por el túnel sea sensible y requiera privacidad. La conexión encriptada VPN requiere bastantes recursos, tanto al

servidor de túnel como al ordenador cliente de VPN, aparte de requerir la instalación de programas especiales al cliente.

2.4.5 Sistemas Eléctricos

2.4.5.1 Introducción

Un sistema de energía eléctrica se compone de tres partes principales: la generación, la transmisión y la distribución.

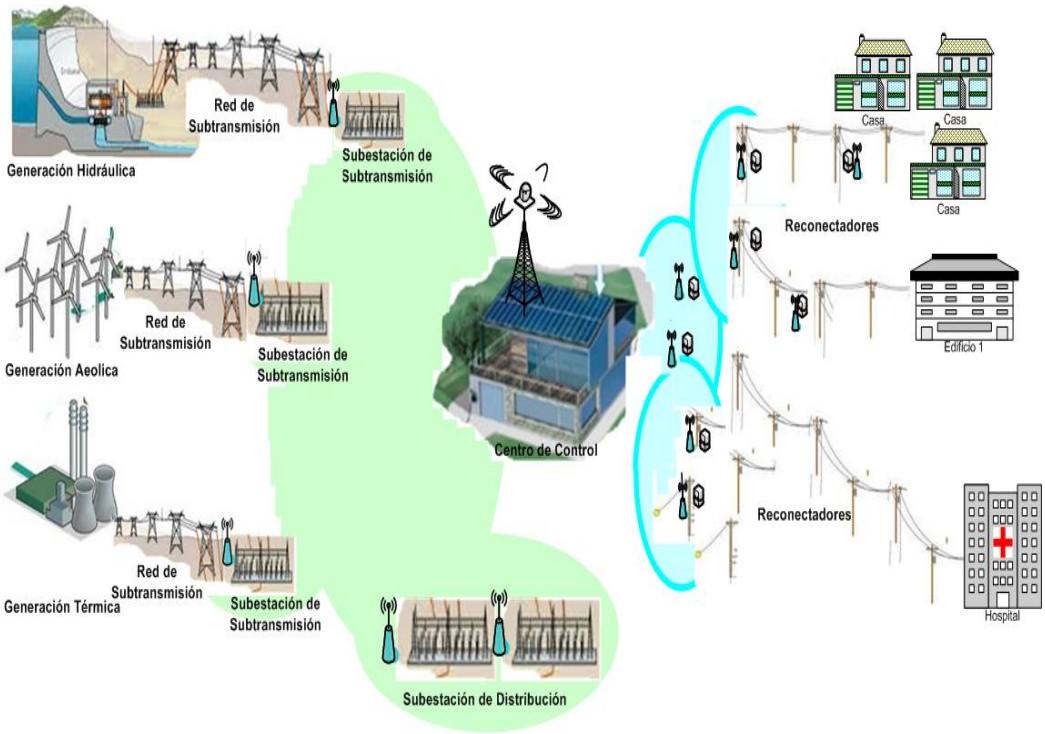
La Generación, consiste básicamente en la producción de electricidad a partir de alguna fuente que produzca movimiento a una turbina que está acoplada a un generador, estos generan electricidad a un voltaje relativamente bajo, se conectan a una subestación elevadora de voltaje y ahí inicia la transmisión de esa potencia.

La Transmisión se lleva a cabo a un voltaje elevado para reducir las pérdidas de energía en esos tramos, que usualmente son largos. Al acercarse a los núcleos de consumo como grandes ciudades o áreas considerablemente pobladas, la línea de transmisión termina en una subestación reductora.

La Distribución es una parte fundamental ya que conecta el sistema de energía eléctrica con los distintos tipos de carga finales: residencias, oficinas, industrias, comercio, hospitales, etc.

Este proyecto se enfoca en la última etapa de estos sistemas: la distribución.

Gráfico 12: Componentes de un Sistema Eléctrico



Elaborado por: Manuel Otorongo

2.4.5.2 Sistemas de Distribución

2.4.5.2.1 Definición

Un sistema de distribución de energía eléctrica es un conjunto de equipos que permiten energizar en forma segura y confiable un número determinado de cargas, en distintos niveles de voltaje, ubicados generalmente en diferentes lugares.

2.4.4.5.2 Componentes de un sistema de distribución

Los principales componentes de un sistema de distribución son:

Subestaciones.

- Alimentadores primarios o de media tensión
- Transformadores de distribución

- Alimentadores secundarios o de baja tensión
- Cargas o consumidores finales.

Subestación

En el caso de la distribución de potencia eléctrica, las subestaciones utilizadas son reductoras, también llamadas subestaciones de distribución. Estas toman el voltaje de una línea de transmisión y lo reducen al voltaje requerido para el sistema de distribución.

Alimentadores primarios de distribución o medio voltaje.

Son los encargados de llevar la energía eléctrica desde las subestaciones reductoras hasta los transformadores de distribución. Los conductores van soportados en poste cuando se trata de instalaciones aéreas y en ductos cuando se trata de instalaciones subterráneas.

Transformadores de distribución

Los transformadores de distribución son los equipos encargados de cambiar la tensión primaria a un valor menor de tal manera que el usuario pueda utilizarla sin necesidad de equipos e instalaciones costosas y peligrosas.

Alimentadores secundarios o de baja tensión

Los alimentadores secundarios distribuyen la energía desde los transformadores de distribución multi-cliente hasta los usuarios finales.

Carga

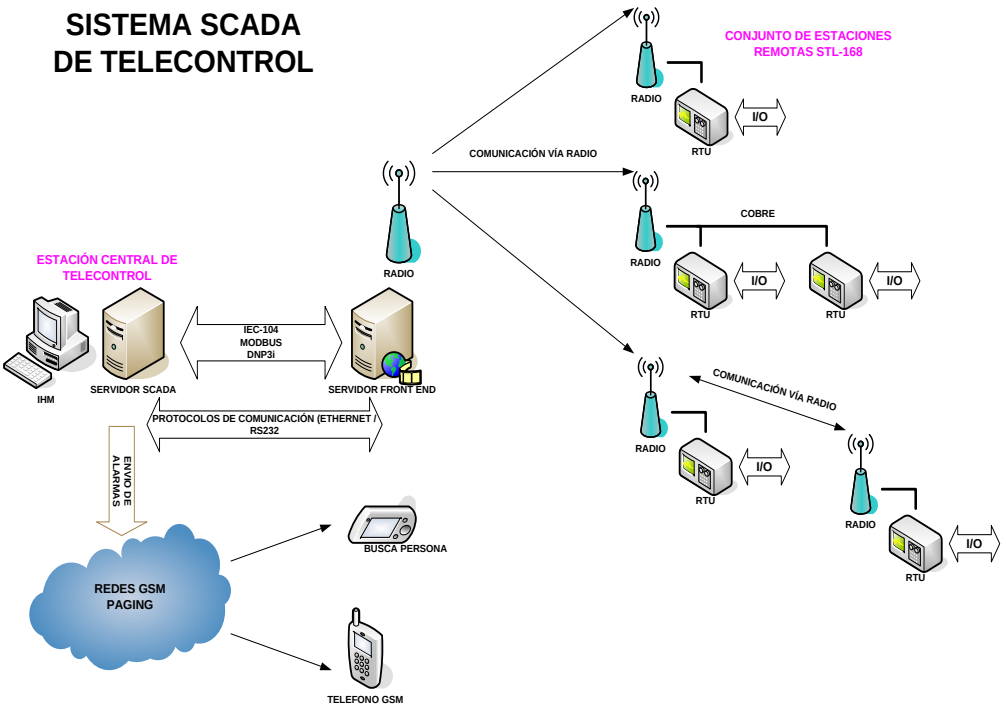
Para efectos de análisis de un sistema de distribución de potencia eléctrica, la carga se divide en tres tipos: residencial, comercial e industrial, la diferencia radica en que cada uno de estos sectores tiene distintos equipos eléctricos

2.4.6 Sistemas SCADA

2.4.6.1 Definición

SCADA es el acrónimo de Supervisory Control And Data Adquisition. Un sistema SCADA está basado en computadores que permiten supervisar y controlar a distancia una instalación, proceso o sistema de características variadas.

Gráfico 13: Componentes de un sistema SCADA

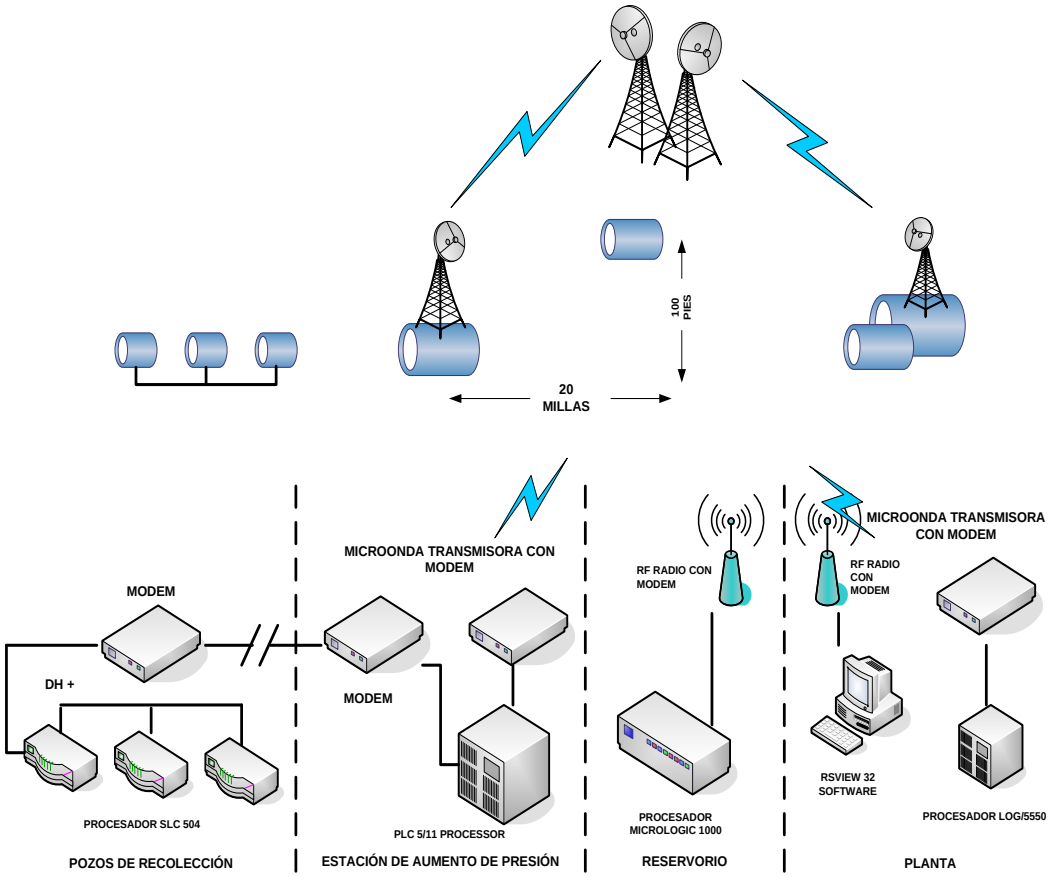


Elaborado por: Manuel Otorongo

2.4.6.2 Arquitectura de un Sistema SCADA

Los sistemas SCADA presentan un equipo que, conectado físicamente a los dispositivos de adquisición de datos, actúa como servidor para sus clientes interconectados a través de su red de comunicaciones.

Gráfico 14: Arquitectura de un sistema SCADA de una planta de agua

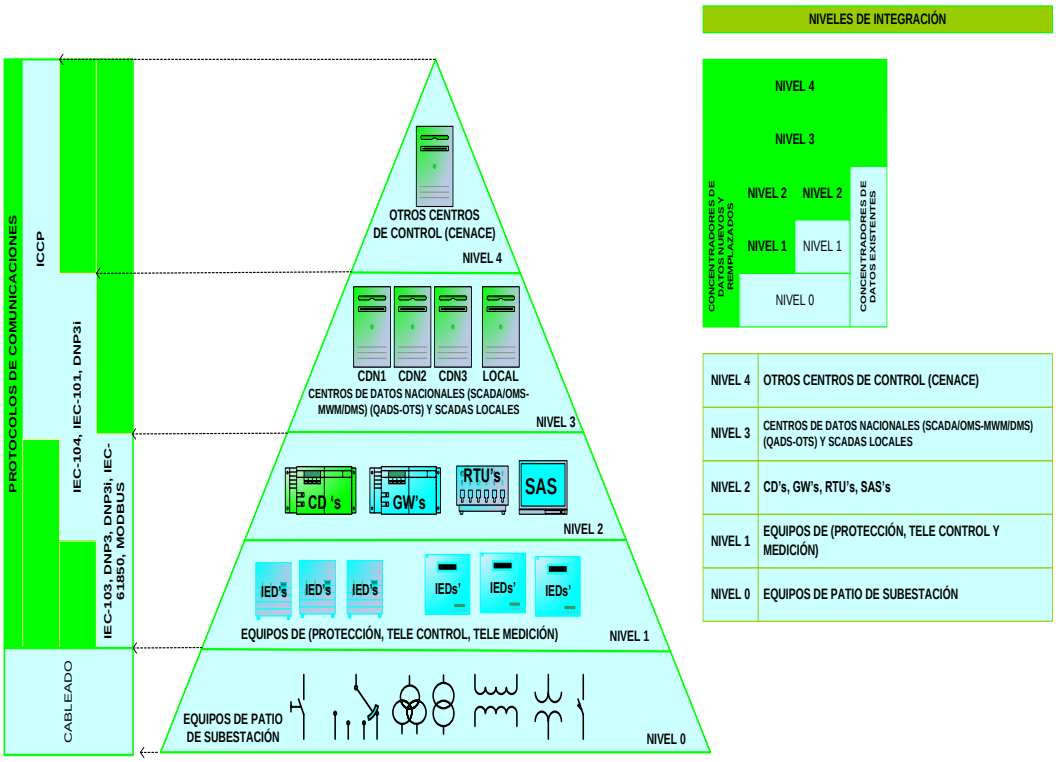


Elaborado por: Manuel Otorongo

2.4.6.3 Niveles de integración de un Sistema SCADA.

El sistema SCADA presenta varios niveles de integración, referido al tipo de equipos pueden ser operados desde este sistema o interactuar con otros, el gráfico 15 nos ilustra de mejor forma, así:

Gráfico 15: Niveles de integración de un Sistema SCADA



Elaborado por: Manuel Otorongo

2.4.7 Calidad del Servicio Técnico

2.4.7.1 Definición

La calidad del servicio técnico prestado se evaluó sobre la base de la frecuencia y la duración total de Interrupción

2.4.7.2 Índices de Calidad de Servicio

Los índices de calidad se calculan para toda la red de distribución (R_d) y para cada alimentador primario de medio voltaje (A_j), de acuerdo a las siguientes expresiones:

2.4.7.2.1 Frecuencia Media de Interrupción por kVA Nominal Instalado (FMIK)

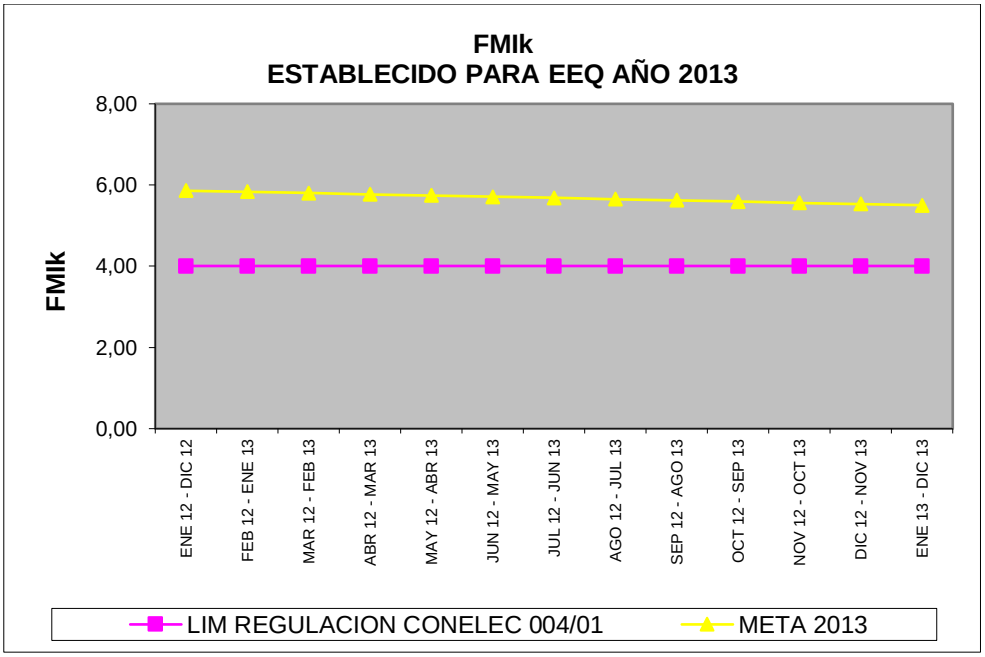
En un período determinado, representa la cantidad de veces que el kVA promedio sufrió una interrupción de servicio.

$$FMIK_{Rd} = \frac{\sum_i kVAfs_i}{kVA_{inst}}$$

$$FMIK_{Aj} = \frac{\sum_i kVAfs_{iAj}}{kVA_{instAj}}$$

En el siguiente gráfico, se puede establecer los límites establecidos por el CONELEC y las metas establecidas por el MEER que debe cumplir EEQ para el año 2013

Gráfico 16: Frecuencia Media de Interrupción - FMIk



Elaborado por: Manuel Otorongo

2.4.7.2.2 Tiempo Total de Interrupción por kVA Nominal Instalado (TTIK)

En un período determinado, representa el tiempo medio en que el kVA promedio no tuvo servicio.

$$\mathbf{TTIK_{Rd}} = \frac{\sum_{i} \mathbf{kVAfs_i * Tfs_i}}{\mathbf{kVA_{inst}}}$$

$$\mathbf{TTIK_{Aj}} = \frac{\sum_{i}^{A_j} \mathbf{kVAfs_{i\,Aj} * Tfs_{i\,Aj}}}{\mathbf{kVA_{inst\,Aj}}}$$

Donde:

FMIK: Frecuencia Media de Interrupción por kVA nominal instalado, expresada en fallas por kVA.

TTIK: Tiempo Total de Interrupción por kVA nominal instalado, expresado en horas por kVA.

$\sum_{i}$: Sumatoria de todas las interrupciones del servicio "i" con duración mayor a tres minutos, para el tipo de causa considerada en el período en análisis.

$\sum_{i}^{A_j}$: Sumatoria de todas las interrupciones de servicio en el alimentador "A_j" en el período en análisis.

$kVAfs_i$: Cantidad de kVA nominales fuera de servicio en cada una de las interrupciones "i".

KVAinst: Cantidad de kVA nominales instalados.

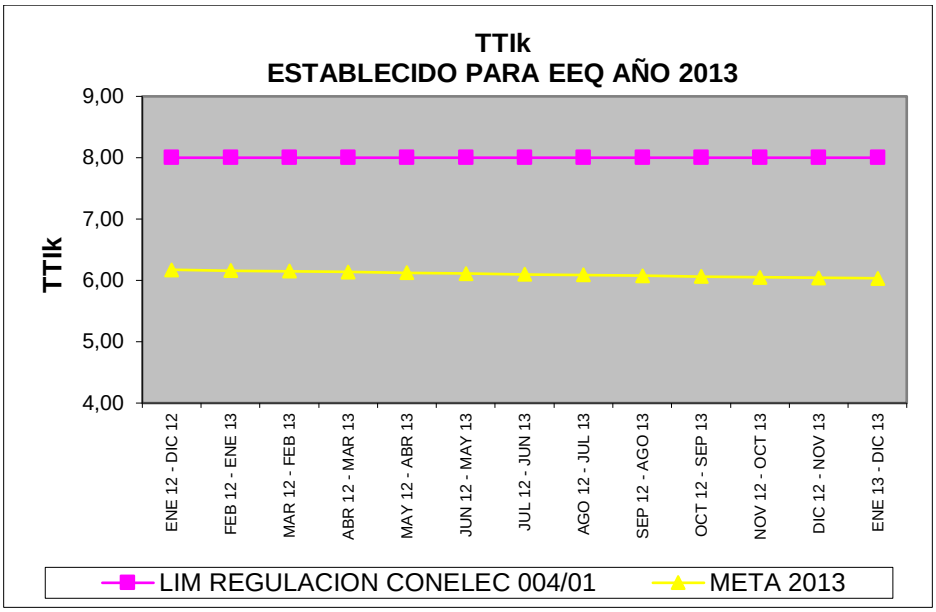
Tfs_i : Tiempo de fuera de servicio, para la interrupción "i"

R_d : Red de distribución global

A_j : Alimentador primario de medio voltaje "j"

En el siguiente gráfico, se puede establecer los límites establecidos por el CONELEC y las metas establecidas por el MEER que debe cumplir EEQ para el año 2013.

Gráfico 17: TTIk Tiempo Total de Interrupción



Elaborado por: Manuel Otorongo

2.4.8 Reconectadores

2.4.8.1 Aplicación

Los Reconectadores Eléctricos están diseñados para utilizarse en aplicaciones, tales como, líneas de distribución y sub-estaciones con voltajes de 15kV y 27kV respectivamente.

Gráfico 18: Reconectador instalado en la red de distribución de energía

Fuente: www.noja.com

El reconectador viene completo, con un cubículo de control y comunicaciones. El cubículo de control es un controlador basado en un microprocesador que proporciona todas las funciones de protección, registro de datos y comunicaciones en un único dispositivo. El equipo está diseñado para usarse como dispositivo independiente integrado fácilmente en esquemas de automatización de la distribución y de control remoto usando la función de comunicaciones incorporada.

Gráfico 19: Módulo de control y comunicaciones de un reconectador

Fuente: www.noja.com

2.4.9 Conceptos del Marco Teórico

Esta sección tiene como objetivo dar una breve descripción de algunos conceptos que se utilizó en la propuesta técnica que se describirá en el capítulo 6.

Modelo de interconexión de sistemas abiertos (ISO/IEC 7498-1), también llamado OSI (en inglés, Open System Interconnection) es el modelo de red descriptivo, que fue creado por la Organización Internacional para la estandarización (ISO) en el año 1980. Es un marco de referencia para la definición de arquitecturas en la interconexión de los sistemas de comunicaciones. [1]
Este modelo está divido por capas como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro No 2: Modelo OSI

NIVEL	DESCRIPCIÓN
1. FÍSICO	Se ocupa de la transmisión de flujo de bits a través del medio.- Cables, tarjetas y repetidores.
2. ENLACE	Divide el flujo de bits en unidades como formato intercambiando estas unidades mediante el empleo de protocolos.- Puentes (bridges). HDLC y LLC.
3. RED	Establece las comunicaciones y determina el camino que tomarán los datos en la red.- Encaminador (router). IP. IPX
4. TRANSPORTE	Asegura que receptor reciba exactamente la misma información que ha requerido enviar el emisor en forma de paquete de datos
5. SESIÓN	Establece la comunicación entre las aplicaciones, la mantiene y la finaliza en el momento adecuado.
6. PRESENTACIÓN	Conversión entre distintas representaciones de datos y entre terminales y organizaciones de sistema de ficheros con características diferentes, es decir, traduce los datos al usuario.
7. APLICACIÓN	Esta aplicación utiliza un servicio que le ofrece el nivel de aplicación para poder realizar el trabajo que se ha encomendado.

Elaborado por: Manuel Otorongo

Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM), es una técnica de modulación utilizada por 802.11a y 802.11g que consiste en la utilización de una portadora (alto- speed de 20 MHz de ancho de banda) la cual es subdivida en 64 subportadoras o 64 subcanales (bajo – speed de aproximadamente 300 KHz de ancho de banda) de los cuales, 12 canales no transmiten y son utilizados como bandas de guarda, 48 subcanales para transmisión de datos y 4 subcanales para temas de corrección de errores.

Virtual Local Área Networks (VLAN), se puede definir como un método que permite de forma lógica agrupar diferentes host que tienen características comunes (funcionales) a nivel de acceso, seguridad, segmento IP, dominio de broadcast independientes de la ubicación física.

GVRP, este protocolo permite que los conmutadores descubran de forma automática información de las VLANs y sus miembros que hasta el momento exigía de configuración manual en todos los conmutadores de la red. Esto nos

permitirá conocer qué VLAN se encuentran registradas en cada uno de los puertos de un conmutador.

FIREWALL, Equipos de seguridad perimetral que permiten o deniegan el acceso autorizado y no autorizado a la red y sus aplicaciones, dicho acceso es restringido a través de la implementación de políticas de seguridad basadas generalmente en listas de control de acceso.

Network Address Translation (NAT), es un mecanismo utilizado por routers, firewalls para intercambiar paquetes entre dos redes que asignan mutuamente direcciones incompatibles. Consiste en convertir, en tiempo real, las direcciones utilizadas en los paquetes transportados. También es necesario editar los paquetes para permitir la operación de protocolos que incluyen información de direcciones dentro de la conversación del protocolo.

Access Control List (ACL), permiten controlar el flujo del tráfico en equipos de redes, tales como enrutadores y conmutadores. Su principal objetivo es filtrar tráfico, permitiendo o denegando el tráfico de red de acuerdo a alguna condición política de seguridad. Sin embargo, también tienen usos adicionales, como por ejemplo, distinguir "tráfico interesante"

Intelligent Electronic Device (IED), el término hace referencia a un dispositivo electrónico multifuncional que posee algún tipo de inteligencia local se puede llamar IED. Sin embargo, en relación específicamente a la industria de la automatización, hace referencia al sistema de protección de energía, y el término realmente llegó a existir para describir un dispositivo que tiene múltiples funciones eléctricas de protección, inteligencia avanzada de control local, capacidades de vigilancia y la capacidad de extensas comunicaciones directamente a un sistema SCADA.

IEEE 1613, son pruebas ambientales y requerimientos para dispositivos de redes de comunicación en subestaciones eléctricas.

IEC, en general es el organismo que estandariza redes de comunicaciones y sistemas en subestaciones. Por ejemplo la norma IEC 61850 entre otras.

dB, se define al decibel (dB) como la unidad utilizada para expresar la magnitud de una modificación en un nivel sonoro o señal física, eléctrica o electromagnética. Planteado en principio como una magnitud de relación de

parámetros de tensión, corriente, potencia, densidad de flujo, ruido, etc.; y, puede utilizarse como magnitud de medida cuando a uno de los parámetros de referencia se le asigna un valor unitario o un valor constante.

dBi, es una unidad para medir la ganancia de una antena, el valor de dBi corresponde a la ganancia de una antena ideal que irradia la potencia recibida de un dispositivo al que está conectado, y al cual también transmite las señales recibidas desde el espacio, sin considerar ni pérdidas ni ganancias externas o adicionales de potencias.

dBm, es la unidad de medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un mili vatio. Se utiliza en redes de radio, microondas y fibra óptica como una medida conveniente de la potencia absoluta a causa de su capacidad para expresar tanto valores muy grandes como muy pequeñas en forma corta.

Access Point, es un punto de acceso que funciona como una puerta de entrada a la red inalámbrica en un lugar específico y para una cobertura de radio determinada, en el cual cualquier dispositivo que solicite acceder, tenga los permisos necesarios y esté configurado interconectara a los dispositivos de comunicación inalámbrica sin necesidad de cables para formar así una red inalámbrica que funciona a base de ondas de radio.

C1D2, Clase 1, División 2 es uno de los más utilizados por los nombres más confiables de los organismos de prueba (Underwriters Laboratories (UL)) que es una de las agencias de prueba que certifica estos tipos de sistemas como seguro para Ambientes Peligrosos.

Site Survey, corresponde a la primera etapa de cualquier proyecto de radio frecuencia y consiste en el levantamiento en campo de las condiciones ambientales y de superficies en donde pretendemos implementar la tecnología.

Reconectador, es un dispositivo eléctrico el cual permite aislar fallas en los circuitos de alimentación de la red de distribución eléctrica.

Caja de automatización, es un dispositivo el cual maneja protocolo SCADA con el objeto de transmitir y recibir información del centro de control. La EEQ posee tres marcas de estos dispositivos ABB que tienen comunicación puramente serial, Noja y Tavrida los cuales se pueden comunicar tanto de manera serial como por Ethernet.

2.5 Hipótesis

H1: Un sistema de comunicaciones adecuado entre equipos reconectadores instalados en la red de distribución y un Sistema SCADA, permitirá mejorar los índices de calidad del servicio de energía eléctrica, a los usuarios de la Empresa Eléctrica [p1]Quito.

H0: Un sistema de comunicaciones adecuado entre equipos reconectadores instalados en la red de distribución y un Sistema SCADA, no permitirá mejorar los índices del servicio de energía eléctrica, a los usuarios de la Empresa Eléctrica Quito[p2].

2.6 Categorías de la Variable Independiente

Variable Independiente = Sistema de Comunicaciones

2.7 Categorías de la Variable Dependiente

Variable Dependiente = Operación de Reconectadores

Señalamiento de Variables

Variable Independiente: Sistema de Comunicaciones

Variable Dependiente: Operación Reconectadores

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque

De acuerdo a los objetivos, fue necesario establecer un sistema de comunicaciones entre el Sistema SCADA de Empresa Eléctrica Quito y los equipos reconectadores instalados en sus redes de distribución, a través de Enlaces de Radio o por medio de Redes Virtuales VPN utilizando los servicios de una operadora de servicios de telefonía celular.

Con una gran dotación de equipamiento adecuado y los medios de comunicación es posible desplegar una red de comunicaciones robusta. Dentro de esta red de comunicaciones en primera instancia es factible que el transporte de la información se lo haga a través de canales Ethernet (Ethernet, Fast-Ethernet o Gigabit-Ethernet) y a nivel de IP se provea de mecanismos de enrutamiento para comunicar los extremos (Concentradores de Datos, Dispositivos Electrónicos Inteligentes – IEDs o Reconectadores), además de dotar de un primer nivel de seguridad con firewalls o equipos de seguridad perimetral, es más podría resultar más que suficiente, sin embargo la flexibilidad y la escalabilidad además de otorgar altos niveles de seguridad y disponibilidad sumando a esto una administración mejorada de la red.

Se determinó la inversión necesaria para la implementación de la red, pues en el futuro inmediato, Empresa Eléctrica Quito, implementará su nuevo sistema SCADA/OMS-MWM/DMS, que le permite la administración en línea de la red de distribución, donde el sistema de comunicaciones propuesto, pasa a ser fundamental para la explotación de sus bondades tecnológicas.

3.2 Modalidad de Investigación

La metodología de la investigación que se siguió es de campo, bibliográfica, descriptiva y explicativa.

Es de campo, porque se requiere que la investigación aplicada es para solucionar una situación, problema o necesidad en un momento determinado, estarán presentes las personas del Centro de Control y del Sistema SCADA de EEQ.

Es descriptiva y explicativa, porque trata de llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas de EEQ. Adicionalmente, esta investigación intenta una predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables, sobre la base de una hipótesis o teoría, y se expone resumidamente la información de manera cuidadosa y para finalmente analizar minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

Es una investigación bibliográfica y documental, en razón que se acudió a libros, revistas e internet y documentos internos de EEQ, material que se utilizó para el desarrollo de la propuesta y para sustentar el marco teórico.

3.3 Niveles o Tipos

Fue de tipo cuantitativa, en razón que se utiliza datos que provienen de un cálculo o medición. Se puede medir las mejoras en la calidad del servicio.

Se correlacionó las dos variables entre sí, es decir el grado en que las variaciones que sufre un factor se corresponden con las que experimenta el otro.

