



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE COMUNICACIÓN ENTRE LATACUNGA Y EL AEROPUERTO INTERNACIONAL MARISCAL SUCRE PARA MEJORAR LA COBERTURA DE LA FRECUENCIA UTILIZADA ENTRE PILOTOS Y EL CONTROL DE APROXIMACIÓN QUITO

AUTOR/ A: ANGELA ELIZABETH QUINGA MEZA

TUTOR/ A: ING. FIDEL DAVID PARRA BALZA, PhD

QUITO- ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE COMUNICACIÓN ENTRE LATACUNGA Y EL AEROPUERTO INTERNACIONAL MARISCAL SUCRE PARA MEJORAR LA COBERTURA DE LA FRECUENCIA UTILIZADA ENTRE PILOTOS Y EL CONTROL DE APROXIMACIÓN QUITO.** presentado por la **Srta. Ángela Elizabeth Quinga Meza**, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. Septiembre del 2018

TUTOR

.....
Ing. Fidel Parra, Mg

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del componente práctico certifico:

Que el trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN ENLACE DE COMUNICACIÓN ENTRE LATACUNGA Y EL AEROPUERTO INTERNACIONAL MARISCAL SUCRE PARA MEJORAR LA COBERTURA DE LA FRECUENCIA UTILIZADA ENTRE PILOTOS Y EL CONTROL DE APROXIMACIÓN QUITO”**, presentado por la **Srta. Ángela Elizabeth Quinga Meza**, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito D.M. Septiembre del 2018

TUTOR

.....
Ing. Fidel Parra, Mg

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la sabiduría necesaria para alcanzar esta nueva meta en mi vida; a mis profesores por compartir sus conocimientos día a día en las aulas; a mis amigos que hicieron de la universidad un lugar acogedor donde compartimos buenos y malos momentos; a mi familia por su apoyo incondicional y a mi enamorado por la ayuda y los consejos que me dio a lo largo de este periodo de formación. De todo corazón gracias por el apoyo y la ayuda que recibí de cada uno de ustedes para culminar mi carrera.

Ángela Elizabeth Quinga Meza

DEDICATORIA

Este trabajo de grado va dedicado a mis padres que a pesar de la distancia siempre han estado apoyándome y velando por mi bienestar, siempre tuvieron una palabra de aliento para hacerme ver que la satisfacción de cada esfuerzo se ve al final. A mi prima que tuvo la paciencia necesaria para hacerme ver que cada mala noche y mal momento vale la pena cuando al final del día se cumple con el objetivo. A ustedes dedico cada esfuerzo que hice para culminar este trabajo de grado porque sé que sin ustedes no estuviera donde estoy, ni fuera lo que soy, los quiero mucho.

Ángela Elizabeth Quinga Meza

RESUMEN

El presente trabajo de grado detalla las características de los equipos y el procedimiento que se llevó a cabo para la implementación del **enlace de comunicación** entre el Aeropuerto Internacional “Cotopaxi” (ubicado en la Ciudad de Latacunga), y el Aeropuerto Internacional “Mariscal Sucre” (ubicado en la Ciudad de Quito), para lo cual fue indispensable determinar la ubicación estratégica de la antena omnidireccional necesaria para mejorar la **cobertura** adecuada de la **frecuencia** 119.7 MHz en el Sur de la TMA.

Actualmente el **APP** del aeropuerto de Quito cuenta con 3 (tres) estaciones repetidoras: Atacazo, Condorcocha y Monjas; que permiten cubrir las 50 millas náuticas (NM) correspondientes al diámetro de la **TMA de Quito**. Debido a la orografía del Ecuador, que presenta muchas elevaciones y depresiones, el sector Sur presenta problemas de comunicación entre Controladores de Tránsito Aéreo y Pilotos de aeronaves; por lo que existe la necesidad de implementar una antena omnidireccional que permita garantizar la cobertura de TMA de Quito y los equipos transceptores con opción VoIP para establecer el enlace complementado por fibra óptica.

En Radio Mobile se determinó que la ubicación más idónea para colocar la antena y cubrir el área mencionada, corresponde a la Torre de Control del **Aeropuerto Internacional “Cotopaxi”**, más fue necesario simultáneamente garantizar que la señal de 119.7 MHz de la misma, no cause interferencia con los sistemas de comunicación previamente instalados en el lugar.

PALABRAS CLAVES: ENLACE DE COMUNICACIÓN, COBERTURA, FRECUENCIA, TMA DE QUITO, AEROPUERTO COTOPAXI.

ABSTRACT

The present work of degree details the features of the equipment and the procedure that was carried out for the implementation of the **communication link** between the International Airport "Cotopaxi" (located in the City of Latacunga), and the International Airport "Mariscal Sucre" (located in the City of Quito), for which it was essential to determine the strategic location of the omnidirectional antenna necessary to improve the adequate coverage of the 119.7 MHz frequency in the South of the TMA.

Currently the APP of the Quito airport has 3 (three) relay stations: Atacazo, Condorcocha and Monjas; that allow to cover the 50 nautical miles (NM) corresponding to the diameter of the TMA of Quito. Due to the orography of the equator, which has many elevations and depressions, the southern sector presents communication problems between air traffic controllers and aircraft pilots; therefore, there is a need to implement an omnidirectional antenna that allows guaranteeing the **TMA coverage of Quito** and the transceiver equipment with VoIP option to establish the link supplemented by optical fiber.

In Radio Mobile it was determined that the most suitable location to place the antenna and cover the aforementioned area, corresponds to the Control Tower of the **International Airport "Cotopaxi"**, plus it was necessary to simultaneously ensure that the 119.7 MHz signal, does not cause interference with previously installed communication systems in place.

KEYWORDS: COMMUNICATION LINK, COVERAGE, FREQUENCY, TMA OF QUITO, COTOPAXI AIRPORT.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	I
APROBACIÓN DEL TUTOR	II
APROBACIÓN DEL TUTOR	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes de la situación objeto de estudio	2
Planteamiento del problema	3
Justificación	4
Objetivo General	4
Objetivo Específico	4
Alcance	5
Descripción de los capítulos	5
CAPÍTULO 1	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
1.1 Espacio Aéreo	6
1.2 Comunicaciones VHF	8
1.2.1 Frecuencias Aeronáuticas	8

1.3 Antena.....	9
1.2.1 Características de una antena.....	9
1.4 Tipos de Antenas	11
1.4.1 Antena Directiva.....	11
1.4.2 Antena Omnidireccional.....	12
1.5 Líneas de transmisión	12
1.5.1 Cable Heliac	13
1.6 Reflexiones y Razón de Onda Estacionaria (ROE).....	13
1.7 Router	14
1.7.1 Funciones principales de un Router	14
1.7.2 Tipos de Router	14
1.8 Transceptor JOTRON.....	15
1.8.1 Transmisor.....	15
1.8.2 Receptor.....	17
1.8.3 Fuente	18
1.9 JOTRON RRC – 7700.....	19
CAPÍTULO 2	20
MARCO METODOLÓGICO	20
2.1 Tipo y diseño de investigación.....	20
2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
2.3 Metodología seleccionada	21
2.4 Cuadro y cronograma de actividades y recursos	23
CAPÍTULO 3	29
PROPUESTA	29
3.1 Descripción de la Propuesta	26

3.2 Información de Equipos	27
3.3 Beneficios de la Propuesta.....	31
3.4 Análisis de Costos	31
3.5 Análisis de tiempo	33
CAPÍTULO 4	36
IMPLEMENTACIÓN	36
4.1 Análisis de Cobertura	36
4.2 Diagrama de ubicación de los equipos	38
4.3 Ubicación para la implementación de la Propuesta.....	39
4.4 Distribución de Equipos	45
4.5 Instalación de equipos	51
4.6 Pruebas de funcionamiento.....	55
4.7 Análisis de resultados	57
CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Zonas del Espacio Aéreo	7
Figura 1.2.- (a) Patrón de Elevación (b) Patrón de Azimut.....	10
Figura 1.3.- Directividad de una antena	11
Figura 1.4.- Patrón de Radiación de una antena omnidireccional	12
Figura 1.5.- Diseño de una línea de transmisión	12
Figura 1.6.- Razón de Onda Estacionaria.....	13
Figura 1.7.- Diseño de un Router	14
Figura 1.8.- Transceptor JOTRON.....	15
Figura 1.9.- Transmisor JOTRON.....	15
Figura 1.10.- Conexión posterior del Trasmisor JOTRON	16
Figura 1.11.- Receptor JOTRON.....	17
Figura 1.12.- Display del Receptor JOTRON	17
Figura 1.13.- Fuente PSU-7002.....	18
Figura 1.14.- Conexiones Posteriores de la Fuente PSU - 7002	18
Figura 1.15.- Display del RRC – 7700.....	19
Figura 3. 16.- TMA de Quito.....	29
Figura 3. 17.- Etapas para solucionar el problema	26
Figura 3.18.- Diagrama de Radiación en 2D	28

Figura 3.19.- Enlace de Comunicación entre SELT y Monjas.....	28
Figura 3.20.- Potencia de trabajo del Trasmisor.....	29
Figura 3.21.-Trasreceptor JOTRON en 119.7 MHz.....	29
Figura 3.22.- Router CNT de SELT	30
Figura 3.23.- Router CNT de la Estación de Monjas	30
Figura 3.24.- Pantalla JOTRON RRC-7700.....	31
Figura 4. 25.-Cobertura de las comunicaciones del APP	36
Figura 4. 26.- Cobertura de las comunicaciones del APP sin la repetidora Atacazo	37
Figura 4. 27.- Emplazamientos para la instalación de equipos de comunicación para el APP .	37
Figura 4. 28.- Cobertura en Nitón.....	38
Figura 4. 29.- Cobertura en SELT	38
Figura 4.30.- Esquema de ubicación de los equipos de la propuesta	39
Figura 4.31.- Ubicación Geográfica de la Torre de Control de Latacunga	39
Figura 4.32.- Mapa de elevaciones del Cantón de Latacunga	40
Figura 4.33.- TWR de SELT	42
Figura 4.34.- Soporte para la antena omnidireccional.....	43
Figura 4.35.- Conector tipo N.....	43
Figura 4.36.- Plano de la terraza de SELT	46
Figura 4.37.- Armario de Equipos de Latacunga	45
Figura 4.38.-Plano de la sala de equipos	46

Figura 4.39.- UPS de la Estación.....	47
Figura 4.40.- Conexiones de la parte posterior del equipo JOTRON	47
Figura 4.41.- Plano de la ubicación de equipo JOTRON	46
Figura 4.42.- Ubicación de equipo JOTRON en armario de SELT	49
Figura 4.43.-Regleta de energía de control	50
Figura 4.44.- Brazo movable para RRC-7700	50
Figura 4.45.- RRC-770 instalada en el APP	51
Figura 4.46.- Transmisor JOTRON.....	52
Figura 4.47.- Medidas del Transmisor.....	52
Figura 4.48.- Potencia Reflejada	53
Figura 4.49.- Bandeja de Cables de SELT	54
Figura 4.50.- Pantalla RCC-7700 alarmada.....	54
Figura 4.51.- Pantalla RRC-7700 en operación normal	55
Figura 4.52.- Verificación de tiempos de retardo.....	55
Figura 4.53.- Análisis de Cobertura en la TMA de Quito	56
Figura 4.54.- Medidas del Transmisor 1 de 1	59
Figura 4.55.- Medidas del Transmisor 1 de 1	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 .- Frecuencia de trabajo de las Zonas Aéreas	8
Tabla 1. 2 .- Parámetros de Equipos Aeronáuticos.....	9
Tabla 2. 3.- Cronograma de actividades	23
Tabla 3.4.- Características de la antena Omnidireccional	27
Tabla 3. 5.- Costo de la Propuesta	32
Tabla 4.6.- Ubicación Geográfica de la Torre de Control de Latacunga.....	41
Tabla 4.7.- IP de los equipos JOTRON	49
Tabla 4.8.- Datos para instalación de Equipos	51
Tabla 4.9.- Análisis de Cobertura en la TMA de Quito	56
Tabla 4.10.- Valores medidos en el Transmisor	60

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado detalla la implementación de un enlace de comunicación VHF entre el Aeropuerto Internacional Cotopaxi (SELT) y el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre (AIMS) que opera en la frecuencia 119.7 MHz; sobre la cual las aeronaves establecen comunicación con el Control de Aproximación del Aeropuerto de la ciudad de Quito (UIO).

Los controladores de aproximación (ATC) de Quito gestionan un espacio aéreo de alrededor 50 Millas Náuticas (NM) de diámetro, en dicha área existen diversos factores: meteorológicos, geográficos o densidad de tráfico que en ciertas horas del día generan la necesidad de que los ATC de turno den instrucciones a los pilotos para corregir su ruta y permitir que la aeronave llegue a su destino con seguridad. Con el objetivo de garantizar que el tráfico aéreo fluya de la manera más rápida, segura y ordenada posible el ATC realiza previamente una planificación, donde contempla la eficiencia y tiempos estimados de llegada para el aterrizaje debido a que la cantidad de combustible en las aeronaves se encuentra establecido para cada uno de los viajes.

La cordillera de los Andes, sistema montañoso que atraviesa la serranía ecuatoriana, dificulta severamente la comunicación entre ATC y aeronaves debido a que en la TMA de Quito se trabaja en un rango de distintas altitudes ya que la geografía del Ecuador es muy variada, especialmente en la sierra, que presenta grandes diferencias entre valles y cimas. Las constantes fallas han ocasionado que el área de Electrónica Radar instale repetidoras en lugares estratégicos que permitan garantizar la cobertura de las 50 NM descrita. Las repetidoras con las que actualmente cuenta el Control de Aproximación (APP) del Aeropuerto de Quito son tres, y se ubican en:

- Sector Norte, Condorcocha (QIT).
- Sector Sur, cerro Atacazo (ATA)
- Centro, Monjas (QMS).

Actualmente la comunicación que se tiene en la frecuencia de 119.7 MHz para el sector sur del país presenta algunos problemas; en ocasiones es intermitente y presenta ruido de fondo, factores que dificultan que tanto las instrucciones transmitidas como recibidas puedan ser

copiadas correctamente. Cuando es imposible transmitir una instrucción, la solución es crear un puente entre aeronaves para retransmitir las instrucciones que el ATC otorga a los pilotos para garantizar la seguridad de los vuelos; pero debido a que esta acción provoca retrasos en la intercomunicación, e incluso, no siempre puede concretarse; como por ejemplo durante los horarios en que la densidad de tráfico aéreo es muy baja, es necesario que las aeronaves se encuentren dentro de un rango de 30 a 45 NM respecto al aeropuerto de Quito para lograr comunicarse con el ATC, lo cual representa un riesgo por la corta distancia al aeropuerto.

Este problema se hace mucho más notorio cuando los equipos de la repetidora del cerro Atacazo quedan fuera de servicio; este particular ocurre debido a factores atmosféricos o problemas propios del sector como son los cortes de energía eléctrica. Con la implementación de la frecuencia 119.7 MHz en SELT se busca mejorar y garantizar las comunicaciones en el sector sur, ya que al encontrarse la ciudad de Quito en la sierra ecuatoriana, es de vital importancia que las comunicaciones sean legibles, tanto para la tripulación a bordo como para el personal en tierra.

Antecedentes de la situación objeto de estudio

La Dirección General de Aviación Civil es la entidad encargada de regular, controlar, vigilar y administrar la actividad aeronáutica y aeroportuaria del país; y con el fin de garantizar la seguridad de las operaciones aéreas cuenta para ello con varios departamentos diseñados y creados para cumplir con los distintos servicios requeridos.

El Área de Control de Aproximación de Quito es la encargada de gestionar de manera eficiente el tráfico aéreo dentro de las 50 NM, tanto las aeronaves que despegan y se encuentran a 11000 pies, como de las que ingresan a la TMA para aterrizar en el Aeropuerto Mariscal Sucre. Debido a la ubicación geográfica del país en esta zona existen varias elevaciones de consideración, por lo que es necesario enfocar los esfuerzos en garantizar la transmisión y recepción de las instrucciones dadas; es por esta razón el área de Electrónica Radar se vio en la necesidad de instalar repetidoras en lugares estratégicos que mejoren la cobertura; como son:

- QIT.- Ubicada cerca del sector de Pomasqui; su instalación cubre la zona Norte, Noroccidental y Mindo.
- QMS.- Ubicada en el sector de Monjas; cubre gran parte de la TMA a niveles superiores a los 20000 pies.
- ATA.- Ubicada en la cima de la cordillera a una altura de 4463 metros sobre el nivel del mar; cubre parte del Norte, Este y Sur del país (hasta el viraje de procedimiento al Aeropuerto Cotopaxi a 13200 pies).

Pero por el sector Sur de la TMA de Quito la comunicación aún es deficiente y cuando por factores atmosféricos o falta de energía eléctrica en el cerro Atacazo, provoca que la posición de trabajo quede fuera de servicio y, afecta gravemente la comunicación entre pilotos y controladores; problema que provoca que las aeronaves que ingresan a Quito establezcan comunicación cuando se encuentran a una distancia muy corta respecto a la terminal aérea, alrededor de las 40 millas náuticas (NM) (aproximadamente 74 km).

Planteamiento del problema

La comunicación entre pilotos y controladores de tráfico aéreo es fundamental para evitar contratiempos en los vuelos, y aún más importante, incidentes o accidentes aéreos, por lo que es necesario que las comunicaciones se encuentren en óptimas condiciones, el problema para mantener una intercomunicación legible, se presenta principalmente por la geografía en la que se encuentra situado el Aeropuerto internacional Mariscal Sucre, que corresponde a una zona montañosa los sistemas de comunicación presentan inconvenientes especialmente en el sector de PAMIS y LATACUNGA; el problema se hace más crítico cuando los equipos ubicados en la repetidora del Atacazo queda fuera de servicio, provoca que los sobrevuelos del sector y los procedimientos de aproximación de aeronaves que van a la ciudad de Latacunga y las aeronaves que ingresan a la TMA de Quito desde el sector Sur no cuentan con una comunicación legible que permita que tanto las instrucciones transmitidas como recibidas sean copiadas adecuadamente, problema que genera retrasos en los vuelos y replanteo de las secuencias de llegadas y salidas de las aeronaves.

