



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA PREVENIR DESASTRES
NATURALES EN LA PARROQUIA TUFÍÑO DE LA PROVINCIA DE CARCHI

AUTORES

María José Arteaga Jiménez

Daniel Leonardo Mena Haro

AÑO

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

INGENIERÍA EN REDES Y TELECOMUNICACIONES

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA PREVENIR
DESASTRES NATURALES EN LA PARROQUIA TUFÍÑO DE LA PROVINCIA
DE CARCHI

Trabajo de titulación en conformidad a los requisitos establecidos para optar
por el título de Ingenieros en redes y telecomunicaciones

Profesor Guía

Mgt. Sánchez Salazar Iván Ricardo

Autores

María José Arteaga Jiménez

Daniel Leonardo Mena Haro

Año

2017

DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento de todas las disposiciones vigente que regula los Trabajos de Titulación”

.....

Iván Ricardo Sánchez Salazar

Magíster en Calidad Seguridad y Ambiente

CI: 1803456142

DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación”

.....

Diego Fabián Paredes Páliz

Máster en Comunicaciones Ópticas

CI: 0603014143

DECLARACIÓN DE LA AUTORÍA DE LOS ESTUDIANTES

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

.....
María José Arteaga Jiménez

CI: 1725273765

.....
Daniel Leonardo Mena Haro

CI: 1722940085

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera. A mis padres Marco Arteaga y Anita Jiménez por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación. A mis hermanos Paola y Xavier por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. A nuestro tutor de tesis por guiarnos en el camino del desarrollo de nuestra tesis y apoyo brindado.

María José Arteaga

AGRADECIMIENTO

A mi mamá Soraya por todo el apoyo brindado en cada año de mi vida por la paciencia y amor que siempre me brinda a pesar de cualquier adversidad, a mi papá Edwin por enseñarme que con constancia todo se puede lograr y siempre con sus palabras de aliento para seguir adelante, a Dios por brindarme salud, vida y permitirme alcanzar los objetivos de vida y por último al Magister Sánchez Iván que con mucho empeño y paciencia me supo guiar cada paso.

Daniel Mena

DEDICATORIA

Esta tesis quiero dedicar a mi familia. Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos. A mi hermana que a pesar de la distancia siempre estuvo alentándome y aconsejándome en cada paso que daba, a mi hermano que siempre confió en mí y estuvo para apoyarme.

María José Arteaga

DEDICATORIA

A mis padres Edwin y Soraya, que son un pilar muy importante en mi vida, ya que siempre supieron guiar mi camino con su apoyo, paciencia y amor. A mi hermana que siempre supo apoyarme en los mejores y peores momentos de mi vida con su gran inteligencia y su incondicional amor. Y a mi familia que siempre me educó a estar unidos a pesar de cualquier problema.

Daniel Mena

RESUMEN

El actual proyecto se centra en diseñar una red de comunicación y de sensores que permitan realizar la monitorización de la actividad del volcán Chiles y generar una alerta temprana. En el diseño se pretende realizar una red con tecnología que permita sistemas más robustos y confiables con sensores de una mejor calidad, la red de sensores permitirá mayor efectividad y capacidad, menor fragilidad a posibles fallas en el sistema y poseer una mejor monitorización en las condiciones de una posible erupción volcánica.

Los resultados dados que se pueden dar de una manera correcta de un sistema de alerta temprana beneficiaria al país, y en si a todos los lugares con posibles afecciones y prevenir especialmente vidas humanas e infraestructuras muy importantes. Partiendo del hecho de que un SAT es un conjunto de procedimientos articulados a través de los cuales se recolecta y procesa información sobre amenazas previsibles, a fin de alertar a la población ante un fenómeno natural que pueda causar desastres, provee información veraz e instantánea, de manera que la toma de una u otra decisión sea ágil y a tiempo para así evitar pérdidas humanas y en lo posible pérdidas materiales.

El volcán en el año 2015 tuvo índices de existente actividad y en los últimos meses de este año hubo un aumento de sismos volcánicos lo cual el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) ha reforzado el monitoreo en la zona del volcán. Frente a esta necesidad se requiere el diseño de un sistema de alerta temprana para la Parroquia de Tufiño provincia del Carchi para evitar incidentes o accidentes en la comunidad. Por último se establecerá las conclusiones y recomendaciones basándonos en todo el desarrollo del proyecto.

ABSTRACT

The real project focuses on designing a communication network and sensors that allow monitoring the activity of the Chiles volcano and generate an early warning. The design refers to making a network with technology that allows more robust and reliable systems with sensors of a better quality, the sensor network allows greater effectiveness and capacity, less fragility to possible failures in the system and better monitoring in the Conditions of a possible volcanic eruption.

The results that can be given in a correct way of an early warning system benefit the country and in all places with possible conditions and especially prevent the very important human lives and infrastructures.

Starting from the fact that an SAT is a set of articulated procedures through which information is collected and processed on foreseeable threats, an end of alert to the population before a natural phenomenon that can cause disasters, to prove truthful and instant information, of The way of making one or another decision the sea and time to avoid human losses and where possible material losses.

The volcano in the year 2015 has had indices of current activity and the last months of this year has been reinforced the monitoring in the zone of the volcano. Facing this need requires the design of an early warning system for the Parish of Tufiño the province of Carchi to avoid incidents or accidents in the community. Finally, to establish the conclusions and recommendations based on the entire development of the project

ÍNDICE

1	Capítulo I introducción e información general.....	1
1.1	Introducción	1
1.1.1	Organización del documento.....	1
1.2	Presentación del Proyecto	2
1.3	Antecedentes	3
1.4	Alcance	6
1.5	Objetivos.....	8
1.5.1	Objetivo General.....	8
1.5.2	Objetivos Específicos	8
1.6	Trabajos relacionados	9
2	Capítulo II tecnologías para la comunicación mediante conexión	10
2.1	Inalámbrica	10
2.1.1	Wi-Fi.....	10
2.1.2	Wimax	13
2.1.3	Espectro Radioeléctrico.....	16
2.1.4	Tipos de enlaces	19
2.2	Redes ad-hoc y redes de sensores	24
2.2.1	Redes ad-hoc.....	24
2.2.2	Redes inalámbricas de sensores.....	27
2.2.3	Sensores	36
2.3	Software de monitoreo	41
2.3.1	Introducción sistema de monitoreo LABVIEW	41
2.3.2	Introducción sistema de monitoreo SAMI	42
2.3.3	Introducción sistema de monitoreo SCADA	43
2.3.4	Análisis FODA software de monitoreo.....	45
3	Capítulo III Levantamiento de información.....	46
3.1	Línea base Volcán Chiles.....	46
3.1.1	Ubicación del volcán Chiles.....	46
3.1.2	Infraestructura instalada en el volcán Chiles	47
3.1.3	Laderas del Volcán Chiles.....	49
3.2	Línea base Tulcán.....	52
3.2.1	Ubicación de Tulcán	52
3.2.2	Infraestructura instalada en Tulcán (ECU 911)	53
3.3	Línea base Tufiño.....	55
3.3.1	Ubicación Tufiño.....	55
3.3.2	Infraestructura instalada en Tufiño (GAD-Tufiño).....	56
4	Capítulo IV diseño del sistema de alerta temprana para la parroquia Tufiño	60
4.1	Fase 1 (Red de sensores).....	62
4.1.1	Topología	62
4.1.2	Sensores	62

4.1.3	Nodos remotos	63
4.1.4	Flujograma del funcionamiento de un nodo remoto.....	64
4.1.5	Ubicación de los nodos remotos.....	66
4.1.6	Sistema de energía	67
4.1.7	Esquema General: Sensores – Nodos – Concentrador.....	74
4.1.8	Entrada / Salida de Datos.....	75
4.1.9	Ubicación concentrador.....	82
4.2	Fase 2 (Radio enlace).....	87
4.2.1	Análisis de enlace de microonda 5.8 GHz.....	87
4.2.2	Radio enlace 1.....	88
4.2.3	Radio enlace 2.....	89
4.2.4	Datos del radio enlace 1	91
4.2.5	Datos del radio enlace 2.....	94
4.2.6	Diseño del radio Enlace.....	97
4.3	Fase 3 (Estación de monitoreo).....	98
4.3.1	Equipamiento básico para la estación de monitoreo (Hardware) ...	98
4.3.2	Software para la estación de monitoreo	100
4.3.3	Flujograma del sistema de monitoreo.....	105
4.3.4	Gráfico de red.....	106
4.4	Fase 4 (Red de transporte Ip-MPLS).....	107
4.4.1	Diseño del servicio corporativo en red MPLS.....	108
4.5	Fase 5 (Sistema de Alarmas).....	110
4.5.1	PLC Simens S7-1200	110
4.5.2	Lógica de control	110
4.6	Sistemas de alarmas	112
4.6.1	Sirenas	113
4.6.2	Esquema del flujo de información.....	115
5	Capitulo V análisis costo/beneficio.....	118
5.1	Descripción de los materiales y equipamiento a utilizar. ...	118
5.2	Metodología costo/beneficio	121
5.2.1	Retorno de la inversión.....	121
5.2.2	Calculo costo/beneficio.....	122
5.2.3	Aplicación de la Metodología en diseño de un sistema de alertas tempranas para prevenir desastres en la parroquia de Tufiño provincia del Carchi.....	123
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	127
6.1	Conlcusiones.....	127
6.2	Recomendaciones	129
	REFERENCIAS.....	131
	ANEXOS	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación tecnología Wi-Fi	12
Tabla 2. Comparación tecnología WiMAX.....	15
Tabla 3. Comparación tecnología radio enlaces	18
Tabla 4. Tecnologías Inalámbricas FODA.....	24
Tabla 5. Comparación redes WSN y AD-HOC	29
Tabla 6. Ventajas de las topologías	32
Tabla 7. Desventajas de las topologías.....	34
Tabla 8. Características Sencerl L-10AR	37
Tabla 9. Características Lennartz SM-34	38
Tabla 10. Características DSU3-428	39
Tabla 11. FODA sensores.....	40
Tabla 12. Comparación de Software de monitoreo LabVIEW, SAMI y SCADA.....	44
Tabla 13. LabVIEW, SAMI y SCADA	45
Tabla 14. Características volcán Chiles	47
Tabla 15. Switches planta baja.....	57
Tabla 16. Equipo Segundo piso	57
Tabla 17. Servidores	59
Tabla 18. Coordenadas de los nodos en ladera noreste y suroeste del volcán.....	66
Tabla 19. Consumo de energía.....	68
Tabla 20. Cantidad de insolación volcán Chiles	69
Tabla 21. Módulo fotovoltaico.....	73
Tabla 22. Concentrador.....	82
Tabla 23. Consumo de energía eléctrica diaria.....	84
Tabla 24. Ubicación Tx Volcán-Repetidor	88
Tabla 25. Ubicación Rx Ecu911-Repetidor	90
Tabla 26. Datos del radio enlace 1	91
Tabla 27. Datos del radio enlace 2.....	94
Tabla 28. Características Router Cisco 891	100
Tabla 29. Nombres Funcionarios	112
Tabla 30. Materiales de construcción nodos	118
Tabla 31. Materiales de construcción concentrador	119
Tabla 32. Hardware y Software de la estación de monitoreo	120
Tabla 33. Tablero de control Tufiño.....	120
Tabla 34. Costo, Fabricante sensores y sirena	121
Tabla 35. Determinación del retorno de inversión.....	122
Tabla 36. Desembolso económico promedio por habitante	123
Tabla 37. Valor total de inversión	124
Tabla 38. Viabilidad del Proyecto	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción del diseño	6
Figura 2. Ejemplo enlace punto a punto	20
Figura 3. Ejemplo enlace multipunto	21
Figura 4. Topología bus	30
Figura 5. Topología estrella.....	30
Figura 6. Topología árbol.	31
Figura 7. Topología malla.....	32
Figura 8. Volcán Chiles	47
Figura 9. Coordenadas carretera.	48
Figura 10. Coordenadas Torre existente volcán chiles.	49
Figura 11. Torre existente ladera noroeste.	49
Figura 12. Laderas del Volcán.....	50
Figura 13. Ladera Noroeste Volcán Chiles.....	51
Figura 14. Ladera Suroeste Volcán Chiles.....	52
Figura 15. Coordenadas ECU 911	53
Figura 16. Torre del ECU 911 Tulcán.....	54
Figura 17. GAD Tufiño	56
Figura 18. Diagrama comunicación CNT E.P.	59
Figura 19. Secuencias de las fases.....	61
Figura 20. Nodo Remoto	64
Figura 21. Flujograma de funcionamiento nodo remoto.	64
Figura 22. Ubicación nodos remotos.....	67
Figura 23. Energía de irradiación solar en volcán Chiles, Enero 2400-2500 Wh/m2/día.....	70
Figura 24. Esquema general.	75
Figura 25. Entrada y salida de datos.....	75
Figura 26. Concentrador.	78
Figura 27. Flujograma de funcionamiento del concentrador.	79
Figura 28. Funcionamiento eléctrico UPS con suministro eléctrico.....	83
Figura 29. Funcionamiento eléctrico UPS sin suministro eléctrico.....	83
Figura 30. Línea de vista Volcán Chiles-Repetidor (Radio Enlace 1).....	89
Figura 31. Línea de vista Repetidor-Ecu 911 (Radio Enlace 2).....	91
Figura 32. Diagrama del enlace	98
Figura 33. Selección de Modbus RTU sobre TCP.....	102
Figura 34. Ejemplo de visualización de frecuencia en cada sensor de lahares	103
Figura 35. Visualización de reportes	104
Figura 36. Lógica de control	105
Figura 37. Flujograma del sistema de monitoreo.	105
Figura 38. Red concentrador / ECU911	107
Figura 39. Estructura de red MPLS	108
Figura 40. Programa de plc.....	112
Figura 41. Imagen satelital de cobertura.....	115
Figura 42. Flujograma de información.....	116

1 Capitulo I introducción e información general

1.1 Introducción

1.1.1 Organización del documento

Capítulo 1

En el primer capítulo se realizó la presentación del proyecto donde se puede observar en el documento que incluye sus objetivos, alcance, antecedentes, entre otros puntos igual importantes.

Capítulo 2

En el capítulo dos se realizará la definición de Sensores de las tecnologías WSN, software de monitoreo y almacenamiento existentes para su regularización.

Capítulo 3

En el capítulo tres se lleva a cabo el levantamiento de información de línea base de la parroquia Tufiño que permitirá establecer una relación con el diseño propuesto.

Capítulo 4

En el capítulo cuatro se diseñará la arquitectura de un sistema de almacenamiento, monitoreo y seguridad de los datos obtenidos de la red de sensores. Definir la arquitectura de un sistema de comunicación y redundancia para la transmisión de datos, emisión de alertas y alarmas que permitirán tener comunicación con el 911 en situaciones de emergencia.

Capítulo 5

En el capítulo cinco se establecerá los recursos a utilizar, los mismos que serán; recursos financieros (Presupuesto), recursos humanos, recursos materiales y

técnicos, entre otros y los beneficios al aplicar el sistema SAT en la parroquia de Tufiño.

1.2 Presentación del Proyecto

En Ecuador existe gran actividad volcánica, uno de los volcanes más activos y peligrosos es el volcán Chiles por su erupción, ya que produce grandes y destructivos lahares.

El fenómeno produce un impacto socioeconómico muy amplio porque se han presentado algunas erupciones que podrían destruir lugares cercanos y por su actividad reciente el peligro de que la magnitud sea moderada ya que el volcán Chiles está en una fase andesítica a lo que se entiende que está con erupciones leves a moderadas. Los estudios de alerta temprana en caso de una erupción de dicho volcán por parte del país, son pocos y no poseen la tecnología suficiente para una pronta respuesta, pero, se han hecho investigaciones por parte de universidades extranjeras como la Universidad de New Hampshire, Harvard North Carolina y en el Ecuador por el instituto geofísico, donde se ha pretendido utilizar la tecnología inalámbrica para poder generar una alerta temprana que ayuda a reducir la vulnerabilidad humana y económica. Se desea diseñar una red de comunicación y de sensores que permitan realizar la monitorización de la actividad del volcán Chiles y generar una alerta temprana. En el diseño se pretende realizar una red con tecnología que permita sistemas más robustos y confiables con sensores de una mejor calidad, la red de sensores permitirá mayor efectividad y capacidad, menor fragilidad a posibles fallas en el

sistema y poseer una mejor monitorización en las condiciones de una posible erupción volcánica.

Los resultados dados que se pueden dar de una manera correcta de un sistema de alerta temprana beneficiaria al país, y en si a todos los lugares con posibles afecciones y prevenir especialmente vidas humanas e infraestructuras muy importantes.

1.3 Antecedentes

En cuanto al área que se remite al cambio climático actual, la Organización Mundial de la Salud ha informado que existe gran probabilidad de que los sistemas ambientales y ecosistemas continúen decayendo, constituyéndose en una amenaza emergente para la salud pública, de manera que se debe considerar la protección de las poblaciones vulnerables.

Partiendo del hecho de que un Sistema de Alerta Temprana (SAT) son procedimientos de los cuales se recopilan información de amenazas para alertar a la población ante un fenómeno natural que pueda causar desastres, provee datos en tiempo real, para la toma de decisiones inmediata y así evitar pérdidas humanas, existen algunas experiencias de SAT (sistemas de alertas tempranas) a nivel subregional, se puede nombrar las siguientes:

- Sistema nacional de alerta temprana en Bolivia, orientado a la gestión de emergencias. Este sistema está a cargo del Ministerio de defensa civil, y se basa en una red de comunicación la que incluye:

centros de comunicación, radio, portátiles, central telefónica, etc. (Ambiente, 2014)

- Sistemas de alerta temprana hidrológica, previene el riesgo de inundación, a nivel de dos cuencas en Venezuela, sensores para lluvia y niveles, modelos de predicción, umbrales críticos. Estos sistemas pertenecen al Ministerio del ambiente (Ambiente, 2014)
- Sistema de alerta temprana para fenómenos hidrometeoro-lógicos en Manabí, Ecuador, este proyecto trata sobre el procesamiento de los datos en una central de pronóstico con 3 niveles de alerta: Defensa civil, población y activación de los planes comunitarios de emergencia. (Ambiente, 2014)

En Ecuador se ha propuesto estudios de sistemas de alertas tempranas y se ha enfocado en la capacitación; concienciación y algunos proyectos de mitigación, los cuales deben ser acompañados de recursos tecnológicos, como una red sólida de monitoreo de parámetros ambientales y modelización científica del clima.

Los volcanes Chiles están exactamente ubicados en la frontera de Ecuador (Carchi) y Colombia (Nariño), a una distancia de 25 Km al oeste de la ciudad de Tulcán y 130 Km al Norte de Quito. Su acceso es mediante 2 carreteras que son principales unas que parten desde Colombia de Chiles a Tiuquer y otra desde Tufiño hasta Maldonado en Ecuador; el acceso a este se realiza desde caminos que son utilizados por la gente del lugar. La parroquia de Tufiño tiene una población de 1.771 habitantes. (Geofísico, 2015)

El volcán se sitúa sobre la Cordillera Occidental de los Andes. La actividad de este se encuentra sobre productos volcánicos de edad pliocena. Este volcán tiene una actividad sísmica dominante y se demuestra en la presencia de fuentes termales y solfataras. (Geofísico, 2015)

Estos volcanes están considerados como los más activos de Sudamérica ya que se le considera como inestable y muy peligroso, en los últimos años el volcán ha tenido resurgimientos poco peligrosos.

En 2015 tuvo índices de existente actividad y en los últimos meses de este año hubo un aumento de sismos volcánicos lo cual el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) ha reforzado el monitoreo en la zona del volcán. (Geofísico, 2015)

Frente a esta necesidad se requiere el diseño de un sistema de alerta temprana para la Parroquia de Tufiño provincia del Carchi en donde por los antecedentes suscritos se debe evitar incidentes o accidentes en la comunidad.

El área de cobertura para el diseño del Sistema de Alerta Temprana propuesto, presenta grandes vulnerabilidades ante una erupción volcánica, a su vez las erupciones forman enormes lahares (flujos de lodo y escombros) que circularían por drenajes vecinos a la pobladas, en este caso Tufiño, cuya población no está en condiciones de enfrentar dichos desastres, ni pueden recuperarse de sus efectos con rapidez, en consecuencia esto agravaría su situación socio económica.

1.4 Alcance

El alcance del proyecto se describe en función de 7 fases, las que permitirán dimensionar de manera concisa y ordenada el diseño de un Sistema de Alerta Temprana en el volcán Chiles en la Parroquia de Tufiño provincia del Carchi.

A continuación la estructuración de las 7 fases:

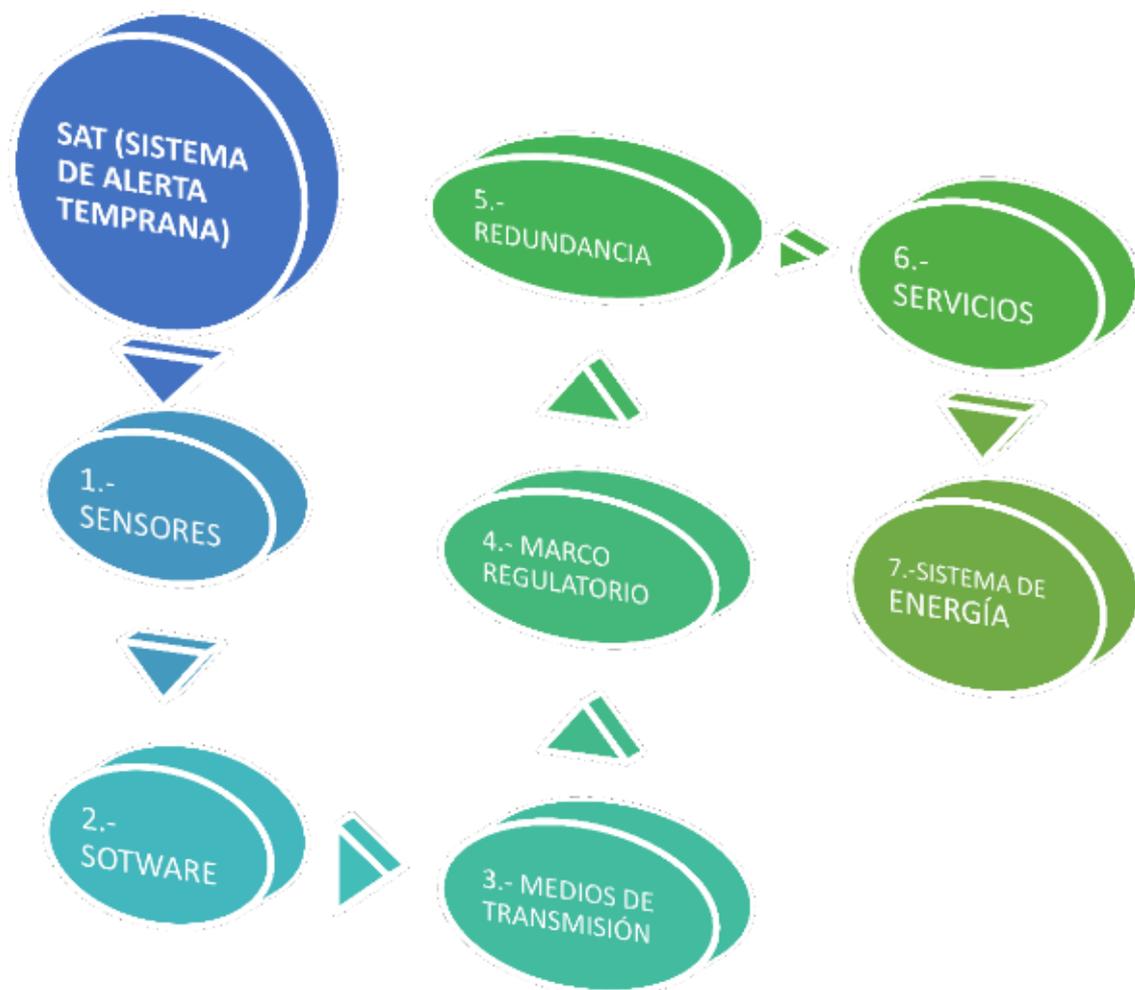


Figura 1. Descripción del diseño

Sensores: Se realizará un análisis sobre una red de sensores inalámbricos que permitan describir de mejor manera un sistema de alerta temprana, tomando en cuenta la mejor opción a través de la comparación de varios tipos y proveedores.

Software: Se analizará un sistema para la adquisición de datos y monitoreo que permitan el seguimiento del comportamiento del volcán Chiles; con un sistema de almacenamiento que considerará la mejor opción que se acople al diseño, para almacenar la información del constante monitoreo que se genere en la zona.

Medios de Transmisión y Recepción: Se realizará un análisis para identificar cual es la mejor opción para el medio de transmisión del sistema hacia la parroquia de Tufiño ya sea fibra óptica, cobre, o radiofrecuencia.

Marco Regulatorio: Se analizará las leyes y normas correspondientes al lugar que son necesarias para que el proyecto de alerta temprana sea aprobado y regularizado.

Redundancia: El sistema contará con un dimensionamiento de la redundancia, necesario para el sistema de comunicación.

Servicios: Se definirá un sistema el cual contará con un medio de comunicación para emitir alertas, alarmas y coordinación en caso de una emergencia real. Además permitirá tener comunicación con el 911, el cual coordinará conjuntamente con el GAD la correcta evacuación de los pobladores.

Sistema de energía: Se utilizará generadores eléctricos y bancos de baterías, los cuales que trabajarán conjuntamente en el caso de ausencia de energía eléctrica.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un Sistema de Alerta Temprana para prevenir desastres en la Parroquia de Tufiño Provincia del Carchi.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis teórico de las tecnologías WSN, software de monitoreo, almacenamiento y marco regulatorio actual.
- Levantamiento de información de línea base de la parroquia Tufiño que brinde variables a considerar en el diseño propuesto.
- Diseñar la arquitectura de un sistema de almacenamiento, monitoreo y seguridad de los datos obtenidos de la red de sensores. Analizar la arquitectura de un sistema de comunicación y redundancia para la transmisión de datos, emisión de alertas y alarmas que permitirán tener comunicación con el 911 en situaciones de emergencia.
- Realizar un análisis costo beneficio del sistema propuesto del SAT y sus beneficios en la parroquia de Tufiño.

1.6 Trabajos relacionados

En julio del 2004 se realizaron estudios la Universidad Norte Americana Harvard entre otras las cuales utilizaron tecnología WSN en el volcán Tungurahua de los cuales estaban combinados por sensores acústicos de una baja frecuencia y con su respectiva estación remota a 9 Km con respecto a la transmisora. Los nodos estaban equipados con micrófonos los cuales recogían datos continuos de la actividad del volcán, los nodos estaban sincronizados con receptores que utilizaban GPS. Desarrollaron detectores que ayudaban a la previa evaluación de la utilización de energía y un ancho de banda de forma muy eficiente. (Geofísico, 2005)

El siguiente estudio que fue realizado por las mismas Universidades Norte Americanas intento utilizar una red de mayor capacidad pero ahora en el volcán reventador en el año 2007. La red estaba combinada por dieciocho nodos con sensores sismómetros, semi-acusticos y micrófonos respectivamente, los cuales estaban a 3 Km. Toda la información que fue adquirida fue enviada mediante equipos de radio a una estación base que estaba a 12 Km de la estación que enviaba dicha información. La información adquirida y eventos suscitados ayudaron a ser estudiados de una manera más detallada mediante un sistema llamado GUI que utilizaba para extender los datos. (Geofísico, 2005)

En los estudios que se han realizado se ha implementado la tecnología WSN que está basada en el estándar IEEE 802.15 para la utilización en sistemas de monitorización de volcanes, esta se presenta como una solución posible con los distintos sistemas dinámicos más fuertes y confiables con los respectivos

sensores. Permiten mayor efectividad y capacidad, indefenso a fallas del sistema y lo más importante la monitorización de variables en distintas naturalezas posibles en condiciones ambientales desfavorables. (Geofísico, 2005)

2 Capítulo II tecnologías para la comunicación mediante conexión

2.1 Inalámbrica

A continuación se hará una comparación de las tecnologías que se utilizan en el medio inalámbrico con sus respectivas características y tecnologías, para determinar el mejor medio de comunicación para el desarrollo del proyecto.

2.1.1 Wi-Fi

Es una tecnología de comunicación inalámbrica que emite ondas de radio, las cuales nacen para realizar una comunicación por radio frecuencia a velocidad de datos amplias basadas en el estándar IEEE 802.11. (Awardspace, 2010)

2.1.1.1 Principales características

Wi-Fi no necesita de cables para su instalación y posee como objetivo la interoperabilidad en conexión especialmente de área local, el estándar que utiliza Wi-Fi 802.11 involucra muchas técnicas para la transición tales como: FHSS (Saltos de frecuencia), OFDM (Multiplexación por división de frecuencias ortogonales) y por ultimo DSSS (Espectro ensanchado por secuencia directa).

Wi-Fi permite la transmisión de datos y la velocidad de conexión puede llegar hasta 13 Mbps o mayor en ambientes donde se encuentra cerrada la emisión de

onda donde su cobertura puede llegar hasta 50 metros, en cambio en el exterior llega a 100 metros o más por lo que esta se utiliza bastante en redes WLAN.

Esta tecnología al pasar de los años ha ido mejorando y con MAC modificable permite realizar enlaces de 100 metros en zonas rurales con una excelente cobertura de transmisión. (NorfiPC, 2013)

Para evitar la congestión y las interferencias que se pueden producir en la banda 2.4 GHz se optó por la banda 5 GHz para poder aumentar la capacidad del canal y el ancho de banda. (Awardspace, 2010)

2.1.1.2 Seguridad

En Wi-Fi la vulnerabilidad de este tipo de red es alta, es necesario establecer puntos de seguridad los cuales realicen la protección de los datos.