Es explicativa, en razón que la presente investigación busca el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. La investigación

intenta visualizar un aspecto de la realidad, explicando su significancia dentro de una teoría de referencia, enmarcándose en generalizaciones que dan cuenta de hechos o fenómenos que se producen en determinadas condiciones particulares

3.4 Población y Muestra

La población seleccionada es todo el personal de la Gerencia de Distribución, el cual tiene el conocimiento suficiente de los procesos operativos que se ejecutan en el Sistema de Distribución, de acuerdo al siguiente desglose:

Cuadro No 3: Población

NIVEL	PERSONAL	N◦
Ejecutivo	Gerente de Distribución, Directores	4
Administrativo	Secretaria y Analistas	35
Técnico Profesional	Ingenieros	50
Operativo	Supervisores, Operadores, Electricistas	299
Total personal de la Gerencia de Distribución		**388**

Elaborado por: Manuel Otorongo

Con la población determinada, para el cálculo de la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{m}{e^2\,(m-1)+1}$$

Donde

n = Tamaño de la muestra a calcular
m = 388
e = 0,05

$$n = \frac{388}{0.05^2\,(388-1)+1}$$

n = 172,22

n = 197.22

3.5 Operacionalización de variables

Variable Independiente

Cuadro No 4: Variable Independiente Sistema de Comunicaciones

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas - Instrumentos
Son infraestructuras física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esta infraestructura se ofrecen servicios de comunicaciones a los usuarios	Red Inalámbrica Redes virtuales Seguridades	Velocidad de transmisión Disponibilidad de la red	¿Dispone la Empresa Eléctrica Quito S.A. de una red de comunicaciones segura, para comunicar los equipos reconectadores instalados en la red de distribución con el Sistema SCADA?	Fuentes de información bibliográfica.

Elaborado por: Manuel Otorongo

Variable Dependiente

Cuadro No 5: Variable Dependiente Operación de reconectadores

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems	Técnicas - Instrumentos
Son equipos de seccionamiento, utilizados para minimizar las fallas eléctricas que provocan interrupciones del suministro de energía eléctrica.	Operación Seccionamiento Protección Control	• Número de operaciones • Transmisión de datos. • Número de fallas	¿Qué tipo de reconectadores, disponen de medios de comunicación adecuados para la operación de los estos a través del sistema SCADA? ¿Es posible monitorear la red de distribución a través de los reconectadores?	Fuentes de información bibliográfica, internet, encuesta

Elaborado por: Manuel Otorongo

3.5 Técnicas e Instrumentos

La técnica de investigación fue la entrevista al personal de la Gerencia de Distribución de EEQ, principalmente al técnico – profesional y operativo del Centro de Control, para determinar la viabilidad y factibilidad de su implementación, así como sus expectativas a los resultados esperados

3.6 Plan para Recolección de la Información

Se procedió de la siguiente forma:

- Recopilación de la información interna de EEQ
- Recopilación de información adicional de apoyo

El siguiente Cuadro, explica cómo se procedió a la recopilación de la información.

Cuadro No 6: Recolección de información

PREGUNTAS	EXPLICACION
1.- ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos propuestos en la automatización de los reconectadores a través del Sistema SCADA
2.- ¿A qué personas o sujetos?	Personal técnico profesional y operativo de la Gerencia de Distribución de EEQ
3.- ¿Sobre qué aspectos?	Sistemas de comunicaciones, Sistema SCADA, Automatización del Sistema de Distribución, Mejoramiento de la Calidad del Servicio, Reconectadores
4.- ¿Quién?	Investigador Manuel Otorongo
5.- ¿Cuándo?	Después de la implementación del Sistema SCADA
6.- ¿Lugar de recolección de la información?	Centro de Operaciones y Centro de Control de EEQ.
7.- ¿Cuántas veces?	197 veces
8.- ¿Qué técnica de recolección?	Encuestas
9.- ¿Con qué?	Cuestionario
10.- ¿En qué situación se realiza la técnica de recolección?	En días laborables

Elaborado por: Manuel Otorongo

3.7 Plan para el Procesamiento de la Información

Se utilizó el siguiente procedimiento para tabula la información recolectada.

- Revisión de la información recopilada
- Clasificación de datos
- Presentación de datos
- Tabulación de la información
- Contrastación de la información
- Representación gráfica de la información
- Análisis estadístico
- Conclusiones y recomendaciones correspondientes.

El análisis depende de la estadística de inferencia como es la varianza, la misma que es interpretada para la aprobación o rechazo de la hipótesis mediante la prueba del Chi2, en una forma clara, concreta, precisa, que sea entendible para todas las personas que se interesen en los resultados obtenidos en la investigación.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4. 1 Análisis e interpretación de resultados de la encuesta

Una vez realizada la encuesta al personal operativo de la Gerencia de Distribución de EEQ, con el propósito de obtener información fundamental, para determinar si el personal involucrado considera que la gestión operativa de reconectadores a través del sistema SCADA, mejorará los índices de calidad del servicio técnico a los usuarios, donde la red de comunicaciones a utilizarse se convierte en un factor predeterminante para lograr los objetivos planteados, obteniéndose los siguientes resultados:

Pregunta 1

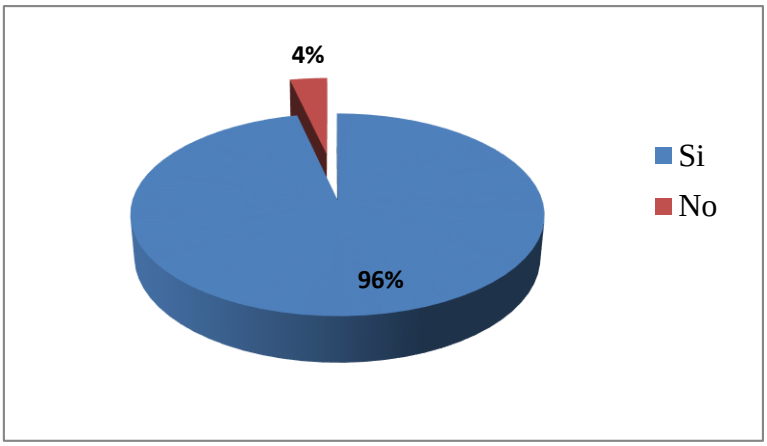
¿Conoce usted si la EEQ dispone de sistemas de automatización para sus redes de Subtransmisión y Distribución?

Tabla 1: Pregunta 1

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	190	96%
No	7	4%
TOTAL	**197**	**100%**

Elaborado por: Manuel Otorongo

Gráfico 20: Pregunta 1



Elaborado por: Manuel Otorongo

Análisis e Interpretación

Del 100% de encuestados el 96% conoce que EEQ dispone de sistemas de automatización de sus redes, un 4% no conoce que la empresa dispone de estos tipos de sistemas

Se pudo notar que la gran mayoría del personal conoce perfectamente en qué consisten los procesos de automatización de redes eléctricas.

Pregunta 2

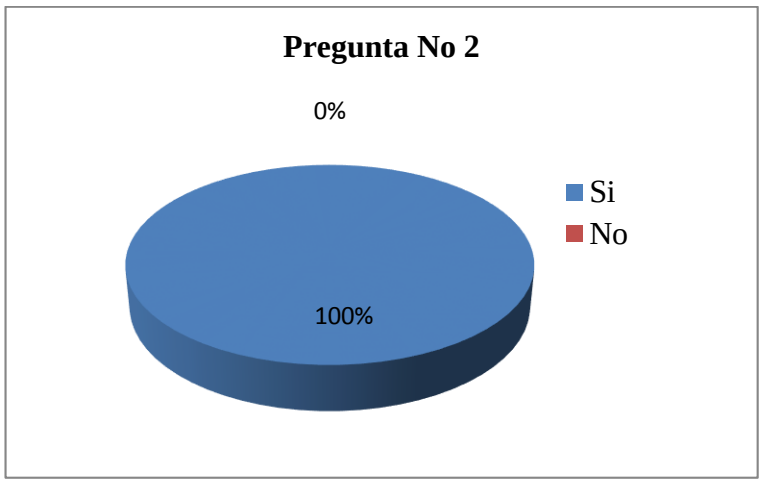
¿Conoce usted para que se utiliza el sistema SCADA que posee EEQ?

Tabla 2: Pregunta 2

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	197	100%
No	0	0%
TOTAL	**197**	**100%**

Elaborado por: Manuel Otorongo

Gráfico 21: Pregunta 2



Elaborado por: Manuel Otorongo

Análisis e Interpretación

Del 100% de encuestados, el 100% conoce que para que sirve el sistema SCADA, prácticamente no existe personas que no conozcan las bondades de este sistema.

Es prácticamente una ventaja para EEQ, que todo su personal esté familiarizado con el sistema SCADA.

Pregunta 3

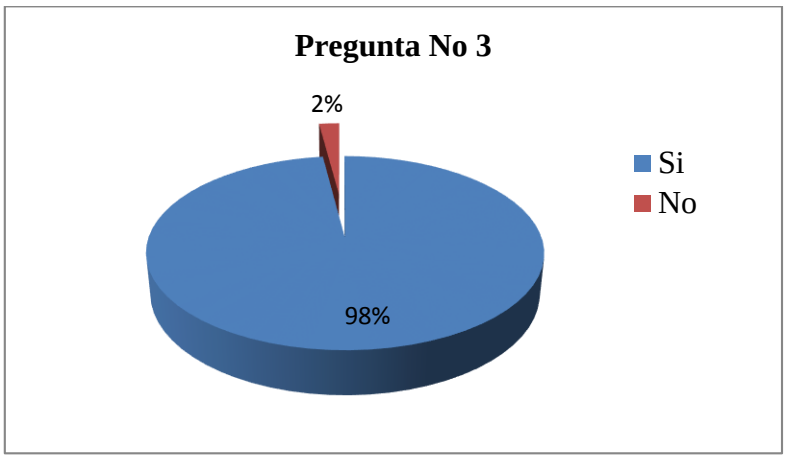
¿Considera usted que con la implantación del sistema SCADA en EEQ, mejoró la atención al cliente?

Tabla 3: Pregunta 3

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	193	98%
No	4	2%
TOTAL	**197**	**100%**

Elaborado por: Manuel Otorongo

Gráfico 22: Pregunta 3



Elaborado por: Manuel Otorongo

Análisis e Interpretación

Del 100% de encuestados, el 98% manifiesta que la implantación del sistema SCADA mejoró la atención al cliente, mientras que el 2% indica lo contrario.

La gran mayoría piensa que los sistemas como el SCADA, ayudan a mejorar la atención al cliente, pues disminuyen los tiempos de interrupción del servicio de energía eléctrica. Esta pregunta tiene relación directa con las respuestas de la pregunta 10

Pregunta 4

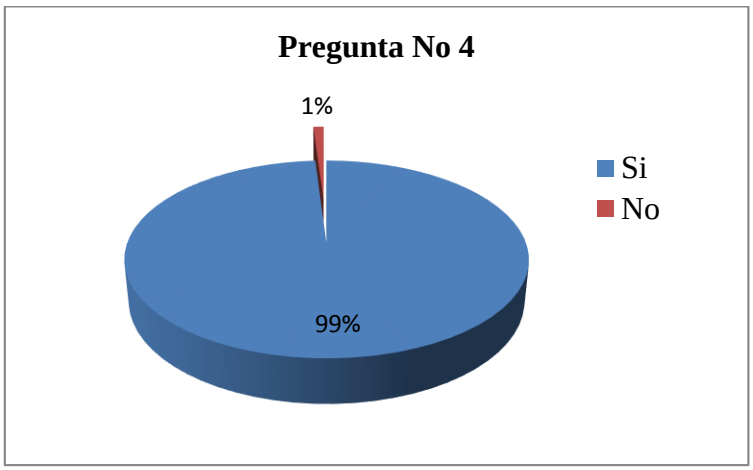
¿Confía usted en la operación de equipos eléctricos a través del sistema SCADA?

Tabla 4: Pregunta 4

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	195	99%
No	2	1%
TOTAL	**197**	**100%**

Elaborado por: Manuel Otorongo

Gráfico 23: Pregunta 4



Elaborado por: Manuel Otorongo

Análisis e Interpretación

Del 100% de encuestados, el 99% considera que la operación de los equipos a través del sistema SCADA es segura, mientras que el 1% indica lo contrario.

Este dato es importante para la implementación de futuros proyectos de automatización, por la confianza manifiesta del personal operativo, pues con el sistema SCADA se abre y se cierra equipos eléctricos; un comando mal ejecutado por sistema, pone en riesgo la vida del personal.

Pregunta 5

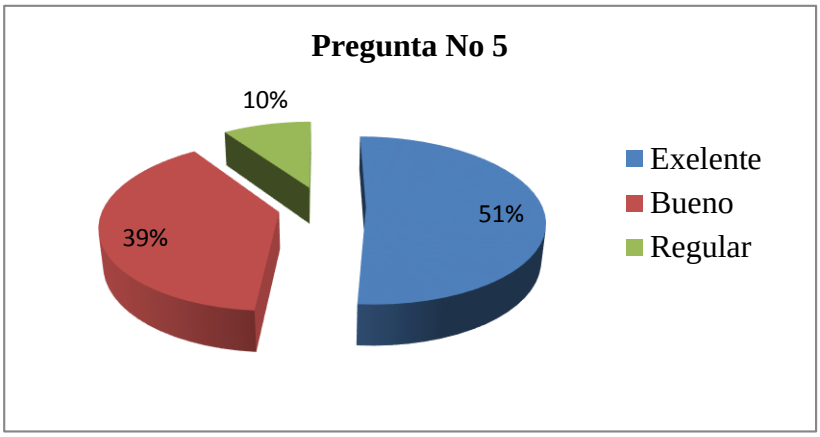
¿Cómo calificaría el servicio de la red interna de comunicaciones de la EEQ?

Tabla 5: Pregunta 5

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Excelente	101	51%
Bueno	77	39%
Regular	19	10%
TOTAL	**197**	**100%**

Elaborado por: Manuel Otorongo

Gráfico 24: Pregunta 5



Elaborado por: Manuel Otorongo

Análisis e Interpretación

Del 100% de encuestados, el 51% considera que el servicio de la red de comunicaciones de EEQ es excelente, el 39 % considera que es bueno y el 10% considera que es regular.

Este dato es importante para la implementación de futuros proyectos de automatización, donde el diseño de la red de comunicaciones para operar los reconectadores a través del sistema SCADA es fundamental, para mantener la confianza del personal en la operación remota de estos equipos.

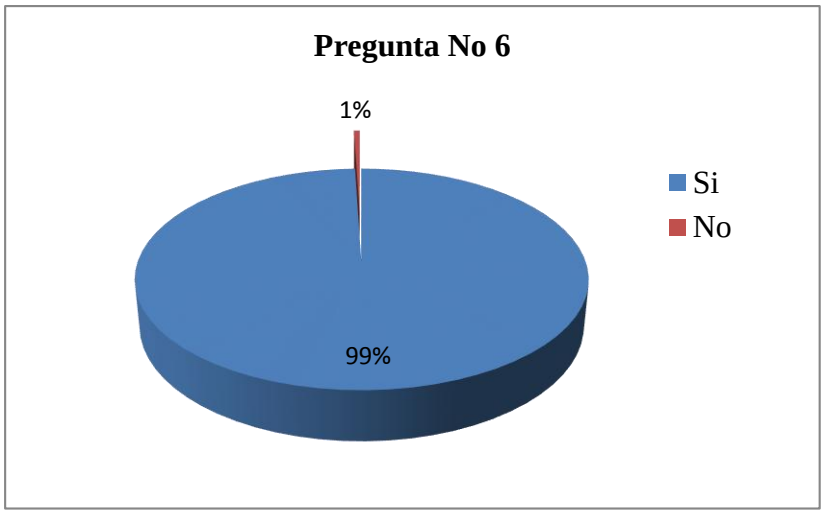
Pregunta 6

¿Considera que EEQ, debe continuar automatizando sus redes, inclusive hasta el medidor?

Tabla 6: Pregunta 6

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	196	99%
No	1	1%
TOTAL	**197**	**100%**

Gráfico 25: Pregunta 6



Elaborado por: Manuel Otorongo

Análisis e Interpretación

Del 100% de encuestados, el 99% considera que la EEQ considera debe seguir profundizando la automatización de los equipos instalados en las redes eléctricas, mientras que el 1% considera que lo contrario.

Es una ventaja que prácticamente todo el personal operativo, considera que se debe seguir automatizando la red de distribución.

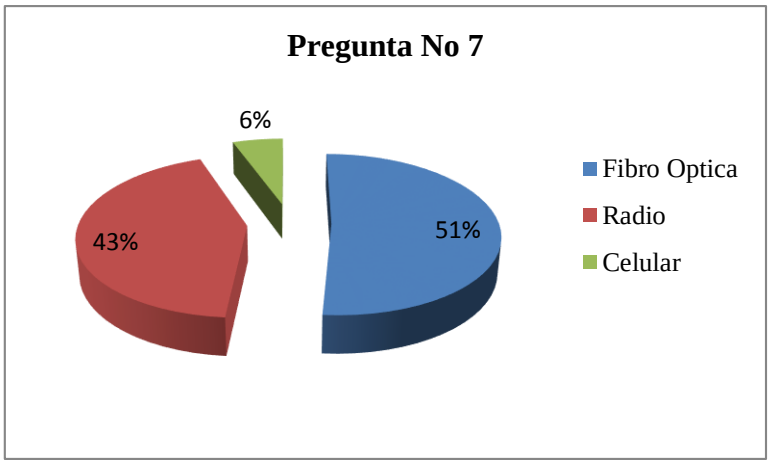
Pregunta 7

¿Cuáles tipos de redes de comunicaciones conoce usted que dispone EEQ para operar las redes eléctricas a través del Sistema SCADA?

Tabla 7: Pregunta 7

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Fibra Óptica	101	51%
Radio	85	43%
Celular	11	6%
TOTAL	**197**	**100%**

Gráfico 26: Pregunta 7



Elaborado por: Manuel Otorongo

Análisis e Interpretación

Del 100% de encuestados, el 51% conoce que EEQ dispone de una red de comunicaciones de fibra óptica, el 43% conoce que existe comunicaciones por radio y el 6% conoce que existe comunicaciones a través de operadoras celulares.

Pregunta 8

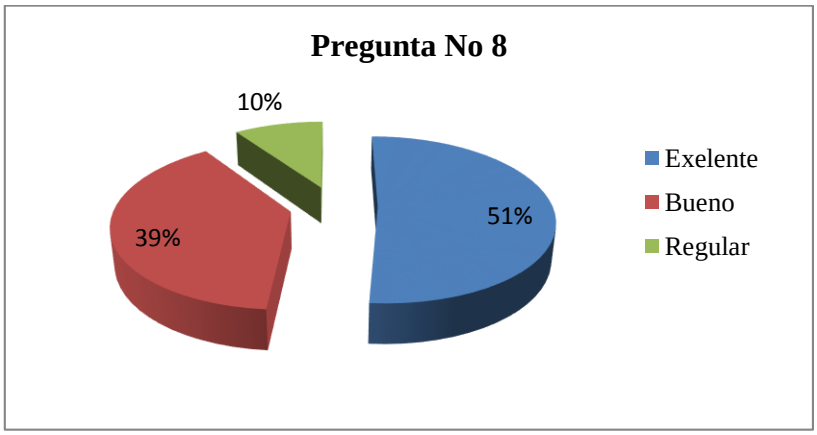
¿Cómo califica usted el servicio de las redes de comunicaciones que usted señaló en el numeral anterior?

Tabla 8: Pregunta 8

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Excelente	101	51%
Bueno	77	39%
Regular	19	10%
TOTAL	**197**	**100%**

Elaborado por: Manuel Otorongo

Gráfico 27: Pregunta 8



Elaborado por: Manuel Otorongo

Análisis e Interpretación

Del 100% de encuestados, el 51% manifiesta que el servicio de comunicaciones de la red por fibra óptica es excelente, el 39% manifiesta que el servicio de comunicaciones por radio es bueno y el 10% considera que el servicio de la red por telefonía celular es regular.

Esta información es fundamental en razón que la mayoría del personal considera que las comunicaciones por fibra óptica y por radio son confiables, este dato es importante para escoger el medio de comunicaciones para el proyecto.

Pregunta 9

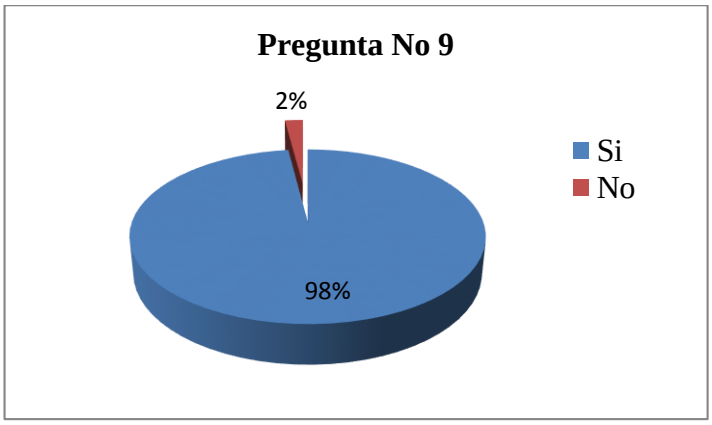
¿Conoce usted, para qué sirve un reconectador?

Tabla 9: Pregunta 9

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	193	98%
No	4	2%
TOTAL	**197**	**100%**

Elaborado por: Manuel Otorongo

Gráfico 28: Pregunta 9



Elaborado por: Manuel Otorongo

Análisis e Interpretación

Del 100% de encuestados, el 98% conoce para que sirve y como se utiliza un equipo reconectador, mientras que el 2% desconoce.

Pregunta 10

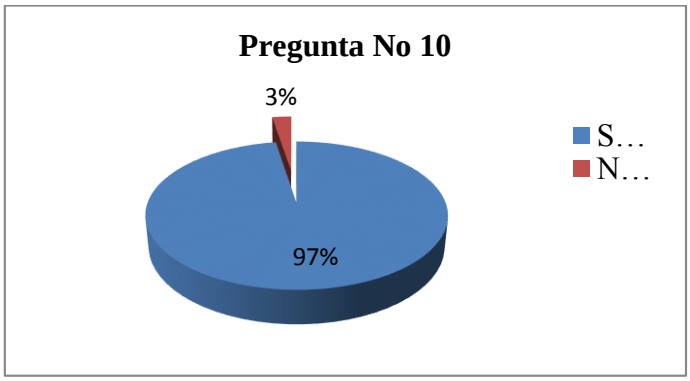
¿Considera usted que la operación de reconectadores a través del sistema SCADA, mejorará los índices de calidad del servicio técnico de EEQ?

Tabla 10: Pregunta 10

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	192	97%
No	5	3%
TOTAL	**197**	**100%**

Elaborado por: Manuel Otorongo

Gráfico 29: Pregunta 10



Elaborado por: Manuel Otorongo

Análisis e Interpretación

Del 100% de encuestados, el 97% considera que la gestión operativa de reconectadores a través del sistema SCADA, mejorar los índices de calidad del servicio técnico de EEQ, mientras que el 3% considera que lo contrario.

Este resultado es importante para el proyecto, en razón que el personal considera las ventajas de operar de estos equipos desde el Centro de Control, pues conocen que se disminuirá el número de veces así como los tiempos de interrupción del servicio de energía eléctrica a los clientes, con un sistema confiable donde el sistema de comunicaciones se convierte en un factor preponderante.

4.2 Verificación de la Hipótesis

4.2.1 Formulación de la Hipótesis

En primer lugar planteamos una hipótesis positiva o alterna (H1) y una hipótesis negativa (H0)

H1: Un sistema de comunicaciones adecuado entre equipos reconectadores instalados en la red de distribución y un Sistema SCADA, permitirá mejorar los índices de calidad del servicio de energía eléctrica, a los usuarios de la Empresa Eléctrica [p3]Quito.

H0: Un sistema de comunicaciones adecuado entre equipos reconectadores instalados en la red de distribución y un Sistema SCADA, no permitirá mejorar los índices del servicio de energía eléctrica, a los usuarios de la Empresa Eléctrica Quito[p4].

4.2.2 Nivel de Significación

El nivel de significación escogido para la investigación fue del 5% o 0,05 (95%)

4.2.3 Elección de la Prueba Estadística

Para la verificación de la hipótesis se escogió la prueba del Chi Cuadrado cuya fórmula es la siguiente:

$$x^2 = \frac{\sum \ (O-E)^2}{E} \qquad \text{[Ecuación 4.1]}$$

X^2 = Chi Cuadrado

Σ = Sumatoria

O = Datos observados (Encuestas)

E = Datos esperados (Observación)

Para la comprobación de la hipótesis se relacionó dos preguntas de la encuesta y se observó las siguientes frecuencias de respuesta.

3. ¿Considera usted que con la implantación del sistema SCADA en EEQ, se mejoró la atención al cliente?

3.1 Si ☐

3.2 No ☐

10. ¿Considera usted que la operación de reconectadores a través del sistema SCADA, mejorará los índices de calidad del servicio técnico de EEQ?

10.1 Si ☐

10.2 No ☐

Tabla 11: Frecuencias de Preguntas 3 y 10

PREGUNTAS	ALTERNATIVAS		TOTAL
	SI	NO	
3. ¿Considera usted que con la implantación del sistema SCADA en EEQ, se mejoró la atención al cliente?	193	4	197
10. ¿Considera usted que la operación de reconectadores a través del sistema SCADA, mejorará los índices de calidad del servicio técnico de EEQ?	192	5	197
TOTAL	**385**	**9**	**394**

Elaborado por: Manuel Otorongo

4.2.4 Zona de Aceptación o Rechazo

Grados de Libertad

(gl) **=** (f – l) (c – l)

Dónde:

(gl) = Grado de Libertad
c = Columnas de la Tabla
f = Filas de la Tabla

Reemplazando

(gl) = (fila-1)(columna-1)
(gl) = (f-1)(c-1)
(gl) = (2 - 1)(2 - 1)
(gl) = (1)(1)
(gl) = 1

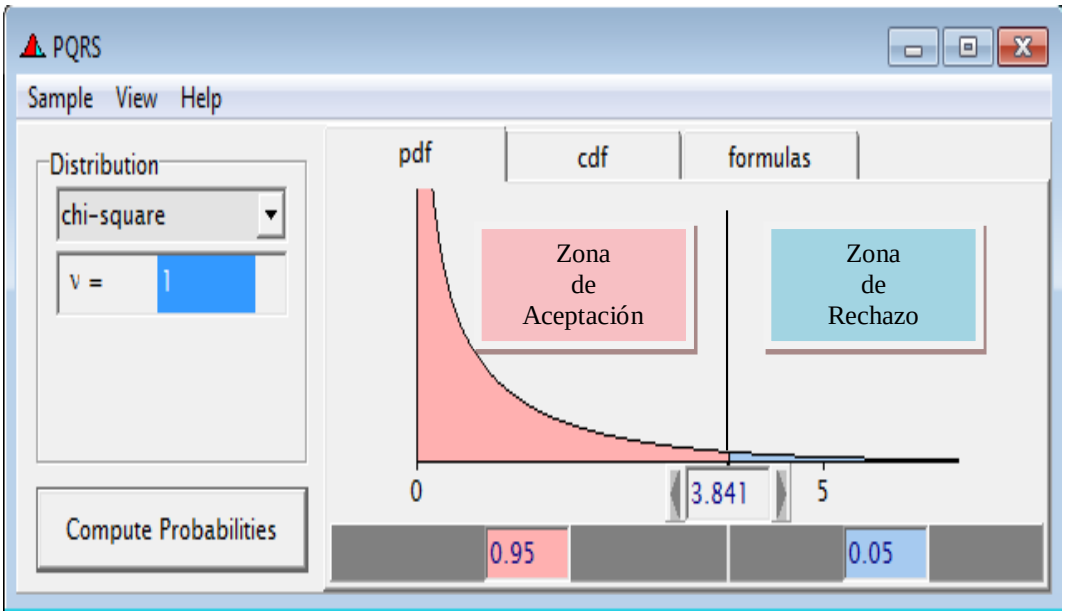
Nivel de significación del 5% o 0,05

El valor tabulado del Chi Cuadrado (χ^2) con 1 grado de libertad y un nivel de significación del 5% o 0,05 es de **3.841** (Obtenido a través del software PQRS)

Zona de Aceptación y Rechazo:

$$\chi_c^2 = 3{,}841$$

Gráfico 30: Zona de Aceptación y Rechazo



Elaborado por: Manuel Otorongo

4.2.5 Cálculo Matemático

Una vez obtenidas las frecuencias esperadas, se aplicó lo siguiente:

Tabla 12: Frecuencias esperadas de preguntas 3 y 10

PREGUNTAS	ALTER.	O	E	(O - E)	$(O - E)^2$	$(O - E)^2 / E$
3. ¿Considera usted que con la implantación del sistema SCADA en EEQ, se mejoró la atención al cliente?	SI	193	192.5	0.5	0.25	0.0013
	NO	4	4.5	-0.5	0.25	0.0556
10. ¿Considera usted que la operación de reconectadores a través del sistema SCADA, mejorará los índices de calidad del servicio técnico de EEQ?	SI	192	192.5	-0.5	0.25	0.0013
	NO	5	4.5	0.5	0.25	0.0556
					χ^2	**0.1137**

Elaborado por: Manuel Otorongo

4.2.6 Decisión

El valor de χ_c^2 = 3,841 es mayor que χ^2 = 0.1137 o χ^2 se encuentra en la zona de aceptación; por consiguiente, de conformidad a lo establecido en la regla de decisión, se acepta la hipótesis H1 positiva o alterna planteada para esta investigación; es decir: La gestión operativa de reconectadores a través del sistema de SCADA de EEQ, **sí** mejorará los índices de calidad del servicio eléctrico.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Los actuales sistemas de comunicaciones permiten interactuar directamente con otras personas o con equipos, sin que exista una conexión física entre los actores.

2. Los enlaces inalámbricos a través de enlaces de radio, tienen una alta disponibilidad, por lo que son muy utilizados en proyectos de automatización de redes de distribución de energía eléctrica.

3. La comunicación a través de tecnología móvil, es la que dispone mayor cobertura y por consiguiente es la más utilizada actualmente, sin embargo para proyectos de automatización de la industria especialmente de la eléctrica, no es muy utilizada, por los costos que implica el alquiler de la banda de comunicación respectiva.

4. Las redes VPN son medios de comunicación muy utilizados y seguras en la transmisión de la información, pues se establece un canal virtual entre el emisor y receptor de la información, que nos permite tener una conexión a la red con todas las características de la red privada a la queremos acceder.

5. Para un usuario, los sistemas de comunicaciones se convierten en un agente de información que le permite utilizar servicios que requiere en forma inmediata, y para el propietario del servicio se convierte en un medio eficaz y oportuno para mejorar la calidad de atención.

6. Los Sistema SCADA son herramientas que permiten la operación de equipos a distancia, es decir realizan operaciones de apertura y cierre o entregan información en tiempo real del sistema que está supervisando, que repercute en una mejor atención en la calidad del servicio que está prestando.

7. La tecnología de redes inalámbricas permite realizar enlaces de conexión de hasta 40 kilómetros, ofrecen una gran movilidad y son de fácil instalación, y en muchos casos dependiendo de la antena se puede tener señales de hasta un kilómetro a la redonda.

5.2 Recomendaciones

1. Las empresas prestadoras de servicios públicos o que tienen relación directa con el público como: instituciones financieras, industrias, comercio, etc., deben implementar sistemas de comunicaciones que permitan interactuar directamente con sus clientes.

2. Previo a la instalación de un enlaces inalámbrico, se debe realizar un análisis de la topografía del terreno entre los puntos a comunicarse, para ver la factibilidad de su implementación.

3. La utilización de tecnología móviles como medio de comunicación para mejorar procesos de atención al cliente, deben ser analizadas en función de un análisis financiero de beneficio costo del proceso que se quiere mejorar.

4. La utilización de las redes VPN, deben ser implementadas conjuntamente con políticas de seguridad y encriptación de la información, para evitar intrusiones y cifrado de los contenidos de la información; y, adicionalmente reduce el ancha de banda lo cual implica reducción de costos de la comunicación.

5. Para mejorar la calidad de atención a clientes, se debe necesariamente analizar alternativas de sistemas de comunicación que permitan a los clientes acceder a los servicios de manera fácil, rápida y oportuna.

