



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

Trabajo de Titulación como requisito previo para la obtención del título de  
Magíster en Tecnologías de Información mención Gestión y Administración de TI

**Estudio y diseño para la repotenciación del sistema de comunicación y monitoreo GPS  
para las unidades móviles y fijas del Cuerpo de Bomberos de Ambato.**

**Autor:** Christian Rubén Reinoso Estrella

**Director:** Mgs. Charles Edison Escobar Terán

Quito, 2025.



2.2.2.1.	Funcionalidades esenciales.....	25
2.2.2.2.	Integración con sistemas de despacho y ECU-911.....	25
2.2.3.2.	Sensores complementarios .....	26
2.3.1.3.	Radios portátiles y móviles. ....	27
2.3.3.	Respaldo energético .....	29
2.3.3.1.	Sistemas de energía redundante para emergencias.....	29
2.4.	Metodologías de Diagnóstico y Diseño de Sistemas.....	29
2.4.1.	Inventario y diagnóstico de sistemas existentes .....	29
2.4.1.1.	Métodos para evaluar la red actual.....	30
2.4.1.2.	Identificación de limitaciones técnicas y operativas .....	30
2.5.2.	Seguridad y ciberseguridad .....	33
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....		36
3.1.	Tipo de Investigación .....	36
3.2.	Diseño de Investigación .....	36
3.3.	Unidades de Estudio.....	36
3.3.1.	Población.....	36
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	37
3.4.1.	Instrumentos .....	37
3.4.2.	Herramientas .....	37
3.5.	Técnica de Análisis de Datos .....	37
3.5.1.	Métodos Estadísticos.....	37
3.6.	Operacionalización de Variables.....	37
3.6.1.	Variables dependientes.....	37
3.6.1.1.	Eficiencia Operativa.....	37
3.6.1.2.	Cobertura de Monitoreo GPS.....	38
3.6.2.	Variables Independientes .....	38
3.6.2.1.	Infraestructura Tecnológica.....	38

3.6.2.2.	Capacitación del Personal .....	38
3.6.3.	Matriz de Operacionalización de Variables .....	39
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....		40
4.1.	Inventario de la red actual de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA).....	40
4.2.	Esquema de la red actual de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA).....	49
4.3.	Diagnóstico de la red actual de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA).....	50
4.3.1.	Visitas a las estaciones repetidoras existentes del CBA.....	53
4.3.2.	Visitas a las estaciones radio bases fijas existentes del CBA.....	60
4.3.3.	Visitas a las unidades vehiculares móviles y portátiles existentes del CBA .	63
4.4.	Análisis de resultados del diagnóstico.....	64
4.4.1.	Evaluación de Equipos .....	64
4.4.1.1.	Repetidores.....	64
4.4.1.2.	Radios portátiles y móviles .....	65
4.4.1.3.	Baterías y cargadores .....	65
4.4.2.	Análisis Integral de la Red .....	65
4.4.2.1.	Cobertura Geográfica .....	65
4.4.2.2.	Interconexión entre Nodos .....	66
4.4.2.3.	Capacidad operativa .....	66
4.4.2.4.	Infraestructura física.....	66
4.5.	Levantamiento del catálogo de servicios necesarios para la red de Radiocomunicaciones del CBA.....	66
4.5.1.	Repotenciación y ampliación de Cobertura de la red de Radiocomunicaciones del CBA.	66
4.5.2.	Servicios de Voz.....	70
4.5.2.1.	Canales .....	70

4.5.3.	Dimensionamiento de la red y dotación de equipos de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA), para el correcto desempeño de sus funciones.	72
4.5.4.	Renovación de título habilitante.....	77
4.5.5.	Repotenciación de las estaciones repetidoras existentes del CBA.....	79
4.5.6.	Selección de sitios para nuevas estaciones repetidoras .....	82
4.5.6.1.	VISITA A LAS NUEVAS ESTACIONES REPETIDORAS PARA EL CBA 86	
4.5.7.	Análisis de necesidades de infraestructura en estaciones Estación nitón.....	93
4.5.7.1.	ESTACIÓN LLIMPE.....	95
4.5.7.2.	ESTACIÓN APATUG .....	96
4.5.7.3.	ESTACIÓN ECU 911 .....	96
4.5.8.	Diseño de una red inalámbrica de enlaces radio eléctricos propia que facilite la adquisición de equipos y un sistema de software para consola de despacho de emergencias y monitoreo GPS de flota, de última tecnología para el Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA).....	97
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....</b>		<b>103</b>
5.1.	Introducción .....	103
5.1.1.	Contextualización.....	103
5.1.2.	Enfoque del Capítulo.....	103
5.2.	Comparativa de tecnologías (compatibilidad con lo existente).....	105
5.2.1.	Estado actual del sistema.....	105
5.2.2.	Opciones evaluadas .....	105
5.2.3.	Recomendación tecnológica.....	106
5.3.	Comparativa de marcas .....	106
5.3.1.	Proveedores Analizados .....	106
5.3.1.1.	Motorola.....	107
5.3.1.2.	Hytera.....	107

5.3.1.3.	Kenwood .....	107
5.3.2.	Criterios de evaluación.....	107
5.3.3.	Recomendación: .....	109
5.4.	Comparativa de precios (3 proveedores in situ) Vs Importar.....	110
5.4.1.	Análisis Local:.....	110
5.4.2.	Análisis de Importación .....	110
5.4.3.	Resultados y elección .....	111
5.5.	Diseño de la red inalámbrica.....	112
5.5.1.	Arquitectura de la red propuesta .....	112
5.5.2.	Equipos principales .....	113
5.5.3.	Compatibilidad tecnológica.....	114
5.6.	Consola de despacho y Monitoreo GPS .....	114
5.6.1.	Características requeridas.....	114
5.6.2.	Software Propuesto .....	115
5.7.	Plan de implementación .....	115
5.7.1.	Fases.....	115
5.7.2.	Cronograma.....	116
5.7.3.	Recursos necesarios.....	117
5.8.	Evaluación y seguimiento .....	118
5.8.1.	Indicadores de éxito .....	118
5.8.2.	Métodos de evaluación.....	118
5.8.3.	Actividades de seguimiento.....	119
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		121
Conclusiones .....		121
Recomendaciones.....		121
REFERENCIAS .....		123
ANEXOS.....		127



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Matriz de Operacionalización de Variables.....	39
<b>Tabla 2.</b> Inventario de la red actual de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA).....	41
<b>Tabla 3.</b> Lista las estaciones y compañías del CBA.....	50
<b>Tabla 4.</b> Inventario actual de los equipos de Radio comunicación del CBA .....	51
<b>Tabla 5.</b> Inventario actual de los equipos de Radio comunicación del CBA .....	73
<b>Tabla 6.</b> Posibles actualizaciones de inventario .....	75
<b>Tabla 7.</b> Ubicación geográfica de estaciones a ser potenciadas .....	79
<b>Tabla 8.</b> Nuevas estaciones para ampliación de cobertura .....	82
<b>Tabla 9.</b> Alturas a las que irán colocadas las antenas tipo dish de 25db de ganancia ...	99
<b>Tabla 10.</b> Matriz comparativa de tecnologías.....	105
Tabla 11. Comparación de las marcas evaluadas .....	108
<b>Tabla 12.</b> Comparación de costos por proveedor .....	110
<b>Tabla 13.</b> Costos de envío e impuestos aduaneros en los equipos.....	110
<b>Tabla 14.</b> Cronograma de actividades .....	116
<b>Tabla 15.</b> Actividades de seguimiento.....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema de la red actual de Radiocomunicaciones del CBA .....	49
<b>Figura 2.</b> Candado Atascado .....	53
<b>Figura 3.</b> Puerta de ingreso a la estación .....	54
<b>Figura 4.</b> Maleza dentro de estación.....	54
<b>Figura 5.</b> Vegetación al ingreso de cuarto de equipos.....	54
<b>Figura 6.</b> Ingreso al cuarto.....	54
<b>Figura 7.</b> Rack lleno de polvo y suciedad .....	55
<b>Figura 8.</b> Repetidora sin rack.....	55
<b>Figura 9.</b> Baterías desconectadas.....	56
<b>Figura 10.</b> Torreta de 30 mts. ....	56
<b>Figura 11.</b> Revisión de templadores .....	57
<b>Figura 12.</b> Los radios enlaces son obsoletos .....	57
<b>Figura 13.</b> El sistema de alarma y sistema CCTV.....	57
<b>Figura 14.</b> Rack equipos repetidora.....	58
<b>Figura 15.</b> Rack equipos repetidora.....	58
<b>Figura 16.</b> Baterías Casigana.....	59
<b>Figura 17.</b> Cargador de Baterías Casigana .....	59
<b>Figura 18.</b> Enlace CASIGANA-NITON .....	60
<b>Figura 19.</b> Radio Base fija y su fuente de poder.....	60
<b>Figura 20.</b> Radio Base fija y su fuente de poder.....	61
<b>Figura 21.</b> Radio Base fija y su fuente de poder.....	61
<b>Figura 22.</b> Radio Base fija y su fuente de poder.....	61
<b>Figura 23.</b> Radio Base fija y su fuente de poder.....	62

<b>Figura 24.</b> Radio Base fija y su fuente de poder.....	63
<b>Figura 25.</b> Radio móvil.....	63
<b>Figura 26.</b> Radios portátiles.....	64
<b>Figura 27.</b> Mapa de la provincia de Tungurahua con cantones .....	67
<b>Figura 28.</b> Mapa del cantón Ambato con parroquias .....	67
<b>Figura 29.</b> Esquema de equipos repetidores para la repotenciación y ampliación de Cobertura de la red de radiocomunicaciones.....	78
<b>Figura 30.</b> Simulación de cobertura de repetidor NITÓN .....	80
<b>Figura 31.</b> Simulación de cobertura de repetidor CASIGANA.....	81
<b>Figura 32.</b> Componentes del Sistema de comunicación IP-site VHF .....	82
<b>Figura 33.</b> Simulación de cobertura de repetidor LLIMPE .....	83
<b>Figura 34.</b> Simulación de cobertura de repetidor APATUG .....	84
<b>Figura 35.</b> Simulación de cobertura de repetidor ECU911 .....	85
<b>Figura 36.</b> Subida a Cerro Llimpe en vehículo todo terreno .....	86
<b>Figura 37.</b> Subida a Cerro Llimpe a pie por aproximadamente 20 minutos.....	87
<b>Figura 38.</b> Exterior de la estación.....	87
<b>Figura 39.</b> Cuarto de equipos de la caseta Llimpe que alojará el RACK CERRADO del CBA.....	88
<b>Figura 40.</b> Tableros eléctricos y acometidas al interior de la caseta Llimpe.....	88
<b>Figura 41.</b> Espacio requerido para el RACK CERRADO del CBA en el Interior de la estación .....	88
<b>Figura 42.</b> Torre de telecomunicaciones de la caseta LLIMPE.....	89
<b>Figura 43.</b> Torre de telecomunicaciones de la caseta LLIMPE.....	89
<b>Figura 44.</b> Edificio de la planta de tratamiento APATUG .....	89

<b>Figura 45.</b> Cuarto de automatización de la planta de tratamiento APATUG.....	90
<b>Figura 46.</b> Espacio requerido para el RACK CERRADO de 24 UR del CBA .....	90
<b>Figura 47.</b> Torre en la terraza del edificio de la planta de tratamiento APATUG .....	91
<b>Figura 48.</b> Edificio del SIS ECU 911 .....	92
<b>Figura 49.</b> Cuarto de control de antenas del SIS ECU 911 .....	92
<b>Figura 50.</b> Espacio requerido para el RACK CERRADO de 24 UR del CBA .....	92
<b>Figura 51.</b> Torre en la terraza del SIS ECU911 .....	93
<b>Figura 52.</b> Estaciones repetidoras y enlaces de datos.....	97
<b>Figura 53.</b> Coordenadas de Estaciones y Alturas de torres .....	98
<b>Figura 54.</b> Coordenadas de Estaciones y Alturas de torres. ....	99
<b>Figura 55.</b> Enlace APATUG - NITON.....	99
<b>Figura 56.</b> Enlace CASIGANA - NITON .....	100
<b>Figura 57.</b> Enlace LLIMPE - NITON.....	100
<b>Figura 58.</b> Enlace COMPANIA X1 - NITON.....	101
<b>Figura 59.</b> Enlace ECU911 - NITON .....	101

## RESUMEN

Este trabajo se desarrolló para el Cuerpo de Bomberos de Ambato, con la finalidad de diseñar un sistema de comunicaciones idóneo con cobertura extendida para interconectar cada una de sus compañías, personal y vehículos, y además cuando se reciban llamadas de emergencia en el servicio integrado de seguridad ECU 911, los operadores puedan monitorear la ubicación exacta de los vehículos de rescate de la institución, desde su partida hasta el punto de llegada, al sitio donde se suscitaron los eventos, con el fin de brindar una atención oportuna y eficiente a la ciudadanía, dentro del cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

El diseño del sistema de comunicaciones ha sido dividido en las siguientes partes fundamentales:

- Sistema VHF de radio de 2 vías con cobertura amplia.
- Sistema de enlaces microondas a una frecuencia de 5.8 GHz, para interconectar, transmitir/recibir información de voz y datos entre las estaciones repetidoras, estaciones base y equipos suscriptores de los usuarios.
- Plataforma de software especializado para el monitoreo continuo de la ubicación de los vehículos de emergencia.

Dentro del proyecto se presentan los equipos a utilizarse en cada una de las estaciones repetidoras y base, al igual que los equipos que serán utilizados para las unidades vehiculares, así como para el personal operativo, con sus respectivas especificaciones técnicas y costos dentro del mercado actual.

### **Palabras clave:**

Repotenciación, Infraestructura Inalámbrica, radio de 2 vías, sistema VHF, monitoreo GPS

## **ABSTRACT**

This work was developed for the Ambato Fire Department, with the purpose of designing an ideal communications system with extended coverage to interconnect each of its companies, personnel and vehicles, and also when emergency calls are received in the integrated service of ECU 911 security, operators can monitor the exact location of the institution's rescue vehicles, from their departure to the point of arrival, to the site where the events occurred, in order to provide timely and efficient attention to citizens , within the Ambato canton, Tungurahua Province.

The design of the communications system has been divided into the following fundamental parts:

- 2-way VHF radio system with wide coverage.
- Microwave link system at a frequency of 5.8 GHz, to interconnect, transmit/receive voice and data information between repeater stations, base stations and user subscriber equipment.
- Specialized software platform for continuous monitoring of the location of emergency vehicles.

Within the project, the equipment to be used in each of the repeater and base stations is presented, as well as the equipment that will be used for the vehicular units, as well as for the operating personnel, with their respective technical specifications and costs within the current market.

### **Keywords:**

Repowering, Wireless Infrastructure, 2 way radio, VHF system, GPS monitoring

## INTRODUCCIÓN

La gestión de emergencias requiere sistemas de comunicación eficientes capaces de operar bajo condiciones extremas y garantizar respuestas rápidas, para el Cuerpo de Bomberos de Ambato, (CBA), contar con herramientas tecnológicas avanzadas es esencial para optimizar la coordinación tanto para las estaciones como unidades móviles. El sistema de radiocomunicaciones del CBA se basa en tecnología analógica y equipos discontinuados; esto genera fragmentación en la cobertura y problemas de interconexión entre estaciones clave como Nitón y Casigana.

Por otra parte, la necesidad de realizar cambios manuales de canal durante emergencias incrementa los tiempos de respuesta y dificulta la continuidad de la comunicación, las limitaciones comprometen la eficiencia operativa y aumentan el riesgo en la gestión de incidentes.

Para mejorar estos problemas se plantea la implementación de una red inalámbrica avanzada basada en tecnologías de última generación, incluye la integración de IP Site Connect y enlaces de microondas en 5.8 GHz, permitiendo una comunicación más consistente y de mayor alcance, complementando la incorporación de un sistema de monitoreo GPS.

Para el diseño del nuevo sistema, se ha llevado a cabo un análisis detallado del estado actual de la infraestructura, complementado con una evaluación de diversas tecnologías, costos y proveedores líderes en el sector. Entre las opciones consideradas se encuentran Motorola (MotoTRBO), Hytera, Kenwood NexEdge y Cambium Networks, conocidos por su confiabilidad y capacidad de integración.

Para acompañar la actualización tecnológica, se llevará a cabo un plan de capacitación dirigido al personal operativo, asegurando que las nuevas herramientas sean utilizadas de

manera eficiente. No obstante, se establecerán protocolos de mantenimiento preventivo y correctivo para respaldar la sostenibilidad del sistema a largo plazo, siendo que estas medidas minimizan riesgos operativos y optimizar el ciclo de vida de la infraestructura. La implementación de esta solución fortalecerá la capacidad de respuesta del CBA, asegurando una comunicación eficiente y segura en la gestión de emergencias, así la nueva infraestructura permitirá la interoperabilidad con otras entidades de respuesta y una optimización en la distribución de recursos. Gracias a esta mejora, se incrementará la eficiencia operativa, disminuyendo los tiempos de atención y garantizando un sistema de comunicación confiable.

La implementación de esta innovación tecnológica jugará un papel estratégico en el CBA, reforzando su liderazgo en la gestión de emergencias dentro de la región. La optimización de los tiempos de respuesta, el uso eficiente de los recursos y una mejor coordinación operativa marcarán un avance significativo que trasciende lo meramente técnico. La modernización del sistema de comunicaciones no solo optimiza la gestión de crisis, sino que también garantiza la interoperabilidad con otras entidades de respuesta.

El presente trabajo detalla cada fase del proceso, desde el diagnóstico inicial hasta el diseño de la solución y la planificación de su implementación que incorporan criterios técnicos para la selección de tecnologías, así como un análisis comparativo de costos y beneficios. Con este proyecto, el CBA da un paso firme hacia la construcción de un sistema de comunicaciones y monitoreo de última generación. La infraestructura diseñada no solo responde a las necesidades operativas actuales, sino que también está preparada para futuras expansiones y mejoras tecnológicas. Esta transformación posiciona al CBA a la vanguardia en la gestión de emergencias, garantizando un servicio más eficiente.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Formulación del problema**

La institución cuenta con cinco compañías distribuidas en diferentes ubicaciones dentro de la ciudad de Ambato, además de un puesto en el edificio del SIS ECU-911. En estas instalaciones operan 177 funcionarios, entre personal operativo y administrativo, así garantizando la cobertura de emergencias durante los 365 días del año. Disponen de dos estaciones de telecomunicaciones ubicadas estratégicamente en los cerros NITÓN y CASIGANA, las cuales cumplen un rol fundamental en la gestión de comunicaciones de la entidad.

El Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA) dispone de una red de radiocomunicaciones conformada, en su mayoría, por equipos en estado regular o con signos de obsolescencia. Entre las principales fallas detectadas se encuentran la baja duración de las baterías, interferencias en las transmisiones y una cobertura deficiente en ciertas zonas de operación. Estas limitaciones afectan tanto a los dispositivos portátiles y móviles instalados en las unidades vehiculares como a las estaciones base de las distintas compañías, reduciendo la eficiencia en la comunicación.

Según el fabricante de los equipos de radiocomunicación, la mayoría de los modelos en uso han sido descontinuados y han superado su vida útil. Como consecuencia, se ha limitado el acceso a soporte técnico y repuestos, haciendo que su reemplazo sea una prioridad. Además, la falta de actualización tecnológica aumenta el riesgo de fallos críticos en las comunicaciones, lo que podría afectar la capacidad de respuesta ante emergencias.

En la actualidad, los repetidores de la marca Motorola que forman parte del sistema operan con licenciamiento IP Site Connect, una funcionalidad diseñada para permitir una conexión fluida entre estaciones dentro de un sistema de área amplia. No obstante, esta

capacidad no se está aprovechando plenamente debido a la ausencia de una red de enlaces de datos que interconectan las estaciones clave. La falta de integración entre NITÓN, CASIGANA, la compañía X-1 La Merced (Matriz) y la consola del SIS ECU-911 afecta el rendimiento del sistema y reduce de manera significativa la capacidad operativa de la institución.

Si bien algunos equipos aún poseen vigencia tecnológica y cuentan con el licenciamiento adecuado pero el CBA no dispone de una plataforma avanzada que permita a los operadores realizar un monitoreo eficiente y un despacho optimizado del personal y de las unidades vehiculares de rescate. La falta de un sistema centralizado de control genera una comunicación interna deficiente, impidiendo un seguimiento integral en la atención de emergencias. Esto afecta tanto la calidad del servicio brindado a la ciudadanía como la seguridad del personal operativo.

El principal problema identificado es la obsolescencia del sistema de radiocomunicaciones y monitoreo GPS en las unidades móviles y fijas del CBA, además de la falta de un mantenimiento adecuado. Esta deficiencia impacta negativamente la comunicación operativa y disminuye la capacidad de respuesta ante emergencias, comprometiendo la eficiencia y efectividad en la atención de incidentes críticos.

En cuanto a los problemas secundarios existen los siguientes:

- Falta de un inventario actualizado de los equipos de radiocomunicación del CBA.
- Ausencia de un diagnóstico integral de la red actual de radiocomunicaciones del CBA.
- No se han identificado los servicios esenciales que debería ofrecer la red de radiocomunicaciones.
- Inexistencia de un dimensionamiento adecuado de la red ni de la dotación de

equipos necesarios para garantizar un desempeño óptimo.

- No se ha diseñado una red inalámbrica de enlaces radioeléctricos propia que facilite la modernización del sistema y la implementación de un software avanzado para el monitoreo GPS y el despacho de emergencias.

## **1.2. Objetivos de la Investigación**

### *Objetivo General*

- Realizar el estudio y el diseño de un sistema repotenciado de comunicación y monitoreo GPS que optimice la cobertura, eficiencia operativa y capacidad de respuesta ante emergencias del Cuerpo de Bomberos de Ambato.

### *Objetivos Específicos*

- Realizar el inventario de la red actual de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA).
- Diagnosticar la red actual de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA).
- Identificar los servicios necesarios para la red de Radiocomunicaciones del CBA.
- Dimensionar la red y dotación de equipos de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA), para el correcto desempeño de sus funciones.
- Diseñar una red inalámbrica de enlaces radio eléctricos propia que facilite la adquisición de equipos y un sistema de software para consola de despacho de emergencias y monitoreo GPS de flota, de última tecnología para el Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA).

## **1.3. Justificación de la Investigación**

Es necesario realizar un estudio y diseño detallado de una nueva red inalámbrica de

enlaces radioeléctricos, incorporando estaciones de telecomunicaciones estratégicamente ubicadas para ampliar la cobertura de la red VHF. Este análisis permitirá establecer las características técnicas mínimas requeridas para llevar a cabo la actualización integral del sistema de radiocomunicaciones y monitoreo GPS en las unidades móviles y fijas del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA). La modernización del sistema garantizará una comunicación operativa más eficiente y confiable.

La elaboración de este estudio técnico será una herramienta clave para solucionar las deficiencias actuales en la calidad de las telecomunicaciones en todas las compañías y estaciones del CBA. Además, permitirá una planificación estructurada para la adquisición de equipos de última generación en tecnología. De igual manera, se conservarán los equipos que aún posean vigencia tecnológica y que sean compatibles con la nueva infraestructura de comunicación.

El proyecto de repotenciación del sistema de radiocomunicaciones está diseñado para optimizar la operatividad del personal bomberil, que trabaja en campo bajo un horario 24/7, así como para los operadores de radiodespacho en la consola del Edificio SIS ECU-911. Para una gestión eficiente de emergencias, estos sistemas necesitan un software avanzado que integre funciones como interconexión telefónica, monitoreo en tiempo real, captura de imágenes y posicionamiento GPS en radios portátiles y unidades vehiculares.

El nuevo sistema mejorará de manera significativa la comunicación operativa interna y optimizará el monitoreo en tiempo real del desplazamiento de las unidades. Estas funciones serán clave para la futura implementación de una sala de crisis propia del Cuerpo de Bomberos de Ambato, un centro estratégico para la coordinación de emergencias.

## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2. Bases Teóricas.**

#### **2.1. Radiocomunicaciones y Redes de Enlace**

##### **2.1.1. Fundamentos de radiocomunicación VHF**

La comunicación a través de señales de Frecuencia Muy Alta (VHF), dentro del rango de 30 a 300 MHz, es clave en sectores como la aviación, la navegación y los servicios de emergencia. Estas señales viajan principalmente en línea recta, por lo que su alcance está condicionado por la ausencia de obstáculos entre el transmisor y el receptor. Gracias a esta propiedad, son especialmente eficaces para distancias cortas y medianas, siempre que no existen barreras físicas que interfieran en su propagación (Shallbd, s.f.).

##### **2.1.1.1. Principios técnicos básicos de comunicación en frecuencia VHF**

Las ondas VHF ofrecen un equilibrio ideal entre alcance y penetración. Su propagación sigue el principio de línea de vista directa (LoS), lo que significa que, para garantizar una transmisión eficiente, debe haber un camino libre de obstrucciones entre el emisor y el receptor. Aunque pueden atravesar ciertos materiales ligeros, como la vegetación, su desempeño se ve afectado por obstáculos más grandes, como montañas o edificios densos. Por esta razón, son especialmente útiles en zonas rurales y semiurbanas, donde ayudan a mantener comunicaciones confiables, sobre todo en situaciones de emergencia (Shallbd, s.f.).