En algunas circunstancias es necesario que la aeronave se encuentre cerca del Área de Control Terminal para establecer comunicación, lo que en ocasiones produce retrasos a las compañías aéreas.

Justificación

La implementación de un enlace de comunicación en la ciudad de Latacunga, en la frecuencia aeronáutica de trabajo 119.7 MHz, permitirá ampliar la cobertura de las comunicaciones tierra-aire y aire-tierra, es decir que se podrá establecer comunicación con aeronaves que provengan del Sur del país antes de las 50 NM del Área de Control Terminal, además desembocará en una mejora apreciable en la transmisión y recepción mucho más legible con sobrevuelos en el sector de SELT; de igual forma dará la facilidad de que el ATC de turno pueda planificar de mejor manera los vuelos al eliminar la necesidad de establecer puentes de comunicación entre las aeronaves, con esto se ganaría segundos que al trasladarlos a las altas velocidades a las que se desplazan las aeronaves actualmente, son de suma importancia.

Objetivo General

- Implementar un enlace de comunicación entre Latacunga y el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre para mejorar la cobertura de la frecuencia utilizada entre pilotos y el Control de Aproximación Quito.

Objetivo Específico

- Diseñar el enlace de comunicación en la frecuencia de trabajo 119.7 MHz.
- Realizar pruebas de cobertura con los Controladores de Tránsito Aéreo y las distintas aeronaves que ingresan por el sector Sur.
- Implementar el enlace de comunicación en la torre de control de la ciudad de Latacunga y el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre.
- Mejorar la comunicación en el sector Sur de la TMA de Quito.

Alcance

Se instalará un enlace de comunicación en la Ciudad de Latacunga y la señal que se obtiene en el sector será recuperada en la estación de Monjas, posteriormente será enviada vía radio enlace o Router de la CNT al Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre; el medio a emplearse dependerá mucho de la disponibilidad de puertos que se tengan disponibles.

La instalación de la antena omnidireccional en SELT se la realizará en un lugar estratégico, de tal manera que se garantice mejoras en la comunicación y cobertura, y al mismo tiempo que no existan interferencias en los equipos y sistemas que forman parte del Aeropuerto de Cotopaxi.

Descripción de los capítulos

Para iniciar esta breve descripción del proyecto, cabe recalcar que está estructurado a partir las normas APA y la utilización de citas con su respectivo formato normalizado:

- El capítulo 1 contempla la fundamentación teórica del presente proyecto donde se realiza el detalle técnico, el estudio de las distintas definiciones empleadas, y el funcionamiento de los equipos o software que se empleará para el trabajo de titulación.
- El capítulo 2 comprende marco metodológico que se utilizó para determinar la solución más adecuada al problema planteado y cuya implementación es proyectiva y aplicada.
- El capítulo 3 abarca la propuesta para dar solución y es donde se detalla la importancia que tiene la implementación del enlace en SELT; contiene además diagramas explicativos de los distintos componentes empleados.

El capítulo 4 describe la implementación del enlace de comunicación desde el Aeropuerto Internacional Cotopaxi (Latacunga) al Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre, pero también establece conclusiones y recomendaciones resultantes del trabajo realizado

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Para el Enlace de un Sistema de Comunicación que permitía enlazar el Edificio Central de la ESPE con los Laboratorios de Electrónica, se utilizó en el 2010 Fibra Óptica, tecnología que consigue una velocidad de transmisión óptima; para que la Dirección General de Aviación Civil pueda emular dicho proyecto, debe realizar la implementación del cableado desde el AIMS (Quito) hasta SELT (Latacunga), para este fin, el capital necesario es muy elevado. Actualmente, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) cuenta con enlaces de fibra óptica que cubren la distancia entre ambas ciudades, y es mucho más factible invertir en el alquiler del servicio de enlace. En el 2007 en cambio se utilizó Radio Enlace para Optimizar el Sistema de Comunicaciones Petroproducción: y se comprobó que este método de comunicación tiene tiempos de respuesta muy adecuados en las intercomunicaciones. Previo a lo mencionado, se estudió la posibilidad de llevar a cabo la Implementación de Internet Satelital en una Oficina en Noviembre del 2006; se analizó mediante metodología comprensiva que el único medio para ofrecer servicio de Internet en esa área era vía satelital debido a la ubicación de la misma. El enlace vía satélite, es un servicio de gran utilidad en sectores rurales debido a la falta de infraestructura de telecomunicaciones tradicional, más si se desea utilizar este método para establecer comunicaciones, cabe recalcar que el retardo que se produce, tanto en el uplink como en el downlink es bastante representativo y puede inclusive causar pérdidas en la señal de transmisión de voz.

1.1 Espacio Aéreo

“La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) es un organismo creado por los Estados en 1944 para alcanzar un consenso sobre las Normas y métodos recomendados para la aviación civil internacional” (OACI, 2011). El objetivo principal para la creación de esta organización fue la de crear “políticas que hagan posible que el sector de la aviación civil sea operacionalmente seguro, eficiente, protegido, económicamente sostenible y ambientalmente responsable” (OACI, 2011). Debido a las distintas fases de vuelo que se le da a una aeronave la

entidad vio en la necesidad de clasificar el espacio aéreo con el fin de mejorar la gestión del mismo.

El espacio aéreo en el que se desarrollan los vuelos que se encuentran junto al aeropuerto se denomina Zona de Tránsito de Aeródromo (ATZ), cubre aproximadamente 15 NM y es gestionado por los controladores de Tránsito Aéreo de la Torre de Control (TWR), encargados de los despegues, aterrizajes y maniobras en tierra de las aeronaves.

También se utiliza zonas que permiten proteger tanto las rutas de entrada como las de salida al aeródromo a las cuales se las conoce como Áreas de Control Terminal (TMA) y Área de Control (CTA). La TMA “es una zona centrada alrededor de una torre de control de un aeropuerto o aeródromo. Su objetivo es proteger las trayectorias de entrada y/o salida de los vuelos” (MULTICÓPTERO X, 2018); una vez que la aeronave despega el control de la misma es transferida a los Controladores de Tránsito Aéreo de Aproximación los cuales la guían por la aerovía (AWY) designada hasta alcanzar un nivel de vuelo de 24000 pies para posteriormente transferirla a la CTA que es controlada por Guayaquil, como se muestra en la figura 1.1.

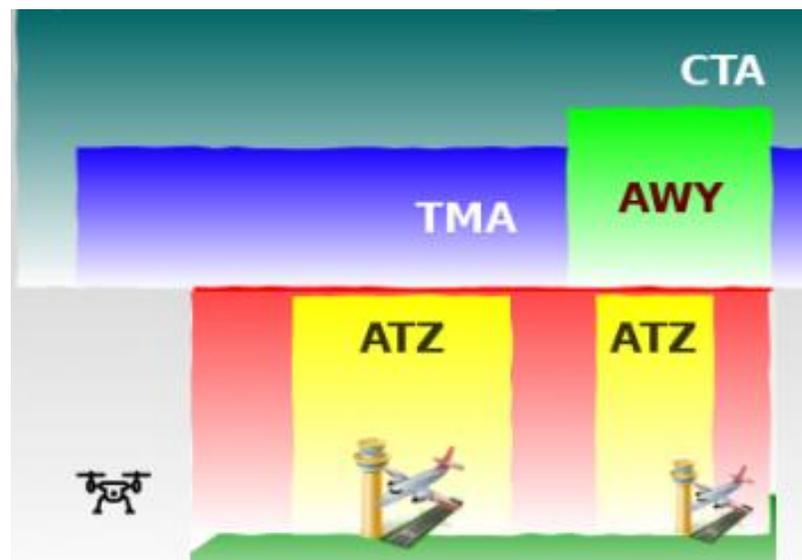


Figura 1.1 - Zonas del Espacio Aéreo

Fuente.- (MULTICÓPTERO X, 2018)

Las dimensiones de cada Área de Control Terminal serán establecidas por la entidad regulatoria de cada país, en Ecuador se lo clasifico como se identifica en la Tabla 1.1.

Tabla 1. 1.- Frecuencia de trabajo de las Zonas Aéreas

ESPACIO AEREO	UNIDAD A CARGO	FRECUENCIA DE TRAB. PRINCIPAL	FRECUENCIA DE TRAB. ALTERNA
ATZ	Torre de Control (TWR)	118.5 MHz	118.3 MHz
TMA	Control de Aproximación (APP)	119.7 MHz	121.2 MHz
CTR	Control de Área (ACC)	128.3 MHz	123.9 MHz

Fuente.- Elaborado por el Autor

1.2 Comunicaciones VHF

Las comunicaciones en VHF (very high frequencies) “son señales de 30 a 300 MHz, y se usan en radios móviles, comunicaciones marinas y aeronáuticas” (Tomasi, 2003); la longitud de onda varía de 1 a 10 metros aproximadamente lo que limita el trabajo de la señal en el horizonte óptico, es decir que las comunicaciones VHF se ocupan únicamente para cortas distancias donde existe línea de vista directa, por lo que a partir de la Segunda Guerra Mundial el mundo de la Aviación vio la necesidad de mejorar sus equipos.

1.2.1 Frecuencias Aeronáuticas

Para establecer comunicación entre los ATC y las aeronaves se ocupa la banda aeronáutica VHF, la cual cuenta con un canal exclusivo para casos de emergencia. Además se emplean equipos y sistemas exclusivos, los cuales deben cumplir con características que se detallan en la Tabla 1.2 que la Organización de Aviación Civil Internacional solicita.

Tabla 1. 2 .- Parámetros de Equipos Aeronáuticos

CARACTERÍSTICAS	PARÁMETROS
Frecuencia de operación	118 - 136 MHz para Aviación Comercial 136 - 146 MHz para Aviación Militar
Modo de operación	Semidúplex
Modulación	AM
Separación entre canales	25 KHz

Fuente.- Elaborado por el Autor

La frecuencia 121.5 MHz puede ser empleada por las aeronaves únicamente en caso de que exista algún desastre aéreo y que sea necesario realizar una búsqueda y salvamento del personal abordo. Para solicitar permisos de ingreso a los diferentes espacios aéreos, autorización de aterrizaje, despegue, taxeo, etc., se ocupan las frecuencias que han sido asignadas a las diferentes áreas.

1.3 Antena

“Una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y capturar ondas electromagnéticas” (Tomasi, 2003). Cuando se comporta como transmisor transforma la energía eléctrica en energía electromagnética, mientras como receptor transforma la energía electromagnética en energía eléctrica. Además “son elementos imprescindibles en un sistema de radiocomunicaciones, ya que con su actuación como transductores de energía eléctrica en electromagnética y viceversa, son las interfaces entre los subsistemas transmisor y receptor, para esto se utiliza el espacio libre como medio de transmisión” (Granada, 2007)

1.2.1 Características de una antena

Las características que posee la antena definirán los parámetros radioeléctricos y la funcionalidad que esta tendrá, por lo que se debe tener en consideración cada una de sus especificaciones; tales como:

- **Patrón de Radiación:**

Es una representación gráfica tridimensional de la energía radiada que se muestra en la figura 1.2; de la cual se tienen dos formas: “El patrón de elevación es una gráfica de la energía radiada por la antena vista de perfil. El patrón de azimut es una gráfica de la energía radiada vista directamente desde arriba” (Wireless Solutions, 2000).

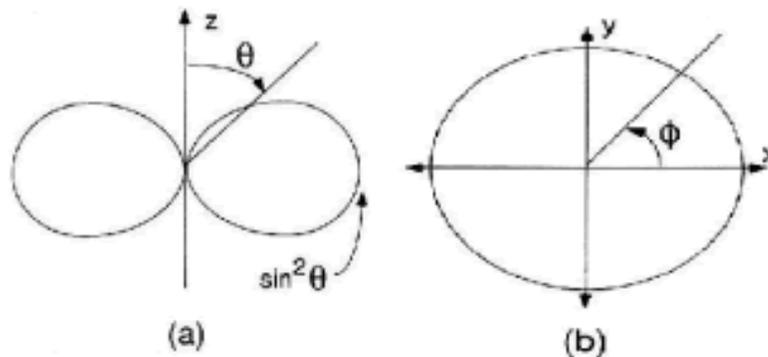


Figura 1.2.- (a) Patrón de Elevación (b) Patrón de Azimut

Fuente.- (Wireless Solutions, 2000)

- **Ganancia:**

“Es la relación entre la potencia que entra en una antena y la potencia que sale de esta. Se refiere a la comparación de cuanta energía sale de la antena, comparada con la que saldría de una antena isotrópica” (Wireless Solutions, 2000).

- **Directividad:**

Relación que existe entre la densidad de potencia radiada en una determinada dirección y la densidad de potencia que radia una antena isotrópica a la misma dirección, es decir que se la relaciona con la capacidad que tiene la antena para radiar energía en una determinada dirección. Para comprender el término de mejor manera se muestra la figura 1.3.

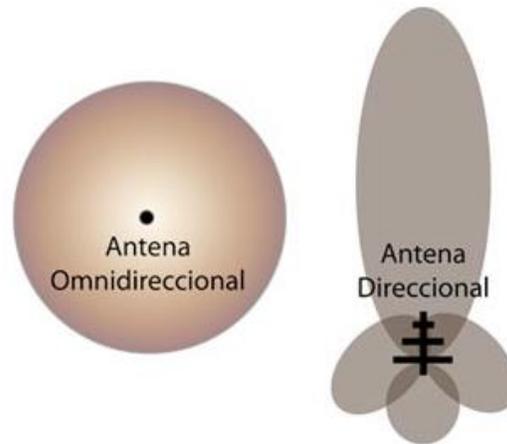


Figura 1.3.- Directividad de una antena

Fuente.- (Radios Libres , 2013)

- **Polarización:**

Es la orientación que tendrán las ondas electromagnéticas una vez que salen de la antena para propagarse en el espacio, característica de suma importancia debido a que permite obtener un máximo rendimiento; por lo que se recomienda que tanto la antena receptora como la transmisora tengan la misma polarización.

- **Ancho de Banda:**

Es el intervalo de frecuencias en las que una antena trabaja en óptimas condiciones y es capaz de acoplarse al sistema; debido a su diseño estas se encuentran limitadas a operar eficientemente en un intervalo establecido, por lo que es necesario no sobre pasar los límites prefijados por el fabricante.

1.4 Tipos de Antenas

1.4.1 Antena Directiva

Poseen un ancho de rayo estrecho y “la mayor potencia será disipada en la dirección hacia donde estén colocadas o dirigidas las antenas y poco por la parte lateral o trasera” (Radios Libres , 2013). Se caracterizan por su gran ganancia y se las emplea para cubrir grandes distancias.

1.4.2 Antena Omnidireccional

Son aquellas antenas que “irradian uniformemente a todas partes por igual” (Radios Libres , 2013), es decir que su patrón de radiación cubre los 360 grados como muestra la figura 1.4; se las emplea para señales de baja frecuencia como AM.

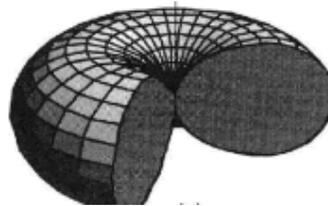


Figura 1.4.- Patrón de Radiación de una antena omnidireccional

Fuente.- (Wireless Solutions, 2000)

1.5 Líneas de transmisión

“Una línea de transmisión es un sistema de conductores metálicos que permiten transferir energía eléctrica de un punto a otro”. (Tomasi, 2003). Su diseño se basa en un conductor central por el que viaja la señal y se encuentra cubierto por un material aislante conocido como dieléctrico, el cual a la vez está protegido por una malla metálica que permite evitar interferencias y generalmente va conectada a tierra. Se debe considerar que en los conductores metálicos siempre se pierde parte de la señal durante la transmisión, es decir existe atenuación. Este fenómeno varía en función de la frecuencia de trabajo y el grosor del cable, a mayor frecuencia mayores pérdidas pero a mayor grosor del cableado menor atenuación. Su diseño lo indica la figura 1.5.

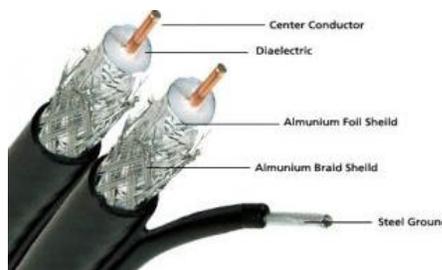


Figura 1.5.- Diseño de una línea de transmisión

Fuente.- (Reyes, 2015)

1.5.1 Cable Heliac

Son aquellos cables que poseen un conductor sólido y un aislante corrugado que lo hace flexible para su uso. Se los puede fabricar de dos maneras:

- Mediante aire
- Mediante espuma para dieléctrico.

Los cables dieléctricos de aire son mucho más costosos que los de espuma, pero presentan menor pérdida y su manipulación es mucho más complicada: los de espuma por su parte presentan mayores pérdidas pero son más económicos y sencillos de manipular.

1.6 Reflexiones y Razón de Onda Estacionaria (ROE)

Cuando la antena se encuentra perfectamente acoplada a la línea de transmisión toda la energía que radia se propaga en el espacio, pero si la antena no se acopla en su totalidad la energía se refleja y existe una interacción entre la señal transmitida y reflejada, es decir se forman ondas estacionarias o también llamadas Razón de Onda Estacionaria conocida en inglés como Voltage Standing Wave Ratio (VSWR). El valor mínimo de la ROE es la unidad, en donde $V_{max} = V_{min}$; para comprender mejor la definición se muestra la figura 1.6.

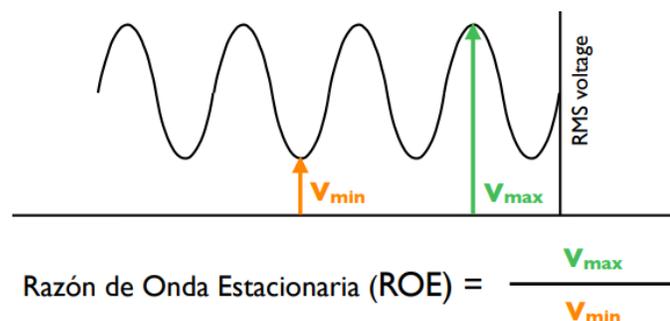


Figura 1.6.- Razón de Onda Estacionaria

Fuente.- (Instalaciones de Telecomunicaciones , 2015)

1.7 Router

“El término Router se traduce como enrutador o encaminador. En las redes telemáticas, un Router es un dispositivo para unir redes y para elegir la ruta óptima que deben seguir los mensajes desde un equipo a otro”. (Miranda, 2015), así lo señala Miranda en la figura 1.7.