6. Es recomendable la implementación de los Sistemas SCADA para mejorar los procesos productivos y de atención al cliente, en razón son sistemas muy confiables en su operación y en la información que transmiten.

7. La comunicación inalámbrica permite la automatización de las redes de distribución en cualquier lugar que se encuentren instalados sus equipos, por lo que es recomendable su utilización en este tipo de proyectos.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Descripción del Sistema Eléctrico de EEQ.

6.1.1 Área de Concesión.

El área de concesión otorgada por el CONELEC a la EEQ es de 14 971 km2, que corresponde a los cantones de: Quito, Rumiñahui, Mejía, Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de los Bancos, parte de: Puerto Quito y Cayambe en la Provincia de Pichincha, Quijos y el Chaco en la Provincia del Napo.

6.1.2 Instalaciones Eléctricas.

La Empresa para garantizar el servicio eléctrico y el crecimiento de la demanda eléctrica a sus clientes, a diciembre 2012 dispone de:

35 subestaciones de distribución y 44 transformadores en servicio, de los cuales: 10 transformadores son de 138/22.8 KV, 10 transformadores de 46/22.8 KV, 1 transformador de 46/22/6.3 KV, 1 de 46/13.2 KV y 22 transformadores de 46/6.3 KV, con una capacidad instalada total de: 2506.15 MVA.

Estas subestaciones están alimentadas por 222.7 Km de líneas a 46 KV y 84.2 Km a 138 KV de Subtransmisión; y, para distribuir la energía en las diferentes zonas de servicio, dispone de 185 circuitos de alimentadores primarios a 22.8 KV, 6.3 KV y 13.2 KV, de los cuales 10 circuitos son expresos del sistema de transporte TROLEBUS, la longitud de las redes de medio voltaje alcanza los 7,625.11 kilómetros; se ha instalado 37,349 transformadores de distribución

y 2,224.577 MVA de capacidad instalada; así como 6,667.69 kilómetros de redes de baja tensión; 433,837 acometidas y 928,399 medidores, entre monofásicos, bifásicos y trifásicos, de los cuales, 4,931 están instalados en media tensión; todo orientado a disponer de un sistema eléctrico de alta confiabilidad, seguridad y eficiencia, que garantice calidad del servicio a sus clientes, sin restricciones.

6.1.3 Accionistas

El crecimiento intensivo de la demanda eléctrica y de los clientes ha incidido para que la composición accionaria de la Empresa se modifique en el transcurso del tiempo, llegando el Estado a participar en su composición, por la falta de recursos económicos de los accionistas existentes para financiar la expansión de las instalaciones eléctricas, participación que en principio fue mediante el INECEL y actualmente es por medio del Fondo de Solidaridad, así como también, tiene participación el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, con los aportes de las instalaciones nuevas de urbanizaciones y aportes propios, también, el Consejo Provincial de Pichincha en base a ley del FER y luego del FERUM, fondo que desde la expedición de la nueva ley de Régimen del Sector Eléctrico en 1996, volvió a pertenecer al Estado manejado por el Fondo de Solidaridad (FS), hasta el 4 de diciembre del 2009, en que el MEER asumió el accionariado del FS, por lo que, a continuación se indica la composición y accionistas de la EEQ:

6.1.4 Composición Accionaria

Cuadro No 7: Composición Accionaria de EEQ

COMPOSICION ACCIONARIA desde el 4 dic.2009	Capital Actual	Acciones ordinarias	Acciones preferidas	(%)
Ministerio de Electricidad y Energía Renovable	84.188.897,0	84.188.897,0	-	56,98
Ilustre Municipio del Distrito Metropolitano de Quito	47.100.047,0	45.372.137,0	1.727.910,0	31,88
Consejo Provincial de Pichincha	14.165.179,0	14.165.179,0	-	9,59
Industriales y Comerciales	2.099.618,0	2.099.618,0	-	1,42
Consejo Provincial del Napo	192.047,0	192.047,0	-	0,13
Cámara de Industriales de Pichincha.	396,0	396,0	-	0,00027
Comité de Empresa de EEQ.	314,0	314,0	-	0,00021
Economista Ramiro Gómez	45,0	45,0	-	0,00003
TOTAL:	**147.746.543,0**	**146.018.633,0**	**1.727.910,0**	**100,0**

Elaborado por: Manuel Otorongo

6.1.5 Sistemas de Información y Comunicación

La medición y análisis del desempeño organizacional de la EEQ se realiza a partir de la selección, conexión, alineamiento e integración de datos e informaciones, actividades que están soportadas por un Sistema Integrado de Información (SII), que se caracteriza por manejar bases de datos unificadas en tres niveles:

- Sistemas transaccionales que sirven de apoyo en la gestión diaria de los procesos, con información a detalle de carácter: técnico, operativo y financiero (SIEEQ, CRM, SDI, TEC, ADM-FIN, SCADA, GIS).
- Sistemas de gestión que permiten obtener información consolidada y estadística respecto a los resultados de los procesos, con fines analíticos orientados a la toma de decisiones. (QPR-Procesos, Datasmarts: Financiero, Comercial y de Distribución).
- Sistemas estratégicos que reportan los resultados de los indicadores que permiten monitorear la gestión global de la organización, y también de los procesos de creación de valor y de apoyo. (SIDEBENCH, QPR – BSC).

6.1.6 Innovación Tecnológica

La innovación tecnológica trasciende el mejoramiento tecnológico y administrativo de los procesos de la EEQ, en el marco de una estrategia de investigación y desarrollo para el sector eléctrico.

En cumplimiento a una política institucional de innovar y tecnificar minimizando el impacto ambiental, se está impulsando cambios tecnológicos que permiten una generación limpia y sostenible; una trasmisión, distribución y comercialización de menor impacto ambiental y un uso más responsable de la electricidad.

La innovación tecnológica, para la EEQ, es fundamental para alcanzar la satisfacción de los clientes, cumplir con las expectativas de los Grupos de Actores internos y externos, y responder a las exigencias del modelo de gestión propuesto, a través de iniciativas para incrementar la eficacia y eficiencia y la calidad del

servicio eléctrico. (SCADA/OMS- MWM/DMS, Telemedición, Modernización de Centrales hidroeléctricas y térmicas, AVL, Tecnología móvil).

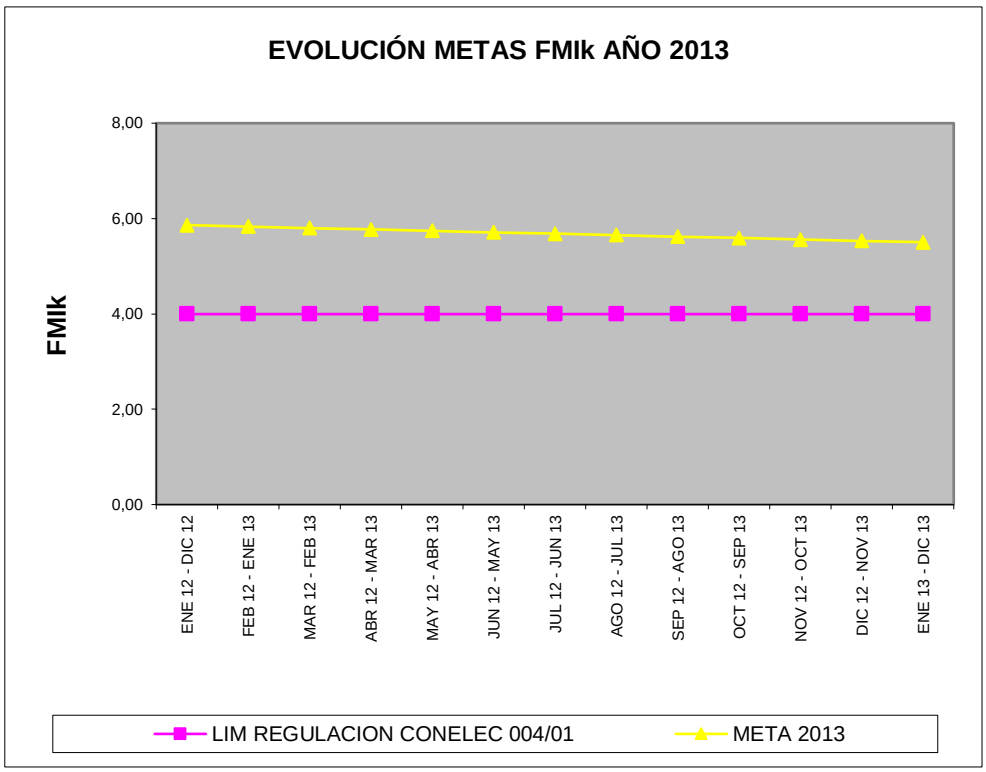
6.1.7 Políticas Institucionales de la Empresa.

- Proporcionar un servicio eléctrico óptimo y orientado al buen vivir Cumplir con la dotación del servicio eléctrico en las mejores condiciones de eficiencia, continuidad y calidad, sustentada en una gestión orientada al buen vivir y a la sostenibilidad institucional.

6.2 Antecedentes de la Propuesta.

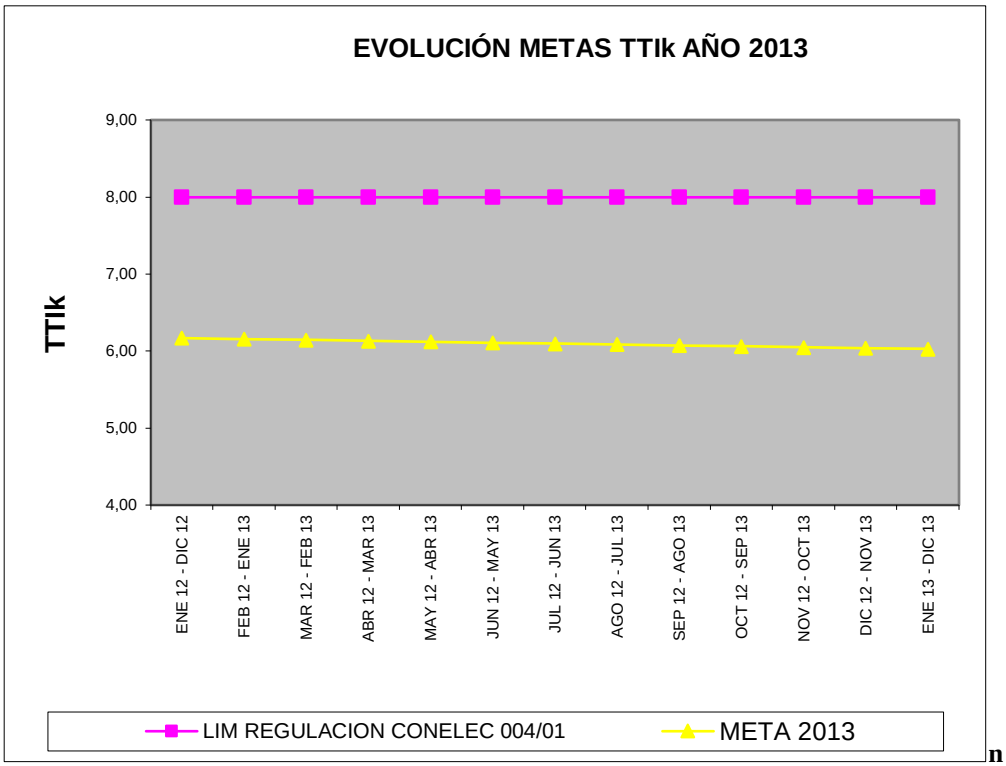
El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable – MEER, impone anualmente metas a cada Empresa Distribuidora en lo que se refiere a los índices de calidad del servicio técnico, como el TTIK y FMIK, cuyos valores para EEQ son los siguientes para el año 2013:

Gráfico 31: Evolución FMIk



Elaborado por: Manuel Otorongo

Gráfico 32: Evolución TTIk



Elaborado por: Manuel Otorongo

Claramente se puede visualizar que los indicadores de calidad del servicio técnico tanto de frecuencia de interrupción FMIk, como de tiempo de interrupción TTIk, se encuentran sobre las metas establecidas por el MEER, a pesar que a partir del mes de julio se observa una ligera tendencia a la baja, esto es, porque a partir de este mes, al interior de EEQ se procedió a la instalación de equipos reconectadores en los alimentadores primarios, que son equipos de reconexión y que su ubicación fue realizada bajo el criterio de ubicación óptima.

Por su característica de operación inteligente y para aprovechar de mejor manera sus bondades tecnológicas, es necesario integrar su operación desde el sistema SCADA.

6.3 Justificación de la Propuesta

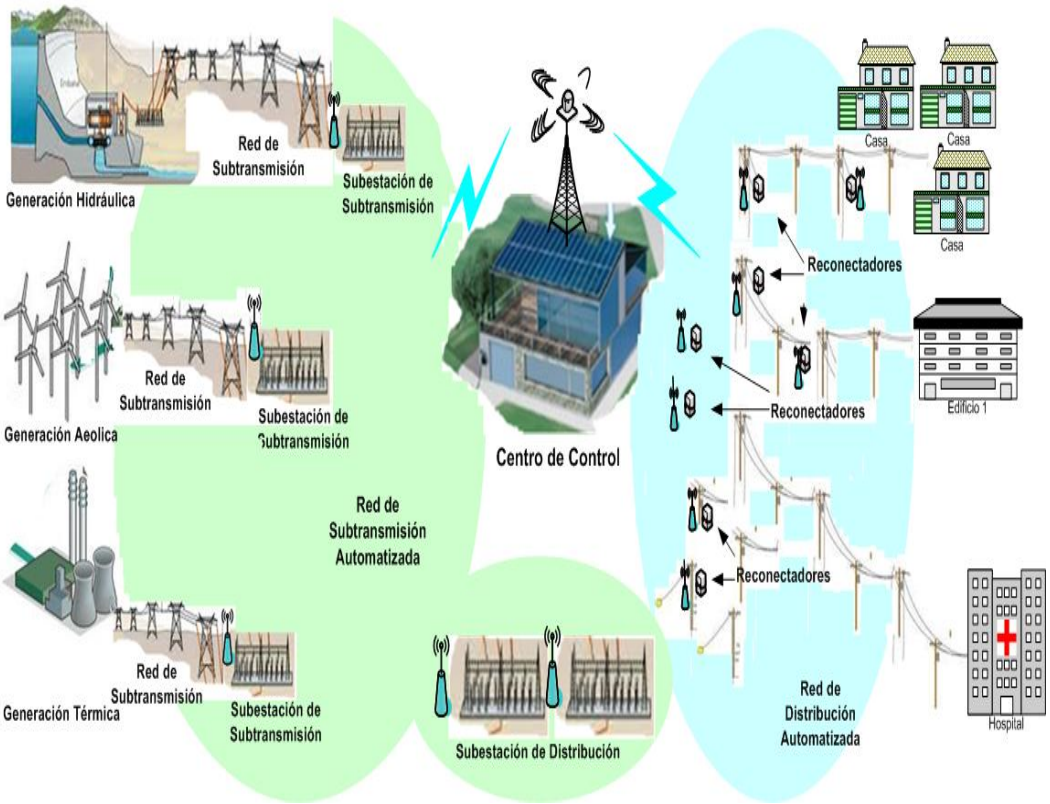
Con el propósito de ampliar los procesos de operación centralizada desde el Centro de Control hacia el Sistema de Distribución, es necesario implementar un

proyecto para la Supervisión y Control Remoto de los equipos Reconectadores, para lo cual EEQ posee una infraestructura sólida de Telecomunicaciones.

A través del Sistema SCADA es posible alcanzar lo indicado anteriormente, que permitirá mejorar los índices de calidad del servicio técnico de electricidad.

La siguiente figura ilustra los componentes de un Sistema de Distribución que pueden ser automatizados a través de un Sistema SCADA o de otros de similares funciones.

Gráfico 33: Componentes de un Sistema de Distribución



Elaborado por: Manuel Otorongo

Las siguientes figuras ilustran los valores de los índices de calidad del servicio TTIk y FMIk alcanzados hasta el mes de octubre de 2013 por EEQ, los cuales se visualizan que se encuentran en valores superiores a las metas fijadas por el MEER, por lo que para mejorar estos índices es necesario profundizar en proyectos de automatización que permitan disminuir los tiempos de interrupción del servicio de energía eléctrica, como los reconectadores.

Gráfico 34: Evolución FMIk

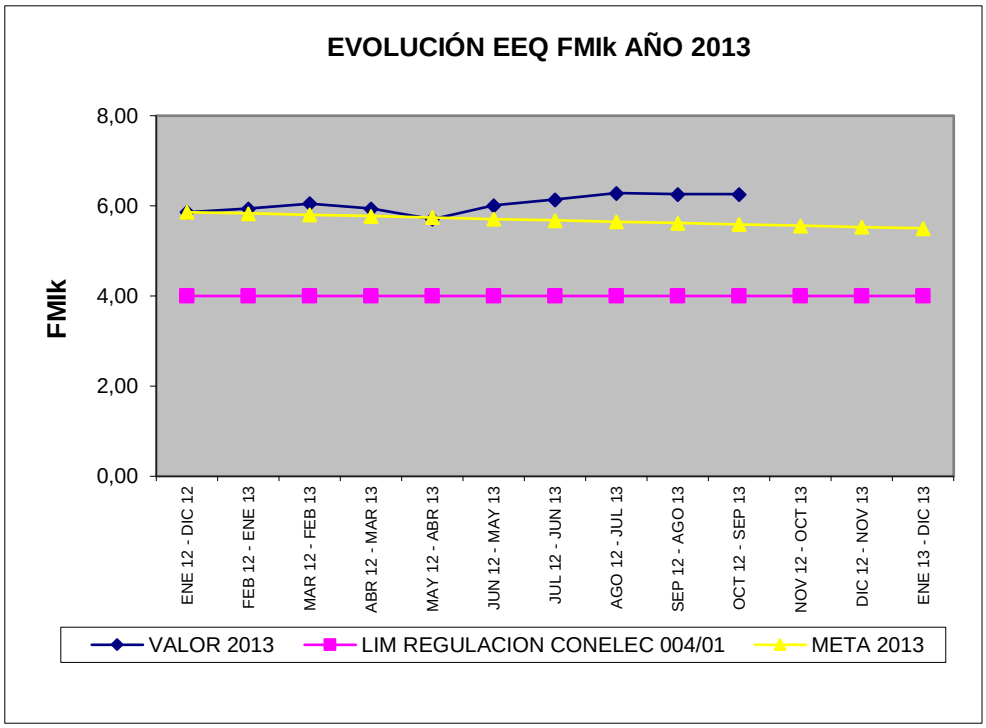
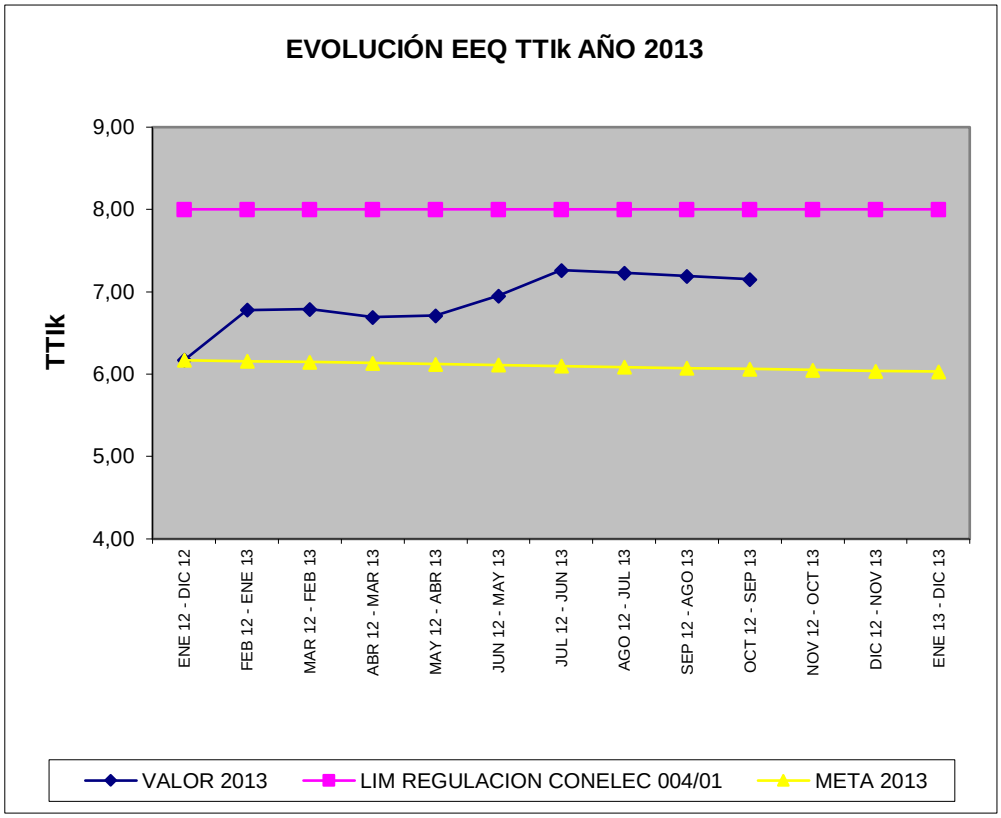


Gráfico 35: Evolución Indicador TTIk



Elaborado por: Manuel Otorongo

6.4 Situación Actual de la Automatización de Redes de Distribución.

La EEQ posee un sistema SCADA que permite el control, adquisición de datos y supervisión de sus Sistema Eléctrico de Potencia. Esta operación remota se concreta hasta los equipos instalados dentro de las subestaciones, líneas de transmisión, transformadores de potencia y alimentadores primarios, llegando a un 98% de automatización a nivel de empresa, en este tipo de instalaciones.

A nivel del Sistema de Distribución no existe interacción entre el Centro de Control y el Sistema de Distribución, es decir no existe control, adquisición de datos y supervisión en equipos instalados a nivel de alimentadores primarios como reconectadores, transformadores de distribución, equipos de seccionamiento como los reconectadores, etc.

Las instalaciones que se encuentran automatizadas e integradas al Sistema SCADA son:

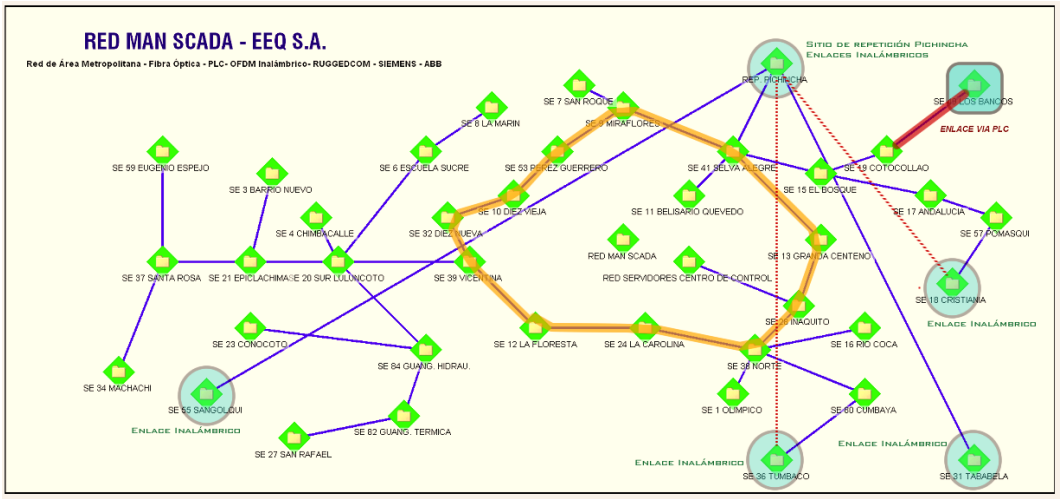
Gráfico 36: Subestaciones integradas al Sistema SCADA

Fuente: Sistema SCADA de EEQ

6.5 Análisis de la Red Actual de Comunicaciones

La EEQ posee una red de comunicaciones entre subestaciones que está conformada por enlaces de fibra óptica mono modo y algunos enlaces inalámbricos en 5 GHz OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). Esta red trabaja completamente en la capa dos del modelo OSI (*Open System Interconnection*) , excepto las subestaciones Conocoto, Tababela y Alangasí, las mismas que cuenta cada una de ellas con un router-firewall y están trabajando en la capa tres del modelo OSI.

Gráfico 37: Red de Comunicaciones de EEQ



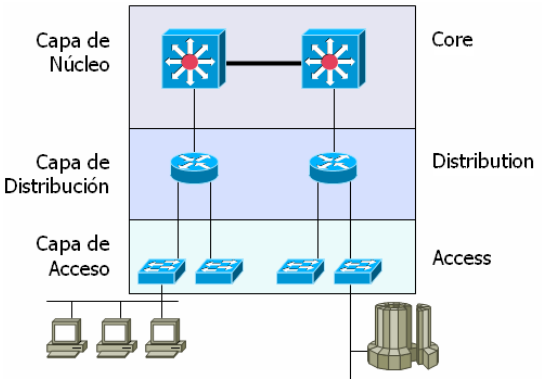
Fuente: Departamento de Tecnología y Comunicaciones de EEQ

Las *Virtual Local Área Network (VLANs)* son gestionadas a través de *GVRP* (*GARP VLAN Registration Protocol)* para el paso de información de *VLANs* de manera automática, cabe recalcar que el esquema de red que maneja la Empresa Eléctrica Quito (EEQ) es asociar una VLAN diferente en cada subestación.

El ruteo de las subredes IP que corresponden a cada VLAN se lo gestiona o se procesa en los routers-firewalls del Centro de Control, los mismos que son equipos Cisco 2801, los cuales aparte de enrutar las subredes también aplican políticas de firewall, NAT y ACLs.

Para describir la red de comunicaciones de EEQ, se ha tomado como referencia el modelo jerárquico de tres capas de Cisco que define funciones lógicas en cada capa, este modelo ayuda a tener una visión fácilmente entendible de la estructura de la red. El gráfico 38 ilustra el modelo jerárquico de CISCO.

Gráfico 38: Modelo jerárquico de CISCO



Fuente: www.cisco.com

En base a lo mencionado la red SCADA de la EEQ está primordialmente formada por tres capas.

Capa Core/Núcleo:

Esta capa está formada por un router Cisco 2801 que tiene funcionalidades de firewall aunque principalmente realiza enrutamiento inter-VLAN. Este router se conecta por medio de un enlace troncal a 1GBps al switch principal Ruggedcom RGS2100 de Iñaquito que es de tipo industrial. Este tipo de switches industriales están diseñados para trabajar en ambientes hostiles como son subestaciones eléctricas donde se encuentra una gran interferencia electromagnética.

Capa Distribución:

Esta capa está conformada por dos switches Ruggedcom RGS2100 que actúan como switches de distribución, ubicado uno en la subestación 38 Norte y el otro en la subestación 13 Granda Centeno, las cuales se conectan con un enlace troncal

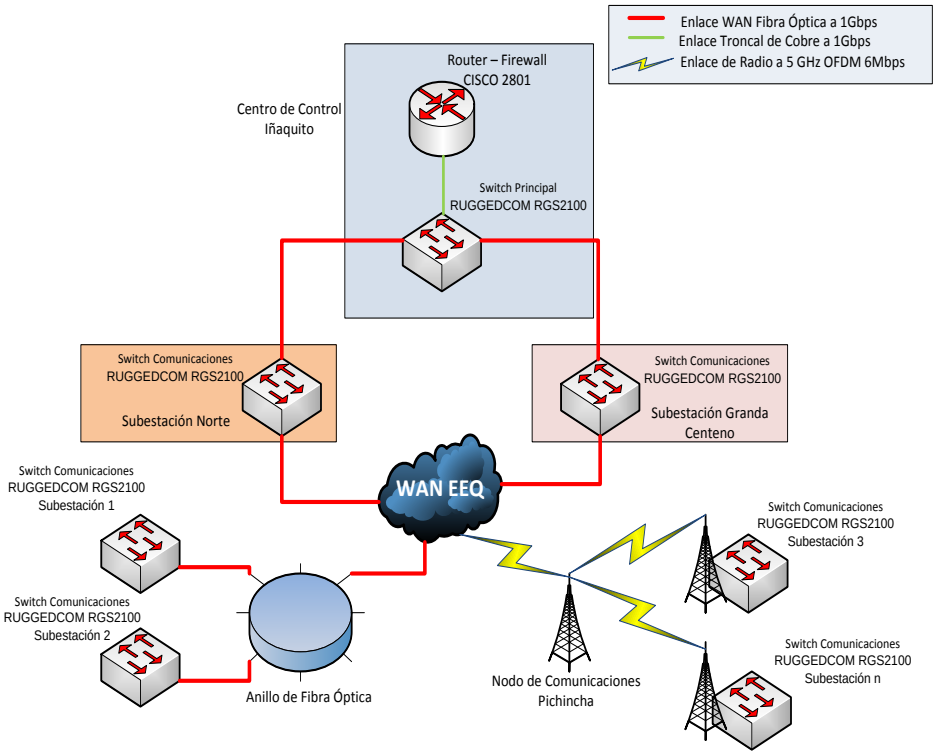
de fibra óptica a una velocidad de transmisión de 1Gbps hacia el switch principal ubicado en el Centro de Control ubicado en Iñaquito. Desde los dos switches de distribución se conecta a un anillo de fibra óptica (1Gbps) donde se conectan la mayor parte de las subestaciones.

Las otras subestaciones se conectan a los switches de distribución de manera inalámbrica con enlaces OFDM a 5GHz hacia el nodo de comunicaciones Pichincha a una velocidad de transmisión de 6Mbps.

Capa Acceso

Esta capa está conformada por los switches de comunicación Ruggedcom RGS2100 que actúan como switches de borde, que se encuentran instalados en cada subestación y se conectan a la red SCADA a través del anillo de fibra o de un enlace inalámbrico. La siguiente figura ilustra la topología actual de la Empresa Eléctrica Quito.

Gráfico 39: Modelo jerárquico

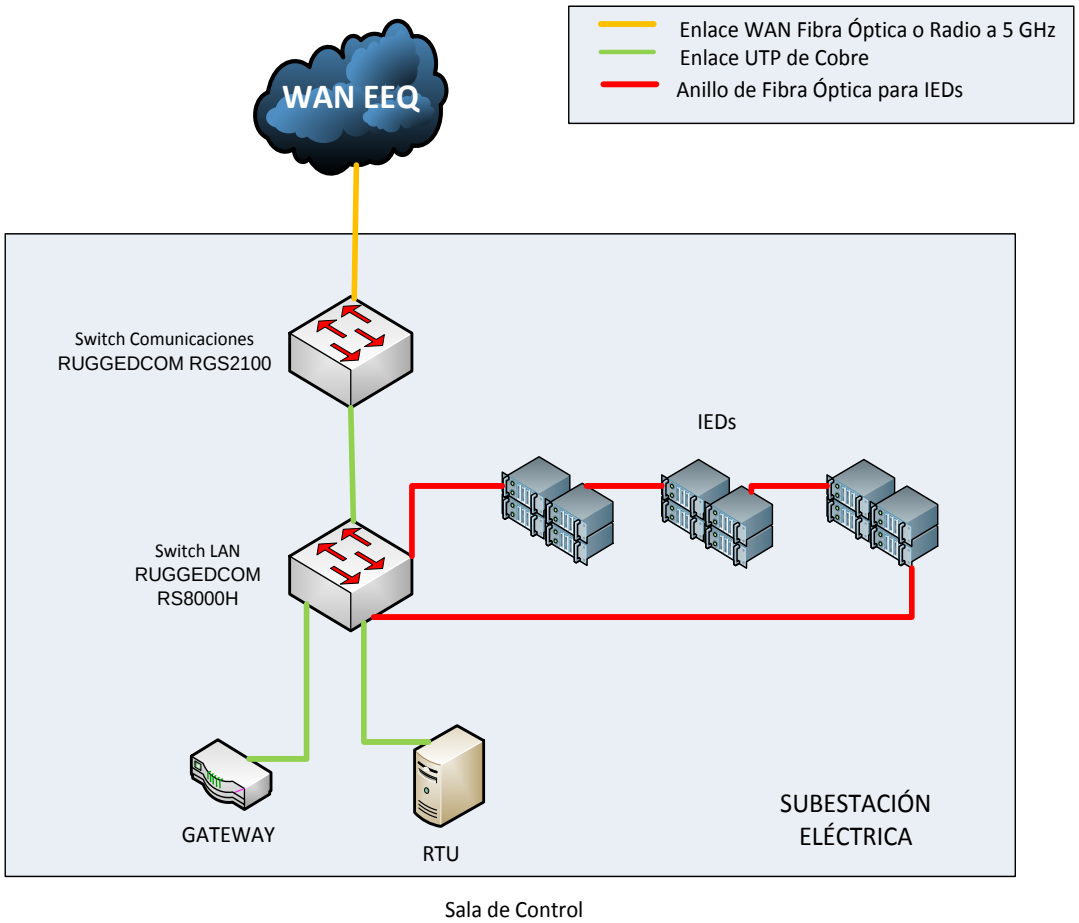


Elaborado por: Manuel Otorongo

En lo que se refiere a la topología en las subestaciones está compuesta por el switch de comunicaciones o de borde descritos en el párrafo anterior. Este equipo de comunicaciones se conecta al switch LAN que es un Ruggedcom RS8000H usando cable de cobre UTP.