##### **2.1.1.2. Cobertura, alcance y limitaciones operativas**

En condiciones óptimas, las señales VHF pueden cubrir distancias de hasta 100 kilómetros. Sin embargo, su alcance puede verse afectado por factores como la curvatura terrestre, las interferencias electromagnéticas y la presencia de obstáculos físicos. Para

contrarrestar estas limitaciones, se instalan repetidores en ubicaciones estratégicas, como cerros o torres, lo que permite extender la cobertura al retransmitir la señal original. No obstante, las señales VHF siguen siendo vulnerables a condiciones climáticas adversas, como tormentas eléctricas, las cuales pueden deteriorar su calidad (Shallbd, s.f.).

## **2.1.2. Tecnología IP Site Connect**

### **2.1.2.1. Funcionamiento del sistema**

IP Site Connect es una solución digital que aprovecha la infraestructura de Internet para interconectar múltiples repetidores de radio, ampliando la cobertura más allá de las restricciones geográficas. Esta tecnología permite enlazar repetidores ubicados en distintas ubicaciones mediante conexiones IP, formando una red integrada que garantiza una comunicación estable y continua entre los usuarios, sin importar su ubicación. Su aplicación es especialmente útil en servicios de emergencia, como estaciones de bomberos distribuidas en diversas regiones, optimizando la coordinación y reforzando la capacidad de respuesta operativa (Motorola Solutions, 2020).

### **2.1.2.2. Ventajas de la tecnología para redes de emergencia**

La implementación de IP Site Connect aporta beneficios claves para redes de emergencia:

- **Ampliación de cobertura:** Conecta ubicaciones dispersas, garantizando una comunicación estable incluso en zonas remotas.
- **Roaming transparente:** Permite a los usuarios desplazarse entre distintas áreas de cobertura sin interrupciones en la comunicación.
- **Integración de voz y datos:** Facilita la transmisión simultánea de voz y datos, como mensajes y seguimiento GPS, optimizando la toma de decisiones.
- **Escalabilidad y flexibilidad:** Permite expandir la red agregando nuevos

repetidores según las necesidades operativas (Motorola Solutions, 2020).

### **2.1.2.3. Casos de uso en integración con redes de despacho y limitaciones operativas**

La tecnología IP Site Connect ha demostrado su eficacia en distintos escenarios:

- **Coordinación entre estaciones:** Facilita una comunicación fluida entre varias estaciones de bomberos dentro de una ciudad, optimizando la respuesta conjunta.
- **Operaciones en áreas extensas:** Garantiza una comunicación estable en regiones amplias o de difícil acceso.
- **Interoperabilidad entre entidades:** Permite la integración de sistemas de comunicación entre distintas agencias de emergencia, como policía, bomberos y servicios médicos, mejorando la coordinación en situaciones críticas (Motorola Solutions, 2020).

### **2.1.3. Redes de microondas**

#### **2.1.3.1. Frecuencias y estándares aplicables (5.8 GHz)**

Las ondas VHF ofrecen un equilibrio entre alcance y penetración. Se propagan bajo el principio de línea de vista directa (LoS), lo que significa que necesitan un camino libre de obstrucciones entre el transmisor y el receptor. Aunque pueden atravesar materiales ligeros como la vegetación, su desempeño se ve comprometido por obstáculos de gran tamaño, como montañas o edificaciones densas. Debido a estas características, son especialmente útiles en zonas rurales y semiurbanas, donde permiten mantener comunicaciones confiables, especialmente en situaciones de emergencia (Burgos Jiménez, 2020).

#### **2.1.3.2. Diseño y planificación basada en análisis de línea de vista (LOS)**

El diseño de enlaces de microondas requiere un análisis detallado de la Línea de Vista

(LoS) para asegurar una transmisión sin obstáculos entre las antenas transmisora y receptora. Las obstrucciones en la zona de Fresnel, una región elíptica que rodea la línea de visión directa, pueden causar pérdidas de señal y desvanecimientos significativos. Por ello, es esencial mantener esta área libre de obstáculos para reducir interferencias y asegurar la calidad del enlace (Telectrónica, 2018).

#### **2.1.3.3. Impacto de factores topográficos y ambientales.**

La topografía y las condiciones climáticas influyen significativamente en el desempeño de los enlaces de microondas. Obstáculos como montañas, edificaciones y vegetación pueden reflejar o bloquear las señales, afectando la estabilidad de la transmisión. Del mismo modo, fenómenos climáticos como lluvias intensas provocan atenuaciones adicionales, especialmente en frecuencias más altas. Por esta razón, es crucial considerar estos factores durante la fase de planificación, apoyándose en estudios de campo y simulaciones para prevenir posibles impactos y establecer estrategias de mitigación (Telectrónica, 2018).

#### **2.1.3.4. Implementación de redundancia para garantizar confiabilidad.**

La confiabilidad de las redes de microondas se basa en la implementación de estrategias de redundancia, como rutas alternativas, enlaces de respaldo y diversidad de frecuencia o espacio. Estas permiten mantener la continuidad del servicio en caso de fallos en el sistema principal, asegurando comunicaciones estables y una respuesta efectiva en todo momento (Telectrónica, 2018).

## **2.2. Monitoreo GPS y Plataformas Tecnológicas**

### **2.2.1. Principios de geolocalización.**

El diseño de enlaces de microondas requiere un análisis minucioso de la Línea de Vista (LoS) para asegurar una transmisión sin interferencias entre las antenas transmisora y

receptora. La presencia de obstáculos en la zona de Fresnel, una región elíptica que rodea la línea de visión directa, puede provocar pérdidas de señal y desvanecimientos significativos. Por ello, es crucial mantener esta área libre de obstrucciones para minimizar interferencias y garantizar la calidad del enlace (Tecnobits, 2022).

#### **2.2.1.1. Funcionamiento y aplicaciones del GPS**

La topografía y las condiciones climáticas influyen directamente en el desempeño de los enlaces de microondas. Obstáculos como montañas, edificaciones y vegetación pueden reflejar o bloquear las señales, comprometiendo la estabilidad de la transmisión. Asimismo, fenómenos climáticos como lluvias intensas generan atenuaciones adicionales, especialmente en frecuencias más altas. Por esta razón, es esencial considerar estos factores en la fase de planificación, utilizando estudios de campo y simulaciones para prevenir posibles afectaciones y definir estrategias de mitigación (Tecnobits, 2022).

#### **2.2.1.2. Diferencias entre GPS y otros sistemas GNSS.**

El GPS es solo uno de los varios sistemas GNSS disponibles, junto con GLONASS (Rusia), Galileo (Unión Europea) y BeiDou (China). Aunque todos operan bajo principios similares, presentan diferencias clave:

- **Cobertura y disponibilidad:** Cada sistema cuenta con su propia constelación de satélites, lo que influye en su alcance global. Por ejemplo, BeiDou ofrece mayor precisión en la región de Asia-Pacífico.
- **Precisión:** La combinación de múltiples sistemas GNSS permite a los receptores acceder a más satélites, mejorando la exactitud del posicionamiento.
- **Control y propiedad:** Cada sistema es administrado por distintas entidades gubernamentales o internacionales, lo que impacta su accesibilidad y políticas de uso.

Comprender estas diferencias es clave para elegir el sistema más adecuado según las necesidades específicas y la región en la que se operará.

## **2.2.2. Plataformas de software para monitoreo**

### **2.2.2.1. Funcionalidades esenciales**

Las plataformas de monitoreo GPS modernas proporcionan herramientas clave para optimizar la gestión de flotas y activos. Entre sus funciones más destacadas se encuentran:

- **Seguimiento en tiempo real:** Permite visualizar la ubicación exacta de vehículos o activos en mapas digitales, facilitando una supervisión constante y mejorando la toma de decisiones.
- **Gestión de alertas:** Configura notificaciones automáticas para eventos como excesos de velocidad, ingreso o salida de zonas predefinidas (geocercas) y comportamientos inusuales de conducción, lo que incrementa la seguridad y eficiencia operativa.
- **Informes detallados:** Genera reportes personalizados sobre rutas recorridas, tiempos de parada y consumo de combustible, información clave para optimizar recursos.
- **Mantenimiento preventivo:** Envía recordatorios automáticos para programar servicios según el kilometraje o tiempo de uso, ayudando a prolongar la vida útil de los vehículos y reducir costos operativos (Navixy, s.f.).

### **2.2.2.2. Integración con sistemas de despacho y ECU-911**

La integración de las plataformas de monitoreo GPS con sistemas de despacho y centros de emergencia, como el ECU-911, permite una respuesta más eficiente ante incidentes críticos. Sus principales ventajas incluyen:

- **Comunicación fluida:** Facilita el intercambio de información en tiempo real entre

operadores y personal en campo, mejorando la coordinación y reduciendo los tiempos de respuesta.

- **Asignación eficiente de recursos:** Permite enviar las unidades más cercanas al lugar del incidente, optimizando el uso de recursos y garantizando una atención más rápida.
- **Monitoreo centralizado:** Brinda una visión integral de todas las operaciones en curso desde un centro de comando, facilitando la supervisión y el control en tiempo real.
- **Registro y análisis de datos:** Almacena información detallada de cada evento, útil para evaluaciones posteriores y la optimización de protocolos de atención (Xilion, s.f.).

### **2.2.3. Hardware de monitoreo**

#### **2.2.3.1. Dispositivos de rastreo vehicular**

Los dispositivos de rastreo vehicular son herramientas fundamentales para la gestión de flotas, ya que permiten supervisar en tiempo real la ubicación, velocidad y comportamiento del conductor. Diseñados para ser compactos y de fácil instalación, estos equipos suelen conectarse al sistema eléctrico del vehículo o al puerto OBD-II. Además, algunos modelos avanzados pueden detectar maniobras bruscas, como frenadas o aceleraciones repentinas, e incorporan sensores adicionales para ampliar sus funciones. La selección del rastreador adecuada dependerá de las necesidades específicas de la flota y del tipo de monitoreo requerido (SEEWORLD, 2022).

#### **2.2.3.2. Sensores complementarios**

La incorporación de sensores complementarios mejora significativamente el monitoreo vehicular. Los sensores de temperatura son esenciales en el transporte de productos

sensibles, como alimentos o medicamentos, ya que aseguran condiciones óptimas durante el traslado. Por otro lado, los sensores de combustible permiten controlar el consumo en tiempo real, detectar posibles robos o fugas y optimizar los costos operativos. Al analizar los datos generados por estos dispositivos, se facilita una toma de decisiones más precisa y una gestión más eficiente de la flota vehicular (Positrace, 2023).

### **2.3. Infraestructura y Equipos Tecnológicos**

#### **2.3.1. Equipos esenciales**

##### **2.3.1.1. Estaciones base**

La integración de sensores complementarios mejora considerablemente el monitoreo vehicular. Los sensores de temperatura resultan fundamentales en el transporte de productos sensibles, como alimentos o medicamentos, ya que garantizan condiciones adecuadas durante el traslado. Los sensores de combustible permiten monitorear el consumo en tiempo real, detectar posibles robos o fugas y optimizar los costos operativos. El análisis de los datos generados por estos dispositivos facilita una toma de decisiones más precisa y contribuye a una gestión más eficiente de la flota vehicular.

##### **2.3.1.2. Repetidores**

Los repetidores son dispositivos diseñados para ampliar el alcance de las señales de radio. Funcionan al recibir una señal débil, regenerarla y retransmitirla con mayor intensidad. Su uso es clave para superar barreras geográficas o arquitectónicas que puedan debilitar o bloquear las señales, asegurando una comunicación estable en zonas donde la señal directa de la estación base no es suficiente.

##### **2.3.1.3. Radios portátiles y móviles.**

Las radios portátiles, conocidas como walkie-talkies, son dispositivos de mano que permiten la comunicación directa entre usuarios oa través de estaciones base y

repetidores. Son fundamentales en operaciones donde la movilidad es esencial, como en seguridad pública, logística y eventos. Por su parte, las radios móviles se instalan en vehículos, ofreciendo una comunicación estable durante el desplazamiento. Ambos tipos de radios operan en distintas bandas de frecuencia y pueden incorporar funciones avanzadas, como GPS y cifrado de comunicaciones.

### **2.3.2. Redes inalámbricas**

#### **2.3.2.1. Selección de topologías (estrella, malla, híbrida)**

La selección de una topología adecuada es esencial para garantizar la eficiencia y escalabilidad de una red inalámbrica:

- **Topología en Estrella:** Todos los nodos se conectan a un punto central, lo que facilita la gestión y el aislamiento de fallos. Sin embargo, la falla del nodo central compromete toda la red (LovTechnology, 2021).
- **Topología en Malla:** Los nodos están interconectados, ofreciendo alta redundancia y tolerancia a fallos. Esta configuración es ideal para redes críticas, aunque su implementación puede ser más costosa (Guru99, 2023).
- **Topología Híbrida:** Combina elementos de diferentes topologías, como estrella y malla, aprovechando sus ventajas para adaptarse a necesidades específicas (LovTechnology, 2021).

Es por ello que la elección depende del tamaño de la red, cuáles son los recursos disponibles y los requisitos de rendimiento.

#### **2.3.2.2. Integración de redes en entornos urbanos y rurales**

La implementación de redes inalámbricas varía según el entorno:

- **Entornos Urbanos:** La alta densidad de edificios y usuarios requiere soluciones que minimicen interferencias y maximicen la cobertura. Las topologías en estrella

o híbridas, complementadas con tecnologías como Wi-Fi o 5G, son comunes en estas áreas (Movistar, 2023).

- **Entornos Rurales:** La baja densidad poblacional y las grandes distancias presentan desafíos únicos. Las topologías en malla son eficaces para extender la cobertura, y tecnologías como WiMAX o MIMO son ideales para proporcionar acceso de banda ancha (Computaex, 2022).

La integración efectiva en ambos entornos exige un diseño cuidadoso que tenga en cuenta las características específicas de cada área.

### **2.3.3. Respaldo energético**

#### **2.3.3.1. Sistemas de energía redundante para emergencias.**

La continuidad operativa de las redes inalámbricas es esencial, especialmente en situaciones críticas. Para garantizar su funcionamiento ante interrupciones del suministro eléctrico, se implementan sistemas de energía redundante, como fuentes de alimentación ininterrumpida (UPS) y generadores de respaldo. Estos equipos están diseñados para activarse de manera automática y mantener la operación hasta que el servicio se restablezca. Además, es fundamental realizar pruebas periódicas y mantenimiento preventivo para asegurar su confiabilidad en caso de emergencia (LovTechnology, 2021).

## **2.4. Metodologías de Diagnóstico y Diseño de Sistemas**

### **2.4.1. Inventario y diagnóstico de sistemas existentes**

Para realizar un diagnóstico preciso de una red de comunicación, es necesario evaluar su estado actual mediante diversas técnicas. Una de ellas es el análisis de tráfico, que permite identificar cuellos de botella y patrones de uso. También es clave la inspección de la infraestructura física, verificando que componentes como enrutadores y conmutadores funcionen correctamente y cumplan con las demandas operativas. Además, es

fundamental revisar la seguridad de la red, asegurando la efectividad de como firewalls y sistemas de detección de intrusos. Estas acciones brindan una visión clara de las fortalezas y debilidades de la red, facilitando la toma de decisiones estratégicas para su optimización (Ámbit-BST, 2021).

#### **2.4.1.1. Métodos para evaluar la red actual.**

Para realizar un diagnóstico preciso de una red de comunicación, es fundamental evaluar su estado actual mediante diversas técnicas. Entre ellas, el análisis de tráfico permite identificar cuellos de botella y patrones de uso, mientras que la inspección de la infraestructura física garantiza que componentes como enrutadores y conmutadores funcionen correctamente y cubran las necesidades operativas. Además, es esencial revisar la seguridad de la red, verificando la efectividad de como firewalls y sistemas de detección de intrusos. Estas acciones ofrecen una visión clara de las fortalezas y áreas de mejora, facilitando la toma de decisiones estratégicas para su optimización (Ámbit-BST, 2021).

#### **2.4.1.2. Identificación de limitaciones técnicas y operativas**

Identificar las limitaciones técnicas y operativas en una red de comunicación es clave para garantizar su eficiencia y seguridad. Entre las restricciones más comunes se encuentra la capacidad insuficiente, que puede generar congestión y afectar el rendimiento. Asimismo, el uso de equipos obsoletos dificulta la integración con sistemas modernos y puede no cubrir las necesidades actuales. En el ámbito operativo, las fallas en seguridad aumentan el riesgo de accesos no autorizados, comprometiendo la confidencialidad de los datos. Además, los diseños de red con poca escalabilidad limitan su crecimiento y dificultan su adaptación a futuras demandas. Detectar estas deficiencias permite priorizar mejoras y asegurar que la red cumpla con los objetivos organizacionales (Ámbit-BST, 2021).

## **2.4.2. Dimensionamiento de redes**

### **2.4.2.1. Uso de simulaciones y modelos matemáticos**

Para obtener un diagnóstico preciso de una red de comunicación, es fundamental evaluar su estado actual mediante diversas técnicas. Entre ellas, el análisis de tráfico permite detectar cuellos de botella y patrones de uso, mientras que la inspección de la infraestructura física garantiza que componentes como enrutadores y conmutadores funcionen correctamente y cumplan con las demandas operativas. Además, es esencial revisar la seguridad de la red, verificando la efectividad de herramientas como firewalls y sistemas de detección de intrusos. Estas acciones ofrecen una visión clara de las fortalezas y debilidades de la red, facilitando la toma de decisiones estratégicas para su optimización (Universidad de Cantabria, 2015).

### **2.4.2.2. Planificación de capacidad y escalabilidad futura**

El diagnóstico permite identificar diversas limitaciones que pueden afectar el desempeño de la red. Entre ellas, la capacidad insuficiente puede generar congestión y reducir el rendimiento, mientras que la obsolescencia tecnológica dificulta la integración con sistemas modernos debido al uso de equipos antiguos. Además, las fallas en seguridad aumentan el riesgo de accesos no autorizados y amenazas, y los diseños poco escalables limitan la capacidad de expansión y adaptación a nuevas necesidades. Detectar estas deficiencias es clave para priorizar mejoras y asegurar una red eficiente y segura (Universidad de Cantabria, 2015).

## **2.4.3. Fases de implementación**

### **2.4.3.1. Diagnóstico inicial**

El diagnóstico inicial es una etapa clave para evaluar la infraestructura existente, identificando sus fortalezas, debilidades y áreas de mejora. A través de este análisis, es

posible comprender los procesos actuales, los recursos disponibles y las necesidades específicas de la organización, sentando una base sólida para el diseño del sistema. Esta fase asegura que las decisiones estratégicas y operativas estén alineadas con los objetivos organizacionales (Asana, 2024).

#### **2.4.3.2. Diseño del sistema basado en los resultados del diagnóstico**

El diseño del sistema, fundamentado en la información recopilada durante el diagnóstico, abarca la definición de la arquitectura, los componentes y las funcionalidades clave. Es esencial que este diseño sea escalable, flexible y compatible con las soluciones existentes, permitiendo su integración y adaptación a futuras actualizaciones. Asegurar que el diseño esté alineado con los objetivos estratégicos garantiza que responda tanto a las necesidades actuales como a los requerimientos futuros de la organización (Asana, 2024).

#### **2.4.3.3. Pruebas piloto para validar la funcionalidad**

Las pruebas piloto son esenciales para validar el funcionamiento del sistema en un entorno controlado antes de su implementación completa. Permiten evaluar el desempeño, identificar posibles fallos y ajustar aspectos clave para asegurar un rendimiento óptimo en condiciones reales. Llevar a cabo esta fase reduce los riesgos y garantiza que el sistema opere según lo esperado una vez puesto en marcha (Asana, 2024).

### **2.5. Normativas, Seguridad y Casos de Referencia**

#### **2.5.1. Normativas aplicables**

##### **2.5.1.1. Regulaciones internacionales sobre telecomunicaciones**

A nivel global, las telecomunicaciones están reguladas por la Unión Internacional de La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), un organismo de las Naciones Unidas, es responsable de establecer el Reglamento de las Telecomunicaciones Internacionales (RTI). Este reglamento fomenta la cooperación entre países para

garantizar la interoperabilidad y compatibilidad de las redes. Además, permite que cada nación ejerza soberanía sobre sus telecomunicaciones, asegurando un uso eficiente del espectro radioeléctrico y la prestación de servicios de calidad (UIT, 2023).

#### **2.5.1.2. Legislación ecuatoriana sobre uso del espectro y equipos**

En Ecuador, las telecomunicaciones están reguladas por la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, que establece las normas para el acceso, uso y gestión del espectro radioeléctrico. Esta ley define el espectro radioeléctrico como un recurso estratégico administrado por el Estado, cuyo uso debe ser eficiente para maximizar los beneficios sociales y económicos. Además, el Reglamento de Radiocomunicaciones complementa esta normativa, especificando los procedimientos para prevenir interferencias, garantizar el cumplimiento de los estándares técnicos y asegurar un acceso equitativo a este recurso (Ministerio de Telecomunicaciones, 2020).

### **2.5.2. Seguridad y ciberseguridad**

#### **2.5.2.1. Encriptación de datos para protección de información**

La encriptación convierte datos legibles en un formato codificado que solo puede ser accesible mediante una clave de descifrado. Este proceso es fundamental para proteger información sensible contra accesos no autorizados y ciberataques. Al aplicar, garantiza la confidencialidad de los datos transmitidos o almacenados, incluso si son interceptados. Entre los algoritmos más utilizados se encuentran AES (Advanced Encryption Standard) y RSA, ampliamente empleados en comunicaciones seguras y protección de datos empresariales (PreyProject, 2023).

#### **2.5.2.2. Políticas de autenticación y control de acceso**

Las políticas de autenticación y control de acceso son esenciales para garantizar la seguridad de los sistemas. La autenticación valida la identidad del usuario a través de

contraseñas, biometría o autenticación multifactor, mientras que los controles de acceso definen permisos específicos para asegurar que cada usuario solo acceda a los recursos necesarios. Estos mecanismos previenen accesos no autorizados y minimizan el riesgo de filtración de datos, siendo fundamentales para la gestión de sistemas seguros (RedesZone, 2023).

### **2.5.3. Casos de estudio**

#### **2.5.3.1. Ejemplos de implementaciones exitosas en sistemas de emergencia**

Un ejemplo destacado es el Sistema de Atención de Emergencias 9-1-1 en Costa Rica, que ha incorporado tecnologías avanzadas para la localización espacial y la interoperabilidad entre sistemas. Gracias a esta implementación, se ha optimizado la coordinación entre los cuerpos de emergencia, permitiendo una respuesta más rápida y efectiva ante situaciones críticas, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Innovación Tecnológica en el Sistema de Atención de Emergencias 9-1-1, 2022).

Otro caso relevante es el uso de drones en hospitales de Suiza para la entrega de suministros médicos urgentes. Este enfoque ha demostrado ser altamente eficiente, ya que reduce significativamente los tiempos de transporte y mejora la seguridad tanto de los pacientes como del personal en situaciones de emergencia (Revista Seguridad 360, 2023).

#### **2.5.3.2. Lecciones aprendidas y mejores prácticas aplicables**

La experiencia de Ontinyent, España, frente a inundaciones, incendios y terremotos, destaca la importancia de la coordinación y la comunicación en la gestión de emergencias. La aplicación de planes de emergencia bien estructurados, combinada con simulacros periódicos y sistemas de alerta temprana, ha fortalecido la preparación y la capacidad de respuesta ante desastres. Gracias a estas estrategias, se ha logrado mantener informada a

la población y minimizar el impacto de los eventos adversos (Cadena SER, 2024).

Además, la capacitación constante del personal y la realización de simulacros han sido reconocidas como prácticas clave para mejorar los protocolos de emergencia. Estas actividades permiten identificar fallos en los procedimientos, optimizando la eficacia operativa y fortaleciendo la coordinación en la gestión de incidentes (Revista Médica, 2023).

Por último, la incorporación de tecnologías avanzadas, como el uso de LTE para la transmisión de audio, vídeo y datos, ha demostrado ser altamente efectiva en escenarios de mando y control de emergencias. Estas soluciones tecnológicas optimizan la comunicación y agilizan la toma de decisiones, mejorando la respuesta ante eventos críticos (Logroño, 2020).

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo de Investigación**

La investigación será de tipo descriptivo, con un diseño longitudinal prospectivo. Este enfoque permitirá observar y analizar las variables en diferentes momentos temporales, identificando cambios y tendencias a lo largo del tiempo.

### **3.2. Diseño de Investigación**

El diseño de investigación será no experimental y transeccional, ya que no se manipularán las variables de estudio, sino que se observarán tal como ocurren en su contexto natural. Se empleará un enfoque cuantitativo para la recolección y análisis de datos, complementado con herramientas cualitativas para enriquecer la interpretación de los resultados. Este diseño permitirá obtener una visión integral del estado actual de los sistemas de comunicación y monitoreo del Cuerpo de Bomberos de Ambato, así como proponer mejoras basadas en evidencia.

