

LEVANTAMIENTO Y REESTRUCTURACIÓN DE LA RED ANALÓGICA DE RADIOCOMUNICACIONES DE LA ESPE Y PROPUESTA DE MIGRACIÓN A LA RADIO DIGITAL CON PRUEBAS Y APLICACIONES

PABLO ALEJANDRO ANDRADE VILLAFUERTE

alejandro.andrade.v@hotmail.com

DARIO JAVIER TIPÁN OSCULLO

tipish44@hotmail.com

Escuela Politécnica del Ejército
Sangolquí – Ecuador

2012

RESUMEN

El presente artículo describe el levantamiento y reestructuración de la red analógica de radiocomunicaciones VHF de la ESPE; así como la propuesta de migración a la radio digital, centrándose básicamente en el estudio de los requerimientos de radiocomunicación de datos para todas las sedes de la ESPE.

Se procedió con el levantamiento de la red analógica de la ESPE, al realizar inspecciones a las distintas sedes y lugares donde la ESPE cuenta con equipos e infraestructura de radiocomunicaciones. Después, se procede a presentar un análisis de la situación actual de la red donde se determinan los parámetros técnicos y diagramas de cobertura, para posteriormente, realizar la reestructura de la red, donde se determinó nuevos grupos de trabajo, asignación de tonos, e instalación de equipos de radio en puntos prioritarios para la ESPE.

Además se realizó el diseño de la red digital de radiocomunicaciones de la ESPE, la cual integra a todas las sedes

que se encuentran en Quito, Sangolquí, Latacunga y Santo Domingo; en donde se realiza un estudio técnico de cada uno de los puntos que conformarán los nuevos enlaces, diseño de cada radio enlace, cálculos radioeléctricos, diagrama de red y de cobertura.

Se realizó también el dimensionamiento de la infraestructura total requerida para los nuevos emplazamientos, presentando un listado de varios fabricantes de equipos, con el propósito de escoger las soluciones más rentables. También se presentan los resultados y análisis de las pruebas sobre las aplicaciones de la tecnología digital realizadas en la ESPE Matriz.

Y finalmente, se elabora un análisis económico de la propuesta técnica para la migración de la red de radiocomunicaciones a la radio digital, considerando todos los elementos necesarios para su implementación: costos de equipos, costos de infraestructura y costos adicionales para la instalación y puesta en marcha de la propuesta.

1. INTRODUCCION

Los sistemas de radiocomunicación son un medio alternativo empleado por instituciones o empresas para mantener un entorno de comunicación entre sus miembros. Actualmente la ESPE dispone de estos sistemas, pero de tipo analógico, lo cual tiene como único fin la comunicación entre la matriz y sus distintas sedes en la provincia de Pichincha, utilizado mayormente para la seguridad de la institución. A partir del año 1992, la ESPE mantiene la red de radiocomunicaciones con un equipo repetidor ubicado en el Cerro Cruz Loma, en los predios del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas. Esta estación repetidora permite la cobertura del sistema de radio entre las sedes de Idiomas, Héroes del Cenepa, IASA I y la ESPE Matriz.

Hoy en día, nuestro país está atravesando por una migración de modo analógico a digital, que lejos de ser una simple transición tecnológica, exige una compleja coordinación entre los distintos sectores de la industria, la cual es necesaria debido a los múltiples beneficios que esta ofrece en todas las Tecnologías de Información, dicha transición es una representación de una gran mejora ya que los sistemas actuales de radiocomunicaciones análogos tienen una limitada capacidad de transmisión, la cual es solo de señales de audio mientras que los de tipo digital presentan nuevos servicios como la mejora en la calidad audio, capacidad de transmisión de datos, mayor número de canales que admite, preservación de los datos en la transmisión de larga distancia, y sobre todo una mayor eficiencia del espectro.

Por lo tanto, para aprovechar al máximo la infraestructura del sistema existente, aunque actualmente este no se encuentra en funcionamiento, es necesario levantar el mismo para así mantener comunicados a todos los miembros del sistema y por las razones ya mencionadas es necesario analizar la migración de este sistema a la tecnología digital para sacar mayores beneficios al mismo.

Cabe mencionar que para realizar la propuesta de migración a la radio digital se contará con una demostración de las principales aplicaciones que esta tecnología ofrece; como lo es la de radiolocalización por GPS que brinda a las empresas un mejor control de su personal así como también precautelar su seguridad y ahorrar significativamente sus recursos.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED ANALÓGICA DE LA ESPE

En este punto se realizó el análisis de la red para tener conocimiento de su topología, programación y funcionamiento para posteriormente proceder a tomar las medidas correctivas para su levantamiento.