La siguiente figura la topología de una subestación, cabe recalcar que este diagrama es genérico para las demás subestaciones.

Gráfico 40: Diagrama genérico subestación eléctrica



Elaborado por: Manuel Otorongo

6.6 Levantamiento de la Información

Se realizó la recopilación de datos de un total de 41 subestaciones y 111 reconectadores ubicados dentro del área urbana y rural de la ciudad de Quito, los puntos visitados fueron aquellos indicados por personal de la EEQ donde se encuentran instalados o pretenden instalarse los equipos reconectadores, de cada

sitio se obtuvo las coordenadas geográficas según Anexo No 1, requisito para la realización de los estudios de factibilidad.

Las subestaciones visitadas fueron las siguientes:

- S/E 01 – Estadio Olímpico.
- S/E 03 – Barrionuevo.
- S/E 04 – Chimbacalle.
- S/E 06 – Escuela Sucre.
- S/E 07 – San Roque.
- S/E 08 – La Marín.
- S/E 09 – Miraflores.
- S/E 10 – Diez Vieja.
- S/E 11 – Belisario Quevedo.
- S/E 12 – La Floresta.
- S/E 13 – Granda Centeno.
- S/E 15 – El Bosque.
- S/E 16 – Río Coca.
- S/E 17 – Andalucía.
- S/E 18 – Cristianía.
- S/E 19 – Cotocollao.
- S/E 20 – Sur Luluncoto.
- S/E 21 – Epiclachima.
- S/E 23 – Conocoto.
- S/E 24 – La Carolina.
- S/E 26 – Alangasí.
- S/E 27 – San Rafael.
- S/E 28 – Iñaquito.
- S/E 29 – Nueva Cumbayá.
- S/E 31 – Tababela.
- S/E 32 – Diez Nueva.
- S/E 33 – Nuevo Aeropuerto.

- S/E 34 – Machachi.
- S/E 36 – Tumbaco.
- S/E 37 – Santa Rosa.
- S/E 38 – Norte.
- S/E 39 – Vicentina.
- S/E 41 – Selva Alegre.
- S/E 49 – Los Bancos.
- S/E 53 – Pérez Guerrero.
- S/E 55 – Sangolquí.
- S/E 57 – Pomasqui.
- S/E 59 – Eugenio Espejo.
- S/E 80 – Cumbayá.
- S/E 82 – Térmica Gualberto Hernández.

6.7 Medios de Transmisión

Dadas las condiciones topológicas y geográficas de los lugares a implementarse en al área de concesión de EEQ y por las distancias de las mismas, solo son factibles dos medios de transmisión para las soluciones a implementarse:

- Medio de comunicación usando una solución de fibra óptica
- Medio de comunicación usando una solución inalámbrica.

Se optó por una solución inalámbrica ya que presenta las siguientes ventajas respecto a una solución cableada de fibra óptica:

- **Permisos:**

Para una solución cableada se necesitan permisos de las autoridades en especial en zonas regeneradas urbanas.

- **Costos de implementación:**

  Una solución con fibra óptica es mucho más cara que una solución inalámbrica por los costos que representa: obra civil, mano de obra, accesorios y elementos.

- **Tiempo de implementación:**
  El tiempo de implementación con respecto a una solución cableada es menor.

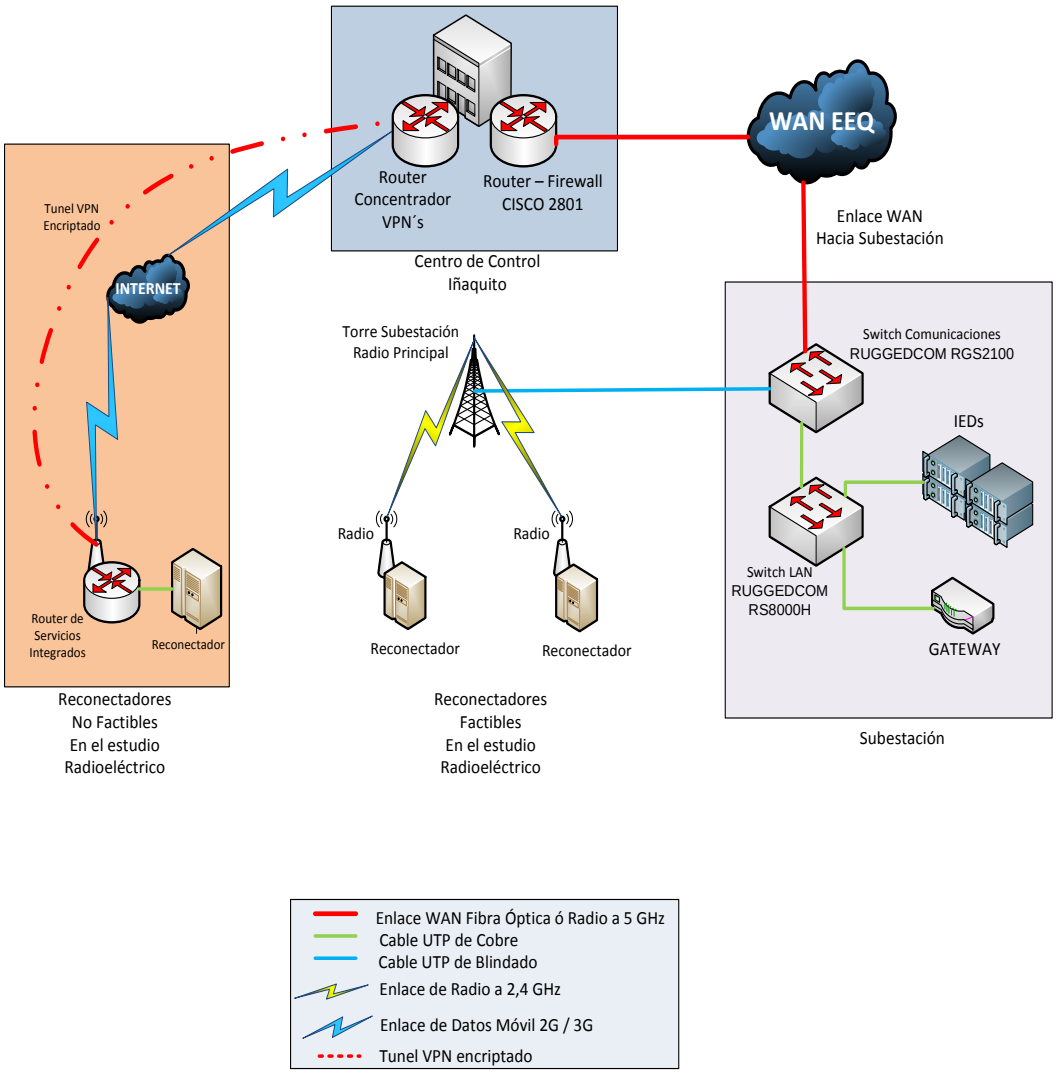
6.8 Descripción de la Topología Propuesta

Con los datos recolectados se ha establecido una topología de red por traspaso, en el gráfico No 41, se presenta un esquema general de la topología, así como también, la explicación de las funcionalidades de la misma. Cada subestación tiene acceso tanto hacia la red SCADA como a la red corporativa de EEQ, siendo la primera la más importante para nuestra propuesta por la conectividad de la red del Sistema SCADA.

EEQ básicamente dispone de enlaces que trabajan en la capa 2 del modelo OSI hacia cada subestación, a través de los cuales se realiza un monitoreo y manejo de equipos locales por medio del Sistema SCADA. Por consiguiente la topología propuesta se basa en:

- Comunicar los reconectadores mediante Enlaces de Radio de capa 2, para que los mismos sean operados a través del Sistema SCADA desde el Centro de Control.
- Para aquellos casos específicos por motivos de línea de vista u otros aspectos por los cuales no hay factibilidad de realizar la comunicación de los reconectadores por medio de radio con el Centro de Control, se propone establecer la conexión mediante túneles VPN hacia el mencionado centro

Gráfico 41: Topología general a ser implementada



Elaborado por: Manuel Otorongo

Para alcanzar la topología propuesta, se establecerán radioenlaces entre cada uno de los reconectadores con la Subestación más cercana, para ello dependiendo de la factibilidad determinada en los estudios se enlazará directamente o de ser necesario se utilizarán puntos de repetición, definiéndose entonces enlaces del tipo:

- Punto – Punto,
- Punto – Multipunto
- Repetición.

Para cumplir los requerimientos de alcance y baja sensibilidad al ruido e interferencia se determina que los equipos de radio operarán en la banda de frecuencia no licenciada de 2,4GHz como condición de diseño. El operar a frecuencias superiores implica mayor sensibilidad al ruido, mayor atenuación por espacio recorrido y afectación provocada por atenuaciones debidas a factores climáticos como lluvia, humedad, nubosidad entre otros.

6.9 Estudio de Factibilidad a Nivel de Radio Frecuencia

Definido que la solución del medio de comunicación será inalámbrica, es necesario realizar el estudio de factibilidad de la solución propuesta a nivel de radio frecuencia.

Para poder monitorear los reconectadores distribuidos a lo largo del área urbana y rural de la ciudad de Quito se requiere proporcionar conectividad desde el panel de control de estos hacia alguna Subestación, tomando en cuenta que todas las subestaciones disponen de conectividad ya sea física o inalámbrica hacia el Centro de Control, desde donde se realizará el control, supervisión, adquisición de datos y operación a través del Sistema SCADA de EEQ.

6.9.1 Criterios de Factibilidad

Para considerar que es factible un enlace de radio, este debe cumplir con los siguientes criterios:

Línea de vista

Determinada la distancia entre los puntos del enlace y la frecuencia de operación es necesario estimar cual será el nivel de despeje de la señal sobre los obstáculos que encontrará en el camino para alcanzar el extremo del punto del receptor, esto se denomina Primera Zona de Fresnel.

Se considera que existe línea de vista en un enlace cuando además de existir visibilidad entre los dos puntos de enlace, al menos el 60% de la primera zona de Fresnel se encuentra despejada es decir libre de obstáculos, en caso de no cumplirse con esta condición la intensidad de señal presentará una reducción significativa. El problema del despeje de la zona de Fresnel se soluciona elevando el nivel de altura de las antenas en los extremos del enlace.

Nivel de señal y sensibilidad del receptor

En un enlace el nivel de señal o de potencia en el extremo del receptor debe ser el adecuado para que éste sea capaz de recuperar la información con la mejor calidad posible.

En teoría un enlace es factible siempre que en el receptor se alcance al menos un valor igual a la sensibilidad del radio, sin embargo en la práctica se recomienda un margen de seguridad mínimo de 10dB para garantizar la estabilidad del enlace en el caso de incrementar factores desfavorables para la transmisión a nivel de Radio Frecuencia, por ejemplo desvanecimiento por condiciones climáticas: lluvia, nubosidad, sol, etc.

Por lo tanto, el problema del nivel de señal se soluciona disminuyendo al máximo las pérdidas en cables y conectores, incrementando la ganancia de las antenas o a su vez incrementando la potencia de transmisión. La potencia de transmisión, niveles de sensibilidad y ganancia de antenas son datos especificados por el fabricante. Con un margen de al menos 10dB se asegura un correcto funcionamiento del enlace radio eléctrico.

Región de cobertura

El área cobertura se define como la distancia máxima a la que llegan las señales de la estación transmisora y puede ser alcanzada por el receptor, es decir que los equipos que se encuentren dentro del área de cobertura o influencia de la estación

Maestra podrán conectarse directamente a esta. El área de cobertura puede extenderse incrementando los niveles de potencia de transmisión o ganancia de las antenas tanto de transmisión como en recepción.

6.9.2 Parámetros

Los parámetros requeridos para la realización del estudio de factibilidad son:

Coordenadas geográficas: Coordenadas de cada uno de los puntos que intervienen en los enlaces, mediante las cuales se calcula la distancia de separación entre los puntos de un enlace, además permite obtener el perfil topográfico del enlace.

Frecuencia de operación: Constituye el rango de frecuencia en las que operarán los radios y las antenas.

Potencia de Transmisión: Es la potencia de salida del radio.

Sensibilidad de recepción: Es el valor mínimo de potencia que necesita el receptor para poder discriminar los datos recibidos.

Ganancia de antenas: Se define como la ganancia de potencia en la dirección de máxima radiación, se produce por el efecto de la directividad al concentrarse la potencia en las zonas indicadas en el diagrama de radiación.

Patrón de radiación: Es una representación gráfica de las propiedades de radiación de la antena en función de las coordenadas espaciales.

A continuación se describe estos parámetros en las antenas a ser utilizadas, en base a los estudios de factibilidad más adelantes explicados se requerirá tres tipos de antenas:

Gráfico 42: Patrón de Radiación Antena Omnidireccional 15dBi

Antena Omnidireccional 2400-2500 MHz /15dBi/100W

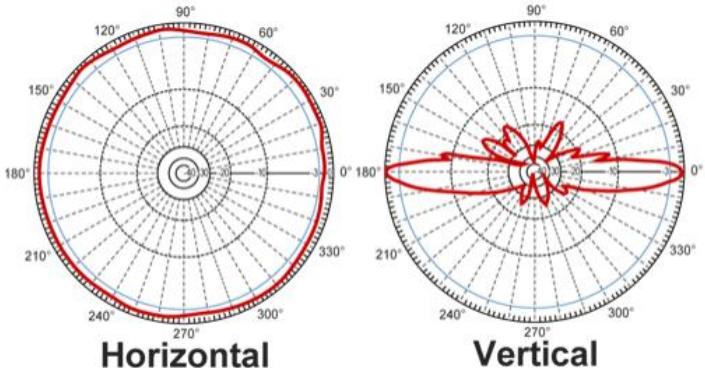


Gráfico 43: Patrón de Radiación Antena Direccional 24 dBi

Antena Direccional 2400-2500 MHz/24dBi

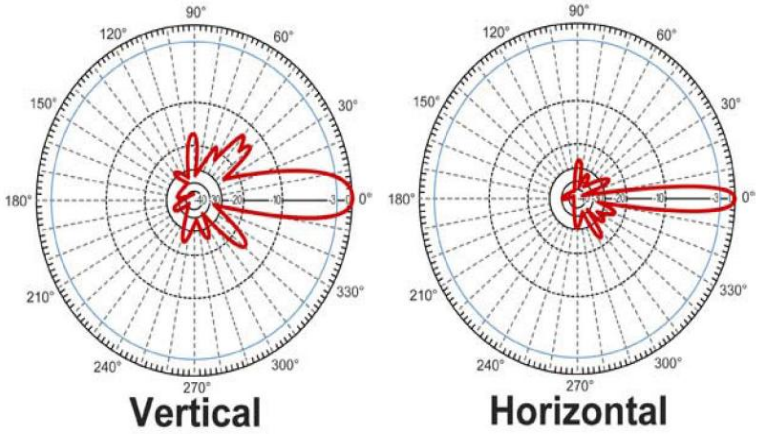
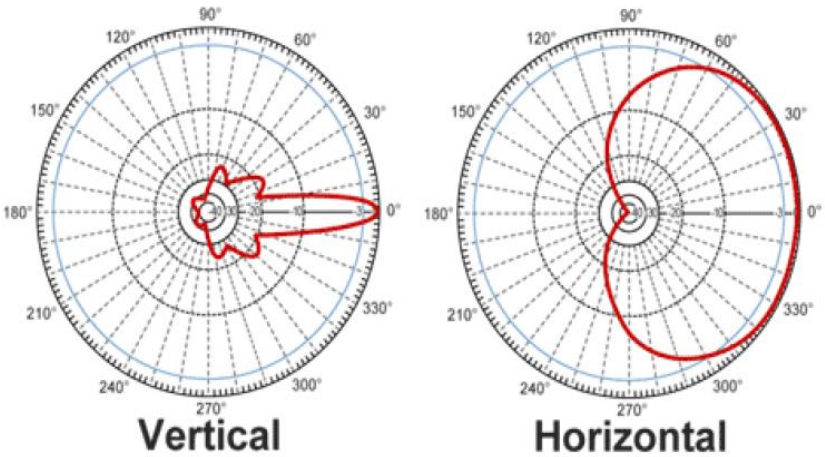


Gráfico 44: Patrón de Radiación Antena Sectorial 20 dBi

Antena Sectorial 2400-2500 MHz/20dBi



Fuente: www.invetronica.com

Pérdida del cable: Constituyen las pérdidas que se producen en los cables que conectan el transmisor y receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo, longitud del cable y frecuencia de operación, la tabla 13 describe algunos valores típicos de ciertos cables en la frecuencia de operación de 2.4GHz.

Tabla 13: Pérdidas de Cable en 2.4 GHZ

PERDIDAS DEL CABLE	
TIPO DE CABLE	PERDIDA (2.4GHZ) DB/1M
LMR-100	1.3 dB por metro
LMR-195	0.62 dB por metro
LMR-200	0.542 dB por metro
LMR-240	0.415 dB por metro
LMR-300	0.34 dB por metro
LMR-400	0.217 dB por metro
LMR-500	0.18 dB por metro
LMR-600	0.142 dB por metro
LMR-900	0.096 dB por metro
LMR-1200	0.073 dB por metro
LMR-1700	0.055 dB por metro

Fuente:www.e-wirelesslan.com

El cable que se propone usar en el proyecto es el LMR-400 (*Land-Mobile Radio*).

6.9.3 Procedimiento de Cálculo del Radio Enlace

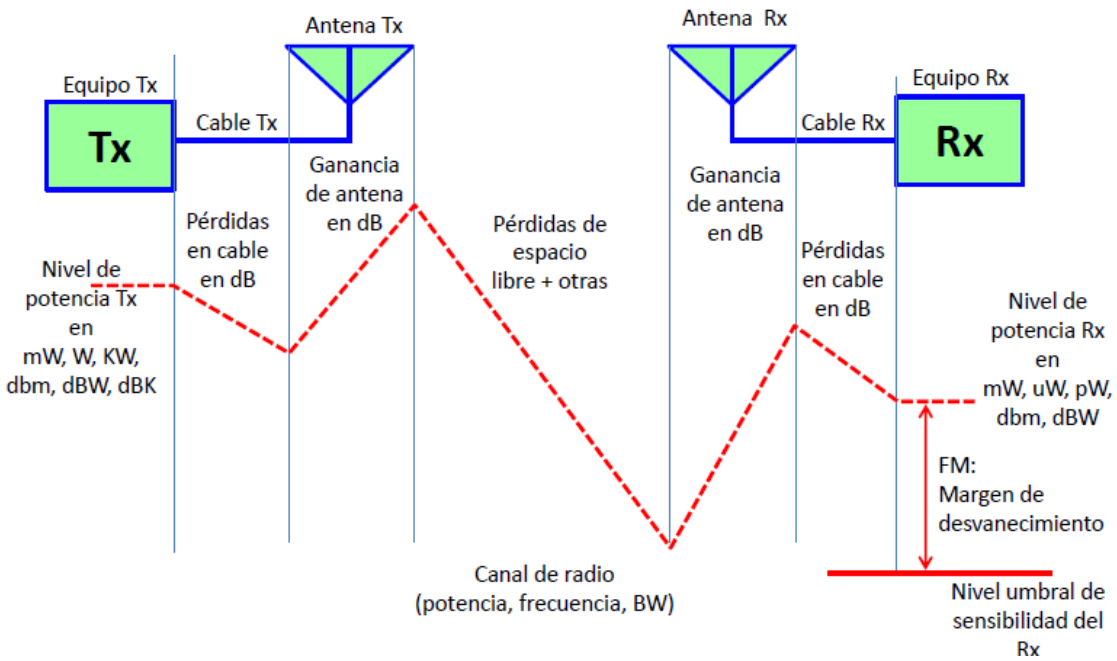
El análisis de los enlaces de radio se basa en el modelo de pérdidas por trayectoria en espacio libre y en el Modelo Norteamericano de Probabilidad por Multitrayectoria Vigants para predicción de disponibilidad, en razón que cumplen con los requerimientos del medio inalámbrico y del terreno en el que funcionarán los radioenlaces.

Las pérdidas que se debe considerar en los radioenlaces son:

- Por hardware (cables y conectores)
- Por propagación (En espacio libre y fenómenos meteorológicos)

El cálculo del balance del enlace es el resultado de todas las ganancias y pérdidas desde el transmisor hasta el receptor, como se detalla en la figura 45:

Gráfico 45: Balance de potencias – Enlace radiofrecuencia unidireccional



Elaborado por: Manuel Otorongo

La planificación del radioenlace comienza con el cálculo del balance de potencias. Para ello se deben conocer la banda de frecuencias, las características climáticas de la zona y las especificaciones técnicas de los equipos de radio: potencia del transmisor, ganancias de las antenas, distancia, sensibilidad del receptor, requisito de disponibilidad.

6.9.4 Conceptos y Fórmulas de Cálculos

Los conceptos y fórmulas que se emplean para este estudio son:

Margen de Desvanecimiento (Margen (db))

Al propagarse una onda electromagnética por la atmosfera terrestre, la señal puede tener pérdidas intermitentes de intensidad, además de la pérdida normal en la trayectoria. Estas pérdidas se pueden atribuir a diversos fenómenos, que incluyen

efectos de corto y de largo plazo y esta variación en la pérdida de señal se llama desvanecimiento que se puede atribuir a perturbaciones meteorológicas como lluvia, nieve, granizo, etc.; a trayectorias múltiples de transmisión y a una superficie terrestre irregular. Para tener en cuenta el desvanecimiento temporal se agrega una pérdida adicional en la trayectoria normal, a esta pérdida se la llama margen de desvanecimiento.

En resumen se obtiene del valor en dB (decibeles) obtenido como diferencia entre la potencia nominal de recepción y la sensibilidad del receptor. El margen de desvanecimiento se calcula con las siguientes fórmulas:

$$\boldsymbol{Margen(dB)} = P_{RX}(dBm) - S(dBm) \qquad \text{[Fórmula 6.1]}$$

Dónde:

$P_{RX}(dBm)$ → Potencia de recepción;
$S(dBm)$ → Sensibilidad de recepción

$$\boldsymbol{P_{RX}(dBm)} = P_{TX}(dBm) + G_{AntenaTX}(dBi) + G_{AntenaRX}(dBi) - L_{CablesTX}(dB) - L_{CablesRX}(dB) - L_{Espacio\ libre}(dB) - L_{Adicionales}(dB)$$
[Fórmula 6.2]

Dónde:

$P_{TX}(dBm)$ → Potencia nominal de recepción;
$G_{AntenaTX}(dBi)$ → Ganancia de transmisión de las antenas;
$G_{AntenaRX}(dBi)$ → Ganancia de recepción de las antenas;
$L_{CablesTX}(dB)$ → Pérdidas de transmisión de los cables;
$L_{CablesRX}(dB)$ → Pérdidas de recepción de los cables;
$L_{Espacio\ libre}(dB)$ → Pérdidas en espacio libre; y
$L_{Adicionales}(dB)$ → Pérdida adicional.

Reemplazando fórmula (6.2) en (6.1), tenemos:

$$\boldsymbol{Margen(dB)} = P_{TX}(dBm) + G_{AntenaTX}(dBi) + G_{AntenaRX}(dBi) - L_{CablesTX}(dB) - L_{CablesRX}(dB) - L_{Espacio\ libre}(dB) - L_{Adicionales}(dB) - S(dBm)$$ [Fórmula 6.3]

Pérdidas de propagación en espacio libre ($\boldsymbol{L_{Espacio\ libre}(dB)}$)

Se utiliza para predecir la intensidad de la señal recibida cuando el transmisor y el receptor tienen una trayectoria de línea de visión clara, sin obstáculos. La fórmula para su análisis es:

$$\boldsymbol{L_{Espacio\ libre}(dB)} = 92{,}44 + 20 \cdot log_{10} f(GHz) + 20 \cdot log_{10} d(Km)$$ [Fórmula 6.4]

Dónde:

f → Frecuencia (GHz);
d → Distancia de la línea de visión rango entre antenas (Km),
Constante → 92,44 cuando la distancia está en (Km), o 96,60 cuando la distancia está en ($millas$)

Indisponibilidad (**I**)

Es la probabilidad de desaparecer el enlace debido a la actividad de desvanecimiento. La indisponibilidad se calcula con la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{I} = 2{,}5 \cdot 10^{-6} \,.\, factor\ climático \cdot f(GHz) \cdot d^3(millas) \cdot 10^{-Margen/10}$$ [Fórmula 1.5]

Dónde:

f → Frecuencia (GHz);

$d \rightarrow$ Longitud de la ruta $(millas)$;

$Margen \rightarrow$Margen de desvanecimiento (dB);

$\boldsymbol{factor\ climático} \rightarrow$ Factor climático / terreno, son los valores a tomar en cuenta varían según las características del terreno y clima, tal como se muestra en la tabla 14:

Tabla 14: Valores del factor climático

FACTOR CLIMÁTICO	
VALOR	CARACTERÍSTICAS TERRENO/ CLIMA
4	Sobre el agua y el clima húmedo
1	Terreno y clima regular
0,25	Terreno montañoso y clima seco

Fuente: www.doaj.org

Para nuestro cálculo el valor tomado en cuenta es de 1, debido a las características del terreno y el clima.

Disponibilidad $(\boldsymbol{D}(\%))$

Representa en porcentaje la presencia del enlace y se calcula en función de la Indisponibilidad, como se indica a continuación.

$$\boldsymbol{D}(\%) = (1 - I) \cdot 100\% \qquad \text{[Fórmula 6.6]}$$

Dónde:

I = Indisponibilidad.

Duración de desvanecimiento $\left(\boldsymbol{To}\left(\frac{\boldsymbol{seg}}{\boldsymbol{año}}\right)\right)$

Se expresa como una fracción de un año, la misma que se calcula con la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{To}(\boldsymbol{seg}/\boldsymbol{a}\text{ño}) = 8 \cdot 10^6 \cdot \frac{T_{promedio\ anual}(^{\circ}F)}{50}$$ [Fórmula 6.7]

Dónde:

$T_{promedio\ anual} \rightarrow$ Temperatura media anual en grados Fahrenheit (°F)

El tiempo de la indisponibilidad ($\boldsymbol{t}\left(\frac{\boldsymbol{seg}}{\boldsymbol{a}\text{ño}}\right)$)

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{t}(\boldsymbol{seg}/\boldsymbol{a}\text{ño}) = T_0(seg/a\text{ño}) \cdot I$$ [Fórmula 6.8]

Dónde:

To = duración del desvanecimiento
I = indisponibilidad

Ejemplo del cálculo en los estudios radioeléctricos con datos referenciales

Este ejemplo es referencial para todas la subestaciones y los datos se obtienen de las especificaciones de los radios que se usaron para hacer las simulaciones.

Datos:

$P_{TX} = 30\ (dBm)$;
$G_{AntenaTX} = 15\ (dBi)$;
$G_{AntenaRX} = 15(dBi)$;
$L_{CablesTX} = 1{,}5(dB)$;
$L_{CablesRX} = 1{,}5(dB)$;
$L_{Espacio\ libre} = 106{,}24\ (dB)$;

$L_{Adicionales} = 2(dB);.$
$S = -96(dBm).$

$$Margen(dB) = 30(dBm) + 15(dBi) + 15(dBi) - 1{,}5(dB) - 1{,}5(dB) - 106{,}24(dB) - 2(dB) - (-96)(dBm)$$

$$Margen\ (US - EE - B1) = 44{,}76\ (dB)$$

Cálculo real de ancho de banda basado en datos proporcionados por la EEQ

SUBESTACIÓN (Utilizando el protocolo IEC60870-5-104)

$$AB_{SUBESTACIÓN} = 750señales \times \frac{30bytes}{1señal} \times \frac{1señal}{10seg} = 2{,}25Kbps$$

RECONECTADORES (Utilizando el protocolo IEC60870-5-104)

$$AB_{RECONECTADOR} = 30señales \times \frac{30bytes}{1señal} \times \frac{1señal}{10seg} = 0{,}09Kbps$$

Cálculo para la subestación Cotocollao

Donde se tiene:

- 24 reconectadores totales.
- 2 reconectadores que hacen la función de repetidor (OE-AD y U-CT-F1)

Para OE-AD:

$AB_{RECONECTADOR}$ = 2 reconectadores x 0,09 Kbps = 0,18 Kbps

Para U-CT-F1:

$AB_{RECONECTADOR}$ = 3 reconectadores x 0,09 Kbps = 0,27 Kbps

Para los demás reconectadores:

$AB_{RECONECTADOR}$ = *19 reconectadores x 0,09 Kbps = 1,71 Kbps*

$$AB_{TOTAL_RECONECTADOR} = 1{,}71Kbps + 0{,}27Kbps + 0{,}18Kbps = 2{,}16Kbps$$

2,16Kbps es la velocidad mínima que debe garantizar el radio (la velocidad mínima del radio de prueba es 345 Kbps).

$$AB_{TOTAL_SUBESTACIÓN} = 2{,}25Kbps + 2{,}16Kbps = 4{,}41Kbps$$

6.10 Modos de Conexión

Según el análisis de factibilidad de los enlaces se han definido diferentes esquemas de conexión y configuración a fin de lograr la conectividad de la mayor cantidad de reconectadores. Los modos de operación que se emplean para la configuración de los equipos son:

Modo Master (Maestro)

En muchos casos conocidos como *Access Point*, este modo brinda la posibilidad de conectar clientes inalámbricos al maestro, el flujo de datos será controlado por el Maestro.

Modo Slave (Esclavo)

Este tipo de operación es configurado en los equipos finales (clientes) o nodo extremo dentro de la red. Los equipos esclavos se comunican directamente al Maestro (*Access Point*) o a través de repetidores con el maestro.

Modo Repeater (repetidor)

Son equipos/dispositivos electrónicos que regeneran una señal débil o bajo nivel para retransmitir a una potencia o señal más alta que permiten cubrir largas distancias o cuando se requiere evadir un obstáculo que obstruye la línea de vista del enlace. Los esquemas bajo los cuales se definió la topología en cada una de las subestaciones se explican a continuación:

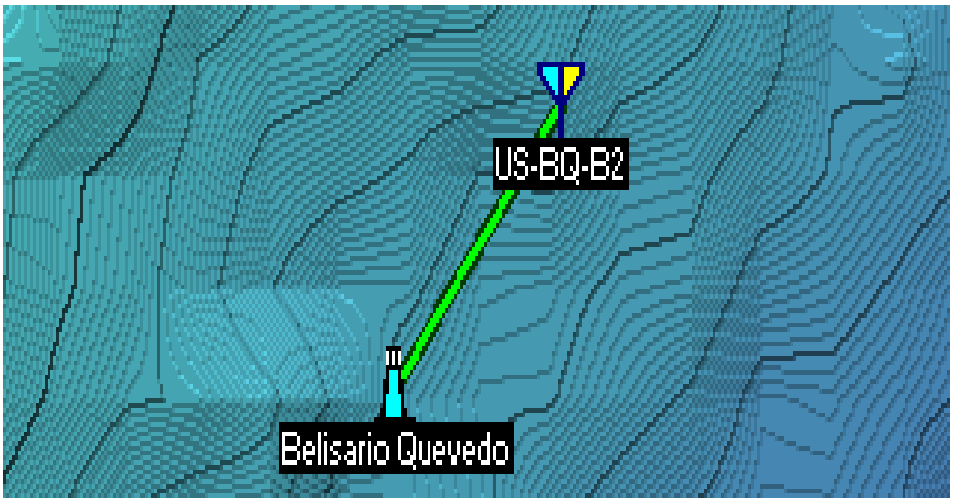
6.11 Esquemas de Conexión

Conexión Punto a Punto

Es el enlace de datos que se genera por un medio guiado/inalámbrico que permite una única conexión entre 2 equipos o dispositivos, el propósito es establecer un enlace confiable garantizando la disponibilidad del enlace inclusive en condiciones ambientales no favorables. En el gráfico 46 podemos observar la conexión entre 2 sitios, se unen mediante un enlace inalámbrico de microondas.