### **3.3. Unidades de Estudio**

#### **3.3.1. Población**

La población estará conformada por los vehículos de emergencia, el personal operativo y administrativo del Cuerpo de Bomberos de Ambato, así como las infraestructuras tecnológicas utilizadas en las operaciones.

#### **3.3.2. Muestra**

Se seleccionará una muestra representativa mediante un muestreo probabilístico estratificado, garantizando la validez y confiabilidad de los resultados. Cada estrato estará compuesto por las diferentes unidades móviles, estaciones base y el personal administrativo involucrado en las operaciones de comunicación y monitoreo.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Instrumentos**

Para el levantamiento de información, se emplearán encuestas estructuradas dirigidas al personal operativo y administrativo para identificar las limitaciones del sistema actual. También se realizarán auditorías técnicas de los equipos y redes existentes.

#### **3.4.2. Herramientas**

Se utilizarán herramientas tecnológicas como software de simulación y auditorías especializadas para evaluar la infraestructura actual, incluyendo la cobertura de redes y el desempeño de los equipos de monitoreo GPS.

### **3.5. Técnica de Análisis de Datos**

#### **3.5.1. Métodos Estadísticos**

Los datos recolectados serán procesados mediante métodos estadísticos descriptivos e inferenciales utilizando programas especializados como SPSS y Excel.

#### **3.5.2. Presentación de Resultados**

Los resultados serán presentados en gráficos, tablas y mapas de calor que reflejen las tendencias, correlaciones y áreas críticas identificadas durante el análisis.

### **3.6. Operacionalización de Variables**

#### **3.6.1. Variables dependientes**

##### **3.6.1.1. Eficiencia Operativa**

Grado de efectividad en las actividades operativas del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA) en respuesta a emergencias.

#### **Indicadores:**

Tiempo promedio de respuesta ante emergencias.

Porcentaje de llamadas atendidas dentro de los estándares de calidad establecidos.

Niveles de comunicación interna y coordinación.

### **3.6.1.2. Cobertura de Monitoreo GPS**

Extensión geográfica y precisión del sistema de monitoreo GPS en las unidades móviles.

#### **Indicadores:**

Porcentaje de área cubierta en el cantón Ambato.

Precisión en la localización de las unidades (en metros).

Frecuencia de actualizaciones de datos en tiempo real.

### **3.6.2. Variables Independientes**

#### **3.6.2.1. Infraestructura Tecnológica**

Características y estado de los equipos utilizados para comunicación y monitoreo GPS.

#### **Indicadores:**

Número de equipos funcionales por estación y unidad móvil.

Estado técnico de los equipos (vigentes/obsoletos).

Capacidad de los sistemas de comunicación y monitoreo para manejar el tráfico actual y proyectado.

#### **3.6.2.2. Capacitación del Personal**

Nivel de preparación técnica del personal en el uso de sistemas de comunicación y monitoreo.

#### **Indicadores:**

Porcentaje de personal capacitado.

Número de horas de formación recibidas por operador.

Evaluación de competencias técnicas mediante simulacros y pruebas prácticas.

### 3.6.3. Matriz de Operacionalización de Variables

**Tabla 1.**

Matriz de Operacionalización de Variables

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Eficiencia Operativa</b>	Capacidad del CBA para responder a emergencias	Tiempo promedio de respuesta	Minutos	Encuestas y registros
		Porcentaje de llamadas atendidas	Porcentaje	Análisis documental
<b>Cobertura de Monitoreo</b>	Alcance y precisión del sistema GPS	Área cubierta en el cantón Ambato	Kilómetros cuadrados	Software de análisis
<b>GPS</b>		Precisión en la localización de unidades	Metros	Sistema GPS
<b>Infraestructura</b>	Condición y capacidades de los equipos	Número de equipos funcionales	Cantidad	Inventarios técnicos
<b>Tecnológica</b>		Estado técnico de los equipos	Vigentes/obsoletos	Análisis técnico
<b>Capacitación del Personal</b>	Preparación técnica del personal	Porcentaje de personal capacitado	Porcentaje	Encuestas y evaluaciones
		Número de horas de formación impartidas	Horas	Registros de capacitación

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **4.1. Inventario de la red actual de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA).**

A continuación, se presenta el inventario actual, el cual detalla el listado de los equipos de radiocomunicación, incluyendo su ubicación física, marca, modelo, número de serie, estado del equipo, código de bodega y el usuario asignado, según el siguiente desglose:

**Tabla 2.***Inventario de la red actual de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA)*

N°	Ubicación	Tipo	Marca	Modelo	Serial	Código de bodega	Estado	Usuario
1	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD455	001066	REGULAR	NUÑEZ FIALLOS WILSON ROBERTO
2	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD403	007673	REGULAR	ALDAS VALENCIA ASDRUBAL MARCELO
3	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD495	007810	REGULAR	LASLUIA HOYOS MAURICIO MARCELO
4	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNRV030	007712	REGULAR	ORTIZ RAMIREZ CARLOS PATRICIO
5	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD250	007659	REGULAR	RIOS HERVAS JIMMY GERARDO
6	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD325	008986	REGULAR	SANCHEZ SOLIS EDGAR FABIAN
7	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNJK769	003287	REGULAR	MURILLO GUERRERO BYRON RAMIRO
8	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD454	001440	REGULAR	BEDON RODRIGUEZ RICAR MAURICIO
9	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNRV027	007731	REGULAR	CALVACHE CRIOLLO CHRISTIAN SANTIAGO
10	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD561	007764	REGULAR	MONTEROS SALGADO JOSE ESTUARDO
11	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD255	007749	REGULAR	LOPEZ PORTERO ERNESTO LEONARDO
12	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD398	007721	REGULAR	BEDON NUÑEZ CRISTOBAL GONZALO
13	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD494	007782	REGULAR	VALVERDE QUINAPANTA RICARDO JAVIER
14	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNJK774	001569	REGULAR	PREVENCION COMPAÑÍA X1

15	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD247	001067	REGULAR	SILVA LUISA WILLIAM VINICIO
16	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP 8550	871ISN0104	000065	BUENO	SISALEMA AGUAGUINA CARLOS FERNANDO
17	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP 8550	871ISQ0107	000066	BUENO	SAFLA TOAZA FRANKLIN ELIECER
18	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP 8550	871ISQ0129	000067	BUENO	ANDRADE ESPIN DARWIN ALONSO
19	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP 8550	871ISQ0173	000068	BUENO	PLACENCIA MICHILENA DIEGO ARMANDO
20	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP-8550E	871ITJ0001	009422	BUENO	SALINAS ROBAYO NEY GERMANICO
21	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD264	008131	REGULAR	YANEZ AGUAGUIÑA JHONY RAUL
22	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP 8550	871ISQ0177	000069	BUENO	MORALES VILLA ALEX PATRICIO
23	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP-8550E	871ITL0179	009419	BUENO	MUELA PROAÑO RICHARD MANOLO
24	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD397	001599	REGULAR	LEDESMA BARCENES FREDY VICENTE
25	Compañía X1	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD317	000504	REGULAR	JAIGUA GUACHI DIEGO ROBERTO
26	Compañía X1	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8738	002074	REGULAR	AUTOBOMBA CHEVROLET FVR J3P TMA-1002, B1
27	Compañía X1	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNK8968	008113	REGULAR	TANQUERO CHEVROLET FVR 23G TMA-1001, T1
28	Compañía X1	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8758	002456	REGULAR	UNIDAD DE RESCATE FORD F350 XL SUPERDUTY 4X4 TEI-1065, UR1
29	Compañía X1	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8838	002009	REGULAR	SUZUKI GRAND VITARA SZ TEI-1060 VINO, M-A

30	Compañía X1	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8916	002078	REGULAR	CAMIONETA MAZDA DOBLE CABINA TMA-0283, M-1A
31	Compañía X1	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8960	004039	REGULAR	CAMIONETA CHEVROLET PICK-UP DOBLE CABINA TEI-1118, MP-2
32	Compañía X1	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8710	002076	REGULAR	AMBULANCIA FORD E150 VAN 4X2 TEI-1230, A1
33	Compañía X1	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGN 8500	511TRSZ3638	000070	BUENO	SUSUKI GRAND VITARA SZ PLOMO MJ TEA-1111, M-J
34	Compañía X1	Fijo	Motorola	MOTOTRBO DGM8500e	511TRZ3579	000076	BUENO	GARITA X-1
35	Compañía X2	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD491	008127	REGULAR	PEREZ CONSTANTE LUIS GONZALO
36	Compañía X2	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNJK776	008118	REGULAR	MEDINA BUEÑO ENRIQUE FLODOARDO
37	Compañía X2	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD404	007701	REGULAR	MORALES GUTAMA ROBINSON ISRAEL
38	Compañía X2	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD400	008129	REGULAR	CHANGO MUYOLEMA JAVIER VINICIO
39	Compañía X2	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD492	007770	REGULAR	BARRIONUEVO CARRILLO JOSE LUIS
40	Compañía X2	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD559	007754	REGULAR	SANTAMARIA REYES JHONY FABIAN
41	Compañía X2	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNJK779	000062	REGULAR	LASCANO MARTINEZ EDISON GEOVANNY
42	Compañía X2	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP 8550	871IISJ1897	007401	BUENO	CERON BEDOYA RAMIRO PAUL
43	Compañía X2	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP-8550E	871ITJ0014	009418	BUENO	AVILES CHAVARREA MARCO SEBASTIAN
44	Compañía X2	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP-8550E	037TNGD322	No disponible	BUENO	FRANCISCO SANCHEZ/ BLANCA ACOSTA
45	Compañía X2	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD402	007679	REGULAR	QUINZO MALIZA DARIO ALEJANDRO

46	Compañía X2	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8743	006609	REGULAR	AUTOBOMBA CHEVROLET TMA-1000, B2
47	Compañía X2	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8962	004043	REGULAR	TANQUERO CHEVROLET FVR 23G TEI-1062, T2
48	Compañía X2	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8950	004047	REGULAR	UNIDAD DE RESCATE FORD F350 XL SUPERDUTY 4X4 TEI-1066, UR2
49	Compañía X2	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TJN3111	004042	REGULAR	CAMIONETA MAZDA DOBLE CABINA TMA-0284, M-2
50	Compañía X2	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM8500e	511TRZ3599	000077	BUENO	AMBULANCIA FORD TRANSIT 250 TEA-1110, A2
51	Compañía X2	Fijo	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8836	006391	REGULAR	GARITA X-2
52	Compañía X3	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNRT547	007629	REGULAR	PALATE MUYULEMA CHRISTIAN DARIO
53	Compañía X3	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD268	007742	REGULAR	GUTIERREZ CONSTANTE JUAN CARLOS
54	Compañía X3	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TLSM690	007623	REGULAR	PACHA SANCHEZ HECTOR EDUARDO
55	Compañía X3	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD407	007662	REGULAR	SANCHEZ SANCHEZ PEDRO PABLO
56	Compañía X3	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD337	007729	REGULAR	DIAZ GUATO MIRCO ELICEO
57	Compañía X3	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD560	007671	REGULAR	HIDALGO MASAQUIZA DARWIN ISRAEL
58	Compañía X3	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP 8550	871IISJ1896	000063	BUENO	CHAGLLA FIALLOS EDWIN RENATO
59	Compañía X3	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD396	007777	REGULAR	MORETA CRIOLLO HECTOR WILSON
60	Compañía X3	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD330	007639	REGULAR	OÑA TOAZA PABLO NEPTALI

61	Compañía X3	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8932	004051	REGULAR	AUTOBOMBA CHEVROLET TMA-1003, B3
62	Compañía X3	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8965	004044	REGULAR	TANQUERO CHEVROLET FVR 23G TEI-1061, T3
63	Compañía X3	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8967	00614	REGULAR	UNIDAD DE RESCATE FORD PICK UP F350 XL 4X2 TEA-0592, UR3
64	Compañía X3	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8904	006615	REGULAR	CAMIONETA MAZDA DOBLE CABINA TMA-0285, M-3A
65	Compañía X3	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	Ilegible	005502	REGULAR	AMBULANCIA FORD E150 VAN 4X2 TEI-1231, A3
66	Compañía X3	Fijo	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8646	003723	REGULAR	GARITA X-3
67	Compañía X4	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNRV024	007746	REGULAR	MANOTOA MAROTO RUBEN MARCELO
68	Compañía X4	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNRV014	007735	REGULAR	PALIZ NARANJO CESAR MARCELO
69	Compañía X4	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNRT552	008134	REGULAR	CORDOVA SARABIA MARCO VINICIO
70	Compañía X4	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNJK791	000061	REGULAR	MESIAS HARO CHRISTIAN FERNANDO
71	Compañía X4	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNRV004	007632	REGULAR	YANEZ RIVERA ANGEL VICENTE
72	Compañía X4	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	Ilegible	No disponible	REGULAR	TANQUERO CHEVROLET FVR 34K TMA-1047, T4
73	Compañía X4	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8709	008136	REGULAR	AMBULANCIA FORD E350 DIESEL VAN 4X4 TMA-1026, A-4
74	Compañía X4	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8897	No disponible	REGULAR	AUTOBOMBA CHEVROLET FVR 34Q TMA-1048, B4

75	Compañía X4	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	Ilegible	005439	REGULAR	CAMION CHEVROLET BREC C1 TEI-1185, C-1
76	Compañía X4	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGN 8500	Ilegible	005430	BUENO	CAMIONETA MAZDA DOBLE CA- BINA TEI-1186, M-4A
77	Compañía X4	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGN 8500	511TRZ3635	005434	BUENO	CAMIONETA MAZDA DOBLE CA- BINA TEI-1287, M-C
78	Compañía X4	Fijo	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8837	004323	REGULAR	GARITA X-4
79	Compañía X5	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD406	008132	REGULAR	HERRERA MONJE RENE BOLI- VAR
80	Compañía X5	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNJK793	007710	REGULAR	MASAQUIZA MOYOLEMA MIL- TON
81	Compañía X5	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNRV025	007779	REGULAR	MORALES SALAN JAIME VINI- CIO
82	Compañía X5	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TKY5291	002572	REGULAR	ACOSTA FONSECA BLANCA EM- PERATRIZ
83	Compañía X5	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD331	007767	REGULAR	FIALLOS CHISAGUANO JUAN CARLOS
84	Compañía X5	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP 8550	871IQJ0052	No disponible	No disponible	VALENCIA NUÑEZ LUIS AR- MANDO
85	Compañía X5	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP-8550E	871ITJ0022	009423	BUENO	Prevención Compañía X5
86	Compañía X5	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8741	005437	REGULAR	AUTOBOMBA ISUZU NPR TEA- 0591, B5
87	Compañía X5	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8961	007082	REGULAR	TANQUERO ISUZU NPR TEA-590
88	Compañía X5	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TML8759	007370	REGULAR	AMBULANCIA TOYOTA DYNA SUPER TEA-0601
89	Compañía X5	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8966	No disponible	REGULAR	AMBULANCIA FORD E350 DIE- SEL VAN 4X4 TMA-1025, A-5
90	Compañía X5	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8964	007002	REGULAR	VEHICULO ESCALERA TEI-1195, E1

<b>91</b>	Compañía X5	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGN 8500	511TSH9561	001601	BUENO	CAMIONETA MAZDA DOBLE CABINA TEI-1286, M-B
<b>92</b>	Compañía X5	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM8500e	Ilegible	002072	BUENO	TANQUERO CHEVROLET FVR 34K TMA-1129, T5
<b>93</b>	Compañía X5	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM8500e	511ITY4321	009414	BUENO	OMNIBUS HINO TMA-1122, BUS
<b>94</b>	Compañía X5	Fijo	Motorola	MOTOTRBO DGM8500e	511TRZ7301	002569	BUENO	GARITA X-5
<b>95</b>	ECU 911	Fijo	Motorola	MOTOTRBO DGM8500e	511ITY4332	009415	BUENO	Consola ECU 911
<b>96</b>	ECU 911	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP 8550	0371ITJ0083	009421	BUENO	Consola ECU 911
<b>97</b>	Bodega	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNJK773	001170	REGULAR	CHRISTIAN REINOSO
<b>98</b>	Bodega	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNJK794	007789	REGULAR	CHRISTIAN REINOSO
<b>99</b>	Bodega	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD324	007705	REGULAR	CHRISTIAN REINOSO
<b>100</b>	Bodega	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP6150+	037TNGD392	007715	REGULAR	CHRISTIAN REINOSO
<b>101</b>	Bodega	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP 8550	871IQJ0049	000064	BUENO	CHRISTIAN REINOSO
<b>102</b>	Bodega	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP 8550	871IQJ0046	000225	BUENO	CHRISTIAN REINOSO
<b>103</b>	Bodega	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP 8550	871IQJ0048	007645	BUENO	CHRISTIAN REINOSO
<b>104</b>	Bodega	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP-8550E	871ITJ0003	009420	BUENO	CLAUDIO CANDO EDISON JAVIER
<b>105</b>	Bodega	Pórtatil	Motorola	MOTOTRBO DGP-8550E	871ITJ0010	009424	BUENO	CHRISTIAN REINOSO
<b>106</b>	Bodega	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM8500e	511ITW0403	009416	MALO	CHRISTIAN REINOSO

<b>107</b>	Bodega	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM8500e	511ITW0505	009417	MALO	CHRISTIAN REINOSO
<b>108</b>	Bodega	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8647	007666	MALO	SILVA LUISA WILLIAM VINICIO
<b>109</b>	Bodega	Móvil	Motorola	MOTOTRBO DGM6100+	038TNL8919	No disponible	MALO	CHRISTIAN REINOSO
<b>110</b>	NITON	Repetidor	Motorola	MOTOTRBO DGR6175	484TNL2975	006073	REGULAR	CHRISTIAN REINOSO
<b>111</b>	CASIGANA	Repetidor	Motorola	MOTOTRBO DGR6175	484TNL2980	006660	REGULAR	CHRISTIAN REINOSO

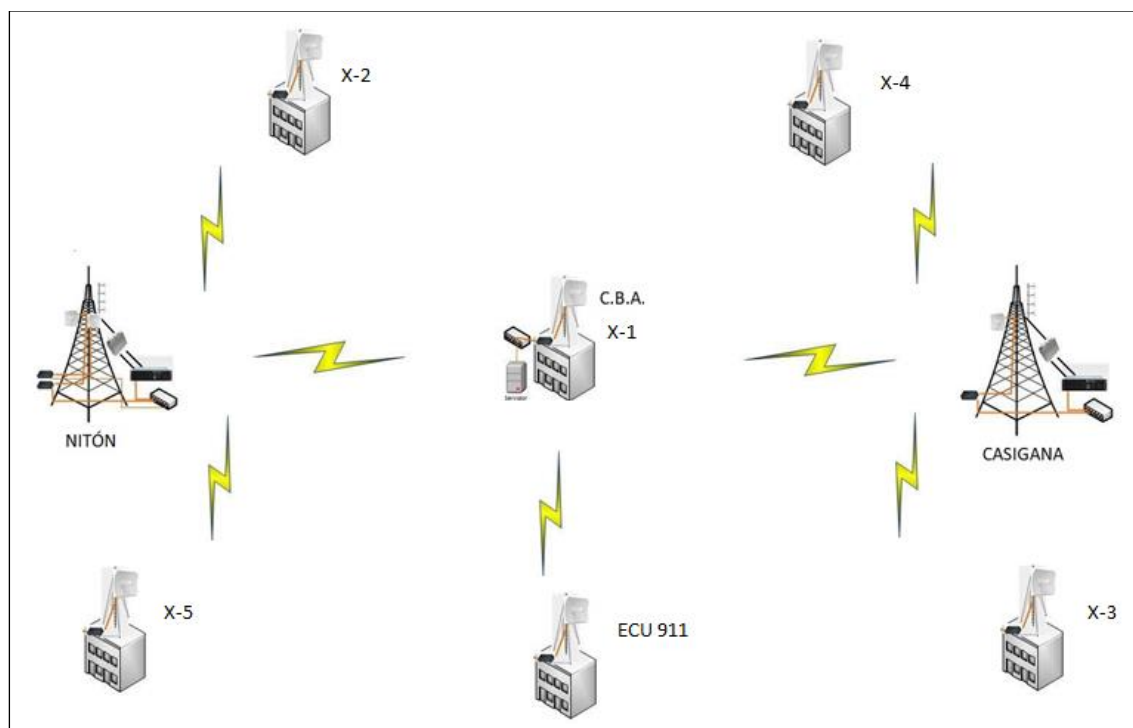
\*\* Se toma en cuenta 1 radio portátil reportado como "perdido" a efectos de reposición

#### 4.2. Esquema de la red actual de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA).

La red de radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato está conformada por 2 estaciones repetidoras ubicadas en los Cerros NITÓN y CASIGANA, por 6 radios bases fijas ubicadas en las compañías X-1 La Merced (Matriz), X-2 La Pradera, X-3 Parque Industrial, X-4 Terminal Terrestre Sur, X-5 Samanga y consola de Bomberos en SIS ECU 911, 36 radio móviles en unidades vehiculares y 66 radios portátiles en custodia de personal operativo bomberil.

**Figura 1.**

*Esquema de la red actual de Radiocomunicaciones del CBA*



*Nota:* En la siguiente figura se da el esquema de la red actual de radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA)

A continuación, se las estaciones y compañías del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA), con sus coordenadas geográficas, alturas y direcciones:

**Tabla 3.***Lista las estaciones y compañías del CBA*

ITEM	ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)	DIRECCION
1	CERRO NITON	1°16'42.58"S	78°32'11.58"O	3057	CERRO NITON
2	CERRO CASIGANA	1°15'49.26"S	78°38'53.64"O	2950	CERRO CASIGANA
3	ECU 911	1°15'20.24"S	78°35'53.03"O	2599	Av. Albert Einstein Km1 via a Techo Propio
4	COMPAÑÍA X1 LA MERCED(MA- TRIZ)	1°14'1.13"S	78°37'22.30"O	2546	Av. Unidad Nacional 06-07 y González Suárez
5	COMPAÑÍA X2 LA PRADERA	1°15'44.44"S	78°37'29.16"O	2702	Av. Los Chasquis y Enri- quez gallo
6	COMPAÑÍA X3 PARQUE INDUS- TRIAL	1°11'57.11"S	78°35'30.89"O	2675	Parque Industrial Calle D y 3
7	COMPAÑÍA X4 TERMINAL TE- RRESTRE SUR	1°18'17.12"S	78°37'57.27"O	2843	Huachi Grande Calle Ca- mino Real y Maine
8	COMPAÑÍA X5 SAMANGA	1°10'22.32"S	78°36'31.40"O	2773	Samanga Chaupi Calle Ca- mino Real

*Nota:* En la siguiente tabla se enlistan las estaciones y compañías del CBA, con sus coordenadas geográficas, a que altura se encuentra y las direcciones correspondientes.

#### **4.3. Diagnóstico de la red actual de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA)**

A continuación, se muestra el cuadro consolidado del inventario actual de los equipos de Radio comunicación del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA), en donde se especifica la cantidad de equipos por modelo, la vigencia tecnológica, el estado y la ubicación de los equipos, tal como se muestra en el siguiente detalle:

**Tabla 4.***Inventario actual de los equipos de Radio comunicación del CBA*

<b>INVENTARIO CONSOLIDADO DE EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACIONES DEL CBA</b>												
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION DEL BIEN</b>	<b>CANT</b>	<b>TIPO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MO-DELO</b>	<b>CANTIDAD POR MODELO</b>	<b>VIGENCIA TECNOLÓGICA</b>	<b>ESTADO</b>	<b>UBICACIÓN DE EQUIPOS</b>			
<b>1</b>	RADIO PORTÁTIL DIGITAL	66	PERSONAL	MOTOROLA	DGP6150	44	DESCONTINUADO	REGULAR	BOMBEROS CBA			
					+							
					DGP8550	8	VIGENTE	BUENO	BOMBEROS CBA			
					DGP8550	5	VIGENTE	BUENO	BOMBEROS CBA			
					e							
					DGP6150	4	DESCONTINUADO	REGULAR	BODEGA			
+												
					DGP8550	3	VIGENTE	BUENO	BODEGA			
					DGP8550	2	VIGENTE	BUENO	BODEGA			
					e							
<b>2</b>	RADIO MÓVIL DIGITAL	36	VEHICULAR	MOTOROLA	DGM6100	19	DESCONTINUADO	REGULAR	VEHICULOS EXISTENTES			
					+							
					DGM6100	6	DESCONTINUADO	REGULAR	VEHICULOS EXISTENTES			
					+							
					DGM8500	4	VIGENTE	BUENO	VEHICULOS EXISTENTES			
					DGM8550	3	VIGENTE	BUENO	VEHICULOS EXISTENTES			
e												
					DGM6100	2	DESCONTINUADO	MALO	BODEGA			
					+							
					DGM8550	2	VIGENTE	MALO	BODEGA			
					e							
<b>3</b>	RADIO BASE FIJA DIGITAL	6	FIJA	MOTOROLA	DGM8500	1	VIGENTE	BUENO	COMPAÑÍA X1			
					+							
					DGM6100	1	DESCONTINUADO	REGULAR	COMPAÑÍA X2			
					+							
					DGM6100	1	DESCONTINUADO	REGULAR	COMPAÑÍA X3			
					+							
DGM6100	1	DESCONTINUADO	REGULAR	COMPAÑÍA X4								
+												
					DGM8500	1	VIGENTE	BUENO	COMPAÑÍA X5			
					e							
					DGM8500	1	VIGENTE	BUENO	ECU 911			
					e							
<b>4</b>	REPETIDORA DIGITAL	2	REPETIDOR	MOTOROLA	DGR6175	1	DESCONTINUADO	REGULAR	NITÓN			
					+							
					DGR6175	1	DESCONTINUADO	REGULAR	CASIGANA			

**TOTAL EQUIPOS      110**

---

Del cuadro mostrado anteriormente se aprecia lo siguiente:

- El inventario consolidado de equipos de radiocomunicación del Cuerpo de Bomberos de Ambato suma un total de 110 dispositivos.
- Todos los equipos de radiocomunicación del Cuerpo de Bomberos de Ambato son de la marca MOTOROLA.
- Los equipos del modelo DGP6150<sup>+</sup> (48), DGM6100<sup>+</sup> (30) y DGR6175 (2), suman un total de 80 dispositivos que se encuentran en estado “REGULAR”, y se describen como “DESCONTINUADOS”, y los mismos representan un 72.72%.
- Los equipos del modelo DGP8550 (11), DGP8550e (7) y DGM8500e (12) suman un total de 30 dispositivos que se encuentran en estado “BUENO”, y se describen como “VIGENTES” y los mismos representan un 27.27%.