Se confía en la habilitación de encriptaciones para los datos Tx haciéndolos no entendibles para usuarios que sean de otra red, aplicar sistemas más robustos como WAP2 o cambio periódico de claves de encriptación. (Ruiz, 2013)

2.1.1.3 Ventajas

- Su costo de ejecución es muy barato ya que no necesita una instalación cableada.
- Los equipos Wi-Fi se encuentran altamente disponibles en cualquier sucursal de mercado y se caracterizan por ser interoperables.

Wi-Fi utiliza espectros grandes de licencia lo que ayuda a facilitar e despliegue y adaptación de la red. Fuente: (NorfiPC, 2013)

2.1.1.4 Desventajas

- El estándar de seguridad WEP no ha sido suficiente impedir el ingreso de intrusos a la red.
- Los equipos tienen un alto consumo de energía y no son compatibles con tecnologías tales como; UMTS, GPRS, etc.
- Su velocidad es mucho menor con las cableadas, su capacidad y transferencia de datos es directamente a la aproximación del punto de acceso, mientras más cerca este el punto mayor capacidad abra.

(NorfiPC, 2013)

Tabla 1.

Comparación tecnología Wi-Fi

Estándar	802.11	802.11b	802.11g	802.11n
Ancho de banda (Mbps)	2	11	54	300
Banda de frecuencia (GHz)	2.4 sin licencia	2.4 sin licencia	2.4 sin licencia	2.4 y 5 sin licencia
Sistema de Modulación	FHSS DSSS	DSSS	DSSS OFDM	BPSK, QPSK y QAM
Distancia Máxima	150	150	50	500
Interferencia	Microondas, dispositivos Bluetooth, teléfonos DECT	Microondas, dispositivos Bluetooth, teléfonos DECT	Microondas, dispositivos Bluetooth, teléfonos DECT	Otras redes Wi-Fi
Compatibilidad		Compatibles con Equipos DSSS del estándar 802.11	Compatible con 802.11 b	Compatibles los dispositivos basados en tecnologías Wi-Fi

Adaptado de: (NorfiPC, 2013)

2.1.2 Wimax

Es una tecnología inalámbrica de última milla, su estándar es IEEE 802.16 el cual, permite un alto nivel de operatividad entre dispositivos y acceso por banda ancha para grandes áreas. (Tecnología, 2015)

2.1.2.1 Principales características

WiMAX es un sistema inalámbrico que utiliza la banda ancha que da distintos servicios tales como IP, Voip, videos, datos, servicios conmutados, entre otros y además incorpora QoS e utiliza espectros con o sin licencia.

Tiene acceso a largas distancias para zonas rurales y geográficamente inaccesibles y este puede establecer conexiones punto a punto, punto-multipunto y tipo malla con un alcance máximo de 20 kilómetros a la redonda con línea de vista y de 5 a 8 kilómetros en terrenos de alta densidad demográfica su cobertura es de WMAN. (Tecnología, 2015)

Sus sistemas que utiliza son TDD y FDD con una modulación OFDM ya que este genera altos Throughput por medio de la sub-canalización y puede eliminar la interferencia inter-simbólica ISI. (Tecnología, 2015)

2.1.2.2 Seguridad

Esta posee seguridad con autenticación y encriptación con certificación x.509, también cifran datos basados en los estándares 3DES de 128 bits, AES de 192 bits y RSA de 1024 bits.

X.509 da certificados digitales a usuarios finales muy específicos para poder utilizar las llaves públicas, para validar rutas, identificarlas y autorizar a los usuarios de la red.

Los protocolos utilizan el cifrado y autenticación de datos que evita la introducción de usuarios no autorizados y estos también poseen la capa MAC que permite el protocolo de llave privada el cual da acceso seguro y privacidad. (Systems, 2011)

2.1.2.3 Ventajas

- Cuando se utilizan los espectros con o sin licencia permite mayor capacidad a la red y la escalabilidad ya que las frecuencias de radios se caracterizan por ser flexibles.
- La seguridad de WiMAX es mucho más robusta que otras tecnologías inalámbricas como Wi-Fi.
- Posee mayor ancho de banda, eficiencia espectral y cobertura que las redes Wi-Fi ya que soporta antenas inteligentes. La tasa de transmisión es mayor.

(Systems, 2011)

2.1.2.4 Desventajas

- Alto consumo de energía de los equipos.
- La aplicación de espectros sin licencia tiene mayores interferencias con otros sistemas de radio frecuencia y puede presentar mayores niveles de atenuación.

- Limitación de potencia de transmisión por los órganos reguladores del gobierno para evitar interferencias entre sistemas.

(Systems, 2011)

Tabla 2.

Comparación tecnología WiMAX

Estándar	802.16	802.16d	802.16e
Ancho de banda (MHz)	20, 25 y 28	1.75, 3.5, 7, 14, 1.25, 5, 10, 15, 8.75.	1.75, 3.5, 7, 14, 1.25, 5, 10, 15, 8.75.
Banda de Frecuencias (GHz)	10 a 66 sin licencia.	2 a 66 con o sin licencia	2 a 11 fijo, 2 a 6 móvil.
Interferencia	Sin licencia: diferentes sistemas de RF, redes rivales de WiMAX.	Sin licencia: diferentes sistemas de RF, redes rivales de WiMAX.	Sin licencia: diferentes sistemas de RF, redes rivales de WiMAX, puntos de acceso de Wi-Fi
Tasa de bit	32 -134.4 Mbps con canales de 28 MHz	1 -75 Mbps con canales de 20 MHz	1 -75 Mbps con canales de 5 MHz
Sistemas de modulación	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM
Sistemas de multiplexación	TDM, TDMA	TDM, TDMA, OFDMA	TDM, TDMA, OFDMA
Duplexación	TDD, FDD	TDD, FDD	TDD, FDD
Sistema de transmisión	Single Carrier	Single Carrier, 256 OFDM o 2048 OFDM	Single Carrier, 256 OFDM o SFDMA con 128, 512, 1024, 2048 portadoras.
Distancia Máxima (km)	2 a 5	6 a 10	7 a 8
Movilidad	Sistema Fijo	Sistema Fijo	Movilidad pedestre
Arquitectura MAC	PMP, Mesh	PMP, Mesh	PMP, Mesh
Requerimientos	LOS	10 a 66 GHz requiere LOS	NLOS

Compatibilidad		11Ghz soporta NLOS	
	Compatibilidad con WiMAX MAN y Wi-Fi LAN	Compatibilidad con WiMAX MAN, Wi-Fi, Ethernet y Token ring	No compatible con IEEE 802.16d

Adaptado de: (Tecnologia, 2015)

2.1.3 Espectro Radioeléctrico

El radioenlace es una parte del espectro electromagnético y es considerado como el campo menos energético, comprende la clasificación de las ondas electromagnéticas manejadas en las comunicaciones tales como radio, teléfono, televisión, internet, y se encuentra entre las frecuencias de 3KHz a 300GHz. Las ondas electromagnéticas de este espectro se pueden propagar empleando una carga alterna originada en un elemento activo a una antena. (Ramos, 2016)

2.1.3.1 Principales características

Se usa para la transmisión de datos a través de la modulación, en otras palabras se hace una variación combinando la amplitud, frecuencia y fase de la onda dentro de una banda de frecuencia, siendo “utilizadas en antenas con longitudes de onda que van desde una distancia de un milímetro hasta longitudes de onda de cientos de metros según el principio de resonancia” (Pérez, 2014). Las aplicaciones en esta banda son: La televisión, los teléfonos móviles, las resonancias magnéticas, redes inalámbricas y radio-aficionados y opera entre 3KHz a 300 MHz. (Ramos, 2016)

El tipo de modulación es AM, SSB y FM para una transmisión de datos analógicos, para datos digitales FSK, BPSK, QAM, ASK, etc. Con 256 subcanales de recepción a 4kHz (60kbps). (Ramos, 2016)

2.1.3.2 Ventajas

- La distancia de las antenas depende de la altura de las mismas.
- Los enlaces que se pueden realizar en radiofrecuencia permiten la conexión en terrenos que son anómalos.
- Esta tecnología requiere un número menor de repetidoras o amplificaciones en comparación a las tecnologías que utilizan como medio el cable.

(Ramos, 2016)

2.1.3.3 Desventajas

- Pueden presentar interferencias causadas por solapamiento entre señales de este tipo de sistema.
- Para la posible instalación de estos tipos de sistemas se necesita la autorización de la ARCOTEL las cuales se encargan de que no exista interferencia entre los enlaces existentes.

La capacidad de la red depende mucho de las principales características de los equipos. (Ramos, 2016)

Tabla 3.

Comparación tecnología radio enlaces

Banda de Frecuencia	Nombre	Datos Análogos	Datos digitales	Aplicaciones Principales
30-300 kHz	Frecuencia Baja	No se utiliza normalmente	Modulación: ASK, FSK, MSK. Velocidad de transmisión 0.1 para 100 bps.	Navegación
300-3000 kHz	Frecuencia Media	Modulación AM, Ancho de banda para 4kHz	Modulación: ASK, FSK, MSK. Velocidad de transmisión 10 para 1000 bps.	Radio AM comercial
3-30 MHz	Frecuencia alta	Modulación AM, SSB Ancho de banda para 4kHz	Modulación: ASK, FSK, MSK. Velocidad de transmisión 10 para 3000 bps.	Radio de onda corta
30-300 MHz	Frecuencia muy alta	Modulación AM, SSB, FM Ancho de banda para 5kHz para 5 MHz	Modulación FSK, PSK. Velocidad de transmisión para 100 kbps	Televisión VHF, radio FM comercial
300-3000 MHz	Frecuencia ultra alta	Modulación AM, SSB Ancho de banda para 20MHz	Modulación PSK. Velocidad de transmisión para 10 Mbps	TV VHF, microondas terrestres.
3-30 GHz	Frecuencia súper alta	Modulación FM, SSB Ancho de	Modulación PSK. Velocidad	microondas terrestres,

30-300 GHz		banda para 500MHz	de transmisión para 10 Mbps	microondas satelitales
	Frecuencia Extremadamente alta	Modulación AM, SSB Ancho de banda para 1GHz	Modulación PSK. Velocidad de transmisión para 10 Mbps	Enlaces punto a punto cercano.

Adaptado de: (NorfiPC, 2013)

2.1.4 Tipos de enlaces

2.1.4.1 Punto a punto

Este tipo de enlace es donde existe solo un transmisor y un receptor, para este tipo de enlaces se utiliza las llamadas antenas direccionales que son utilizadas para un alcance mayor a 15 Km por su directividad. Este tipo de enlace es utilizado para la conexión remota que brinda un servicio de internet u otros servicios. En primer lado está conectado a un sistema que es de red donde se encuentra el transmisor lado local, al otro extremo el enlace aprovecha para acceder a los servicios brindados. (TELECOM, 2015)



Figura 2. Ejemplo enlace punto a punto

Tomado de: (TELECOM, 2015)

2.1.4.2 Punto multipunto

Este permite la comunicación entre un punto de acceso con varios puntos remotos. Este tipo de enlace se utiliza para disminuir la inversión requerida para poder comunicar varios puntos con un nodo central. Para el punto central siendo este el transmisor generalmente se utiliza antenas omnidireccionales o sectoriales las cuales ayudan a cubrir una mayor área y para la recepción son antenas de varios tipos que dependen de su ganancia y de la distancia que esta el transmisor. (TELECOM, 2015)

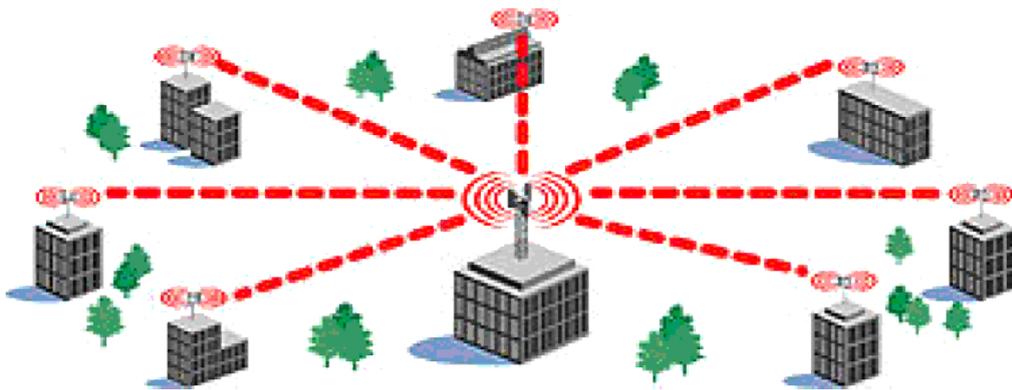


Figura 3. Ejemplo enlace multipunto
Adaptado de: (TELECOM, 2015)

2.1.4.3 Ventajas de los radioenlaces

Los enlaces con radio ayudan a extender una red sin la necesidad de usar cableado, pero hay que tener en cuenta que no reemplaza a una red cableada, un radio enlace ofrece ventajas como se describe en los siguientes puntos:

- **Mantenimiento:** Económico y de fácil ejecución con relación a soluciones cableadas.
- **Simplicidad con la velocidad en la instalación:** La instalación es rápida, fácil y excluye la necesidad de cableado.
- **Escalabilidad:** Este ejemplo de sistemas es muy fuerte a la hora de desarrollar la red, pueden ser conformados en una diversidad de topologías para compensar las necesidades de las instalaciones y diligencias específicas.

- Flexibilidad de la instalación: La tecnología inalámbrica admite a la red llega geográficamente a puntos de difícil acceso para una red cableada.

(Pascual, 2007)

2.1.4.4 Criterios del diseño del radio enlace

En este espacio se detallan los criterios a tomar en cuenta a la hora de ejecutar un radio enlace, accediendo a garantizar de este modo el correcto trabajo del sistema de radio enlaces:

- Elección del sitio para la instalación.
- Analizar cada zona para así mantener una buena línea de vista que permita la comunicación entre los dos puntos.
- Pensar en los factores que posiblemente puedan bajar la señal de propagación entre cada punto.
- Cada equipo para realizar el enlace dependerá de la potencia del mismo que en este caso es el transmisor y la sensibilidad del receptor.

(Pascual, 2007)

2.1.4.5 Línea de vista

La línea de vista es un término muy importante en un enlace de radio, ya que este depende de cómo se da la transmisión adecuada y eficiente de la información. Se puede decir que la línea de vista existe cuando dos puntos se pueden ver con claridad cada uno sin obstáculos adyacente a la línea de vista;

debe tener un cierto grado de distancia de los puntos de tener una buena línea de vista y puede comunicarse sin problemas. (Ramos, 2016)

2.1.4.6 Zona de fresnel

La zona de Fresnel es un lóbulo de la cobertura entre las antenas, que debe estar libre de obstáculos para la interconexión entre 2 puntos, existen varias áreas Fresnel pero lo importante es la primera ya que es donde la mayoría de los concentradores da contribución de la señal y la segunda zona son negativas, es por eso que es necesario tener al menos el 60% del radio de la primera zona de Fresnel sin obstáculos para el diseño de un enlace de radio comunicación sea aceptable. (Ramos, 2016)

2.1.4.7 Potencia

La potencia se calcula en vatios (W) y es un parámetro esencial en la elección de una antena, esta característica determina el rango mínimo requerido de radiación de una antena que debe tener para el receptor para detectar la forma de señal aceptable. (Ramos, 2016)

2.1.4.8 Análisis FODA tecnología inalámbricas

Dado que anteriormente en las tablas 1, 2, 3 se analizaron detalladamente las principales tecnologías inalámbricas Wi-Fi, WiMAX y microondas, a continuación se extrajo las principales y determinantes características mediante el método FODA y se procede a calificar cada tecnología en un rango catalogado en 3

niveles: malo con puntuación 5, bueno con puntuación 10 y excelente con puntuación 20 para determinar la mejor tecnología que se ajuste al proyecto.

Tabla 4.

Tecnologías Inalámbricas FODA

		WI-FI	WiMAX	Microondas
F	Ancho de banda	5	10	20
	Transmisión	10	10	10
	Modulación	10	5	10
O	Utilización geográfica	5	10	20
	Alcance	5	10	20
	Aplicaciones/servicios	10	5	20
D	Licencia	5	5	5
	Interferencia	5	10	20
	Capacidad de red	10	5	20
A	Compatibilidad	10	10	20
	Seguridad	10	10	5
	Costo	20	20	5
	Total	105	110	175

De acuerdo al análisis FODA realizado de cada tecnología inalámbrica y con una calificación de 175 puntos, la tecnología más factible para el diseño es microondas, porque los radioenlaces funcionan entre los 800 MHz y 42 GHz. Se determina una comunicación dúplex, donde transmite dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción.

2.2 Redes ad-hoc y redes de sensores

2.2.1 Redes ad-hoc

Este tipo de red equipa cada dispositivo para mantener continuamente la información necesaria para enrutar. Por regla general, estas redes son una malla enrutable en forma de una capa de enlace de datos, una red de dispositivos conectados, que poseen propiedades de auto-configuración y que no necesariamente tiene que ser conectada a Internet, sino que también puede operar de forma completamente autónoma (Cuadro, 2016). Las características más importantes son las siguientes:

- **Nodos móviles:** Se asumen que los dispositivos de las redes ad hoc pueden cambiar de posición libremente y estos se comunican entre sí mediante enlaces inalámbricos.
- **Topología variable:** los nodos se pueden desplazar y formar nuevos enlaces con otros nodos que pertenezcan a su área de cobertura.
- **Autonomía limitada:** debido a la portabilidad de sus dispositivos, estos vienen limitados en cuanto a la duración de la batería.
- **Limitaciones de los enlaces inalámbricos:** estos enlaces se caracterizan por tener un ancho de banda reducido y ser más propensos a errores que los enlaces fijos, además, motivados por la duración de la batería, presentan un limitado alcance, que en este tipo de red será compensado con la funcionalidad de repetidor de los nodos.
- **Ausencia de infraestructura:** no existe ningún tipo de entidad centralizada o de infraestructura, los dispositivos pueden desempeñar los papeles de host o router en cualquier momento.

2.2.1.1 Aplicaciones potenciales de redes ad-hoc

Acceso a Internet: Para áreas públicas los dispositivos deberán tener puntos de acceso a Internet inalámbricos. El acceso a Internet puede ser extendido a toda un área urbana. (Muñoz, Porta, & Contreras, 2015)

Entrega de tráfico en áreas urbanas y autopistas: Son equipadas con transmisores de radio fijos, los cuales emiten información a carros equipados con receptores GPS que pasen cerca de un transmisor. (Muñoz, Porta, & Contreras, 2015)

2.2.1.2 Aplicaciones específicas

- Redes móviles Ad-Hoc
- Redes inalámbricas tipo malla.
- Sector comercial.
- Red de sensores.
- Aplicaciones militares.

(Muñoz, Porta, & Contreras, 2015)

2.2.1.3 Características

Los nodos móviles: Suponen que los dispositivos de redes ad hoc pueden cambiar posición libremente y éstos se comunican entre sí a través de enlaces inalámbricos. (Mercado, Berríos Figueroa, & Chan Ye, 2014)

Topología variable: los nodos pueden moverse y formar nuevos enlaces con otros nodos que pertenecen a su área de cobertura. (Mercado, Berríos Figueroa, & Chan Ye, 2014)

Cambios de ruta: Los dispositivos de las redes ad hoc pueden cambiar de posición libremente y estos se comunican entre sí mediante enlaces inalámbricos

La autonomía limitada: debido a la portabilidad de sus dispositivos, estos vienen limitado en la batería. (Mercado, Berríos Figueroa, & Chan Ye, 2014)

Limitaciones Enlaces inalámbricos: estos enlaces se caracterizan por una reducción de ancho de banda y ser más propensos a errores que los enlaces fijos también impulsado por la batería, tienen un rango limitado, que en este tipo de la red será compensada con la funcionalidad del repetidor de nodos. (Muñoz, Porta, & Contreras, 2015)

La falta de infraestructura: no hay una entidad centralizada o Infraestructura, los dispositivos pueden desempeñar las funciones de host o router cualquier momento. (Muñoz, Porta, & Contreras, 2015)

2.2.2 Redes inalámbricas de sensores

Es un conjunto de varios elementos libres que están interconectados de una manera inalámbrica los cuales tiene una tarea de resolver objetivos comunes. La red WSN está formada por grupos de sensores que poseen ciertas capacidades tal como la comunicación inalámbrica la cual permite formar redes sin infraestructura física ni una administración central.

Una red de sensores inalámbrica es un grupo de transductores especializados con una infraestructura de comunicaciones para la monitorización de la intensidad de la vibración, el voltaje de la línea eléctrica, concentraciones químicas y desastres naturales. (Instruments, 2015)

WSN es una gran cantidad de pequeños dispositivos, autónomos, distribuidos físicamente, llamados nodos de sensores, instalados alrededor de un fenómeno para ser monitoreado, con la capacidad de almacenar y comunicar datos en una red en forma inalámbrica. (Instruments, 2015)

2.2.2.1 Seguridad

La seguridad dentro de las redes TCP / IP tradicionales, está desarrollado para proteger la confidencialidad, integridad y disponibilidad de datos de la red. Esto hace que el sistema sea fiable y de protección al sistema contra ataques maliciosos que puede ocasionar mal funcionamiento de los sistemas y divulgación de información. Como la característica de nodo y entorno de aplicación, la seguridad WSN se ajusta a las necesidades de protección de seguridad tradicional, pero también los requisitos esenciales de confidencialidad, seguridad y privacidad. (Instruments, 2015)

2.2.2.2 Aplicación potencial WSN

Predicción de desastres naturales: Para desastres naturales los sensores deben estar equipados con dispositivos GPS los cuales serán usados para monitoreo de movimientos que puedan generar grandes masas. (Instruments, 2015)

2.2.2.3 Características WSN

- Tienen que alimentarse con baterías.
- Menor uso de recursos.
- Integración con otras tecnologías.
- El número de sensores puede ser varias muchas veces ya que en un área dada el número de nodos puede ser muy alto o tener una gran densidad.
- El sensor o nodo usa normalmente gateway para su comunicación hacia el entorno en el que está funcionando.

(Instruments, 2015)

Tabla 5.

Comparación redes WSN y AD-HOC

REDES WSN	REDES Ad-Hoc
Nodos Móviles Red Dispersa Dispositivos Heterogéneos	Red dispersada
	Nodos Estacionarios
	Tamaño de la red posiblemente grande
	Dispositivos Homogéneos

2.2.2.4 Topologías para la red de sensores

2.2.2.5 Topología tipo bus

Una red en bus es aquella topología que se caracteriza por tener un único canal de comunicaciones denominado bus, troncal o backbone al cual se conectan los diferentes dispositivos. De esta forma todos los dispositivos comparten el mismo canal para comunicarse entre sí. (Pérez, Urdaneta, & Custodio, 2014)

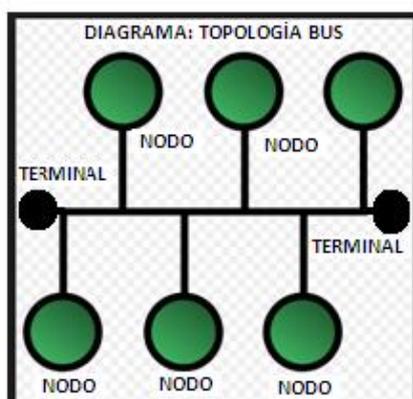


Figura 4. Topología bus

2.2.2.6 Topología tipo estrella

Una red en estrella es una red de computadoras donde las estaciones están conectadas directamente a un punto central y todas las comunicaciones se hacen necesariamente a través de ese punto llamado conmutador, repetidor o concentrador. Los dispositivos no están directamente conectados entre sí, además de que no se permite tanto tráfico de información. (Pérez, Urdaneta, & Custodio, 2014)

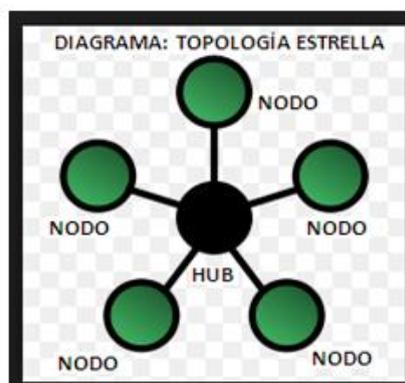


Figura 5. Topología estrella

2.2.2.7 Topología tipo árbol

La topología en árbol puede verse como una combinación de varias topologías en estrella. Tanto la de árbol como la de estrella son similares a la de bus cuando el nodo de interconexión trabaja en modo transmisión, pues la información se propaga hacia todas las estaciones, solo que en esta topología las ramificaciones se extienden a partir de un punto raíz (estrella), a tantas ramificaciones como sean posibles, según las características del árbol. (Pérez, Urdaneta, & Custodio, 2014)

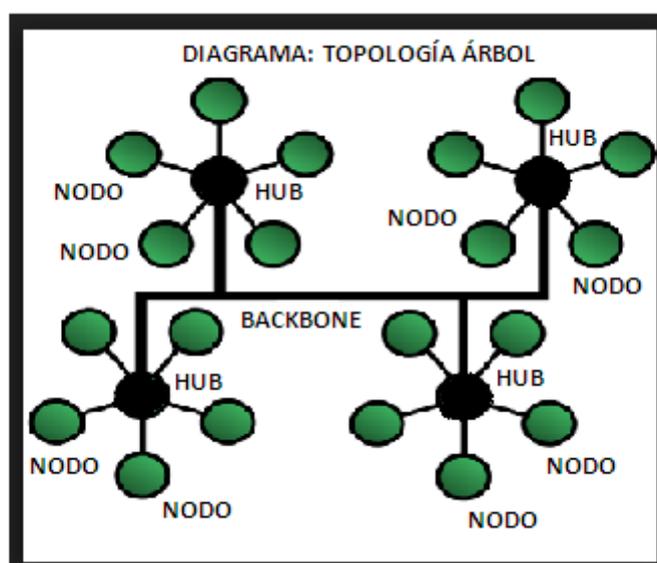


Figura 6. Topología árbol.

2.2.2.8 Topología tipo malla

En esta topología se caracteriza porque los nodos de red están comunicados entre sí. Cada nodo envía sus señales y encamina la información a los otros nodos. De hecho, una verdadera topología de malla es la que cada nodo está comunicado entre los demás nodos de la red. (Muñoz J. C., 2011)

Incluso después de considerar el factor de redundancia, su principal ventaja es que el tráfico de red puede ser redirigido a otros nodos si uno de los nodos se cae. La topología de red en malla es auto-correctiva y muy fiable. (Muñoz J. C., 2011)

El siguiente diagrama hará que sea más clara la explicación.

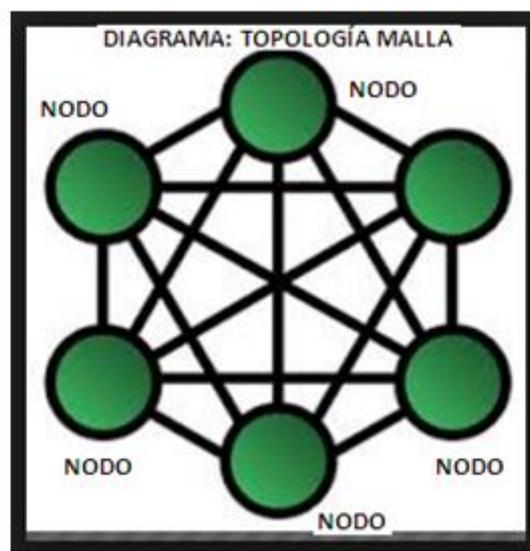


Figura 7. Topología malla.

2.2.2.9 Comparación principales características de las topologías

Ventajas

Tabla 6.

Ventajas de las topologías

COMPARACIÓN PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS TOPOLOGÍAS			
VENTAJAS			
BUS	ESTRELLA	ÁRBOL	MALLA
✓ Es fácil de configurar y ampliar.	✓ En comparación con la topología de bus que da	✓ Se trata de una extensión de las	✓ Los datos pueden transmitirse

<ul style="list-style-type: none"> ✓ La longitud de cable necesaria para esta topología es el menos en comparación con otras redes. ✓ Los costos de esta topología de bus son muy inferiores en comparación a las otras. ✓ La red de bus lineal se utiliza en redes pequeñas. 	<p>un rendimiento mucho mejor ahora, las señales no necesariamente se transmiten a todas las estaciones de trabajo. El rendimiento de la red depende de la capacidad del Hub.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fácil de conectar nuevos nodos o dispositivos. En esta topología estrella los nuevos nodos pueden ser fácilmente añadidos sin afectar resto de la red. Del mismo modo los componentes también se pueden quitar fácilmente. ✓ La gestión centralizada. Esto ayuda en el control de la red. ✓ El fallo de un nodo o un enlace no afecta al resto de la red. Al mismo tiempo es fácil de detectar el fallo y solucionar problemas de la misma. 	<p>topologías estrella y bus, por lo que estas topologías que no pueden aplicarse de forma individual por razones relacionadas con la escalabilidad, la topología de árbol es la mejor alternativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ampliación de la red es posible y fácil. ✓ Se divide toda la red en segmentos y pueden ser gestionados y mantenidos fácilmente. ✓ Detección y corrección de errores es fácil. ✓ Si un segmento está dañado, otros segmentos no se ven afectados. 	<p>de diferentes dispositivos al mismo tiempo. Esta topología puede soportar alto tráfico.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Incluso si uno de los componentes falla siempre hay un presente alternativo. Así la transferencia de datos no se ve afectada. ✓ La ampliación y modificación en la topología se pueden realizar sin interrumpir otros nodos. ✓ Son auto-correctivos: Si cualquier nodo falla, otro ocupará su lugar. ✓ La red se hace más grande y más rápida a medida que se agregan más nodos. ✓ Son útiles cuando las señales inalámbricas de la línea de visibilidad
--	---	---	---

			<p>directa se bloquearon de manera intermitente.</p> <p>✓ LAN pueden correr más rápido que otras redes locales porque los paquetes no tienen que correr de nuevo a un servidor central.</p>
--	--	--	---

Desventajas

Tabla 7.