La red analógica está conformada por equipos de marca Motorola. Estos son radios portátiles de las series GP300, PRO 3150, PRO 5150 y PRO 7150 Elite, así como radio bases de las series PRO 3100, GM300 y M208, mientras que la repetidora es Kenwood modelo TKR -750E.

La tabla 1. Muestra los modelos de equipos que conforman la red VHF de la ESPE

Tabla. 1 Equipos que integran la Red Analógica de Radiocomunicaciones

Sede	Ubicación	Modelo	Cantidad
ESPE Matriz	Policía Militar	PRO 7150	13
		PRO 3150	1
	UTIC	PRO 7150	2
		PRO 3150	2
		PRO 5100	1
	Servicios Universitarios	GM 300	1
PRO 3150		2	
IASA I	Prevención	PRO 5150	1
		GP 300	5
		PRO 5150	2
		PRO 3100	3
		M 208	1
Héroes del Cenepa	Prevención	PRO 5100	1
Idiomas	Prevención	PRO 5100	1
TOTAL			37

Los parámetros técnicos de cada uno de los equipos participantes de la red de radiocomunicaciones análoga de la ESPE al inicio del proyecto son:

- Radio Portátil PRO- 7150 Elite



Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	134-174 MHz
Potencia de Transmisión	1-5W
Sensibilidad	0.25 µV
Número de Canales	128
Espaciamiento del Canal	12.5 /20/ 25 kHz
Display	Alfanumérico de 14 Caracteres
Teclado	Si

- Radio Portátil GP-300



Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	138-178 MHz
Potencia de Transmisión	1-5W
Sensibilidad	0.25 µV
Número de Canales	2
Espaciamiento del Canal	12.5 /20/ 25 kHz
Display	No
Teclado	No

- Radio Portátil PRO-3150



Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	138-178 MHz
Potencia de Transmisión	1-5W
Sensibilidad	0.25 µV
Número de Canales	4
Espaciamiento del Canal	12.5 /20/ 25 kHz
Display	No
Teclado	No

- Radio Portátil PRO-5150



Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	138-178 MHz
Potencia de Transmisión	1-5W
Sensibilidad	0.22 µV
Número de Canales	4-16
Espaciamiento del Canal	12.5 /20/ 25 kHz
Display	No
Teclado	No

- Radio BASE PRO-5100



Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	134-174 MHz
Potencia de Transmisión	25-45W
Sensibilidad	0.22 µV
Número de Canales	64
Espaciamiento del Canal	12.5 /20/ 25 kHz
Display	14 Caracteres Alfanuméricos
Botones Intercambiables	Si

- Radio BASE PRO-3100



Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	134-174 MHz
Potencia de Transmisión	25-45W
Sensibilidad	0.22 µV
Número de Canales	4
Espaciamiento del Canal	12.5 /20/ 25 kHz
Display	No
Botones Intercambiables	Si

- Radio BASE GM-300



Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	134-174 MHz
Potencia de Transmisión	1-40W
Sensibilidad	0.22 μ V
Número de Canales	8-16
Espaciamiento del Canal	12.5 /20/ 25 kHz
Display	2 caracteres numéricos
Botones Intercambiables	No

- Radio BASE M-208



Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	146-174 MHz
Potencia de Transmisión	45W
Sensibilidad	0.22 μ V
Número de Canales	8
Espaciamiento del Canal	/20/ 25 kHz
Display	2 caracteres numéricos
Botones Intercambiables	No

- Repetidora Kenwood TKR-750E



Parámetro Técnico	Especificación
Frecuencia de Operación	146-174 MHz
Potencia de Transmisión	25-50W
Sensibilidad	0.45 μ V
Número de Canales	16
Espaciamiento del Canal	12.5 / 25 kHz
Tonos	16 QT/DQT
Modo de Funcionamiento	Simplex - Duplex

La topología que inicialmente mantenía la red así como la distribución de equipos se muestra en la figura 1.

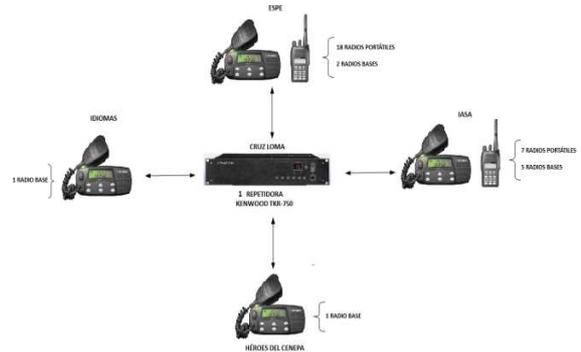


Figura. 1. Topología de la Red

Como se puede observar, la red mantiene una topología tipo estrella entre su nodo central el cerro Cruz Loma y las cuatro sedes de la ESPE en Pichincha, que para tener una idea clara se procedió a su simulación mediante el software Radiomobile como se muestra en la figura 2.