#### **4.3.1. Visitas a las estaciones repetidoras existentes del CBA**

En visita realizada a la estación de **NITÓN**, se pudo constatar las siguientes novedades:

En la figura 2 se observa el candado de la estación que se encuentra atascado, y no permite el normal ingreso al sitio.

**Figura 2.**  
*Candado Atascado*



**Figura 3.**

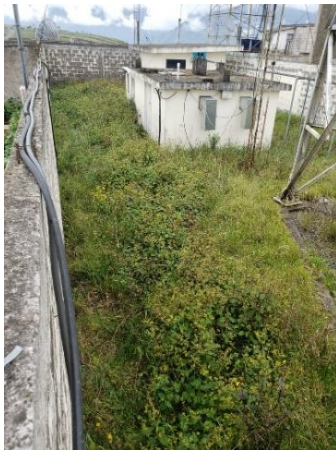
*Puerta de ingreso a la estación*



*Nota:* La estación presenta maleza que dificulta el ingreso al cuarto de equipos.

**Figura 4.**

*Maleza dentro de estación*



**Figura 5.**

*Vegetación al ingreso de cuarto de equipos*



*Nota:* El interior del cuarto de equipos presenta falta de mantenimiento y limpieza.

**Figura 6.**

*Ingreso al cuarto*



**Figura 7.**

*Rack lleno de polvo y suciedad*



*Nota:* Los equipos de Radio comunicación de la repetidora se encuentran fuera de un rack, desconectados y en desorden.

**Figura 8.**

*Repetidora sin rack*



*Nota:* Las baterías se encuentran desconectadas de su cargador y no tiene conexión alguna al equipo repetidor.

**Figura 9.**

*Baterías desconectadas*



*Nota:* La torreta de 30 metros dentro de la estación registra deterioro en su estructura, como pintura y/o ajustes de templadores y pernos.

**Figura 10.**

*Torreta de 30 mts.*



**Figura 11.**  
*Revisión de templadores*



*Nota:* Los equipos de radio enlaces son obsoletos y se encuentran fuera de línea y en consecuencia el sistema de CCTV no puede ser monitorizado vía remota.

**Figura 12.**  
*Los radios enlaces son obsoletos*



**Figura 13.**  
*El sistema de alarma y sistema CCTV.*



*Nota:* El sistema de alarma esta sin funcionamiento y el sistema CCTV está funcionando únicamente con monitoreo local

En visita realizada a la estación de CASIGANA (propiedad de GADMA), se pudo constatar las siguientes novedades:

Los equipos de Radiocomunicación se encuentran correctamente instalados en un rack para el efecto.

**Figura 14.**

*Rack equipos repetidora*



**Figura 15.**

*Rack equipos repetidora*



Las baterías actualmente instaladas ya han cumplido su vida útil y aunque estén conectadas a un equipo cargador, ya no reciben carga y no brindan ningún respaldo en caso de pérdida de servicio eléctrico.

**Figura 16.**

*Baterías Casigana*



**Figura 17.**

*Cargador de Baterías Casigana*



*Nota:* Los equipos de radio enlaces son obsoletos y se encuentran sin funcionamiento y fuera de línea.

**Figura 18.**  
*Enlace CASIGANA-NITON*



La estación de **CASIGANA** no posee sistema de CCTV para detectar anomalías en el ingreso a la estación.

#### **4.3.2. Visitas a las estaciones radio bases fijas existentes del CBA**

En visita realizada a la compañía X-1 La Merced (Matriz), se pudo constatar las siguientes novedades:

**Figura 19.**

Radio Base fija y su fuente de poder



En visita realizada a la compañía X-2 La Pradera, se pudo constatar las siguientes novedades:

**Figura 20.**

*Radio Base fija y su fuente de poder*



En visita realizada a la X-3 Parque Industrial, se pudo constatar las siguientes novedades:

**Figura 21.**

*Radio Base fija y su fuente de poder*



En visita realizada a la X-4 Terminal Terrestre Sur, se pudo constatar las siguientes novedades:

**Figura 22.**

*Radio Base fija y su fuente de poder*



En visita realizada a la X-5 Samanga, se pudo constatar las siguientes novedades:

**Figura 23.**

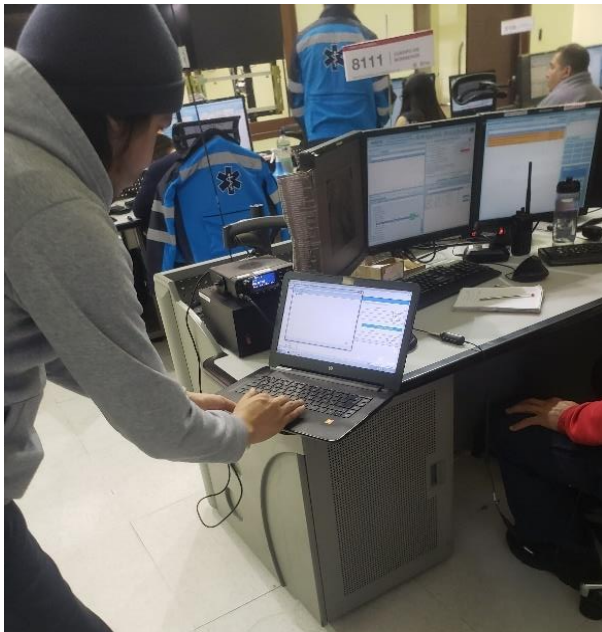
*Radio Base fija y su fuente de poder*



En visita realizada a la consola de Bomberos en el Edificio del SIS ECU 911, se pudo constatar las siguientes novedades:

**Figura 24.**

*Radio Base fija y su fuente de poder*



#### **4.3.3. Visitas a las unidades vehiculares móviles y portátiles existentes del CBA**

En visita realizada a una de las 36 radio móviles en unidades vehiculares, se pudo constatar las siguientes novedades:

**Figura 25.**

*Radio móvil*



En visita realizada a una de las compañías en donde existen 66 radios portátiles en custodia de personal operativo bomberil, se pudo constatar las siguientes novedades:

**Figura 26.**  
*Radios portátiles*



#### **4.4. Análisis de resultados del diagnóstico**

El diagnóstico realizado evalúa tanto el estado técnico de los equipos individuales como el desempeño de la red de radiocomunicaciones en su conjunto. Este análisis integral se centra en aspectos como la cobertura geográfica, la interconexión entre nodos y estaciones, la capacidad operativa para gestionar situaciones de emergencia y las limitaciones estructurales que afectan su funcionalidad. A continuación, se presentan los resultados organizados en dos niveles: una evaluación detallada de los equipos y un análisis global de la red.

##### **4.4.1. Evaluación de Equipos**

Se evaluaron los equipos empleados en la red de radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA), identificando sus condiciones técnicas, funcionalidades y limitaciones. Las principales observaciones son:

###### **4.4.1.1. Repetidores**

- El repetidor modelo DGR6175 ubicado en la estación NITÓN es el nodo principal de la red. Este proporciona el canal digital "NITÓN" y una cobertura amplia en la zona de atención de emergencias.

- El repetidor modelo DGR6175 de la estación CASIGANA funciona como nodo secundario, utilizando el canal digital "CASIGANA" y proporcionando cobertura en el área sur.

Ambos repetidores cuentan con puertos de red, pero no están interconectados mediante enlaces IP, lo que limita el potencial de la función IP SITE CONNECT, diseñada para crear una red integrada.

#### **4.4.1.2. Radios portátiles y móviles**

- Los modelos DGP6150+ y DGM6100+ están en período de discontinuidad tecnológica, lo que hace urgente su reemplazo debido a la falta de soporte técnico y repuestos.
- Los modelos vigentes, como DGP8550 y DGM8500, cuentan con soporte y pueden continuar operando eficientemente.

#### **4.4.1.3. Baterías y cargadores**

- Las baterías de los radios DGP6150+ presentan descargas rápidas, reduciendo su tiempo de operación a menos de dos horas, lo que afecta la atención de emergencias.
- Los cargadores y baterías de las estaciones NITÓN y CASIGANA han cumplido su vida útil y requieren reemplazo inmediato.

#### **4.4.2. Análisis Integral de la Red**

Además de los equipos individuales, se evaluó el desempeño de la red de radiocomunicaciones como un sistema integrado, considerando los siguientes aspectos clave:

##### **4.4.2.1. Cobertura Geográfica**

- La estación NITÓN brinda una cobertura amplia, pero presenta limitaciones en áreas específicas debido a barreras geográficas. No se dispone de un mapa detallado de la cobertura actual para identificar zonas críticas.

- La estación CASIGANA asegura una cobertura adecuada en el sur, pero no está conectada a NITÓN, lo que fragmenta la red.

#### **4.4.2.2. Interconexión entre Nodos**

- La estación NITÓN brinda una cobertura amplia, pero presenta limitaciones en áreas específicas debido a barreras geográficas. No se dispone de un mapa detallado de la cobertura actual para identificar zonas críticas.
- La estación CASIGANA asegura una cobertura adecuada en el sur, pero no está conectada a NITÓN, lo que fragmenta la red.

#### **4.4.2.3. Capacidad operativa**

- La red actual no puede garantizar una comunicación continua en eventos de alta demanda, como emergencias masivas.
- La falta de generadores en la estación NITÓN agrava esta situación, al no contar con respaldo eléctrico durante cortes de energía.

#### **4.4.2.4. Infraestructura física**

- La estación NITÓN requiere mantenimiento urgente en su torreta, puerta de acceso y cuarto de equipos, los cuales presentan problemas de suciedad y deterioro.
- En contraste, la estación CASIGANA se encuentra en buen estado, con instalaciones adecuadas para la protección de los equipos.

### **4.5. Levantamiento del catálogo de servicios necesarios para la red de Radiocomunicaciones del CBA**

#### **4.5.1. Repotenciación y ampliación de Cobertura de la red de Radiocomunicaciones del CBA.**

Para la ampliación y repotenciación de la cobertura de la red de radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato se ha contemplado reemplazar e instalar nuevos equipos repetidores incluidos sus componentes de energía y transmisión, en sitios y/o estaciones que se

encuentren en la provincia de Tungurahua y cuyos propietarios sean instituciones públicas adscritas al Gobierno autónomo descentralizado Municipal de Ambato y que estén articuladas con la gestión de siniestros y primera respuesta a la población en caso de desastres e incidentes. Esto a fin de que en el futuro sea factible la suscripción de convenios de apoyo interinstitucional.

A continuación, se muestra el mapa de la provincia de Tungurahua con Cantones:

**Figura 27.**

*Mapa de la provincia de Tungurahua con cantones*

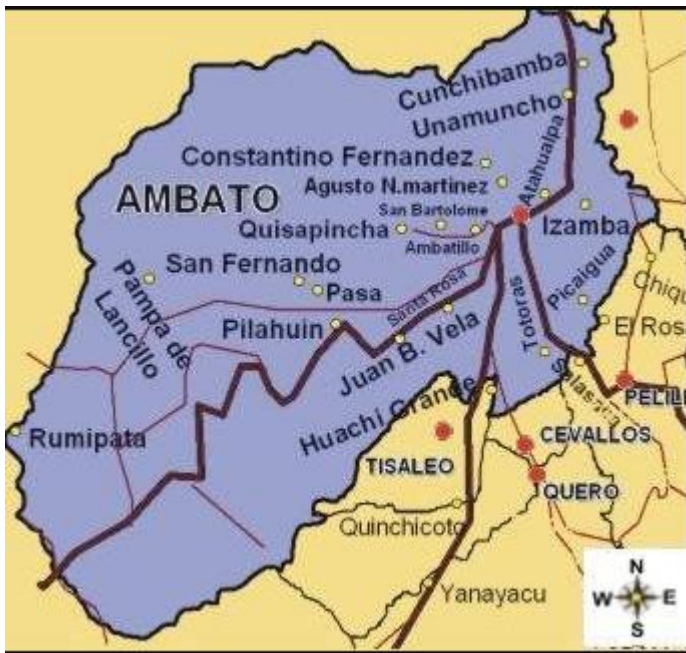


Los cantones que conforman la provincia de Tungurahua son los siguientes: Ambato, San Pedro de Pelileo, Baños de Agua Santa, Patate, Píllaro, Quero, Cevallos, Mocha y Tisaleo.

A continuación, se muestra el mapa del cantón Ambato con parroquias:

**Figura 28.**

*Mapa del cantón Ambato con parroquias*



Las parroquias urbanas son: Atocha – Ficoa, Celiano Monge, Huachi Chico, Huachi Loreto, La Matriz, La Merced, La Península, Pishilata, San Francisco y las rurales son Ambatillo, Atahualpa, Augusto Martínez, Constantino Fernández, Cunchibamba, Huachi Grande, Izamba, Juan B. Vela, Montalvo, Pasa, Picahua, Pilahuin, Quisapincha, San Bartolomé de Pinllo, San Fernando, Santa Rosa, Totoras, Unamuncho.

La Agencia de regulación de las telecomunicaciones, ARCOTEL otorgó el título habilitante de registro para la operación de Red Privada y la autorización para el uso de frecuencias del Espectro Radioeléctrico para el Cuerpo de Bomberos de Ambato, asociadas a la Operación de dicha Red, suscrito por un periodo de cinco años.

Es así como dicho contrato está próximo a finalizar su vigencia, siendo necesaria la renovación de los circuitos No.1 (NITON) y No.2 (CASIGANA) para el uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico para el CBA.

En el proceso de renovación de la operación radioeléctrica, la Agencia de regulación de las telecomunicaciones, ARCOTEL solicita información técnica de las radios con las que

actualmente cuenta la entidad.

El CUERPO DE BOMBEROS DE AMBATO (CBA), debido a que requiere seguir utilizando los sistemas de radiocomunicaciones, solicitara se tramite el otorgamiento del Título Habilitante para la concesión de seis (6) circuitos en el rango de VHF, forma de operación en semidúplex, y los mismos serán los siguientes:

RENOVACION:

- CIRCUITO No. 1

Frecuencias sugeridas para renovar: 150.2625 y 155.2625 MHz

Ubicación del Repetidor: Cerro NITÓN (Provincia de Tungurahua)

- CIRCUITO No. 2

Frecuencias sugeridas para renovar: 150.375 y 155.375 MHz

Ubicación del Repetidor: Cerro CASIGANA (Provincia de Tungurahua)

INCLUSION:

- CIRCUITO No. 3

Frecuencias sugeridas: rango de 150 a 160 MHz, separación 5 MHz

Ubicación del Repetidor: ECU911 Ambato (Provincia de Tungurahua)

- CIRCUITO No. 4

Frecuencias sugeridas: rango de 150 a 160 MHz, separación 5 MHz

Ubicación del Repetidor: LLIMPE CBA (Provincia de Tungurahua)

- CIRCUITO No. 5

Frecuencias sugeridas: rango de 150 a 160 MHz, separación 5 MHz

Ubicación del Repetidor: LLIMPE DATOS CBA (Provincia de Tungurahua)

- CIRCUITO No. 6

Frecuencias sugeridas: rango de 150 a 160 MHz, separación 5 MHz

Ubicación del Repetidor: APATUG (Provincia de Tungurahua)

El beneficio de contar con equipos de Radio comunicación con funcionamiento óptimo, legalmente registrados y avalados con un título habilitante de autorización de operación de red privada y uso de frecuencias del espectro radio eléctrico vigente otorgado por la entidad correspondiente, y que ayude a preservar las funciones de los activos físicos para evitar, minimizar y mitigar las consecuencias que puedan generar fallas o interferencias de la operación de otras redes privadas con el sistema de Radio Comunicación del Cuerpo de Bomberos Ambato (CBA).

#### **4.5.2. Servicios de Voz**

##### **4.5.2.1. Canales**

Actualmente el sistema de radiocomunicación del Cuerpo de Bomberos de Ambato dispone de los siguientes canales:

- Canal 1: DIG. CASIGANA
- Canal 2: SIMPLEX DIGITAL
- Canal 3: DIG. NITON
- Canal 4: EMBA- EP
- Canal 5: SIMPLEX
- Canal 6: B-PROVIN
- Canal 7: B-PROVIN-A
- Canal 8: B- BAÑOS
- Canal 9: ENTRENAMIENTO CASIGANA
- Canal 10: ENTRENAMIENTO NITON

De los cuales el canal más utilizado y configurado como principal es el canal 3 DIGITAL NITON, ya que es el canal que transmite a mayor potencia y brinda mejor cobertura dentro del territorio en el que se desarrollan la mayoría de las atenciones de emergencias y/o desastres.

El canal 1 DIGITAL CASIGANA, se encuentra configurado como respaldo o back up del canal 3 DIGITAL NITON, en caso de que el equipo repetidor de la estación NITON sufra un desperfecto y/o un corte de suministro eléctrico del operador de distribución local.

Los demás canales han sido programados para capacitaciones y eventos de la institución y han servido para la comunicación de un grupo reducido de usuarios, por tanto, no son utilizados.

Una vez que se ejecute el proyecto de **“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA LAS UNIDADES MÓVILES Y FIJAS DEL CBA”**, los canales configurados serán los siguientes:

- Canal 1: DIG. NITON NEW
- Canal 2: DIG. CASIGANA NEW
- Canal 3: DIG. LLIMPE
- Canal 4: DIG. APATUG
- Canal 5: DIG. ECU 911
- Canal 6: SIMPLEX DIGITAL
- Canal 7 hasta Canal 1000: (Grupos especializados del CBA: Rescate Alta montaña, Rescate acuático, Rescate Canino)

#### **4.5.3. Dimensionamiento de la red y dotación de equipos de Radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA), para el correcto desempeño de sus funciones.**

El dimensionamiento de la red de radiocomunicaciones del CBA debe partir de las necesidades operativas que se requieren satisfacer para garantizar una comunicación eficiente y continua en la gestión de emergencias. Para ello, es fundamental definir la cobertura necesaria, la capacidad de interconexión entre estaciones, la resistencia de los equipos a condiciones extremas y la compatibilidad con sistemas de emergencia externos.

Una vez establecidas estas necesidades, se debe realizar un cruce con el inventario actual para identificar qué equipos pueden seguir en uso, cuáles requieren actualización y qué infraestructura necesita ser ampliada o modernizada, asegurando así una optimización de los recursos y una red operativa eficiente:

**Tabla 5.**

*Inventario actual de los equipos de Radio comunicación del CBA*

<b>INVENTARIO DE EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACIONES DEL CBA, con la "ACCIÓN A TOMAR" para la "REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA LAS UNIDADES MÓVILES Y FIJAS DEL CBA"</b>															
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION DEL BIEN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TIPO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>CANTIDAD POR MODELO</b>	<b>VIGENCIA TECNOLÓGICA</b>	<b>ESTADO</b>	<b>OBJETIVO DEL PROYECTO</b>	<b>UBICACIÓN DE EQUIPOS</b>					
<b>1</b>	RADIO PORTÁTIL DIGITAL	66	PERSONAL	MOTOROLA	DGP6150+	44	DESCONTINUADO	REGULAR	REEMPLAZAR Y DAR DE BAJA	BOMBEROS CBA					
					DGP8550	8	VIGENTE	BUENO			REPOTENCIAR				
					DGP8550e	5	VIGENTE	BUENO			REPOTENCIAR				
										DGP6150+	4	DESCONTINUADO	REGULAR	DAR DE BAJA	BODEGA
										DGP8550	3	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIAR	BODEGA
										DGP8550e	2	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIAR	BODEGA
<b>2</b>	RADIO MÓVIL DIGITAL	36	VEHICULAR	MOTOROLA	DGM6100	19	DESCONTINUADO	REGULAR	REEMPLAZAR Y DAR DE BAJA	VEHICULOS EXISTENTES					
					DGM6100	6	DESCONTINUADO	REGULAR		DAR DE BAJA	VEHICULOS EXISTENTES				
					DGN8500	4	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIAR	VEHICULOS EXISTENTES					
					DGM8550e	3	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIAR	VEHICULOS EXISTENTES					
					DGM6100	2	DESCONTINUADO	MALO	DAR DE BAJA	BODEGA					
					DGM8550e	2	VIGENTE	MALO	DAR DE BAJA	BODEGA					
<b>3</b>	RADIO BASE FIJA DIGITAL	6	FIJA	MOTOROLA	DGM8500e	1	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIAR	COMPAÑÍA X1					
					DGM6100	1	DESCONTINUADO	REGULAR	REEMPLAZAR Y DAR DE BAJA	COMPAÑÍA X2					
					DGM6100	1	DESCONTINUADO	REGULAR	REEMPLAZAR Y DAR DE BAJA	COMPAÑÍA X3					
					DGM6100	1	DESCONTINUADO	REGULAR	REEMPLAZAR Y DAR DE BAJA	COMPAÑÍA X4					
					DGM8500e	1	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIAR	COMPAÑÍA X5					
					DGM8500e	1	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIAR	ECU 911					
<b>4</b>	REPETIDORA DIGITAL	2	REPETIDOR	MOTOROLA	DGR6175	1	DESCONTINUADO	REGULAR	REEMPLAZAR Y DAR DE BAJA	NITÓN					

	DGR6175	1	DESCONTI- NUADO	REGULAR	REEMPLAZAR Y DAR DE BAJA	CASIGANA
<b>TOTAL</b>	<b>110</b>					

Una vez que se ejecute el proyecto de “**REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA LAS UNIDADES MÓVILES Y FIJAS DEL CBA**”, se aspira que las actualizaciones de inventario sean las siguientes:

**Tabla 6.**

*Posibles actualizaciones de inventario*

ITEM	DESCRIP- CION DEL BIEN	CANTIDAD	TIPO	MARCA	MO- DELO	CANTIDAD POR MO- DELO HA ALCANZAR	VIGENCIA TECNO- LÓGICA PARA AL- CANZAR	ESTADO A AL- CANZAR	OBJETIVO DEL PRO- YECTO A ALCANZAR	UBICACIÓN FUTURA DE EQUIPOS
1	RADIO PORTÁTIL DIGITAL	91	PERSO- NAL	MOTOROLA	R7	73	NUEVA	BUENO	INCREMENTADO	BOMBEROS
					DGP8550	11	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIADO	CBA / BODEGA
					DGP8550	7	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIADO	
					e					
2	RADIO MÓVIL DIGITAL	37	VEHICU- LAR	MOTOROLA	DGM855	19	NUEVA	BUENO	REEMPLAZADO	VEHICULOS EXISTEN- TES
					DGM855	4	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIADO	VEHICULOS EXISTEN- TES
					DGN8500	3	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIADO	VEHICULOS EXISTEN- TES
					DGM855	4	NUEVA	BUENO	INCREMENTADO	CAMIONES NUEVOS
					DGM855	7	NUEVA	BUENO	INCREMENTADO	CAMIONETAS NUE- VAS
					0e					
3	RADIO BASE FIJA DIGITAL	6	FIJA	MOTOROLA	DGM855	1	NUEVA	BUENO	REEMPLAZADO	COMPAÑÍA X2
					DGM855	1	NUEVA	BUENO	REEMPLAZADO	COMPAÑÍA X3
					DGM855	1	NUEVA	BUENO	REEMPLAZADO	COMPAÑÍA X4
					DGM855	1	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIADO	COMPAÑÍA X1
					0e					

				DGM850	1	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIADO	COMPAÑÍA X5	
				0e						
				DGM850	1	VIGENTE	BUENO	REPOTENCIADO	ECU 911	
				0e						
<b>4</b>	REPETI-	6	REPETI-	MOTOROLA	SLR-5100	2	NUEVA	BUENO	REEMPLAZADO	NITÓN
	DORA DI-		DOR		SLR-5100	1	NUEVA	BUENO	REEMPLAZADO	CASIGANA
	GITAL				SLR-5100	1	NUEVA	BUENO	INCREMENTADO	*ECU 911
					SLR-5100	1	NUEVA	BUENO	INCREMENTADO	*APATUG
					SLR-5100	1	NUEVA	BUENO	INCREMENTADO	* LLIMPE
<b>TOTAL</b>		<b>140</b>								

Por tanto, se dispondría de un nuevo inventario total de 140 equipos de radiocomunicación, 100% operativos y estado “BUENO”, de los cuales, 112 serán equipos nuevos y corresponderán al 80% de dispositivos con vigencia tecnológica “NUEVA” y 28 equipos repotenciados y corresponderán al 20% de dispositivos con vigencia tecnológica “VIGENTE”.