Desventajas de las topologías

COMPARACIÓN PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS TOPOLOGÍAS			
DESVENTAJAS			
BUS	ESTRELLA	ÁRBOL	MALLA
<ul style="list-style-type: none"> × Hay un límite de la longitud del cable central y número de nodos que se pueden conectar. × La dependencia del cable central en esta topología tiene sus desventajas. Si el cable principal (es decir, autobús) se 	<ul style="list-style-type: none"> × El exceso de dependencia al dispositivo central tiene sus propios inconvenientes. Si falla toda la red deja de funcionar. × El uso del hub, como dispositivo central aumenta el coste global de la red. × El rendimiento y el número de nodos, que se 	<ul style="list-style-type: none"> × Debido a su estructura básica, la topología de árbol, depende en gran medida en el cable principal de autobuses, si se rompe la red entera se ve restringida. × A medida que se añaden más y más nodos y segmentos, el mantenimient 	<ul style="list-style-type: none"> × El coste total de esta red es demasiado alta en comparación con otras topologías de red. × Puesta en marcha y mantenimiento de esta topología es un poco complicado.

<p>encuentra con algún problema, toda la red se rompe.</p> <ul style="list-style-type: none"> × Se requiere una terminación adecuada para volcar señales. El uso de terminadores es imprescindible. × Es difícil de detectar y solucionar problemas de fallo en la estación individual. × Los costes de mantenimiento o pueden ser más altos con el tiempo. × La eficiencia de la red de bus reduce, cuando el número de dispositivos conectados a ella aumenta. × No es adecuado para redes con tráfico pesado. × La seguridad es muy baja porque todos los equipos reciben la señal enviada 	<p>puedan añadir en dicha topología depende de la capacidad del dispositivo central.</p> <ul style="list-style-type: none"> × Requiere más longitud de cable de una topología lineal. × Si el concentrador, conmutador o concentrador falla, los nodos conectados están desactivados. × Más caro que topologías de bus lineal debido a los costes de los centros, etc. 	<p>o se hace difícil.</p> <ul style="list-style-type: none"> × La escalabilidad de la red depende del tipo de cable utilizado. × La longitud total de cada segmento está limitada por el tipo de cableado utilizado. × Si la línea troncal rompe, todo el segmento se pone. × Más difícil de configurar y se requiere más cableado que otras topologías. 	
---	---	--	--

desde
fuente.

la

De acuerdo al análisis realizado de cada topología, la más factible para el diseño es la tipo Malla, debido a que los datos pueden transmitirse de diferentes dispositivos al mismo tiempo, ésta topología puede soportar alto tráfico; incluso si uno de los componentes falla siempre hay un presente alternativo. Así la transferencia de datos no se ve afectada, y estas características son importantes para el sistema a diseñarse, porque el sistema será redundante.

2.2.3 Sensores

Un sensor es un equipo que detecta y responde a algún tipo de entrada de medio eléctrico. El monitoreo específico es un gran número de fenómenos medioambientales. La salida es una señal eléctrica que se convierte en dato legible para los usuarios. (Quintana, 2010)

2.2.3.1 Detector de lahares

La detección de flujos lodoso (lahares) se centraliza en un sistema de monitoreo y examina la frecuencia de la tierra producida por agitaciones que se ocasionan por el paso del flujo de lodo en tiempo real. (Geofísico I. , 2015)

2.2.3.2 Comparación técnica de sensores de detección de lahares

Sercel L-10AR es un sensor que suministra información sobre los movimientos de la tierra. El sensor posee la característica de facilitar información exacta para las alertas sísmicas y un trabajo sólido en el campo. Es resistente al agua y de bajo costo. (Geofísico I. , 2015)

Tabla 8.

Características Sencel L-10AR

Frecuencia Natural	10Hz
Resistencia de la bobina	374 ohmios
Sensibilidad	31.2 V/m/s
Distorsión Armónica	0.20%
Circuito abierto de amortiguador	0.42-0.31
Constante de amortiguación	6356.2 OhHz
Movimiento de masa	12.2 g
Resonancia espurias	>250Hz
Diámetro	31.75 mm
Longitud	35.56 mm
Peso	141.75 g

Tomado de: (Geofísico I. , 2015)

El sensor SM-24 creado por Lennartz está diseñado para ofrecer el máximo rendimiento en detección lahárica, la exploración basada en la tecnología probada en el campo con el sensor es de baja distorsión, en combinación con excelentes especificaciones, proporcionan datos de alta fidelidad en las encuestas en 2-D y 3-D. la extendida ancho de banda permite el pleno potencial de los sistemas de grabación / 24 bits de 2 ms se haga realidad.

Las estrictas especificaciones de diseño, elemento único y de calidad excepcional de la SM-Sensor 24 hacen que sea el menor coste del ciclo de vida del sensor. (Geofísico I. , 2015)

Tabla 9.

Características Lennartz SM-34

Tolerancia	$\pm 2,5\%$
Frecuencia	240 Hz
Resistencia de amortiguación	1.339 ohmios
Calibración de amortiguación	0.6 ohmios
Tolerancia	5%
Sensibilidad	28.8 V/m/s
Diámetro	25.4 mm
Altura	32 mm
Peso	74 g
Temperatura	-40 grados C
Resistencia de bobina	375 ohmios

Tomado de: (Geofísico I. , 2015)

El Sercel DSU3-428 es un sensor digital que recibe datos sísmicos en componentes 3-C.

Basados en la tecnología MEMS (Micro-usinated Electro-Mechanical Sensor), estos acelerómetros digitales proporcionan una respuesta lineal de banda ancha (DC a 800 Hz) y muy baja distorsión.

El DSU3-428 digitaliza los datos de una sola estación terrestre y sus tres componentes ortogonales permiten registrar con precisión el movimiento del suelo en los tres ejes. Esta es una mejora significativa respecto a los

tradicionales geófonos analógicos de onda P que sólo registran la componente vertical. La utilización del campo completo de ondas sísmicas, cuando se registran y procesan con precisión, mejora la interpretación sísmica. (Geofísico I. , 2015)

Tabla 10.

Características DSU3-428

Tolerancia	± 2,0%
Frecuencia	800 Hz
Resistencia de amortiguación	1.238 ohmios
Calibración de amortiguación	0.6 ohmios
Tolerancia	5%
Sensibilidad	25.8 V/m/s
Diámetro	21.4 mm
Altura	26 mm
Peso	70 g
Temperatura	-40 grados C
Resistencia de bobina	380 ohmios

Tomado de: (Geofísico I. , 2015)

2.2.3.3 Análisis FODA detectores de lahares

Dado que anteriormente en las tablas 8, 9 y 10 se analizaron detalladamente las principales sensores que se utilizan para la detección lahárica, a continuación se extrajo las principales y determinantes características mediante el método FODA

y se procede a calificar cada tecnología en un rango catalogado en 3 niveles: malo con puntuación 5, bueno con puntuación 10 y excelente con puntuación 20 para determinar la mejor tecnología que se ajuste al proyecto.

Tabla 11.

FODA sensores

		Sercel L10-AR	Lenartz	Sercel DSU3-428
F	Almacenamiento	20	20	20
	Requisitos del sistema	10	10	20
	Ciclo de vida	20	20	20
O	Compatibilidad	20	10	20
	Sensibilidad	10	10	20
	Tiempo de respuesta	10	10	10
D	Instalación	10	5	10
	Tolerancia	10	20	10
	Alcance	10	20	20
A	Distorsión	10	5	10
	Costo	10	10	20
	Seguridad	5	5	5
	Total	145	125	185

De acuerdo al análisis FODA realizado de los sensores y con una calificación de 185 puntos, el sensor más factible para el diseño es Sercel DSU3-428, porque tiene elevada sensibilidad a bajas frecuencias, proporcional a la severidad de la vibración del suelo .Y permite obtener información sobre eventos suscitados en varios momentos, permite enviar la señal eléctrica a lo largo de grandes distancias. Su ciclo de vida es de más de 10 años, su sensibilidad a movimientos de tierra son muy eficaces para el envío de información y su tiempo de respuesta a cualquier eventualidad es inmediata.

2.3 Software de monitoreo

2.3.1 Introducción sistema de monitoreo LABVIEW

LabVIEW acrónimo de Laboratorio Virtual de Ingeniería de Instrumentación Workbench, es un sistema que tiene un ambiente de desarrollo con programación visual grafica (lenguaje G). (Instruments, 2015)

Esta plataforma fue creada por National Instruments para el funcionamiento en máquinas APPLE, salió al mercado en 1986. Hoy en día se encuentra disponible para todos los sistemas operativos existentes, la última versión fue lanzada en el 2013, la alta programación de su alto nivel del mismo instrumento tiene como característica el código abierto. (Instruments, 2015)

LabVIEW incrementa la productividad al abstraer la complejidad de bajo nivel y al integrar toda la tecnología que usted necesita en un solo entorno de desarrollo unificado, a diferencia de cualquier otra alternativa basada en texto. Programar en un entorno unificado significa que usted no tiene que invertir tiempo en adquirir experiencia en una variedad de herramientas para lograr su meta. En cambio, usted puede estar seguro que los elementos de su sistema se ajustarán a la perfección. (Instruments, 2015)

El software LabVIEW permite el desarrollo de programas de control y monitoreo dentro de un entorno gráfico. Por lo general cuenta con dos paneles, el panel frontal cumple papel de ser la interface con el usuario (HMI) a lo que se coloca los instrumentos de control, registros y visualización de datos. (Instruments, 2015)

También cuenta con librerías que facilitan la programación para la planeación de la tecnología (SAT) sistemas de alerta temprana. Su característica principal es el uso de sistemas de medición y control, un ejemplo de estos puede ser el sistema de monitoreo y control de una posible erupción volcánica. Es muy utilizada en procesos digitales de señales en tiempo real, obtención de información en tiempo real y es amigable con el usuario. (Instruments, 2015)

2.3.2 Introducción sistema de monitoreo SAMI

El Sistema de Adquisición y Monitoreo Integrado (SAMI) es un programa de computación de código abierto y en la actualidad es utilizado por el instituto geofísico del Ecuador como un instrumento de recolección de información de las estaciones volcánicas. (Geofísico I. , 2015)

SAMI está basado en Java, el motor de base de datos PostgreSQL estructurado por: el módulo de adquisición, es el que procesa los datos recibidos por los puertos de conexión; el módulo de visualización, es el que presenta los datos en los monitores; el módulo de gestión, es el que administra redes, estaciones de trabajo, clientes, equipos y puertos de conexión. Puede ser ejecutado en ambientes Windows, Linux, Mac OS X. (Marcillo, Bernal, & Macías , 2015)

Debido a su estado de software de código abierto ha sido viable su modificación lo cual ha ayudado a suplir necesidades y requerimientos por parte del instituto geofísico.

Una característica importante es que fue programado de forma modular lo cual sin duda ha sido de gran ayuda al momento de integrar nuevos módulos de software.

SAMI hace uso de APIs usualmente conocidas como librerías, para efectuar nuevas funcionalidades. Recalcan de este conjunto Java Communications API que permite gestionar y manipular interfaces seriales y paralelas; y JFreeChart que proporciona una gama variada de componentes gráficos usados para crear graficas interactivas. (Marcillo, Bernal, & Macías , 2015)

2.3.3 Introducción sistema de monitoreo SCADA

Es un sistema que está compuesto por equipos que supervisan y controlan desde otro punto geográfico una base de red de cualquier tipo. Por otro lado en los Sistemas de Control Distribuido, el control es limitado por el operador. El sistema SCADA realiza tareas de control automático en sus niveles, aunque su labor característica principal es de monitorización y gestión por parte del operador. El paso de datos en los sistemas SCADA es como se describe a continuación: el fenómeno natural lo forma la variable que se desea medir. Según la causa, el efecto de dicho fenómeno es muy variante: presión, flujo, potencia, intensidad de corriente, voltaje, densidad. Este debe traducirse a una variable eléctrica, para la cual se usan sensores; los cuales convierten los datos de la alerta del fenómeno físico en diversificaciones proporcionales de esta variable eléctrica. (SISTEMI, 2016)

Tabla 12.

Comparación de Software de monitoreo LabVIEW, SAMI y SCADA

	LabVIEW	SAMI	SCADA
C A R A C T E R Í S T I C A S	<p>Beneficios de Software Fácil de aprender y usar. Funcionalidad completa. Capacidades integradas. Presenta facilidades para el manejo de: Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones. Sincronización entre dispositivos. Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales. Tiempo Real. Adquisición y tratamiento de imágenes. Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos. Diseñado por National Instruments, recién probado en volcanes (Kilauea, Hawái, Estados Unidos). No probado en Ecuador. Requisitos del sistema: Procesador Pentium III/Celeron 866 MHz o equivalente mínimo, Pentium 4/M o equivalente recomendado. RAM 256 MB mínimo, 1 GB recomendado Resolución de Pantalla 1024 x 768 píxeles mínimo, 1024 x 768 píxeles recomendado Sistema Operativo Windows 8.1/8/7/Vista/XP SP3 mínimo, Windows 8.1/8/7/Vista recomendado</p>	<p>Beneficios de software Código Abierto. Libre distribución. Fácil de usar y aprender.Presenta facilidades para el manejo de: Operación en varios sistemas operativos.Tiempo Real.Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales. programado de forma modular lo cual sin duda ha sido de gran ayuda al momento de integrar nuevos módulos de software.Diseñado por el Instituto Geofísico con funcionamiento en varios volcanes del Ecuador ejm. Cotopaxi, Tungurahua, Pululagua entre otros.Funcionamiento varios años dentro del Ecuador con una funcionalidad del 97% Requisitos del sistema: Procesador PentiumIII/Celeron 866 MHz o equivalente mínimo, Pentium 4/M.Resolución de Pantalla 1024 x 768 píxeles Sistema Operativo Windows, Linux y Mac OS XEspacio en Disco 5 GB.</p>	<p>Beneficios de software Fácil de aprender y usar.Funcionalidad completa. Presenta facilidades para el manejo de:Sincronización entre dispositivos. Tiempo Real. Adquisición y tratamiento de imágenes. Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos Operación en varios sistemas operativos. Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales. Requisitos del sistema: Procesador PentiumIII/Celeron 866 MHz o equivalente mínimo, Pentium 4/M. Resolución de Pantalla 1024 x 768 píxeles Sistema Operativo Windows, Linux y Mac OS X Espacio en Disco 10 GB.</p>

Espacio en Disco 500 MB - 5 GB.		
------------------------------------	--	--

Tomado de: (Geofísico I. , 2015) y (Marcillo, Bernal, & Macías , 2015)
(SISTEMI, 2016)

2.3.4 Análisis FODA software de monitoreo

Dado que anteriormente en la tabla 12 se analizaron detalladamente los principales softwares de monitoreo, a continuación se extrajo las principales y determinantes características mediante el método FODA y se procede a calificar cada tecnología en un rango catalogado en 3 niveles: malo con puntuación 5, bueno con puntuación 10 y excelente con puntuación 20 para determinar la mejor tecnología que se ajuste al proyecto.

Tabla 13.

LabVIEW, SAMI y SCADA

		LabView	SAMI	SCADA
F	Programación dedicada	10	20	20
	Almacenamiento	10	10	10
	Requisitos del sistema	10	10	10
O	Software libre	5	10	20
	Manejo del sistema	20	10	10
	Compatibilidad	5	20	20
D	Interfaz grafica	10	10	10
	Recursividad	20	20	20
	Tiempo de respuesta	5	10	10
A	Actualizaciones	10	10	10
	Versiones	10	10	10
	Modificación	5	10	20
	Total	120	150	160

De acuerdo al análisis FODA realizado de cada software de monitoreo con una calificación de 160 puntos, el software más factible para el diseño es SCADA y ha sido diseñado para realizar aplicaciones Cliente- Servidor tanto para sistemas HMI, SCADA y MES. Puede ser ejecutado en ambientes Windows, Linux, Mac OS X. Se caracteriza por su gran interface gráfica y despliegue de información en tiempo real, lo que ha significado que sea un software muy confiable para cualquier tipo de monitoreo.

3 Capítulo III Levantamiento de información

3.1 Línea base Volcán Chiles

3.1.1 Ubicación del volcán Chiles

El Chiles es un volcán que está ubicado en cordillera occidental andina, en el Nudo de los Pastos y junto con el volcán Cerro Negro forman parte de la frontera entre Ecuador y Colombia. El Chiles tiene una altura de 4748msnm. Se sitúa en frontera de los dos países. Esta elevación se encuentra a 24 km al oeste de la ciudad de Tulcán.



Figura 8. Volcán Chiles

Tomado de: (Geofísico I. , 2015)

En la tabla 14 se especifican las características principales del volcán Chiles.

Tabla 14.

Características volcán Chiles

Nombre	Volcán Chiles
Altura	4748 msnm
Coordenadas	N 0°49'16"; O 77° 56' 06" (Chiles)
Diámetro	10 (E-W) – 7,5 (N-S) km (Chiles)
Estado	Potencialmente Activo

Tomado de: (Geofísico I. , 2015)

3.1.2 Infraestructura instalada en el volcán Chiles

Actualmente el volcán cuenta con infraestructura en la ladera noroeste donde se puede encontrar la carretera (182) y una torre de 60 metros de altura la cual permitirá establecer comunicación mediante radio enlace hacia la ciudad de Tulcán (ECU 911). También se encuentra instalados por la EMELNORTE postes

de energía eléctrica que alimenta a la torre, la misma que cuenta con servicios de transmisión y recepción de señal abierta para TV, transmisión y recepción de comunicaciones Telefónicas pertenecientes al proveedor de servicios CONECEL S.A.

En la figura 9 se observa la carretera 182 con sus coordenadas, la cual sale desde Tulcán, cruza Tufiño y llega a la ladera del volcán chiles con una distancia de 40.29 Km. Esta carretera se hizo con el motivó de llegar hasta la reserva ecología el Ángel, pero para el proyecto facilitara la llegada a la torre existente del volcán. (Google, 2016)



Figura 9. Coordenadas carretera.

Adaptado de: (Geofísico I. , 2015)

En la figura 10 las coordenadas de la torre de transmisión son N 0° 48' 36.697'' y O 77° 56' 11.03'' y en la figura 11 se observa el lugar donde está situada la antena.

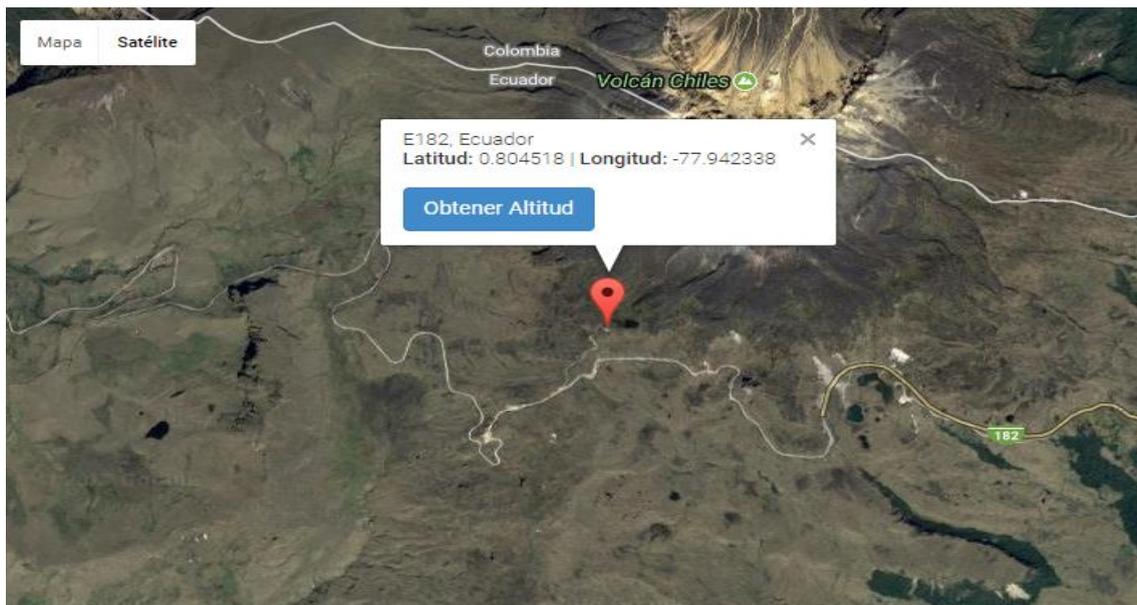


Figura 10. Coordenadas Torre existente volcán chiles.

Adaptado de: (Geofísico I. , 2015)



Figura 11. Torre existente ladera noroeste.

Adaptado de: (Mapio, 2015)

3.1.3 Laderas del Volcán Chiles.

Los flujos laháricos con dimensiones extensas (20 millones de m³) tienen un alcance significativo. En sentido oriente, los flujos se encaminarían por el barranco Hueco de Olla y los ríos Chiles, Játiva o Alumbre, Río Grande y Río Carchi, hasta al menos 10 km por el puente Rumichaca. En su recorrido se ubica la parroquia Tufiño. (Geofísico I. , 2015)

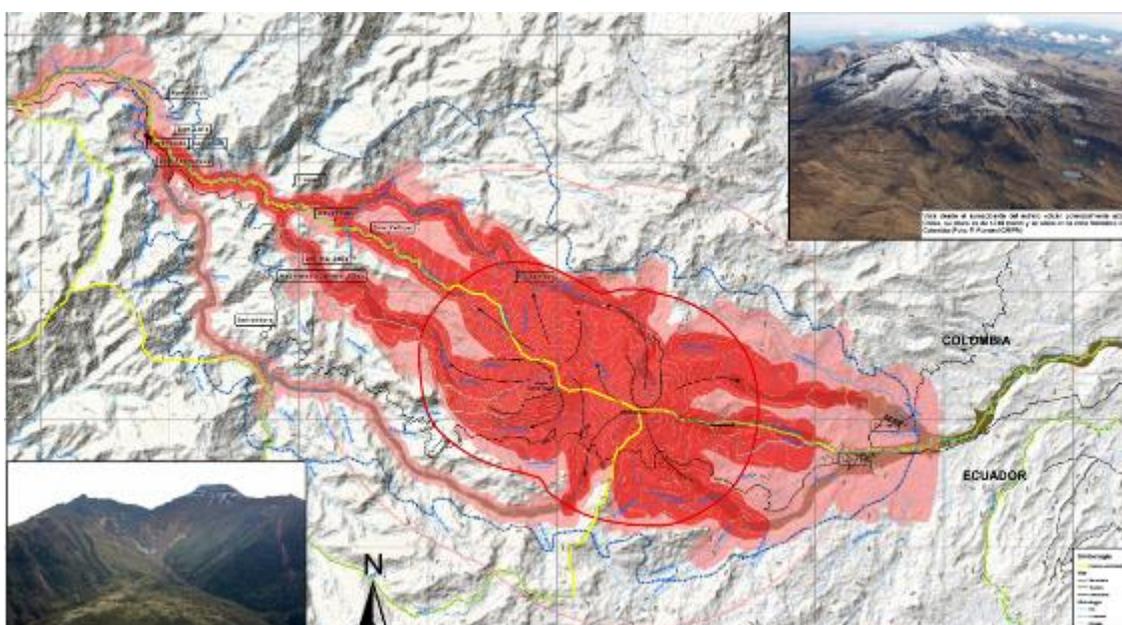


Figura 12. Laderas del Volcán

Tomado de: (Geofísico I. , 2015)

Como se observa en la Figura 12, se puede apreciar las dos principales laderas (esta de color café) del volcán por donde pasaran los lahares si existiera una erupción volcánica, estas laderas dan directamente a la parroquia de Tufiño donde se centra este proyecto y su alerta temprana.



Figura 13. Ladera Noroeste Volcán Chiles

Tomado de: (Geofísico I. , 2015)

La primera ladera se encuentra al noreste del volcán con las coordenadas de Aguas Hediondas N $0^{\circ} 48' 34.9''$, O $77^{\circ} 54' 22.0''$ y Aguas Negras N $0^{\circ} 48' 41.0''$, O $77^{\circ} 54' 00.5''$ respectivamente.



Figura 14. Ladera Suroeste Volcán Chiles

Tomado de: (Geofísico I. , 2015)

Y la segunda se encontrará al sureste del volcán con las coordenadas de El Artesón: $0^{\circ} 46' 45.2''$ N, $77^{\circ} 54' 22.8''$ O y Potrerillos: $0^{\circ} 48' 38.0''$ N, $77^{\circ} 57' 35.8''$ O

En estas dos laderas se centraría el proyecto para tener en cuenta cuantos y en donde se podrían ubicar los sensores para su mejor funcionamiento que es la detección de lahares.

3.2 Línea base Tulcán

3.2.1 Ubicación de Tulcán

Se sitúa en los Andes Septentrionales del Ecuador en la frontera con Colombia, a una altura de 2.980 msnm, es la capital de Carchi. También es una ciudad

septentrionales del país, por ello es también conocida como "Centinela del Norte". Está a 7 km de la frontera colombiana.

Su población es de 60.403 habitantes. (Tulcán, 2015)

3.2.1.1 Ubicación ECU 911 Tulcán

En la Figura 15 se muestra la ubicación del ECU 911 en donde se indican sus coordenadas exactas. (N 0° 47' 48.768" y O 77° 44' 7.262"). (Tulcán, 2015)

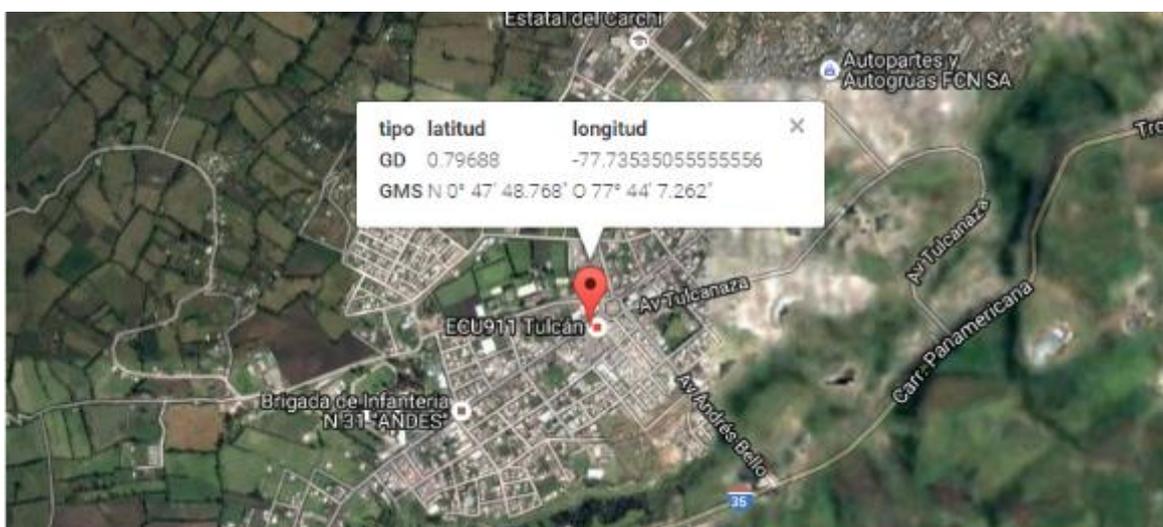


Figura 15. Coordenadas ECU 911

Tomado de: (Networks, 2016)

3.2.2 Infraestructura instalada en Tulcán (ECU 911)

En la actualidad Tulcán cuenta con un ECU 911 dentro de la ciudad, mismo que posee infraestructura adecuada para una posible comunicación con el volcán Chiles.

En dicho sitio (ECU 911) existe una Torre de comunicaciones, Figura 15, la cual se aprovechará para la instalación de la antena de comunicación y hacer posible el radio enlace entre el Volcán Chiles y la estación de monitoreo.



Figura 16. Torre del ECU 911 Tulcán

Tomado de: (Networks, 2016)

3.2.2.1 Características ECU 911

El sistema de energía que posee el ECU 911 es proporcionado por la empresa eléctrica nacional 24/7, en caso de apagones el ECU 911 tiene 3 generadores propios a base de gasolina que abastecen a todo el centro y deja en perfecto funcionamiento eléctrico a todos los equipos e iluminaciones de las afueras del mismo. Su conexión dentro y para la salida hacia el exterior es a base de fibra óptica, el proveedor de internet para su amplia conexión y comunicaciones es CNT E.P. (Corporación nacional de Telecomunicaciones).

Las cámaras que está vigilando están conectadas con fibra óptica que va desde la acometida principal y se parte en pares la fibra para su distribución en toda la ciudad, tiene una conexión de alta velocidad, la información receptada se guarda en servidores marca Dell®, modelo PowerEdge 1950.

La torre existente en el centro ECU 911 de Tulcán tiene varias conexiones de Radio enlace, lo más importante para el proyecto es que la torre mide 60 metros y que con su altura se puede tener línea de vista.

3.3 Línea base Tufiño

3.3.1 Ubicación Tufiño

Se ubica al norte del Ecuador, se ubica a una altitud de 3200msnm. Su clima es frío por su proximidad al cráter Chiles. Se localiza a 20 Km de Tulcán, comunicada por la Vía Colectora Maldonado-Tulcán. Tufiño tiene una población de 1.771 habitantes. (Tufiño P. d., 2015).

3.3.1.1 Ubicación del GAD-Tufiño

Este punto se encuentra en la parroquia Tufiño perteneciente al cantón Tulcán, consta de una población aproximada de 1771 habitantes en la actualidad y posee una extensión de 127 Km², se encuentra ubicado en las coordenadas N 0° 48' 3,48" y O 77° 51' 20,58" a una altura aproximadamente de 3231 m.s.n.m. la infraestructura se detalla a continuación.



Figura 17. GAD Tufiño

Tomado de: (Tufiño P. , 2015)

3.3.2 Infraestructura instalada en Tufiño (GAD-Tufiño)

En la actualidad Tufiño cuenta con su GAD dentro de la ciudad, mismo que posee infraestructura adecuada para la comunicación entre la estación de monitoreo (ECU 911 Tulcán) y el Gobierno Autónomo Descentralizado (Tufiño). El lugar fue elegido para aprovechar la infraestructura existente ya que posee equipos necesarios para establecer la comunicación con la red de CNT E.P. y su ubicación es estratégica ya que tiene fácil salida a los postes de energía eléctrica los cuales son un factor fundamental para el dimensionamiento del sistema de alarmas dentro de la ciudad.