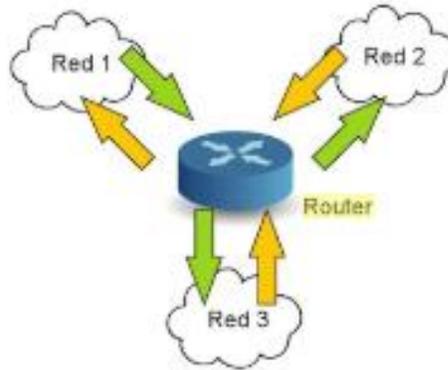


Figura 1.7.- Diseño de un Router

Fuente.- (Miranda, 2015)

1.7.1 Funciones principales de un Router

Las funciones principales de un Router son:

- Asignar una ruta de salida a los datos que ingresan al equipo.
- Procesar el paquete en base al retraso que se tendrá.
- Evitar colisiones entre los paquetes enviados.

1.7.2 Tipos de Router

Debido a la evolución tecnológica que se tiene día a día en los equipos se ha clasificado a los Router en dos grupos:

- Router de Acceso.- Se los utiliza para unir dos redes, “normalmente la red de un operador de telecomunicaciones con la red de su cliente
- Router de Distribución.- A diferencia de los anteriores, están conectados a más de dos redes. Este tipo de Router si mantiene como principal función la de encaminar

los datos entre las diferentes redes” (Miranda, 2015).

1.8 Transceptor JOTRON

El transceptor JOTRON está constituido por un transmisor TA-7650 y un receptor RA-7203, los cuales se pueden usar de manera independiente para comunicación de voz o combinados con silenciamiento en el receptor y control de audio común a través de la interfaz de la unidad transmisora. El diseño físico del Transceptor es la figura 1.8.



Figura 1.8.- Transceptor JOTRON
Fuente.- (GECI Española S.A, 2013)

1.8.1 Transmisor

El display del transmisor indica los parámetros operativos más importantes como frecuencia de trabajo y modulación. Adicionalmente se tiene la opción de desplegar una serie de menús, submenús y parámetros operacionales a través de la pulsación del botón de Navegación A, como se detalla en la figura 1.9.

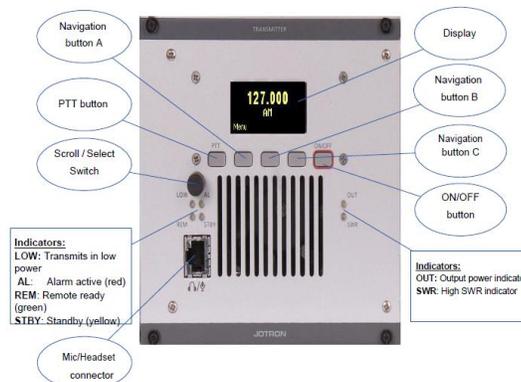


Figura 1.9.- Transmisor JOTRON
Fuente.- (GECI Española S.A, 2013)

Los botones de navegación A, B y C, junto con el interruptor de desplazamiento/selección se utilizan para navegar por los menús. El interruptor tiene tres acciones: girar en el sentido de las agujas del reloj, en el sentido contrario a las agujas del reloj o presionarse momentáneamente.

El uso de los botones de navegación permite:

- A: aumentar un valor o ir hacia arriba.
- B: disminuir un valor o ir hacia abajo.
- C: confirmar o ingresar

El botón de PTT se utiliza para introducir de forma inmediata una transmisión al equipo, la cual puede realizarse con fines de prueba o medición de valores, ya que el botón se encuentra conectado en paralelo con la codificación PTT disponible a través del conector del micrófono. A la vez se tiene la posibilidad de habilitar o deshabilitar el botón, lo cual dependerá de la configuración de la clave del equipo.

La antena debe contar con un conector tipo N de 50 ohm ya que el equipo cuenta con un BNC que está conectado internamente al conmutador de antena de la unidad transmisora y receptora, la cual debe estar conectada a la fuente de alimentación PSU-7002 o una fuente externa CC de 21.6 VDC – 31.2 VDC. Cada una de las conexiones a realizar se indican en la figura 1.10.



Figura 1.10.- Conexión posterior del Trasmisor JOTRON

Fuente.- (GECI Española S.A, 2013)

1.8.2 Receptor

El receptor posee un sistema de silenciamiento de Señal/Ruido (S/N) y otro que detecta el nivel de la señal. Para un rendimiento de rango más largo sin interferencia de transmisores se debe establecer configuración de Squelch a LEVEL OR S/N, el S/N SQ level debe estar en 10 dB para tener una señal de calidad moderada, si se establece por debajo de los 10 dB, la calidad del audio puede ser más difícil de entender de forma ilegible.

La pantalla del receptor indica los parámetros operativos como: frecuencia de trabajo, modulación y alimentación. Además es posible desplegar una serie de menús, submenús y parámetros operacionales al pulsar el botón de Navegación A como en el Transmisor TA-7650, como se detalle en la figura 1.11 y figura 1.12.

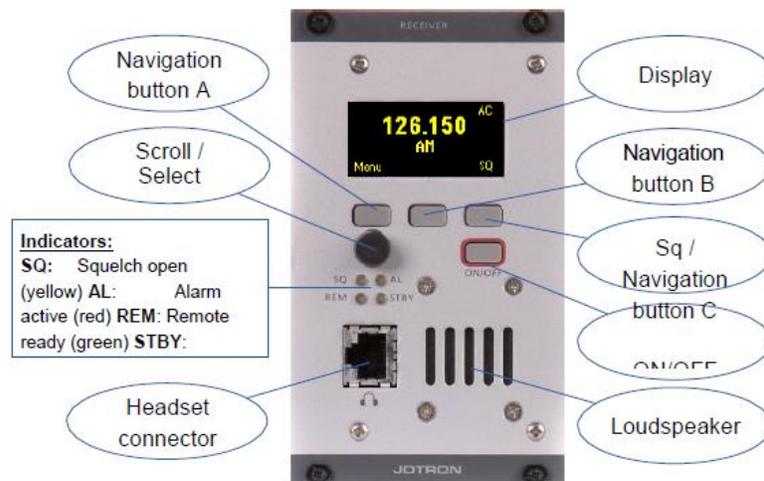


Figura 1.11.- Receptor JOTRON

Fuente.- (GECI Española S.A, 2013)



Figura 1.12.- Display del Receptor JOTRON

Fuente.- (GECI Española S.A, 2013)

1.8.3 Fuente

El modelo de la fuente es la PSU-7002 y se muestra en la figura 1.13.

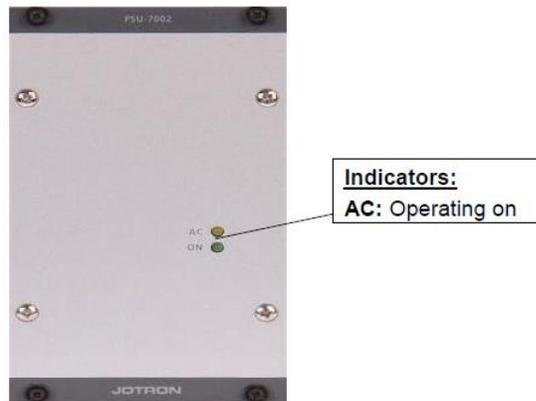


Figura 1.13.- Fuente PSU-7002
Fuente.- (GECI Española S.A, 2013)

El rango de entrada del PSU es de 21.6 VDC a 31.2 VDC y el consumo de corriente promedio es de máximo 9A cuando el transmisor opera con potencia de salida nominal de 50W. Cada una de las conexiones del equipo se detalla en la figura 1.14.

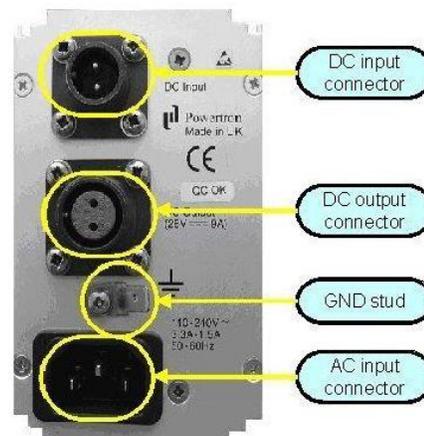


Figura 1.14.- Conexiones Posteriores de la Fuente PSU - 7002
Fuente.- (GECI Española S.A, 2013)

El conector de salida de CC está conectado a la unidad transmisora y contiene el suministro de + 28 V CC para el transmisor.

Los equipos JOTRON presentan los siguientes niveles de acceso:

- **Restringido.-** Limita el funcionamiento del panel frontal para seleccionar canales predeterminados y ajustar los niveles de salida de audio local. Este nivel se lo usa cuando las unidades de radio se utilizan desde una posición remota.
- **Operador.-** Es similar al restringido, con la diferencia que el usuario tiene acceso completo a la frecuencia operativa.
- **Técnico.-** Este nivel le da al usuario el acceso a los parámetros específicos de instalación más utilizados (niveles de línea, potencia de salida, etc.).
- **Expertos.-** Este nivel brinda acceso ilimitado a todos los parámetros dentro de las unidades de radio.

1.9 JOTRON RRC – 7700

El sistema RRC – 7700 JOTRON posee una PC con pantalla táctil y sistema operativo Windows 7. La pantalla táctil permite seleccionar el canal en el que se desea trabajar y en caso de ser necesario forzar el silenciador, como lo indica la figura 1.15. A su vez permite que se configure la IP con la que se desea trabajar en la red.

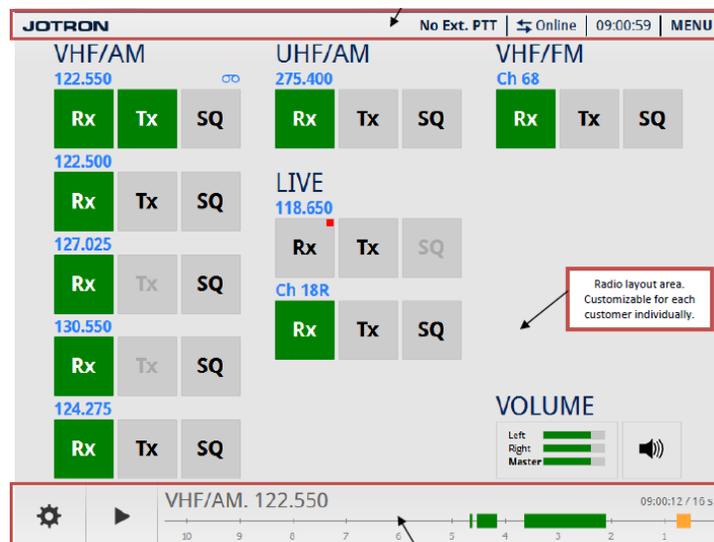


Figura 1.15.- Display del RRC – 7700

Fuente.- (GECI Española S.A, 2013)

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se plantean los aspectos metodológicos y prácticos que se utilizaron para desarrollar la Implementación de un enlace de comunicación entre Latacunga y el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre con el fin de mejorar la cobertura de la frecuencia utilizada entre pilotos y el Control de Aproximación Quito. Además se describe el tipo de investigación que se realiza, técnicas empleadas, herramientas e instrumentos utilizados, y el cronograma de actividades con sus respectivos recursos.

2.1 Tipo y diseño de investigación

De acuerdo al concepto expuesto en Course Hero la presente investigación se llevó a cabo en base a una Investigación Proyectiva ya que “consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo como solución a un problema o necesidad de tipo práctico ya sea de un grupo social o una institución en un área particular del conocimiento a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades” (Course Hero, 2018).

Por otra parte, Jacqueline Hurtado afirma que este tipo de investigaciones se basan en “cómo deberían ser las cosas, para alcanzar determinados fines y funcionar adecuadamente” (Hurtado, 2008). A la vez afirma que se deben seguir una serie de pasos que permitan elaborar el proyecto de acuerdo con los parámetros establecidos “Porque hay situaciones que pueden no desarrollarse como se espera, y que se vuelven necesarias de modificar. Porque hay potencialidades intrínsecas que no se han aprovechado. Porque hay problemas a resolver” (Hurtado, 2008).

Por lo anterior expuesto se puede decir que la investigación es de tipo Proyectiva puesto que, a través de estudios previos, se propone la implementación un enlace de comunicación, brindando un aporte de gran importancia a la vanguardia tecnológica,

mejorando la comunicación entre pilotos y controladores de tránsito aéreo del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre.

2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se refiere al uso de diversas técnicas e instrumentos utilizados para recolectar información, con la finalidad de dar a conocer el problema planteado. Toda investigación se sustenta en los datos e información recopilada durante la elaboración de la misma. Esta documentación permite al investigador el dominio de cada uno de los procesos relacionados con el proyecto, lo cual es vital para la elaboración objetiva y respaldo de propuestas, conclusiones, recomendaciones, entre otras.

Ahora bien, para la realización de la investigación se utilizó como técnica e instrumento para recolectar datos, la revisión de manuales técnicos, herramientas electrónicas y software. Además se utilizó la técnica de la observación documental ya que “se define el evento a modificar; en estado comparativo, analítico y explicativo; y se identifican los procesos que han originado las condiciones actuales del evento a modificar, de modo que una explicación del evento permitirá predecir circunstancias o consecuencias en caso de que se produzcan cambios” (Hurtado, 2008).

2.3 Metodología seleccionada

Las fases que se detallan a continuación se basan en los procedimientos que se llevarán a cabo para dar solución al problema diagnosticado en el Control de Aproximación de Quito según las etapas que se ejecutarán para solventar al problema planteado.

En la primera fase se plantean las especificaciones técnicas que deben cumplir cada uno de los equipos; en la segunda se desarrolla un esquema del hardware a utilizar de manera global; mientras que en la tercera, se especifica las adaptaciones que se deben llevar a cabo entre el hardware y el software para que el sistema trabaje en óptimas condiciones según los requisitos del área; durante la cuarta fase, se lleva a cabo el direccionamiento de cada uno de los

componentes del enlace; en la quinta, se verificará el lugar idóneo para la instalación del hardware; en la sexta, se ejecutará la depuración del software; y en séptimo lugar se realizarán las pruebas finales del enlace de comunicación conjuntamente con el ATC de turno. Cada una de las fases se expone a continuación:

Fase I. Determinar las especificaciones de los equipos

En el campo aeronáutico se emplean equipos especializados que deben cumplir con los requerimientos establecidos por la Organización de Aviación Civil Internacional. Para la comunicación tierra – aire y viceversa es necesario que los transceptores trabajen dentro de la banda de 118 a 136 MHz. La tensión de trabajo puede ser de 110 o 220 VAC ya que en cada una de los departamentos es debe tener habilitada ambas líneas de tensión.

Fase II. Esquema general del hardware

Aquí se desarrollará de manera global un sistema de bloques de los componentes y las interconexiones que se llevarán a cabo entre sí para que el enlace de comunicación entre Latacunga y el Aeropuerto de Quito se ejecute de la mejor manera.

Fase III. Adaptación entre hardware y software

Una vez que la antena omnidireccional y el equipo transceptor se encuentran acoplados, se verificará que la comunicación en 119.7 MHz sea legible, posteriormente se realizará un análisis de cobertura en el sector Sur del país, para así garantizar la funcionalidad del sistema.

Fase IV. Direccionamiento de los equipos

Una vez que la fase III se culmina se asignará a cada uno de los equipos que así requieran un dirección IP que se encuentre dentro de la red del RRC – 7700 para así garantizar la comunicación entre cada uno de los módulos.

Fase V. Implementación del hardware

Aquí se verifica que la instalación de los equipos sea la adecuada y que no exista interferencia alguna en los sistemas de comunicación de la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Cotopaxi.

Fase VI. Depuración del software

En esta fase se realizarán los ajustes necesarios tanto en la potencia de transmisión como SQ de los módulos JOTRON, para obtener la señal deseada en 119.7 MHz.

Fase VII. Pruebas finales

Esta fase permite comprobar que el funcionamiento del enlace de comunicación entre Latacunga y el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre se encuentra en óptimas condiciones y que la comunicación entre pilotos y Controladores de Tránsito Aéreo sea legible.

2.4 Cuadro y cronograma de actividades y recursos

El cuadro de planificación da respuesta a cada una de las fases planteadas para la ejecución del proyecto, así como los recursos que se emplearán para cumplirlas y se muestran en la Tabla 2.3.

Tabla 2. 3.- Cronograma de actividades

Implementar un enlace de comunicación entre Latacunga y el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre para mejorar la cobertura de la frecuencia utilizada entre pilotos y el Control de Aproximación Quito.			
OBJETIVOS ESPECIFICOS	FASES METODOLÓGICAS	ACTIVIDADES	RECURSOS
Objetivo 1	FASE I Determinar las especificaciones de los Equipos	Comprobar que los Equipos trabajen en la Banda Aeronáutica	Manuales técnicos
Objetivo 2	FASE II Esquema general del hardware	Se elaborará un sistema de bloques de los componentes y las interconexiones que se utilizarán en el enlace	Hojas técnicas de componentes.
Objetivo 3	FASE III Adaptación entre Hardware y Software	Verificar que exista un acoplamiento adecuado entre el equipo JOTRON y la Antena	Vatímetro

	FASE IV Direccionamiento de los Equipos	Asignar el IP adecuado para que exista comunicación entre los Equipos.	Manuales técnicos
	FASE V Implementación del hardware	Verificar que la instalación de los equipos no afecte a Sistemas adyacentes.	Datos obtenidos en la fase II
Objetivo 4	FASE VI Depuración del software.	Pruebas y ajustes en equipo JOTRON	Manual JOTRON
	FASE VII Pruebas finales	Comprobar que el funcionamiento del enlace de comunicación opere en óptimas condiciones	Verificación de audios

Fuente.- Elaborado por el Autor

CAPÍTULO 3

PROPUESTA

Después de un estudio realizado mediante reproducciones de audio y video en el APP de Quito se verificó que existen zonas críticas donde la legibilidad de la comunicación era casi nula, y se debe recalcar que existen ocasiones en las cuales establecer comunicación entre pilotos y ATC es prácticamente imposible. La implementación del enlace de comunicación entre la antena a instalar en la ciudad de Latacunga y el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre ampliará la cobertura que de momento se tiene al Sur del país cubriendo las zonas ciegas que actualmente existen, tales como:

- PAMIS
- DIMAR
- REBEK
- USABI
- KETOM
- Sobrevuelos en SELT

Las que se indican en la figura 3.16.