Por tanto, es oportuno, necesario y pertinente, realizar la adquisición de equipos de última tecnología para reemplazar aquellos que se encuentran discontinuados y en mal estado, y a su vez, efectuar una repotenciación integral del sistema de Radio comunicación actual, mediante la adquisición y aumento de equipos transmisores/repetidores, incrementando efectivamente la cobertura de la red, en las zonas donde tiene competencia.

#### **4.5.4. Renovación de título habilitante**

Por tanto, será necesario contratar y ejecutar una consultoría para el estudio de ingeniería y trámite ante ARCOTEL para la renovación y concesión del título habilitante de autorización de operación de red privada y uso de frecuencias del espectro radio eléctrico para el Cuerpo de Bomberos de Ambato.

El consultor deberá cumplir con las siguientes acciones:

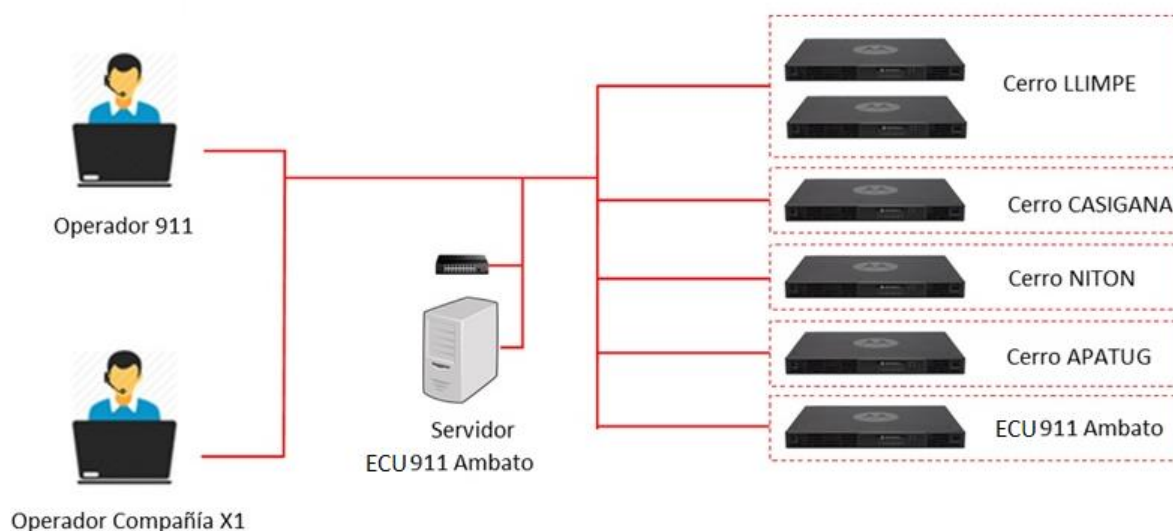
- a) Solicitar al administrador de contrato la documentación para requisitos de trámite y la información del equipamiento actual de radiocomunicación del CBA.
- b) Recolectar la información necesaria para calcular y determinar para un sistema de radio de dos vías, los siguientes parámetros requeridos:
  - Información de equipamiento, estructura y Antenas
  - Patrones de radiación de Antenas
  - cálculos de propagación
  - Estudio técnico de emisiones de RNI
  - Cálculo de la máxima frecuencia utilizable (MUF), mínima frecuencia utilizable

- (LUF) y frecuencia óptima de trabajo (FOT).
- c) Elaborar el estudio técnico de ingeniería preliminar y ponerlo en consideración para aprobación por parte del administrador de contrato.
  - d) Coordinar con el administrador del contrato la firma de todos los documentos pertinentes a esta actividad que requieran firma de funcionarios del CBA.
  - e) Coordinar con el administrador del contrato que los pagos del CBA estén al día para evitar inconvenientes de ingreso de documentación.
  - f) Llenar los formularios de Solicitud general (FO-CTDE-68) y formularios técnicos de Infraestructura inalámbrica para Radio de dos vías (FO-DRE-01 – FO-DRE-05; FO-DRE-15 – FO-DRE-17) e ingresarlos en la ARCOTEL.
  - g) Gestionar la información obtenida en el estudio de ingeniería en el Aplicativo AVIS del ARCOTEL.
  - h) Presentar el recibo del INGRESO DEL TRAMITE DE APROBACION DEL ESTUDIO DE INGENIERIA EN LA ARCOTEL, al administrador del contrato.
  - i) Todos los valores económicos que se generen por la obtención del título habilitante deberán ser cancelados por el contratista, por tanto, deben ser incluidos en su oferta.
  - j) Cumplir con todos los requisitos técnicos y jurídicos exigidos por ARCOTEL para efectuar el respectivo tramite.
  - k) Visitar las dependencias de ARCOTEL las veces que sean necesarias hasta la obtención del título habilitante.
  - l) Una vez obtenido, entregar el título habilitante al administrador del contrato del CBA.

**Figura 29.**

*Esquema de equipos repetidores para la repotenciación y ampliación de Cobertura de la red*

de radiocomunicaciones



*Nota:* Esquema de diseño de Equipos repetidores para la repotenciación y ampliación de Cobertura de la red de radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato

#### 4.5.5. Repotenciación de las estaciones repetidoras existentes del CBA

A continuación, se enlistan las estaciones que serán repotenciadas:

**Tabla 7.**  
*Ubicación geográfica de estaciones a ser potenciadas*

ITEM	ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)	PROPIETARIO DE ESTACION
1	CERRO NITON	1°16'42.58"S	78°32'11.58"O	3057	CUERPO DE BOMBEROS DE AM-BATO
2	CERRO CASIGANA	1°15'49.26"S	78°38'53.64"O	2950	GADMA - DTTM

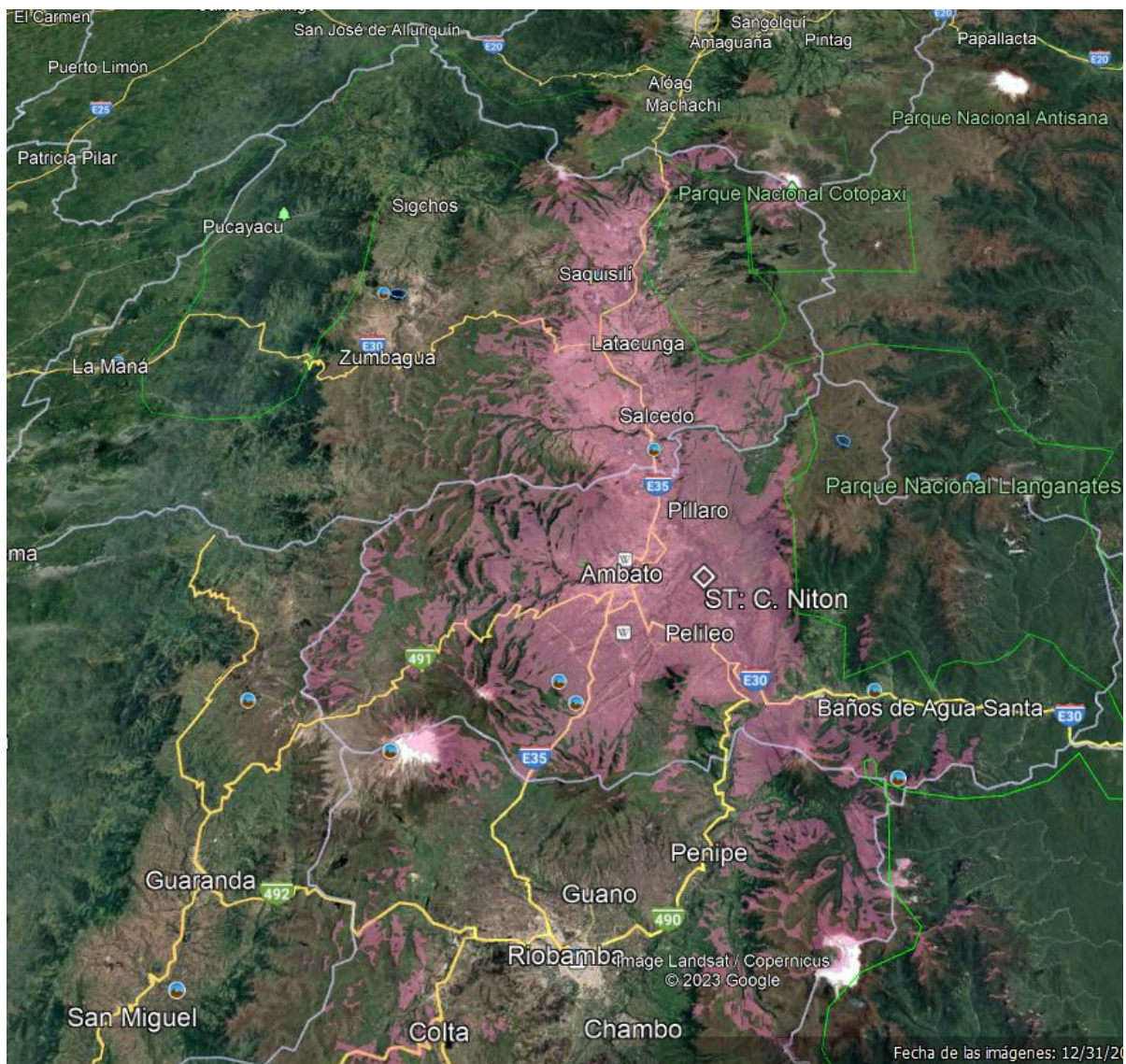
Para repotenciar la cobertura actual del sistema de radiocomunicación del Cuerpo de Bomberos de Ambato en las parroquias rurales de Ambatillo, Atahualpa, Augusto Martinez, Constantino Fernández, Cunchibamba, Huachi Grande, Izamba, Montalvo, Picaihua, Quisapincha, San Bartolomé de Pinllo, Totoras, Unamuncho y en el cantón Pelileo, en la estación **NITÓN** se procederá con el retiro del equipo repetidor de la **marca MOTOROLA modelo DGR6175**, que actualmente se encuentra operativo y que será reemplazado por un nuevo equipo repetidor

para el servicio de voz.

La estación **NITÓN** es de propiedad del Cuerpo de Bomberos de Ambato, con una altura de 3057 msnm.

A continuación, se muestra la simulación de cobertura del repetidor VHF de la estación **NITÓN**:

**Figura 30.**  
*Simulación de cobertura de repetidor NITÓN*



Para repotenciar la cobertura actual del sistema de radiocomunicación del Cuerpo de Bomberos de Ambato en las parroquias urbanas de *Atocha-Ficoa, Celiano Monge, Huachi Chico, La*

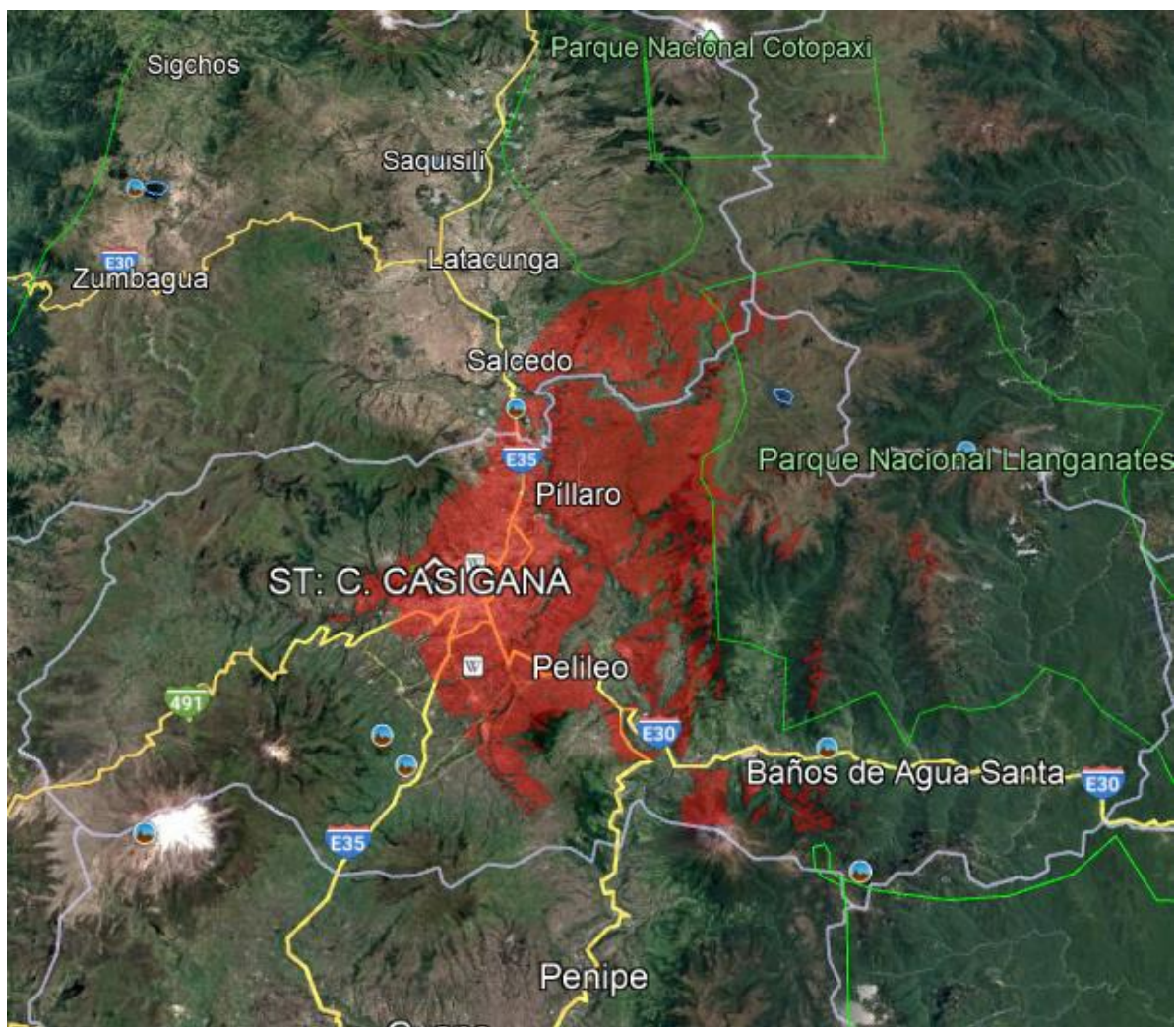
*Matriz, La Merced y San Francisco* se tiene previsto reemplazar el equipo repetidor de la marca **MOTOROLA** modelo **DGR6175**, por un nuevo equipo repetidor, en el cuarto de equipos y torre de telecomunicaciones en la estación cerro **CASIGANA**.

El propietario de la estación **CASIGANA** es el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato (**GADMA**) de la **Dirección de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial Municipal (DTTM)**, con una altura de 2950 msnm.

A continuación, se muestra la simulación de cobertura de repetidor VHF de la estación **CASIGANA**:

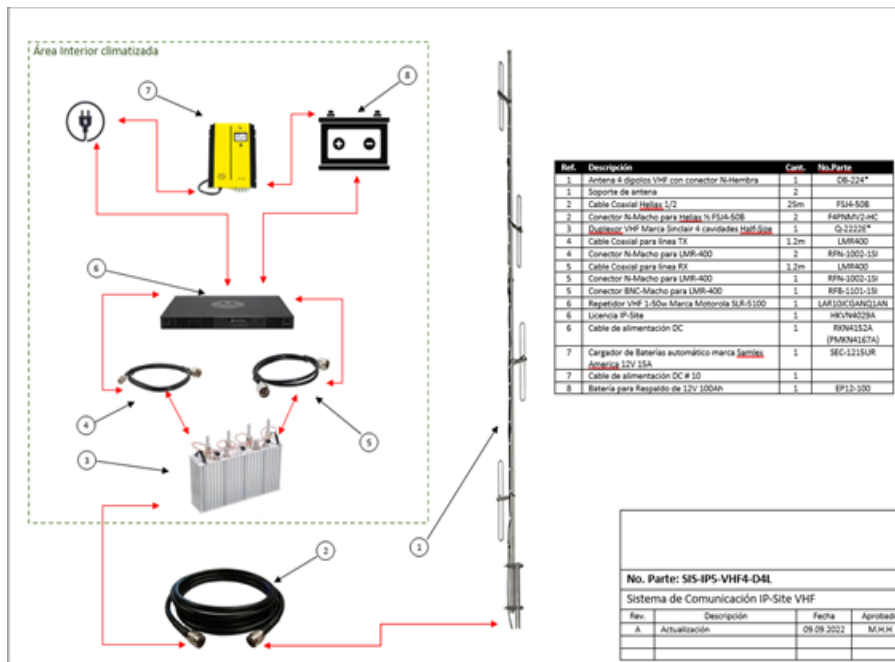
**Figura 31.**

*Simulación de cobertura de repetidor CASIGANA*



Para ambas estaciones antes mencionadas, la repotenciación de los servicios de voz consistirá únicamente en el reemplazo del equipo repetidor, mientras los demás componentes principales de transmisión como el duplexor y la antena de dipolos del subsistema se mantendrán, ya que se encuentran en buen estado.

**Figura 32.**  
*Componentes del Sistema de comunicación IP-site VHF*



#### 4.5.6. Selección de sitios para nuevas estaciones repetidoras

Para la selección de sitios se han previsto escoger estaciones existentes que dispongan de infraestructura con accesibilidad de vías y caminos, de obra civil (caseta), suministro eléctrico continuo (medidor eléctrico de la empresa eléctrica Ambato EEASA), sistemas de tierra, climatización, seguridad y espacio disponible en cuartos de equipos y torres de telecomunicaciones que se encuentren en buen estado y con mantenimiento periódico.

A continuación, se enlistan las nuevas estaciones, que serán incrementadas para ampliación de cobertura:

**Tabla 8.**  
*Nuevas estaciones para ampliación de cobertura*

ITEM	ESTACION	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)	PROPIETARIO DE ESTACION
1	CERRO LLIMPE	1°22'59.17"S	78°34'24.70"O	3703	Secretaria de Gestión de Riesgos
2	CERRO APATUG	1°19'19.00"S	78°41'35.00"O	3263	EMAPA (Empresa de Agua Potable)
3	Edificio ECU 911	1°15'20.24"S	78°35'53.03"O	2599	ECU 911

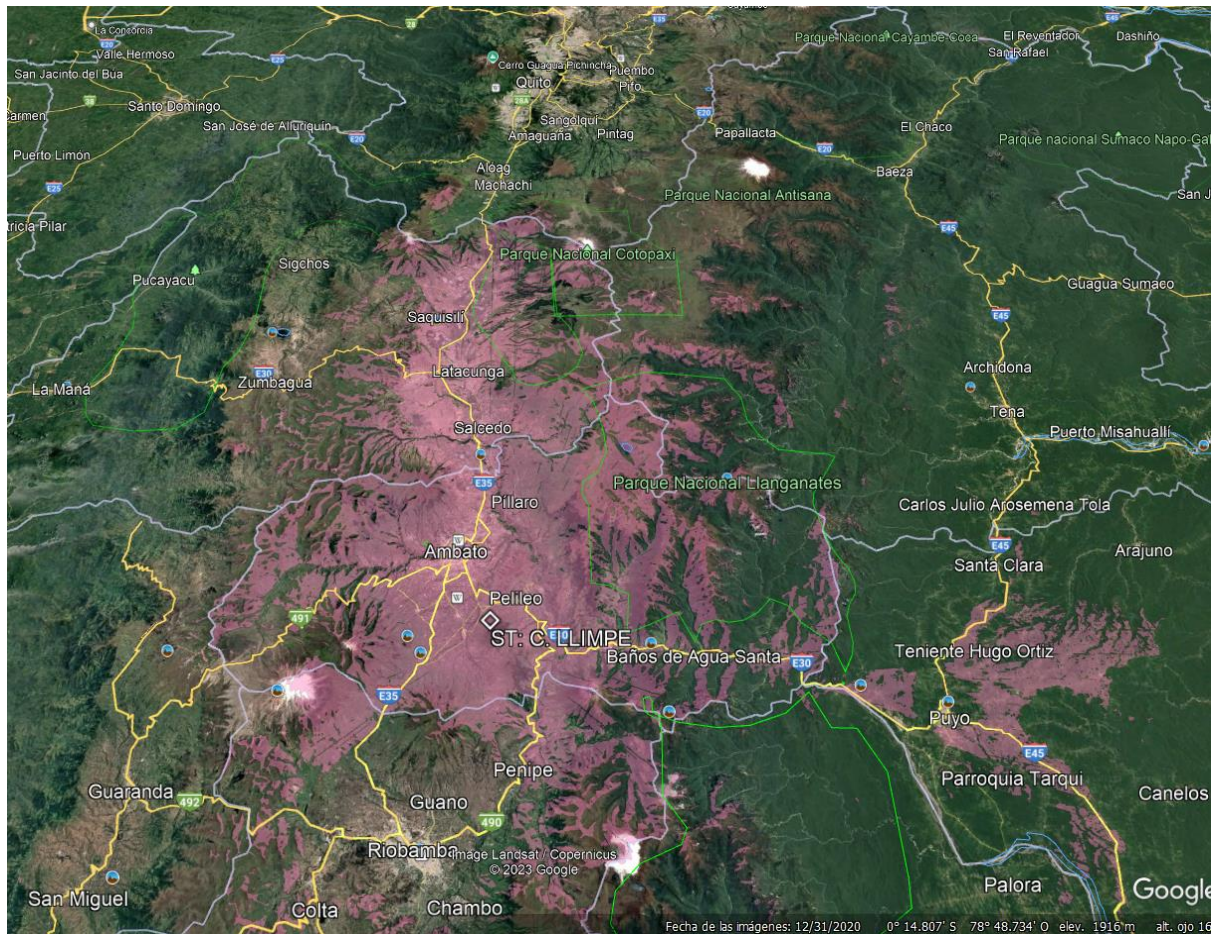
Para ampliar la cobertura en la **zona SUR** de la provincia de Tungurahua y mejorar los niveles de señal en la zona de los cantones *Mocha, Cevallos, Quero, Pelileo y Baños de Agua Santa*, se prevé instalar un nuevo equipo repetidor y antena en el Cerro **LLIMPE**, en el cuarto de equipos y torre de la secretaria de gestión de riesgos (SGR) con una altura de 3703 msnm.

Adicionalmente se agregará otro nuevo equipo repetidor que será destinado con uso exclusivo para la adquisición de datos del monitoreo continuo de la ubicación de las unidades vehiculares de rescate del CBA.