3.3.2.1 Infraestructura planta baja

Los equipos de conmutación de esta planta no poseen características administrables, por lo que existe lazos redundantes debido a que no cuentan con algún protocolo para solucionar este problema; y se encuentran funcionando

como equipos de distribución para los diferentes departamentos, estos equipos se encuentran descritos en la Tabla 15.

Tabla 15.

Switches planta baja

Modelo	Velocidad	Puertos	Administrable
D-Link Des-3526	10/100 Mbps	24	NO
Cnet CSH- 1600	10/100 Mbps	16	NO
D-Link Des- 1016 ^a	10/100 Mbps	16	NO

Tomado de: (Tufiño P. d., 2015)

3.3.2.2 Infraestructura segundo piso

En este piso los equipos son administrables los detalles de los equipos existentes en es te piso se podrá ver en la Tabla 16.

Tabla 16.

Equipo Segundo piso

Modelo	Velocidad	Puertos	Administrable
D-Link Des 1024D	10/100 Mbps	24	Si

D-Link Des-1228	10/100 Mbps (4 puertos) 1000 Mbps	28	No
D-Link Des-1008D	10/100 Mbps	16	No

Tomado de: (Tufiño P. d., 2015)

3.3.2.3 Enrutamiento

La institución no cuenta con un propio equipo de enrutamiento, únicamente un router proporcionado por el proveedor de servicios de internet.

EL GAD-Tufiño contrata una capacidad de 20 MB a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. , los equipos que utiliza para la conexión son también de CNT E.P., la red que se utiliza en el proyecto va desde Tulcán hacia Tufiño perteneciente a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. por donde viajara los datos de control del volcán para la activación de la alerta temprana que va a estar en la Parroquia de Tufiño.

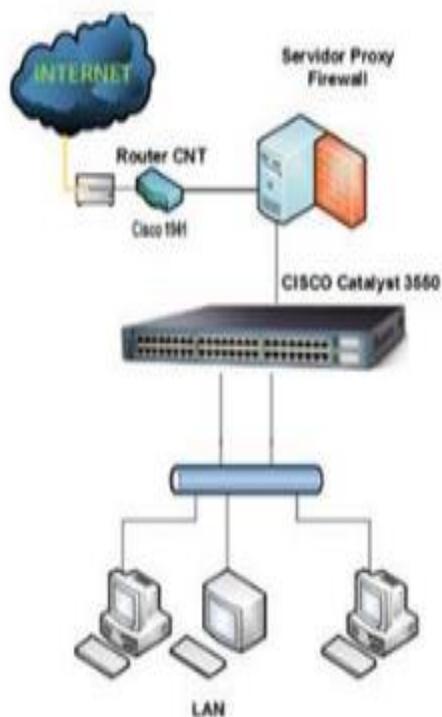


Figura 18. Diagrama comunicación CNT E.P.

Tomado de: (Tufiño P. d., 2015)

3.3.2.4 Servidores

A continuación se detallaran los servidores de la intranet del GAD-Tufiño y las aplicaciones, servicios que prestan cada uno, sus características tal como se indica en la Tabla 17.

Tabla 17.

Servidores

Nombre y Función	Marca y modelo	Procesador	RAM	HDD
Serv1 DHCP	HP Proliant			

firewall NAT Enrutamiento	ML-150 g2	Intel Xeon de 8 GHz 1MB cache	4GB con máximo de 8GB	150GB
Serv2 Correo Datos Documentos	HP Proliant DL-380 G6	Intel Xeon X5560 Quad Core 8GHz 8MB cache	12GB Máximo de 144Gb	500GB
Serv3 Base de Datos	HP Proliant ML-350 G4	Intel Xeon 3.2 GHz 1MB Cache	2GB máximo de 8 GB	220GB

Tomado de: (Tufiño P. d., 2015)

4 Capítulo IV diseño del sistema de alerta temprana para la parroquia Tufiño

En este capítulo se describe las fases en las que se ha dividido el diseño del sistema de alerta temprana para la parroquia Tufiño. El diseño está dividido en 5 partes, red de sensores, radio enlace, proveedor de servicio, Estación base o de monitoreo y Red de bocinas para alerta temprana.



Figura 19. Secuencias de las fases.

Fase 1 (red de sensores).- En esta fase se establece la comunicación entre los nodos, de los nodos hacia al concentrador y del concentrador hacia la torre de comunicación, para la trasmisión de la información emitida por los sensores.

Fase 2 (radio enlace).- En esta fase se plantea un radio enlace, el cual será el medio de transmisión de la información recolectada de la red de sensores, hasta la estación de monitoreo en donde se receptorá la misma.

Fase 3 (estación de monitoreo).- En esta fase se controla y monitorea constantemente la información receptada de la red de sensores, para que en el caso de darse una alerta temprana, se active el sistema de bocinas ubicado en la Parroquia de Tufiño.

Fase 4 (Proveedor de servicio).- En esta fase, una vez detectada la alertar temprana por la estación de monitoreo se envía la información al GAD de Tufiño para la activación del sistema de bocinas.

Fase 5 (Sistema de bocinas).- En esta fase una vez receptada la alerta temprana se activaran las bocinas para alertar a la población y se realice la correcta evacuación.

4.1 Fase 1 (Red de sensores)

En esta fase se realiza el diseño de la red de sensores para lo cual en el capítulo 2 se realizó la elección de los equipos mediante el método FODA.

4.1.1 Topología

Como se puede observar en la tabla 6 la topología ideal a usarse en el diseño es malla, debido a que los datos pueden transmitirse de diferentes nodos al mismo tiempo e incluso si uno de los componentes falla siempre hay un presente alternativo. Así la transferencia de datos no se ve afectada ya que el sistema será redundante.

4.1.2 Sensores

En la tabla 10 (Capitulo 2) mediante el método FODA se determinó el sensor a usarse en el diseño propuesto, Sercel Modelo DSU3-428, porque tiene elevada sensibilidad a bajas frecuencias, proporcional a la severidad de la vibración del suelo. Su almacenamiento de información es de 1 GHz y permite obtener información sobre eventos suscitados en varios momentos, envía la pulsación eléctrica en el recorrido de extensas ubicaciones geográficas, haciéndolo ideal para aplicaciones donde queden lejanos e instalados permanentemente.

El ciclo de vida es de más de 10 años, la sensibilidad a movimientos de tierra es altamente confiable y el tiempo de respuesta a cualquier eventualidad es inmediato.

4.1.3 Nodos remotos

Los nodos remotos son los dispositivos o controladores electrónicos que recibirán la señal analógica de los diferentes sensores de lahares. Para el diseño de este proyecto se propone ubicar un nodo por cada sensor, dando un total de 6 nodos con 6 sensores.

Cada nodo remoto propuesto usará un equipo de la marca “Exemys” modelo “wRemote-3005-ND”, el cual cuenta con las siguientes características técnicas

- Comunicación ZigBee
- Entradas / Salidas Digitales
- Entradas / Salidas Análogas pudiendo configurarse para voltaje (0 a 10 V) o para corriente (4 a 20 mA).
- Puerto Serial para configuración
- Entrada de Alimentación: +10Vdc min. a +30 Vdc max.
- Consumo medio: 15mA a 25mA
- Consumo máximo: 20mA a 30mA

En la figura 20 se muestra el tablero de un nodo remoto.

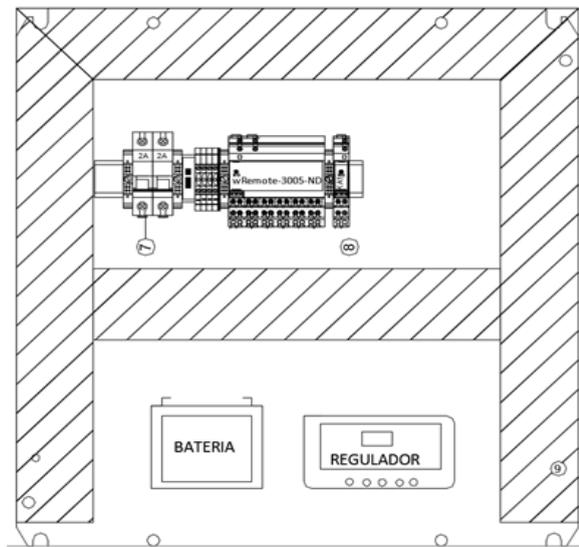


Figura 20. Nodo Remoto

4.1.4 Flujograma del funcionamiento de un nodo remoto.

En el siguiente flujograma se muestra paso a paso el funcionamiento de un nodo remoto propuesto.

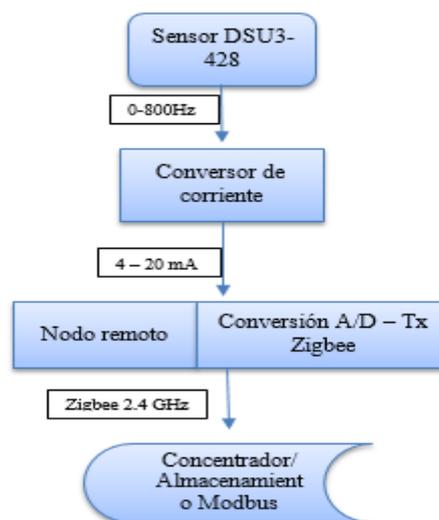


Figura 21. Flujograma de funcionamiento nodo remoto.

El nodo consta de varias partes para que su funcionamiento sea óptimo y que la información llegue de una manera segura para la correcta alarma temprana si suscitara una catástrofe volcánica.

El sensor capta señales de movimiento telúrico volcánico en rangos de 0 a 800 Hz los cuales están divididos como: 266.66 Hz (Nivel bajo), 532.36 Hz (Nivel medio) y 797.63 (Nivel Alto). La información en Hz llega al convertidor donde la misma es convertida en corriente en rangos de 4 a 20mA respectivamente, el nodo remoto es el encargado de recopilar la información que representa la frecuencia detectada por el sensor de lahar, (corriente 4 a 20 mA), y transmitir su valor a un concentrador. Como ingreso al nodo se tiene una señal de corriente y como salida un código binario a ser transmitido mediante Zigbee.

Para interpretar la información recibida por el conversor de frecuencia a corriente, el nodo remoto usa el principio de conversión analógica – digital (características del nodo, capítulo 4 numeral 4.1.3).

La integración de la señal de corriente al nodo remoto es la conversión de señal analógica ingresada al nodo remoto en un número binario equivalente a la misma, es decir, se convierte en código binario, representado únicamente por los dígitos “0” y “1”. El conversor tiene comparadores analógicos en distintos niveles de tensiones referenciadas, tiene dos distintas formas de ingresar a las computadoras tales como secuencial y progresiva la cual acciona una tensión dependiendo del valor de la misma. Al momento de la comparación de las tensiones, cuando una tensión es menor a la incógnita el valor del resultado será 1, y cuando la tensión es superior a la incógnita el valor del resultado será 0. Los

datos se interpretan por puertos lógicos los cuales son digitales y muestran resultados binarios que pertenece a la tensión original de entrada.

4.1.5 Ubicación de los nodos remotos

Se han ubicado los nodos para el diseño en las dos laderas que afectan directamente a Tufiño, en la Tabla 18 se detalla la ubicación de cada sensor con su respectivo nodo, en donde se especifica la latitud, longitud y altitud de cada uno respectivamente.

Tabla 18.

Coordenadas de los nodos en ladera noreste y suroeste del volcán.

	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
SENSOR 1	N 0° 48' 13.465"	O 77° 56' 2.069"	4181 m
SENSOR 2	N 0° 48' 5.973"	O 77° 56' 1.451"	4107 m
SENSOR 3	N 0° 48' 6.649"	O 77° 55' 55.977"	4142 m
SENSOR 4	N 0° 48' 1.745"	O 77° 55' 50.936"	4011 m
SENSOR 5	N 0° 48' 2.169"	O 77° 55' 51.786"	4038 m
SENSOR 6	N 0° 48' 2.398"	O 77° 55' 51.826"	4040 m

Adaptado de: (Geofísico I. , IGP, 2016)

A continuación, en la figura 22 se muestra la ubicación de cada nodo con las ubicaciones propuestas en la tabla 18.

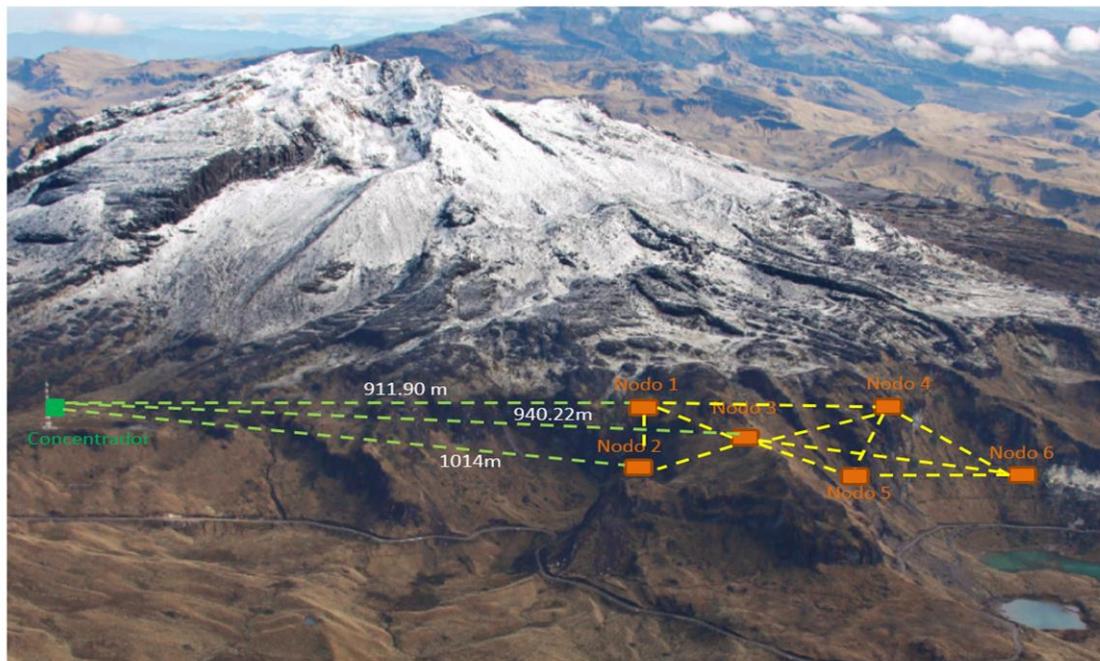


Figura 22. Ubicación nodos remotos.

Adaptado de: (Ecuador, 2015) (Geofísico I. , IGP, 2016)

4.1.6 Sistema de energía

4.1.6.1 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

El diseño de un sistema solar fotovoltaico, es una serie de procesos de cálculo que optimizan el uso de la energía eléctrica de origen solar y su generación, considerando un equilibrio entre los puntos de vista técnico y económico.

Cuando se requiere conocer cuanta energía eléctrica se necesita para energizar, es importante conocer y considerar las características de los equipos eléctricos a alimentar y el tiempo de uso por parte del usuario del sistema. Por tanto, es importante determinar o estimar la corriente y el voltaje de trabajo de los equipos instalados, como también el número de horas diarias de uso de los mismos,

considerando que posiblemente, a futuro, se realicen ampliaciones en la instalación proyectada.

4.1.6.2 Consumo de energía eléctrica diaria

Considera las cargas de corriente continua del sistema y sus horas de funcionamiento diario. El resultado se obtiene en miliamperios por hora.

Tabla 19.

Consumo de energía.

Elemento	Cantidad (N)	Consumo amperios hora Ah (I)	Voltaje de alimentación DC (V)	Horas de funcionamiento diario (H)	Consumo total $E=N*I*V*H$ [Wh/día]
Nodo Remoto	1	0.03	15	24	10.8
Convertor	1	0.025	15	24	9
				E [Wh/día]	19.8

Tomado de: (CONELEC, 2016)

Debido a la pérdida de energía en las conexiones se debe aplicar un factor de seguridad del 15%:

$$E_{dc} = (1 + f_s) * E \left[\frac{Wh}{día} \right]$$

Dónde:

E_{dc} = Consumo de corriente continua de la carga contemplando factor de seguridad.

f_s = Factor de seguridad para compensar pérdida de energía.

E = Consumo de corriente continua de la carga sin contemplar factor de seguridad.

$$Edc = (1 + 0.15) * 19.8$$

$$Edc = 22.7 \text{ [Wh/día]}$$

4.1.6.3 Cálculo de irradiación de energía solar

La irradiación de energía solar es la cantidad de radiación solar que actúa sobre un metro cuadrado de una superficie ubicada en el sitio donde están instalados los paneles fotovoltaicos.

La cantidad total de insolación que actúa sobre los módulos solares durante un día, se expresa en kWh/m²/día o su equivalente en horas de Sol pico (HSP) u horas de sol máximo. Esta información se detalla en el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica”. Promedio de energía de irradiación solar mensual en la ubicación del Volcán Chiles (CONELEC, 2016)

Tabla 20

Cantidad de insolación volcán Chiles

	Límite inferior [Wh/m ² /día]	Límite superior [Wh/m ² /día]	Promedio mensual [Wh/m ² /día]
Enero	2400	2500	2450
Febrero	3140	3260	3200
Marzo	3200	3314	3257
Abril	3000	3100	3050
Mayo	2120	2250	2185
Junio	2050	2200	2125
Agosto	2200	2350	2275
Septiembre	2360	2500	2430
Octubre	2360	2480	2420
Noviembre	2550	2680	2615
Diciembre	2550	2660	2605

Tomaod de: (CONELEC, 2016)

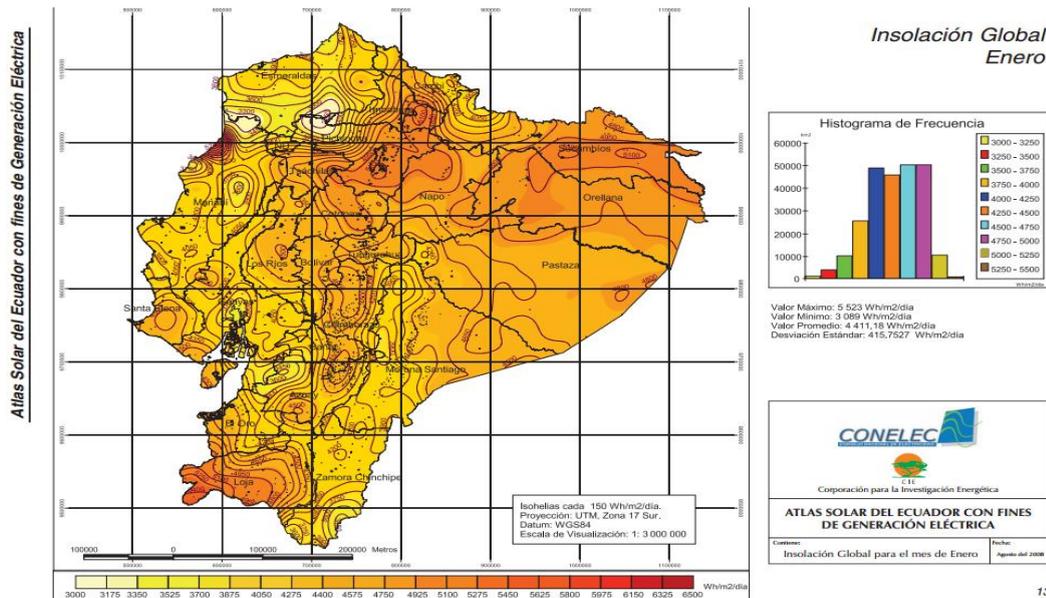


Figura 23. Energía de irradiación solar en volcán Chiles, Enero 2400-2500 Wh/m²/día

Tomado de: (CONELEC, 2016)

Por fines de cálculo se utilizará el peor de los casos, el mes de junio con menor irradiación solar:

$$H_s \approx 2.125 \left[\frac{kWh}{m^2 \text{ día}} \right]$$

4.1.6.4 Elección del tipo y número de paneles fotovoltaicos

Las unidades Vatio Pico (Wp) son unidades de la potencia eléctrica de un módulo FV. Esta unidad o medida expresa que, a las 12 del día durante un día despejado y soleado, un módulo de 50Wp genera 50 W con luz solar plena, independiente de su ubicación de instalación. Este valor de potencia será garantizado, mediante mediciones, en los laboratorios del fabricante. Para el presente diseño se ha seleccionado un módulo fotovoltaico con una tensión nominal de 18V, una potencia pico de 250W, y una corriente de 13.88Amperios.

Cálculo de la energía total producida por un panel en un día.

$$ETP = H_s * W_p$$

Donde:

ETP = Energía total producida por un panel durante un día.

H_s= Promedio aproximado de irradiación solar mensual.

W_p= Potencia pico de módulo fotovoltaico.

$$ETP = 2.125 * 250$$

$$ETP = 531.25 \left[\frac{Wh}{día} \right]$$

Número de paneles necesarios:

$$N_{módulos} = 1.1 * (Edc/ETP)$$

Donde:

N_{módulos}= Número de módulos fotovoltaicos requeridos para el sistema.

Edc = Consumo de corriente continua de la carga contemplando factor de seguridad.

ETP = Energía total producida por un panel en un día.

El factor de seguridad, en este caso el coeficiente 1,1, considera imprevistos y la depreciación de las prestaciones de los distintos componentes del sistema fotovoltaico.

$$N_{módulos} = 1.1 * (22.7/531.25)$$

$$N_{módulos} \approx 1$$

4.1.6.5 Dimensionamiento del sistema de acumulación

Hace referencia al dimensionamiento de baterías.

$$E_{acu} = \frac{1.1 * (Nd * Edc)}{Pdmax}$$

Donde:

Eacu = Energía que se requiere acumular en baterías.

Nd = Número de días de autonomía se considera tres días.

Edc = Consumo de corriente continua de la carga contemplando factor de seguridad.

Pdmax = Profundidad de descarga máxima expresad en tanto por uno.

Acorde a la batería seleccionada para el presente diseño se encuentra en 0.7.

Factor de seguridad, coeficiente 1,1

$$E_{acu} = \frac{1.1 * (3 * 22.7)}{0.7}$$

$$E_{acu} = 107 [Wh]$$

Por tanto la capacidad necesaria es:

$$C_T = \frac{E_{acu}}{V_{acu}}$$

Donde:

CT = Capacidad necesaria para baterías.

Eacu = Energía que se requiere acumular en baterías.

Vacu = Voltaje baterías.

$$C_T = \frac{107}{18}$$

$$C_T = 5.94 [Ah]$$

4.1.6.6 Dimensionamiento del regulador

Se ha de considerar el voltaje nominal (18V) de la instalación como la intensidad de la corriente que es capaz de generar el campo fotovoltaico (13.88A). Para prever los incrementos de intensidad y tensiones suministradas por el módulo se multiplica por un coeficiente de corrección de 1,25.

$$I_{reg} = 1.25 * I_{sc} * N_{módulos}$$

Donde:

I_{reg} = Corriente del regulador.

I_{sc} = Corriente suministrada por el modulo fotovoltaico.

$N_{módulos}$ = Número de módulos fotovoltaicos requeridos para el sistema.

$$I_{reg} = 1.25 * 13.88 * 1$$

$$I_{reg} \approx 17.35 [A]$$

4.1.6.7 Selección de equipos acorde a disponibilidad en el mercado

De acuerdo a los resultados obtenidos se selecciona los siguientes elementos:

Tabla 21.

Módulo fotovoltaico

Características	Datos
Panel Solar Mono Cristalino	Luxury 250w.
Potencia máxima:	250 vatios.
Voltaje:	18 voltios.
Corriente:	13.88Amperios.
Voltaje con circuito abierto:	23.1 voltios.
Tecnología:	Policristalino.

Numero de celdas:	36
Temperatura de funcionamiento:	-40 +85 grados centígrados.
Tamaño:	195x99x4.5cm-24kg

Batería

- Batería de plomo sellada 6Ah 18V/6V
- Número de modelo: BP6-3-#8408
- Nombre de la marca: BULLSPOWER
- Dimensiones por unidad: 8 x 5 x 10 Centímetros.

Regulador

- Regulador Mppt (Maximum Power Point Tracker) CMPTP02
- Controlador Panel Solar 20 A 12 A 24 Vdc Cm20
- Voltaje nominal: 12V / 24V
- Max corriente de carga: 20A
- Protección: 14.4 V/28.8 V

4.1.7 Esquema General: Sensores – Nodos – Concentrador

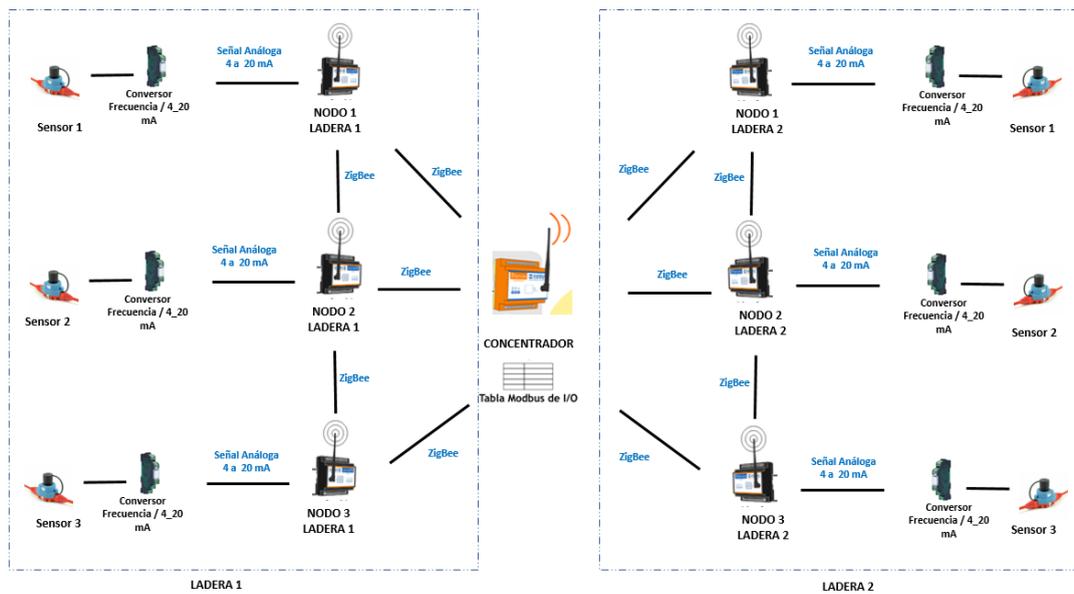


Figura 24. Esquema general.

4.1.8 Entrada / Salida de Datos

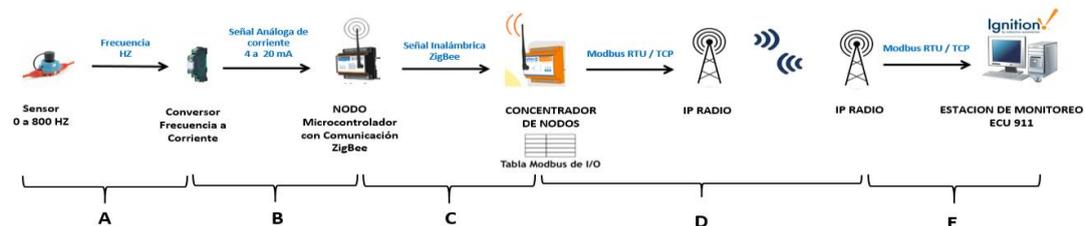


Figura 25. Entrada y salida de datos.

A. Los sensores permiten tener un amplio rango de cobertura. Cada sensor tiene una frecuencia de operación de 0 a 800 Hz, siendo los valores más cercanos a 266 Hz un comportamiento o movimiento sísmico estable de la ladera, mientras que los valores más cercanos a 800 Hz significarían una eminente presencia de lahares. Dicha señal de frecuencia debe ser tratada para que pueda ser leída por el equipo Zigbee.

- B. Para que la señal emitida por sensores sea leída por el Nodo, es necesario utilizar un conversor de frecuencia, el mismo que convierte linealmente la señal de frecuencia (0 a 800 Hz) emitida por los sensores, a una señal analógica de corriente (4 a 20 mA).
- C. Esta señal de corriente (4 a 20 mA), es ingresada a una de las entradas análogas del controlador ubicado en el Nodo. Dicha señal va a ser manejada y almacenada en un registro de memoria dentro del controlador para posteriormente ser transmitida mediante comunicación Zigbee hacia el concentrador.
- D. El concentrador es el maestro de la red Zigbee, que se encargará de recibir toda la información o status de los sensores ubicados dentro de la red y almacenarlos en una tabla modbus, misma que estará a disposición del sistema de monitoreo a través del protocolo de comunicación modbus RTU/TCP.
- E. La estación de Monitoreo ECU 911, va a realizar constantemente una lectura de la tabla modbus que el concentrador ha puesto a disposición. Esta lectura se la realizará en periodos de tiempo que van en el orden de los milisegundos, A la vez que se estará desplegando en una pantalla del computador la información en tiempo real de todos los sensores que se encuentran dentro de la red.
- F. Para la estación de Tufiño se debe considerar un sistema de activación de alarmas sonoras, para lo cual se dispone de un enlace de fibra óptica dedicado y sobre el cual se realizará la comunicación con un controlador Siemens modelo S7-1200, que recibirá las

ordenes directamente de la estación de monitoreo ECU 911, y activará 4 sirenas o bocinas para alertar a los ciudadanos ante una posible emergencia.

4.1.8.1 Concentrador

El concentrador es un dispositivo o equipo electrónico que receptorá la información o estatus de cada uno de los nodos existentes en la red y previamente configurados. Como se explicará más adelante esta adquisición de datos se lo realiza inalámbricamente a través del protocolo zigBee.