Figura 3. 16.- TMA de Quito

Fuente.- Elaborado por el Autor

3.1 Descripción de la Propuesta

Para visualizar de mejor manera la propuesta del proyecto se ilustró en la figura 3.17 las ideas en etapas que permitirán solucionar de manera eficiente el problema:

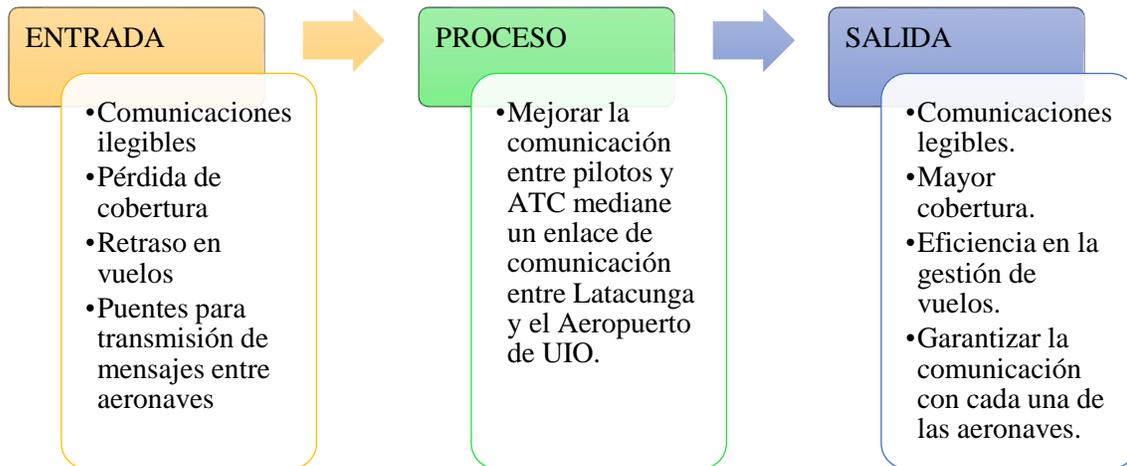


Figura 3. 17.- Etapas para solucionar el problema

Fuente.- Elaborado por el Autor

Cada etapa cumple un papel indispensable para la ejecución del proyecto, clasificándolos según la función que realizan:

- **ENTRADA**

Son los problemas que se identificaron en el APP de Quito, y tras la implementación de la propuesta, se pretende llevar a cabo cambios que permitan mitigar y corregir los problemas existentes.

- **PROCESO**

Para solucionar el problema se deben realizar una serie de procedimientos, además de la instalación de equipos en distintos lugares para garantizar que el enlace de comunicación sea efectivo.

- **SALIDA**

Una vez que se ejecuten cada uno de los procedimientos cuidadosamente se podrá solucionar el problema que se encuentra latente en el APP, de esta manera se contribuye para aumentar la seguridad operacional.

3.2 Información de Equipos

Para el enlace de comunicación se ubicarán equipos en tres (3) estaciones diferentes las cuales permitirán que la señal llegue hasta la consola de trabajo de los Controladores de Tránsito Aéreo del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre. En la ciudad de Latacunga se instalarán los siguientes equipos y módulos:

- Antena Omnidireccional
- Filtro (en caso de ser necesario)
- Módulo transmisor y receptor JOTRON
- Modem CNT

Para solventar las comunicaciones en el sector Sur del país se ocupará una antena que cumple con las especificaciones técnicas que se señalan en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4.- Características de la antena Omnidireccional

Marca	TRAM
Modelo	1488
Frecuencia de Trabajo	116 - 142 MHz
Ganancia	6 dB
Polarización	Horizontal

Fuente.- El Fabricante

Al ser una antena omnidireccional cumplirá con el patrón de radiación de la figura 3.18 que se realizó en Radio Mobile para su comprobación.

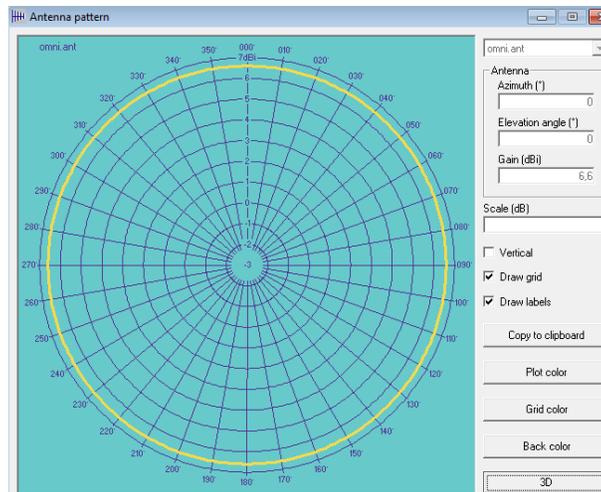


Figura 3.18.- Diagrama de Radiación en 2D

Fuente.- Elaborado por el Autor

Al ser un enlace de comunicación donde la señal va directamente desde el Router de CNT a la estación de Monjas no es necesario que exista línea de vista directa entre ambas estaciones como se visualiza en la figura 3.19, es por ese motivo que el enlace desde a SELT a Monjas no tiene línea de vista directa, es decir que no se encuentra de color verde.

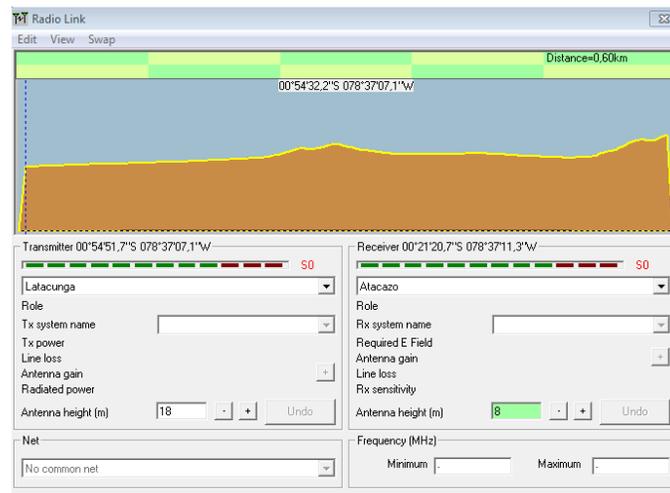


Figura 3.19.- Enlace de Comunicación entre SELT y Monjas

Fuente.- Elaborado por el Autor

En caso de que exista algún tipo de inducción en la frecuencia 119.7 MHz se ajustará los filtros necesarios que permitan que la única señal que se reciba en el Aeropuerto Internacional

Mariscal Sucre sea la deseada. El transceptor JOTRON será configurado en 119.7 MHz, a una potencia de salida de 50 W como lo indica la figura 3.20; para comprender adecuadamente la potencia se debe realizar las transformaciones necesarias, ya que el equipo trabaja en dBm. La ubicación del mismo se muestra en la figura 3.21.



Figura 3.20.- Potencia de trabajo del Trasmisor

Fuente.- Elaborado por el Autor



Figura 3.21.-Trasreceptor JOTRON en 119.7 MHz

Fuente.- Elaborado por el Autor

La Dirección General de Aviación Civil por normativa de la OACI debe tener redundancia en cada uno de sus servicios por lo que posee enlaces de comunicación en la empresa CNT que van de una estación a otra. En la ciudad de Latacunga se tiene el contrato PIVOTE 809770,

Router que se indica en la figura 3.22, que va desde la sala de equipos de SELT hasta la sala de servidores de Comunicación Satelital de QMS.



Figura 3.22.- Router CNT de SELT

Fuente.- Elaborado por el Autor

En la estación de Monjas por su parte no será necesario que se instale equipos, ya que se cuenta con el Router de CNT que se señala en la figura 3.23, el equipo trae la información de la ciudad de Latacunga, el Radio Enlace se encuentra operativo en la sala de servidores de Electrónica Radar y tiene comunicación hasta el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre.

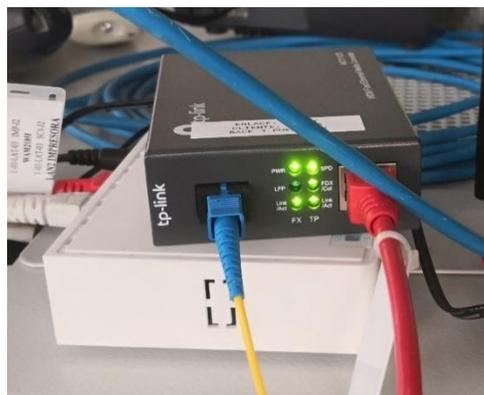


Figura 3.23.- Router CNT de la Estación de Monjas

Fuente.- Elaborado por el Autor

Finalmente, en el APP de Quito se instalará la pantalla touch JOTRON RRC – 7700 a la cual se le ingresará la señal de 119.7 MHz, como se puede comprobar en la figura 3.24.



Figura 3.24.- Pantalla JOTRON RRC-7700

Fuente.- Elaborado por el Autor

3.3 Beneficios de la Propuesta

La implementación del presente trabajo beneficiará tanto a los señores ATC como a los pilotos de las compañías aéreas nacionales e internacionales debido a que son los usuarios directos del sistema de comunicaciones y como la Dirección General de Aviación Civil es una entidad Pública que se encarga de la planificación, regulación y administración de las actividades aeronáuticas y aeroportuarias del país es necesario garantizar el servicio que se da a las Compañías Aéreas. El enlace de comunicación de Latacunga permitirá tener una mejor legibilidad en las comunicaciones y se ampliará la cobertura en el sector Sur del país, además ya no será necesario que las aeronaves estén cerca de la TMA de Quito para establecer comunicación, lo que permitirá que el ATC de turno pueda organizar y planificar de mejor manera el Tráfico Aéreo de Quito.

3.4 Análisis de Costos

Para la implementación del enlace de comunicación se realizó un estudio técnico que permitió verificar si la propuesta tendrá éxito en su ejecución, donde se considera los costos detallados en la Tabla 3.5 y beneficios que se podrán tener.

Tabla 3. 5.- Costo de la Propuesta**EQUIPOS**

CANTIDAD	EQUIPO	COSTO POR UNIDAD	VALOR TOTAL
2	Transmisores JOTRON TA7650	\$ 7000	\$ 14000
2	Receptores Jotron RA7203	\$ 7000	\$ 14000
1	Antena Omnidireccional	\$ 230	\$ 230
1	Filtro	\$ 2000	\$ 2000
TOTAL			\$ 30230

COMPONENTES ADICIONALES

CANTIDAD	MATERIAL	COSTO POR UNIDAD	VALOR TOTAL
1	Cable Heliax	\$ 250	\$ 250
2	Conectores de Antena	\$ 1,50	\$ 3,00
1	Autofundente	\$ 3,00	\$ 3,00
1	Taipe	\$ 0,50	\$ 0,50
TOTAL			\$ 256,50

MANO DE OBRA

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	H/H	VALOR TOTAL
1	Diseño del Enlace	\$ 600	\$ 600
2	Analistas CNS	\$ 10	\$ 800
TOTAL			\$ 1400

VALOR TOTAL DEL ENLACE DE COMUNICACION

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Equipos	\$ 30230	\$ 30230
1	Componentes Adicionales	\$ 256,50	\$ 256,50
1	Mano de Obra	\$ 1400	\$ 1400
TOTAL			\$ 31886,50

Fuente.- Elaborado por el Autor

3.5 Análisis de tiempo

La implementación del proyecto se llevará a cabo en 42 días, en nueve etapas que se pueden visualizar de mejor manera en el Diagrama de Gantt del Anexo 4.

Análisis de Problema

En esta etapa se analizó las grabaciones de audio entre Controladores de Tránsito Aéreo y pilotos, donde se verificó que la comunicación en la zona sur del TMA de Quito tenía deficiencias, problema que se agravaba cuando la repetidora del Atacazo quedaba fuera de servicio.

Pruebas de Cobertura en SELT

Para comprobar si el enlace de comunicación en la estación de SELT satisface los puntos ciegos donde se desea tener cobertura es necesario instalar equipos de manera provisional y establecer comunicación con diferentes aeronaves para examinar la calidad de la señal de 119,7 MHz.

Pruebas de Cobertura en NITÓN

Para comprobar si el enlace de comunicación en la estación de NITÓN satisface los puntos ciegos donde se desea garantizar cobertura, es necesario instalar equipos de manera provisional

y establecer comunicación con diferentes aeronaves para examinar la calidad de la señal de 119,7 MHz.

Instalación de Equipos en SELT

Una vez que se analizó la cobertura en las diferentes estaciones se comprobó que el lugar que cumple con las características necesarias de cobertura, es la Torre de Control del Aeropuerto Internacional “Cotopaxi”, por lo que se realizará una instalación provisional de los equipos que se utilizarán para el enlace de comunicación.

Pruebas de Equipos en 119,7 MHz

Una vez que se instalen los equipos en SELT será necesario que realizar pruebas locales entre ATC y pilotos.

Verificación de la señal 119,7 MHz en QMS

Como la señal será enviada vía enlace CNT a la estación de Monjas es necesario comprobar que sea transmitido con retardos tolerables y que la misma no haya sufrido cambios.

Verificación de la señal 119,7 MHz en el AIMS

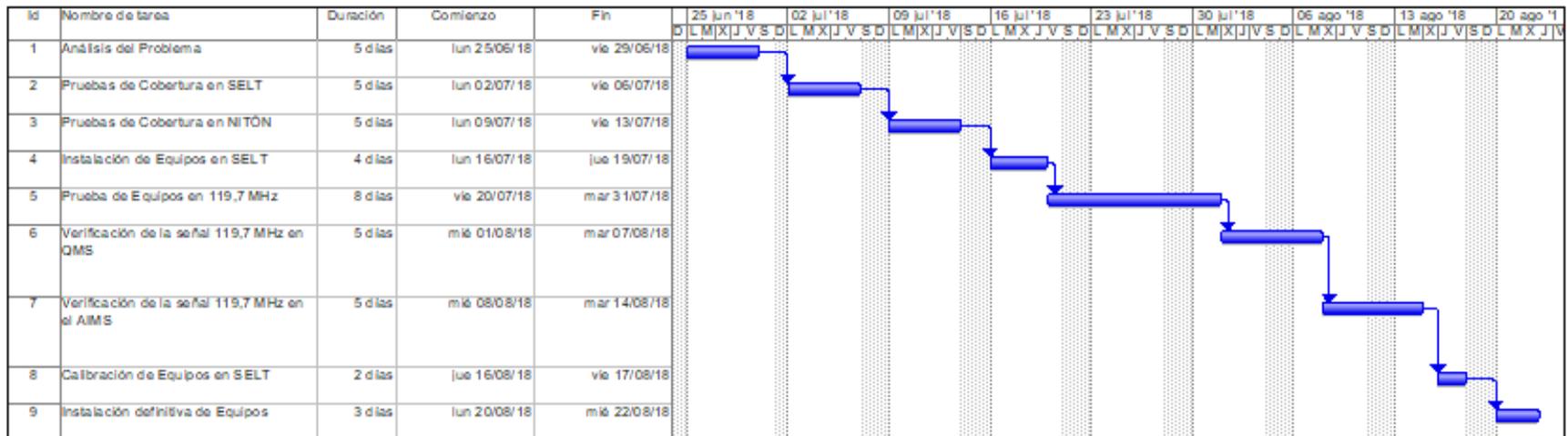
Al igual que en la etapa anterior es necesario verificar la señal 119,7 MHz bajo los mismos parámetros.

Calibración de Equipos en SELT

Una vez que la señal 119,7 MHz esté en la pantalla táctil RRC-7700 JOTRON es necesario monitorear la comunicación entre ATC y pilotos para realizar ajustes en los equipos en caso de ser necesario mejorar la señal.

Instalación definitiva de Equipos

Si la instalación del enlace de comunicación cumple con los parámetros establecidos y la señal de 119,7 MHz es legible se procederá a la instalación definitiva de los equipos.



Proyecto: Proyec1 Fecha: mar 23/10/18	Tarea		Hito		Tareas externas	
	División		Resumen		Hito externo	
	Progreso		Resumen del proyecto		Fecha límite	

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN

Como se describió en el capítulo anterior la implementación del enlace de comunicación entre la ciudad de Latacunga y el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre busca hacer un aporte al campo aeronáutico, con el fin de mejorar la señal de 119,7 MHz en la pantalla touch RRC-7700 y que la legibilidad de la misma esté garantizada para los ATC del APP de Quito.

4.1 Análisis de Cobertura

Se realizó una simulación de prueba en Radio Mobile, como se muestra en la figura 4.25 para determinar la cobertura efectiva, razón por la cual fue necesario tomar en consideración las repetidoras con las que actualmente cuenta el APP de Quito para su operación.

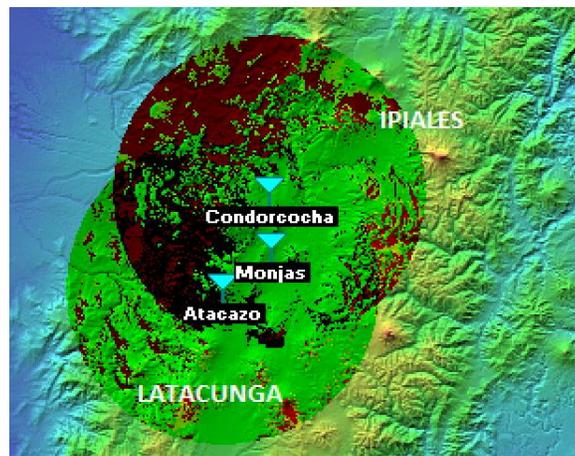


Figura 4. 25.-Cobertura de las comunicaciones del APP

Fuente.- Elaborado por el Autor

Con esta simulación se verificó que el servicio de comunicaciones está garantizado en ciertas zonas de la TMA de Quito pero que aún existen zonas ciegas donde las comunicaciones VHF de alcance ampliado no abasten las necesidades de los Controladores de Tránsito Aéreo. Se comprobó además que en caso de falla en la repetidora del Cerro Atacazo la cobertura disminuye notablemente, problema que se puede visualizar en la figura 4.26.