A continuación, se muestra la simulación de cobertura de repetidor VHF de la estación **LLIMPE**:

**Figura 33.**

## Simulación de cobertura de repetidor LLIMPE

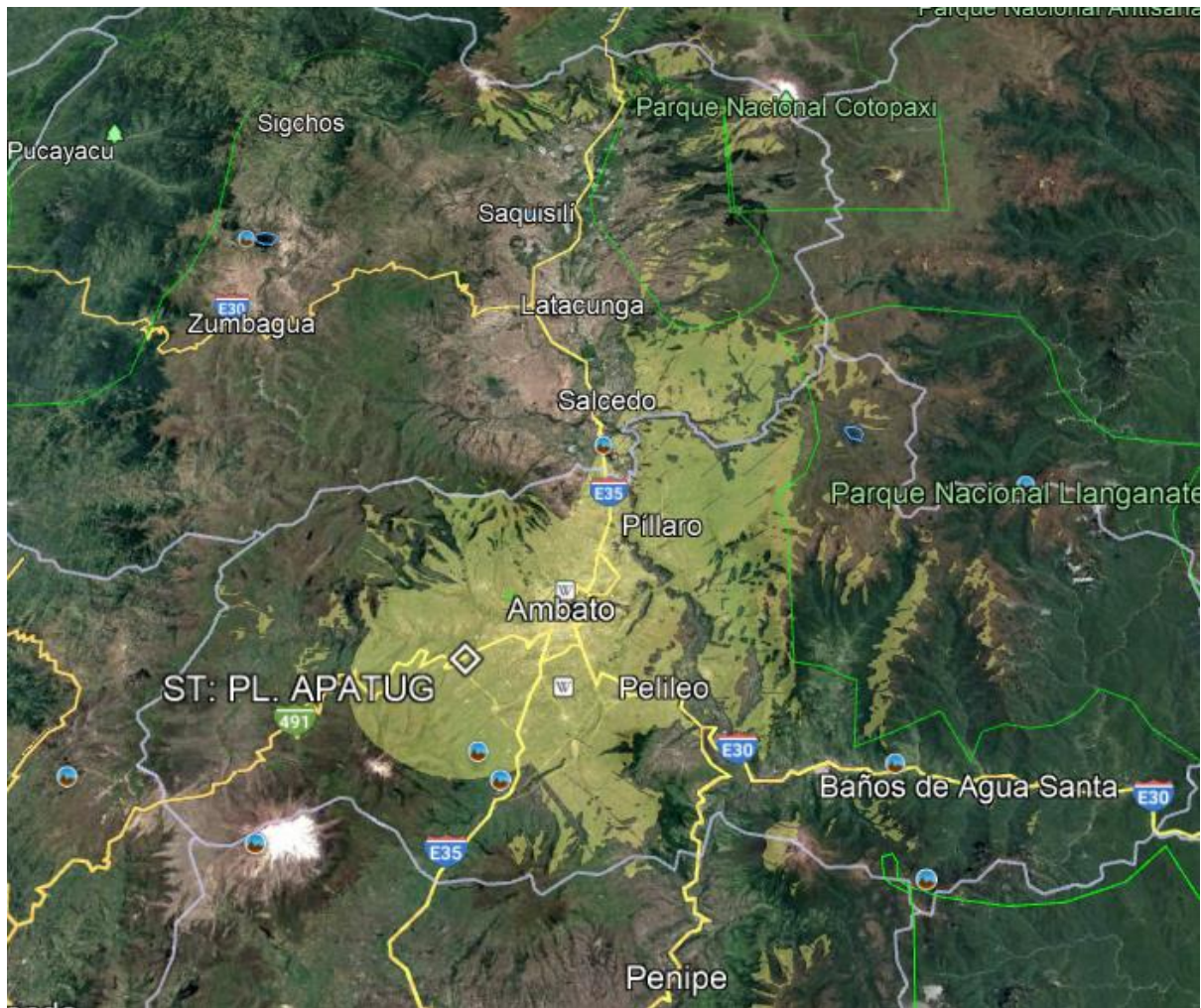


Para ampliar la cobertura en la **zona OCCIDENTE** de la provincia de Tungurahua y mejorar los niveles de señal en la zona del *cantón Tisaleo* y en las *parroquias rurales de San Antonio de Pasa, San Fernando, Pilahuín, Juan Benigno Vela y Santa Rosa*, se prevé instalar un nuevo equipo repetidor y antena en la torre de telecomunicaciones del Edificio de la planta de Tratamiento de Agua “**APATUG**”, de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado EMAPA-A con una altura de 3263 msnm.

A continuación, se muestra la simulación de cobertura de repetidor VHF de la estación **APATUG**:

**Figura 34.**

### Simulación de cobertura de repetidor APATUG

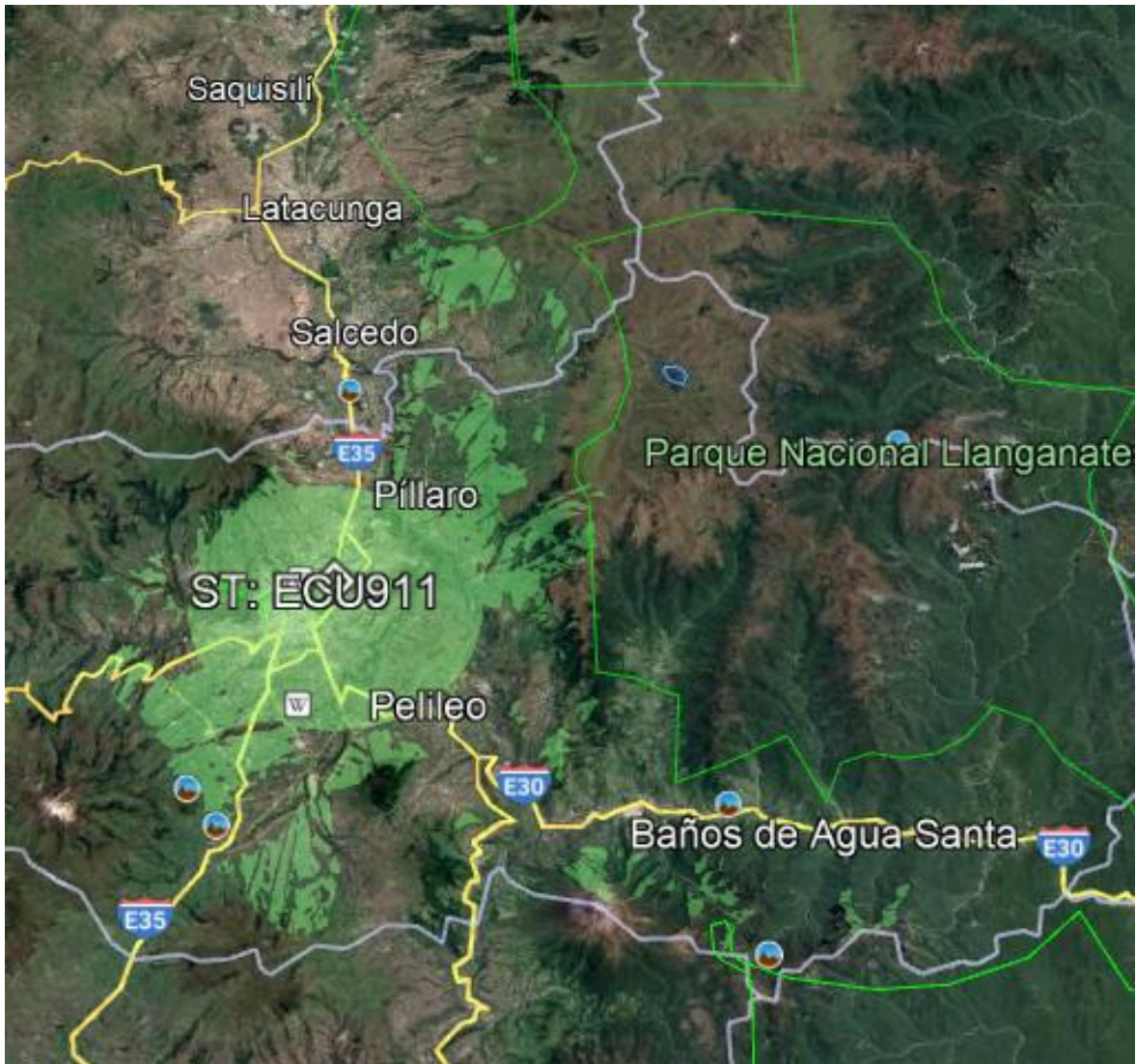


Para ampliar la cobertura en la **zona ORIENTE** del Cantón Ambato, y mejorar los niveles de señal en las *parroquias urbanas de la Península, Pishilata y Huachi Loreto* y en las *parroquias rurales de Picaihua, Atahualpa y Augusto Martínez*, se prevé instalar un nuevo equipo repetidor en el cuarto de data center y antena en la torre de telecomunicaciones del Edificio del **ECU 911**, ubicado en la Av. Albert Einstein Km1 vía a Techo Propio, con una altura de 2599 msnm.

A continuación, se muestra la simulación de cobertura de repetidor VHF de la estación **ECU 911**:

**Figura 35.**

### Simulación de cobertura de repetidor ECU911



#### 4.5.6.1. VISITA A LAS NUEVAS ESTACIONES REPETIDORAS PARA EL CBA

En visita realizada a la estación de **LLIMPE (propiedad de secretaria nacional de Gestión de Riesgos SNGR)**, se pudo constatar las siguientes novedades:

El acceso a la estación consta de un camino rural que no permite el ingreso con vehículo a la puerta de la caseta.

**Figura 36.**

*Subida a Cerro Llimpe en vehículo todo terreno*



**Figura 37.**

*Subida a Cerro Llimpe a pie por aproximadamente 20 minutos*



**Figura 38.**

*Exterior de la estación*



**Figura 39.**

*Cuarto de equipos de la caseta Llimpe que alojará el RACK CERRADO del CBA*



**Figura 40.**

*Tableros eléctricos y acometidas al interior de la caseta Llimpe*



**Figura 41.**

*Espacio requerido para el RACK CERRADO del CBA en el Interior de la estación*



**Figura 42.**  
*Torre de telecomunicaciones de la caseta LLIMPE*



**Figura 43.**  
*Torre de telecomunicaciones de la caseta LLIMPE*



Nota: En la Torre de telecomunicaciones de la caseta LLIMPE será la infraestructura donde se instalará dos antenas de dipolos y una antena tipo plato para radio enlace.

En visita realizada a la estación de **APATUG (propiedad de EP- EMAPA-A)**, se pudo constatar las siguientes novedades:

**Figura 44.**

*Edificio de la planta de tratamiento APATUG*



**Figura 45.**

*Cuarto de automatización de la planta de tratamiento APATUG*



*Nota:* Cuarto de automatización en el interior del edificio de la planta de tratamiento APATUG que alojará el RACK CERRADO de 24 UR del CBA

**Figura 46.**

*Espacio requerido para el RACK CERRADO de 24 UR del CBA*



**Figura 47.**

*Torre en la terraza del edificio de la planta de tratamiento APATUG*



*Nota:* Torre en la terraza del edificio de la planta de tratamiento APATUG, en donde se instalará una antena de dipolos y una antena tipo plato para radio enlace

En visita realizada a la estación de SIS ECU911 (**propiedad de sistema integrado de seguridad ECU 911**), se pudo constatar las siguientes novedades:

**Figura 48.**  
*Edificio del SIS ECU 911*



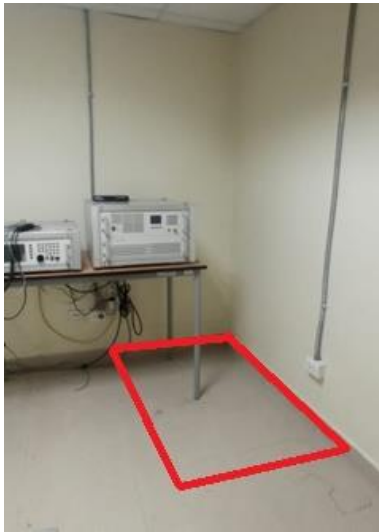
**Figura 49.**  
*Cuarto de control de antenas del SIS ECU 911*



*Nota:* Cuarto de control de antenas del SIS ECU 911 que alojará el RACK CERRADO de 24 UR del CBA

**Figura 50.**

*Espacio requerido para el RACK CERRADO de 24 UR del CBA*



**Figura 51.**

*Torre en la terraza del SIS ECU911*



*Nota:* Torre en la terraza del SIS ECU911, en donde se instalará una antena de dipolos y una antena tipo plato para radio enlace

#### **4.5.7. Análisis de necesidades de infraestructura en estaciones Estación nitón**

- Acceso y mantenimiento de sitio

Se debe reemplazar el candado atascado en la puerta de ingreso y proceder al desbroce

de maleza y vegetación, a fin de recuperar la movilidad en el interior de la estación.

- Obra civil menor

Con el fin de disponer de un espacio adecuado para la instalación del rack que contendrá el equipamiento, se requiere del derrocamiento de un mesón de hormigón en el interior del cuarto de equipos de la estación NITÓN.

En el espacio liberado se ha estimado colocar un rack cerrado auto soportado de acero con puerta de vidrio de 36 UR con ventiladores para aplicación de data center, que guardará todos los nuevos equipos de transmisión y energía.

- Obra eléctrica

Se requiere de la instalación de una acometida eléctrica soterrada desde medidor eléctrico hasta cuarto de equipos con nueva caja de termomagnéticos de protección.

- Sistema de tierras

En la parte exterior del cuarto de equipos de la estación NITÓN se debe implementar un sistema de tierra, en forma de rectángulo compuesto de una malla con cable de cobre desnudo 2/0 unido con sueldas exotérmicas a una varilla cooperweld en cada esquina, es decir en total 4 y de la misma se debe extender una sección de cable (chicote) que ingrese al interior del cuarto para conectar a una barra de cobre que disponga de al menos 6 orificios.

En la torre de telecomunicaciones se debe ejecutar el aterrizaje a tierra de mediante la conexión a una varilla cooperweld e instalar una barra de cobre con al menos 6 perforaciones.

- Mantenimiento de torre

a torreta de telecomunicaciones de la estación NITÓN, requiere cambio de pernos entre sus secciones, reemplazo de grilletes en templadores, aterrizaje a tierra, instalación de barra de tierra y escalerillas hacia cuarto de equipos.

- Instalación de escalerillas exteriores

Se necesita de la instalación de un tramo de 4 metros de escalerilla desde torreta hasta cuarto de equipos, incluye barra de cobre con perforaciones.

#### **4.5.7.1. ESTACIÓN LLIMPE**

- Mantenimiento de sitio

Se debe proceder al desbroce de maleza y vegetación en la parte externa de la estación, a fin de recuperar la movilidad y acceso a la torre de telecomunicaciones.

Desalojo de armario metálico propiedad del Cuerpo de Bomberos de Píllaro que se encuentra sin uso.

Limpieza en el interior del cuarto de equipos.

- Obra civil menor

Se debe realizar y adecuar un pasamuros para el ingreso de cables desde la antena de 4 dipolos y antena de radio enlace tipo plato hacia el interior del cuarto de equipos.

- Obra eléctrica

Los tableros y acometidas eléctricas al interior de la caseta LLIMPE se encuentran en estado regular, pero necesitan revisión y ordenamiento.

- Sistema de tierras

En la parte exterior del cuarto de equipos de la estación LLIMPE se debe implementar un sistema de tierra, en forma de rectángulo compuesto de una malla con cable de cobre desnudo 2/0 unido con sueldas exotérmicas a una varilla cooperweld en cada esquina, es decir en total 4 y de la misma se debe extender una sección de cable que ingrese al interior del cuarto para conectar a una barra de cobre que disponga de al menos 6 orificios.

En la torre de telecomunicaciones se debe ejecutar el aterrizaje a tierra de mediante la conexión a una varilla cooperweld e instalar una barra de cobre con al menos 6

perforaciones.

- Mantenimiento de torre

La torreta de telecomunicaciones requiere cambio de pernos entre sus secciones, reemplazo de grilletes en templadores, aterrizaje a tierra, instalación de barra de tierra y escalerillas hacia cuarto de equipos.

- Instalación de escalerillas

Se necesita de la instalación de un tramo de 4 metros de escalerilla desde torreta hasta cuarto de equipos, incluye barra de cobre con perforaciones.

#### **4.5.7.2. ESTACIÓN APATUG**

- Obra civil menor

Se debe adecuar un pasamuros para el ingreso de cables desde la antena de 4 dipolos y antena de radio enlace tipo plato hacia el interior del cuarto de equipos.

- Sistema de tierras

Se debe implementar un sistema de tierra mediante la conexión a una varilla cooperweld y de la misma se debe extender una sección de cable que ingrese al interior del cuarto de equipos para conectar a una barra de cobre que disponga de al menos 6 orificios.

En la torre de telecomunicaciones se debe ejecutar el aterrizaje a tierra de mediante la conexión a una varilla cooperweld e instalar una barra de cobre con al menos 6 perforaciones.

- Instalación de escalerillas

Se necesita de la instalación de un tramo de 10 metros de escalerilla desde torreta hasta cuarto de equipos.

#### **4.5.7.3. ESTACIÓN ECU 911**

- Obra civil menor (Pasamuros)

Se debe adecuar un pasamuros para el ingreso de cables desde la antena de 4 dipolos y

antena de radio enlace tipo plato hacia el interior del cuarto de equipos.

- Sistema de tierras

Se debe implementar un sistema de tierra mediante la conexión a una varilla cooperweld y de la misma se debe extender una sección de cable que ingrese al interior del cuarto de equipos para conectar a una barra de cobre que disponga de al menos 6 orificios.

En la torre de telecomunicaciones se debe ejecutar el aterrizaje a tierra de mediante la conexión a una varilla cooperweld e instalar una barra de cobre con al menos 6 perforaciones.

#### Instalación de escalerillas

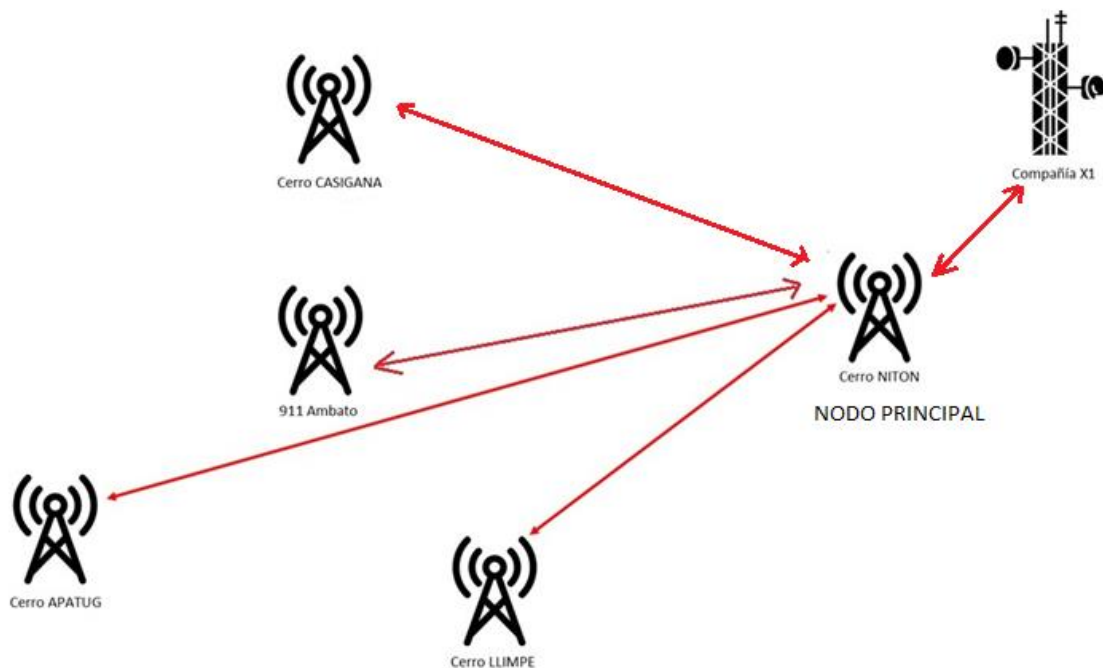
Se necesita de la instalación de un tramo de 10 metros de escalerilla desde torreta hasta cuarto de equipos.

#### **4.5.8. Diseño de una red inalámbrica de enlaces radio eléctricos propia que facilite la adquisición de equipos y un sistema de software para consola de despacho de emergencias y monitoreo GPS de flota, de última tecnología para el Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA).**

### **Propuesta de diseño de Enlaces Radio eléctricos**

**Figura 52.**

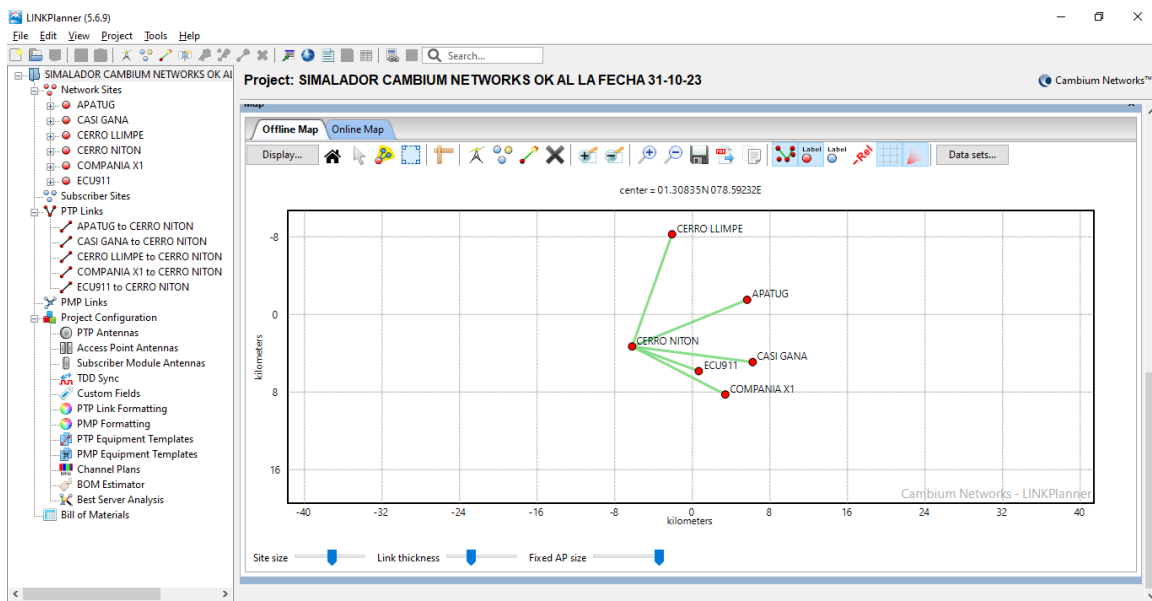
## Estaciones repetidoras y enlaces de datos



## Simulación de Enlaces Radio eléctricos

La estación del Cerro Nitón es el eje principal de todo el sistema de radio Enlaces, debido a que todos los sitios los enlaces son dirigidos hacia la estación Nitón.

**Figura 53.**  
*Coordenadas de Estaciones y Alturas de torres*



De igual manera en el siguiente cuadro, vemos las alturas a las que irán colocadas las antenas

tipo dish de 25db de ganancia, lo que nos garantiza un 100% de conectividad y un perfecto ancho de banda, para poder transmitir los datos y voz del sistema de radio comunicación.