En el siguiente gráfico se aplica el criterio de conexión punto a punto, para estos tipos de conexión debe existir una línea de vista óptima que permita el correcto desempeño del enlace.

Gráfico 46: Ejemplo conexión Punto a Punto



Elaborado por: Manuel Otorongo

En ciertas circunstancias, se tiene topologías en las cuales para enlaces punto a punto se puede incluir un salto intermedio (repetidor). La transmisión de los datos extremo – extremo requiere un punto intermedio de repetición bien sea para evitar un obstáculo o para lograr cubrir la distancia del enlace requerido. En el gráfico 47 podemos observar la aplicación de este tipo de enlace, por ejemplo en la subestación Eugenio Espejo tenemos el repetidor US-EE-B1 que permite el enlace entre los reconectadores US-EE-B2/US-EE-B3 con la subestación.

Gráfico 47: Ejemplo Conexión Punto a Punto con salto Intermedio.

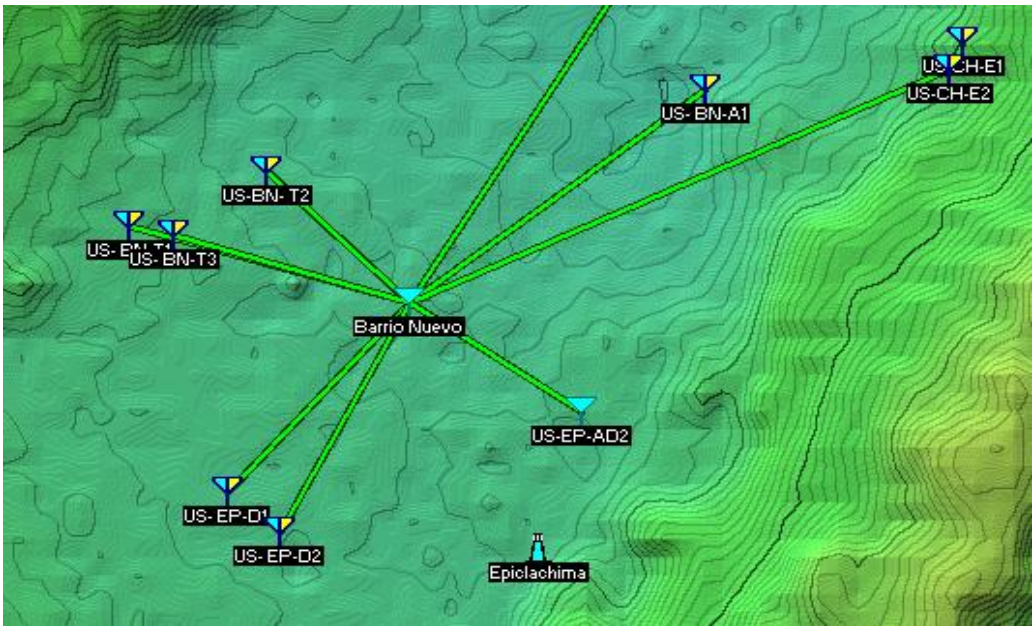
Elaborado por: Manuel Otorongo

Conexión Punto – Multipunto

Este tipo de topología es utilizada en la modalidad maestro – esclavo. En la topología el equipo en las Subestaciones se configurará como maestro mientras que los reconectadores que se enlacen directamente y no actúen como repetidores se configurarán como esclavos. El equipo maestro en la subestación es además el responsable de transportar los datos de los reconectadores hacia la red SCADA de la EEQ. A continuación, en el Gráfico 48 podemos apreciar en la subestación Barrio Nuevo como todos los reconectadores establecen enlace directo.

.

Gráfico 48: Ejemplo conexión Punto a Multipunto.



Elaborado por: Manuel Otorongo

6.12 Resultados del Estudio Radioeléctrico

Nomenclatura

La nomenclatura propuesta está orientada a la identificación de los dispositivos de radiofrecuencia para la identificación de su pertenencia y su rol correspondiente a cada subestación o reconectador.

Por ejemplo, el reconectador Urbano ubicado en el sector Sur de Quito adjunto a la estación Epiclachima el cual se encuentra en el primario D1 tenemos:

US-EP-D1

Dónde:

• Para la primera sección se asignó el área donde se encuentra el equipo.

US – Urbano Sur

UN – Urbano Norte

RS – Rural Sur

RN – Rural Norte

• Para la segunda sección se asignó la nomenclatura a la subestación correspondiente:

EP – S/E 21 Epiclachima.

TB – S/E 36 Tumbaco.

SRF – S/E 27 San Rafael.

CT – S/E 19 Cotocollao.

EE – S/E 59 Eugenio Espejo.

TB – S/E 31 Tababela.

ALA – S/E 26 Alangasí.

SAN – S/E 55 Sangolquí.

BN – S/E 03 Barrionuevo.

CR – S/E 18 Cristianía.

BQ – S/E 11 Belisario Quevedo.

PO – S/E 57 Pomasqui.

MAC – S/E 34 Machachi.

NA – S/E 33 Nuevo Aeropuerto.

NC – S/E 29 Nueva Cumbayá.

CON – S/E 23 Conocoto.

SR – S/E 37 Santa Rosa.

CH – S/E 04 Chimbacalle.

BAN – S/E 49 Los Bancos

Nomenclaturas especiales:

OE-AD – Reconectador en la ubicación OE -5A/N78-406.

Av.MC – AD – Reconectador ubicado en Av. Manuel Córdova Galarza – Parcayacu

TUFI - Reconectador ubicado en Luis Tufiño y Valdivieso.

FG-AD - Reconectador ubicado en Francisco García y Juan Barrezueta.

N19 - Reconectador ubicado Junto a la Subestación Cotocollao N19.

US-MS Y JE-AD - Reconectador ubicado en Mariscal Sucre y Julián Estrella.

ARU- A - Reconectador ubicado en De los Arupos y Eloy Alfaro.

SJ-AD - Reconectador ubicado en San José Moran de los Taraxacos

La tercera sección se identifica el primario al que pertenece el reconectador (por ejemplo):

A1 – Primario A1.

E2 – Primario E2.

D – Primario D.

• Si se encuentra la asignación AD luego de la tercera sección significa que es un adicional.

6.13 Resultados

En el Anexo 1 al presente estudio se indica los estudios radioeléctricos de cada una de las Subestaciones. Al analizar los enlaces inalámbricos se validó 13 subestaciones, las cuales se especifican en la tabla 15:

Tabla 15: Subestaciones Factibles

SUBESTACIÓNES FACTIBLES
NOMBRE
Andalucía
Aeropuerto Barrio Nuevo
Belisario Quevedo

Cotocollao
Cristianía
Eugenio Espejo
Machachi
Pomasqui
San Rafael
Sangolquí
Tababela
Tumbaco

Elaborado por: Manuel Otorongo

Con la información de los reconectadores y de las subestaciones basadas en los estudios radioeléctricos se detalla la subestación a la cual se enlazaran los reconectadores por ubicación geográfica cercana y los mismos garantizan la disponibilidad del servicio.

Un resumen de los reconectadores y la subestación respectiva se muestra a continuación:

En las siguientes tablas se encuentra el resumen de los esquemas de conexión utilizados en cada una de las topologías de comunicación, describiendo el tipo de antena, su respectiva ganancia y su esquema de conexión en las subestaciones.

Tabla 16: Subestación Machachi

SUBESTACION MACHACHI						
ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
MAC	RS-SR-A	PUNTO - PUNTO	DIRECCIONAL	24	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 17: Subestación Barrionuevo

SUBESTACION BARRIONUEVO						
ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
BN	US-BN-A2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-BN-A1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-CH-E2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-BN-T3	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-BN-T2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-BN-T1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-EP-D2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-EP-D1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-EP-AD2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
US-CH-E1	US-CH-E2	PUNTO - PUNTO	DIRECCIONAL	24	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 18: Subestación Aeropuerto

SUBESTACION AEROPUERTO						
ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
NA	R-NC-B	PUNTO - MULTIPUNTO	SECTORIAL	20	DIRECCIONAL	24
	R-NC-C	PUNTO - MULTIPUNTO	SECTORIAL	20	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 19: Subestación Belisario Quevedo

SUBESTACION BELISARIO QUEVEDO						
ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
BQ	US-BQ-B2	PUNTO – PUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 20: Subestación Cotocollao

SUBESTACION COTOCOLLAO						
ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
CT	CALLE-GUA-AD	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	FG-AD	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	Av. MC-AD	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CT-F2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CT-F3	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CT-D3	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CR-B4	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CT-E1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CT-E2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CR-B5	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CR-B3	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CR-G3	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	TUFI-AD	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CR-D2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CR-G2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CT-F1	PUNTO – MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	OE-AD	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CT-D1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CT-D2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CT-D4	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	N19	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
OE-AD	U-CT-G1	PUNTO - PUNTO	DIRECCIONAL	24	DIRECCIONAL	24
U-CT-F1	R-CT-G1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMINIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
R-CT-G1	U-CT-G2	PUNTO -PUNTO	DIRECCIONAL	24	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 21: Subestación San Rafael

SUBESTACION SAN RAFAEL						
ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
SAN RAFAEL	RS-SRF-F	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	RS-SRF-A	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	RS-CON-D	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	RS-ALA-C	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	RS-CON-B	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 22: Subestación Andalucía

SUBESTACION ANDALUCIA						
ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
AND	U-CT-E3	PUNTO – MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	OMNIDIRECCIONAL	15
	U-CR-G1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
U-CT-E3	US-CR-D1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-CR-B2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 23: Subestación Tababela

SUBESTACION TABABELA						
ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
TB	R-TUM-B	PUNTO - PUNTO	DIRECCIONAL	24	DIRECCIONAL	24
	R-TUM-E1	PUNTO - PUNTO	DIRECCIONAL	24	DIRECCIONAL	24
R-TUM-E1	R-TUM-A1	PUNTO - MULTIPUNTO	DIRECCIONAL	24	OMINIDIRECCIONAL	15
R-TUM-A1	R-TUM-D1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 24: Subestación Sangolquí

SUBESTACION SANGOLQUÍ						
ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
SAN	RS-SAN-E	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	RS-SAN-B	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	RS-SAN-C-E	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	SECTORIAL	120
RS-SAN-C-E	RS-SAN-D	PUNTO - MULTIPUNTO	SECTORIAL	20	DIRECCIONAL	24
	RS-SRF-C	PUNTO - MULTIPUNTO	SECTORIAL	20	DIRECCIONAL	24
	RS-SRF-D	PUNTO - MULTIPUNTO	SECTORIAL	20	DIRECCIONAL	24
	RS-SAN-C	PUNTO -PUNTO	DIRECCIONAL	24	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 25: Subestación Tumbaco

SUBESTACION TUMBACO						
ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
TB	POSTE T1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	OMNIDIRECCIONAL	15
	R-TB-B	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	R-TUM-E2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	POSTE T2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	OMNIDIRECCIONAL	15
POSTE T1	R-TB-D	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	R-TB-C	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	R-TB-A1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
R-TB-A1	R-TB-A2-AD	PUNTO - PUNTO	DIRECCIONAL	24	DIRECCIONAL	24
POSTE T2	R-NA-D	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	R-TUM-C	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 26: Subestación Eugenio Espejo

ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
EE	US-EE-C2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	OMNIDIRECCIONAL	15
	US-EE-E	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-MS Y JE-AD	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-EE-B1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	OMNIDIRECCIONAL	15
	US-SR-D1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	OMNIDIRECCIONAL	15
US-EE-B1	US-EE-B3	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-EE-B2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
US-EE-C2	US-EE-D1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-EE-D2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
US-SR-D1	US-EE-C1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-SR-D2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	US-SR-PR-AD	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 27: Subestación Cristianía

SUBESTACION CRISTIANIA						
ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
CR	SM-AD	PUNTO – MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	ARU-AD	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CR-A1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CR-A2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CR-A3	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	U-CR-B1	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	POSTE G	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	SECTORIAL	20
POSTE G	R-NC-D1	PUNTO - MULTIPUNTO	SECTORIAL	20	DIRECCIONAL	24
	R-CR-F	PUNTO - MULTIPUNTO	SECTORIAL	20	DIRECCIONAL	24
R-CR-F	R-PO-F	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	OMNIDIRECCIONAL	15
	R-PO-G	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
R-PO-F	SJ-AD	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 28: Subestación Pomasqui

SUBETACION POMASQUI						
ENLACE			ANTENA (DESDE)		ANTENA (HACIA)	
DESDE	HACIA	TIPO	TIPO	GANANCIA dBi	TIPO	GANANCIA dBi
PO	R-PO-E2	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	OMNIDIRECCIONAL	15
R-PO-E2	R-PO-D	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24
	MC-AD	PUNTO - MULTIPUNTO	OMNIDIRECCIONAL	15	DIRECCIONAL	24

Elaborado por: Manuel Otorongo

6.14 Verificación de los Estudios Radioeléctricos en Sitio

Las siguientes tablas describen las subestaciones factibles de realizar con un enlace radio eléctrico, con sus respectivas observaciones en caso de requerirse.

Tabla 29: Factibilidad Subestación Andalucía

SUBESTACIÓN ANDALUCÍA		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
Andalucía - U-CR-G1	Enlace Factible	-
Andalucía - U-CT-E3	Enlace Factible	-
Andalucía - US-CR-D1	Enlace Factible	Enlace mediante (US-CR-D1) -(U-CT-E3) y el enlace (U-CT-E3) - Andalucía
Andalucía - U-CR-B2	Enlace Factible	Enlace mediante (U-CR-B2) -(U-CT-E3) y el enlace (U-CT-E3) - Andalucía

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 30: Factibilidad Subestación Aeropuerto

SUBESTACIÓN AEROPUERTO		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
Aeropuerto - R-NC-B	Enlace Factible	-
Aeropuerto - R-NC-C	Enlace Factible	-

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 31: Factibilidad Subestación Barrio Nuevo

SUBESTACIÓN BARRIO NUEVO		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
Barrio Nuevo - US-CH-E2	Enlace Factible	-
Barrio Nuevo - US-CH-E1	Enlace Factible	Enlace mediante (US-CH-E2) -(US-CH-E1) y el enlace (US-CH-E1) - Barrio Nuevo
Barrio Nuevo - US-BN-A1	Enlace Factible	-
Barrio Nuevo - US-BN-A2	Enlace Factible	-
Barrio Nuevo - US-BN-T1	Enlace Factible	-
Barrio Nuevo - US-BN-T2	Enlace Factible	-
Barrio Nuevo - US-BN-T3	Enlace Factible	-
Barrio Nuevo - US-EP-AD2	Enlace Factible	-
Barrio Nuevo - US-EP-D1	Enlace Factible	-
Barrio Nuevo - US-EP-D2	Enlace Factible	-

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 32: Factibilidad Subestación Belisario Quevedo

SUBESTACIÓN BELISARIO QUEVEDO		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
Belisario Quevedo - US-BQ-B2	Enlace Factible	-

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 33: Factibilidad Subestación Cotocollao

SUBESTACIÓN COTOCOLLAO		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
Cotocollao - U-CT-D1	Enlace Factible	-
Cotocollao - OE-AD	Enlace Factible	
Cotocollao - U-CT-G1	Enlace Factible	Enlace mediante (U-CT-G1) -(OE-AD) y el enlace (OE-AD) - Cotocollao
Cotocollao - U-CT-D2	Enlace Factible	-
Cotocollao - U-CT-D4	Enlace Factible	
Cotocollao - N19	Enlace Factible	
Cotocollao - CALLE GUA-AD	Enlace Factible	
Cotocollao - FG-AD	Enlace Factible	
Cotocollao - AvMC-AD	Enlace Factible	
Cotocollao - U-CT-F2	Enlace Factible	
Cotocollao - U-CT-F3	Enlace Factible	-
Cotocollao - U-CT-D3	Enlace Factible	-
Cotocollao - U-CT-E1	Enlace Factible	-
Cotocollao - U-CR-B4	Enlace Factible	Enlace mediante (U-CR-B4) -(U-CT-E1) y el enlace (U-CT-E1) - Cotocollao
Cotocollao - U-CT-E2	Enlace Factible	-
Cotocollao - U-CR-B5	Enlace Factible	
Cotocollao - U-CR-B3	Enlace Factible	
Cotocollao - U-CR-G3	Enlace Factible	
Cotocollao - TUFI-AD	Enlace Factible	
Cotocollao - U-CR-D2	Enlace Factible	
Cotocollao - U-CT-F1	Enlace Factible	
Cotocollao - R-CT-G1	Enlace Factible	Enlace mediante (R-CT-G1) -(U-CT-F1) y el enlace (U-CT-F1) - Cotocollao
Cotocollao - U-CT-G2	Enlace Factible	Enlace mediante (U-CT-G2) -(R-CT-G1), (R-CT-G1) -(U-CT-F1) y el enlace (U-CT-F1) - Cotocollao
Cotocollao - U-CR-G2	Enlace Factible	

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 34: Factibilidad Subestación Machachi

SUBESTACIÓN MACHACHI		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
Machachi -RS-SR-A	Enlace Factible	-

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 35: Factibilidad Subestación San Rafael

SUBESTACIÓN SAN RAFAEL		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
San Rafael - RS-SRF-F	Enlace Factible	-
San Rafael - RS-SRF-A	Enlace Factible	-
San Rafael - RS-CON-B	Enlace Factible	-
San Rafael - RS-CON-D	Enlace Factible	-
San Rafael - RS-ALA-C	Enlace Factible	-

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 36: Factibilidad Subestación Tababela

SUBESTACIÓN TABABELA		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
Tababela - R-TUM-B	Enlace Factible	-
Tababela - R-TUM-E1	Enlace Factible	-
Tababela - R-TUM-A1	Enlace Factible	Enlace mediante (R-TUM-A1) -(R-TUM-E1) y el enlace (R-TUM-E1) - Tababela
Tababela - R-TUM-D1	Enlace Factible	Enlace mediante (R-TUM-D1) -(R-TUM-A1), (R-TUM-A1) - (R-TUM-E1) y el enlace (R-TUM-E1) - Tababela

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 37: Factibilidad Subestación Sangolquí

SUBESTACIÓN SANGOLQUÍ		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
Sangolquí - RS-SAN-E	Enlace Factible	-
Sangolquí - RS-SAN-B	Enlace Factible	-
Sangolquí - RS-SAN-C-E	Enlace Factible	
Sangolquí - RS-SAN-C	Enlace Factible	Enlace mediante (R-SAN-C) -(R-SAN-C-E) y el enlace (R-SAN-C-E) - Sangolquí
Sangolquí - RS-SAN-D	Enlace Factible	Enlace mediante (R-SAN-D) -(R-SAN-C-E) y el enlace (R-SAN-C-E) - Sangolquí
Sangolquí - RS-SRF-C	Enlace Factible	Enlace mediante (R-SRF-C) -(R-SAN-C-E) y el enlace (R-SAN-C-E) - Sangolquí
Sangolquí - RS-SRF-D	Enlace Factible	Enlace mediante (R-SRF-D) -(R-SAN-C-E) y el enlace (R-SAN-C-E) - Sangolquí

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 38: Factibilidad Subestación Eugenio Espejo

SUBESTACIÓN EUGENIO ESPEJO		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
Eugenio Espejo - US-EE-E	Enlace Factible	-
Eugenio Espejo - US-MS Y JE-AD	Enlace Factible	-
Eugenio Espejo - US-EE-B1	Enlace Factible	-
Eugenio Espejo - US-EE-B2	Enlace Factible	Enlace mediante (US-EE-B2) -(US-EE-B1) y el enlace (US-EE-B1) - Eugenio Espejo
Eugenio Espejo - US-EE-B3	Enlace Factible	Enlace mediante (US-EE-B3) -(US-EE-B1) y el enlace (US-EE-B1) - Eugenio Espejo
Eugenio Espejo - US-EE-C2	Enlace Factible	
Eugenio Espejo - US-EE-D1	Enlace Factible	Enlace mediante (US-EE-D1) -(US-EE-C2) y el enlace (US-EE-C2) - Eugenio Espejo
Eugenio Espejo - US-EE-D2	Enlace Factible	Enlace mediante (US-EE-D2) -(US-EE-C2) y el enlace (US-EE-C2) - Eugenio Espejo
Eugenio Espejo - US-SR-D1	Enlace Factible	
US-EE-C1	Enlace Factible	Enlace mediante (US-EE-C1) (US-SR-D1) y el enlace (US-SR-D1) - Eugenio Espejo
SubestaciónUS-SR-D2	Enlace Factible	Enlace mediante (US-SR-D2) (US-SR-D1) y el enlace (US-SR-D1) - Eugenio Espejo
Eugenio Espejo - US-SR-PR-AD	Enlace Factible	Enlace mediante (US-SR-PR-AD) (US-SR-D1) y el enlace (US-SR-D1) - Eugenio Espejo

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 39: Factibilidad Subestación Tumbaco

SUBESTACIÓN TUMBACO		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
Tumbaco - POSTE T1	Enlace Factible	-
Tumbaco - R-TB-D	Enlace Factible	Enlace mediante (R-TB-D) -(POSTE T1) y el enlace (POSTE T1) - Tumbaco
Tumbaco - R-TB-C	Enlace Factible	Enlace mediante (R-TB-C) -(POSTE T1) y el enlace (POSTE T1) - Tumbaco
Tumbaco - R-TB-A1	Enlace Factible	Enlace mediante (R-TB-A1) -(POSTE T1) y el enlace (POSTE T1) - Tumbaco
Tumbaco - R-TB-A2-D2	Enlace Factible	Enlace mediante (R-TB-A2-D2) -(R-TB-A1), (R-TB-A1) -(POSTE T1) y el enlace (POSTE T1) - Tumbaco
Tumbaco - R-TB-B	Enlace Factible	-
Tumbaco - R-TUM-E2	Enlace Factible	-
Tumbaco - POSTE T2	Enlace Factible	-
Tumbaco - R-NA-D	Enlace Factible	Enlace mediante (R-NA-D) -(POSTE T2) y el enlace (POSTE T2) - Tumbaco
Tumbaco - R-TUM-C	Enlace Factible	Enlace mediante (R-TUM-C) -(POSTE T2) y el enlace (POSTE T2) - Tumbaco

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 40: Factibilidad Subestación Cristianía

SUBESTACIÓN CRISTIANÍA		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
Cristianía - SM-AD	Enlace Factible	-
Cristianía - ARU-AD	Enlace Factible	-
Cristianía - U-CR-A1	Enlace Factible	-
Cristianía - U-CR-A2	Enlace Factible	-
Cristianía - U-CR-A3	Enlace Factible	
Cristianía - U-CR-B1	Enlace Factible	
Cristianía - POSTE G	Enlace Factible	
Cristianía - R-CR-F	Enlace Factible	Enlace mediante (R-CR-F) -(POSTE G) y el enlace (POSTE G) - Cristianía
Cristianía - R-NC-D1	Enlace Factible	Enlace mediante (R-NC-D1) -(POSTE G) y el enlace (POSTE G) - Cristianía
Cristianía - R-PO-F	Enlace Factible	Enlace mediante (R-PO-F) -(R-CR-F) y el enlace (R-CR-F) - Cristianía
Cristianía - R-PO-G	Enlace Factible	Enlace mediante (R-PO-G) -(R-CR-F) y el enlace (R-CR-F) - Cristianía
Cristianía - SJ-AD	Enlace Factible	Enlace mediante (SJ-AD) -(R-PO-F) y el enlace (R-PO-F) - Cristianía

Elaborado por: Manuel Otorongo

Tabla 41: Factibilidad Subestación Pomasqui

SUBESTACIÓN POMASQUI		
ENLACE	RESULTADO ESTUDIO	OBSERVACIONES
Pomasqui - R-PO-E2	Enlace Factible	-
Pomasqui - R-PO-D	Enlace Factible	Enlace mediante (R-PO-D) -(R-PO-E2) y el enlace (R-PO-E2) - Pomasqui
Pomasqui - MC-AD	Enlace Factible	Enlace mediante (MC-AD) -(R-PO-E2) y el enlace (R-PO-E2) - Pomasqui

Elaborado por: Manuel Otorongo

6.15 Reconectadores a comunicarse a través de VPN

Se comprobó la existencia de reconectadores los cuales no pueden conectarse mediante red inalámbrica lo más factible en estos casos es comunicar los mismos con el Centro de Control mediante túneles VPN, para esto se ha comprobado si los reconectadores tienen cobertura de datos de telefonía móvil celular.

Para comprobar en las visitas de sitio se han utilizado equipos móviles celulares con capacidad de datos 2G / 3G las características de los mismos se muestran a continuación:

- Teléfono LG – E425g equipo con sistema operativo *Android* que soporta red 3G HSDPA, soporta las bandas de 850, 900, 1.800, 1.900 MHz, habilitado con el servicio de datos móviles provisto por MOVISTAR.
- Apple IPHONE 4s equipo con sistema operativo propietario a Apple que soporta GSM 850 / 900 / 1800 / 1900 - CDMA 800 / 1900 - HSDPA 850 / 900 / 1900 / 2100 - CDMA2000 1xEV-DO, habilitado con el servicio de datos móviles provisto por CLARO.
- Se comprobó que la cobertura de servicios móviles tanto en 2G como en 3G es más extensa en la operadora CLARO.

La tabla 42 indica los reconectadores que no son factibles de conectar con un enlace radio eléctrico:

Tabla 42: Reconectadores no factibles

RECONECTADORES NO FACTIBLES					
NOMBRE DEL RECONECTADOR	COORDENADAS		ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR SUBESTACIÓN CERCANA		OBSERVACIONES
	LATITUD	LONGITUD			
R-BAN-C	N 0° 1’ 23,6”	Oe 78° 45’ 4,7”	1141	Los Bancos	Cobertura de datos móviles 3G
R-BAN-D	S 0° 1’ 45,5”	Oe 78° 45’ 4,7”	1761	Los Bancos	Cobertura de datos móviles 3G
R-BAN-B	N 0° 2’ 8,7”	Oe 78° 50’ 3,2”	983,4	Los Bancos	Cobertura de datos móviles 3G
R-BAN-A1	N 0° 4’ 5,7”	Oe 78° 41’ 38,3”	2241,5	Los Bancos	Cobertura de datos móviles 3G
R-BAN-A2	S 0° 1’ 11,5”	Oe 78° 46’ 52,7”	1583,5	Los Bancos	Cobertura de datos móviles 2G
R-CT-G2	S 0° 4’ 44,7”	Oe 78° 34’ 26,4”	2855	Cotocollao	Equipo ubicado en Nono no existe cobertura de datos móviles.
R-PO-E1	S 0° 0’ 42,7”	Oe 78° 23’ 54,6”	1957,6	Pomasqui	Equipo ubicado en Perucho sector La Josefina no existe cobertura de datos móviles.
R-TUM-D2	S 0° 8’ 32,8”	Oe 78° 21’ 24,2”	2425	Aeropuerto	Cobertura de datos

					móviles 3G
R-NC-D2	S 0° 9’ 48,9”	Oe 78° 26’ 14,1”	2529	Tumbaco	Cobertura de datos móviles 3G
R-PO-B	S 0° 5' 40,4"	Oe 78° 26' 13"		Pomasqui	Cobertura de datos móviles 3G
R-PO-A	S 0°5' 22,2"	Oe 78° 25' 39,7”		Pomasqui	Cobertura de datos móviles 3G
R-TUM-A2	S $0^0$12'26,8'	Oe $78^0$22'56,5"		Tumbaco	Cobertura de datos móviles 3G
RS-MAC-C	S 0° 29' 43,8"	Oe 78° 34' 15,3"		Machachi	Cobertura de datos móviles 2G
RS -MAC-B	S 0°31'14,9”	Oe 78°34'1,8”		Machachi	Cobertura de datos móviles 2G
RS-SR-A	S 0°23'24,51”	Oe 78°32'44,8”		Santa Rosa	Cobertura de datos móviles 2G

Elaborado por: Manuel Otorongo

6.15 Montaje y cableado de radios en paneles de control de reconectadores

A continuación se describe el diagrama de montaje y conexión de los radios incorporados a los reconectadores de marca NOJA, en el cual se detalla la ruta de los cables que se utilizarán para el funcionamiento de estos, entre los cuales se utilizarán:

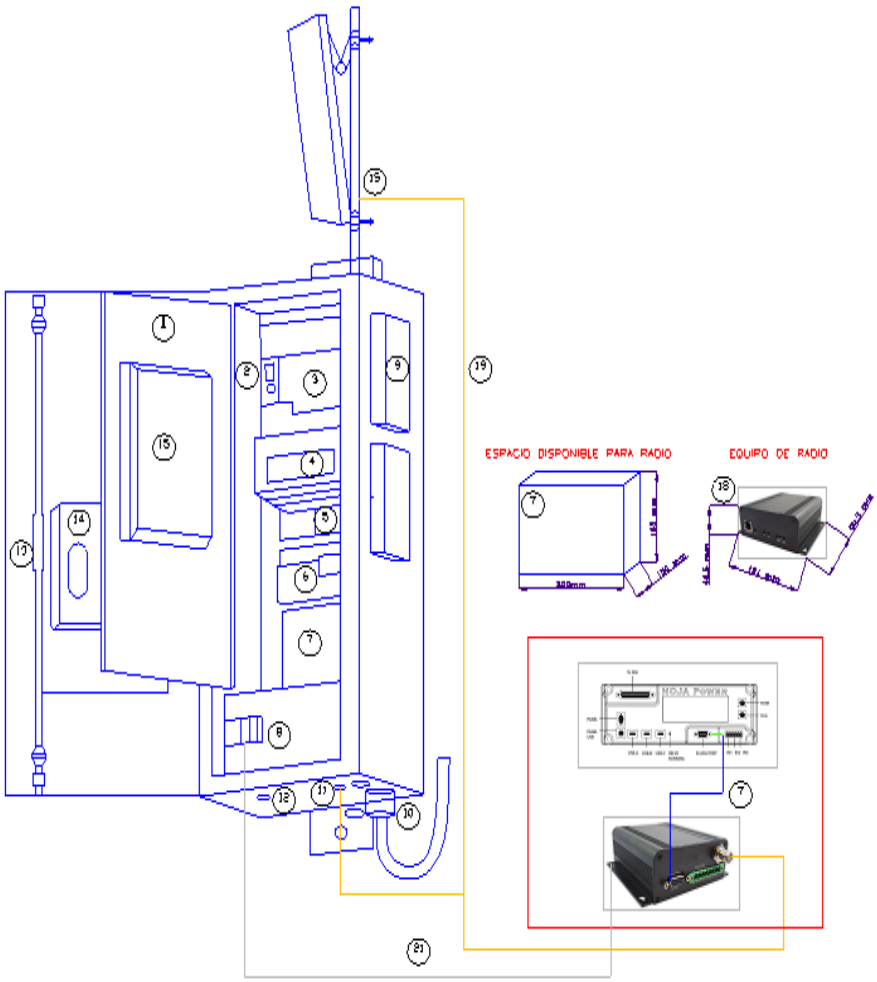
- Cable Coaxial
- Cable UTP (Conector RS232 SCADA)
- Cable de Alimentación

En el gráfico 49 que se muestra a continuación se detalla cada uno de los elementos con los que cuenta el panel del reconectador Noja incorporándose a este el radio a utilizarse. En el índice número 7 del reconectador Noja se muestra el espacio físico para la instalación de radios para transmisión de datos SCADA proporcionados por el relé del equipo cuando sucede algún acontecimiento a ser revisado. Este espacio tiene una dimensión de 300mm x 180mm x 165 mm, en el cual ingresaría el radio perfectamente pues posee las siguientes dimensiones: 44,5mm x 121mm x 95,3mm, garantizando así la ubicación de este. Además se describe la conexión de alimentación de voltaje para el funcionamiento del radio

(120 VCA) el cual es suministrado por el reconectador a través de su fuente de energía auxiliar descrita en el literal 8. Por otra parte, la guía de transmisión o cable coaxial sale del reconectador a través de una perforación como se muestra en el literal 11 por el cual se enviará la guía de onda hasta la antena de transmisión ubicada en la parte superior derecha o izquierda del reconectador de acuerdo a la ubicación de la subestación a la que se apuntará dicha antena.