Una vez que reciba toda la información proveniente de los diferentes nodos, esta información será almacenada en una tabla modbus, misma que estará a disposición del sistema central.

En la figura 26 se visualiza el tablero del concentrador.

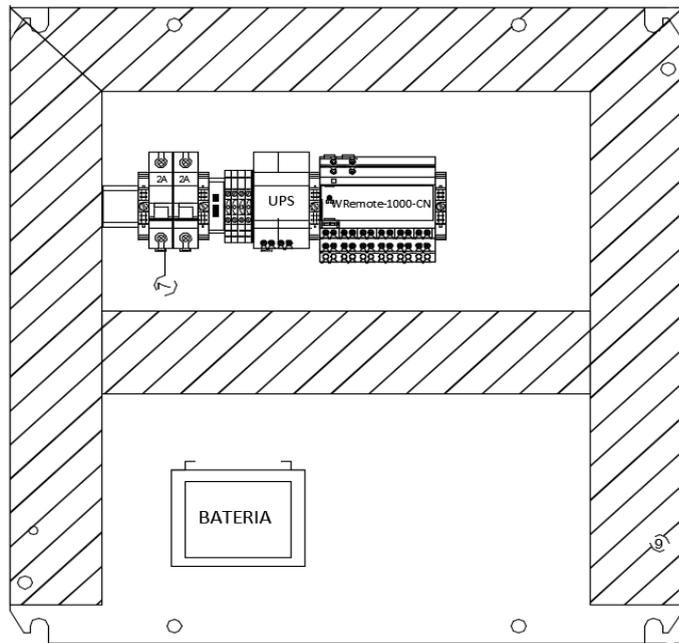


Figura 26. Concentrador.

Para este caso se ha considerado el uso de un equipo de la marca “exemys” modelo “WRemote-1000-CN”, mismo que cuenta con las siguientes características técnicas

- Apto para ambientes industriales
- Comunicación ZigBee
- Puerto Serial para comunicación Modbus RTU / TCP
- Entrada de Alimentación: +10Vdc min. a +30 Vdc max.
- Consumo medio:
- 15mA a 25mA
- Consumo máximo:
- 20mA a 30mA

4.1.8.2 Flujograma del funcionamiento del concentrador

En el siguiente flujograma se muestra paso a paso el funcionamiento del concentrador propuesto.

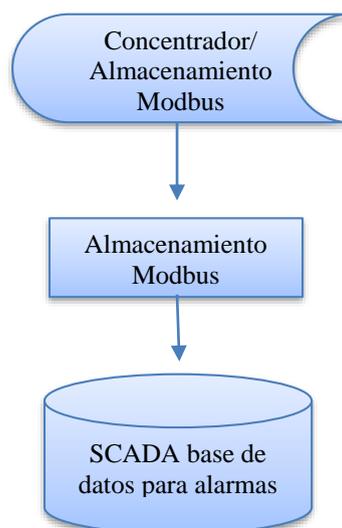


Figura 27. Flujograma de funcionamiento del concentrador.

Una vez obtenido el número binario que representa la frecuencia emitida por un sensor de lahares, se envía esta información hacia un concentrador el cual se encarga de recopilar la información de todos ellos.

Para enviar la información se usa Zigbee. Para enviar la información se usa Zigbee, el cual es un pila de protocolos (procesos), que al igual que el modelo OSI está conformado por diferentes capas; capas que son independientes unas de otras. Con ZigBee, el empaquetamiento de datos se guardan en cuatro diferentes paquetes de datos: datos, ACK, MAC y baliza. El tamaño de carga del paquete de datos llega a 104 bytes. La trama de enumera para garantizar que

todos los paquetes lleguen a su destino. Un campo verifica que el paquete se ha recibido sin errores. La configuración de esta estructura incrementa la fiabilidad de transmisión de datos en situaciones complicadas de transmisión.

El paquete ACK, llamado paquete de reconocimiento, es utilizado para realizar una realimentación del receptor al emisor, confirmando que el paquete se ha recibido sin errores. En su estructura se puede incluir un tiempo de silencio entre tramas, para diferenciar la transmisión de diferentes paquetes enviados.

El paquete MAC, es utilizado para control remoto y para realizar la configuración de dispositivos/nodos. Lo que permite a una red centralizada utilizar este paquete para configurar la red a distancia.

El paquete baliza, se utiliza para “despertar” los dispositivos encargados de “escuchar” para luego “dormir” a los mismos cuando dejan de recibir señal.

Todos los paquetes son importantes para conservar los dispositivos y nodos sincronizados, evitando el consumo innecesario de la batería al no mantenerlos todo el tiempo encendido.

Para el almacenamiento Modbus se trata básicamente de un mensaje Modbus RTU transmitido con un envoltorio TCP / IP y enviado a través de una red en lugar de líneas seriales. El servidor no tiene una dirección de esclavo ya que utiliza una dirección IP en su lugar.

La unidad de información básica es el paquete que se transmite a través de la red.

El paquete información básica esta compuesto por un encabezado con las respectivas direcciones de los sistemas de envío y recepción, y por un cuerpo con los datos que se van a transferir o carga útil. Cuando el paquete se transmite a través de la pila de protocolos TCP/IP, los protocolos pueden agregar o eliminar campos del encabezado básico. Si durante la transmisión el protocolo de envío agrega datos al encabezado del paquete, el proceso se conoce como encapsulado de datos.

Toda la información adquirida llegara a la tabla del Modbus donde todos los registros serán almacenados constantemente, En el protocolo Modbus las comunicaciones se realizan usando la técnica master – slave, con la cual solo el dispositivo (master) puede dar inicio a transacciones (llamadas), y, los dispositivos (esclavos) a su vez envían los datos solicitados por el master.

El master puede direccionarse en forma individual a los esclavos, en cuyo caso los esclavos retornarán una respuesta al requerimiento, o puede direccionarse a los esclavos con un mensaje broadcast, en este caso no se espera respuesta de los esclavos.

En el protocolo Modbus determina el formato para la solicitud del mater, formato que se compone de la dirección del dispositivo esclavo, una acción de pedido determinada por un código de función, datos a ser enviados y un error-checking. En el protocolo Modbus también construye el mensaje de respuesta del esclavo, formato que se compone de campos confirmando las acciones tomadas, datos a ser retornados y un error-checking.

Si durante la recepción del mensaje ocurre un error, o si un esclavo está inhabilitado para desarrollar la acción solicitada, el esclavo construye un mensaje de error y envía éste como respuesta.

Si un controlador envía un mensaje éste actuará como dispositivo master y esperará una respuesta del dispositivo esclavo. De la misma manera cuando a un controlador le llega un mensaje éste construye una respuesta de esclavo y regresa la misma al controlador master.

El sistema SCADA es la base de datos del cual se activaran las alarmas, este punto lo se revisa más adelante del documento.

4.1.9 Ubicación concentrador

En la tabla 22 se detalla la latitud, longitud y altitud de la ubicación del concentrador, como se puede observar en el capítulo 3 punto 3.1.2 se hizo el levantamiento de información de la zona, el cual arrojó datos para cumplir con el objetivo del concentrador que es tener comunicación directa a los equipos del radioenlace y tiene línea de vista con la red de sensores.

Tabla 22.

Concentrador

	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
CONCENTRADOR	N 0° 48' 16.091"	O 77° 56' 32.273"	4135 m

Tomado de: (Geofísico I. , IGP, 2016)

4.1.9.1 Sistema respaldo de energía UPS al concentrador (Uninterrupted Power Supply)

El sistema de poder de alimentación ininterrumpida UPS, es un dispositivo que almacena energía en sus baterías y puede proporcionar, por un tiempo limitado, energía eléctrica a todos los dispositivos conectados durante un corte de energía.

Mientras suministra la carga de energía eléctrica, puede almacenar energía eléctrica en un juego de baterías recargables internas. Así, cuando se da un apagón eléctrico, las baterías en forma automática continúan dando carga al concentrador por un determinado periodo de tiempo.

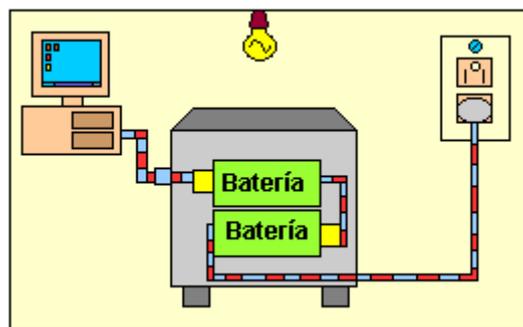


Figura 28. Funcionamiento eléctrico UPS con suministro eléctrico

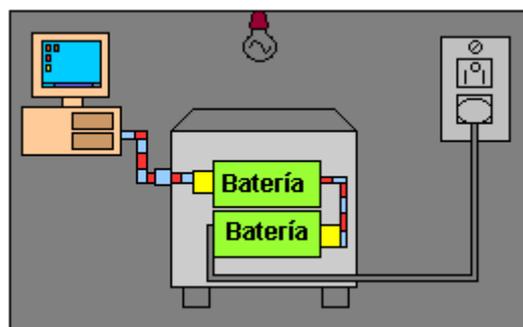


Figura 29. Funcionamiento eléctrico UPS sin suministro eléctrico

4.1.9.2 Consumo de energía eléctrica diaria

Considera las cargas de corriente continua del sistema y sus horas de funcionamiento diario. El resultado se obtiene en miliamperios por hora.

Tabla 23.

Consumo de energía eléctrica diaria.

Elemento	Cantidad (N)	Consumo amperios hora Ah (I)	Voltaje de alimentación DC (V)	Horas de funcionamiento diario (H)	Consumo total $E=N*I*V*H$ [Wh/día]
Concentrador	1	0.03	24	24	17.28
				E [Wh/día]	17.28

Debido a la pérdida de energía en las conexiones se debe aplicar un factor de seguridad del 15%:

$$E_{dc} = (1 + f_s) * E \left[\frac{Wh}{día} \right]$$

Donde:

E_{dc} = Consumo de corriente continua de la carga contemplando factor de seguridad.

f_s = Factor de seguridad para compensar pérdida de energía.

E = Consumo de corriente continua de la carga sin contemplar factor de seguridad.

$$E_{dc} = (1 + 0.15) * 17.28$$

$$E_{dc} = 19.87 \left[\frac{Wh}{día} \right]$$

Como alimentación principal del sistema UPS se considera una fuente de 120VAC proporcionada por la red eléctrica. Internamente el ups tiene un inversor el cual transforma la corriente alterna en corriente continua y almacena la energía en baterías. Se considera la eficiencia del inversor $\eta_{inv}=85\%$.

La energía consumida por la carga considerando la eficiencia del inversor es:

$$E_{ac} = \frac{E_{dc}}{\eta_{inv}} [Wh/día]$$

Donde:

E_{ac} = Consumo diario de energía.

η_{inv} = Eficiencia del inversor.

$$E_{ac} = \frac{19.87}{0.85} [Wh/día]$$

$$E_{ac} = 23.38 [Wh/día]$$

Dados los resultados se debe usar un UPS con características de 120w y 24 VDC.

4.1.9.3 Dimensionamiento de las baterías

Se considera el consumo diario de energía y el número de días de autonomía que requiere el sistema.

$$E_{acu} = \frac{1.1 * (Nd * E_{ac})}{Pdmax}$$

Donde:

E_{acu} = Energía que se requiere acumular en baterías.

N_d = Número de días de autonomía se considera tres días.

E_{dc} = Consumo de corriente continua de la carga contemplando factor de seguridad.

P_{dmax} = Profundidad máxima de descarga expresada en tanto por uno. Acorde a la batería seleccionada para el presente diseño se encuentra en 0.7.

El coeficiente 1,1, es un factor de seguridad

$$E_{acu} = \frac{1.1 * (3 * 23.38)}{0.7}$$

$$E_{acu} = 110.22 [Wh]$$

Por tanto la capacidad necesaria es:

$$C_T = \frac{E_{acu}}{V_{acu}}$$

Donde:

C_T = Capacidad necesaria para baterías.

E_{acu} = Energía que se requiere acumular en baterías.

V_{acu} = Voltaje baterías.

$$C_T = \frac{110.22}{24}$$

$$C_T = 4.59 [Ah]$$

Dados los resultados se utilizara dos baterías con características de 12VDC, con tiempo de vida útil de 10 años.

4.2 Fase 2 (Radio enlace)

Para esta fase se realizó un análisis de las tecnologías inalámbricas (Capítulo 2, tabla 4) y aplicando el método FODA, se eligió la opción más óptima para el desarrollo del diseño, dando como resultado Radio Enlace, el radio enlace es un tipo de comunicación dúplex, que transmite dos portadoras moduladas: una para transmitir y otra para receptor. El sistema de Enlace vía Microonda establece un sistema de redundancia en RF de amplificación y uso de doble equipo codificador y decodificador en el enlace.

Para la simulación del radio enlace de este diseño, se usa el programa Radio Mobile, el cual es una herramienta de análisis de propagación, pérdida y terreno de señal RF para el espectro electromagnético entre 20 MHz y 50 GHz; proporciona ángulos de elevación de la antena (*uptilt*), ángulos de depresión (*downtilt*), requisitos mínimos de altura de antena necesarios para establecer la línea de la vista y las zonas de Fresnel libres de obstrucciones debidas al terreno, y se para realizar los cálculos se basa en las fórmulas descritas detalladamente en el ANEXO 1 (Remache, 2015)

4.2.1 Análisis de enlace de microonda 5.8 GHz.

El enlace establecido para llevar los datos desde la torre de comunicaciones ubicada en las faldas del volcán Chiles es un enlace de microondas en la banda de frecuencia de 5.8 GHz, la cual se detalla en el Anexo 8. La distribución de la banda de 5.1 – 5.8 GHz en el plan de uso de la banda 5.725 – 5.850 MHz, es atribuida para el servicio de radiolocalización, compartiendo con Sistemas de

Modulación Digital de Banda Ancha y con sistemas radioeléctricos para radiodifusión sonora que usan Sistemas de Espectro Ensanchado (Spread Spectrum) con antenas direccionales punto-punto entre estaciones fijas.

El análisis determina el procedimiento de verificación de línea de Vista LDV, entre la ubicación del Transmisor (Volcán Chiles) y el Receptor (instalaciones de ECU911). La verificación se la realiza a través de la cartografía georreferenciada y el software de simulación de enlace RADIO MOBILE.

El programa RADIO MOBILE dispone de una interfaz gráfica "RADIO MOBILE", que se utiliza para ingresar datos de una manera fácil y sencilla por parte del usuario. Ingresados los datos el programa RADIO MOBILE realiza los cálculos y/o predicción de coberturas de telecomunicaciones, para luego presentar al usuario los resultados y graficas respectivas. (Mobile, 2017)

4.2.2 Radio enlace 1

El radio enlace 1 irá desde la torre ubicada en el Volcán Chiles hasta el nodo Repetidor, se procede a realizar la simulación y la creación de las redes y sistemas. En la tabla 24 se indica las ubicaciones de la torre de Transmisión del Volcán Chiles y el repetidor el cual será ubicado a 1.41 km.

Tabla 24.

Ubicación Tx Volcán-Repetidor

Nodos(Unidades)	Latitud	Longitud	Altitud
Tx Volcán Chiles	N 0° 48' 16.1"	O 77° 56' 32.6"	4136 m

Repetidor	N 0° 48' 38.4"	O 77° 55' 52.7"	4399 m
------------------	----------------	-----------------	--------

Tomado de: (Mobile, 2017)

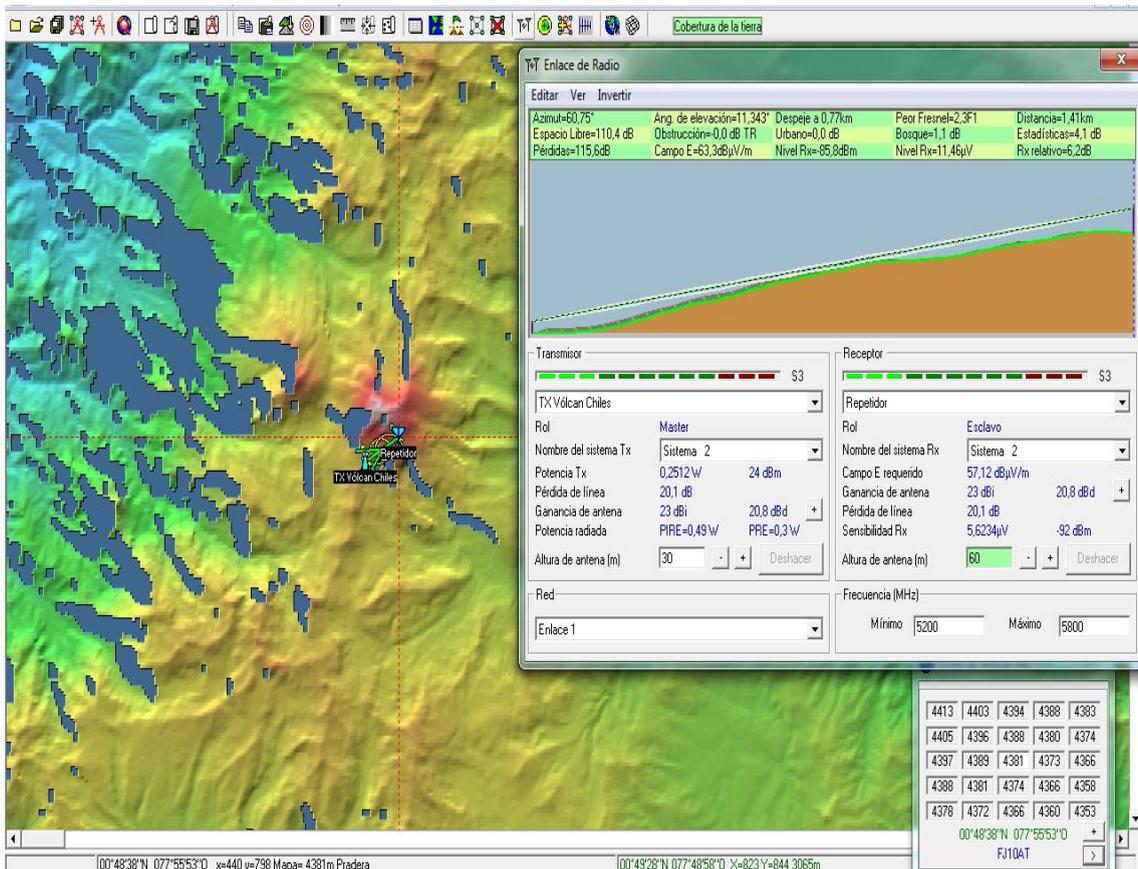


Figura 30. Línea de vista Volcán Chiles-Repetidor (Radio Enlace 1)

En el Radio Enlace 1, la antena de Transmisión está ubicada a 30 metros del suelo y la antena del Repetidor está ubicada a 60 metros del suelo así se obtiene un Peor Fresnel del 2.3F1, que es muy bueno ya que el mínimo Fresnel es del 0.8F1 para un correcto funcionamiento del radio enlace.

4.2.3 Radio enlace 2

El radio enlace 2 irá desde el nodo repeditor hasta el Ecu 911, se procede a realizar la simulación y la creación de las redes y sistemas.

En la tabla 25 se indica las ubicaciones del receptor Ecu 911 y del repeditor el cual será ubicado a 21.83 km.

Tabla 25.

Ubicación Rx Ecu911-Repetidor

Nodos(Unidades)	Latitud	Longitud	Altura
Receptor ECU 911	N 0°47' 48.8"	O 77° 44' 7.2"	2949 m
Repetidor	N 0° 48' 38.4"	O 77° 55' 52.7"	4399 m

Tomado de: (Mobile, 2017)

En el Radio Enlace 2 la antena del Repetidor está ubicada a 60 metros del suelo y la antena del Receptor ECU 911 está ubicada a 60 metros del suelo, así se obtiene un valor del Peor Fresnel del 2.9F1 que al igual que el anterior cumple con la condición que sea mayor al 0.8F1 para garantizar el correcto funcionamiento del radio enlace.

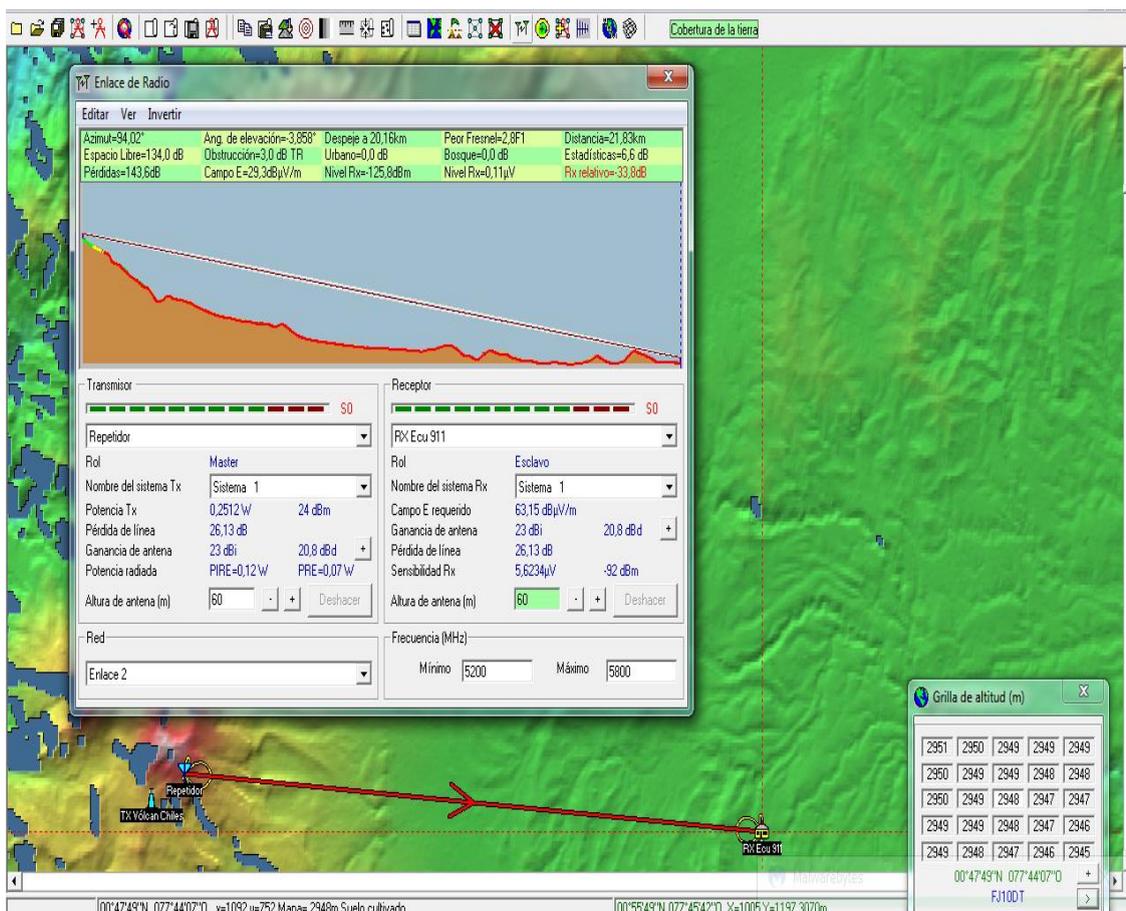


Figura 31. Línea de vista Repetidor-Ecu 911 (Radio Enlace 2)

En el Radio Enlace 2 la antena del Repetidor está ubicada a 60 metros del suelo y la antena del Receptor ECU 911 está ubicada a 60 metros del suelo, así se obtiene un valor del Peor Fresnel del 2.8F1 que al igual que el anterior cumple con la condición que sea mayor al 0.8F1 para garantizar el correcto funcionamiento del radio enlace.

4.2.4 Datos del radio enlace 1

Tabla 26.

Datos del radio enlace 1

Parámetro	Valor
Distancia entre Transmisor Volcán Chiles - Repetidor	1.41km
Frecuencia de operación	5.8Ghz
Potencia del transmisor (2x BPSK (1/2))	24 dBm
Sensibilidad del receptor (2x BPSK (1/2))	-62dBm
Ganancia de la antena del transmisor	23 dBi
Altura de la antena en el transmisor Volcán Chiles	30 m
Ganancia de la antena del Receptor Repetidor	23 dBi
Altura de la antena en el receptor Repetidor	60 m
Perdidas por cable por metro a Frecuencia de operación de 5800Mhz para LDF4-50A 1/2" Andrew Heliax Coaxial Cable	0.1964 dB/m
Perdidas en el cable	20,1 dB
Confiabilidad del enlace	99.99%

Tomado de: (Mobile, 2017)

4.2.4.1 Cálculo de las pedidas en el espacio libre

$$L = 32.45 + 20\log(d[\text{km}]) + 20\log(f[\text{Mhz}])$$

$$L = 32.45 + 20\log(1.41\text{km}) + 20\log(5800\text{Mhz})$$

$$= 32.45 + 2.98 + 75.27 = 110.70\text{dB}$$

$$PR_x = PT_x - A_{\text{Linea Tx}} - A_{\text{Cable de bajada Tx}} + G_{\text{Antena Tx}} - L + G_{\text{Antena Rx}} - A_{\text{Linea Rx}} - A_{\text{Cable de bajada Rx}}$$

$$PR_x = 24\text{dBm} - 1\text{dB} - (0.196\text{dB/m} \cdot 35\text{m}) + 23\text{dBi} - 110.70\text{dB} + 23\text{dBi} - 1\text{dB} - (0.1964\text{dB/m} \cdot 65\text{m})$$

$$PR_x = 24\text{dBm} - 1\text{dB} - 6.87\text{dB} + 23\text{dBi} - 110.65\text{dB} + 23\text{dBi} - 1\text{dB} - 12.77\text{dB}$$

$$PR_x = -62.29\text{dBm.}$$

4.2.4.2 Cálculo del margen de desvanecimiento

$$F_m = 30\log(d[\text{km}]) + 10\log(6 \cdot A \cdot B \cdot f) - 10\log(1-R) - 70 \text{ [dB]}$$

$$1-R: \text{Objetivo de confiabilidad del enlace} = 1 - 0.9999 = 0.0001$$

A: Factor de rugosidad

4: si el terreno es plano o agua

1: para un terreno promedio

0.25 : para un terreno rugoso

B: Factor climático

0.5 : zonas calientes y húmedas

0.25 : zonas intermedias

0.125: para áreas montañosas o muy secas

f: Frecuencia [Ghz]

$$F_m = 30\log(1.41[\text{km}]) + 10\log(6 \cdot 1 \cdot 0.125 \cdot 5.8) - 10\log(0.0001) - 70 \text{ [dB]}$$

$$F_m = 4.48 + 6.38 - (-40) - 70 \text{ [dB]}$$

$$F_m = -19.14 \text{ dB}$$

4.2.4.3 Umbral del receptor

$$U_{Rx} = P_{Rx} - F_m$$

U_{Rx} : Valor referencial de potencia que tiene el equipo receptor , valor por encima de este logran establecer una conexión inalámbrica confiable

P_{Rx} : Potencia calculada en el receptor

F_m : Margen de desvanecimiento

$$U_r = -62.29 \text{ dBm} - (-19.14 \text{ dB}) = -43.05 \text{ dBm}$$

4.2.4.4 Margen Umbral

$$M_u = P_{Rx} - S_{Rx}$$

P_{Rx} : Potencia calculada en el receptor

S_{Rx} : Sensibilidad del receptor

$$M_u = -62.29 \text{ dBm} - (-92 \text{ dBm}) = 29.75 \text{ dB}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que se tiene un margen umbral que permite establecer una comunicación inalámbrica confiable.

4.2.5 Datos del radio enlace 2

Tabla 27.

Datos del radio enlace 2

Parámetro	Valor
Distancia entre Repetidor – Receptor ECU 911	21.83km
Frecuencia de operación	5.8Ghz
Potencia del transmisor (2x BPSK (1/2))	24 dBm
Sensibilidad del receptor (2x BPSK (1/2))	-92 dBm
Ganancia de la antena del transmisor	23 dBi
Altura de la antena en el transmisor Volcán Chiles	60 m
Ganancia de la antena del Receptor Repetidor	23 dBi
Altura de la antena en el receptor Repetidor	60 m
Perdidas por cable por metro a Frecuencia de operación de 5800Mhz para LDF4-50A 1/2" Andrew Helix Coaxial Cable	0.1964 dB/m
Pedidas en el cable	26.13dB/m
Confiabilidad del enlace	99.99%

Tomado de: (Mobile, 2017)

4.2.5.1 Cálculo de las pedidas en el espacio libre

$$L = 32.45 + 20\log(d[\text{km}]) + 20\log(f[\text{Mhz}])$$

$$L = 32.45 + 20\log(21.83\text{km}) + 20\log(5800\text{Mhz})$$

$$= 32.45 + 26.78 + 75.27 = 134.50\text{dB}$$

$$P_{Rx} = P_{Tx} - A_{\text{Linea Tx}} - A_{\text{Cable de bajada Tx}} + G_{\text{Antena Tx}} - L + G_{\text{Antena Rx}} - A_{\text{Linea Rx}} - A_{\text{Cable de bajada Rx}}$$

bajada Rx

$$P_{Rx} = 24\text{dBm} - 1\text{dB} - (0.1964\text{dB/m} \cdot 65\text{m}) + 23\text{dBi} - 134.45\text{dB} + 23\text{dBi} - 1\text{dB} - (0.1964\text{dB/m} \cdot 65\text{m})$$

$$P_{Rx} = 24\text{dBm} - 1\text{dB} - 12.77\text{ dB} + 23\text{dBi} - 134.50\text{dB} + 23\text{ dBi} - 1\text{ dB} - 12.77\text{dB}$$

$$P_{Rx} = -92.04\text{dBm}$$

4.2.5.2 Cálculo del margen de desvanecimiento

$$F_m = 30\log(d[\text{km}]) + 10\log(6 \cdot A \cdot B \cdot f) - 10\log(1-R) - 70 \text{ [dB]}$$

$$1-R: \text{Objetivo de confiabilidad del enlace} = 1 - 0.9999 = 0.0001$$

A: Factor de rugosidad

4: si el terreno es plano o agua

1: para un terreno promedio

0.25 : para un terreno rugoso

B: Factor climático

0.5 : zonas calientes y húmedas

0.25 : zonas intermedias

0.125: para áreas montañosas o muy secas

f: Frecuencia [Ghz]

$$F_m = 30\log(21.83[\text{km}]) + 10\log(6 \cdot 1 \cdot 0.125 \cdot 5.8) - 10\log(0.0001) - 70 \text{ [dB]}$$

$$F_m = 40.17 + 6.38 - (-40) - 70 \text{ [dB]}$$

$$F_m = 16.55 \text{ dB}$$

4.2.5.3 Umbral del receptor

$$U_{Rx} = P_{Rx} - F_m$$

U_r : Valor referencial de potencia que tiene el equipo receptor , valor por encima de este logran establecer una conexión inalámbrica confiable

P_{Rx} :Potencia calculada en el receptor

F_m : Margen de desvanecimiento

$$U_r = -92.04 \text{ dBm} - 16.55 \text{ dB} = -108.59 \text{ dBm}$$

4.2.5.4 Margen Umbral

$$M_u = P_{Rx} - S_{Rx}$$

P_{Rx} :Potencia calculada en el receptor

S_{Rx} : Sensibilidad del receptor

$$M_u = -92.04 - (-92 \text{ dBm}) = -0.04 \text{ dB}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que se tiene un margen umbral que permite establecer una comunicación inalámbrica confiable.