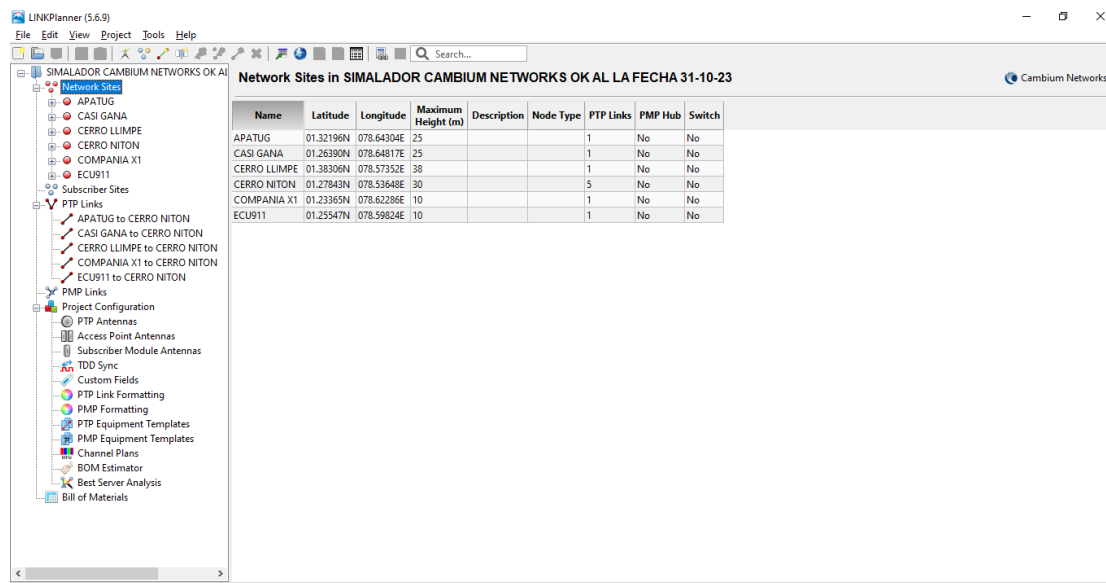
**Tabla 9.**

*Alturas a las que irán colocadas las antenas tipo dish de 25db de ganancia*

No.	ENLACES	ALTURA	CERRO	ALTURA
1	COMPANIA X1 A NITON	10	NITON	20
2	ECU911 A NITON	10	NITON	10
3	LLIMPE A NITON	18	NITON	17
4	CASIGANA A NITON	25	NITON	26
5	APATUG A NITON	15	NITON	23

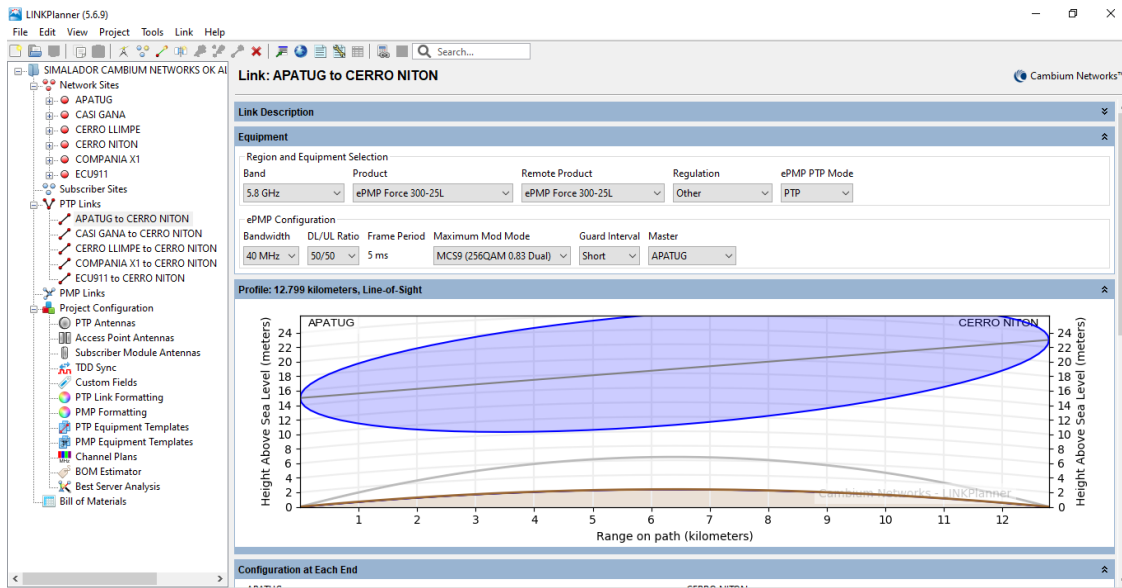
**Figura 54.**

*Coordenadas de Estaciones y Alturas de torres.*



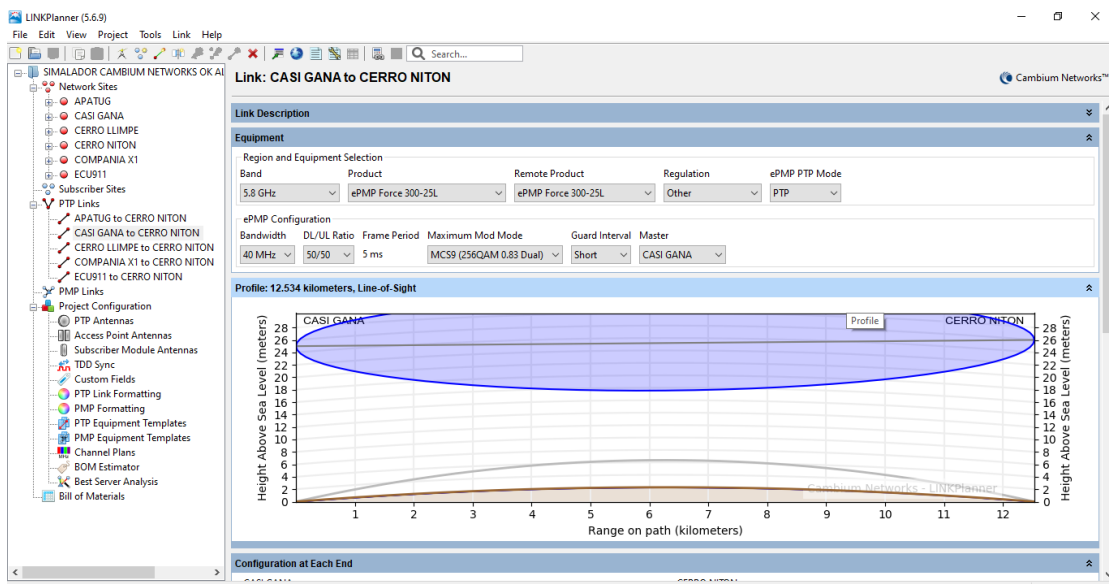
**Figura 55.**

## Enlace APATUG - NITON



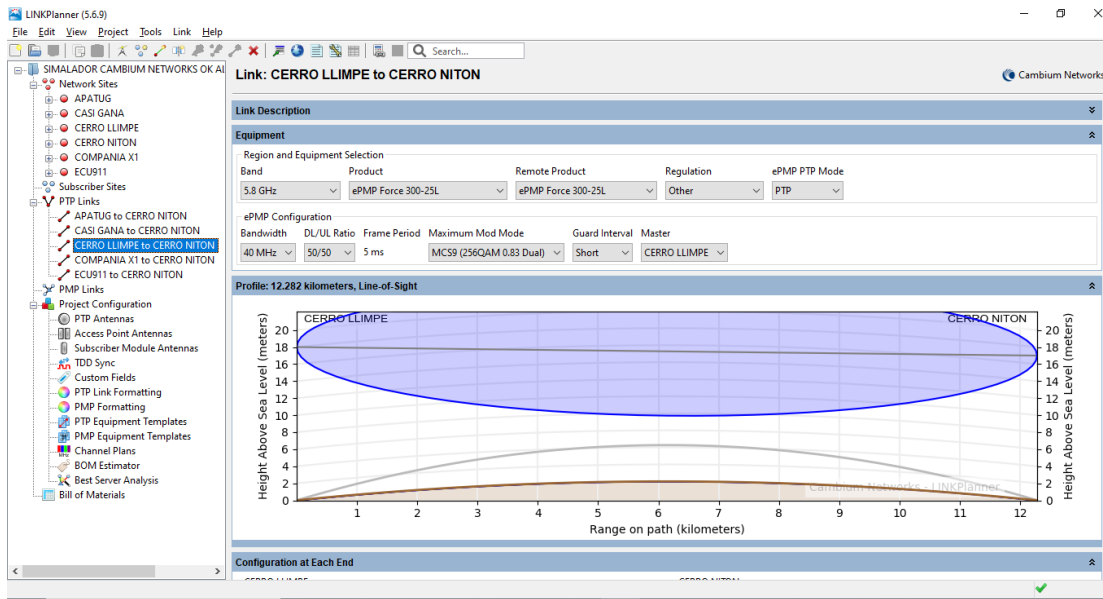
**Figura 56.**

## Enlace CASIGANA - NITON

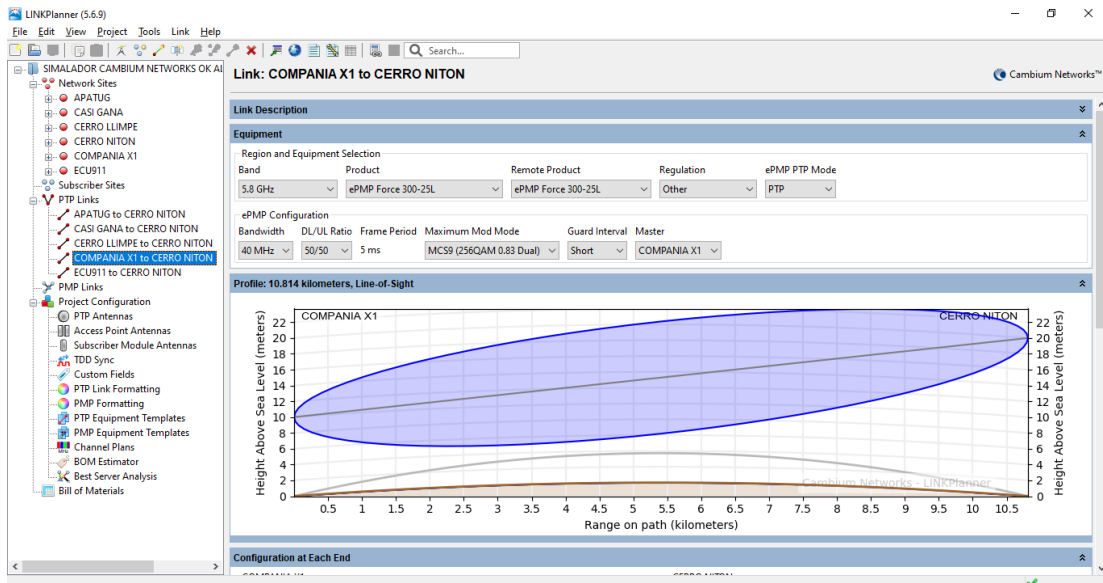


**Figura 57.**

## Enlace LLIMPE - NITON



**Figura 58.**  
Enlace COMPANIA X1 - NITON



**Figura 59.**

# Enlace ECU911 - NITON

LINKPlanner (5.6.9) SIMALADOR CAMBIUM NETWORKS OK All

File Edit View Project Tools Link Help

Link: ECU911 to CERRO NITON Cambium Networks™

**Link Description**

**Equipment**

Region and Equipment Selection

Band	Product	Remote Product	Regulation	ePMP PTP Mode
5.8 GHz	ePMP Force 300-25L	ePMP Force 300-25L	Other	PTP

ePMP Configuration

Bandwidth	DL/UL Ratio	Frame Period	Maximum Mod Mode	Guard Interval	Master
40 MHz	50/50	5 ms	MCS9 (256QAM 0.83 Dual)	Short	ECU911

**Profile: 7.327 kilometers, Line-of-Sight**

Height Above Sea Level (meters)

Range on path (kilometers)

**Configuration at Each End**

## **CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

### **5.1. Introducción**

#### **5.1.1. Contextualización**

El sistema de radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA) enfrenta limitaciones significativas en cobertura, tecnología y gestión operativa. La infraestructura actual, compuesta principalmente por repetidores Motorola modelo DGR6175, se encuentra en estado de obsolescencia, lo que afecta directamente la capacidad de respuesta ante emergencias.

Actualmente, la falta de interconexión entre estaciones, como Nitón y Casigana, genera una fragmentación en la cobertura que obliga a los usuarios a realizar cambios manuales de canal.

De igual manera cuando se produce un corte de suministro eléctrico en la estación Nitón, la estación Casigana actúa como back up, pero con una muy limitada cobertura y operatividad en los equipos suscriptores actuales como radios bases fijas, radios móviles vehiculares y radios portátiles, que por su obsolescencia carecen de la función de cambio automático de canal (roaming).

Estas situaciones reducen la eficiencia operativa y aumentan los tiempos de respuesta, comprometiendo la atención oportuna en emergencias críticas.

Para solventar estas deficiencias, se plantea el diseño de una red inalámbrica propia que permita una cobertura extendida, continua y eficiente mediante tecnologías modernas como IP Site Connect y enlaces microondas de 5.8 GHz. Este diseño no solo busca optimizar la cobertura, sino también integrar un sistema avanzado de despacho de emergencias y monitoreo GPS de flota, fortaleciendo así la capacidad operativa del CBA.

5

#### **5.1.2. Justificación**

Tanto en la selección de los equipos, como la topología para la red de monitoreo GPS, la propuesta que

aquí se presenta se ha realizado principalmente considerando criterios técnicos y económicos, con la finalidad de poder garantizar la eficiencia, escalabilidad y confiabilidad del sistema. Para ello también la selección mencionada se ha basado en los siguientes fundamentos:

- Costo: se ha evaluado y estimado el precio de cada equipo en relación con sus prestaciones y durabilidad para que así pueda ser optimizado lo mas posible.
- Soporte local: Disponibilidad de garantía, y dada la necesidad de repuestos o servicio técnico esta debe estar garantizada en el país.
- Compatibilidad: Capacidad de integración con otros sistemas existentes o planificados.
- Escalabilidad: Posibilidad de ampliar la red sin cambios significativos en la infraestructura.
- Fiabilidad: Precisión en la transmisión de datos y resistencia a condiciones adversas.

### **5.1.3. Enfoque del Capítulo**

En este capítulo se presentan las siguientes secciones:

- Alternativas tecnológicas: Comparativa de opciones disponibles considerando su compatibilidad con la infraestructura existente.
- Marcas y precios: Evaluación de proveedores locales e internacionales para identificar las mejores soluciones en términos de costo-beneficio.
- Diseño técnico de la red inalámbrica: Descripción de la arquitectura propuesta, equipos principales y su integración.
- Plan de implementación: Cronograma detallado de las fases necesarias para ejecutar el proyecto, incluyendo adquisición de equipos, instalación y capacitación.
- Evaluación y seguimiento: Indicadores clave para medir el impacto y garantizar el éxito de la propuesta.

## 5.2. Comparativa de tecnologías (compatibilidad con lo existente)

### 5.2.1. Estado actual del sistema

El sistema de radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA) se encuentra limitado por su infraestructura tecnológica.

#### Equipos y tecnologías en uso

- Repetidores Motorola DGR6175, que carecen de conectividad IP, afectando la integración de estaciones clave como Nitón y Casigana.
- Radios portátiles y móviles, principalmente modelos DGP6150+ y DGM6100+, discontinuados y con capacidades reducidas para soportar tecnologías modernas.

#### Limitaciones identificadas

- Cobertura fragmentada debido a la falta de enlaces entre estaciones.
- Necesidad de cambios manuales de canal, lo que retrasa la comunicación en situaciones críticas.
- Ausencia de capacidades avanzadas como GPS y telemetría.
- Falta de equipos de respaldo de energía en estaciones.

### 5.2.2. Opciones evaluadas

Para superar estas limitaciones, se analizaron tres opciones tecnológicas principales: sistemas digitales DMR, redes Mesh y configuraciones híbridas. Cada opción fue evaluada considerando su compatibilidad con la infraestructura existente, costo inicial, funcionalidad y escalabilidad.

**Tabla 10.**  
*Matriz comparativa de tecnologías*

Tecnología	Cobertura	Funcionalidades	Costo Inicial	Compatibilidad con Equipos Existentes	Mantenimiento	Escalabilidad
<b>Digital (DMR)</b>	Amplia	GPS, telemetría, mensajes de texto	Moderado	Alta	Requiere técnicos especializados	Alta

<b>Redes Mesh</b>	Muy amplia (redundancia)	Red autoorganizada, continuidad garantizada	Alto	Media (compleja integración inicial)	Complejo y costoso	Alta
<b>Sistemas Híbridos</b>	Moderada a amplia	Voz y datos simultáneos	Moderado	Alta	Media	Media

### 5.2.3. Recomendación tecnológica

La solución más adecuada para las necesidades del CBA es la implementación de una red digital basada en IP Site Connect, complementada con enlaces de microondas de 5.8 GHz. Esta configuración permitirá interconectar estaciones clave, como Nitón, Casigana, Llimpe, Apatug. Y ECU 911 eliminando las zonas de sombra y asegurando una comunicación continua y de alta disponibilidad. Además, se recomienda priorizar la adquisición de radios y repetidores compatibles con DMR, como los modelos Motorola SLR5100, DGM8550e y DGP8550e, para garantizar una transición gradual hacia la nueva tecnología sin afectar la operatividad actual.

## 5.3. Comparativa de marcas

### 5.3.1. Proveedores Analizados

En el proceso de selección de equipos y tecnología para la actualización del sistema de radiocomunicaciones, se analizaron tres marcas principales: Motorola, Hytera, y Kenwood, estas se han considerado por ser las tres marcas líderes del mercado y se seleccionaron por su reputación, calidad y características técnicas avanzadas. Además de ello, sobre la base del contexto geográfico particular de esta investigación, estas tres marcas que se han preseleccionado, y no otras, es debido a su amplio soporte técnico, disponibilidad de repuestos y compatibilidad con infraestructuras de comunicación existentes. de este estudio Cada una de estas marcas ofrece soluciones reconocidas en el ámbito de las radiocomunicaciones, pero presentan diferencias significativas en compatibilidad, costo, funcionalidad y soporte técnico.

#### **5.3.1.1. Motorola**

Motorola destaca por su tecnología robusta y su compatibilidad con sistemas avanzados como IP Site Connect. Su línea de equipos, que incluye los modelos de repetidores SLR5100, radios móviles vehiculares DGM8550e y radios portátiles DGP8550e, está diseñada para integrarse con redes digitales modernas y ofrece funcionalidades avanzadas como GPS y telemetría. Además, Motorola cuenta con una red consolidada de soporte técnico y disponibilidad inmediata de repuestos, lo que reduce los tiempos de inactividad en caso de fallos técnicos.

#### **5.3.1.2. Hytera**

Hytera ofrece equipos de alto rendimiento, como los repetidores RD985 y los radios portátiles PD786, con un costo competitivo. Sin embargo, su integración con la infraestructura existente del CBA es limitada, lo que podría requerir ajustes adicionales para garantizar la interoperabilidad con las estaciones actuales. A pesar de estas limitaciones, Hytera es una opción viable para proyectos con restricciones presupuestarias.

#### **5.3.1.3. Kenwood**

Kenwood es reconocida por ofrecer soluciones confiables y accesibles, como los repetidores TKR-D810 y los radios portátiles NX-5200. Aunque sus equipos tienen un buen desempeño en entornos básicos, presentan limitaciones en cuanto a funcionalidades avanzadas como GPS y telemetría. Además, la disponibilidad de repuestos y soporte técnico a largo plazo es menos consistente en comparación con Motorola.

### **5.3.2. Criterios de evaluación**

En una instancia ya definitiva, para realizar una selección objetiva de la mejor opción entre las disponibles, se evaluaron las tres marcas preseleccionadas en función de los siguientes criterios o parámetros:

- Compatibilidad con la red propuesta: Incluyendo la integración con IP Site Connect y

otros sistemas avanzados.

- Funcionalidades avanzadas: Como GPS, telemetría y gestión remota.
- Soporte técnico y disponibilidad de repuestos: Importante para garantizar la sostenibilidad del sistema.
- Costo-beneficio: Relación entre precio, calidad y durabilidad de los equipos.
- Escalabilidad: capacidad de crecer el sistema o adaptarse a demandas mayores sin afectar el rendimiento.
- Fiabilidad: nivel de confianza en el cual el equipo funcionara sin fallos durante un tiempo determinado
- Consumo energético: cantidad de energia requerida para poder operar
- Facilidad de instalación: grado de simplicidad y rapidez para ser configurados o puestos en funcionamiento

A partir de la definición de estos criterios se ha optado por cuantificar y calificar cada criterio en una escala de 1 a 5, donde 1 representa el valor más bajo y 5 el más alto en términos de desempeño, y así para cada criterio se calificó y cuantifico para cada marca preseleccionada. Esta evaluación se realizó con base en las especificaciones técnicas de los equipos disponibles en los manuales de usuario y en la información proporcionada en las páginas web oficiales de los fabricantes:

*Tabla 11.*  
*Comparación de las marcas evaluadas*

<b>Criterio</b>	<b>Motorola</b>	<b>Kenwood</b>	<b>Hytera</b>
Compatibilidad con la red	5	3	4
Funcionalidades avanzadas	5	3	4
Soporte técnico	5	3	4
Disponibilidad de repuestos	5	3	4
Costo inicial	3	4	4
Escalabilidad	4	3	5
Fiabilidad	5	4	4
Consumo energético	4	4	4
Facilidad de instalación	4	5	4

<b>Promedio general</b>	<b>4.6</b>	<b>3.6</b>	<b>4.1</b>
-------------------------	------------	------------	------------

### **5.3.3. Recomendación**

A partir del análisis realizado sobre la preselección de las marcas, el resultado obtenido, sabiendo que el mayor porcentaje en promedio ha sido obtenido por Motorola, con un 4.6 en su valoración, se establecerá esta como la opción más adecuada para la propuesta. Además de ello, esta es una marca reconocida internacionalmente con larga data dentro del sector que destaca a su fiabilidad operativa, compatibilidad con tecnologías avanzadas y un soporte técnico consolidado.

Por ejemplo, se ha podido ver que en variables como el costo. Motorola si bien puede ser una marca más costosa, es un costo inicial, ya que a largo plazo se lo ha considerado como de mayor prestaciones y superiores al de otras marcas, la durabilidad estipulada de sus dispositivos, la disponibilidad inmediata de repuestos y su capacidad de escalabilidad justifican la inversión a largo plazo, reduciendo costos de mantenimiento y garantizando una operación sin interrupciones.

Y así, para cumplir con los requerimientos operativos y técnicos del sistema, se recomienda la adquisición de los siguientes modelos:

- Repetidores Motorola SLR5100: Se destacan por su alta capacidad de transmisión, eficiencia energética y compatibilidad con IP Site Connect, lo que permite la expansión y cobertura confiable en entornos urbanos y rurales.
- Radios móviles vehiculares DGM8550e: Están equipados con tecnología digital avanzada, GPS integrado y capacidad de operación en redes convencionales y troncalizadas, estos dispositivos permiten una comunicación precisa en movimiento.
- Radios portátiles DGP8550e: Diseñados para el personal operativo, ofrecen soporte para comunicaciones encriptadas, telemetría avanzada y compatibilidad con sistemas de localización GPS, asegurando coordinación efectiva en el terreno

#### 5.4. Comparativa de precios (3 proveedores in situ) Vs Importar

Ya con el proceso definido hasta este punto, la selección de la marca y de los modelos sugerido. en esta etapa se establecen las pautas para la adquisición de los equipos necesarios para la actualización del sistema de radiocomunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato (CBA), se realizó un análisis comparativo entre proveedores nacionales y opciones de importación directa. Este análisis busca optimizar la inversión considerando no solo el costo inicial, sino también factores como tiempos de entrega, soporte técnico y costos asociados a la importación.

##### 5.4.1. Análisis Local:

**Tabla 12.**

*Comparación de costos por proveedor*

Proveedor	Repetidor	Costo	Radio portátil	Costo	Comentarios
<b>Opción 1</b>	Motorola SLR5100	\$5,200	Motorola DGP8550e	\$950	Garantía local, soporte técnico inmediato.
<b>Opción 2</b>	Hytera RD985	\$4,800	Hytera PD786	\$850	Opciones económicas, soporte limitado.
<b>Opción 3</b>	Kenwood TKR-D810	\$4,500	Kenwood NX- 5200	\$800	Costos accesibles, disponibilidad moderada de repuestos.

##### 5.4.2. Análisis de Importación

Para este análisis se han comparado equipos Motorola y Hytera a través de proveedores internacionales, considerando costos de envío e impuestos aduaneros para la llegada del producto a su destino final en Ecuador y en la ciudad de Ambato. Para ello, se realizó un análisis comparativo tanto entre proveedores nacionales, así como otras opciones de importación directa. Este análisis no solo considera el costo inicial, sino también otros factores estratégicos clave. Los costos ajustados se los puede observar en la tabla 13 a continuación.

**Tabla 13.**

*Costos de envío e impuestos aduaneros en los equipos*

Equipo	Costo FOB	Costo Envío	Impuestos	Costo Total
--------	-----------	-------------	-----------	-------------

Motorola SLR5100	\$4,000	\$300	\$950	\$4,000
Motorola DGP8550e	\$850	\$50	\$850	\$4,000
Hytera RD985	\$3,800	\$300		\$4,000
Hytera PD786	\$750	\$50	\$800	\$4,000

#### **5.4.3. Justificación adicional de la elección de las tecnologías propuestas.**

Además de los aspectos técnicos considerados hasta este punto. Es relevante señalar que la elección de la marca y de los equipos s equipos Motorola SLR5100, DGM8550e y DGP8550e se ha fundamentado en un normativo que integra requisitos legales, experiencias operativas documentadas y estándares internacionales.

En primer lugar, bajo el parámetro de que en el Reglamento General a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (Reglamento General A La Ley Organica De Telecomunicaciones, 2016) se establece que el uso del espectro radioeléctrico en Ecuador requiere la obtención previa de un título habilitante otorgado por el ARCOTEL, en este marco se exige que los equipos operen en frecuencias autorizadas y cumplan con estándares de interoperabilidad, especialmente en redes de emergencia. Y así, los repetidores Motorola SLR5100 están diseñados para funcionar en arquitecturas tales como la IP Site Connect (Motorola Solutions, s. f., 2025), sistemas compatibles con los protocolos de red troncalizados exigidos por la ARCOTEL para garantizar cobertura en zonas urbanas y rurales.

Además de ello, la Ley de Radiodifusión y Televisión (Ley de Radiodifusión y Televisión, 2009) define las frecuencias como patrimonio nacional, bajo supervisión del CONARTEL. Los radios móviles DGM8550e y portátiles DGP8550e también se ha evaluado que si cumplen con los requisitos de certificación de dispositivos para operar en bandas asignadas a servicios de seguridad pública, evitando interferencias con otras redes

#### **5.4.4. Resultados y elección**

El análisis muestra que importar equipos puede resultar ligeramente más económico para

productos de marcas como Motorola, con una diferencia promedio del 5-10% respecto a proveedores locales. Sin embargo, el soporte técnico inmediato y las garantías ofrecidas por los proveedores nacionales son ventajas significativas que deben considerarse, especialmente para equipos críticos como repetidores.

## **5.5. Diseño de la red inalámbrica**

### **5.5.1. Arquitectura de la red propuesta**

El diseño de la nueva red inalámbrica del Cuerpo de Bomberos de Ambato que aquí se está proponiendo tiene como objetivo optimizar la cobertura, mejorar la confiabilidad de las comunicaciones y garantizar una conectividad continua entre estaciones y unidades móviles. Todo ello como a partir de la constatación de las necesidades específicas y el análisis del caso llevado a cabo en líneas anteriores. Es decir que para el diseño y propuesta de la arquitectura de la red, se ha seguido un proceso metodológico basado en la necesidad de solventar las necesidades detectadas. Para ello, como también ya se ha mencionado previamente se implementará una infraestructura basada en tecnología digital DMR la cual ofrece ventajas en términos de calidad de audio, seguridad y eficiencia. A partir de ello es que la propuesta de arquitectura se basa en integrar tecnologías digitales y enlaces de alta capacidad como los que se describen a continuación:

- **Interconexión de Repetidores:**
  - Implementación de IP Site Connect para conectar repetidores clave en estaciones como Nitón, Casigana, ECU911, Llimpe y Apatug.
  - Esta tecnología permitirá una cobertura continua, eliminando las zonas de sombra y reduciendo la necesidad de cambios manuales de canal.
- **Enlaces Microondas de 5.8 GHz:**
  - Instalación de enlaces de microondas para garantizar una conectividad confiable entre las estaciones y la consola central de despacho.