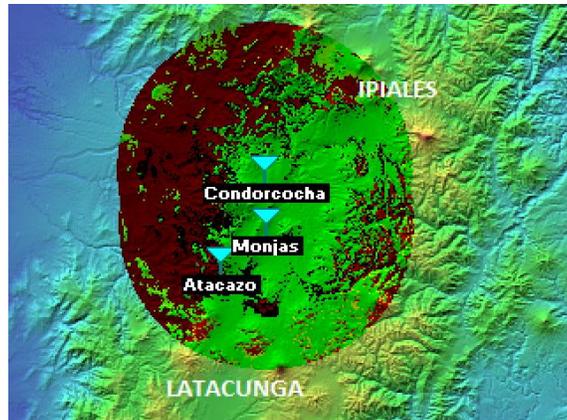


Figura 4. 26.- Cobertura de las comunicaciones del APP sin la repetidora Atacazo

Fuente.- Elaborado por el Autor

Por lo que se vio la necesidad de mejorar y ampliar la cobertura en la zona sur de la TMA de Quito, para lo cual se tomó en consideración dos opciones en las que es posible instalar los equipos de comunicación de VHF, los que se señalan en la figura 4.27.

- Nitón
- Torre de control (TWR) de Latacunga (SELT)



Figura 4. 27.- Emplazamientos para la instalación de equipos de comunicación para el APP

Fuente.- Elaborado por el Autor

La Dirección General de Aviación Civil tanto en la ciudad de Latacunga como en Ambato cuenta con instalaciones que permitirán enviar la señal hasta la Estación de Monjas mediante CNT; pero la cobertura que se tiene en cada una de estas estaciones varía debido a la naturaleza

de su ubicación; por lo cual se vuelve necesaria la utilización de Radio Mobile para realizar un escaneo de las distintas coberturas, después de lo cual se determinó que el lugar más viable por la ubicación del enlace de comunicación es la TWR de SELT, como se visualiza en la figura 4.28 y figura 4.29.

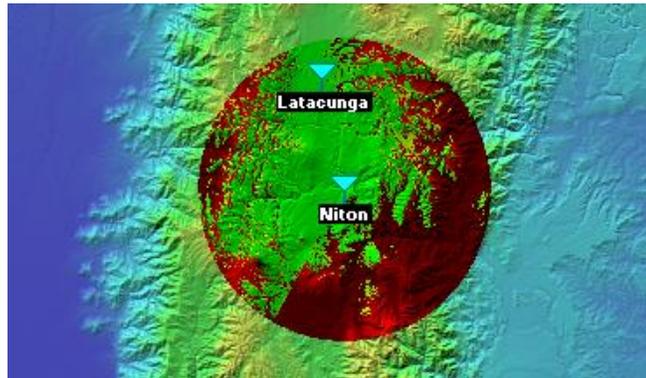


Figura 4. 28.- Cobertura en Nitón
Fuente.- Elaborado por el Autor

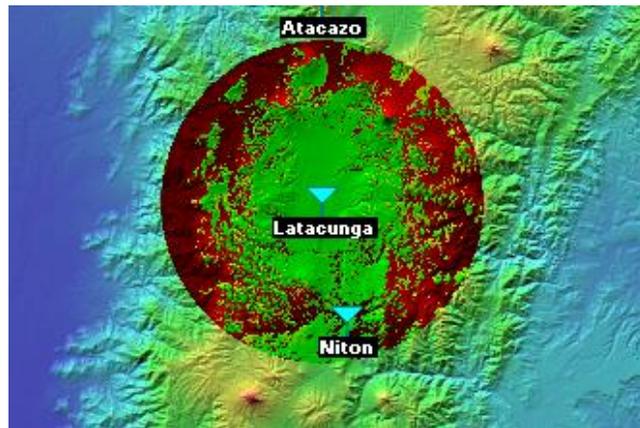


Figura 4. 29.- Cobertura en SELT
Fuente.- Elaborado por el Autor

4.2 Desarrollo

4.2.1 Diagrama de ubicación de los equipos

La figura 4.30 es una representación gráfica para comprender los equipos que se tendrán en cada una de las estaciones, para así tener la señal 119.7 MHz en las consolas de trabajo del APP de Quito.

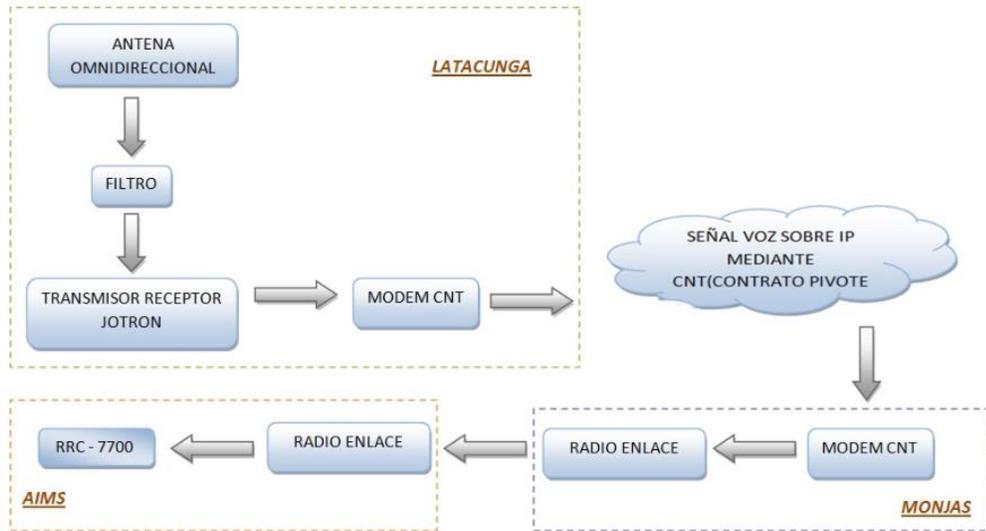


Figura 4.30.- Esquema de ubicación de los equipos de la propuesta

Fuente.- Elaborado por el Autor

4.2.2 Ubicación para la implementación de la Propuesta

El enlace de comunicación se ubicará en la Torre de Control de la ciudad de Latacunga en la Avenida Miguel Iturralde, provincia de Cotopaxi, como se indica en la figura 4.31 y figura 4.32.

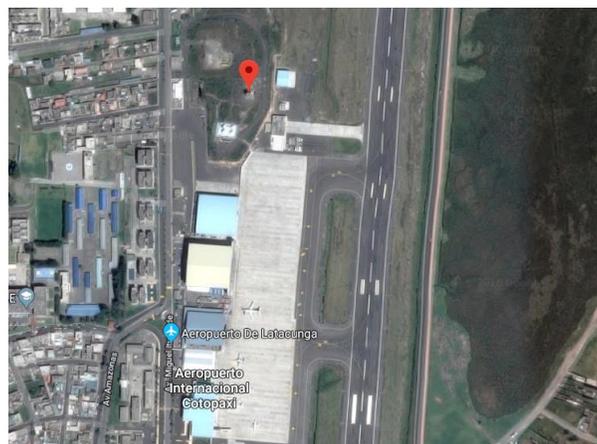


Figura 4.31.- Ubicación Geográfica de la Torre de Control de Latacunga

Fuente.- Google Map

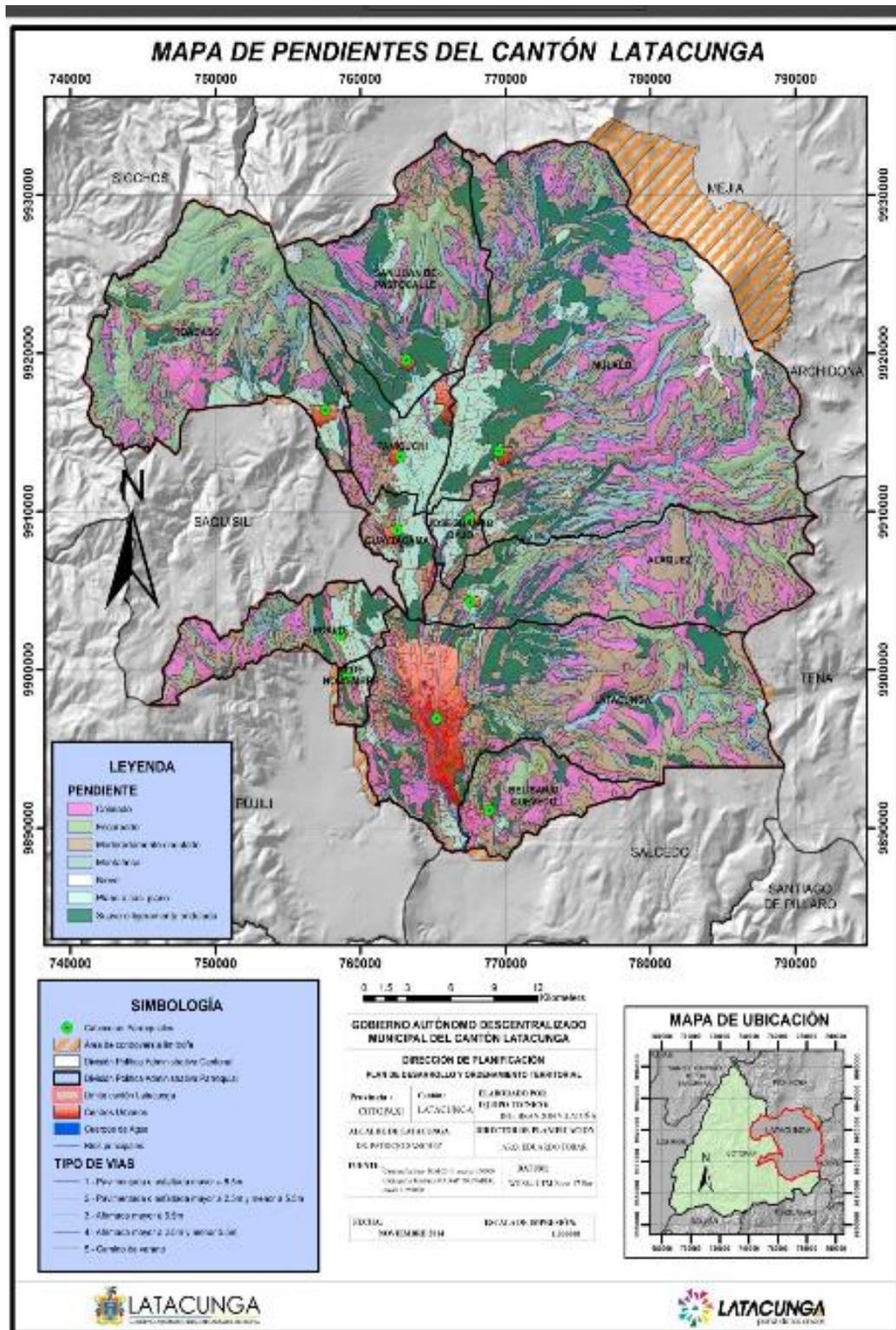


Figura 4.32.- Mapa de elevaciones del Cantón de Latacunga

Fuente.- GAD del cantón Latacunga

Para realizar los cálculos respectivos para el enlace de comunicación es necesario tener en consideración datos como latitud y longitud del sitio, información que se muestra en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6.- Ubicación Geográfica de la Torre de Control de Latacunga

1) UBICACIÓN DEL SITIO:				
PROVINCIA	CIUDAD/ CANTON	LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD
Cotopaxi	Latacunga	Aeropuerto de Latacunga	0° 55' 06,06"S	78° 37' 08,8"W
3) SLIM A CONSIDERAR				
FRECUENCIAS (MHz)	Sim OCUPACIONAL		Sim POBLACIONAL (W/m2)	
Tx y Rx: 119,7	30		28	
4) CALCULO DE R^2:				
Altura h(m) :	15	$R = \sqrt{(h-1.5)^2 + x^2}$		
DISTANCIA X		VALOR CALCULADO PARA R(km)		
2 km		13,647 km		
5 km		14,396 km		
15 km		20,180 km		
20 km		24,129 km		
30 km		32,89 km		
5) CALCULO DEL PIRE:				
POTENCIA MAXIMA DEL EQUIPO	GANANCIA MAXIMA DE LA ANTENA (dB)		VALOR DEL PIRE (W)	
47	6		175,975	
6) CALCULO DEL SLIM TEORICO:				
$SLIM = PIRE / (\pi * R^2)$				
DISTANCIA		VALOR DE A= ($\pi * R^2$)		
2 m		585,09		
5 m		651,07		
15 m		1279,35		
20 m		1829,06		
30 m		3398,42		

Fuente.- Elaborado por el Autor

La antena se ubicara en la TWR que cuenta con una altura de 13 m, en un soporte de 2 m; como Latacunga también cuenta con un sistemas de comunicación es necesario que exista una distancia de 3 m entre cada antena para evitar interferencias, como se señala en la figura 4.33. La línea de transmisión no debe superar los 40 m desde la terraza hasta la sala de equipos donde se instalará el transceptor, ya que cada metro adicional generará una pérdida de medio vatio aproximadamente, por lo que se ocupará 35 metros de cable heliax.



Figura 4.33.- TWR de SELT

Fuente.- Elaborado por el Autor

En la parte norte de la terraza sobre la TWR de control del Aeropuerto de Latacunga; se colocará la antena omnidireccional como se detalla mediante un plano en la figura 4.36 y se la asegurará adecuadamente como se demuestra en la figura 4.34; de igual manera en la figura 4.35 se indica los conectores tipo N de 50 Ohm que se colocaron en los extremos del cable heliax.



Figura 4.34.- Soporte para la antena omnidireccional
Fuente.- Elaborado por el Autor



Figura 4.35.- Conector tipo N
Fuente.- (MasWifi, 2008)

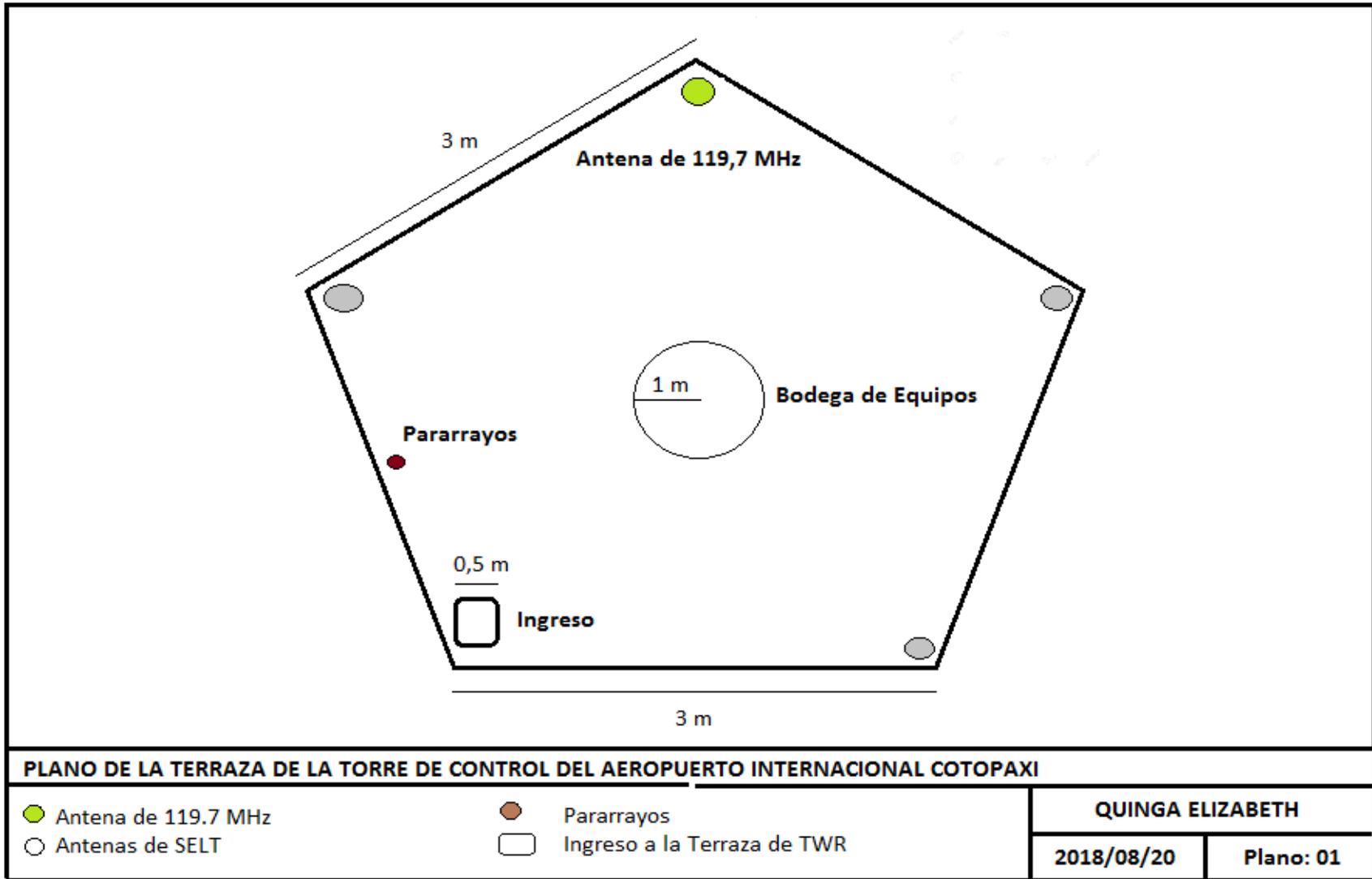


Figura 4.36.- Plano de la terraza de SELT
Fuente.- Elaborado por el Autor

4.2.3 Distribución de Equipos

La Torre de Control de la Ciudad de Latacunga tiene una altura aproximada de 13 m y cuenta en la planta baja con una sala de servidores de multilateración donde se encuentra el Router de CNT que se enlaza con la estación de Monjas; y otra sala de comunicaciones que se muestran en la figura 4.38. En la sala de comunicaciones se tiene un armario que cuenta con equipos JOTRON, que no cuentan con tecnología de VoIp, en donde se instalará el transceptor del APP de Quito que tiene unas dimensiones de 52 cm por 12 cm, como se señala en la figura 4.37.