4.2.6 Diseño del radio Enlace

En la figura 32 se muestra el diseño del enlace, los equipos podemos ver en el anexo 9 donde se detalla todas sus características mas importantes, asi también en el anexo 10 donde se observa que tipo de línea de transmicon se utiliza.

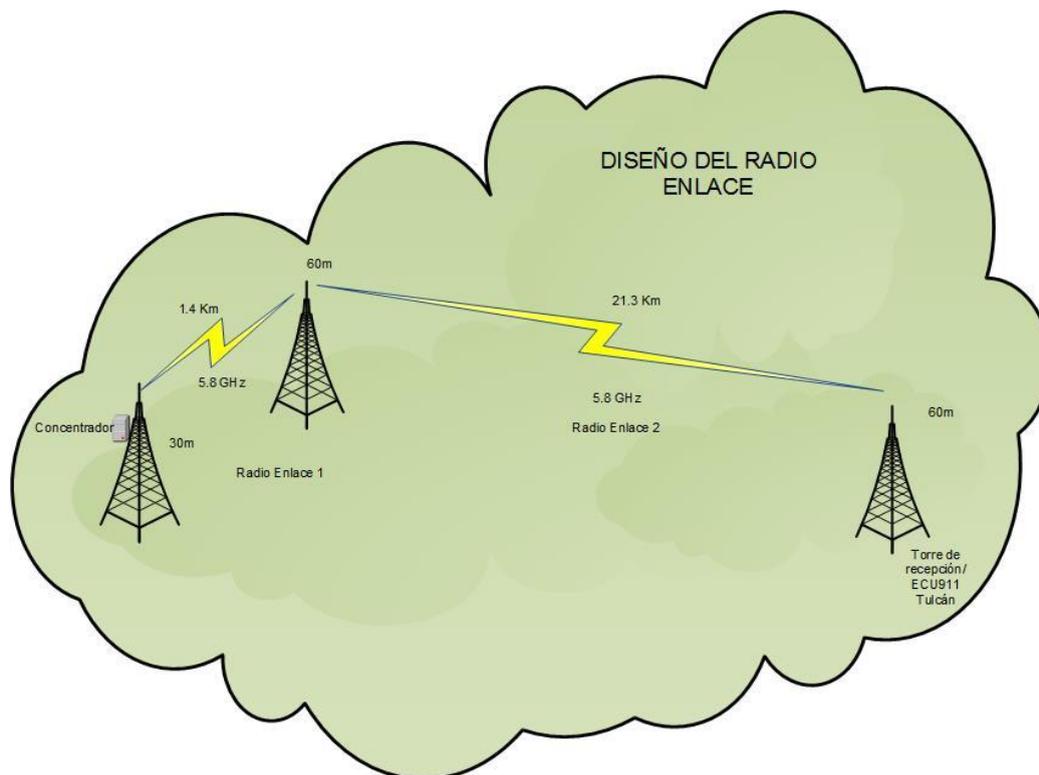


Figura 32. Diagrama del enlace

4.3 Fase 3 (Estación de monitoreo)

Una vez establecida la fase 2 el siguiente paso es el diseño de la estación de monitoreo la cual está ubicada en el ECU911 de Tulcán, para la cual el establecimiento designará un espacio determinado para el almacenamiento de la información receptada de la red de sensores y un espacio físico para el monitoreo constante del sistema.

4.3.1 Equipamiento básico para la estación de monitoreo (Hardware)

Para la estación de monitoreo se utilizarán los equipos correspondientes que sean compatibles con el sistema para su correcto funcionamiento al fin de no

tener pérdidas de información y que realice un correcto monitoreo de la información adquirida.

Características técnicas

En el capítulo 2 tabla numero 12 (Comparación de Software de monitoreo LabVIEW, SAMI y SCADA) se detalla los requerimientos básicos para el funcionamiento del Software de monitoreo (SCADA), llegando a la conclusión que se necesita las siguientes características en el computador:

- Microprocesador base: Intel® Pentium 4 de 2.60 GHz 512 K de Cache, velocidad de bus de 400 MHz y memoria ram de 4 GB
- Disco rígido 80 Gb con interfaz SATA.
- Unidades Ópticas: lector-grabadora de DVD 16x mínimo, interfaz EIDE/SATA
- Teclado español tipo QWERTY prolongado de 101 teclas conteniendo 12 teclas de función y teclado numérico.
- Mouse con sensor de movimiento totalmente óptico, con al menos 2 botones, rueda de scroll y su correspondiente software.
- Monitor LCD 28", resolución 1024x768 píxeles.

Router cisco 891

El router cisco 891 se eligió principalmente por su compatibilidad con la red MPLS de CNT E.P., también por sus importantes características que posee tales como su tecnología de conectividad que es cableada tanto para fibra óptica,

cable de cobre y par trenzado, soporta protocolos de interconexión de datos tal como Ethernet el cual se utiliza en la gran mayoría del diseño y permite la creación de túneles VPN dedicados. Más características de equipo se pueden ver en el Anexo 4.

Tabla 28.

Características Router Cisco 891

Tipo de dispositivo	Router
Tecnología de conectividad	Cableado
Protocolo de interconexión de datos	Ethernet, Fast Ethernet
Capacidad	Túneles VPN IPSec.
Red / Protocolo de transporte	L2TP, IPSec, FTP, DHCP, DNS.
Protocolo de direccionamiento	OSPF, RIP-1, RIP-2, BGP, EIGRP, HSRP, VRRP.

Tomado de: (CISCO, 2016)

4.3.2 Software para la estación de monitoreo

De acuerdo al análisis FODA realizado en capítulo 2 tabla 13, con una calificación de 160 puntos, el software de monitoreo compatible en un 100% con el diseño propuesto es SCADA VERSION 4.5. La versión más nueva del software SCADA está orientada a objetos para facilitar la integración y control de objetos, y desarrollar las aplicaciones de manera sencilla y rápida. Otra característica muy importante es su capacidad de integración total con las funciones de internet,

como la creación de reportes HTML, envío de correos electrónicos y exportar algunos procesos a través de la web para controlar y monitorear procesos en forma remota. Este software ha sido diseñado para realizar aplicaciones Cliente-Servidor y es compatible con todo el sistema de monitoreo.

Puede ser ejecutado en ambientes Windows, Linux, Mac OS X. Se caracteriza por su gran interface gráfica y despliegue de información en tiempo real, lo que ha significado que sea un software muy confiable para cualquier tipo de monitoreo.

4.3.2.1 Software SCADA Ignition

El software de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) de Ignition tiene funciones tales como posibilitar la creación de paneles de alarma, que requieren la existencia de un operador para registrar una alarma, con registro de incidentes. También con el almacenamiento de registros de señal originales, que pueden ser guardados para su correcto procesamiento. Con ellas, se pueden desplegar aplicaciones para ordenadores con adquisición de datos, gestión de señales, registros de datos adquiridos para poder visualizarlos en fechas específicas, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco e impresora. (Ignition, 2016)

El software Ignition mediante su módulo cliente-servidor permite acceder al “Concentrador” de datos ubicado en la antena del volcán Chiles. Usando el protocolo Modbus RTU sobre TCP, adquiere los datos del concentrador y pone los mismos a disposición de los módulos de visualización posteriormente usados

para creación de pantallas. Se realiza la configuración y se elige el protocolo de comunicación como se puede observar en la figura 33.

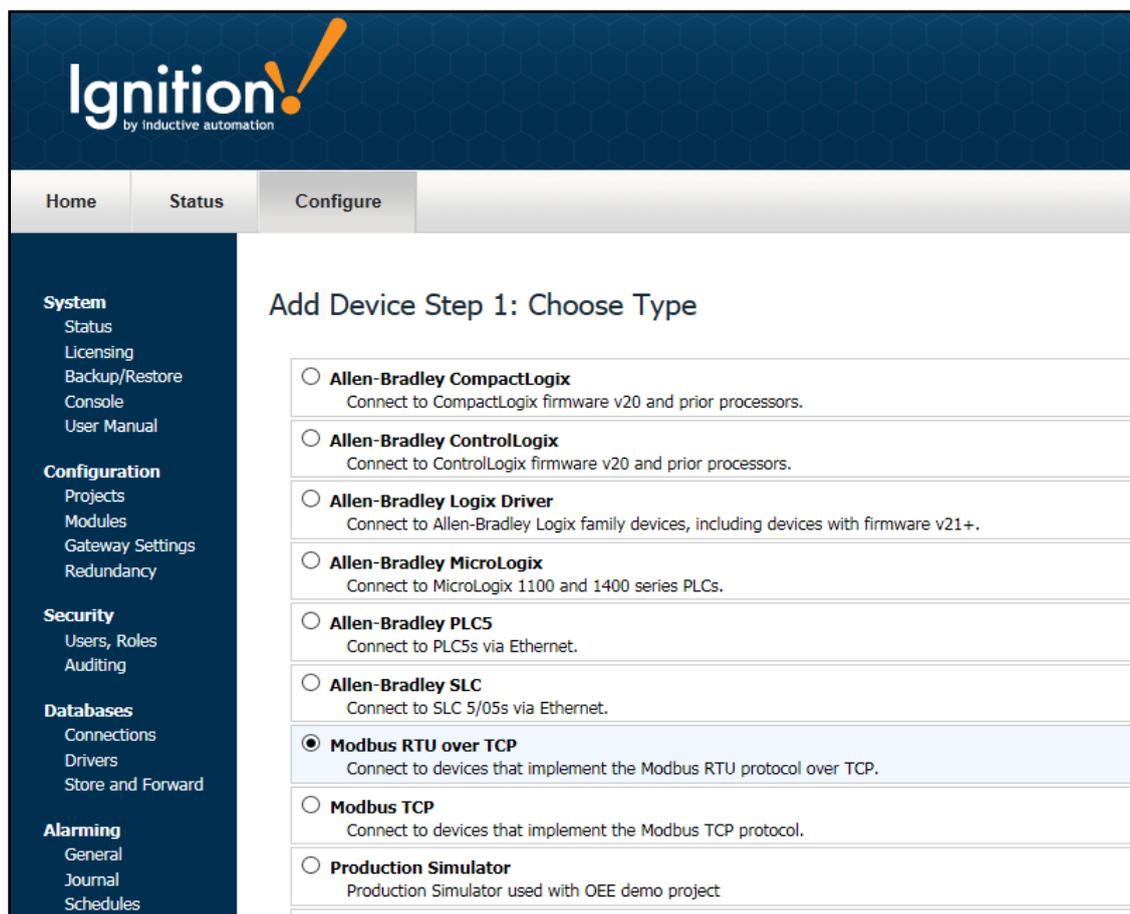


Figura 33. Selección de Modbus RTU sobre TCP

4.3.2.2 Pantallas del Sistema

SCADA para el monitoreo de lahares ubicado en el ECU-911 cuenta con las siguientes pantallas.

Para la visualización de frecuencias dadas por los sensores ubicados en el volcán se tiene una pantalla donde se puede apreciar las frecuencias obtenidas, las fechas exactas cuando se da el dato por parte de cada uno de los sensores

tanto de la ladera número 1 y de la ladera número 2, las mismas que serán monitoreadas y almacenadas en el sistema SCADA para llevar un registro de actividad. (Figura 34)

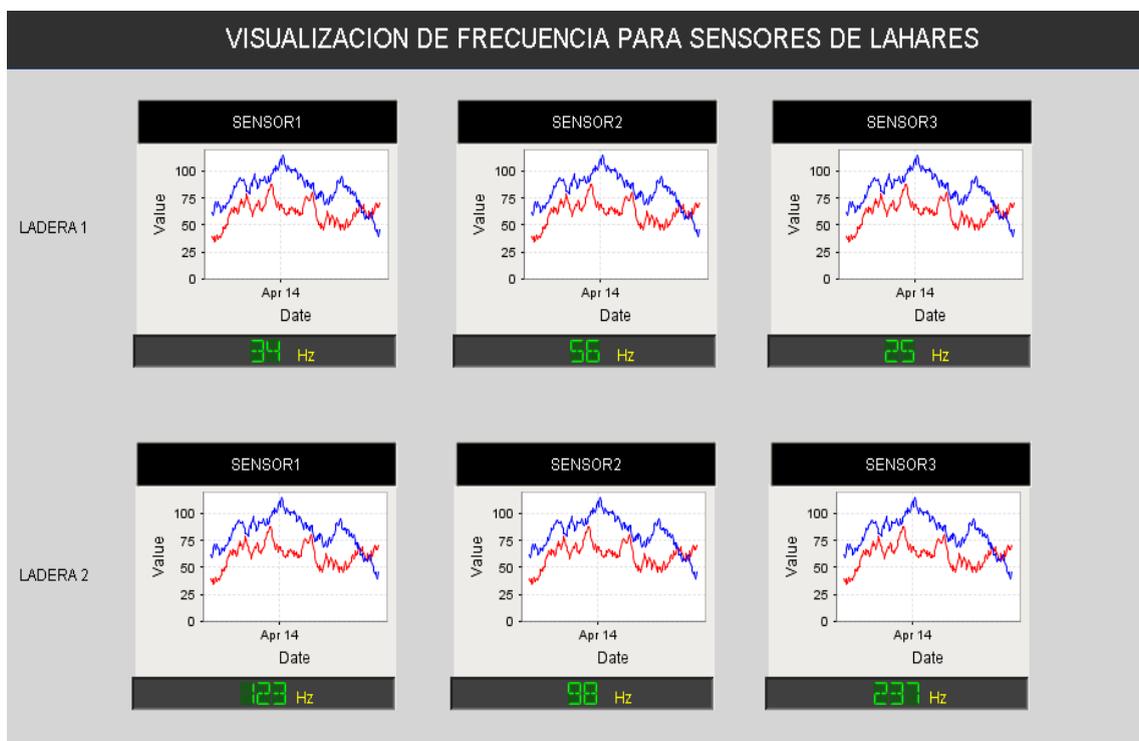


Figura 34. Ejemplo de visualización de frecuencia en cada sensor de lahares

4.3.2.3 Pantalla de visualización de reportes

La pantalla de visualización de reportes permite al usuario seleccionar la fecha exacta de la cual se requiere obtener un reporte de la frecuencia detectada por un sensor de lahar. En la pantalla se tiene parámetros de búsqueda donde se debe poner la fecha, el número de ladera y el número de sensor a consultar para visualizar cada dato de registro de actividad, así se obtiene información que permite monitorear el comportamiento del volcán y generar datos de registros para el estudio continuo de un especialista en vulcanología. (Figura 35).

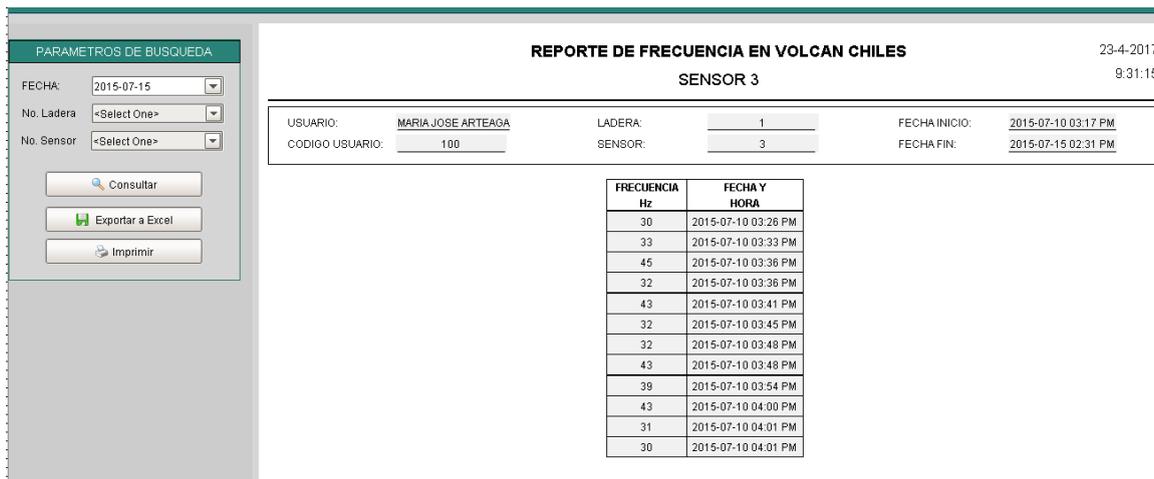


Figura 35. Visualización de reportes

4.3.2.4 Lógica de control para activación de alarma en la localidad de Tufiño

La lógica de control asociada a esta alarma se realiza en la plataforma de programación del Ignition (Scada) con la ayuda de un scripting que tiene una lógica que está acompañada por el flujograma del sistema de monitoreo en el numeral 4.4.3 (Capítulo 4) que compara la frecuencia de cada sensor con la frecuencia de alarma, si algún sensor supera la frecuencia de alarma, se envía una señal al PLC de Tufiño, el cual recibe la señal y activa las sirenas para dar aviso de evacuación a la población (Figura 36).

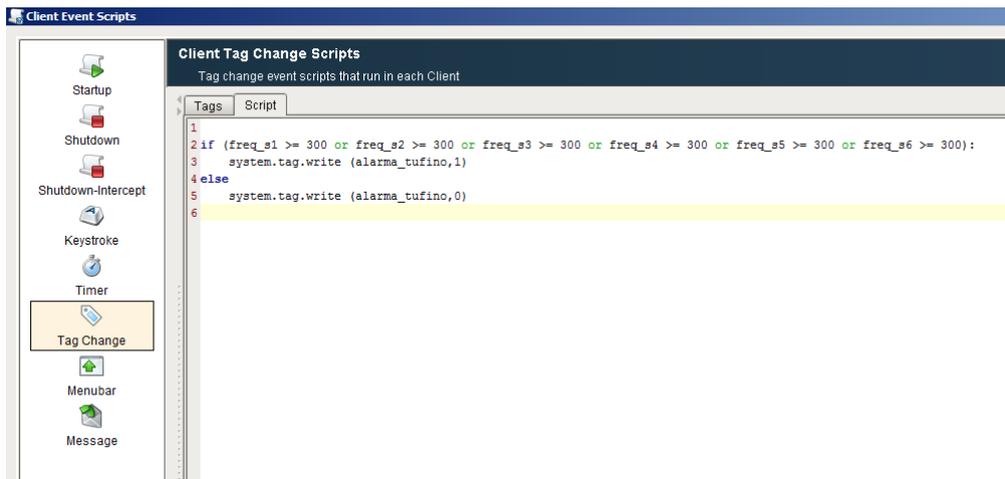


Figura 36. Lógica de control

4.3.3 Flujograma del sistema de monitoreo

En el siguiente flujograma se muestra paso a paso el funcionamiento del software de monitoreo y como actúa ante una eventualidad.



Figura 37. Flujograma del sistema de monitoreo.

Para adquirir la información que proporciona el radio enlace se utilizara la conexión Ethernet de la ODU (Puerto Ethernet) la cual se conectara directamente

con el router cisco 891(Puerto Ethernet) en el ECU911 para la constante monitorización de la información almacenada en la tabla del Modbus.

SCADA mediante comunicación Modbus RTU sobre TCP lee los datos almacenados en la tabla del concentrador que realizara la comparación de la frecuencia obtenida de los sensores con la máxima frecuencia que indica un posible lahar. Si la frecuencia del sensor es mayor, envía una señal a un PLC ubicado en Tufiño, el cual activara una alarma sonora para dar aviso a la población. Si la frecuencia es menor se vuelve a realizar la comparación. Eso indicara un constante monitoreo para una inmediata actuación en el caso de una erupción volcánica y una eficaz evacuación para los pobladores.

4.3.4 Gráfico de red

En el gráfico de red figura 38 se observa cada extremo de la red con su respectiva Ip network para su correcta comunicación y envío de la información mediante el protocolo Modbus RTU sobre TCP.

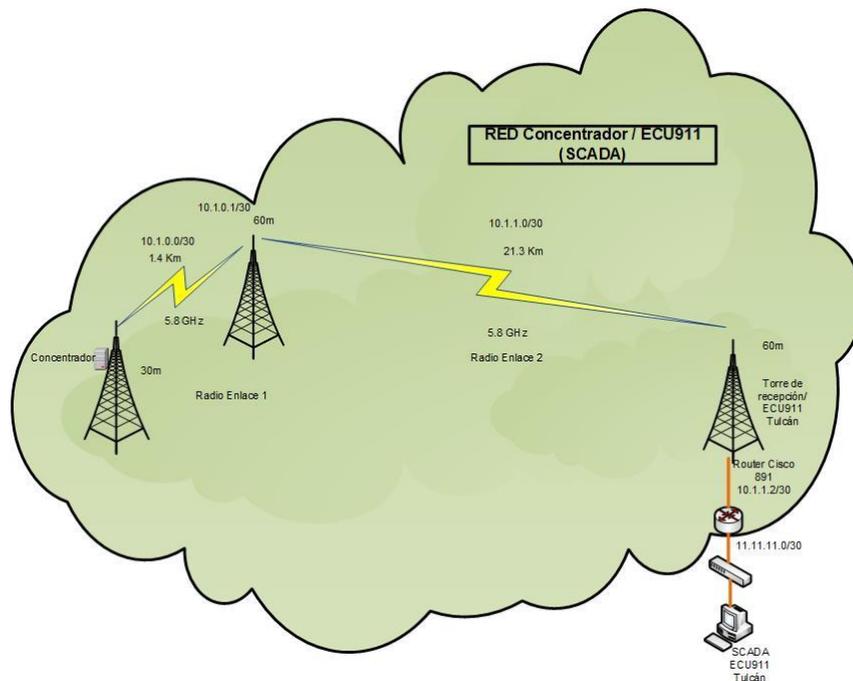


Figura 38. Red concentrador / ECU911

4.4 Fase 4 (Red de transporte Ip-MPLS)

Una vez establecida la fase 3 el siguiente paso es la explicación de la fase 4 la cual permitirá enviar toda la información por medio de la red de transporte Ip-MPLS hacia el GAD de Tulcán con el fin de la activación de las alarmas en caso de una erupción volcánica.

Para la elección del proveedor ISP se realizó un análisis de la infraestructura existente del sitio con tres empresas proveedoras de servicio (Claro, Movistar y CNT E.P.) y se llegó a la conclusión que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones es la única que posee la infraestructura requerida en las ciudades respectivas para el envío de la información y cumple con todas las necesidades por si existe el caso de la implementación del proyecto esta

información se obtuvo gracias a la reunión que se mantuvo con el Jefe de área de la red MPLS el ingeniero Proaño Israel el cual explicó e informo como está conformada la red dentro de las zonas y ciudades cercanas al diseño.

En esta fase en caso de una alerta temprana se enviara la información receptada por el ECU911 hacia el sistema de bocinas ubicado en Tufiño para lo cual se aprovechara los servicios de la red MPLS existente de CNT E.P.

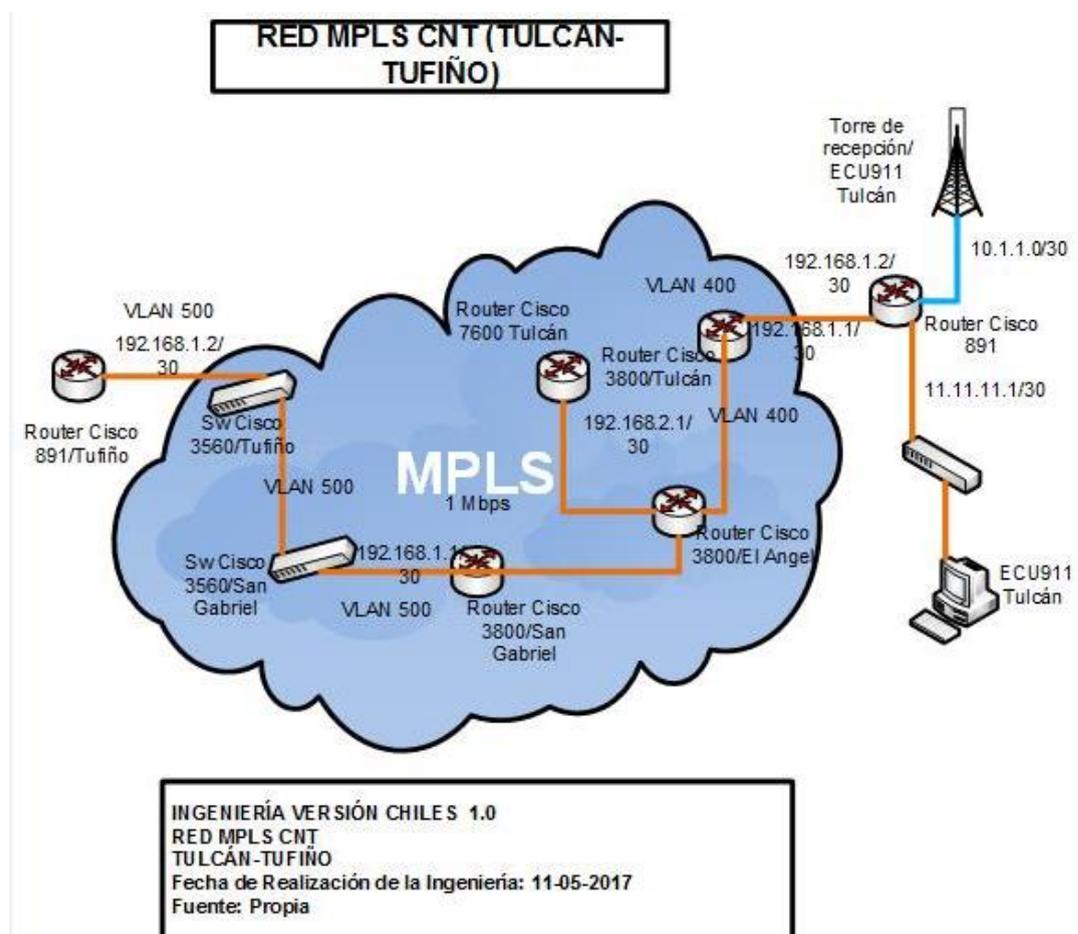


Figura 39. Estructura de red MPLS

4.4.1 Diseño del servicio corporativo en red MPLS

Se va a utilizar una red de transporte MPLS, la cual usará VPN capa 3, se va a hacer una interfaz virtual tanto en el lado de Tulcán como en el Tufiño. Los servicios que se levantarían en capa 3 a través de una VPN MPLS sería una VRF que están dados en el equipo de Tufiño y que subiría al equipo de San Gabriel (Cisco 3800) y en el lado de Tulcán subiría el servicio al equipo Cisco 3800 de la misma ciudad, en ambos lados se levantaría una VRF con los mismos Route target y Route distinguisher.

Internamente en la red MPLS se soporta los protocolos LDP, IS-IS y MP-BGP para el transporte del servicio. La configuración de ancho de banda teniendo en cuenta que son tasas bajas de información y solo se utiliza la red para datos, el tráfico no va a superar los 2 Mbps por lo tanto se aplican políticas de calidad de servicio a nivel de traffic police sobre las vlans designadas tanto en Tulcán como en San Gabriel que no necesariamente son las mismas vlans ya que es una red MPLS, se aplica traffic police de 1 Mbps tanto en la entrada como en la salida y crear un canal simétrico. En los routers que se ubican fuera de la Red MPLS tanto en Tulcán como en Tufiño, van a tener una configuración básica estándar en la cual solo se habilita el protocolo de enrutamiento estático. Se puede indicar que los servicios de VPN capa 3 se implementaría solo para transportar los datos desde la ciudad de Tulcán (ECU911) a Tufiño (GAD), dichos datos serían redundantes ya que la red MPLS de la CNT E.P. que se escogió como proveedor de servicios tiene caminos redundantes desde el Ángel a dos distintos dispositivos de la ciudad de Tulcán y a través de una agregación que se encuentra protegida por anillos de DWDM hacia San Gabriel, con eso se garantizaría la disponibilidad de este servicio.

4.5 Fase 5 (Sistema de Alarmas)

Para la estación de control Tufiño se requiere un sistema de alarmas sonoras (Sirenas) el mismo que alerte a la población ante un eminente amenaza de lahares del volcán Chiles para lo cual se ha dimensionado un sistema de activación de alarmas el que será controlado desde la estación de monitoreo (SCADA) ubicada en Tulcán, para este control se cuenta con un enlace de fibra óptica dedicado desde la estación ECU 911 hasta el GAD de Tufiño ya explicado anteriormente (Fase 4).

4.5.1 PLC Simens S7-1200

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 para las distintas tareas de automatización ofrece flexibilidad y capacidad para controlar una gran variedad de dispositivos.