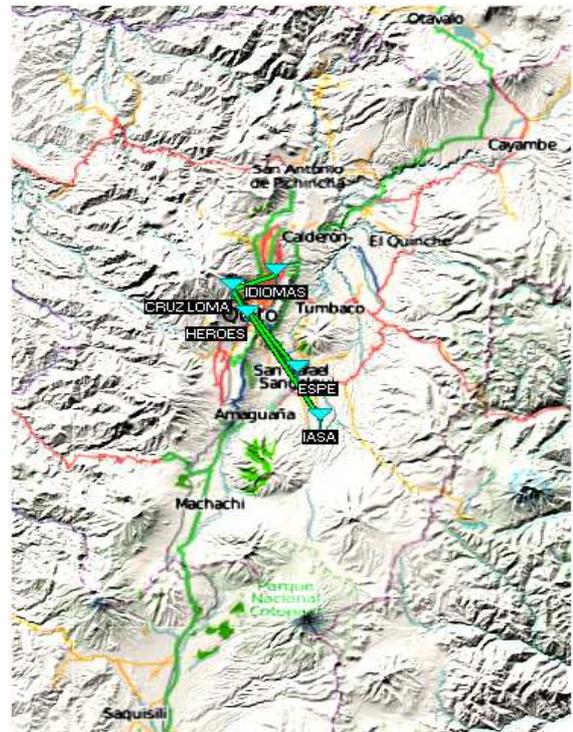


Figura. 2 Topología de la Red Radiomobile

La distribución de tonos y grupos de trabajo para los radios que se

encontraban programados al inicio del proyecto responde a la siguiente asignación:

Tabla. 2. Grupos de Trabajo

Grupo	Frec. Tx (MHZ)	Frec. Rx (MHZ)	Separación de Canal(kHz)	Tipo de línea privada	Código
seguridad	152,925	151,525	25	TPL	6B
administrativa	152,925	151,525	25	DPL	D023N
serv. univ.	152,925	151,525	25	DPL	D031N
Utic	152,925	151,525	25	DPL	D043N
transporte	152,925	151,525	25	DPL	D051N
biblioteca	152,925	151,525	25	DPL	D065N
Cicte	152,925	151,525	25	DPL	D071N

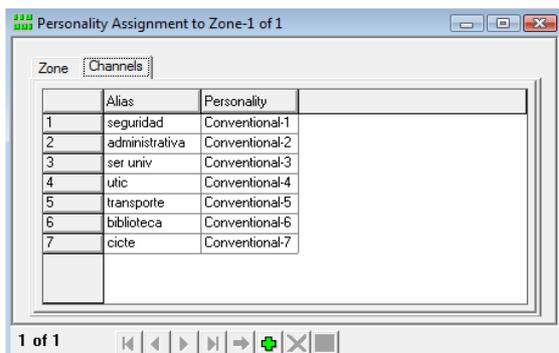


Figura 3. Grupos de Trabajo en la ventana de software de programación de los radios

Para verificar la asignación de estos parámetros se constató su programación en la repetidora Cruz Loma.

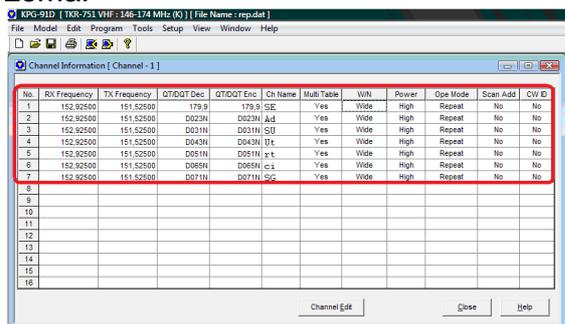


Figura. 4. Configuración estación Repetidora modelo

TKR-750E

Para continuar con la revisión de los parámetros actuales de la red, se

procedió a realizar su simulación con los parámetros tomados de las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos, para revisar las coberturas para cada emplazamiento como se muestra en la figura.