Diagrama de conexión radios en paneles de control
Equipo marca NOJA.

Gráfico 49: Diagrama de conexión radios en paneles de control NOJA



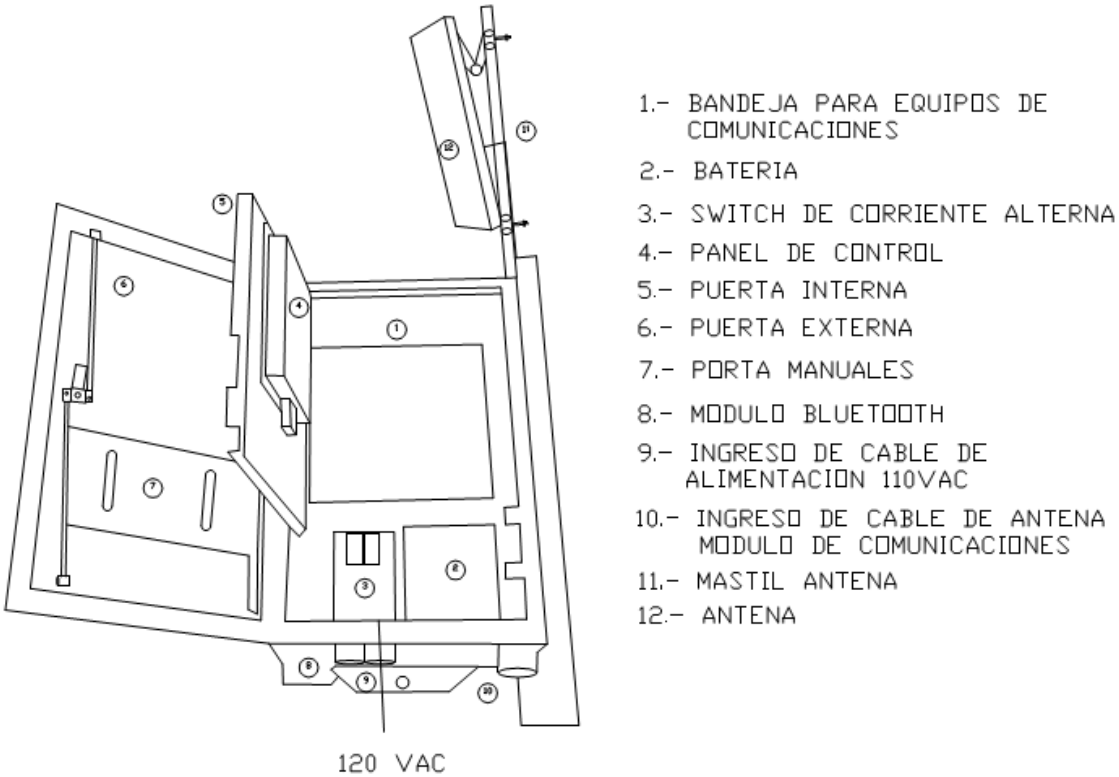
DESCRIPCION DEL EQUIPO

1.- TAPA INTERNA
2.- INTERRUPTOR DE LA BATERIA
3.- BATERIA
4.- RELE
5.- CONECTOR DE CABLE DE CONTROL
6.- MODULO SIM
7.- PLACA PARA MONTAJE DE RADIO
8.- INTERRUPTOR DE ALIMENTACION 120 VAC
9.- MODULO I/O
10.- ENTRADA DE CABLE DE CONTROL
11.- ENTRADA PARA CABLE DE ANTENA
12.- ENTRADA DE ALIMENTACION PARA 120 VAC
13.- MANILLA CON SISTEMA DE BLOQUEO
14.- PORTA DOCUMENTOS
15.- PANEL DE CONTROL
16.- MASTIL PARA ANTENA
17.- ANTENA
18.- RADIO DE COMUNICACIONES
19.- CABLE COAXIAL
20.- CABLE UTP
21.- CABLE DE ALIMENTACION 120 VAC

Elaborado por: Manuel Otorongo

Equipo marca TAVRIDA

Gráfico 50: Diagrama de conexión radios en paneles de control TAVRIDA



Elaborado por: Manuel Otorongo

6.16 Estudio de Factibilidad a Nivel de Red

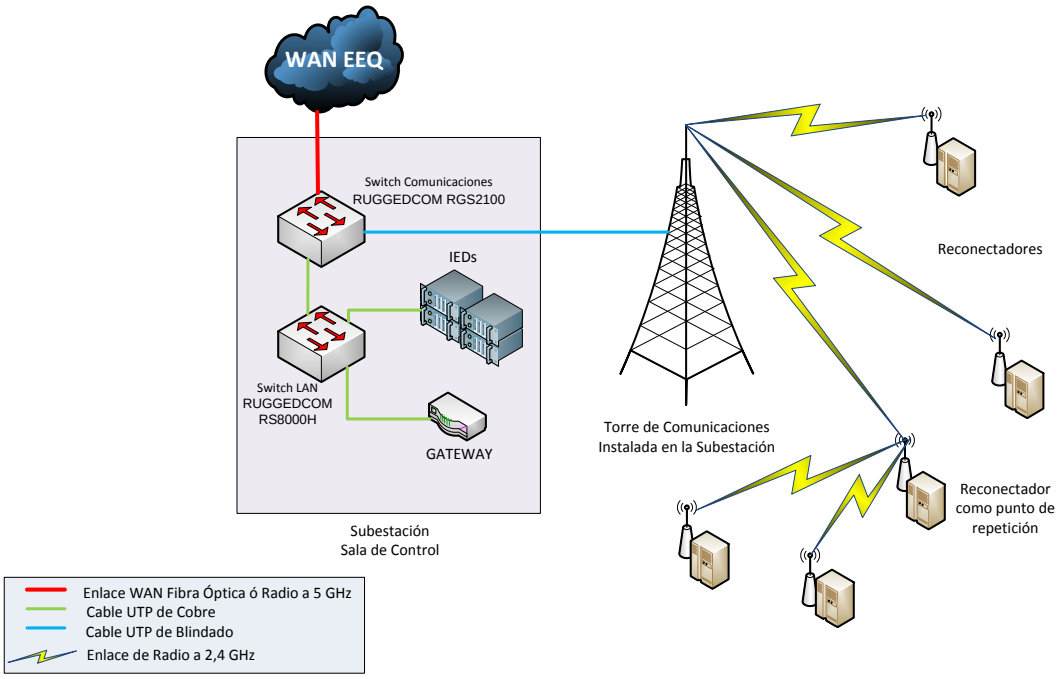
El estudio realizado propone varios escenarios en los cuales se refleja los requerimientos de red para la implementación a ser ejecutada en la EEQ.

6.16.1 Reconectadores Factibles Radio Frecuencia

En el escenario 1 se tiene una topología de red que provee la conectividad adecuada para los enlaces de radio provistos en el estudio radio eléctrico en las respectivas subestaciones factibles, la topología de red para estos equipos se ilustra en la figura 51. Para esta topología es suficiente tener un enlace de cobre desde el switch de comunicaciones hacia el radio principal instalado en la torre el

cual proporcionará conectividad entre los reconectadores y la subestación de interés. Para que los mismos puedan ser monitoreados desde el centro de control por medio de la WAN del cliente.

Gráfico 51: Escenario 1 – Topología de red con torre de comunicaciones



Elaborado por: Manuel Otorongo

6.16.2 Reconectadores no Factibles Radio Frecuencia

El escenario 2 es contemplado para los sitios visitados y en los que el estudio radioeléctrico no ha sido viable por lo que los reconectadores no pueden ser enlazados hacia una subestación factible, por lo que se propone una topología de red alternativa para los sitios mencionados en la tabla 42, este escenario se ha dividido en dos casos:

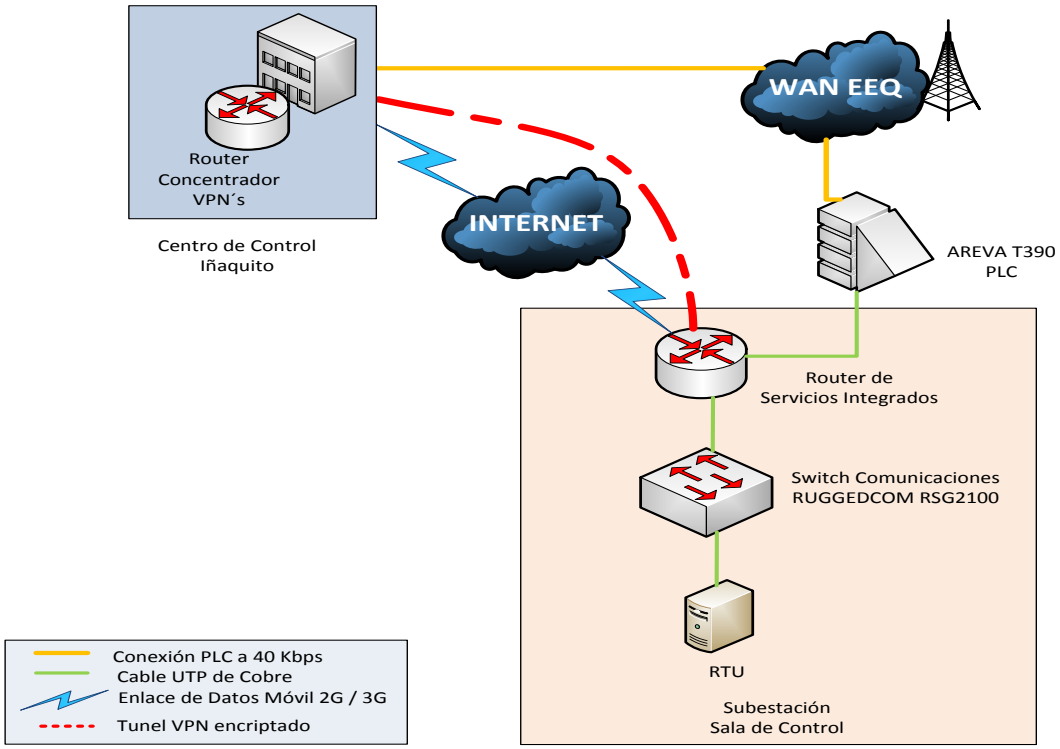
Caso 1: Subestación San Miguel de los Bancos

Esta subestación cuenta con conectividad hacia la WAN de la EEQ por medio de la tecnología PLC (*Power Line Communications*) la cual provee un ancho de

banda de 40 Kbps. Esta conexión es provista por medio de dos Equipos AREVA T390 los cuales se conectan al switch de comunicaciones, por lo que se pudo verificar que esta tecnología con algunas mejoras proporcionadas a nivel de la conexión física puede aumentar máximo a un ancho de banda de 64 Kbps, por lo que resulta factible enlazar la misma mediante otra tecnología que nos provea más ancho de banda y esté a plena disponibilidad para el cliente como redundancia.

En la topología propuesta en la figura 52 se plantea la utilización de un router de servicios integrados el cual nos provea de funcionalidades de servicios simultáneos de banda ancha de la tercera generación (3G) con el objeto de realizar una balanceo de carga de los enlaces instalados. Por medio de la conexión 3G provista por una operadora de telefonía móvil se establecerá un túnel encriptado VPN Site to Site directamente hacia el Centro de Control, y como enlace secundario se dejará a la conexión PLC. Las características específicas de los equipos utilizados para esta implementación se muestran en la tabla 47.

Gráfico 52: Topología de red a ser implementada en la subestación Los Bancos



Elaborado por: Manuel Otorongo

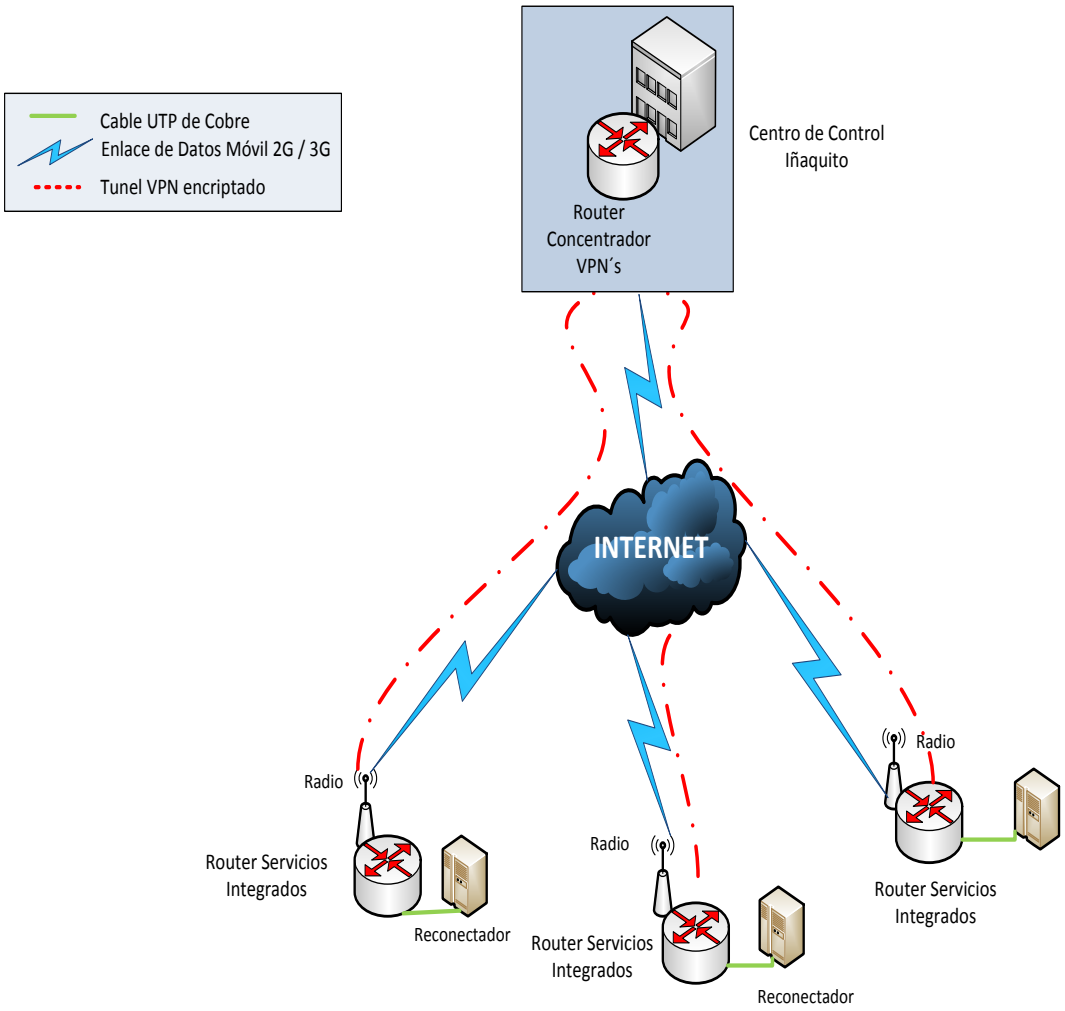
Caso 2: Reconectadores no Factibles en el Estudio Radioeléctrico.

En algunos sitios visitados y en base a los estudios realizados se ha encontrado que algunos de los reconectadores no tienen línea de vista hacia alguna subestación o repetidora por lo que no es factible utilizar un radio enlace como el descrito anteriormente, por lo que se propone la siguiente topología que usará otra tecnología inalámbrica que no necesita línea de vista directa.

La topología mostrada en la figura 53 plantea la utilización de routers de servicios integrados en las locaciones remotas que posean conectividad móvil 3G por medio de la cual se establecerán túneles encriptados VPN *Site to Site* los cuales serán los encargados de transportar los datos tanto de monitoreo como de control del protocolo SCADA desde los reconectadores hacia el Centro de Control, para concentrar todo el tráfico proveniente de los equipos remotos se debe instalar un router concentrador de VPN en el data center principal de la EEQ.

Para la conectividad de los mismos y mediante los estudios en sitio realizados se ha comprobado la existencia de cobertura de datos móviles 2G/3G los mismos que pueden ser verificados en la tabla 42. El router ha ser utilizado no deberá exceder los 121mm x 95.3mm x 44.5mm para poder ser instalado en el interior de los paneles de los reconectadores, en caso contrario se deberá tomar en cuenta los elementos necesarios para la instalación del mismo en el exterior del mencionado panel.

Gráfico 53: Topología de red a ser implementada para los reconectadores no factibles en el estudio de radio frecuencia.



Elaborado por: Manuel Otorongo

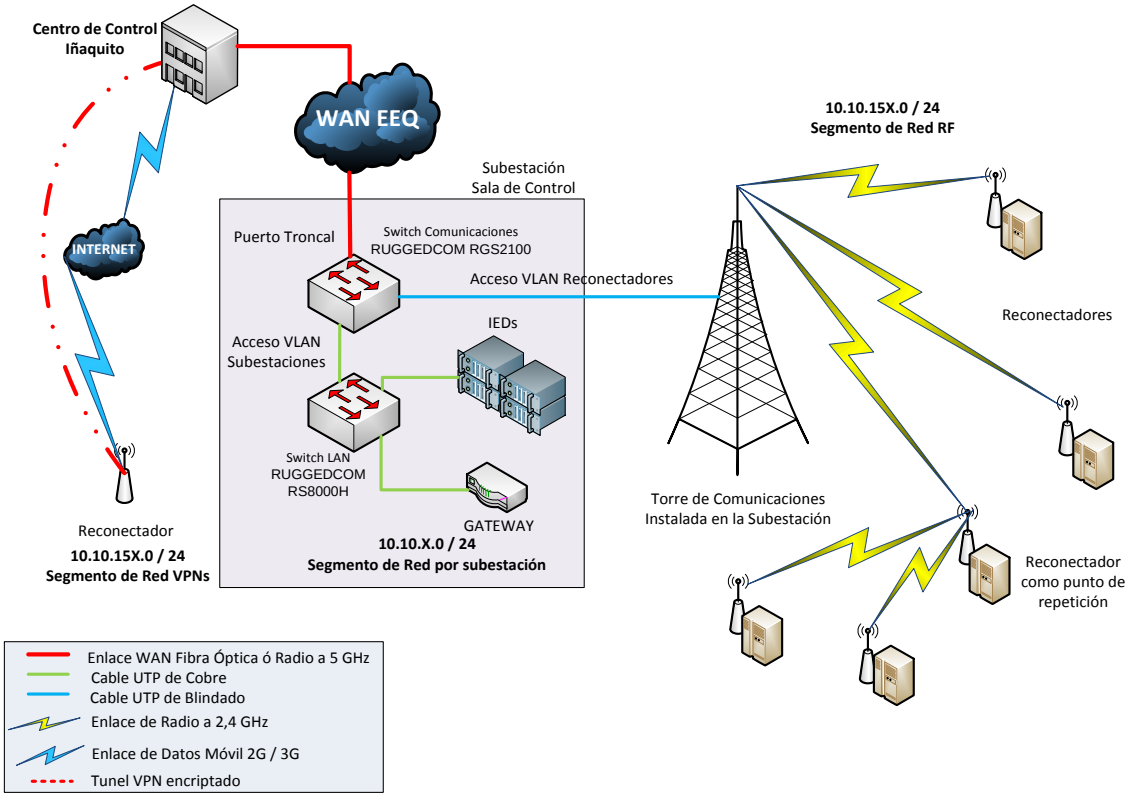
6.17 Esquema de direccionamiento IP

El esquema de direccionamiento utilizado está relacionado directamente con el número de subestación, a excepción de determinadas subestaciones, por lo que se procedió a verificar si dicho espacio de direccionamiento IP es suficiente para que se pueda dotar de este recurso tanto a los radios de comunicación como a los reconectadores que se encuentran en el área de cobertura del radio de la subestación según el estudio radioeléctrico.

En este punto se han considerado dos opciones:

- El integrar al esquema de direccionamiento IP a los dispositivos de interés a ser monitoreados. Para este punto nos basaremos en el ejemplo de la subestación Tababela debido a que la misma tiene la mayor cantidad de host dentro de la subred SCADA, la mencionada subestación tiene un aproximado de 60 direcciones ocupadas, lo cual nos proporciona el suficiente espacio como para conectar los nuevos equipos a la red.
- La segunda consideración es dotar de una nuevo direccionamiento IP destinado tanto a los reconectadores como a los radios de comunicación el cual a pesar de incorporar más configuraciones en la red SCADA del cliente, representa una mejor alternativa al momento de monitorear los equipos y los enlaces. Por lo que se propone el adoptar un segmento de red 10.10.15X.0 / 24 para dicho propósito. En conjunto con la EEQ se ha hecho un estimado de equipos que se pueden tener por subestación para estas subredes por lo que, para optimizar el uso del espacio de direccionamiento se propone realizar una distribución en subredes compuestas por 62 host, por ejemplo para la estación Barrio Nuevo se puede aplicar el segmento 10.10.150.0 / 26, para la siguiente subestación se destinaría el segmento 10.10.150.64 / 26 y así sucesivamente.
- Adicionalmente se tomará en cuenta una de las mencionadas subredes destinada a los equipos que se conectan mediante routers de servicios integrados y una conexión de datos a través de una telefónica móvil. A continuación se presenta la figura 54 en la cual se puede observar un ejemplo general de la distribución de direccionamiento IP.

Gráfico 54: Esquema de direccionamiento IP propuesto



Elaborado por: Manuel Otorongo

Para la conectividad de los mismos y mediante los estudios en sitio realizados se ha comprobado la existencia de cobertura de datos móviles 2G/3G los mismos que pueden ser verificados en la tabla 42.

El router ha ser utilizado no deberá exceder los 121mm x 95.3mm x 44.5mm para poder ser instalado en el interior de los paneles de los reconectadores, en caso contrario se deberá tomar en cuenta los elementos necesarios para la instalación del mismo en el exterior del mencionado panel.

Tabla 43: Direccionamiento IP de subredes para reconectadores

ID SUBEST.	NOMBRE SUBESTACIÓN	DIRECCIÓN DE SUBRED	MÁSCARA DE SUBRED	DIRECCIÓN DE PUERTA DE ENLACE (INTERFAZ ROUTER)	PRIMERA DIRECCIÓN IP	ÚLTIMA DIRECCIÓN IP
3	Barrio Nuevo	**10.10.150.0**	**255.255.255.192**	10.10.150.1	10.10.150.2	10.10.150.62
11	Belisario Quevedo	**10.10.150.64**	**255.255.255.192**	10.10.150.65	10.10.150.66	10.10.150.126
17	Andalucía	**10.10.150.128**	**255.255.255.192**	10.10.150.129	10.10.150.130	10.10.150.190
18	Cristianía	**10.10.150.192**	**255.255.255.192**	10.10.150.193	10.10.150.194	10.10.150.254
19	Cotocollao	**10.10.151.0**	**255.255.255.192**	10.10.151.1	10.10.151.2	10.10.151.62
27	San Rafael	**10.10.151.64**	**255.255.255.192**	10.10.151.65	10.10.151.66	10.10.151.126
31	Tababela	**10.10.151.128**	**255.255.255.192**	10.10.151.129	10.10.151.130	10.10.151.190
33	Aeropuerto	**10.10.151.192**	**255.255.255.192**	10.10.151.193	10.10.151.194	10.10.151.254
34	Machachi	**10.10.152.0**	**255.255.255.192**	10.10.152.1	10.10.152.2	10.10.152.62
36	Tumbaco	**10.10.152.64**	**255.255.255.192**	10.10.152.65	10.10.152.66	10.10.152.126
55	Sangolquí	**10.10.152.128**	**255.255.255.192**	10.10.152.129	10.10.152.130	10.10.152.190
57	Pomasqui	**10.10.152.192**	**255.255.255.192**	10.10.152.193	10.10.152.194	10.10.152.254
59	Eugenio Espejo	**10.10.153.0**	**255.255.255.192**	10.10.153.1	10.10.153.2	10.10.153.62
	VPN (Enlace Celular 3G)	**10.10.159.0**	**255.255.255.192**	10.10.159.1	10.10.159.2	10.10.159.62

Elaborado por: Manuel Otorongo

6.18 Equipamiento de radiofrecuencia para los reconectadores factibles en el estudio radioeléctrico

Tabla 44: Equipamiento de Radio Frecuencia

EQUIPAMIENTO DE RADIOFRECUENCIA			
EQUIPO	CARACTERISTICAS	CANTIDAD	SUBRED IP
Equipos Inalámbricos	Radio con frecuencia de trabajo de 2,4 GHz con soporte de puertos de comunicación Ethernet 10/100 BaseT, IEEE 802.3; y 2 puertos de serie RS-232 Y RS-422/485	108	Asignado al segmento de red de cada subestación
Antenas Omnidireccionales 15 dBi ganancia	Frecuencia de Operación 2,4 GHz, Haz de propagación horizontal 360° y vertical a 8°	21	
Antenas Direccionales 24 dBi ganancia	Frecuencia de Operación 2,4 GHz, Haz de propagación horizontal 9° y vertical a 11°	84	
Antenas Sectoriales 24 dBi ganancia	Frecuencia de Operación 2,4 GHz, Haz de propagación horizontal 120° y vertical a 10°	3	

Elaborado por: Manuel Otorongo

En la tabla 45 se puede observar un resumen de antenas por Subestación:

Tabla 45: Antenas por Subestación

ANTENAS POR SUBESTACIÓN				
SUBESTACIONES		OMNIDIRECCIONAL	DIRECTIVAS	SECTORIALES
1	AEREOPUERTO	-	-	**1**
2	ANDALUCIA	**1**	-	-
3	BARRIO NUEVO	**1**	-	-
4	BELISARIO QUEVEDO	**1**	-	-
5	COTOCOLLAO	**1**	-	-
6	CRISTIANIA	**1**	-	-
7	EUGENIO ESPEJO	**1**	-	-
8	MACHACHI	-	**1**	-
9	POMASQUI	**1**	-	-
10	SAN RAFAEL	**1**	-	-
11	SANGOLQUÍ	**1**	-	-
12	TABABELA	-	**1**	-
13	TUMBACO	**1**	-	-
REPETIDORES		-	-	-
	POSTE T1	**1**	-	-
	POSTE G		-	**1**
	POSTE T2	**1**	-	-
	RECONECTADORES 1	**4**	**41**	**1**
	RECONECTADORES 2	**5**	**41**	**0**
	TOTAL	**21**	**84**	**3**

Elaborado por: Manuel Otorongo

En la tabla 46 a continuación se presenta el tipo de antena utilizada en los diferentes reconectadores:

Tabla 46: Antenas por Reconectador

TIPOS DE ANTENA POR RECOLECTOR					
ITEM	NOMENCLATURA RECONECTADORES		ITEM	NOMENCLATURA RECONECTADORES	
1	ARU-AD	D	47	U-CR-B1	D
2	Av.MC-AD	D	48	U-CR-B2	D
3	Calle gua-AD	D	49	U-CR-B3	D
4	FG-AD	D	50	U-CR-B4	D
5	MC -AD	D	51	U-CR-B5	D
6	N19	D	52	U-CR-D1	D
7	OE-AD	D	53	U-CR-D2	D
8	R - PO- E2	O	54	U-CR-G1	D
9	R - PO- F	O	55	U-CR-G2	D
10	R-CR-F	O	56	U-CR-G3	D
11	R-CT-G1	D	57	U-CT-D1	D
12	R-NA-D	D	58	U-CT-D2	D
13	R-NC-B	D	59	U-CT-D3	D
14	R-NC-C	D	60	U-CT-D4	D
15	R-NC-D1	D	61	U-CT-E1	D
16	R-PO-D	D	62	U-CT-E2	D
17	RS- ALA- C	D	63	U-CT-E3	O
18	RS-CON-B	D	64	U-CT-F1	O
19	RS-CON-D	D	65	U-CT-F2	D
20	RS-SAN-B	D	66	U-CT-F3	D
21	RS-SAN-C	D	67	U-CT-G1	D
22	RS-SAN-C-E	S	68	U-CT-G2	D
23	RS-SAN-D	D	69	US -SR-D1	O
24	RS-SAN-E	D	70	US-BN- A1	D
25	RS-SR - A	D	71	US-BN- A2	D
26	RS-SRF-A	D	72	US-BN- T1	D
27	RS-SRF-C	D	73	US-BN- T2	D
28	RS-SRF-D	D	74	US-BN- T3	D
29	RS-SRF-F	D	75	US-BQ-B2	D
30	R-TB-A1	D	76	US-CH-E1	D
31	R-TB-A2-AD	D	77	US-CH-E2	D
32	R-TB-B	D	78	US-EE- D2	D
33	R-TB-C	D	79	US-EE-B1	O
34	R-TB-D	D	80	US-EE-B2	D

35	R-TUM-A1	O	81	US-EE-B3	D
36	R-TUM-B	D	82	US-EE-C1	D
37	R-TUM-C	D	83	US-EE-C2	O
38	R-TUM-D1	D	84	US-EE-D1	D
39	R-TUM-E1	D	85	US-EE-E	D
40	R-TUM-E2	D	86	US-EP-AD2	D
41	SJ-AD	D	87	US-EP-D1	D
42	SM-AD	D	88	US-EP-D2	D
43	TUFI-AD	D	89	US-MS y JE-AD	D
44	U-CR-A1	D	90	US-SR-D2	D
45	U-CR-A2	D	91	US-SR-PR-AD	D
46	U-CR-A3	D	92	R-PO-G	D
	DIRECTIVAS (D)	**41**		**DIRECTIVAS (D)**	**41**
	SECTORIAL (S)	**1**		**SECTORIAL (S)**	**0**
	OMNIDIRECCIONAL (O)	**4**		**OMNIDIRECCIONAL (O)**	**5**

Elaborado por: Manuel Otorongo

Observación

De acuerdo a los estudios la subestación Machachi con su respectivo reconectador RS-SR-A es una estación factible en el estudio radioeléctrico, sin embargo dado que a dicha subestación se conecta un único reconectador los costos de implementación serían elevados frente a la opción de interconectar dicho dispositivo a través de un enlace VPN IPSec que de acuerdo a lo verificado en sitio se dispone de factibilidad de tecnología 3G.

En cuanto al requerimiento de torres para las subestaciones se pueden verificar los detalles en la tabla 47.

6.19 Torres y Mástiles

En esta sección se detallan las normas y especificaciones para las torres y mástiles necesarias en el diseño propuesto.

6.19.1 Especificaciones Técnicas para los tipos de torres contemplados

Normas de diseño

- EIA/TIA-222-F - * AISC-ASD-89 - *ASCE, report 52 * NSR-10
- ANDREWS bulletin (2011) – aci 318 –última versión. * ASTM --- * AWS.
- Análisis de carga sobre estructura.
- Análisis de cargas gravitacionales.

Carga de antenas:

- Dos (2) antenas parabólicas de 1.20m. de diámetro.

Carga muertas:

- Pararrayos.
- Escaleras de ascenso.
- Peso propio de antenas.

Cargas vivas:

- 2 personas de 80 kg.

Análisis de cargas de viento:

- 120 km/h

Galvanizado:

- Proceso de galvanizado en caliente (*hot galvanized*) normas astme-a-153 –a-283 a-394.