Figura 4.37.- Armario de Equipos de Latacunga

Fuente.- Elaborado por el Autor

En la parte inferior y posterior del armario se tiene una tomas de energía de 110 VAC y 220 VAC, las cuales están conectadas al UPS que se muestra en la figura 4.39 para que en caso de que exista alguna falla en la energía comercial los equipos continúen operando.

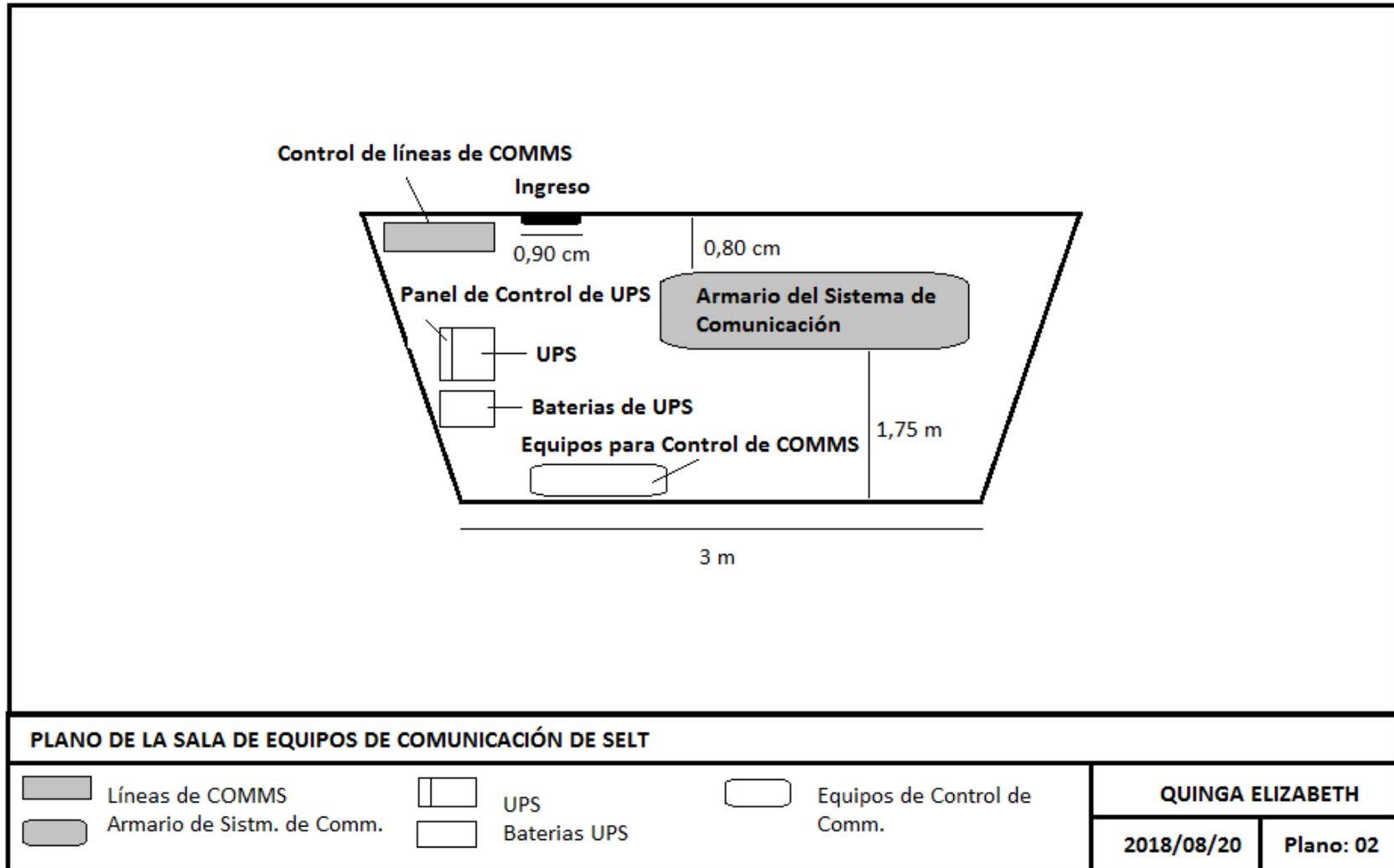


Figura 4.38.-Plano de la sala de equipos
Fuente.- Elaborado por el Autor

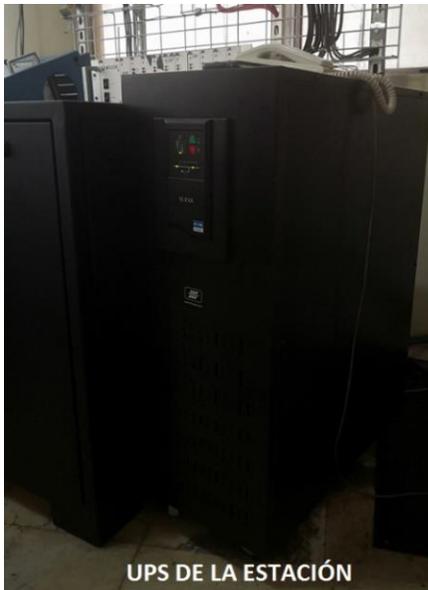


Figura 4.39.- UPS de la Estación
Fuente.- Elaborado por el Autor

Para que se ocupe una sola antena y exista comunicación entre el módulo de transmisión y recepción fue necesario conectar en la parte posterior del equipo el conector tipo N del receptor con el tipo BNC del transmisor como se indica en la figura 4.40; a la vez se configuró la IP en cada uno de los equipos que se detalla en la tabla 4.7 para que tengan comunicación con la pantalla táctil RRC-7700.

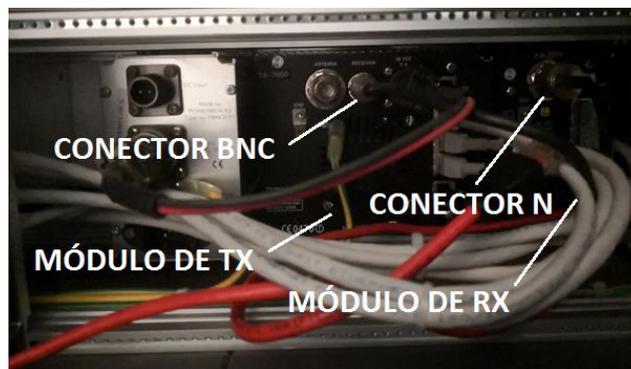


Figura 4.40.- Conexiones de la parte posterior del equipo JOTRON
Fuente.- Elaborado por el Autor

El equipo JOTRON se ubicara en el armario de comunicaciones de la Torre de Control de Latacunga, como lo detalla la imagen 4.41 y figura 4.42



Figura 4.42.- Ubicación de equipo JOTRON en armario de SELT

Fuente.- Elaborado por el Autor

Tabla 4.7.- IP de los equipos JOTRON

UNIDAD	IP	MÁSCARA
RRC – 7700	10.1.1.20	255.255.255.0
Transmisor	10.1.1.65	255.255.255.0
Receptor	10.1.1.67	255.255.255.0

Fuente.- Manual JOTRON 2007

Debido a que los equipos JOTRON trabajan con 110 – 220 VAC y no es necesario realizar ninguna configuración, se los energizó a la regleta de 220 VAC que se muestra en la figura 4.43, para que en caso de falla o bajas de corriente el funcionamiento de los transceptores se encuentre garantizado.



Figura 4.43.-Regleta de energía de control

Fuente.- Elaborado por el Autor

En la estación de Monjas en cambio no fue necesario realizar instalación de equipos ya que se cuenta con el Router de CNT que lleva información de planes de vuelo; como este equipo cuenta con 5 puertos la información desde SELT vienen por el número 4 y la información se la llevará hasta el Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre por el puerto 2.

Al contar con una sola pantalla touch RRC-7700 se instaló un brazo móvil, en la posición de trabajo que los controladores de Tránsito Aéreo más utilizan, como se muestra en la figura 4.44 y figura 4.45. Como la señal de 119,7 MHz viene por un conector RJ45 fue necesario verificar cual es el puerto que está disponible desde la sala de servidores de Electrónica Radar del APP de Quito hasta la sala de Control, el cual se encuentra en la parte posterior de los equipos instalados en la misma.



Figura 4.44.- Brazo móvil para RRC-7700

Fuente.- Elaborado por el Autor



Figura 4.45.- RRC-770 instalada en el APP

Fuente.- Elaborado por el Autor

4.5 Implementación

Para la implementación de los equipos en la ciudad de Latacunga se tomó en consideración los datos de la Tabla 4.8.

Tabla 4.8.- Datos para instalación de Equipos

LATACUNGA	
DATOS DE LA ANTENA	
Elevación (m)	2765
Longitud	00 55 06.6 S
Azimut	221
Ángulo Vertical	0
Frecuencia (MHz)	119,7
Ganancia (dB)	6
Polarización	Horizontal
DATOS DEL TRANSEPTOR	
Frecuencia (MHz)	119,7
Potencia de Salida (dBm)	47
PIRE	187,11
Temperatura	48 C
Corriente de Consumo (A)	5,8

Fuente.- Elaborado por el Autor

La elevación que se tiene en la tabla 4.8 indica la altitud total de la antena con respecto al nivel del mar, debido a que la altura de la ciudad de Latacunga es de 2750 solo se le aumento la altura de la TWR y el mástil. El azimut es la ubicación que se le dio con respecto al norte magnético en la terraza. Para el transceptor en cambio es importante tener en cuenta el PIRE, ya que esto determinará que el equipo funcione adecuadamente y una vez que la frecuencia se legalice en el sector no caer en multas por parte de la SUPERTEL.

Una vez que las configuraciones, conexiones y línea de transmisión están listas se procedió a encender el transceptor y verificar el VSWR, potencia de salida, corriente de consumo y alarmas como se puede observar en la figura 4.46 y figura 4.47.



Figura 4.46.- Transmisor JOTRON

Fuente.- Elaborado por el Autor



Figura 4.47.- Medidas del Transmisor

Fuente.- Elaborado por el Autor

Al momento de realizar un PPT en el equipo se comprobó no existen alarmas de VSWR y se tomó lecturas con el vatímetro para ver la potencia reflejada que se registraba al momento como lo muestra la figura 4.48.



Figura 4.48.- Potencia Reflejada

Fuente.- Elaborado por el Autor

Para tener una medida precisa en la potencia reflejada se utilizó una capsula de 5 W y se tuvo una lectura de 100 mV, lo que indica que la antena y el equipo tiene un excelente acoplamiento, debido a que no se supera el vatio. En el equipo en cambio se tuvo un VSWR de 1 (uno), lo que se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el fabricante, ya que el manual indica que para garantizar el servicio y la vida útil de los componentes del equipo es necesario que no se supere el VSWR de 3.7; la potencia reflejada que el equipo marca es 20 dBm que en vatios equivale a 0.100 W, para lo cual se empleó la fórmula establecida en el libro de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Cuarta Edición de TOMASI, capítulo I, página 38:

$$Pot(\text{Vatios}) = 10^{Pot(\text{dBm})/10}$$

$$Pot(\text{Vatios}) = 10^{20/10}$$

$$Pot(\text{Vatios}) = 100 \text{ mW}$$

$$Pot(\text{Vatios}) = 0.100 \text{ W}$$

Como el equipo JOTRON ha sido diseñado para trabajar con una potencia máxima de 50 W, pero como el equipo trabaja en dBm es necesario realizar las transformaciones necesarias para verificar la potencia que se desea, para lo cual es necesario emplear la fórmula mencionada

anteriormente del libro de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Cuarta Edición de TOMASI, capítulo I, página 38:

$$Pot(\text{Vatios}) = 10^{Pot(\text{dBm})/10}$$

$$Pot(\text{Vatios}) = 10^{47/10}$$

$$Pot(\text{Vatios}) = 50118 \text{ mW}$$

$$Pot(\text{Vatios}) = 50,11 \text{ W}$$

Una vez que se verifico que el equipo no presente alarmas, se pasó un cable UTP desde la sala de equipos de comunicación de SELT hasta la sala de multilateración por la bandeja de cable que muestra la figura 4.49 para llegar al Router de CNT.



Figura 4.49.- Bandeja de Cables de SELT
Fuente.- Elaborado por el Autor

Para verificar que la señal de 119.7 MHz de Latacunga se transmite al APP de Quito, se observó que los íconos de la pantalla RRC-7700 se muestren de color verde y no rojo, como se simula el fallo en la figura 4.50 y figura 4.51.

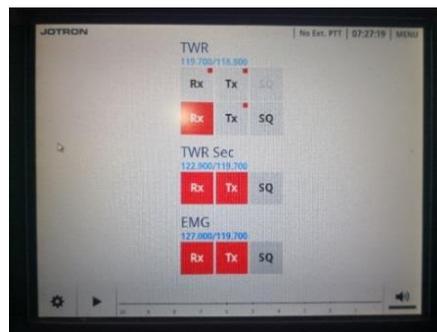


Figura 4.50.- Pantalla RCC-7700 alarmada
Fuente.- Elaborado por el Autor

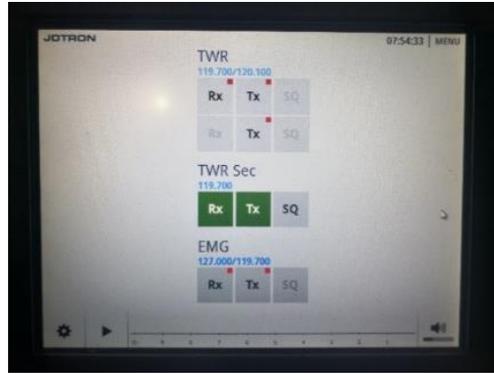


Figura 4.51.- Pantalla RRC-7700 en operación normal

Fuente.- Elaborado por el Autor

4.6 Pruebas de funcionamiento

Una vez que las conexiones se realizaron exitosamente y los equipos no presentaban alarma alguna se procedió a verificar la conectividad en el transmisor, receptor y el tiempo de retardo que se presenta desde SELT al sistema de comunicaciones del APP de UIO, como lo detalla la figura 4.52.

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
C:\Users\Elyzabeth2016>ping 10.0.11.67

Haciendo ping a 10.0.11.67 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 10.0.11.67: bytes=32 tiempo=31ms TTL=255
Respuesta desde 10.0.11.67: bytes=32 tiempo=23ms TTL=255
Respuesta desde 10.0.11.67: bytes=32 tiempo=25ms TTL=255
Respuesta desde 10.0.11.67: bytes=32 tiempo=29ms TTL=255

Estadísticas de ping para 10.0.11.67:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 23ms, Máximo = 31ms, Media = 27ms

C:\Users\Elyzabeth2016>ping 10.0.11.67

Haciendo ping a 10.0.11.67 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 10.0.11.67: bytes=32 tiempo=24ms TTL=255
Respuesta desde 10.0.11.67: bytes=32 tiempo=27ms TTL=255
Respuesta desde 10.0.11.67: bytes=32 tiempo=26ms TTL=255
Respuesta desde 10.0.11.67: bytes=32 tiempo=24ms TTL=255

Estadísticas de ping para 10.0.11.67:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 24ms, Máximo = 27ms, Media = 25ms