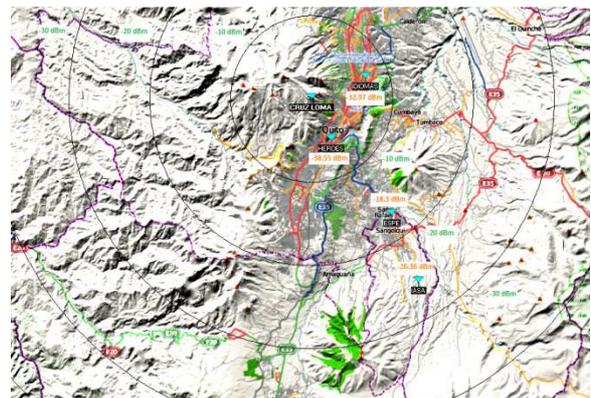


Figura. 5. Mapa de Cobertura de la Red VHF de Radiocomunicaciones

Procediendo al análisis de lo obtenido por Radiomobile se observa que en la figura 5, la zona de color amarillo que rodea a la sede de Héroes del Cenepa indica que esta es una zona de bajo nivel de recepción por la topología del terreno; en la zona de color verde de la figura 5. se observa que el nivel de señal es de -32.97 dBm a pesar de estar solo a 7.1Km de la repetidora.

Este nivel de señal se justifica por la presencia de obstáculos en Cruz Loma que obstruyen la primera zona de Fresnel siendo necesario por lo tanto un incremento en la altura de la antena de transmisión para cubrir de una forma más óptima estas áreas.

Además también se procedió al análisis del tipo y características de antenas en cada una de las sedes, resumiendo sus especificaciones como se muestra en la tabla 3.

Tabla. 3. Tonos y Grupos de Trabajo

Sede	Tipo de Antena	Ganancia (dBi)	Altura del Edificio, Torre Mástil (m)	Altura de Antena (m)	Altura Total (m)
ESPE Matriz	Omnidireccional	3	6	3	9
IASA I	Arreglo de 4 dipolos doblados	12	3	5	8
Cruz Lomas	Arreglo de 4 dipolos doblados	12	15	6	21
Idiomas	Omnidireccional	3	5	3	8
Héroes del Cenepa	Omnidireccional	3	8	2	10

3. REESTRUCTURA DE LA RED ACTUAL

Al inicio del proyecto se procedió con el análisis minucioso de cada uno de los nodos de la red de radiocomunicaciones, para establecer cuáles fueron los motivos para que esta no se encuentre en estado operativo y posteriormente dar solución a los mismos para levantar la red.

Al realizar dichas visitas a los diferentes puntos de emplazamiento se pudo encontrar varios desperfectos en los equipos que estaban funcionando en cada uno de los nodos de la red, los mismo que se detallan en el siguiente cuadro resumen de actividades en cada una de las visitas técnicas como se muestra en la tabla 4.

Figura. 4. Resumen de actividades en cada nodo

LUGAR	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO REALIZADA
ESPE Matriz	Cambio de radio (GM300 a PRO5100) por actualización de equipo.
ESPE Héroes del Cenepa	Cambio de conector de bajada de antena PL259 a mini VHF
ESPE IASA I	Cambio de radio (PRO3100 a PRO5100) por actualización de equipo y mantenimiento a la bajada de antena.
ESPE Idiomas	Cambio de radio (M208 a PRO5100) por defectos de funcionamiento y actualización, y mantenimiento a conectores

Cada uno de estos puntos de la red fueron puestos en marcha, revisando su funcionamiento y pruebas de conectividad de acuerdo a la nueva programación establecida según los requerimientos de los usuarios de la red; los mismo que fueron recogidos mediante encuestas donde hubo el

criterio general de que únicamente el personal militar, seguridad y de transportes debía tener el servicio de radiocomunicación, orientando de esta forma a la programación de únicamente 2 grupos de trabajo, uno para la interconexión de las sedes y otro independiente de la repetidora para cada sede.

De manera que se procedió a la reprogramación de cada uno de los elementos de la red, tanto radios móviles como radio bases, quedando únicamente los siguientes grupos, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Tonos y Grupos de Trabajo

Grupos de Trabajo	Alias	Canal Asignado	Tipo de línea privada	Código
1	SEGURIDAD	1	TPL	6B
2	SIMPLEX	2	TPL	6B

Además cabe destacar que por disposición de la Dirección de Comunicaciones y Sistemas DISICOM mediante telegrama N° 12-DISICOM-d-231 el señor Crnl. EMC Marcelo Gómez, Director de Sistemas de Información y Comunicaciones del Ejército, dispone la migración a las nuevas frecuencias a la red de radiocomunicaciones de la ESPE; para lo cual se procedió a programar todos los equipos de radio que conforman la red con las frecuencias que se muestran en la tabla 6.