El CPU con un microprocesador incorporado, con una fuente de alimentación integrada, y con circuitos de entrada y salida dentro de una carcasa compacta, conforma un potente PLC. Una vez que se carga el programa en el CPU, este tiene las instrucciones lógicas necesarias para vigilar y controlar los dispositivos de su entorno. El CPU controla las entradas y cambia el estatus de las salidas según la lógica programada por el usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos. Además numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto al CPU como al programa de control.

4.5.2 Lógica de control

El plc recibe una señal de alarma enviada por el Scada "Ignition" (Comunicación Modbus RTU sobre TCP) en el ECU 911. Procesando la señal de alarma se genera un pulso con intermitencia de 2 segundos, el cual será enviado a una salida digital del plc asociada a una sirena.

Al generar una señal cuadrada se consigue un sonido intermitente. Para el tratamiento de la señal de alarma en el plc, se usa dos temporizadores con retardo a la conexión, al recibir la señal de alarma el primer temporizador permanece dos segundos desactivado y dos segundos activado, la salida temporizador se usa para activar la salida del plc que controla el sonido de la sirena. Como se muestra a continuación:

Como se puede observar en la figura 40 es como actuaría la alarma en caso de una erupción volcánica, en este diseño la alarma utiliza dos timer los cuales permitirán la activación (2 segundos) y desactivación (2 segundos) para que exista un flujo de sonido no aturdidor ni desesperante en el momento de la evacuación de la población.

El flujo de sonido, pasa por el timer el cual abre la brecha para la salida de sonido y el siguiente timer cierra la brecha así se mantiene la regla de dos segundos para la emisión del sonido.

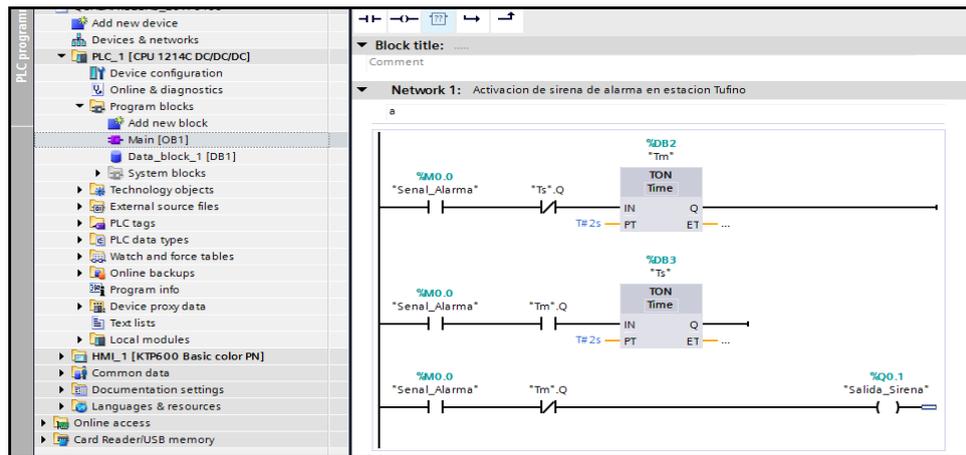


Figura 40. Programa de plc

4.6 Sistemas de alarmas

Como parte complementaria del sistema de monitoreo de las sensores de lahares del volcán Chiles, es necesario implementar y/o configurar un sistema de alarmas que permita tomar acciones preventivas o emergentes en caso de cambios significativos o valores altos de los sensores.

Para tal efecto en el Software SCADA - Ignition se configura las alarmas de acuerdo a prioridades y orden jerárquico. De acuerdo a los requerimientos del ECU 911 han suministrado una lista de mails de los cargos o personas designadas a recibir estas notificaciones, mismo que serán ingresados en el sistema.

Tabla 29.

Nombres Funcionarios

Nombre	Mail	Cargo	Prioridad
Vanessa Avilés Rossy Suarez	vanessa.suarezaviles@ecu911.gov.ec	Recursos humanos	Baja

Gallardo Pacheco Iván Alejandro	gallardo.ivan@ecu911.gob.ec	Sistemas	Media
Molina Tufiño Edison Antonio	molina.edison@ecu911.gob.ec	Gerente General	Alta

Nivel de Alarmas

- Bajo (0 a 266 Hz)
- Medio (266 a 533 Hz)
- Alto (533 a 786 Hz)
- Erupción Eminente (786 Hz en adelante)

En caso de que la erupción sea eminente la principal zona o sector que se verá fuertemente afectado será la ciudad de Tufiño, es por ello que en caso que sea notificada una alarma con categoría " Erupción Eminente" se deberá alertar a los ciudadanos de Tufiño. En esta estación se cuenta con un PLC Simens7'1200 (Capitulo 4, punto 4.5.1), el mismo que al estar enlazado recibirá órdenes del SCADA, y en caso de emergencia " Erupción Eminente" activara unas sirenas (Bocinas), elementos sonoros para alertar a la ciudadanía para tomar las acciones correspondientes que han sido planificadas previamente por las autoridades de la zona, es decir se deberán iniciar una evacuación o dirigirse al punto de encuentro o zonas seguras.

4.6.1 Sirenas

Las sirenas que han sido preseleccionadas son de la marca Pavian 900, que serán montadas en un arreglo de 6 grupos en dirección a puntos cardinales permitiendo que el sonido se propague en todas las direcciones todas sus

características están detalladas en el Anexo 3. La ubicación de las sirenas va a ser en las siguientes coordenadas $0^{\circ} 48' 1.2425''$ y $-77^{\circ} 51' 17.3935''$, en la figura 41 se observara como es el rango de cobertura acústico y sus parámetros.

El programa que se utilizo es Acusticus Professional el cual potente herramienta en utilizada para la creación de sistemas de sonido exteriores e interiores. Puede crear un proyecto sencillo utilizando una única sirena o un complejo sistema nacional de alerta temprana que contenga cientos de sirenas, puntos de medición y fondos sonoros.

Acusticus Professional también puede ser utilizado para el diseño de sistemas de sonido destinados a interiores de varios tipos de edificios y salas de producción, y para el diseño de sistemas de sonido destinados tanto para interiores como exteriores.



Figura 41. Imagen satelital de cobertura

4.6.2 Esquema del flujo de información

El flujo de información sigue el siguiente esquema:

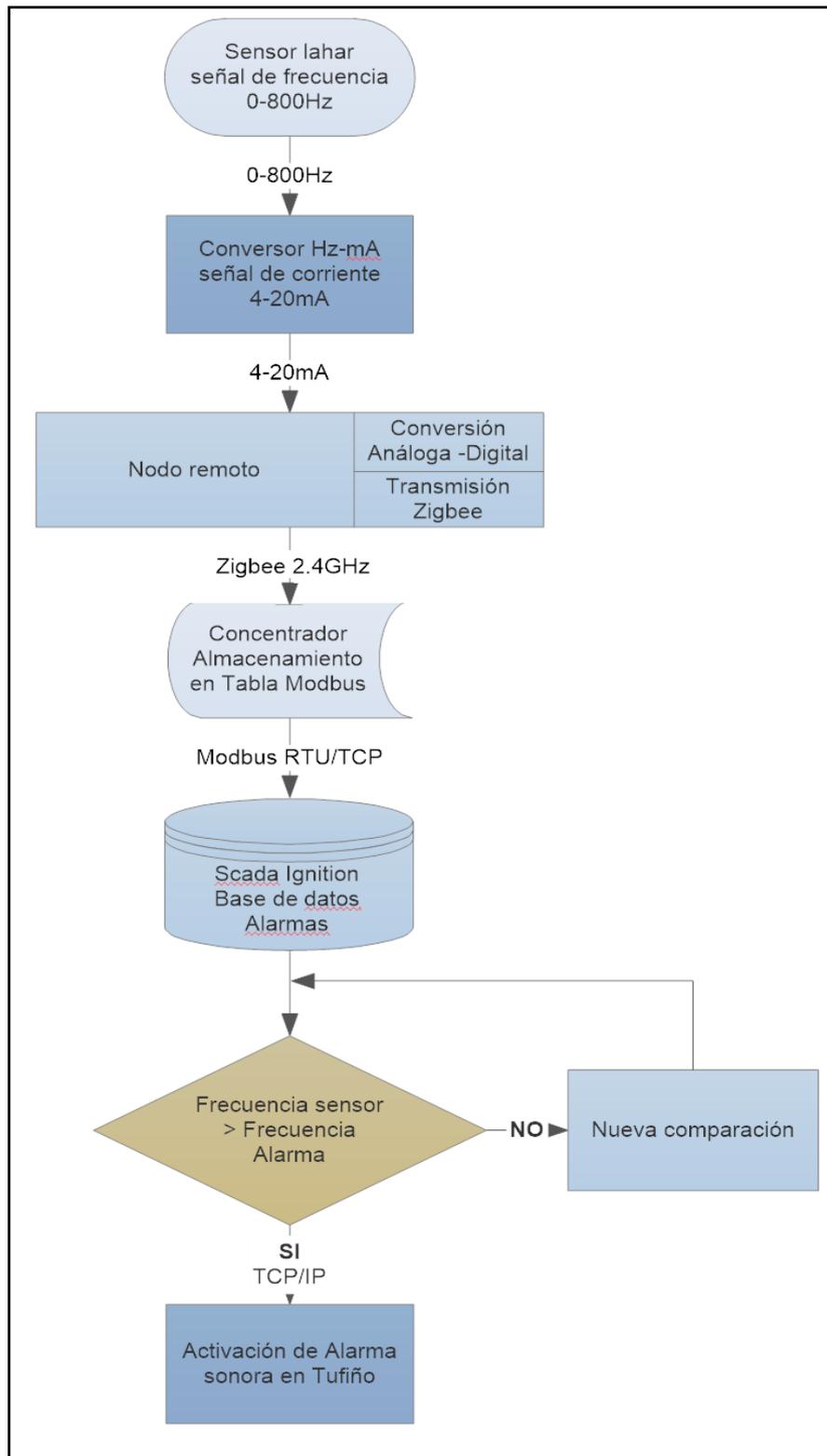


Figura 42. Flujograma de información..

Sensor.

- Transforma el movimiento de la tierra en una señal de frecuencia entre 0-800Hz.
- Envío de señal de frecuencia hacia conversor de frecuencia a corriente.
- Conversor.
- Recibe la señal de frecuencia enviada por el sensor y transforma la misma en corriente de 4-20mA.
- Envía la señal de corriente hacia un nodo remoto.

Nodo remoto

- Recibe la señal de corriente enviada por el conversor y mediante un proceso de transformación análogo digital, transforma la misma a su representación binaria.
- Transmite una señal binaria mediante zigbee hacia un concentrador.

Concentrador

- Almacena los datos enviados por los nodos remotos en una tabla con registros modbus.
- Pone a disposición del maestro modbus los datos almacenados en la tabla.

Scada Ignition

- Mediante comunicación Modbus RTU sobre TCP lee los datos almacenados en la tabla del concentrador.
- Realiza la comparación de la frecuencia obtenida de los sensores con la máxima frecuencia que indica un posible lahar (HSP). Si la

frecuencia del sensor es mayor a HSP, envía una señal a un PLC ubicado en Tufiño, el cual activa una alarma sonora para dar aviso a la población. Si la frecuencia es menor a HSP se vuelve a realizar la comparación.

5 Capítulo V análisis costo/beneficio

El objetivo del análisis costo/beneficio es proporcionar los costos que compone la ejecución del proyecto con la rentabilidad proyectada en la elaboración del mismo. Para dicho análisis se usará el método cuantitativo, para determinar el número de equipos que se utilizarían en el proyecto.

5.1 Descripción de los materiales y equipamiento a utilizar.

En la tabla número 30 y tabla número 31 se puede apreciar los materiales detallados que se utilizarían para la construcción de los nodos y para el concentrador

Tabla 30.

Materiales de construcción nodo

#	Detalle	Código	Marca	Precio unitario	Precio total
1	1 gabinete metalico contruido en acero inoxidable tipo nema 4x medidas aproximadas (400x400x200)		rittal	450,00	450,00
2	1 nodo remoto con entradas analogas 4-20 ma	wremote-3005-nd	exemys	648,00	648,00
3	1 conversor de frecuencia (hz) a corriente (4-20 ma)		wago	125,00	125,00
4	1 fuente de alimentacion entrada 24 vdc salida 24vdc 2.5 amp	sitop	siemens	88,00	88,00
5	1 breaker de alimentacion 1 polo 2 amperios		siemens	21,00	21,00

6	1	borneras internas de interconexion		-	25,00	25,00
7	1	riel din		-	5,00	5,00
8	1	material menor (canaleta, cables, prensaestopas)		-	25,00	25,00
9	1	mano de obra - armado de gabinete		-	100,00	100,00
10	1	paneles solares			366,00	366,00
				subtotal		1853,00

Tabla 31.

Materiales de construcción concentrador

#		detalle	código	fabricante	precio unitario	precio total
1	1	gabinete metalico contruido en acero inoxidable tipo nema 4x medidas aproximadas (400x400x200)		rittal	450,00	450,00
2	1	concentrador o maestro de la red	wremote-1000-cn	exemys	834,30	834,30
3	1	fuelle de alimentacion entrada 24 vdc salida 24vdc 2.5 amp	sitop	siemens	88,00	88,00
4	1	switch no administrable 5 puertos cu base 100	spider 5tx	hirschman	156,00	156,00
5	1	breaker de alimentacion 1 polo 2 amperios		siemens	21,00	21,00
6	1	borneras internas de interconexion		-	25,00	25,00
7	1	riel din		-	5,00	5,00
8	1	material menor (canaleta, cables, prensaestopas)		-	25,00	25,00
9	1	mano de obra - armado de gabinete		-	100,00	100,00
				subtotal		1704,30

En la tabla número 32 se detalla la utilización de hardware y software, acorde a todo los precios están estipulados en la misma.

En la tabla número 33 se observan los materiales para la construcción del tablero que se va a utilizar en la Parroquia Tufiño donde el material más importante es el PLC SIEMENS S7-1200 que contara seguridad detallada en la misma.

Tabla 32.

Hardware y Software de la estación de monitoreo

#	detalle	código	fabricante	precio unitario	precio total
1	1 computador de monitoreo intel pentium 4, 4gb mem ram, 80 ghz disco duro	optiplex	dell	400,00	400,00
2	1 monitor 28 pulgadas	-	dell	220,00	220,00
3	1 software / licenciamiento ignition		inductive automation	8000,00	8000,00
4	1 ingenieria para desarrollo del sistema scada en ignition			4000,00	4000,00
5	1 instalación física concentradores y nodos			2000,00	2000,00
6	1 mysql			0,00	0,00
			subtotal		14620.,00

Tabla 33.

Tablero de control Tufiño

#	detalle	código	fabricante	precio unitario	precio total
1	1 gabinete metalico contruido en acero inoxidable tipo nema 4x medidas aproximadas (400x400x200)		rittal	450,00	450,00
2	1 plc siemens s7-1200	s7-1200	siemens	655,00	655,00

3	1	fuelle de alimentacion entrada 24 vdc salida 24vdc 2.5 amp	sitop	siemens	88,00	88,00
4	6	reles bobina 24 vdc	700- hlt1u24	allen bradley	15,00	90,00
5	1	breaker de alimentacion 1 polo 2 amperios		-	21,00	21,00
6	1	borneras internas de interconexion		-	25,00	25,00
7	1	riel din		-	3,00	3,00
8	1	material menor (canaleta, cables, prensaestopas)		-	25,00	25,00
9	1	mano de obra - armado de gabinete		-	100,00	100,00
				subtotal		1457,00

En la tabla número 34 detalla el costo de los sensores que se utilizan en el diseño conjuntamente con la sirena que dará aviso a la parroquia en caso de una erupción volcánica.

Tabla 34.

Costo, Fabricante sensores y sirena

#	detalle	código	fabricante	precio unitario	precio total	
1	1	sirenas	pavian 300	telegrafía	1200,00	1200,00
2	6	sensores	dsu3-428	sercel	600,00	3600,00
			subtotal			4800,00

5.2 Metodología costo/beneficio

5.2.1 Retorno de la inversión

La rentabilidad del proyecto se muestra en porcentaje, el cálculo se ejecuta con la siguiente formula:

$$\text{ROI} = (\text{Utilidad neta o Ganancia}) \times 100 / \text{Inversión} \quad (\text{CreceNegocios, 2015})$$

Utilidad neta o ganancia: es el resultado de restar todos los gastos, operacionales y no operacionales, a los ingresos brutos generados durante un periodo concreto de tiempo. (CreceNegocios, 2015)

Inversión: colocación de capital en una operación, proyecto o iniciativa empresarial con el fin de recuperarlo con intereses en caso de que el mismo genere ganancias. (CreceNegocios, 2015)

5.2.2 Calculo costo/beneficio

Para ejecutar dicho análisis existen dos procesos:

- Producir estimación costo/beneficio.

Realizar dos diferentes listas, la primera es para instalar el proyecto y la segunda sobre los beneficios del mismo. (Rus, 2011)

Los costos deben ser ponderables y estimados en cifras accesibles, mientras los beneficios, se consideran medibles (en caso de tiempo, dinero) o no medibles (no apreciables de manera objetiva). (Rus, 2011)

- Determinar la viabilidad del proyecto con su respectiva aceptación.

Se calcula la utilidad neta anual, percibiendo el valor completo al empezar el proyecto "Cost1", para proyectar el año en el que se recuperara la inversión.

Tabla 35.

Determinación del retorno de inversión

AÑO	COSTO	BENEFICIO	BENEFICIO NETO
-----	-------	-----------	----------------

1	Cost1	Be1	Be1-Cost1
N	Costn	Ben	Ben-Costn

Tomado de: (Rus, 2011)

El retorno de la inversión se obtiene cuando Σ Beneficio neto = Cost0

5.2.3 Aplicación de la Metodología en diseño de un sistema de alertas tempranas para prevenir desastres en la parroquia de Tufiño provincia del Carchi

Para identificar la rentabilidad en porcentaje del proyecto se aplica la ecuación n:

$$\text{ROI} = (\text{Utilidad neta o Ganancia}) \times 100 / \text{Inversión}$$

5.2.3.1 Utilidad neta

Para obtener la utilidad neta se realizó un previo análisis de seguros de vida en distintas aseguradoras, que permite identificar el desembolso económico promedio por habitante vs. La inversión, para lo cual se adjunta tablas con estos valores descritos.

Tabla 36.

Desembolso económico promedio por habitante

Desembolso económico promedio por habitante	
Aseguradora	Valor
Aseguradora 1	\$ 60 000,00
Aseguradora 2	\$ 80 000,00

Aseguradora 3	\$ 100 000,00
Promedio por habitante	\$ 80 000,00

Se resalta el hecho que los valores proporcionados en la tabla 36 fueron entregados por las distintas aseguradoras, por políticas empresariales, no se puede mencionar los nombres de dichas entidades ni proveer las cotizaciones. No se pudo entregar ya que está protegido por la ley de derechos de autor Sección II artículo 8, esta ley se puede apreciar en el Anexo 7.

Una vez identificado el promedio por habitante (\$ 80 000,00) se debe considerar que Tufiño actualmente mantiene una población de 1771 habitantes, por lo que el desembolso económico promedio de la parroquia de Tufiño estaría valorado en \$ 141' 680 000,00, en función específica de un valor económico. Es importante señalar que el costo real de una vida humana no es cuantificable económicamente. Hay que tener en cuenta que no se van a perder todas las vidas humanas en una erupción volcánica, por lo que se da un porcentaje aproximado de decesos, por ejemplo la erupción volcánica del volcán Cotopaxi años atrás donde murieron 300 personas de un total de 25000 habitantes, el cual es el 1.2% de la población (Peltre, 1989). Dado este porcentaje se utilizara para dar cifras aproximadas a una catástrofe natural en este proyecto.

Tabla 37.

Valor total de inversión

Sistema de alerta temprana	
Total fase	Valor

Total fase 1	\$ 16422,30
Total fase 2	\$ 9800,00
Total fase 3	\$ 14620,00
Total fase 4	\$ 1664,28
Total fase 5	\$ 3317,88
Total sat	\$ 45824,76

En la tabla 37 se identifica el valor total de inversión del proyecto. La fase 2 y fase 4 estas detalladas en el ANEXO 5.

Entonces se puede decir que \$ 141' 680 000,00 (desembolso económico promedio de la parroquia de Tufiño) * 0.012 (Porcentaje base para el cálculo) - \$ 45824,76 (valor total inversión proyecto) da como resultado la Utilidad Neta = \$ 1'654.335.24

5.2.3.2 Inversión

Para identificar la inversión del proyecto se hace referencia a la tabla 35, en donde se detalla los valores generados en este proyecto por cada fase, el mismo que asciende a un resultado total de \$ 45824,76.

5.2.3.3 Resultado ROI

Una vez recolectados los datos necesarios para el cálculo del retorno de la inversión se procede a aplicar la fórmula.

$$\text{ROI} = (\text{Utilidad neta o Ganancia}) \times 100 / \text{Inversión}$$

$$\text{ROI} = (1'654.335.24) \times 100 / 45824,76$$

$$\text{ROI} = 3,610.13\%$$

Para determinar la viabilidad del proyecto y aprobación del mismo, se realizó el análisis del desembolso económico promedio por habitante (beneficio) y el valor total de inversión del sistema (costo). Los valores obtenidos se tabulan en la tabla 31 para conseguir el valor del beneficio neto del proyecto a futuro en caso de un desastre natural. Dado el caso con el uso del sistema se salven vidas humanas que es el principal objetivo del SAT.

Tabla 38.

Viabilidad del Proyecto

AÑO	COSTO	BENEFICIO	BENEFICIO NETO
1	45824,76	1'700,160,00	1'654.335.24.

Una vez realizado los cálculos se puede observar que el beneficio neto supera considerablemente al valor de inversión, se determina que el mismo es viable para su ejecución.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Para este diseño se realizó análisis teórico de las diferentes tecnologías para sensores del cual se puede comentar que la tecnología apta para este proyecto es la WSN ya que ofrecen la misma calidad y precisión que los sistemas de medida cableada tradicional, pero con mayor flexibilidad, menores costos y la habilidad de crear sistemas WSN inteligentes.

Se realizó un análisis para determinar la marca de sensores que se apegan a las necesidades del proyecto el cual es SERCEL modelo DSU3-428, los resultados de dicho análisis concluyen que tiene elevada sensibilidad a bajas frecuencias, proporcional a la severidad de la vibración del suelo. Y permite obtener información sobre eventos suscitados en varios momentos, haciéndolo ideal para aplicaciones donde queden lejos e instalados permanentemente, su ciclo de vida es de más de 10 años, su sensibilidad a movimientos de tierra son muy eficaces para el envío de información y su tiempo de respuesta a cualquier eventualidad es inmediata.

Con respecto al software de monitoreo se realizó el análisis y se determinó que el software SCADA es compatible con el diseño ya que está diseñado para realizar aplicaciones Cliente- Servidor tanto para sistemas HMI, SCADA y MES. Puede ser ejecutado en ambientes Windows, Linux, Mac OS X. Se caracteriza por su gran interface gráfica y despliegue de información en tiempo real, lo que

ha significado que sea un software muy confiable para cualquier tipo de monitoreo.

Se realizó el levantamiento de la información, se determinó los tres puntos geográficos principales en el diseño los cuales son el volcán Chiles, el ECU911 de Tulcán y el GAD de Tufiño.

Para el levantamiento de información del volcán chiles mediante mapas topográficos de la zona se concluyó los tres puntos importantes: ubicación, infraestructura, y las principales laderas del mismo, para el ECU911 de Tulcán y el GAD de Tufiño se concluyó que son importantes en el diseño porque tienen dos factores determinantes para el proyecto los cuales son ubicación e infraestructura. Los criterios descritos determinan la factibilidad de implementación del proyecto.

Se realizó un diseño de un Sistema de Alerta Temprana en el volcán Chiles hacia la Parroquia Tufiño, para lo cual se analizó los elementos compatibles de cada fase, cuyo resultado determinó que se debe usar una red de sensores con topología malla para la comunicación y redundancia de la transmisión de datos hacia el concentrador.

La red de radioenlace para la transmisión de datos recopilados de los sensores hacia la estación de monitoreo, con una banda no licenciada se debe registrar en un ente regulador de telecomunicaciones del Ecuador el cual es ARCOTEL y debe cumplir con requisitos exigidos por esta entidad.

A través de un enlace dedicado (ISP-MPLS/CNT E.P.) que comunica exclusivamente al GAD de Tufiño se tiene comunicación directa en situaciones de emergencia, el análisis de los requerimientos se han desarrollado con la determinación de los servicios de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

Con el sistema de alarma que radica en el GAD de Tufiño se concluye que es muy importante dar a conocer con anticipación y con un nivel de certeza; en tiempo y espacio la amenaza natural que se está efectuando para una correcta evacuación de la población para salvaguardar sus vidas y evitar la pérdida de las mismas.

Se analizado el diseño de todo el sistema aplicando la metodología de retorno de la inversión (ROI) y se obtuvo como resultado que este proyecto es viable para su ejecución debido a que el desembolso total neto de la parroquia Tufiño supera ampliamente al valor de inversión considerando que el costo real de una vida humana no es cuantificable económicamente.

6.2 Recomendaciones

Para la instalación de los detectores de lahares se debe tomar en cuenta que estos equipos son muy sensibles y su instalación debe tener de 60 a 100 cm de profundidad.

Se recomiendan para futuros cambios o mejoras de los equipos a instalar sean equipamiento de alto performance debido a que el clima mucha de las veces es extremo en el sitio.

La implementación del presente diseño es recomendable la correcta programación de los distintos nodos utilizados en el mismo. Al igual la programación del sistema de monitoreo SCADA para la correcta comunicación hacia el PLC de la bocina que se encuentra en la parroquia Tufiño (GAD).

REFERENCIAS

- Andean, B. (2015). *Summitpost*. Recuperado el 16 de Mayo de 2016, de <http://www.summitpost.org/volc-n-chiles/560437>
- Awardspace. (2010). *Network Land*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2015, de <http://network-land.awardspace.com/wi-fi/caracteristicas.php>
- Buettrich, S. (2007). *Cálculo de Radioenlace*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2016, de http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf
- Casco, S. M. (2014). *Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/MiniPCs.pdf>
- CISCO. (2016). *CISCO 891*. Recuperado el 7 de Octubre de 2016, de <http://www.cisco.com/c/en/us/support/routers/c891f-integrated-services-routers/model.html>
- CONELEC. (2016). *CONELEC*. Recuperado el 11 de Mayo de 2016, de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>
- CreceNegocios. (13 de Agosto de 2015). *CreceNegocios*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2016, de <http://www.crecenegocios.com/retorno-sobre-la-sobre-inversion-roi/>
- Cuadro, E. I. (5 de Junio de 2016). *Espol Edu*. Recuperado el 27 de Abril de 2016 de Itwon: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/98654/D-106120.pdf>
- Digi-Key. (2013). *European Editors*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2016, de <http://www.digikey.com/es/articles/techzone/2013/sep/beaglebone-black-brings-arduino-style-connectivity-simplicity-to-embedded-linux>
- digitalelectronic. (2016). *electronic*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2016, de <https://digitalelectronic.wikispaces.com/Diferencia+entre+microcontrolador+y+microprocesador>
- ECU911. (2016). *ECU911*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2016, de <http://www.ecu911.gob.ec/ecu-911-tulcan/>
- Ecuador, I. G. (2015). *IGE*. Recuperado el 11 de Marzo de 2016, de <http://www.igepn.edu.ec/chiles-cerro-negro>

- fotovotaica, S. d. (2015). *Energia Solar*. Recuperado el 11 de Octubre de 2016, de http://energiasolarfotovotaica.blogspot.com/2006/01/la-bateria_29.html
- Geofísico, I. (2015). IGE. Recuperado el 5 de Febrero de 2016, de IGE: <http://www.igepn.edu.ec/chiles-cerro-negro>
- Geofísico, I. (2015). *Instrumentacion Instituto Geofísico*. Recuperado el 5 de Febrero de 2016, de <http://www.igepn.edu.ec/sistemas-de-alimentacion/content/1-instrumentacion>
- Geofísico, I. (2016). *IGP*. Recuperado el 24 de Mayo de 2016, de IGP: <http://www.igepn.edu.ec/informes-volcanicos/chiles-cerro-negro/ccn-especiales/ccn-e-2016>
- Ignition. (2016). *SCADA*. Recuperado el 14 de Marzo de 2016, de SCADA: <https://inductiveautomation.com/>
- Instruments, N. (2015). *National Instruments*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2016, de <http://www.ni.com/labview/esa/>
- Lara C., R., Vizcaino E., P., Acosta B., F., & Alvarez V., J. (2014). *Biblioteca IG*. Recuperado el 24 de Mayo de 2016, de Biblioteca IG: <file:///C:/Users/biblioteca/Downloads/Paper-Characterizacion.pdf>
- Mapio. (2015). *Parroquia Tufiño*. Recuperado el 7 de Noviembre de 2016, de <http://mapio.net/a/7283420/>
- Marcillo, P., Bernal, L., & Macías, C. (2015). Sistema para el monitoreo basado en una red Inalámbrica de sensores. Recuperado el 17 de Junio de 2016, de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjAtvnzwePPAhVlkx4KHXQ-DZcQFgglMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.revistapolitecnica.epn.edu.ec%2Ffojs2%2Findex.php%2Frevista_politecnica%2Farticle%2Fdownload%2F424%2Fpdf&usg=AFQjCNE5HwRsK
- Mercado, A., Berríos Figueroa, R., & Chan Ye, P. (2014). *Redes Ad Hoc*. Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de <http://facultad.bayamon.inter.edu/cgonzalezr/elen4618/adhoc.pdf>
- Mobile, R. (2017). *Radio Mobile*. Recuperado el 14 de Julio de 2017, de <http://www.cplus.org/rmw/english1.html>
- Muñoz, F., Porta, J., & Contreras, M. (2015). *Universidad Técnica Federico Santa María*. Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de

<http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s14/projects/reports/G16/Redes%20Ad-Hoc.pdf>

Muñoz, J. C. (2011). *Prezi presentations*. Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de https://prezi.com/p_btg2ayfcor/redes-de-sensores/

NorfiPC. (25 de Marzo de 2013). *NorfiPC*. Recuperado el 17 de Octubre de 2016, de NorfiPC: <https://norfipc.com/redes/tipos-redes-estandares-wi-fi-diferencias.php>

Omega. (2016). *Omega*. Recuperado el 30 de Abril de 2016, de <http://mx.omega.com/prodinfo/acondicionadores-de-senales.html>

Pascual, F. R. (2007). *Radiocomunicaciones*. España: Marcombo S.A.