Accesorios torre:

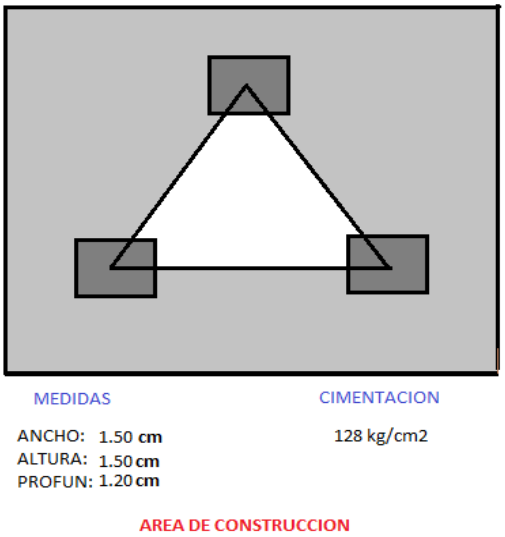
Rack de cables (guías de onda). (Opcional).
Plataformas de descanso. (Opcional).
Soportes para antenas. (Opcional).
Escalerilla porta cables - pasa muros. (Obligatorio en el caso de antenas auto soportadas)
Línea de vida. (Obligatorio en el caso de antenas auto soportadas).

6.19.2 Torres Auto Soportadas

La torre de telecomunicaciones triangular es una torre autónoma de 3 patas hechas de elementos angulares diseñados sobre un patrón de base triangular. La torre de comunicaciones esta optimizada para medianas y grandes cargas y es generalmente adecuada para sitios celulares standard.

La torre de comunicaciones está diseñada para alturas de 20m hasta 60m. La torre de comunicaciones se suministra con una variedad de accesorios tales como plataformas de descanso, plataformas de trabajo (opcional), soportes de antenas, dispositivos de seguridad, luces de obstrucción, kit de protección contra rayos. Todos los accesorios pueden instalarse en cualquier altura deseada y la orientación de acuerdo con los requerimientos del cliente. El gráfico 55 ilustra el área de construcción de una torre autosoportada.

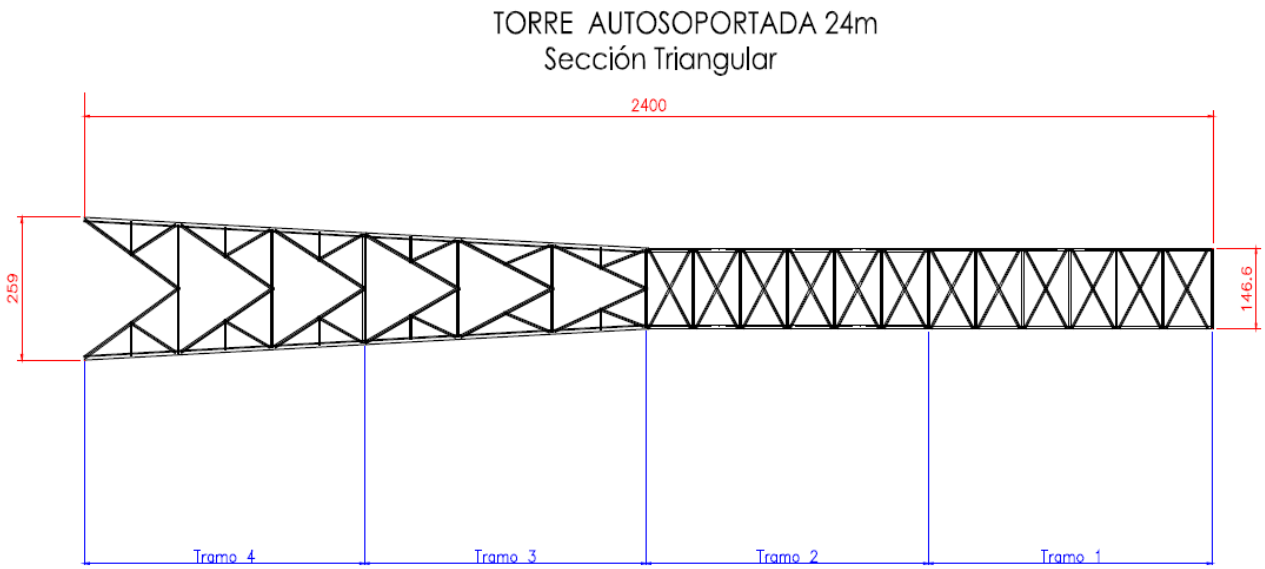
Gráfico 55: Área de construcción de una torre auto soportada



Elaborado por: Manuel Otorongo

El siguiente gráfico muestra una estructura general de una torre autosoportada medida en centímetros.

Gráfico 56: Estructura general torre autosoportada

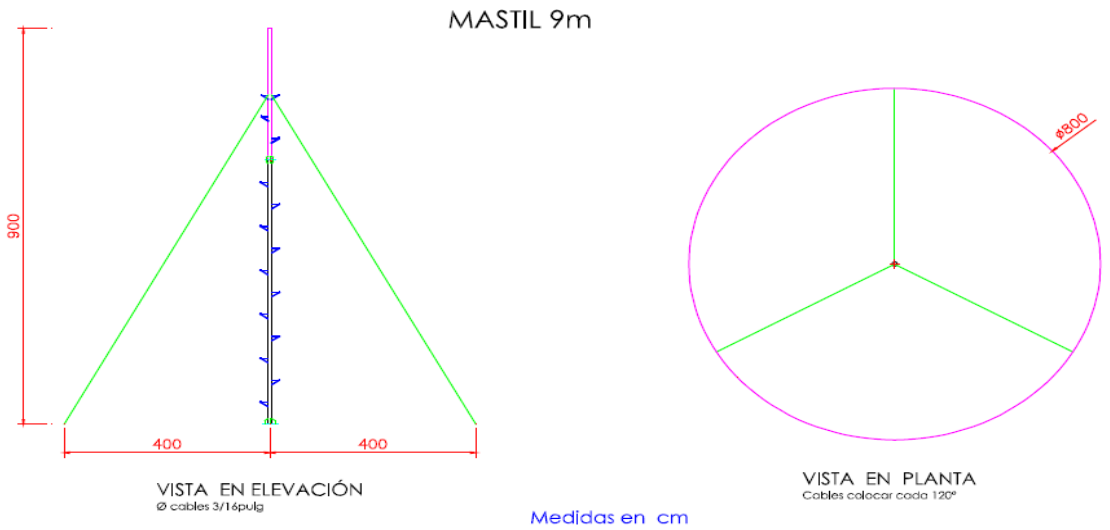


Elaborado por: Manuel Otorongo

6.19.3 Mástiles

El mástil debe tener mínimo 9 metros de 2 a 3 pulgadas y tomar en cuenta sus respectivos accesorios. A continuación se muestra un gráfico de un mástil

Gráfico 57: Mástil



Elaborado por: Manuel Otorongo

La siguiente tabla 47 detalla las torres por subestación.

Tabla 47: Requerimiento de torre por subestación

REQUERIMIENTOS DE TORRE POR SUBESTACIÓN			
ITEM	SUBESTACION	ALTURA DE TORRE (m)	REQUERIMIENTO
1	ANDALUCÍA	9	Instalar mástil
2	BARRIO NUEVO	21	Instalar torre
3	COTOCOLLAO	24	Instalar torre
4	CRISTIANIA	24	Torre existente de 24m
5	BELISARIO QUEVEDO	9	Instalar mástil
6	EUGENIO ESPEJO	18	Instalar torre
7	MACHACHI	21	Instalar torre

8	POMASQUI	18	Instalar torre
9	SAN RAFAEL	21	Instalar torre
10	SANGOLQUÍ	21	Torre existente de 24m
11	AREOPUERTO	24	Torre existente de 20m pero se proyecta aumentar 6m más
12	TABABELA	18	Instalar torre
13	TUMBACO	24	Torre existente de 24m

Elaborado por: Manuel Otorongo

6.20 Equipamiento de red para los reconectadores no factibles en el estudio radioeléctrico.

Tabla 48: Equipamiento reconectadores no factibles

EQUIPAMIENTO DE RED PARA RECONECTADORES NO FACTIBLES EN EL ESTUDIO RADIO ELÈCTRICO			
EQUIPO	**CARACTERISTICAS**	**CANTIDAD**	**SUBRED IP**
ROUTER	Equipo con servicios simultáneos de banda ancha de la tercera generación (3G), Metro Ethernet, y múltiples tecnologías DSL. Los routers proporcionan la prestaciones necesarias para los servicios concurrentes, incluyendo firewall, prevención de intrusiones, filtrado de contenidos y cifrado de VPN. acceso remoto y servicios *VPN site to site, Estándar [3DES] o Advanced Encryption Standard [AES]), Dynamic Multipoint VPN (DMVPN)*	16*	Asignada por el proveedor de datos móviles
ROUTER	Router de servicios integrados de segunda generación (ISRG2), arquitectura modular, prestaciones necesarias para los servicios concurrentes, incluyendo firewall, prevención de intrusiones, filtrado de contenidos y Cifrado de VPN. Acceso remoto y servicios *VPN site to site, Estándar [3DES] o Advanced Encryption Standard [AES]), Dynamic Multipoint VPN (DMVPN), debe tener la capacidad de ser concentrador de VPN*.	1**	Segmento de red interna asignada por el cliente.

Elaborado por: Manuel Otorongo

* Un equipo debe de ser asignado para la subestación 40 Los Bancos.

** Este equipo será instalado en el data center principal del cliente.

6.21 Costos Referenciales

Aquí se hace referencia a todo el equipamiento físico, tecnológico y de servicios para la implementación de los enlaces de radiofrecuencia para la interconexión de los reconectadores hacia las subestaciones factibles integradas a la red SCADA de la EEQ, así como la interconexión de los reconectadores a través de enlaces VPN IPSec utilizando equipamiento y tecnología 3G.

En la tabla 49 se presentan los costos referenciales de la propuesta, tomando en cuenta que en dichos valores no se incluye el IVA.

Tabla 49: Costos Referenciales

COSTOS REFERENCIALES				
UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANT.	PU	TOTAL
RADIOS				
UND	Antena Omnidireccional 2400-2500 MHz /15dBi/100W max/Gray Fiberglass	21	$ 280,00	$ 5.880,00
UND	Antena Direccional 2400-2500 MHz/24dBi	84	$ 142,00	$ 11.928,00
UND	Antena Sectorial 2400-2500 MHz/20dBi	3	$ 642,00	$ 1.926,00
PIES	Cable coaxial de cobre corrugado, HELIAX de 1/2",Chaqueta negra	700	$ 5,10	$ 3.570,00
METROS	Cable UTP Cat 6 armado para exteriores	610	$ 3,20	$ 1.952,00
PIES	Cable de alimentación 1x3C/14AWG	2000	$ 3,50	$ 7.000,00
UND	Conector RJ-45 cat 6ª	300	$ 7,50	$ 2.250,00
UND	Prensa estopa plástica	150	$ 12,00	$ 1.800,00
UND	Adaptador N-hembra a RP-TNC plug	150	$ 49,00	$ 7.350,00
UND	Conector tipo N Macho para cable heliax ½	150	$ 75,00	$ 11.250,00
UND	Conector tipo de 90 grados N Macho para cable heliax ½	150	$ 97,00	$ 14.550,00
UND	Protección a tierra para cable coaxial corrugado de 1/2"	130	$ 100,00	$ 13.000,00
UND	Kit para resistencia a la intemperie, que incluya: conectores y empalmes	30	$ 179,00	$ 5.370,00
UND	Lighting arrestor, conectores tipo TNC hembra-macho	130	$ 298,00	$ 38.740,00
UND	Tuerca hexagonal ASTM BB633	400	$ 0,55	$ 220,00
UND	Perno hexagonal Acero galvanizado ASTM B633	400	$ 0,62	$ 248,00
METROS	Cinta perforada Recta Hierro Galvanizado	150	$ 31,00	$ 4.650,00
UND	Herraje para antena	108	$ 420,00	$ 45.360,00
UND	RADIOS CON SOPORTE DE APLICACIONES TIPO SCADA, MANEJO DE INTERFACES TIPO RS232, RS485, RS422, ETHERNET. BANDA DE	108	$ 1.200,00	$ 129.600,00

	OPERACION EN 2.4 GHz			
UND	Caja de Intemperie	15	$ 398,00	$ 5.970,00
	ROUTERS			
	ROUTER PARA RECONECTADORES:			
UND	ROUTER CON SOPORTE CONEXIONES 4G, HSPA/UMTS 850/900/1900/2100MHz w/ SMS/GPS, INTERFACES ETHERNET SOPORTE VPN IPSEC	16	1.950,00	S/ 31.200,00
	GARANTIA (1 AÑO)	16	267,00	S/ 4.272,00
Caja	Caja de Intemperie	16	398,00	S/ 6.368,00
	ROUTER PARA CENTRO DE CONTROL:			
UND	SOPORTE 3 INGE 4 EHWIC 2 DSP 1 SM 256MB CF 512MB DRAM IPB	1	3.280,00	S/ 3.280,00
UND	GARANTIA (1 AÑO)	1	1.350,00	S/ 1.350,00
	TORRES AUTOSOPORTADAS			
-	Torre autosoportada 18M	4	25.000,00	100.000,00
-	Torre autosoportada 21M	3	28.000,00	84.000,00
-	Torre autosoportada 24M	1	31.000,00	31.000,00
-	Mástil de 9M	2	3.500,00	7.000,00
	SERVICIOS			
AND/INS	Instalación y configuración en sito	1	100.000,00	100.000,00
AND/CAP	Capacitación del sistema ofertado	10	85,00	850,00
	SUB TOTAL			**S/ 681.934,00**

Elaborado por: Manuel Otorongo

En el caso de la solución de conectividad a través de enlaces VPN IPSec, al ser dependientes de los de servicios de las operadoras de telefonía celular, estos requerirán costos mensuales, semestrales, etc. dependiendo del tipo de contrato que la EEQ tenga con alguno de las operadoras de telefonía celular, dado que esta información es de uso exclusivo y dependería del acuerdo entre la Operadora Celular y la EEQ. Se ha especificado únicamente el equipamiento necesario para la interconexión mediante esta tecnología más no los valores implícitos del servicio.

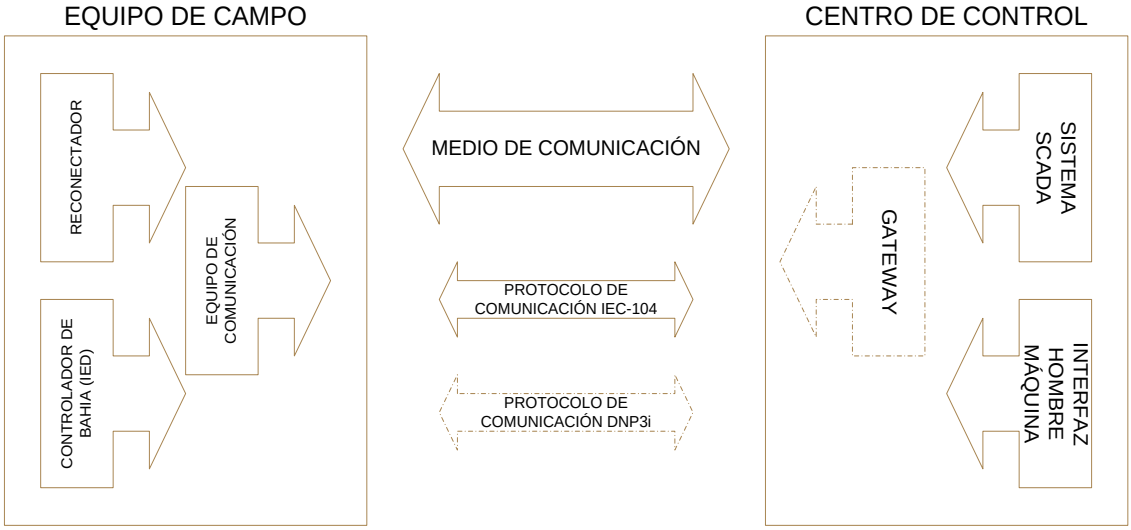
6.22 Proceso de Integración de Reconectadores al Sistema SCADA

Uno de los factores necesarios que considera la automatización de la Distribución, es lo concerniente al proceso de integración de todos los componentes que se encuentran instalados a lo largo del recorrido de un alimentador primario, los cuales son montados e instalados estratégicamente en base a los estudios eléctricos que las Empresa Distribuidoras realizan, con el objetivo de garantizar la calidad del fluido de energía eléctrica.

Previo a la integración a un Sistema SCADA de los elementos dispersos por la red de distribución, debemos dispone de los siguientes componentes:

1. Elementos inteligentes de la red de distribución como: dispositivos electrónicos inteligentes (IED), reconectadores, reguladores de voltaje, capacitores, celdas de seccionamiento, transformadores, etc.
2. Infraestructura de Telecomunicaciones.
3. Centro de Control.
4. Sistema de Supervisión y Control (SCADA).
5. Personal Operador
6. Especialistas Integradores.

Gráfico 58: Componentes para integración de un equipo al Sistema SCADA



La disponibilidad de todos los elementos antes indicados, requieren de un alto grado de conocimiento, en diversas áreas de especialidades como; telecomunicaciones, telecontrol, informática y conocimiento de la red eléctrica.

A continuación describiremos el proceso de integración de los reconectadores al Sistema SCADA.

Para nuestro caso, dispondremos de Reconectadores que tienen incorporado un IED, que permitirá telecontrolar y supervisar el equipo remotamente, este equipo dispondrá de una interfaz de comunicación, puerto Serial o Ethernet.

Dependiendo del sitio donde esté instalado el reconectador, y definido su medio de comunicación sea inalámbrico o a través de VPN utilizando conexión de telefonía celular que son los medios definidos en este proyecto, se define el protocolo de comunicación mediante el cual se va a transmitir los datos, para nuestro caso utilizaremos protocolo Esclavo IEC-104 o DNP3i. El Sistema SCADA, establecerá una comunicación fija, a través del protocolo de comunicación Maestro IEC-104.

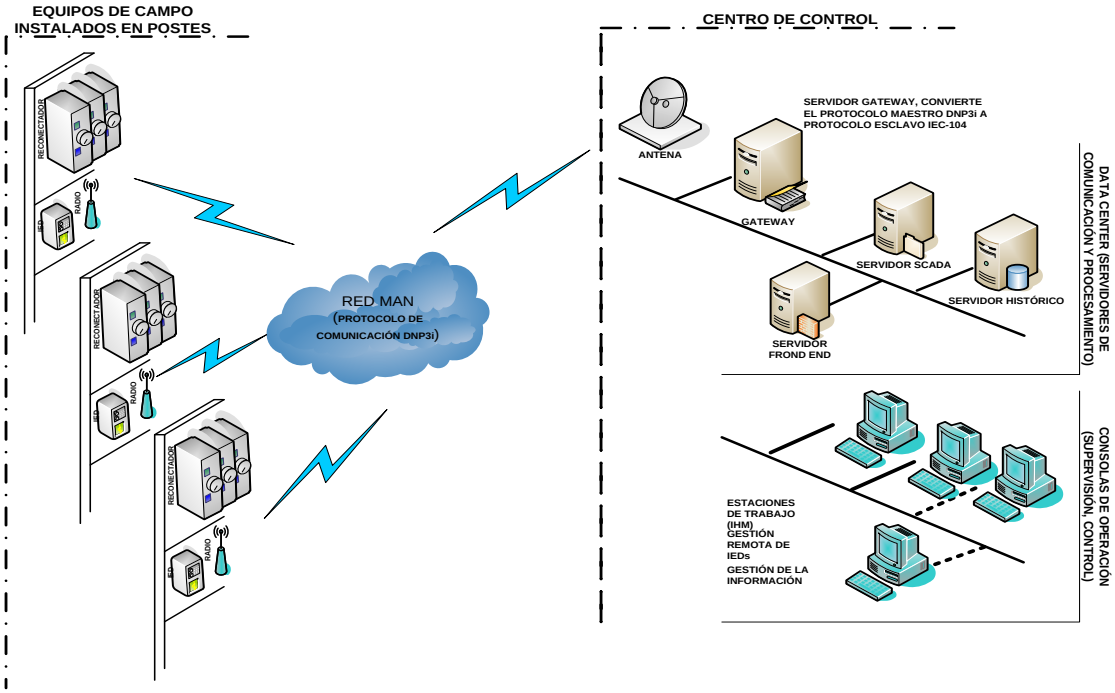
Al tener definido el medio de comunicación, como el protocolo mediante el cual se transmitirá la información, se define con el operador del Centro de Control los parámetros que le permitirán gestionar los equipos dispersos en la red de Distribución y obtener el máximo beneficio que nos permite que los equipos telecontrolados, como son : la operación remota, apertura cierre, medición de los valores de voltaje y carga que circula por la red eléctrica, señalización de las diversas protecciones que el quipo dispone, toda esta información se almacena en una base de datos para ser posteriormente analizada por los profesionales de la Empresa Distribuidora.

La importancia de disponer de protocolos de comunicación en los equipos remotos facilita la integración de estos equipos al SCADA.

Para facilitar el mantenimiento y el proceso de integración en el Centro de Control y en el Sistema SCADA, se determina una alternativa de integración a través de equipos intermedios que permiten convertir protocolos (Gateway), ya sean éstos propietarios o no, en protocolo estándares de industria eléctrica.

El siguiente gráfico ilustra el esquema que se utilizará para la integración de los reconectadores al Sistema SCADA

Gráfico 59: Esquema de Integración de los Reconectadores



Elaborado por: Manuel Otorongo

6.23 Conclusiones y Recomendaciones de la Propuesta

6.23.1 Conclusiones de la Propuesta

1. Se determinó que EEQ mejoro la calidad de servicio al usuario a partir de la implementación del Sistema SCADA, en razón que estos sistemas ayudan a realizar maniobras de reconexión del servicio en tiempos más cortos.

2. Todo el personal relacionado en forma directa con la operación del Sistema de

Distribución, considera que los procesos de automatización de equipos eléctricos permiten mejorar la calidad del servicio de energía eléctrica a los clientes de EEQ.

3. El sistema de comunicaciones que enlaza o permite la operación remota de equipos eléctricos a través del Sistema SCADA, se convierte en un factor fundamental para el personal, en razón que su confianza radica en su buen funcionamiento.

4. El sistema de comunicaciones más confiable es sin duda la utilización de la fibra óptica, sin embargo en procesos de automatización la utilización de éste medio, no siempre es posible, por la dispersión de las redes eléctricas del Sistema de Distribución.

5. La utilización de medios de comunicación inalámbrica a través de enlaces de radios, son confiables y son comunmente utilizados para proyectos de automatización de redes eléctricas en Sistemas de Distribución.

6. La operación de reconectadores a través del Sistema SCADA, permitirá conocer en tiempo real el comportamiento de la carga del usuario, pues se puede monitorear magnitudes como: voltaje, corriente, potencia, energía, número de conexiones o desconexiones.

7. Debido a las condiciones geográficas de la ciudad de Quito y sus alrededores, es posible que no se pueda tener factibilidad de interconectar a través de radios enlaces todos los reconectadores, como solución sugerida, es la implementación de conexiones VPN a través de la red de la telefonía celular.

6.23.2 Recomendaciones de la Propuesta

1. La confianza del personal de EEQ en la operación de equipos a través del Sistema SCADA se debe a que los sistemas de comunicaciones de esta empresa, tienen una alta disponibilidad, aspectos que se debe mantener en

futuros proyectos.

2. Para futuros proyectos de automatización se debe pensar en ampliar la red de fibra óptica de EEQ, hasta el medidor del cliente, aprovechando la infraestructura de proyectos de soterramiento de redes, donde la canalización para este propósito esta prevista.

3. Si se masifica la operación de reconectadores a través del Sistema SCADA, se tendrá un gran número de dispositivos de radio frecuencia, como complementos para la operación de los radio enlaces, tanto en los reconectadores como en las subestaciones, esto implica que para la administración, operación, monitoreo mantenimientos, soportes frente a incidentes, por lo que se requiere una adecuada disponibilidad de recursos humanos, logísticos, de operación y monitoreo, herramientas de monitoreo, de gestión y soporte con la finalidad de garantizar una alta disponibilidad de la red inalámbrica a ser implementada.

4. Adquirir, incorporar o integrar el equipamiento de radio frecuencia a un sistema de gestión y monitoreo que permita identificar la disponibilidad y eficiencia de los enlaces, dicho software debería soporta protocolos estándar de administración y gestión como SNMP.

5. Siempre será necesario por lo menos un mantenimiento preventivo al año de la solución implementada, esto garantiza la operación adecuada de la infraestructura, detección temprana de posibles daños a nivel de componentes lo cual contribuye a tener una mayor disponibilidad de los servicios.

BIBLIOGRAFÍA

Arroyo Galan, L. (2003). *Tecnología Móvil aplicaciones: GSM, GPRS, UMTS y WI-FI.*

Blackout in the United States and Canada: Causes and Recomendation. (13 de Agosto de 2003). Recuperado el 20 de Junio de 2013, de http://fp7integris.eu/index.php.

Boal, J. (2009). *Smart Grid*. Recuperado el 16 de Junio de 2013, de http://www.dea.icai.upco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/Smart%20grid%20-%20Jaime%20Boal.pdf.

Borrero, A. (2009). Tic/Tic vs eficiencia y sustentabilidad energética. *IV Ecuentro Iberoamericano sobre os objetivos do milenio* . Lisboa.

Carcamo - Gallardo, A. (2009). *Greddy reconfiguration algorithms for medium-voltage distribution networks.* IEEE Trans. Power Delivery.

Caskey, J. (Octubre de 2008). *Smart Grid Overview.* Recuperado el 16 de Junio de 2013, de www.nema.org/gov/energy/smartgrid/.../Smart_Grid_Overview.ppt.

Cervigón Hurtado, A. G., & Alegre Ramos, M. D. (2011). *Seguridad Informática.* Madrid: Paraninfo.

Clark, A., & Pavioski, C. (2010). Wireless Network for the Smart Energy Grid - Application Aware Networks. En A. Clark, & C. Pavioski, *Wireless Network for the Smart Energy Grid - Application Aware Networks* (págs. 1243-1248).

Clark, G. (2009). *The Smart Grid enabling energy efficiency and demand response*. Giorga.

Dahlman, S. (2011). *4G LTE/LTE Advanced for Movile Broadband.* USA: Elsevier Lttd.

Díaz, P. (Febrero de 2010). Implementación de una Red Privada Virtual para la Empresa eléctrica Quito S.A., Matriz Las Casas, para Transmisión de Datos y Voz sobre IP. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.

Energy, D. o. (2007). *http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_ SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf.* Recuperado el 20 de Junio de 2013, de The Smart Grid and Introduction, 2007.

Estrada, A. (2011). Tecnologías de Internet paradiseñar la red eléctrica del futuro. *Ingenierías US- Med* , Vol 2.

Flick, T., & Morhouse, J. (2011). *Securing the Smart Grid, Next Generation Power Grid.*

Fox-Penner, P. (2010). *Smart Power, Climate Change, the Smart Grids.* Island Press.

García, L., & Opazo, H. (2006). Switches optimum location in medium voltage network via minimization of energy not supplied. *IEEE Computer Society*. México.

Hamilton, K. (14 de Eneroi de 2011). *What I Learned in Two Years of Running Grid Wise Alliance.* Recuperado el 21 de Junio de 2013, de http://www.greentechmedia.com/articles/ read/what-i-learned-two-years-r% unning-gridwise-alliance/.

Integris: Intelligent Electrical Grid Sensor Comunications. (s.f.). Recuperado el 20 de Junio de 2013, de http://fp7integris. eu/index.php.

Issueletter. (2009). *Red Eléctrica Inteligente o Políticas Inteligentes: Que viene primero?* Recuperado el 15 de Junio de 2013, de http://aeace08rei.files.wordpress.com/2011/05/rap_issueslettersmartgrid_spanish_2009_07_16.pdf.

Jean - Marc, R. (2004). *Seguridad en la Informática de la Empresa: Riesgos, amenazas, prevenciones y soluciones.* Barcelona: ENI Ediciones.

Krutz, R. *Securing SCADA Systems.* Indiana: Indiana Published.
L.M. (4 de Abril de 2011). *http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5559470.* Recuperado el 16 de Junio de 2013, de End To End Comunication Architecture for Smart Grids".

Lázaro Laporta, J. (2005). *Fundamentos de Telemática.* Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

Lesta, A., Pellejero, I., & Andreu, F. (2006). *Fundamentos y aplicaciones de seguridad.* Barcelona: Marcombo.

López, S. (2009). *Teoría y aplicación de la informática 2.* Agosto.

Magazine, S. (2009). *http://www.themcdonnellgroup.com/PDF/SPARK_1009.pdf.* Recuperado el 15 de Junio de 2013

Mandado Pérez, E. (2009). *Automatas progrmables y sistemas de automatización.* Marcombo.

Mark, S., & Fred, S. (2009). *Smart Grid.* Virginia: Capitol Net.

Metología básica de gestión de proyectos. (2003). Recuperado el 16 de Junio de 2013, de http://www.pcmanagement. es/editorial/Managem_powpoin/ MetodologiadeGestiondeProyectos.pdf.

Miranda, D. (2009). *Estado y desarrollo de la tecnología smart grid en Colombia*. Recuperado el 18 de Junio de 2013, de http://www.bdigital.unal.edu.co/864/1/98699867_2009.pdf.

Molderink, A. (2009). *Domestic Energy Management Methodology for optimizing efficiency in Smart Grids.* Recuperado el 20 de 06 de 2013, de http://doc.utwente.nl/68163/1/powertech.pdf.

Molderink, A. (s.f.). *Simulating the efect on the energy efficiency of smart grid tecnologies.* Recuperado el 21 de Junio de 2013, de www.fer.inizah.hr.

Peizhong, Y. (2011). *Building Automation Networks for smart Grids.* Computer Engineering Deparment.

Phitart, J. (2009). *http://www.feec.vutbr.cz/EEICT/2009/sbornik/03-Doktorske%20projekty/04-Silnoprouda%20elektrotechnika% 20a%20elektroenergetika/09-xpitha01. pdf*. Recuperado el 16 de Junio de 2013, de Integration and Utilization of Smart Grid.

Ricardo, B. (2003). *Evaluacion de Confiabilidad de Sistemas de Distribución eléctrica en desregulación.* Chile.

Rodríguez Penin, A. (2012). *Sistemas SCADA.* Barcelona: Marcombo.

Sivianes Castillo, F. (2010). *Servicios en Red.* Madrid: Paraninfo.

Stalling, W. (2007). *Data and Computer Communications.* New Jersey: Inc Pearson Prentice.

Stuart Boyer, A. (2010). *SCADA.* International Society of Automation.

Technical chat Smart Grid. (2010). Recuperado el 16 de Junio de 2013, de http://www. utpl.edu.ec/blogjorgeluisjaramillo/ wp-content/uploads/2010/10/ .

Tolosa, J. P. (15 de Junio de 2013). *www3.fi.mdp.edu.ar/.* Recuperado el 15 de Junio de 2013

Verón Piquero, J. (2010). *Práctica de Redes.* España.

Wiebe, M. (1999). *A Guide to Utility Automation: AMR SCADA and IT Systems.* Canadá: Penn Well Books.

Wiley, J., Gate, S., & Chichester, W. (2009). *Broadband Wireless Mobile 3G and Beyond.* England.

Wireless and Mobile All-IP Network. (2005). Indiana: Wiley Publishing.

Zheng, L., Huang, G., Cao, H., Wang, W., & Dohler, M. (2008). Beyond 3G Evolution. *IEEE* , 30-36.