- Los enlaces proporcionarán una capacidad robusta para transmitir datos en tiempo real, incluyendo voz y telemetría.
- **Ampliación de Cobertura:**
  - Construcción de nuevas torres de comunicación en ubicaciones estratégicas para extender la cobertura hacia áreas rurales y zonas de difícil acceso.
  - Uso de antenas tipo dish de 25 dBi para optimizar la recepción y transmisión de señal.

### **5.5.2. Equipos principales**

El diseño se sustenta en la adquisición de equipos compatibles con tecnología digital (DMR) y capacidades avanzadas:

- Repetidores Motorola SLR5100:
  - Soporte para IP Site Connect y conectividad con enlaces de microondas.
  - Diseño compacto, alta durabilidad y capacidad para manejar múltiples canales.
- Radios Portátiles Motorola DGP8550e:
  - Funcionalidades como GPS integrado, cifrado de voz y telemetría.
  - Compatibilidad con sistemas digitales y analógicos, facilitando la transición tecnológica.
- Radios Móviles Vehiculares Motorola DGM8550e:
  - Funcionalidades como GPS integrado, cifrado de voz y telemetría.
  - Compatibilidad con sistemas digitales y analógicos, facilitando la transición tecnológica.
- Consola de Monitoreo y Despacho TRBOnet:
  - Gestión centralizada de comunicaciones y monitoreo GPS en tiempo real.
  - Integración con IP Site Connect para controlar eficientemente la red y los equipos.

### **5.5.3. Compatibilidad tecnológica**

Basado en tecnología tipo digital DMR este diseño garantiza una transición gradual entre los sistemas existentes y los nuevos equipos digitales a adquirir, minimizando interrupciones en la operatividad. Las soluciones propuestas permiten mantener ciertos componentes actuales como respaldo, mientras se avanza hacia una infraestructura completamente avanzada.

## **5.6. Consola de despacho y Monitoreo GPS**

### **5.6.1. Características requeridas**

La consola de despacho y monitoreo GPS constituye un componente estratégico dentro del diseño de la nueva red de radiocomunicaciones del CBA. Este sistema centraliza la gestión operativa y permite un control detallado de la flota en tiempo real, respondiendo a las exigencias de eficiencia y coordinación. Entre sus características encontramos:

- **Gestión Centralizada**
  - Administración integral de las comunicaciones desde una única interfaz.
  - Capacidad para gestionar múltiples canales y coordinar diversos grupos operativos simultáneamente.
- **Monitoreo GPS en Tiempo Real:**
  - Seguimiento constante de las unidades operativas en un mapa interactivo.
  - Registro de rutas, tiempos de respuesta y actividades realizadas, para análisis y optimización.
- **Integración con la Red Propuesta:**
  - Total compatibilidad con la tecnología IP Site Connect, lo que permite gestionar los repetidores y enlaces de manera eficiente.
  - Conexión fluida con dispositivos DMR como los radios Motorola DGP8550e.
- **Funciones Avanzadas:**
  - Grabación automática de las comunicaciones para su revisión posterior.

- Alertas en tiempo real ante eventos críticos o interrupciones del sistema.
- Asignación inteligente de recursos según las prioridades operativas.

## 5.6.2. Software Propuesto

### TRBOnet

Este software se considera la mejor opción para satisfacer las necesidades del CBA, ya que este sistema ofrece una solución robusta y escalable, diseñada para gestionar redes avanzadas de comunicación digital. Sus principales ventajas incluyen:

**Compatibilidad Total:** Diseñado específicamente para dispositivos Motorola y redes basadas en IP Site Connect y operatividad garantizada con repetidores y radios digitales de última generación.

**Funciones de Despacho:** Gestión dinámica y visualización en tiempo real de las comunicaciones y la flota; enrutamiento automatizado que permite asignar recursos de manera eficiente según la ubicación y la prioridad.

**Seguridad y Respaldo:** Implementación de cifrado para garantizar la privacidad y la integridad de los datos; sistema de respaldo automático que minimiza el riesgo de pérdida de información en caso de fallos.

**Flexibilidad y Escalabilidad:** Interfaz personalizable que se adapta a los requerimientos específicos del CBA; capacidad de incorporar nuevas funcionalidades a medida que las necesidades operativas evolucionen.

## 5.7. Plan de implementación

### 5.7.1. Fases

El plan se estructura en cuatro fases, cada una diseñada para cumplir objetivos específicos y garantizar un despliegue eficiente:

- Diagnóstico Inicial y Diseño Detallado:
  - Levantamiento técnico en todas las estaciones para evaluar las necesidades de

- infraestructura y equipos.
  - Elaboración de un diseño técnico final que contemple la interconexión de estaciones mediante IP Site Connect, la ubicación de enlaces microondas y la integración con la consola de despacho.
- Adquisición de Equipos y Software:
  - Compra de los equipos recomendados, incluyendo repetidores Motorola SLR5100, radios móviles vehiculares DGM8550e, radios portátiles DGP8550e, y el software TRBOnet.
  - Coordinación con proveedores para garantizar la compatibilidad y la entrega dentro de los tiempos previstos.
- Instalación y Configuración:
  - Montaje e instalación de torres y repetidores en las estaciones principales y secundarias.
  - Configuración del sistema digital y pruebas de conectividad para verificar la interconexión y el correcto funcionamiento del software.
- Capacitación y Arranque:
  - Entrenamiento del personal técnico y operativo en el uso de los nuevos equipos y el software.
  - Implementación gradual del sistema, comenzando en estaciones críticas como Nitón y Casigana.

### 5.7.2. Cronograma

El proyecto se desarrollará en un plazo estimado de 12 meses.

**Tabla 14.**  
*Cronograma de actividades*

Fase	Actividades Principales	Duración (Meses)	Período (# meses)
------	-------------------------	---------------------	-------------------

<b>Diagnóstico Inicial y Diseño</b>	Levantamiento técnico, diseño de la red	2	1 -2
<b>Adquisición de Equipos y Software</b>	Selección, compra y recepción de equipos	3	3 - 5
<b>Instalación y Configuración</b>	Montaje de torres, repetidores y enlaces; configuración de sistema	4	6 -9
<b>Capacitación y Puesta en Marcha</b>	Entrenamiento del personal; implementación gradual	3	10-12

Nota: La matriz detalla las actividades principales y su distribución en el tiempo

### 5.7.3. Recursos necesarios

Para garantizar el éxito de la implementación, se han identificado los recursos clave

- **Presupuesto:** Se estima una inversión total de USD \$250.000,00 (Doscientos cincuenta mil dólares americanos) distribuida entre adquisición de equipos (70%), instalación (20%) y capacitación (10%).
- **Personal Técnico:**
  - Equipo técnico especializado para la instalación de torres, repetidores y enlaces microondas.
  - Asistencia de personal de los proveedores para la configuración y pruebas del sistema.
- **Soporte Logístico:**
  - Vehículos y herramientas necesarias para el transporte e instalación de los equipos.
  - Espacios adecuados en las estaciones para albergar la nueva infraestructura.

## 5.8. Evaluación y seguimiento

### 5.8.1. Indicadores de éxito

Se han identificado los siguientes indicadores clave para medir el impacto y la efectividad de la implementación:

#### 1. Cobertura de la Red:

- **Meta:** Alcanzar un 95% de cobertura en las áreas operativas críticas del CBA.
- **Método de evaluación:** Pruebas de conectividad y alcance realizadas en cada estación.

#### 2. Tiempos de Respuesta:

- **Meta:** Reducir en un 20% el tiempo promedio de respuesta a emergencias.
- **Método de evaluación:** Análisis de registros de despacho antes y después de la implementación.

#### 3. Satisfacción del Personal Operativo:

- **Meta:** Alcanzar un nivel de satisfacción del 90% en encuestas aplicadas al personal operativo.
- **Método de evaluación:** Encuestas semestrales sobre el uso de los nuevos sistemas.

#### 4. Confiabilidad del Sistema:

- **Meta:** Garantizar un tiempo de actividad del sistema superior al 98%.
- **Método de evaluación:** Monitoreo continuo del rendimiento de la red y del software de despacho.

### 5.8.2. Métodos de evaluación

Para cada indicador, se aplicarán los siguientes métodos de evaluación:

- **Auditorías Técnicas:** Inspecciones semestrales para evaluar el estado de los equipos, repetidores, y enlaces de microondas.

- **Monitoreo en Tiempo Real:** Uso del software TRBOnet para recopilar datos operativos y generar reportes automáticos.
- **Encuestas de Retroalimentación:** Aplicadas al personal para evaluar la funcionalidad del sistema y detectar áreas de mejora.

### 5.8.3. Actividades de seguimiento

**Tabla 15.**  
*Actividades de seguimiento*

<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>	<b>Observaciones</b>
Pruebas de Cobertura	Trimestral	Equipo Técnico	Verificar la continuidad y alcance de la red.
Auditorías de Mantenimiento	Semestral	Área de Soporte Técnico	Asegurar el óptimo funcionamiento de los equipos.
Encuestas de Personal	Semestral	Unidad de Gestión Operativa	Evaluar la satisfacción y eficiencia percibida.
Reportes de Rendimiento	Continuo (Automático)	Consola de Despacho (TRBOnet)	Monitorear el rendimiento del sistema en tiempo real.

### 5.8.4. Limitaciones del estudio y posibles líneas futuras de trabajo.

El presente estudio se ha basado centralmente en un análisis documental de especificaciones técnicas extraídas de manuales y datos disponibles en páginas web oficiales. Este aspecto podría implicar que las limitaciones evidentemente es que no se pusieron a prueba como tal algunas variables, no se manipularon en el estudio lo cual obviamente es coherente con la naturaleza del estudio, pero podría representar una limitación que es importante mencionar. Además, la comparación entre proveedores y modelos se ha realizado utilizando una metodología cuantitativa simple. Mas que nada por temas logísticos y de presupuesto no se han podido someter los equipos a pruebas rigurosas, lo cual, a pesar de estar fundamentado en normativas y estudios de caso, podría representar solo una parcialidad de la totalidad de las complejidades operativas del entorno real. Asimismo, es importante reconocer la rápida evolución tecnológica en el sector de radiocomunicaciones puede ocasionar que ciertos datos

y normativas se actualicen con mayor frecuencia, generando posibles desfases entre la información utilizada y la realidad del mercado en años posteriores a la publicación de este documento.

A partir de ello, y como líneas de investigación a futuro, se recomienda en primer lugar implementar estudios piloto en entornos operativos reales, donde se puedan medir directamente parámetros como la cobertura, fiabilidad, latencia y resistencia en situaciones de emergencia. Esto permitirá ajustar el análisis cuantitativo y validar las puntuaciones que se asignaron en las matrices utilizadas.

Futuras investigaciones también podrían profundizar y hacer más explícita la relación entre los sistema de radiocomunicaciones con plataformas de gestión y monitoreo de emergencias, evaluando su impacto en la eficiencia operativa y en la toma de decisiones en tiempo real.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

El inventario realizado permitió identificar que la red actual de radiocomunicaciones del CBA está compuesta por equipos en su mayoría obsoletos o en estado regular, con un porcentaje significativo de dispositivos que han superado su vida útil. La falta de un registro actualizado dificultaba la planificación de mejoras y adquisiciones, lo que afectaba la operatividad y la capacidad de respuesta del sistema.

El diagnóstico evidenció una serie de deficiencias en la infraestructura de la red de radiocomunicaciones, destacándose la fragmentación de la cobertura, la falta de interconexión entre estaciones y la carencia de un sistema de gestión centralizado. Además, se identificaron problemas técnicos como interferencias en la señal, baja duración de las baterías y ausencia de mantenimiento preventivo en equipos y estaciones repetidoras.

Se determinó que la red de radiocomunicaciones del CBA requiere servicios avanzados de interconexión, monitoreo y gestión de emergencias. Entre los servicios esenciales identificados se encuentran la implementación de enlaces IP entre estaciones, la integración con plataformas de monitoreo GPS, la actualización de los equipos de comunicación y la incorporación de un software de gestión de emergencias para optimizar la operatividad.

El análisis de dimensionamiento evidenció la necesidad de renovar y ampliar la infraestructura de la red, considerando tanto la actualización de equipos portátiles y móviles como la instalación de nuevas estaciones repetidoras en zonas estratégicas. Se establecieron especificaciones técnicas para los nuevos dispositivos, asegurando su compatibilidad con tecnologías de última generación y su sostenibilidad a largo plazo.

El diseño de la nueva red propone la implementación de una infraestructura inalámbrica moderna basada en enlaces IP y tecnología de radio VHF con cobertura extendida. Asimismo, se estableció la necesidad de incorporar un software avanzado de despacho y monitoreo GPS, que permita gestionar las emergencias de manera centralizada, optimizando los tiempos de respuesta y mejorando la eficiencia operativa del CBA.

### **Recomendaciones**

Para mejorar la gestión y control de los equipos de radiocomunicación del CBA, se recomienda la implementación de un sistema digitalizado de inventario que permita registrar y monitorear en tiempo real el estado y ubicación de cada dispositivo. Además, es fundamental realizar auditorías periódicas para mantener actualizados los registros y evitar pérdidas de equipos. Se sugiere también establecer protocolos de mantenimiento y renovación basados en el ciclo de

vida útil de cada dispositivo, garantizando así su operatividad y disponibilidad en situaciones de emergencia.

Dado que el diagnóstico de la red actual reveló problemas de cobertura, interferencias y falta de mantenimiento, es necesario establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para mejorar la operatividad de los equipos hasta su eventual reemplazo. También se recomienda realizar pruebas periódicas de señal y cobertura para detectar fallas y optimizar la distribución de repetidores y antenas. Asimismo, se debe garantizar el mantenimiento adecuado de las estaciones repetidoras, asegurando la limpieza y el correcto funcionamiento de las infraestructuras de soporte.

En cuanto a los servicios necesarios para optimizar la red de radiocomunicaciones del CBA, se recomienda la adquisición e implementación de un software de gestión y monitoreo que permita la interconexión eficiente de todas las estaciones y facilite la administración de emergencias. Es crucial integrar un sistema de interconexión IP entre estaciones para garantizar una cobertura continua y mejorar la operatividad de los equipos. También se debe considerar la incorporación de funcionalidades avanzadas como geolocalización en tiempo real y compatibilidad con otros sistemas de emergencia, como ECU-911.

Para dimensionar correctamente la red y la dotación de equipos de radiocomunicaciones, es recomendable realizar una renovación progresiva de los equipos obsoletos, asegurando la compatibilidad con las nuevas tecnologías que se implementarán. Además, se sugiere ampliar la red de repetidores en zonas estratégicas, eliminando así áreas de sombra y garantizando una cobertura óptima en toda la jurisdicción del CBA. Asimismo, es importante adquirir equipos de comunicación con mayor autonomía energética y mejor capacidad de resistencia para condiciones extremas, lo que permitirá una operatividad más eficiente y confiable en situaciones críticas.

Finalmente, para garantizar una modernización efectiva de la infraestructura, se recomienda diseñar e implementar una red de enlaces radioeléctricos basada en tecnología IP Site Connect, lo que permitirá una interconexión eficiente entre todas las estaciones. También se sugiere la adquisición de un sistema de monitoreo GPS para rastrear en tiempo real las unidades móviles y mejorar la asignación de recursos en emergencias. Como parte de este proceso, es esencial capacitar al personal operativo en el uso de las nuevas tecnologías, asegurando así un manejo eficiente del software de gestión y de las herramientas de monitoreo implementadas.

## REFERENCIAS

Agencia Nacional de Telecomunicaciones (ARCOTEL). (2021). Normas técnicas para redes de radiocomunicación digital. Recuperado de <https://arcotel.gob.ec/normas-tecnicas>

Ámbit-BST. (2021). ¿Cómo hacer un análisis de la red de tu empresa? Recuperado de <https://www.ambit-bst.com/blog/c%C3%B3mo-hacer-un-an%C3%A1lisis-de-la-red-de-tu-empresa>

Asana. (2024). ¿Qué es un plan de implementación? Descubre cómo crear uno en tan solo 6 pasos. Recuperado de <https://asana.com/es/resources/implementation-plan>

Burgos Jiménez, D. A. (2020). Implementación de laboratorio para el estudio y diseño de radioenlaces en la banda de 5.8 GHz. Universidad Antonio Nariño. Recuperado de <https://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2439/14/2020DiegoAlejandroBurgosJimenez.pdf>

Cadena SER. (2024). Así actuaría Ontinyent ante una inundación, incendio o terremoto. Recuperado de <https://cadenaser.com/comunitat-valenciana/2024/09/23/asi-actuaria-ontinyent-ante-una-inundacion-incendio-o-terremoto-radio-ontinyent/>

Computaex. (2022). Redes inalámbricas MIMO de última generación en zonas rurales. Recuperado de <https://www.computaex.es/proyectos/redes-inalambricas-mimo-ultima-generacion-zonas-rurales>

Francisco Coll Morales. (2023). Qué es una estación base y cómo funciona. Recuperado de <https://franciscocollmorales.com/general/estacion-base/>

Geodésica. (s.f.). GNSS vs GPS, ¿Cuál es la diferencia? Recuperado de <https://geodesical.com/es/novedades/articulos/gnss-vs-gps-cual-es-la-diferencia>

Guru99. (2023). Tipos de topología de red: bus, anillo, estrella, malla. Recuperado de <https://guru99.com/es/type-of-network-topology.html>

Innovación Tecnológica en el Sistema de Atención de Emergencias 9-1-1. (2022). Sistema de Emergencias en Costa Rica. Recuperado de <https://repositorio.ulacit.ac.cr/bitstream/handle/20.500.14230/10370/REF-1655912571-2.pdf>

Inteqred. (2020). Radio Comunicaciones: ¿Para qué sirve un sistema repetidor? Recuperado de <https://www.inteqred.com/es/blog-es/152-radio-comunicaciones-para-que-sirve-un-sistema-repetidor>

Ley de Radiodifusión y Televisión, Registro Oficial 785 de 18-abr-1975 Decreto Supremo 256 (2009).

Logroño, A. (2020). Propuesta de aplicación de la tecnología LTE en sistemas de gestión de emergencias. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/165160/Logro%C3%B1o%20-%20PROPUESTA%20DE%20APLICACI%C3%93N%20DE%20LA%20TECNOLOG%C3%8DA%20LTE%20EN%20SISTEMAS%20DE%20GESTI%C3%93N%20DE%20EMERGENCIAS.pdf>

LovTechnology. (2021). Topologías en Estrella: Guía Completa sobre Redes Estrellas. Recuperado de <https://lovtechnology.com/topologias-en-estrella-guia-completa-sobre-redes-estrellas/>

LovTechnology. (2021). Topologías Híbrida: Guía completa sobre redes Híbridas. Recuperado de <https://lovtechnology.com/topologias-hibrida-guia-completa-sobre-redes-hibridas/>

Ministerio de Telecomunicaciones del Ecuador. (2012). Reglamento de Radiocomunicaciones. Recuperado de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Reglamento-de-Radiocomunicaciones.pdf>

Ministerio de Telecomunicaciones del Ecuador. (2020). Ley Orgánica de Telecomunicaciones. Recuperado de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/ley-organica-de-telecomunicaciones.pdf>

[1] Muller, C., Magill, E. H., Prosser, P., & Smith, D. G. (1993, November). Artificial intelligence in telecommunications. In Proceedings of GLOBECOM'93. IEEE Global Telecommunications Conference (pp. 883-887). IEEE.

Motorola Solutions. (2020). MOTOTRBO™ IP Site Connect. Recuperado de [https://www.motorolasolutions.com/es\\_xl/products/mototrbo-systems/mototrbo-ip-site-connect.html](https://www.motorolasolutions.com/es_xl/products/mototrbo-systems/mototrbo-ip-site-connect.html)

Motorola Solutions. (2020). Turbo-Net technical specifications. Recuperado de <https://motorolasolutions.com/turbo-net>

Motorola Solutions. (s. f.). PRODUCT DATA SHEET MOTOTRBO™ DGMTM 8000e AND DGMTM 5000e SERIES DIGITAL TWO-WAY RADIOS. [https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/business/product\\_lines/mototrbo/mobiles/MOT\\_MOTOTRBO\\_DGM8000\\_DGM5000\\_Series\\_SpecSheet\\_EN\\_010615.pdf](https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/business/product_lines/mototrbo/mobiles/MOT_MOTOTRBO_DGM8000_DGM5000_Series_SpecSheet_EN_010615.pdf)

Motorola Solutions. (2025). MOTOTRBO IP Site Connect—Motorola Solutions.

Movistar. (2023). Topologías de red e impacto en la conectividad. Recuperado de <https://blog.movistar.com.co/tecnologia/topologias-de-red/>

Navixy. (s.f.). Rastreo en tiempo real. Recuperado de <https://www.navixy.com/es/features/live-tracking-and-history/>

Navixy. (s.f.). Sistema de Gestión de Flotas. Recuperado de <https://www.navixy.com/es/fleet-management/features/>

PreyProject. (2023). La encriptación de datos: una guía para buenas prácticas de seguridad. Recuperado de <https://preyproject.com/es/blog/la-encriptacion-de-datos-una-guia-para-buenas-practic-as-de-seguridad>

Reglamento General A La Ley Organica De Telecomunicaciones, Pub. L. No. Registro Oficial Suplemento 676, Decreto Ejecutivo 864 (2016).

Revista Médica. (2023). Planes de prevención y respuesta ante emergencias y desastres. Recuperado de <https://revistamedica.com/planes-emergencias-desastres-coordinacion-personal/>

Revista Seguridad 360. (2022). Tipos de Radiocomunicaciones: Guía completa sobre su funcionamiento. Recuperado de <https://revistaseguridad360.com/noticias/comunicaciones/tipos-de-radiocomunicaciones/>

Revista Seguridad 360. (2023). Innovación en Seguridad: El Impacto de los Drones en Hospitales y Centros Médicos. Recuperado de <https://revistaseguridad360.com/noticias/drones/innovacion-en-seguridad-el-impacto-de-los-drones-en-hospitales-y-centros-medicos/>

RedesZone. (2023). Control de acceso: qué es y cómo protege la seguridad informática. Recuperado de <https://www.redeszone.net/tutoriales/seguridad/control-de-acceso-que-es/>

SEEWORLD. (2022). Producto. Recuperado de <https://www.seeworldgps.com/es/producto/>

Shallbd. (s.f.). El principio de la VHF: comprender los fundamentos de la comunicación en muy alta frecuencia. Recuperado de <https://shallbd.com/es/el-principio-de-la-vhf-comprender-los-fundamentos-de-la-comunicacion-en-muy-alta-frecuencia+>

Telectrónica. (2018). Capítulo V: Diseño de Radioenlaces de Microondas. Recuperado de <https://www.telectronika.com/articulos/radio-enlaces/diseno-de-radioenlaces-de-microondas/>

Tecnobits. (2022). Qué es GPS, cómo funciona, aplicaciones. Recuperado de <https://tecnobits.com/que-es-gps-como-funciona-aplicaciones/>

Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2023). Reglamento de las Telecomunicaciones Internacionales (RTT). Recuperado de <https://www.itu.int/es/wcit-12/Pages/itrs.aspx>

Universidad de Cantabria. (2015). Dimensionamiento y Planificación de Redes. Recuperado de <https://ocw.unican.es/course/view.php?id=172>

Xataka. (2023). GPS, GLONASS, BeiDou y Galileo: qué son y cuáles son las diferencias. Recuperado de <https://www.xataka.com/basics/gps-glonass-beidou->

galileo-que-cuales-diferencias

Xilion. (s.f.). Sistema de despacho 911. Recuperado de <https://www.xilion.io/es/cad.php>

## ANEXOS

- Cálculo del área de cobertura del sistema de comunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato
- Formatos técnicos OTH de frecuencias del espectro radioeléctrico sistemas de radios de dos vías (RD, MA) HF - VHF – UHF de la AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES – ARCOTEL:
  - ✓ FO-DRE -01: Información de la estructura del sistema de radiocomunicaciones
  - ✓ FO-DRE-02: Información de antenas
  - ✓ FO-DRE-03: Patrones de radiación de Antenas
  - ✓ FO-DRE-04: Información de equipamiento
  - ✓ FO-DRE-05: Sistemas de radios de dos vías (RD, MA) HF - VHF - UHF
  - ✓ FO-DRE-15: Cálculos de propagación
  - ✓ FO-DRE-16: Estudio técnico de emisiones de RNI
  - ✓ FO-DRE-17: Cálculo de la máxima frecuencia utilizable (MUF), mínima frecuencia utilizable (LUF) y frecuencia óptima de trabajo (FOT).
- Simulación de áreas de cobertura del sistema de comunicaciones del Cuerpo de Bomberos de Ambato