Peltre, P. (1989). *Riesgos Naturales en Quito*. Quito: Corporación Nacional.

Peréz, J., Urdaneta, E., & Custodio, Á. (2014). *Scielo*. Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212014000100002

Quintana, P. D. (2010). *BlogsSensors*. Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de <http://pilarduartecnologia.blogspot.com/2011/08/sensores-concepto.html>

Ramos, F. (2016). *Radioenlaces Calculos y diseños*. Recuperado el 31 de Mayo de 2017, de <http://www.radioenlaces.es/>

Remache, P. A. (2015). *Biblioteca digital EPN*. Recuperado el 22 de Febrero de 2016, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10776/1/CD-6315.pdf>

Ruiz, J. J. (2013). *PDA EXPERTOS*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2016, de http://www.pdaexpertos.com/Tutoriales/Comunicaciones/Seguridad_en_redes_inalambricas_WiFi.shtml

Rus, D. (2011). *Ánalysis Coste/beneficio: Evaluación económica de políticas y proyectos de inversión*. En D. Rus, *Ánalysis Coste/beneficio: Evaluación económica de políticas y proyectos de inversión*. Barcelona: ARIEL, S.A

RADIO MOBILE. (2014). *QSLNET*. Recuperado el 14 de Junio de 2017, de <http://www.qsl.net/kd2bd/Radio-Mobile-spanish.pdf>

SISTEMI, S. (2016). *SCADA*. Recuperado el 8 de Abril de 2017, de https://www.sielcosistemi.com/en/download/public/winlog_lite.html?gclid=CPI7zrrUvtMCFZYDhgdcB4Jbg

- Systems, a. (2011). Seguridad WiMAX. Recuperado el 16 de Mayo de 2016, de http://www.albentia.com/Docs/WP/ALB-W-000006spA4_Seguridad%20en%20redes%20WiMAX.pdf
- Tecnologia. (2015). *WiMAX*. Recuperado el 17 de Octubre de 2016, de <http://www.areatecnologia.com/informatica/wimax.html>
- TELECOM, M. (2015). *Enlaces Inalambricos Punto a Punto y Multipunto*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2016, de <http://www.mtm-telecom.com/index.php/2012-07-04-19-05-27/enlaces-inalambricos-punto-a-punto-y-punto-multipunto.html>
- Telegrafia. (2017). *Acusticus Professional*. Recuperado el 25 de Mayo de 2017, el de <http://acusticusprofessional.telegrafia.eu/>
- Telegrafia. (2017). *Telegrafia*. Recuperado el 25 de Mayo de 2017, de <http://acusticusprofessional.telegrafia.eu/>
- TELEMETRIA. (2017). *TELEMETRIA*. Recuperado el 27 de Mayo de 2017, de <http://acusticusprofessional.telegrafia.eu/>
- Tufiño. (2010). *Ministerio de Turismo*. Recuperado el 8 de Marzo de 2016, de <http://www.ecu911.gob.ec/autoridades-de-juntas-parroquiales-desarrollaron-socializacion-en-instalaciones-de-ecu-911-tulcan/>
- Tufiño, P. (2015). *Ministerio de Telecomunicaciones*. Recuperado el 25 de Marzo de 2016, de <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/mas-servicios-tecnologicos-para-la-provincia-de-carchi/>
- Tulcán, M. d. (2015). *Municipio de Tulcán*. Recuperado el 26 de Octubre de 2016, de <http://www.gmtulcan.gob.ec/>
- WNDW. (2015). *WIRELESS NETWORKING IN THE DEVELOPING WORLD*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2016, de http://wndw.net/CaseStudies/Open_Technology_Institute.html

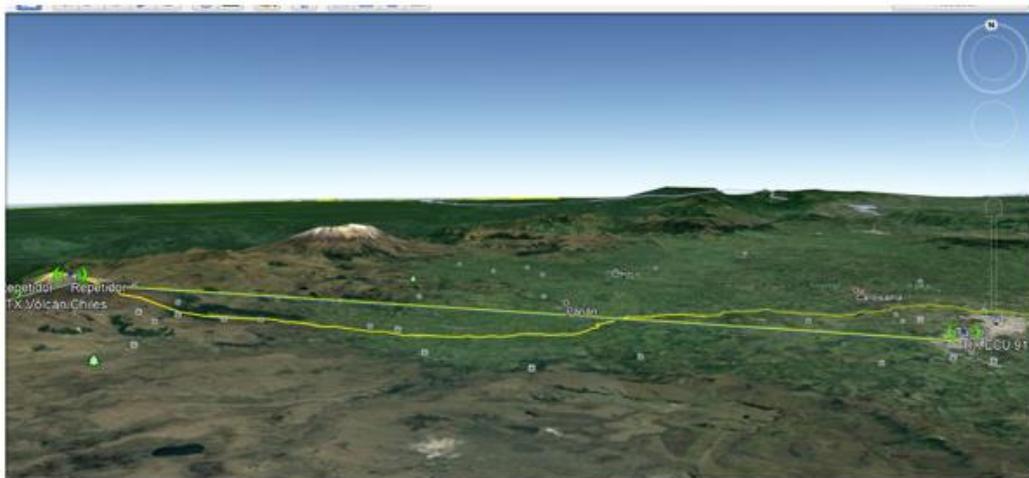
ANEXOS

Anexo 1. Simulación en Google Earth de los radio enlaces.

Vista radio enlace 1 Chiles-Repetidor

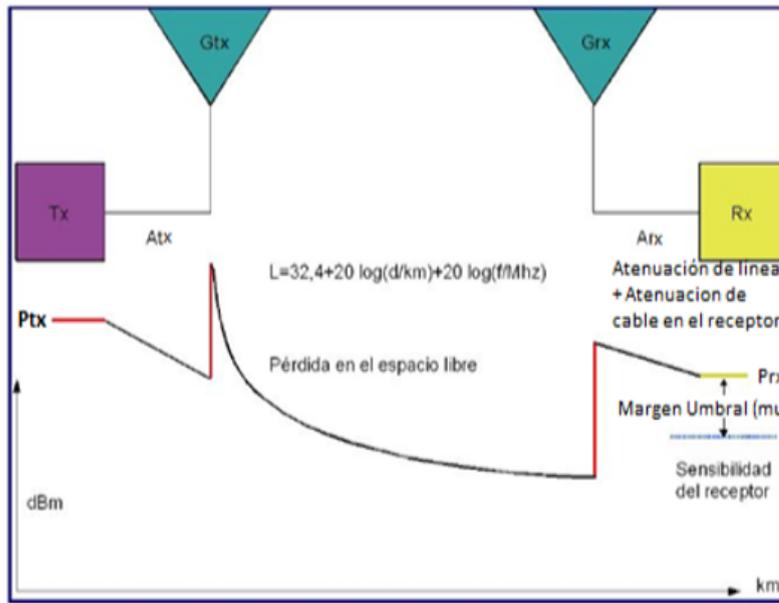


Vista radio enlace 2 Repetidor-Ecu 911



Anexo 2. Fórmula para realizar cálculos.

Partiendo de presupuesto de enlace determinado por la siguiente formula se calcula la potencia en el receptor para cada uno de los radio enlaces:



$$P_{Rx} = P_{Tx} - A_{\text{Línea Tx}} - A_{\text{Cable de bajada Tx}} + G_{\text{Antena Tx}} - L + G_{\text{Antena Rx}} - A_{\text{Línea Rx}} - A_{\text{Cable de bajada Rx}}$$

P_{Tx} : Potencia entregada por el equipo transmisor

$A_{\text{Línea Tx}}$: Atenuación por cables, conectores en el transmisor

$A_{\text{Cable de bajada Tx}}$: Atenuación del cable entre el equipo y antena en el transmisor

$G_{\text{Antena Tx}}$: Ganancia de la antena de transmisión

L: Pérdidas en el espacio libre

$A_{\text{Línea Rx}}$: Atenuación por cables, conectores en el receptor

$A_{\text{Cable de bajada Rx}}$: Atenuación del cable entre equipo y antena en el receptor

$G_{\text{Antena Rx}}$: Ganancia de la antena de Recepción

Anexo 3. Datasheet bocinas Pavian.

Pavian „La gama más alta de sirenas electrónicas de alto rendimiento, multifuncionales y modulares para los sistemas de alerta complejos“

Más de 100 alarmas

- más de 100 alarmas en la memoria integrada
- reproducción de alarmas preestablecidos o de mensajes en vivo desde el micrófono
- grabación de alarmas en la memoria de forma remota

Resistencia y poco peso

- robustez y resistencia gracias a las bocinas de aleación de aluminio y armario de acero inoxidable
- sorprendentemente poco peso a pesar de los materiales utilizados
- protección optativa

Adaptabilidad

- variedad de ajustes de acuerdo con los requisitos del cliente
- amplia gama de accesorios

Gran selección de canales de comunicación

- control local y remoto de la sirena desde el lugar de control
- gran variedad de canales de comunicación: radio, Ethernet, X-Bee, RS232/RS485, satélite, GPRS y etc.
- generación y envío de mensajes asíncronos
- opción de conectar los sensores de vigilancia con las sirenas

Rendimiento sin compromiso

- alta presión acústica a larga distancia
- buena comprensibilidad al reproducir las palabras habladas

Autodiagnóstico completo

- completas funciones autodiagnósticas de las sirenas y de los canales de comunicación
- opción de pleno control del estado de las sirenas de forma remota
- "prueba en silencio" de las sirenas sin reproducir el tono de alerta

Copia de seguridad mediante las baterías

- funcionamiento de sirena hasta 72 horas desde el corte de la energía eléctrica incluyendo la reproducción de varios informes de seis minutos al pleno rendimiento
- funcionamiento durante varias semanas en modo de espera
- bajo consumo de energía

Diferentes modos de conexión

- cargadas baterías integradas
- desde la red 110 - 240 V
- alimentación desde las células solares

telegrafia®
... we are the solution

www.telegrafia.eu

Anexo 4. Datasheet Router cisco 891

Puertos e Interfaces	
Conexión WAN	Ethernet (RJ-45)
Ethernet LAN (RJ-45) cantidad de puertos	8
Jack de entrada CD	✓
Versión USB	2.0
Cantidad de puertos USB	2
Peso y dimensiones	
Peso	2,5 kg
Altura	4,8 cm
Ancho	32,5 cm
Profundidad	24,9 cm
Control de energía	
Fuente de alimentación	60 W
Voltaje de salida	12 V
Alimentación	Corriente alterna
Frecuencia de entrada AC	50/60 Hz
Voltaje de entrada AC	100-240 V
Condiciones ambientales	
Altitud de funcionamiento	0 - 3000 m
Intervalo de humedad relativa para funcionamiento	10 - 85%
Intervalo de temperatura de almacenaje	0 - 65 °C
Intervalo de temperatura operativa	0 - 40 °C
Intervalo de humedad relativa durante almacenaje	5 - 95%
Altitud no operativa	0 - 4750 m
Protocolos	
Protocolos de gestión	IP SLA, EEM, SNMPv3, RADIUS, TACACS+
Protocolo de routing	BGP, EIGRP, HSRP, OSPF, RIP-1, RIP-2
DHCP, cliente	✓
DHCP, servidor	✓
Red	
Modem interno	✗
Estándares de red	IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, IEEE 802.1x, IEEE 802.3af, IEEE 802.3ah
Auto MDI / MDI-X	✓
Traducción de direcciones de red (NAT)	✓
Seguridad	
Algoritmos de seguridad soportados	3DES, 128-bit AES, 192-bit AES, 256-bit AES, DES, HTTPS, IPSEC, SSH, SSL/TLS
Seguridad con cortafuegos	VRF
MAC, filtro de direcciones	✓
Cortafuegos	✓
Aprobaciones reguladoras	
Compatibilidad electromagnética	47 CFR, CISPR22: 2005, EN300386: V1.3.3: 2005, EN55022: 2006, EN61000-3-2: 2000, EN61000-3-3: 1995, ICES-003, KN 22: 2005, VCCI: V-3/2006.04
Características de DSL	
DSL conexión	✗
Características de administración	
Calidad de servicio (QoS) soporte	✓
Administración basada en web	✓
Características de LAN Ethernet	
Tecnología de cableado	10/100BASE-T(X)
Ethernet	✓
Ethernet LAN, velocidad de transferencia de datos	10,100 Mbit/s
Contenido del embalaje	
Adaptador AC incluido	✓

Anexo 5. Costos fase 2 y fase 3

Fase 2: RADIO ENLACE			
Materiales	Cantidad	C/U	Total
Antenas	2	1400,00	2800,00
Radio Enlace	1	2000,00	2000,00
Arrendamiento Torres	2	2500,00	5000,00
Total Fase 2			9800,00

Fase 3: ISP			
Materiales	Cantidad	C/U	Total
Arrendamiento Red CNT E.P.	1	1664,28	1664,28
Total Fase 3			1664,28

Anexo 6. Cotizaciones de seguros de vida.



	Plan Práctico		Plan Ideal		Plan Élite		Plan Privilegio		
	3D	3	4D	4	5D	5	7D	7	
S I E R R A	Cobertura al 100% en las siguientes hospitales:	Clinica de la Mujer, Hospital Vogandes, Clinica Pasteur	Clinica de la Mujer, Hospital Vogandes, Clinica Pasteur	Roxis	Roxis	Hospital Metropolitana, Clinica Internacional, Clinica Pichincha, Hospital de los Valles, Roxis, Clinica de la Mujer, Hospital Vogandes, Clinica Pasteur.	Hospital Metropolitana, Clinica Internacional, Clinica Pichincha, Hospital de los Valles, Roxis, Clinica de la Mujer, Hospital Vogandes, Clinica Pasteur.	Hospital Metropolitana, Clinica Internacional, Clinica Pichincha, Hospital de los Valles, Roxis, Clinica de la Mujer, Hospital Vogandes, Clinica Pasteur.	Hospital Metropolitana, Clinica Internacional, Clinica Pichincha, Hospital de los Valles, Roxis, Clinica de la Mujer, Hospital Vogandes, Clinica Pasteur.
	Cobertura al 80% en las siguientes hospitales:	Roxis	Roxis	Hospital Metropolitana, Clinica Internacional, Clinica Pichincha, Hospital de los Valles	Hospital Metropolitana, Clinica Internacional, Clinica Pichincha, Hospital de los Valles				
	Cobertura al 100% en las siguientes hospitales:	Clinica Alborada, Maternidad Enrique Solomayor	Clinica Alborada, Maternidad Enrique Solomayor	Hospital León Becerra, Hospital Luis Vermeja, Clinica H. Riquier	Hospital León Becerra, Hospital Luis Vermeja, Clinica H. Riquier	Omnihospital, Clinica Kennedy Alborada, Hospital León Becerra, Hospital Luis Vermeja, Clinica H. Riquier, Clinica Alborada, Maternidad Enrique Solomayor	Omnihospital, Clinica Kennedy Alborada, Hospital León Becerra, Hospital Luis Vermeja, Clinica H. Riquier, Clinica Alborada, Maternidad Enrique Solomayor	Clinica Kennedy Saborandón, Clinica Kennedy Policentro, Omnihospital, Clinica Kennedy Alborada Hospital León Becerra, Hospital Luis Vermeja, Clinica Alborada, Maternidad Enrique Solomayor	Clinica Kennedy Saborandón, Clinica Kennedy Policentro, Omnihospital, Clinica Kennedy Alborada Hospital León Becerra, Hospital Luis Vermeja, Clinica Alborada, Maternidad Enrique Solomayor
Cobertura al 80% en las siguientes hospitales:	Hospital León Becerra, Hospital Luis Vermeja	Hospital León Becerra, Hospital Luis Vermeja	Omnihospital, Clinica Kennedy Alborada	Omnihospital, Clinica Kennedy Alborada	Clinica Kennedy Saborandón, Clinica Kennedy Policentro	Clinica Kennedy Saborandón, Clinica Kennedy Policentro			
Otros Beneficios									
Salud Dental Básica (Tejar)	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	
Cobertura en viajes con SaludoTravel para el titular hasta:	No incluye	No incluye	No incluye	No incluye	\$ 25.000	\$ 25.000	\$ 50.000	\$ 50.000	
Terapias de Rehabilitación por año y por persona	20	20	20	20	20	20	20	20	
Cobertura Prótesis, Ortesis e Implantes No Dentales	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 25.000	\$ 25.000	
Segunda Opinión Médica <small>Intervención Clínica orientada al paciente</small>	Incluye, se requiere activación	Incluye, se requiere activación	Incluye, se requiere activación	Incluye, se requiere activación	Incluye, se requiere activación	Incluye, se requiere activación	Incluye, se requiere activación	Incluye, se requiere activación	
Saludo Fitness Saludo te da acceso Shimblo, una app donde podrás acceder a más de 1000 tipos de entrenamiento.	Incluido	Incluido	Incluido	Incluido	Incluido	Incluido	Incluido	Incluido	
Reembolsos Inmediatos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	
Ordenes de Atención Médicas (ODMS)	Si Pasado el deducible	Si	Si Pasado el deducible	Si	Si Pasado el deducible	Si	Si Pasado el deducible	Si	
Tarjeta de Beneficios Saludo	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	

C O S T A



	Plan Práctico		Plan Ideal		Plan Élite		Plan Privilegio	
	3D	3	4D	4	5D	5	7D	7
Cobertura Anual por Persona	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 45.000	\$ 45.000	\$ 100.000	\$ 100.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Declaración Anual por Persona	\$ 0	\$ -	\$ 0	\$ -	\$ 0	\$ -	\$ 200	\$ -
Atención								
Monto de Cobertura por Atendidos/ Año	\$ 0	\$ 30.000	\$ 1.200	\$ 45.000	\$ 2.200	\$ 100.000	\$ 3.000	\$ 1.000.000
Chequeo Médico según riesgo hasta 2 años	-	-	-	-	SI	SI	SI	SI
Uso de Reser. Social por día/hasta	-	-	-	-	-	-	\$ 500	\$ 500
Revisión Hospitalaria								
Si requiere o necesita de una hospitalización, lo cubre hasta	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Trasplante de Órganos hasta	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 50.000	\$ 50.000	\$ 80.000	\$ 80.000
Cuidado Riveria	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tiempo Intenso	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Revisión Ambulatoria								
Consultas e Medicos y Especialistas	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Exámenes de laboratorio e imagen	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Medicinas	80% genérico / 60% marca							
Consultas de Hospital, Traumatología, Quiropraxia	12	12	12	12	12	12	12	12
Emergencia por Persona de 0 a 1000 Sin Hospitalización en Dedicado	\$ 300	\$ 300	\$ 300	\$ 300	\$ 500	\$ 500	\$ 700	\$ 700
Previdencias								
Cobertura anual de prevenciones a partir del primer día	\$ 800	\$ 800	\$ 800	\$ 800	\$ 900	\$ 900	\$ 900	\$ 1000
Cobertura anual de prevenciones a partir del segundo día	\$ 1400	\$ 1400	\$ 1400	\$ 1400	\$ 1500	\$ 1500	\$ 1500	\$ 1500
Red de prestadores médicos (Para ver el listado ir a: www.salud.com.ve)								
Nivel de referencia (Prestadores médicos)	3	3	4	4	5	5	7	7
Libre Elección de Médicos	SI							
Monto Máximo cubierto por consulta médica	\$ 2562	\$ 2562	\$ 3787	\$ 3787	\$ 4020	\$ 4000	\$ 6249	\$ 6249
RedCaroCuidado: Receta e consultas médicas, medicinas e exámenes de laboratorio e imagen pagando solo un año mínimo, sin la necesidad de hacer reembolso.	No incluye	Incluye						
Tarifa por consulta Centros médicos afiliados a Salud	\$ 450	\$ 450	\$ 450	\$ 450	\$ 450	\$ 450	\$ 450	\$ 450
Solución HomeCare: Receta e consultas médicas, medicinas e exámenes de laboratorio desde la comodidad de su hogar.	No incluye	Incluye						

Anexo 7. Ley sobre derechos de autor.

Sección II Objeto del derecho de autor

Art. 8.- La protección del derecho de autor recae sobre todas las obras del ingenio, en el ámbito literario o artístico, cualquiera que sea su género, forma de expresión, mérito o finalidad. Los derechos reconocidos por el presente Título son independientes de la propiedad del objeto material en el cual está incorporada la obra y su goce o ejercicio no están supeditados al requisito del registro o al cumplimiento de cualquier otra formalidad.

Las obras protegidas comprenden, entre otras, las siguientes:

- a) Libros, folletos, impresos, epistolarios, artículos, novelas, cuentos, poemas, crónicas, críticas, ensayos, misivas, guiones para teatro, cinematografía, televisión, conferencias, discursos, lecciones, sermones, alegatos en derecho, memorias y otras obras de similar naturaleza, expresadas en cualquier forma;
- b) Colecciones de obras, tales como antologías o compilaciones y bases de datos de toda clase, que por la selección o disposición de las materias constituyan creaciones intelectuales, sin perjuicio de los derechos de autor que subsistan sobre los materiales o datos;
- c) Obras dramáticas y dramático musicales, las coreografías, las pantomimas y, en general las obras teatrales;
- d) Composiciones musicales con o sin letra;
- e) Obras cinematográficas y cualesquiera otras obras audiovisuales;
- f) Las esculturas y las obras de pintura, dibujo, grabado, litografía y las historietas gráficas, tebeos, comics, así como sus ensayos o bocetos y las demás obras plásticas;
- g) Proyectos, planos, maquetas y diseños de obras arquitectónicas y de ingeniería;
- h) Ilustraciones, gráficos, mapas y diseños relativos a la geografía, la topografía, y en general a la ciencia;
- i) Obras fotográficas y las expresadas por procedimientos análogos a la fotografía;

Anexo 8. Norma técnica para el uso de bandas libres.

NORMA TÉCNICA PARA EL USO DE BANDAS LIBRES PARA APLICACIONES INDUSTRIALES, CIENTÍFICAS Y MÉDICAS

CAPITULO I

OBJETO Y DEFINICIONES

ARTICULO UNO. OBJETO.- La presente Norma Técnica tiene como objeto definir las características técnicas para el uso libre en el territorio nacional de las bandas de frecuencias establecidas en el Plan Nacional de Frecuencias para aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas.

ARTÍCULO DOS. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.- Para la aplicación de la presente Norma Técnica, se utilizarán las siguientes expresiones y términos que a continuación se detallan:

APLICACIONES INDUSTRIALES, CIENTÍFICAS Y MÉDICAS (ICM).- Aplicación de equipos o de instalaciones destinados a producir y utilizar en un espacio reducido energía radioeléctrica con fines industriales, científicos, médicos, domésticos o similares, con exclusión de todas las aplicaciones de telecomunicación, conforme la definición de la UIT.

BANDAS DE FRECUENCIAS DE USO LIBRE.- Bandas de frecuencias que podrán ser utilizadas bajo determinadas condiciones de uso, por personas naturales o jurídicas, para aplicaciones ICM, sin necesidad de concesión, permiso o registro, conforme el Plan Nacional de Frecuencias.

INTERFERENCIA.- Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.

INTERFERENCIA PERJUDICIAL.- Interferencia que compromete el funcionamiento de un servicio de radionavegación o de otros servicios de seguridad, o que degrada gravemente, interrumpe repetidamente o impide el funcionamiento de un servicio de radiocomunicación explotado de acuerdo con el Reglamento de Radiocomunicaciones (CS).

En todo aquello que no se encuentre definido en la presente Norma Técnica y su glosario de términos, se aplicarán términos y definiciones que constan en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y Recomendaciones afines, la Comunidad Andina de Naciones (CAN), la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, su Reglamento General y el Reglamento de Radiocomunicaciones.

ARTÍCULO TRES. LISTADO DE APLICACIONES DE EQUIPOS INDUSTRIALES, CIENTÍFICOS Y MÉDICOS (ICM).- Son aplicaciones de equipos ICM, adoptadas de la Recomendación UIT-R SM.1056-1: "Limitación de las radiaciones procedentes de equipos industriales, científicos y médicos (ICM)", emitida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, las siguientes:

- *Equipos de calentamiento por inducción*
 - o *Cocinas por inducción domésticas*
 - o *fundición de metales*
 - o *calentamiento de palanquilla*
 - o *soldadura de tubos*
 - o *soldadura blanca y amarilla*
 - o *calentamiento de piezas*

- soldadura por puntos
- tratamiento térmico selectivo de la superficie de piezas metálicas
- cultivo y refinado de cristales semiconductores
- costura de superficies de carrocerías de automotores
- cierre hermético de envases
- calentamiento de bandas de acero para galvanizado, recocido y secado de pintura
- Equipos de caldeo dieléctrico por RF
 - secado de chapa de madera y madera de construcción
 - secado de textiles
 - secado de fibra de vidrio
 - secado de papel y de revestimientos de papeles
 - precalentamiento de plásticos
 - soldadura y moldeo de plásticos
 - post-horneado y secado de productos alimenticios
 - descongelación de carnes y pescados
 - secado de machos en fundición
 - secado de colas
 - secado de películas
 - endurecimiento de adhesivos
 - precalentamiento de materiales
- Equipos médicos
 - Equipos de diatermia por ondas cortas y microondas y de hipertermia
 - Unidades quirúrgicas eléctricas (UQE)
 - Formación de imágenes por resonancia magnética
 - Formación de imágenes ultrasónicas para el diagnóstico
- Equipos de microondas (por encima de 900 MHz)
 - Hornos microondas domésticos y comerciales
 - Calentamiento, descongelación y cocción de alimentos
 - Secado de pinturas y revestimientos con rayos ultravioletas
 - Vulcanización del caucho
 - Elaboración de productos farmacéuticos
- Equipos varios
 - Soldadores de arco excitados por radiofrecuencias
 - Equipos de erosión por arco eléctrico
- Equipos científicos y de laboratorio
 - Generadores de señales
 - Receptores de medida
 - Contadores de frecuencia
 - Medidores de caudal
 - Analizadores de espectro
 - Básculas
 - Instrumentos de análisis químicos
 - Microscopios electrónicos
 - Fuentes de alimentación con conmutación (no incorporadas a otros equipos)

Anexo 9. Datasheet equipos para el radio enlace.

LBE-5AC-23 Specifications

Physical / Electrical / Environmental	
Dimensions (No Mount)	362 x 273 x 203 mm (14.25 x 10.75 x 7.99")
Weight (No Mount)	907 g (2.00 lbs)
Mounting Kit	Pole Mounting Kit (Included)
Max. Power Consumption	7W
Power Supply	24V, 0.3A Gigabit PoE Adapter (Included)
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4
ETSI Specification	EN 302 326 DN2
ESD/EMP Protection	± 24 KV Contact / Air
Antena Type	Yagi

System Information	
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc, 533 MHz
Memory	64 MB
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port

Regulatory / Compliance Information	
Wireless Approvals	FCC, IC, CE
RoHS Compliance	Yes

Output Power: 24 dBm							
TX Power Specifications				RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate	Sensitivity	Tolerance
airMAX ac	1x BPSK (1/2)	24 dBm	± 2 dB	airMAX ac	1x BPSK (1/2)	-96 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (1/2)	24 dBm	± 2 dB		2x QPSK (1/2)	-95 dBm	± 2 dB
	2x QPSK (1/4)	24 dBm	± 2 dB		2x QPSK (1/4)	-92 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (1/2)	24 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (1/2)	-90 dBm	± 2 dB
	4x 16QAM (1/4)	24 dBm	± 2 dB		4x 16QAM (1/4)	-86 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (1/2)	23 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (1/2)	-83 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (1/4)	22 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (1/4)	-77 dBm	± 2 dB
	6x 64QAM (1/8)	21 dBm	± 2 dB		6x 64QAM (1/8)	-74 dBm	± 2 dB
	8x 256QAM (1/4)	20 dBm	± 2 dB		8x 256QAM (1/4)	-69 dBm	± 2 dB
8x 256QAM (1/8)	19 dBm	± 2 dB	8x 256QAM (1/8)	-65 dBm	± 2 dB		

Antenna Information	
Operating Frequency	Worldwide: 5150 - 5875 MHz USA: 5725 - 5850 MHz
Output Power	25 dBm
Gain	23 dBi
Max. VSWR	1.5:1

Equipo para el radio enlace modelo LBE-5AC-23



Anexo 10. Línea de transmisión.

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)	Potencia nominal (kW)	Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)	Potencia nominal (kW)
10	0.665	12	900	6.85	1.2
30	1.16	6.9	950	7.06	1.1
50	1.51	5.3	960	7.10	1.1
88	2.01	4.0	1000	7.26	1.1
100	2.15	3.7	1200	8.02	0.98
108	2.24	3.6	1400	8.74	0.90
174	2.86	2.8	1600	9.41	0.83
200	3.08	2.6	1800	10.0	0.78
300	3.81	2.1	1900	10.4	0.76
400	4.43	1.8	2000	10.7	0.74
450	4.72	1.7	2200	11.3	0.70
500	4.99	1.6	2400	11.8	0.66
512	5.06	1.6	2600	12.4	0.63
600	5.50	1.4	2800	12.9	0.61
700	5.98	1.3	3000	13.4	0.58
800	6.43	1.2	3400	14.4	0.54
850	6.64	1.2	6000	20.2	0.39
890	6.81	1.2	8800	25.5	0.31

Cable coaxian LDF4-50A 1/2" Andrew Heliax Coaxial Cable