C:\Users\Elyzabeth2016>

```

Figura 4.52.- Verificación de tiempos de retardo

Fuente.- Elaborado por el Autor

Se constató que el retardo es de aproximadamente 27 ms, tiempo que no afecta en la transmisión, recepción de la señal tierra – aire; a diferencia del retardo que se genera en un

enlace satelital, donde los tiempos de uplink y downlink rodean los 500 ms; valor elevado para señales de voz, donde la señal no siempre es completa.

Posteriormente se realizó un análisis de cobertura conjuntamente con los controladores de Tránsito Aéreo y se estableció comunicación con distintas aeronaves que ingresaron por el sector Sur de la TMA y sobrevuelos cerca de Latacunga, donde cada uno de los pilotos reporto que la señal fue alta y clara, como se observa en la figura 4.53 y Tabla 4.9. A su vez, la transmisión de las aeronaves que despegaron del Aeropuerto Cotopaxi y aeronaves que se encontraban sobre QIT, presentaron las mismas condiciones.

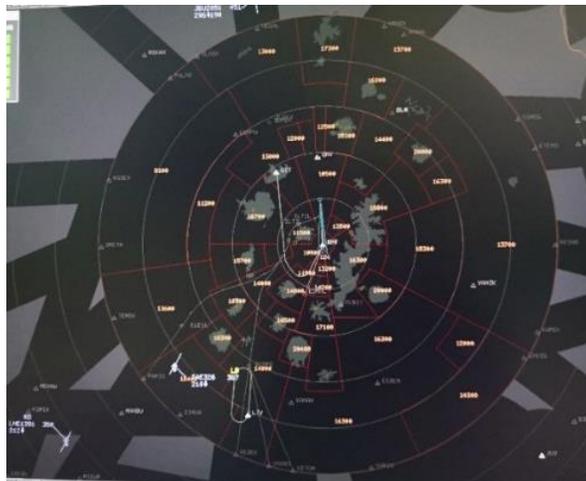


Figura 4.53.- Análisis de Cobertura en la TMA de Quito

Fuente.- Elaborado por el Autor

Tabla 4.9.- Análisis de Cobertura en la TMA de Quito

AERONAVE	UBICACIÓN	NIVEL DE LA SEÑAL
TAE 326	PAMIS	5/5
LNE 1391	PAMIS	5/5
JBU 2851	QIT	4/5
HCDY	SELT	4/5
AV 1657	DIMAR	5/5
TAE 322	PAMIS	5/5
AMX 685	QIT	4/5

Fuente.- Elaborado por el Autor

4.7 Análisis de resultados

Según la tabla 3.4 planteada en la propuesta se sabe que el Valor de Reincidencia es de 15,419 km, es decir que dentro de ese diámetro obtiene la mayor potencia de la señal de 119.7 MHz.

$$R = \sqrt{(h - 1.5)^2 + x^2}$$

$$R = \sqrt{(15 - 1.5)^2 + 15^2}$$

$$R = 15,419 \text{ km}$$

$$R = 8,09 \text{ NM}$$

Conocer el terreno donde se instala el enlace de comunicación es de suma importancia ya que según eso se realiza el análisis de cobertura y se ve los lugares o puntos ciegos. La gráfica 3.29 muestra el terreno libre de cadena montañosa de la ciudad de Latacunga y posible cobertura, documento necesario para legalizar el uso de la frecuencia en SELT, pero también es posible realizarlo mediante software como fue Radio Mobile; al ser el SLIM el alcance máximo de territorio de 1669,941 como se detalla en la tabla 3.4, es necesario considerar que dentro de este diámetro la frecuencia de trabajo será totalmente nítida.

Así como nuestro equipo transmisor trabaja con 50 vatios de salida es importante tener en consideración la radiación que emite nuestra antena, para lo cual se calculó el EIRP. Para conocer la cobertura que se tendrá desde Latacunga se debe aplicar la fórmula establecida en el libro de Sistemas de Comunicaciones Electrónicas Cuarta Edición de TOMASI, capítulo X, página 378:

$$PIRE \text{ (dBm)} = 10 \log \frac{Pt(\text{Potencia del Tx en W})}{0.001} + 10 \log G(\text{de la antena adm}) - LC \text{ (pérdidas en dB)}$$

$$G(\text{adm}) = 10^{G\left(\frac{dB}{10}\right)}$$

$$G(\text{adm}) = 10^{\left(\frac{6}{10}\right)}$$

$$G(\text{adm}) = 3.98 \text{ adm}$$

Como se usó un cable heliax HFC 12D en donde el fabricante indica que se tiene una pérdida de 2.67 dB cada 100m entonces en 20m por regla de tres se tendrá una pérdida de 0.534 dB.

$$PIRE (dBm) = 10 \log \frac{50}{0.001} + 10 \log 3.98 - 0.534$$

$$PIRE = 52.4545 \text{ dBm}$$

$$PIRE = 175.975 \text{ W}$$

Para calcular la cobertura aproximada que se tendrá con la instalación de la antena es necesario obtener la intensidad de campo eficaz, es decir la fórmula del SLIM que se detalla en la tabla 3.4.

$$SLIM = \frac{PIRE}{A \text{ (para 15 m)}}$$

$$SLIM = \frac{175,975}{1829,214}$$

$$\text{Alcance inicial} = 0,1375 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Alcance inicial} = 0,3708 \text{ W/m}$$

Una vez que se obtiene el alcance inicial se aplica la fórmula de Friis para enlaces de telecomunicaciones:

$$SLIM = 173 \frac{\sqrt{Pt \text{ (Potencia del Tx en kW)}}}{d \text{ (Alcance total en km)}}$$

$$\text{Alcance total} = 173 \frac{\sqrt{Pt \text{ (Potencia del Tx en kW)}}}{SLIM}$$

$$\text{Alcance total} = 173 \frac{\sqrt{0.05}}{0,3708}$$

$$\text{Alcance total} = 104,32 \text{ km}$$

Alcance total = 56,32 NM

Desde SELT a QIT existe aproximadamente 38,77 NM por lo que la cobertura hasta esa estación está garantizada y es por ese motivo que cuando se realizaron las pruebas de cobertura los pilotos reportaron que la señal de los Controladores de Tránsito Aéreo era alta y clara, es decir 4/5.

Para el funcionamiento correcto del equipo el fabricante establece valores máximos y mínimos de trabajo, los cuales deben ser medidos cuando el equipo transmite como se puede visualizar en la figura 4.54 y figura 4.55.



Figura 4.54.- Medidas del Transmisor 1 de 1

Fuente.- Elaborado por el Autor



Figura 4.55.- Medidas del Transmisor 1 de 1

Fuente.- Elaborado por el Autor

Los valores que el fabricante establece como válidos se detalla en la Tabla 4.10

Tabla 4.10.- Valores medidos en el Transmisor

DATO	VALOR MEDIDO	VALOR DEL FABRICANTE	OBSERVACIONES
Potencia de Salida	44,6 dBm	7 - 47 dBm	Aceptable
VSWR	1	1 a 3,7	Aceptable
Corriente	5,8 A	Máx 9	Aceptable
Temperatura	43 °C	-30 a 85 °C	Aceptable
Sensibilidad	-90 dBm	-117 a -77 dBm	Aceptable

Fuente.- Elaborado por el Autor

Como se puede observar en la tabla 4.10 los datos que el equipo mide se encuentran dentro de los valores máximo y mínimos del fabricante lo que garantiza que el equipo está en óptimas condiciones y su tiempo de vida útil no se encuentra en riesgo.

CONCLUSIONES

- Al implementar el enlace de comunicación de la frecuencia del APP de Quito 119.7 MHz con equipos marca JOTRON que también incorporan VoIp permite que la comunicación sea clara y legible, eliminando a su vez el ruido de fondo presente en equipos analógicos, ruido que en ocasiones provoca intermitencia en la señal. Los equipos fueron escogidos por su velocidad de transmisión dado que el tiempo de retardo es de suma importancia; si este tiempo supera los 30 ms, se puede producir una pérdida de la señal.
- Fue necesario la implementación de una antena omnidireccional para tener cobertura superior; cuando se realizaron pruebas de cobertura, conjuntamente con los Controladores de Tránsito Aéreo y pilotos; se comprobó que en el sector de LATACUNGA, tanto la transmisión como la recepción era entre cortada y se hacía mucho más latente cuando la repetidora del Atacazo quedaba fuera de servicio; por lo que se determinó que para resolver estas dificultades era necesario instalar un nuevo enlace en el sector Sur de la TMA con una antena capaz de cubrir todo el área.
- Una vez que se llevó acabo el segundo objetivo, fue necesario realizar un análisis de cobertura en Radio Mobile para evidenciar el lugar que cumple con los requerimientos óptimos de cobertura del sector Sur, comprobando así que el lugar más adecuado estratégicamente, que permitiría mejorar la cobertura era la Torre de Control del Aeropuerto Internacional Cotopaxi por la altura que se tiene con respecto al nivel del mar; cuando se instala el enlace de manera provisional se comprobó que tenía comunicación hasta la estación de QIT y la señal de los pilotos era alta y clara, una vez que se comprobó que el enlace satisfacía las necesidades de cobertura se instaló de manera definitiva los equipos.
- Días después de la instalación del enlace de comunicación en SELT, se realizó una comparación con la comunicación que se tenía previo a la ejecución del proyecto; se comprobó que hoy se puede establecer comunicación incluso con aeronaves que se encuentran en la pista del Aeropuerto Internacional Cotopaxi en tanto con los anteriores antes no era factible tener una comunicación clara y sin pérdidas de señal con sobre vuelos del sector.

RECOMENDACIONES

- Los equipos JOTRON poseen en su parte posterior un puerto LAN para monitoreo de alarmas y como trabajan con VoIp y la comunicación que brida es mucho más clara, sería importante la posibilidad de monitorear desde el aeropuerto de Quito para tener un control de las posibles fallas o alarmas que podrían llegar a presentarse.
- La cobertura con la que se cuenta actualmente en el sector Sur de la TMA es buena, pero en caso de requerir obtener un mayor alcance se puede instalar una antena omnidireccional con una ganancia superior a 6 dB.
- Los equipos JOTRON con los que se cuentan actualmente en la institución ya poseen VoIp pero es necesario que se planifique una actualización del sistema operativo de los mismos para obtener más beneficios del sistema y así poder mejorarlo
- Para que no exista un deterioro en la señal y así garantizar la funcionalidad de las comunicaciones es necesario realizar mantenimientos preventivo cada 3 meses, donde se verifique el estado de las líneas de transmisión y lectura de potencia incidente y reflejada, tanto con el equipo como con el vatímetro.

BIBLIOGRAFÍA

- Course Hero. (2018). Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/25185092/Investigaci%C3%B3n-Descriptiva-Evaluativa-Proyectiva-65415docx/>
- DATACOM. (Enero de 2014). Manual de Operación General, rev.20. Brazil.
- GECI Española S.A. (2013). Manual Técnico JOTRON.
- Granada, W. F. (2007). Sistemas de adquisición de datos para la medición de parámetros radioeléctricos en antenas lineales de TV de VHF y UHF.
- Hurtado, J. (21 de 02 de 2008). La Investigación Proyectiva. Obtenido de <http://investigacionholistica.blogspot.com/2008/02/la-investigacin-proyectiva.html>
- Instalaciones de Telecomunicaciones . (22 de 10 de 2015). Obtenido de <http://aprendiendoteleco.blogspot.com/2015/10/reflexiones-y-roe.html>
- MasWifi. (2008). Conector Tipo N Macho. Obtenido de <https://www.maswifi.com/routers/accesorios-wifi/cables/cable-tp-link-tl-ant24pt-2-4ghz-500mm-conector-tipo-n-macho-sma-hembra>
- Miranda, C. V. (2015). Redes Telemáticas. España: Paraninfo.
- MULTICÓPTERO X. (2018). CIENCIA Y TECNOLOGÍA ASOCIADA AL MUNDO DE LOS MULTICÓPTEROS. Obtenido de <http://www.multicopterx.es/secciones/multicopteros/>
- OACI. (2011). LA AVIACIÓN UNIDA . Obtenido de https://www.icao.int/Pages/ES/copyright_ES.aspx

- Radio Enlaces Terrestres Microondas. (17 de 09 de 2013). Obtenido de http://www.redtauros.com/Clases/Medios_Transmision/04_Radioenlaces_Terrestres_Microondas_.pdf
- Radios Libres . (2013). Radios Libres . Obtenido de <https://radioslibres.net/19-cuales-son-las-caracteristicas-de-una-antena/>
- Reyes, R. (09 de 07 de 2015). ONDAS GUIADAS. Obtenido de <https://oeg4cm18e1.wordpress.com/2015/07/09/lineas-de-transmision/>
- Tomasi, W. (2003). Sistema de Comunicaciones Electrónicas. México: Pearson Education.
- Wireless Solutions. (2000). Obtenido de https://www.wni.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=62:antenasoporte&catid=31:genera

ANEXOS

**FRAGMENTO DEL
MANUAL DEL
TRANSCEPTOR**

OPERATION AND INSTALLATION MANUAL



TR-7750/25/10
TA-7650/25/10
RA-7203

VHF Ground to Air Communication Radios



www.jotron.com



3 Functional description

3.1 Front Panel Controls, Transmitter unit

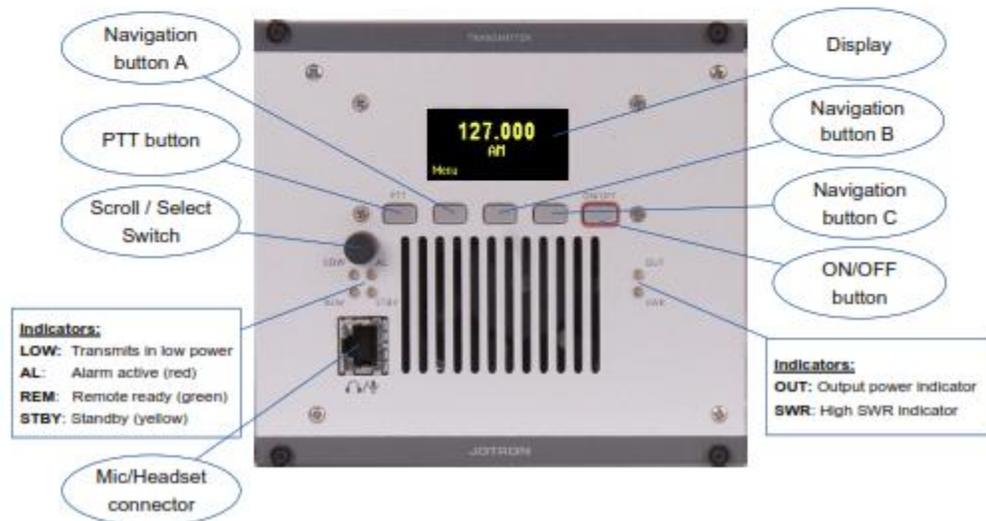


Figure 3-1, Front view, transmitter unit, TA-7650/25/10

3.1.1 Display

The default display shows the most important operational parameters; Frequency and modulation. In addition, the display will show several menus, submenus and operational parameters when entering into the menu using Navigation button A.

3.1.2 Scroll/Select switch and Navigation buttons A, B and C

The navigation buttons, A, B and C, together with the Scroll/Select switch are used to navigate through the menus.

The Scroll/Select switch has three actions: It can be turned clockwise, counter-clockwise, or momentarily pressed.

In general the use of the navigation buttons are:

- A or Scroll/Select right: Increase a value (up)
- B or Scroll/Select left: Decrease a value (down)
- C or Scroll/Select press: Confirm or Enter.

The function of the navigation buttons will change depending on previous actions. The display will indicate the function of each navigation button, by text or symbols.

3.1.3 PTT button

This button is used to immediately key the transmitter for test/measurement purposes. The PTT button is connected in parallel with the PTT keying available via the microphone connector. The PTT button may be enabled/disabled depending on the key configuration of the radio.



3.1.4 ON/OFF button

Press and hold button (for app. 2s) to switch the unit ON or OFF.

3.1.5 LED Indicators -TX

LOW (yellow):	The transmitter transmits in low power, either caused by an internal failure (SWR, Temperature, or low input voltage) or set by the user. The low power level is adjustable.
AL (red):	Indicates that an alarm is present in the transmitter unit. Details of the alarm will be shown on the display.
REM (green):	This LED has multiple functions. The REMOTE indicator will be lit with a constant green colour when the transmitter is "ready" for remote operation. Ready means that the keying options has been set to include keying from an external source, and that the voice input has been set to an external source (600 ohm line input) or VoIP. In addition the REMOTE indicator will flash yellow each time the unit is communicating on either of the remote interfaces (RS232, RS485, Ethernet).
STBY (yellow):	The transmitter is kept in standby, either by user input, an external signal to the remote interface or because an alarm condition has been detected, and the transmitter is set up as a MAIN transmitter. In standby the transmitter will not be able to send, even if a valid key signal is input to the unit.
OUT (yellow):	Indicate that the transmitter is keyed and power is being generated, detected at the output of the power amplifier.
SWR (red):	Indicate that the SWR on the antenna is above the threshold value (app. 3:1). The transmitter will reduce the output power to the predefined low power level in order to protect the output stage.



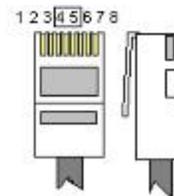
3.1.6 Mic/Headset connector - TX

Mic/Headset connector		
Name	PIN	Purpose
Mic input	1	Sensitivity 2.5mV nominal.
Mic GND	2	Microphone ground
Headset	3	Headset output, contains side-tone and/or received audio when used together with a receiver (RA7203)
RS232	4	RS232 TX
RS232	5	RS232 RX
PTT	6	PTT input. Connect to GND (p.8) to key
+12VDC	7	Source is 12 VDC with a 3.2k ohm internal resistance. Maximum current consumption of the external mic is 3 mA.
GND	8	Common ground

Table 3-1, Mic/Headset connector, transmitter, pin out

The Mic/Headset connector is used for multiple purposes.

- **Microphone/Headset connector:**
Connect the microphone to the Mic input/Mic GND, the +12VDC can be used to power the microphone or a microphone amplifier.
The Headset output (referenced to GND) contains the local side tone generated from the demodulated signal on the output of the transmitter when the transmitter is keyed, or the received audio if the transmitter is connected to a receiver using the T/R bus available on the rear panels.
- **RS232 serial line**
The RS232 serial line can be used to control radio parameters from an external unit.
- **Hardware key to change access level:**