ANEXO NO 1

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS RECONECTADORES

ZONA URBANA				
ITEM	SUBESTACION	RECONECTADORES	Latitud	Longitud
1	COTOCOLLAO	La Esperanza y Pablo Picasso	0°06'21,8"	78°29'41,5"
2		A: Av. La Prensa y Los Ciruelos,	0°06'50,6"	78°29'40,7"
3		B: Av. Real Audiencia y Bellavista,	0°07'03,9"	78°29'02,0"
4		José Figueroa y Domingo Juan	0°07'10,3"	78°30'04,6"
5		A: Sabanilla y Gualaquiza	0°07'12,7"	78°29'28,6"
6		B: Chuquisaca y Bellavista en vez de SB3	0°06'58,4"	78°29'18,0"
7		C: Malearte y Mariscal Sucre	0°07'4,56"	78°30'22,56"
8		A: Pisulí en la 9 de noviembre,	0°005'28,0"	78°30'43,8"
9		A: Singuna y N69-Vía Nono.	0°06'32,6"	78°31'19,6"
10		A: Catón Cárdenas y Mariscal Sucre	0°17'56,5"	78°33'34,1"
11		A: Reemplazo del equipo I00164 de la Galo Plaza y Nazareth	0°07'31,1"	78°28'51,3"
12		A: Coanguina y Real Audiencia;	0°07'22,9"	78°29'07,7"
13		B: Gonzalo Gallo y Av.de la Prensa, lado oriental.	0°08'25,3"	78°29'36,2"
14	CRISTIANIA	Enrique Guerrero y Galo Plaza	0°06'19,32"	78°28'31,38"
15		Galo Plaza y José de Larrea	0°06'12,78"	78°28'28,08"
16		Enríquez Guerrero y Sánchez	0°06'22,38"	78°28'28,74"
17		A: De los Cipreses y Eucaliptos interconexión 18G y 18B,	0°07'0,06"	78°28'30,60"
18		B: Reemplazo del I0030 de los Molineros y Eloy Alfaro	0°07'42,84"	78°28'17,64"
19		A: José Barreiro y De los Nogales;	0°08'47,04"	78°27'53,58"
20		B: Juan Molineros y Pasaje B (reemplazo);	0°07'46,14"	78°28'37,56"
21		C: Santa Lucia y 6 de Diciembre.	0°07'35,28"	78°28'39,6"
22		A: Reemplazo de equipo tras de Solca,	0°08'6,96"	78°28'31,8"
23		B: De los Nogales y Félix Barreiro	0°08'46,98"	78°27'52,26"
24		A: Reemplazo del I0063 de la Galo Plaza y Zambrano,	0°07'44,22"	78°28'49,2"
25		A: 10 de Agosto y Capitán Ramón Borja	0°08'29,59"	78°28"41,82"
26		10 de Agosto Ya se puso equipo por el 19E	0°08'11,22"	78°28'55,5"
27		Mariscal Sucre entre Julián Charro y S52B	0°19'40,2"	78°33'20,34"
28		A: Vía a la Ecuatoriana pasando entrada a Cdla. Ejército.	0°18'35,22"	78°33'15,9"
29		B: Morán Valverde y Mariscal Sucre	0°18'9,54"	78°33'12,78
30		A: Francisco Chiriboga y Carlos Freile (reemplazo del I00271)	0°16'50,1"	78°33'23,7"
31		B: Cusubamba y Mariscal Sucre (reemplazo del I00289)	0°16'16,32"	78°33'7,32"
32		C: Carlos Freile y Ambrosio Acosta	0°17'13,56"	78°33'50,04"

33	EUGENIO ESPEJO	Camilo Orejuela y S48	0°18'53,22"	78°33'43,86"
34		A: Camilo Orejuela y Ecuatoriana	0°18'42,36"	78°33'52,74"
35		B: Interconexión 59A y 59B en la Mariscal Sucre y Cusubamba	0°16'45,3'	78°33'30,9"
36	SANTA ROSA	A: Leónidas Doublés y E5C;	0°19'42,9"	78°32'7,32"
37		B: Turubamba y S58B;	0°20'21,36"	78°32'20,64"
38		A: Cambio de equipo de Cuzubamba y Mariscal Sucre (59B),	0°16'16,32"	78°33'7,32"
39		B: Instalación equipo en Rumichaca y Av. Solanda	0°16'21,9"	78°32'34,4"
40		C: Cambio de equipo de la Av. Solanda y Teniente H. Ortiz	0°16'28,6"	78°32'26,4"
41	BARRIONUEVO	A: Ajaví y Huigra.	0°15'29,5"	78°32'28,4"
42		A: Angamarca y Mariscal Sucre (cambiar I);	0°15'38,5"	78°32'49,4"
43		B: Huigra y Toacazo (cambiar I)	0°15'40"	78°32'42,7"
44		A: Pedro de Alvarado y Díaz de Pineda Interconexión 04D y 03A,	0°14'33,0"	78°31'17,7"
45		B: Maldonado frente a El Recreo interconexión 03A y 04B	0°15'15,9"	78°31'20,4"
46		B: Poner en interconexión 11B y 13E	0°11'21,9"	78°30'05,4"
47	CHIMBACALLE	A: Gualaceo y Muisne reemplazo,	0°15'08,3"	78°30'40,8"
48		B: Interconexión 4Cy 4E Gualaceo y Acción Cívica	0°15'12,6"	78°30'42,8"

ZONA RURAL				
49	COTOCOLLAO	A: San José de Obrero	0° 6' 34,9"	78° 31' 14,7"
50		B: Nono	0° 4' 44,7"	78° 34' 26,4"
51	POMASQUI	A: Av. Cacha y Giovanni Calle	0° 5' 22,2"	78° 25' 39,7"
52		A: Bicentenario	0° 3' 51"	78° 27' 12,7"
53		B: La Josefina	0° 0' 42,7"	78° 23' 54,6"
54		A: Av. Duchicela y Giovanni Calles	0° 5' 40,4"	78° 26' 13"
55		A: Río Cayambe y Padre Luis Vaccari	0° 5' 45,5"	78° 27' 10,8"
56		A: Calle el Vergel y Medicinwod-Sector de Israriego	0° 5' 50,3"	75° 26' 52,1"
57		A: Cemexpo	0° 2' 1,8"	78° 27' 13,3"
58	TABABELA	A: Chilpecito	0°11'46,8"	78°26'27,1"
59		A: Tola de Checa	0°13'9,4"	78°26'16,3"
60		A: Oyambarillo	0°12'29,4"	78°24'54,2"
61		A: Cementerio de Puembo	0°11'8,6"	78°24'13,8"
62	TUMBACO	A: Caizan vía a las Minas	0°10'37"	78°21'22,5"
63		A: Churuloma sector Las Fibras,	0°10'38"	78°21'24,7"
64		B: Puembo Manuel Burbano y 10 de Agosto.	0°12'52,5"	78°24'24,7"
65		A: Vicente Rocafuerte e Interoceánica,	0°10'45,8"	78°21'27,9"
66		B: Interoceánica ingreso a la Morita	0°12'26,8"	78°22'56,5"
67		A: Interoceánica ingreso al Carrizal	0°12'47,0"	78°23'18,4"
68		A: Calle el Sauce	0°12'5,5"	78°20'6,4"
69		B: Urbanización CEPE	0°07'21,5"	78°20'14,6"
70	LOS BANCOS	A: La Armenia	0° 4' 5,7"	78° 41' 38,3"
71		B: Mindo	0° 1' 11,5"	78° 46' 52,7"
72		A: Productos Guerrero	0° 1' 23,6"	78° 52' 59,5"
73		A: San Tandeo	0° 1' 45,5"	78° 45' 4,7"
74		A: km 100	0° 2' 8,7"	78° 54' 37,7"
75	NUEVO AREOPUERTO	A: 24 de mayo y C. Andrade	0°12'7,4"	78°23'51,5"
76	CRISTIANIA	A: La bota	0° 6' 34,8"	78° 27' 32.5"
77	SANTA ROSA	A: Barrio San Francisco	0°23'24,514"	78°32'44,885"
78	CONOCOTO	A: Cdla. Hospitalaria	0°16'58,257"	78°28'07,391"
79		A: Entrada a los Eucaliptos	0°15'1,137"	78°29'05,140"
80	MACHACHI	A: Entrada a Machachi-Tahuachi	0°29'43,787"	78°34'15,348"
81		A: Cosmorama	0°31'14,900"	78°34'01,802"
82	SAN RAFAEL	A: Ushimana	0°17'37,438"	78°27'01,413"
83		A: El Rancho	0°19'21"	78°26'26,521"
84		A: La colina	0°18'50,976"	78°26'30,859"
85		A: La Bocatoma	0°18'06,730"	78°27'47,910"
86		A: Baguett	0°07'17,8"	78°19'43,9"

87	NUEVA CUMBAYA	A: Pampite	0^{0}06'2,2"	78^{0}18'57,2"
88		A: Cruce de Nayón	0° 9' 48,9"	78° 26' 14,1"
89		B: Llano Chico	0° 7' 40,9"	78° 26' 40,8"
90	SANGOLQUI	A: Mutualista Benalcázar	0°20'45,002"	78°26'43,167"
91		A: Las Balbinas	0°20'58,097"	78°28'27,508"
92		A: Puruháes y Mariana de Jesús	0°20'23,115"	78°27'55,830"
93		A: Calle Huancavilca	0°19'53,089"	78°28'42,831"
94		A: Sector Los tres Guabos	0°22'15,672"	78°29'06,411"
95	ALANGASI	A: Sector La Concepción	0°19'40,131"	78°25'06,422"
96		A: Santa Rosa de La Merced	O°17'37,438"	78°27'1,413"

RECONECTADORES ADICIONALES				
97	EPLICACHIMA	Av. Manuel Córdova Galarza Parcayacu	0° 5' 29"	78° 29' 16,9"
98		Calle Guaranda	0º07'09,1"	78°30'01,5"
99		De los Arupos y Eloy Alfaro	0º06'43,7"	78°28'28,1"
100		Francisco García y Juan Barrezueta	0º06'24,7"	78º 28'44,94"**
101		Junto a la Subestación Cotocollao N19	0º06'53,5"	78°30'09,7"
102		Luis Tufiño y Valdivieso	0º07'51,8"	78°28'55,7"
103		OE -5A/N78-406	0º05'43,1"	78°30'45,0"
104		Sebastián Moreno y Galo Plaza	0º06'22,3"	78°28'36,5"
105		La Victoria del Quiche Guayabamba	0^{0}11'42,6"	78^{0}26'25,4"
106		Cusubamba y Mariscal Sucre	0°16'16,32"	78°33'7,32"
107		Maldonado y Balzar	0º16'08,8"	78°31'39,6"
108		Mariscal Sucre y Julián Estrella	0º17'56,5"	78°33'34,1"
109		Patricio Romero -Feria de los Carros	0º20'31,6"	78°33'15,3"
110		Av. Manuel Córdova Galarza-Frente a energías	0° 3' 24,9"	78° 27' 18,6"
111		San Jose Moran de los Tararacos	0° 4' 59,6"	78° 26' 19,1"

ANEXO NO 2

ESTUDIO RADIOELECTRICO

SUBESTACION ANDALUCIA

	PROYECTO: EEQ SCADA	
INGENIERIA	ESTUDIO RADIO ELÉCTRICO SUBESTACIÓN ANDALUCIA	
TELECOMUNICACIONES		Página Nº 1 of 12

ESTUDIO RADIO ELÉCTRICO SUBESTACIÓN ANDALUCIA

REVISION	DATE	DESCRIPTION / REVISION	ISSUED BY	CHECKED BY	APPROVED BY
	27/08/2013				

	PROYECTO: EEQ SCADA	
INGENIERIA	ESTUDIO RADIO ELÉCTRICO SUBESTACIÓN ANDALUCIA	
TELECOMUNICACIONES		Página Nº 2 of 12

1.- INFORMACIÓN GENERAL:

CIUDAD:	Quito
FECHA:	28/08/2013
EMPRESA:	EEQ
DIRECCIÓN:	N/A
RESPONSABLE:	Ing. Manuel Otorongo
INSPECCIONO:	

2.- CONDICION GENERAL DE LA SUBESTACIÓN:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	**Latitud:**	S 00° 08 '25,8"
	Longitud:	W 78°29'38,5"
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m)	2823,8	
TIPO DE ANTENA	Omni Direccional	
ALTURA DE LA ANTENA (m)	8	
CONDICIÓN DE LINEA DE VISTA	OPTIMA	
POSIBLES OBSTÁCULOS	Urbano	

3.- MIEMBROS DE LA RED:

Reconectador	Coordenadas		Distancia en Km	Distancia en Millas	Altura sobre nivel del mar	Altura del radio
	Latitud:	Longitud				
U-CR-D1	S 0?8'47,0''	W 78?27'52,3''	3,28	2,03853325	2862,4	7
U-CR-B2	S 0?8'47,0''	W 78?27'53,6''	3,24	2,013673089	2861	7
U-CT-E3	S 0?8'25,3''	W 78?29'36,2''	0,07	0,043505283	2817	7
U-CR-G1	S 0?8'29,6''	W 78?28'41,8''	3,79	2,355500311	2827,8	7

4.- PARÁMETROS DEL RADIO ENLACE:

PARAMETROS GENERALES		
FRECUENCIA	2400 Mz	2483,5 Mz
POLARIZACION	Vertical	
MODELO DE VARIABILIDA	Accidental Enfásis en el Análisis de interferencias)	
% VARIABILIDAD TEMPORAL	99%	Fracción de tiempo durante la cuál el campo de fuerzas recibido, se espera que sea igual o superior que el valor medio de campo por hora calculado por el simulador
%VARIABILIDAD POSICIONAL	50%	Fracción de la trayectoria donde el campo recibido se espera que sea igual o superior que el valor medio de calculado por el simulador
% VARIABILIDAD POR EVENTUALIDAD	50%	Porcentaje de afectacion por eventos fortuitos e inexplicables.
PERDIDAS ADICIONALES	50%	Porcentaje de pérdidas adicionales para Ciudad
REFRACTIVIDAD (N Unidades)	301	Curvatura que sufrirán las ondas radio
PERMIABILIDAD (S/m)	0,005	Permitividad relativa o constante dieléctrica del medio
CONDUCTIVIDAD	15	Tiene unos valores típicos tabulados.

PARAMETROS DE EQUIPOS Y ANTENAS			
Parámetros			**Valores**
Potencia del Transmisor (dB)	1	**W**	30
Perdidas en Cables y Conectores (db)			1,5
Ganancia de la Antena Omnidireccional (dBi)			15
Ganancia de la Antena Yagi (dBi)			24
Sensibilidad del Receptor (dBm)			-96

5.- CONDICIONES AMBIENTALES:

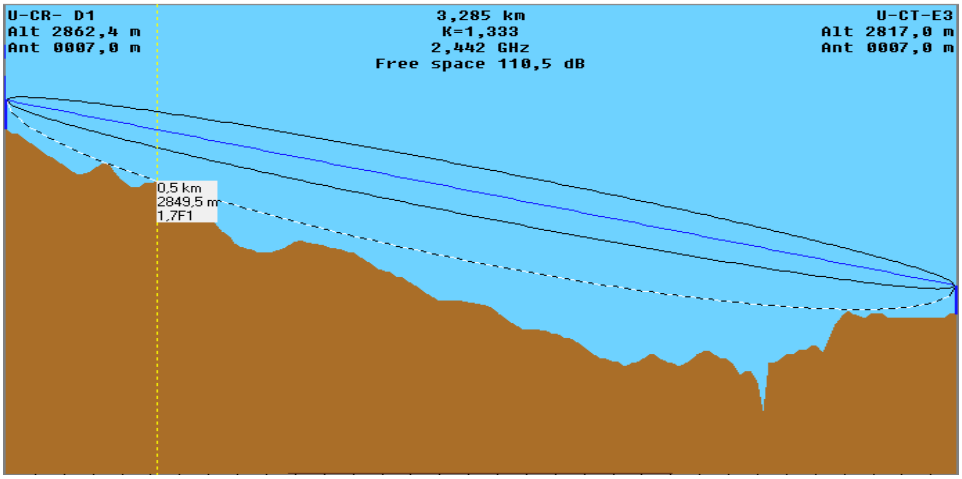
Parámetros
ECUATORIAL

6.- ALTURA DE LA INSTALACION DE EQUIPOS:

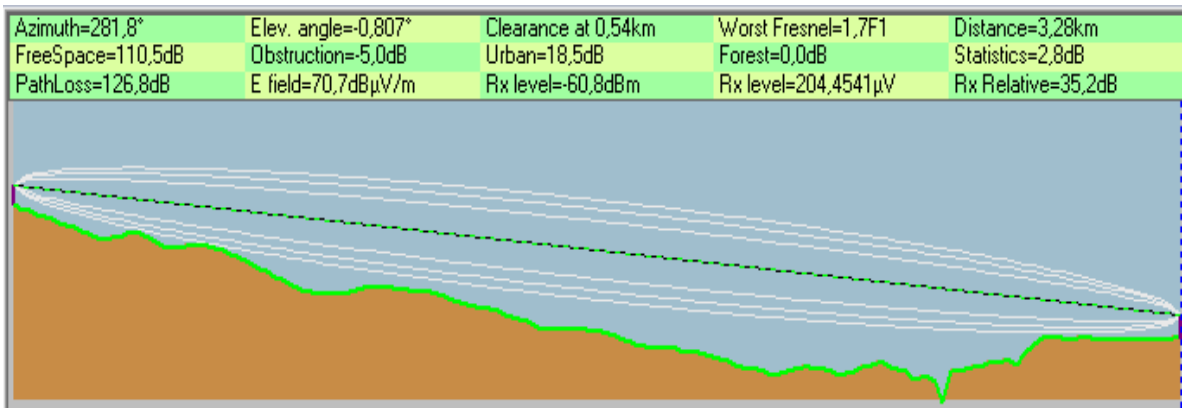
Subestación:	24	metros
Reconectador:	7	metros

7.- PERFIL RADIO MOBILE:

Enlace: U-CR-D1 / U-CT-E3

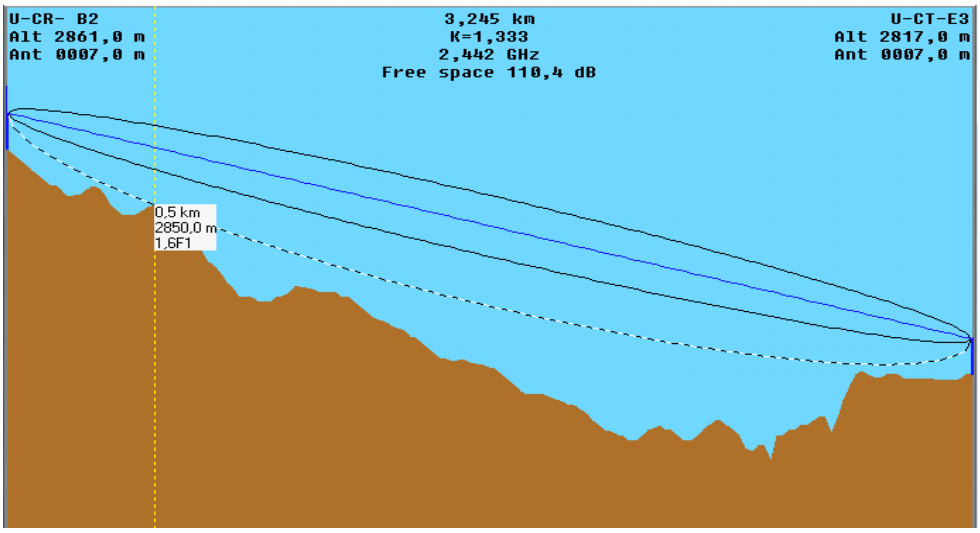


RM Path

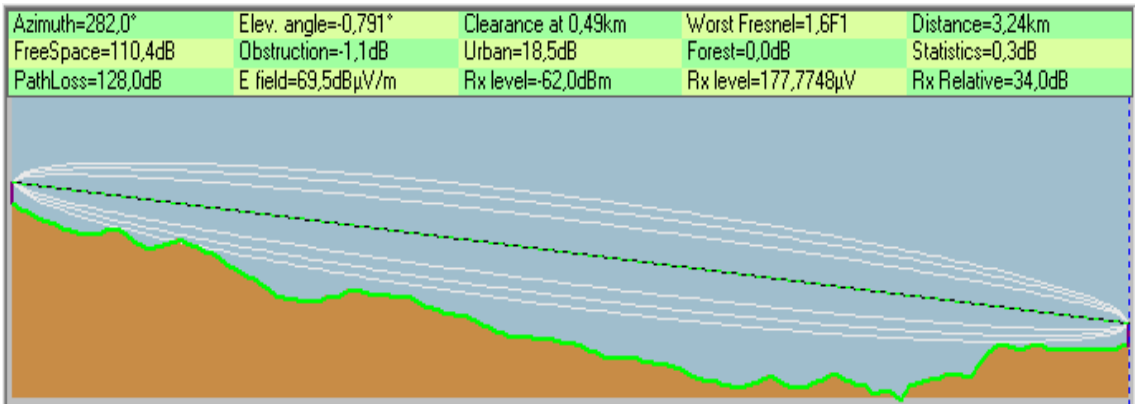


8.- PERFIL RADIO MOBILE:

Enlace: U-CR-B2 / U-CT-E3



RM Path



8.1.- VALORES OBTENIDOS DE SIMULACIÓN

Distancia (Km):	3,2
Norte Verdadero	282,0°
Norte Magnético	284,6°
Angulo de Elevación	-0,7913°
Variación de la elevación del terreno	60,90 m
Despeje de la Zona de Fresnel	1,6 F1
Pérdidas por Espacio Libre	110,4 dB
Pérdidas por Obstruccion	-1,1 dB
Pérdidas Adicionales (Naturaleza)	18,5 dB
Pérdida total de Propagación	128 dB
Ganancia del sistema	162 dB
Peor nivel de recepción sobre el mínimo requerido	34 dB

8.2.- RESULTADOS:

Nombre del enlace:	Radio de Fresnel	Margen (dB)	Tiempo de Indisponibilidad (seg/año)	Disponibilidad (%)	Indisponibilidad (%)
U-CR-B2	10,06	49,73	2,16E-02	99,9999	1,57E-09

8.3.- Análisis de Radio Enlace:

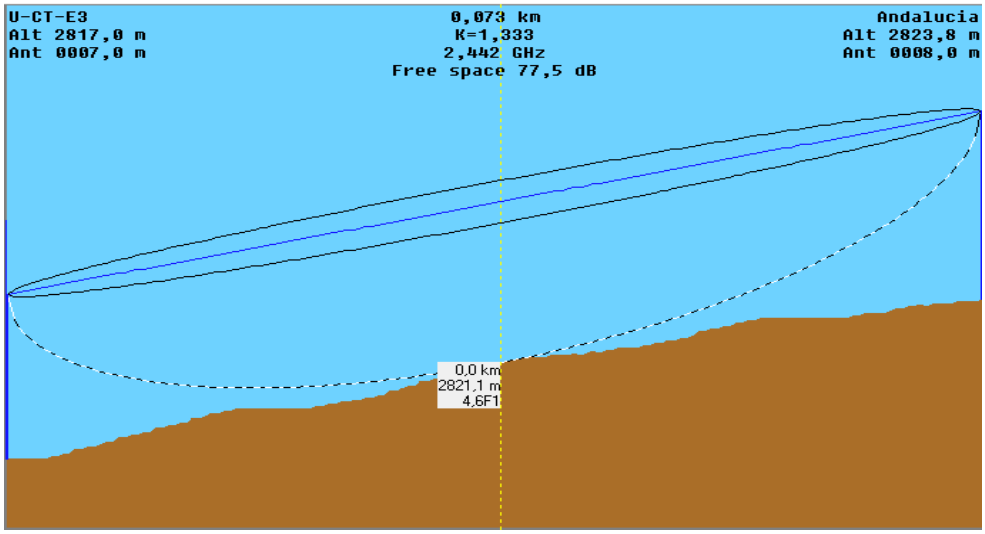
1.- El radioenlace entre el reconectador U-CR-B2 y el repetidor U-CT-E3 es factible, presenta linea de vista, un valor mayor al 60 % de la Primera Zona de Fresnel y se estima un nivel de 34 dB por encima del valor mínimo esperado en recepción.
Para este enlace el reconectador U-CT-E3 esta funcionado como un Repetidor.

8.4.- Análisis Constructivo:

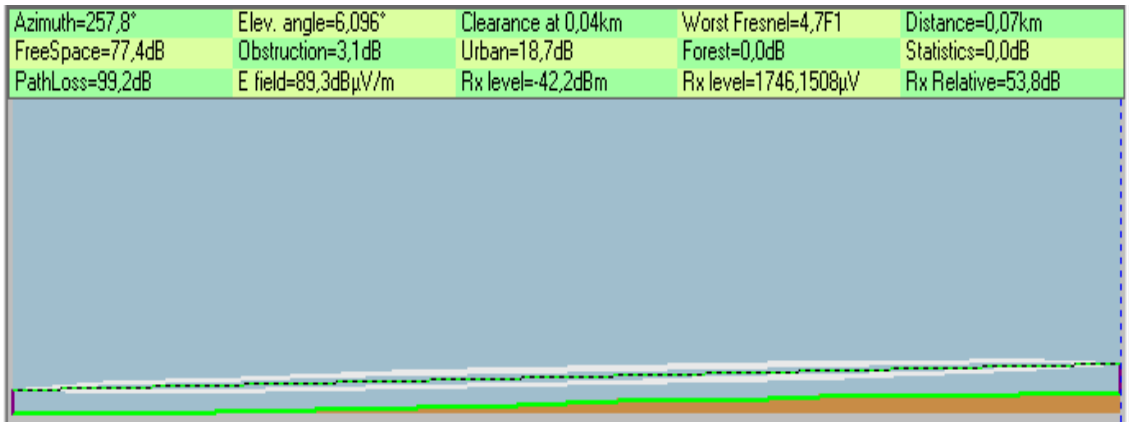
1.- Para el radioenlace entre el reconectador U-CR-B2 y el repetidor U-CT-E3, se deberá considerar llevar el cable de datos y de alimentación desde la Subestación hasta el radio en la torre.

8.- PERFIL RADIO MOBILE:

Enlace: U-CT-E3 / ANDALUCIA



RM Path



8.1.- VALORES OBTENIDOS DE SIMULACIÓN

Distancia (Km):	0,1
Norte Verdadero	257,8°
Norte Magnético	260,4°
Angulo de Elevación	6,0962°
Variación de la elevación del terreno	6,8 m
Despeje de la Zona de Fresnel	4,7 F1
Pérdidas por Espacio Libre	77,4 dB
Pérdidas por Obstruccion	3,1 dB
Pérdidas Adicionales (Naturaleza)	18,7 dB
Pérdida total de Propagacion	99,2 dB
Ganancia del sistema	153 dB
Peor nivel de recepcion sobre el minimo requerido	53,8 dB

8.2.- RESULTADOS:

Nombre del enlace:	Radio de Fresnel	Margen (dB)	Tiempo de Indisponibilidad (seg/año)	Disponibilidad (%)	Indisponibilidad (%)
U-CT-E3	1,51	73,69	9,89E-10	99,9999	7,18E-17

8.3.- Análisis de Radio Enlace:

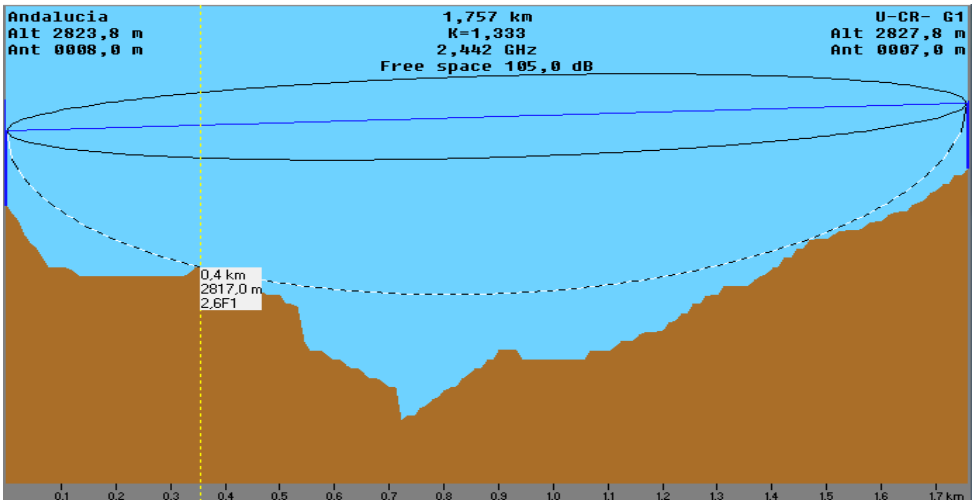
1.- El radioenlace entre el repetidor U-CT-E3y la subestación Andalucia es factible, presenta linea de vista, un valor mayor al 60 % de la Primera Zona de Fresnel y se estima un nivel de 53,8 dB por encima del valor mínimo esperado en recepción.
Para este enlace el reconectador U-CT-E3 esta funcionado como un Repetidor.

8.4.- Análisis Constructivo:

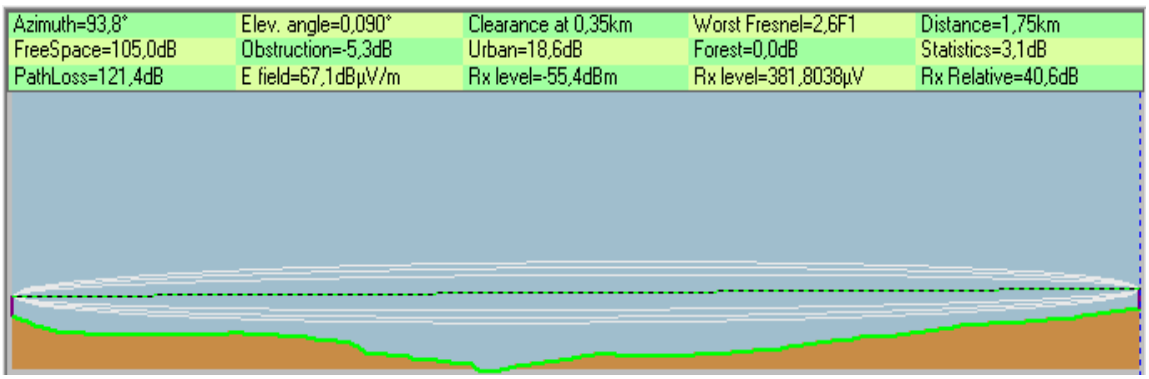
1.- Para el radioenlace entre el repetidor U-CT-E3y la subestación Andalucia, se deberá considerar llevar el cable de datos y de alimentación desde la Subestación hasta el radio en la torre.

8.- PERFIL RADIO MOBILE:

Enlace: ANDALUCIA / U-CR-G1



RM Path



8.1.- VALORES OBTENIDOS DE SIMULACIÓN

Distancia (Km):	1,8
Norte Verdadero	93,8°
Norte Magnético	96,4°
Angulo de Elevación	0,0899°
Variación de la elevación del terreno	27,2 m
Despeje de la Zona de Fresnel	2,6 F1
Pérdidas por Espacio Libre	105 dB
Pérdidas por Obstruccion	-5,3 dB
Pérdidas Adicionales (Naturaleza)	18,6 dB
Pérdida total de Propagacion	121,4 dB
Ganancia del sistema	162 dB
Peor nivel de recepcion sobre el mínimo requerido	40,6 dB

8.2.- RESULTADOS:

Nombre del enlace:	Radio de Fresnel	Margen (dB)	Tiempo de Indisponibilidad (seg/año)	Disponibilidad (%)	Indisponibilidad (%)
U-CR-G1	7,40	55,06	1,01E-03	99,9999	7,30E-11

8.3.- Análisis de Radio Enlace:

1.- El radioenlace entre el reconectador U-CR-G1 y subestación Andalucia es factible, presenta linea de vista, un valor mayor al 60 % de la Primera Zona de Fresnel y se estima un nivel de 40,6 dB por encima del valor mínimo esperado en recepción.

8.4.- Análisis Constructivo:

1.- Para el radioenlace entre el reconectador U-CR-G1 y la subestación Andalucia, se deberá considerar llevar el cable de datos y de alimentación desde la Subestación hasta el radio en la torre.

ANEXO NO 3