In order to change the access level (see chapter 7.2.4.3 for details) a hardware key must be inserted into the microphone/headset connector before entering in to the menu system. The hardware key consists of a RJ45 connector where pin no. 4 and 5 (RS232 RX and TX) are connected together.





3.2 Transmitter, rear connections



Figure 3-2, Rear view, transmitter unit, TA-7650/25/10.

3.2.1 Antenna connector (50 ohm N-type)

Interface to the antenna cable for the transmitter or the transceiver when used together with a receiver unit

3.2.2 Receiver ant. Connector (50 ohm BNC)

BNC-Type antenna output – 50 ohm. This connector is connected to the antenna switch (pin switch or relay) internally in the transmitter unit and can be connected directly to the antenna input of a co-located receiver unit (RA7203).

Note!

The VHF radio uses a PIN switch, this type of antenna switch can only be used to switch the antenna between a receiver and a transmitter. The output from standby transmitter can not be switched through this antenna switch. For this application a separate Antenna Changeover Unit (ACU) is required.

3.2.3 DC input connector (Amphenol MS 3106A 10SL4S)(Jotron P/N: 96715)



Figure 3-3, Transmitter DC input connector, rear view

Connector for DC supply (21.6 - 31.2 VDC).

Connected to the power supply, PSU-7002, or to an external DC supply.

A is the positive (+) connection and B is the negative (-) connection points.



3.3 Front Panel Controls, Receiver unit

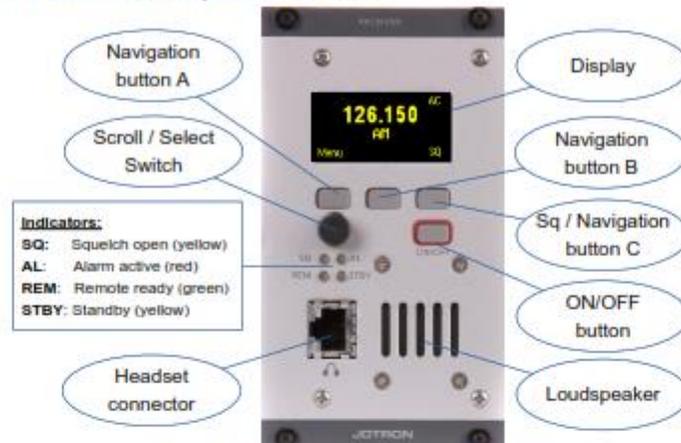


Figure 3-4, Front view, receiver unit, RA-7203

3.3.1 Display - RX

The default display screen shows the most important operational parameters; Frequency and modulation. In addition, the display will show several menus, submenus and operational parameters when entering into the menu using Navigation button A.

The default display also indicate if the receiver operated on AC or DC power, by "AC" or "DC" in the upper part of the display.



3.3.2 Scroll/Select switch and Navigation buttons A, B and C - RX

The navigation buttons, A, B and C, together with the Scroll/Select switch are used to navigate through the menus.

The Scroll/Select switch has three actions: It can be turned clockwise, counter-clockwise, or momentarily pressed in.

In general the use of the navigation buttons are:

- A or Scroll/Select right: Increase a value (up)
- B or Scroll/Select left: Decrease a value (down)
- C or Scroll/Select press: Confirm or Enter.

The user interface will indicate which navigation button to use.

Navigation button C is dedicated to squelch ON/OFF button in the default view.

3.3.3 ON/OFF button - RX

To switch the unit ON or OFF: Press and hold button for approx 2s.



3.3.4 LED Indicators -RX

- SQ (yellow):** The receiver squelch is open (receiving audio) when lit.
- AL (red):** Indicates that an alarm is present in the receiver unit. Details of the alarm will be shown on the display.
- REM (green):** This LED has multiple functions. The REMOTE indicator will be lit with a constant green colour when the receiver is "ready" for remote operation. Ready means that the audio is output to an external source (600 ohm line input) or VoIP.
In addition the REMOTE indicator will flash yellow each time the unit is communicating on either of the remote interfaces (RS232, RS485, Ethernet).
- STBY (yellow):** The receiver is kept in standby, either by user input, an external signal to the remote interface or because an alarm condition has been detected and the receiver is set up as a MAIN receiver. In standby the receiver will not output any audio on any audio interface.

3.3.5 Headset connector - RX

Headset connector						
Name	PIN	Purpose	Dir	Level	Max Volt. [V]	Max Curr [mA]
N/C	1	No connection	-			
N/C	2	No connection	-			
Headset	3	Headset output contains received audio.	O	1W		
N/C	6	No connection	-			
RS232	4	RS232 TX	O	±12V	±15	
RS232	5	RS232 RX	I	±12V	±15	
+12VDC	7	+12 VDC to external amplifier (100mA max.)	O	+12V		
GND	8	Common ground	-	GND		

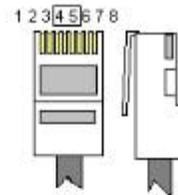
Table 3-7, Headset connector, receiver, pin out

The Headset connector is used for multiple purposes.

- Headset connector:
The Headset output (referenced to GND) contains the received audio.
- RS232 serial line
The RS232 serial line may be used to control radio parameters from an external.



- **Hardware key to change access level:**
In order to change the access level (see chapter 7.3.4.3 for details) a hardware key must be inserted into the microphone/headset connector before entering in to the menu system. The hardware key consists of a RJ45 connector where pin no. 4 and 5 (RS232 RX and TX) is connected together.



3.4 Receiver, rear connections

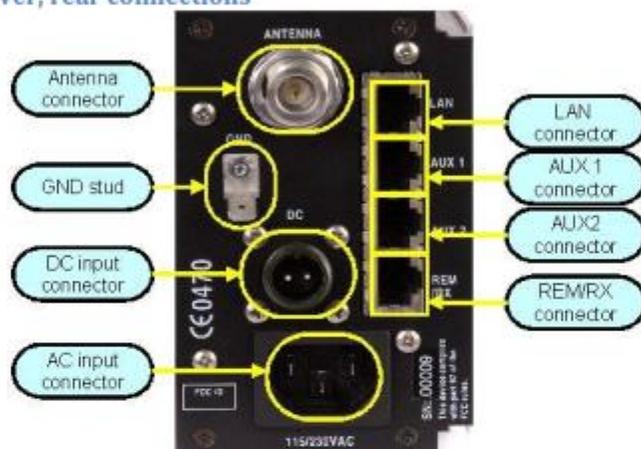


Figure 3-5, Rear view, receiver unit, RA-7203.

3.4.1 Antenna connector - RX (50 ohm N-type)

Connect directly to a receiver antenna, or to the receiver antenna connector (BNC) on the transmitter unit.

3.4.2 DC input connector - RX (Amphenol MS 3106A 10SL4S)(Jotron P/N: 96715)



Figure 3-6, Receiver DC input connector, rear view

Connector for DC supply (21.6 - 31.2 VDC).

Connect to an external DC supply to operate the unit on DC or as a backup supply if the main AC fails. A is the positive (+) connection and B is connected to ground or chassis (-).



3.4.3 AC Input connector - RX (IEC 60320 - C14)

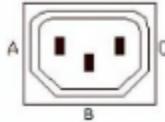


Figure 3.7, AC input connector

Input for external AC (male).
AC is input between A(N) and C(L). B is chassis ground.
The voltage range is from 85 to 264 VAC, 47-63Hz.

Note!

Although signal ground has the same potential as AC ground and DC minus (-), AC ground and DC (-) should not be used for signalling purpose.

3.4.4 LAN connector - RX (RJ45)

This connector contains the Ethernet bus and is normally connected to a nearby switch/hub. It can also be connected directly to a computer, using a twisted pair Ethernet cable.

LAN interface connector		
Name	PIN	Purpose
LAN_TXP	1	Tx data
LAN_TXN	2	Tx data
LAN_RXP	3	Rx data
LAN_D3P	4	Optional
LAN_D3N	5	Optional
LAN_RXN	6	Rx data
LAN_D4P	7	Optional
LAN_D4N	8	Optional

Table 3-8, LAN interface connector, pin out



3.5 PSU-7002, Power Supply Unit, front-view

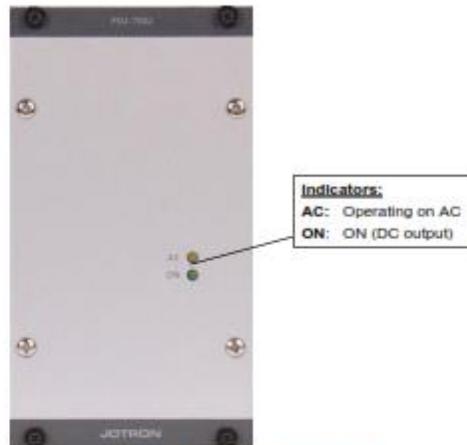


Figure 3-8, PSU-7002, front view

3.5.1 LED Indicators - PSU

- AC (yellow):** Indicates that AC is present, and that the unit currently is operating on the main AC power supply.
- ON (green):** Indicates that the PSU is ON and supplies DC on its output. The DC is either derived from the main AC input (shown by the AC indicator), or from the backup DC input (AC indicator dark).



3.6 Power Supply Unit rear connectors.

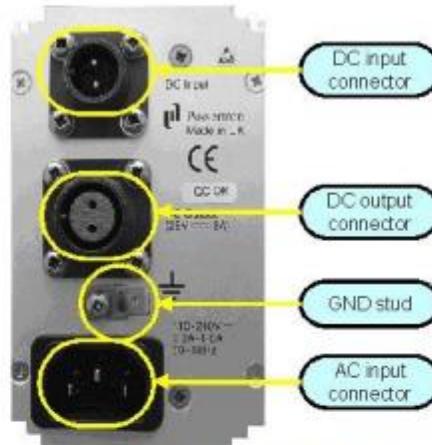


Figure 3-9, Power supply unit - rear view

3.6.1 DC input connector - PSU (Amphenol MS 3106A 10SL4S)(Jotron P/N: 96715)

The DC input is connected to the DC backup supply (if available).

Input range is 21.6 - 31.2 VDC and current consumption is max 9A average when the transmitter operates with full rated power output (50W).

A is the positive (+) connection and B is connected to ground (-).



Figure 3-10, DC input connector, PSU

3.6.2 DC output connector - PSU (Amphenol MS 3106A 12S3P)(Jotron P/N: 93697)

The DC output connector is connected to the transmitter unit and contains the +28V DC supply for the transmitter. The DC is generated from the main AC input or the DC backup input.



Figure 3-11, DC output, PSU

A is the positive connector pin (+) and B is connected to ground (-).



3.6.3 AC Input connector - PSU (IEC 60320 - C14)

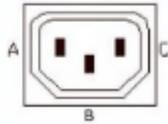


Figure 3-12, AC input connector, PSU

Input for external AC (male).

AC is input between A(N) and C(L). B is chassis ground.

The voltage range is from 85 to 264 VAC, 47-63Hz.

Note!

Although signal ground has the same potential as AC ground and DC minus (-), AC ground and DC (-) should not be used for signalling purpose.

**FRAGMENTO DEL
MANUAL DEL
RRC-7700**

OPERATOR AND INSTALLATION MANUAL



RRC 7700
Remote Radio Controller



www.jotron.com



4.2 RRC Client

RRC Client application is normally started automatically in full screen mode when Microsoft Windows boots. If needed, it can be closed by the command Menu->Exit.

When launched RRC Client reads all its settings from Windows Registry and automatically tries to connect to the RRC Servers and retrieve radio state information.

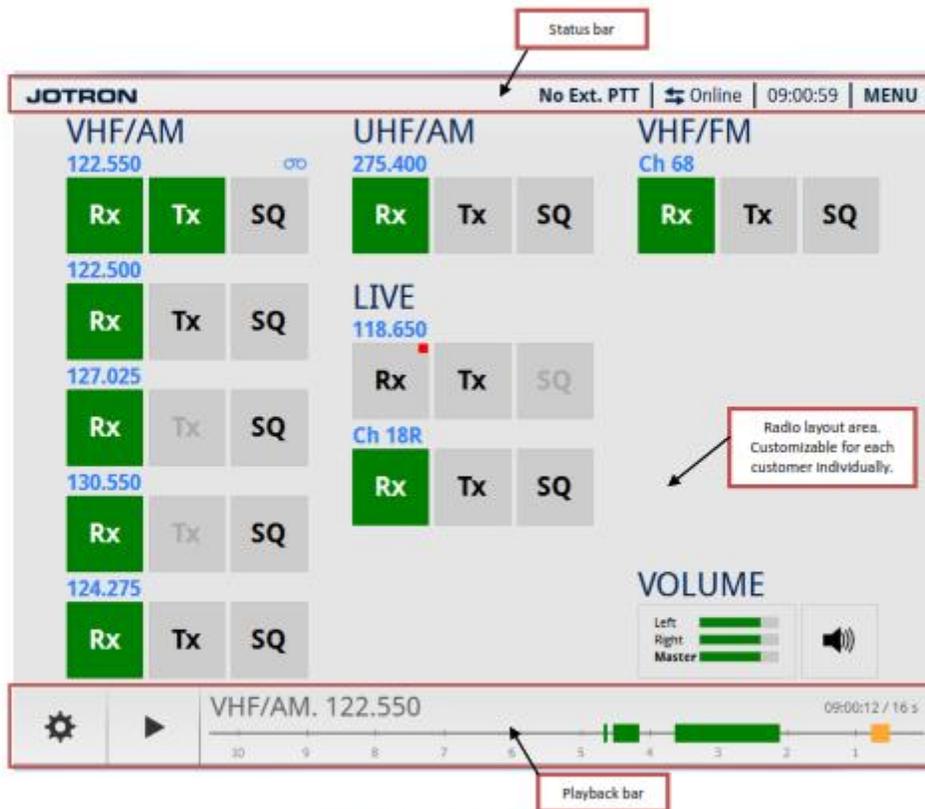


Figure 5 RRC Client main window example



Figure 6 RRC Client main window in options mode

Main RRC Client window is split into three parts:

1. Status bar.
2. Radio layout area
3. Playback bar

4.2.1 Status bar

The Status bar contains various information about current RRC Client status and a button to access the main menu.



Figure 7 RRC Client status bar

The Status information is as following:

- 10:48:16 - Clock with seconds part
- Online - Connectivity with RRC Server status: Online, Offline. When connection with the server is lost, error popup is shown in addition.
- PTT indicator:



- Indicator is not visible when a PTT button device is connected to the RRC and microphone with PTT button, pedal, etc. is detected
- **No Ext. PTT** - "Not Ext. PTT" text is visible when no PTT button device is detected. In that case the system can be configured to show a software PTT button. For more information see the Configuration chapter of this manual.
- **PTT** - PTT text with microphone audio level indication bar. This indicator is visible when PTT button is pressed. Looking at audio level indication bar the user can verify that its voice is captured correctly by the microphone. The RRC Client has PTT button timeout feature that limits for how long PTT button can be pressed continuously (without releasing it). When this timeout elapses, the PTT button is released automatically. Before doing this the PTT indicator will blink for the configured time. PTT button timeout is configurable.
- **Phone call** - Phone call warning. Indicates that there is an active call or the phone is ringing.
- **Multiple Tx** - Multiple Tx warning. This indicator is shown when more than one transmitter is selected for transmission. This indicator can be disabled in application configuration.
- **Max Tx Reached** - Max Tx Reached warning. This indicator is shown when selected transmitters count reaches configured limit. No more transmitters can be selected when this warning is shown. Selected transmitters limit is configurable.

Main menu button allows access to the following commands:

- Log Viewer. Opens a new dialog where various system messages are displayed. It is mostly useful for technical personnel.
- Audio streams. Opens a new dialog with a list of all voice streams to/from the RRC Client. It is mostly useful for technical personnel.
- Screen clean mode. When activated it disables mouse/touch clicks in the entire screen area of the RRC Client application. In this mode the touchscreen panel can be cleaned safely without accidentally activating any function. This mode turns off automatically after 30 seconds. Time left until deactivation, is displayed on the screen.

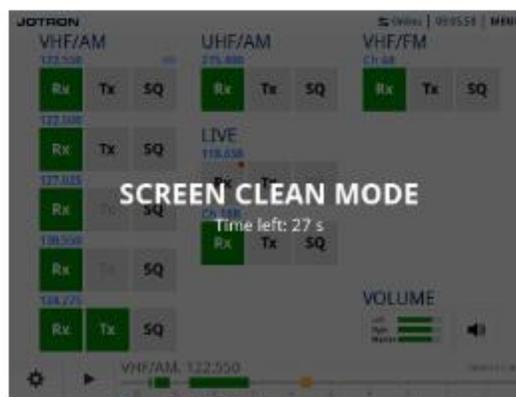


Figure 8 RRC Client screen clean mode



- Info. Displays application version information.
- Retart panel. Restarts Windows operating system and RRC Client application. Additional prompt is shown before starting this procedure.
WARNING. Restart procedure may take more than one minute so the user must be sure that the RRC Client functionality will not be needed during the restart period.
- Exit. Exits RRC Client application.

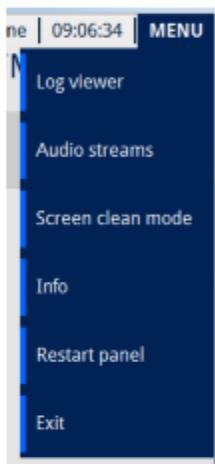


Figure 9 RRC Client main menu

4.2.2 Radio layout area

The radio layout area shows all radios that are accessible to the user. The radio quantity and layout are fully customizable and will differ depending on the configuration. The layout is defined in a text file "UiLayout.qml" that must reside in the same directory as RRC Client executable. This layout definition file is supplied by Jotron together with the RRC system and is not editable by the user.

Radios are grouped into transceivers which is a combination of one receiver and one transmitter. Optionally transceivers can be grouped into larger groups and be given a name representing their geographical location, radio type, etc.

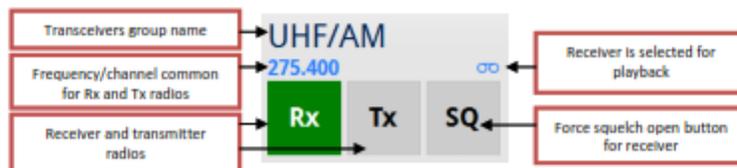


Figure 10 Transceiver view



Receiver and transmitter radios are represented as rectangles. The colour within the radio rectangles indicates radio state. The receiver has an additional SQ button that allows the user to force the squelch open.

The radio state may be one of the following:

	The radio is not configured in the RRC Server. It will not be operational.
	The radio is ready but deselected for this user. The receiver audio will not be played, the transmitter will not transmit.
	The radio is deselected for this user, and has a failure, either with the network connection or a failure detected by the internal test equipment. The cause of the failure must be checked. The radio may be unavailable and not capable of transmitting or receiving.
	The radio is deselected for this user. The darker colour indicates that it is receiving (RX) or transmitting (TX).
	The radio is selected by the user and enabled for use.
	The radio is selected by the user, but has a failure, either with the network connection or a failure detected by the internal test equipment. The cause of the failure must be checked. The radio may be unavailable and not capable of transmitting or receiving.
	The radio is selected by the user and is receiving (RX) or transmitting (TX). The darker bar on the left side of the rectangle informs the user about: <ul style="list-style-type: none"> - Received Signal Strength Indication (RSSI) for receivers, larger bar indicates stronger signal. - Output power transmitted for transmitters, larger bar indicates more output power. When the squelch on the receiver close, or when the PTT button is released, the rectangle will blink for some time (configurable in the registry settings) to indicate activity on this radio.
	The radio is selected by the user and is receiving (RX) or transmitting (TX). The red dot indicates that there is a failure with the radio, either the network connection or the internal test system in the radio.



**Dirección General
de Aviación Civil**

ACTA ENTREGA – RECEPCIÓN

Quito, 05 de septiembre del 2018

Por medio del presente yo ÁNGELA ELIZABETH QUINGA MEZA con C.I 172072766-6 entrego al Sr. HÉCTOR VÁSQUEZ, Responsable de Electrónica Radar AIMS, el ENLACE DE COMUNICACIÓN ENTRE LATACUNGA Y EL AEROPUERTO INTERNACIONAL MARISCAL SUCRE DE LA FRECUENCIA 119.7 MHz. Realizadas las respectivas pruebas de cobertura se verifico que el sistema cumple con las condiciones de trabajo establecidas.

ENTREGO:

TLGA. ELIZABETH QUINGA
ANALISTA CNS I

RECIBIO:



SR. HÉCTOR VÁSQUEZ
RESPONSABLE DE ELECTRÓNICA RADAR

www.aviacióncivil.gob.ec

Buenos Aires Oe1-53 y 10 de Agosto / Quito, Ecuador

Tel. 02-2 222414

info@aviacióncivil.gob.ec