Figura. 6. Frecuencias asignadas

Modo de operación	Frecuencia Antigua (MHz)	Frecuencia Nueva(MHz)
Transmisión	151,525	151,625
Recepción	152,925	152,525

Una vez realizada toda la programación de la red a las nuevas frecuencias asignadas, se procedió a las pruebas de funcionamiento en cada uno de los

grupos de trabajo mostrándose los siguientes resultados.

➤ Para el grupo SEGURIDAD:

Tabla 7. Resumen de actividades en cada nodo (SEGURIDAD)

Pto. Origen	Pto. Destino	Nominativo Pto. origen	Nominativo Pto. destino	Calidad de Audio (Escala 1 - 4.5)	Resultado	Observaciones
Prevención ESPE Matriz	Portátil Prevención ESPE Matriz	LUNA	LUNA PORTATIL	4.3	OK	Comunicación clara
Prevención ESPE Matriz	Prevención ESPE IASA I	LUNA	ESTRELLA	4.4	OK	Comunicación clara y concisa
Prevención ESPE Matriz	Prevención H. del Cenepa	LUNA	SATELITE	4.3	OK	Comunicación clara
Prevención ESPE Matriz	Prevención ESPE Idiomas	LUNA	PLUTON	4.4	OK	Comunicación clara y concisa
Prevención ESPE Matriz	Portátil del retén	LUNA	ORBITA	4.5	OK	Comunicación clara y concisa

➤ Para el grupo SIMPLEX:

Tabla 8. Resumen de actividades en cada nodo (SIMPLEX)

Pto. Origen	Pto. Destino	Nominativo Pto. origen	Nominativo Pto. destino	Calidad de Audio (Escala 1 - 10)	Resultado	Observaciones
Prevención ESPE Matriz	Portátil Prevención ESPE Matriz	LUNA	LUNA PORTATIL	4.5	OK	Comunicación clara y concisa
Prevención ESPE Matriz	Prevención ESPE IASA I	LUNA	ESTRELLA	0	NEGATIVO	Sin comunicación
Prevención ESPE Matriz	Prevención H. del Cenepa	LUNA	SATELITE	0	NEGATIVO	Sin comunicación
Prevención ESPE Matriz	Prevención ESPE Idiomas	LUNA	PLUTON	0	NEGATIVO	Sin comunicación
Prevención ESPE Matriz	Portátil del retén	LUNA	ORBITA	4.5	OK	Comunicación clara y concisa

Constatando de esta manera la correcta reestructuración de la red; con la nueva programación a las frecuencias asignadas y nuevos grupos de trabajo.

4. PROPUESTA Y DISEÑO DE LA RED DE RADIOCOMUNICACIONES DIGITAL DE LA ESPE

La Innovación de la tecnología en cuanto a las radiocomunicaciones ha avanzado constantemente hasta llegar a una etapa digital, la cual brinda muchos beneficios en varios aspectos, y la ESPE al ser a más de una institución educativa; un recinto militar, no puede

quedar atrapada en una tecnología obsoleta como es el caso de una red análoga de comunicaciones; por lo que debe migrar a una nueva red digital de radio comunicaciones.

Por esta razón se realizó un pequeño estudio de mercado para captar el criterio general de los usuarios de la red sobre los parámetros requeridos para proceder a realizar el diseño de la nueva red. Dichos parámetros se especifican a continuación:

1.- Puntos para radios fijas digitales

Puntos de la ESPE y sus sedes	Radios Fijas
Prevención de la ESPE matriz	Si
Prevención de las sedes	Si
Salas de Control y Monitoreo Vehicular	Si
Retén de la ESPE matriz	Si
UTIC's	Si

Tabla 9. Puntos prioritarios para radios digitales

2.- Personal a portar radios móviles.

Personal	Radios Portátiles
Directivos	Si
Militar	Si
De Servicios a la Universidad	Si

Tabla 10. Personal a portar radios portátiles digitales

3.- Los servicios adicionales que debería prestar la red digital, además de la transmisión de voz, son los servicios de radiolocalización vehicular mediante GPS, comunicación de datos tales como mensajes de texto, almacenamiento de conversaciones e ID de los usuarios del sistema. Por lo que aprovechando estos nuevos servicios y de acuerdo a las necesidades de la unidad de transportes se considera prioritario que los vehículos de la ESPE tengan incorporado una radio móvil digital con GPS, que permita el monitoreo de la

ubicación de los vehículos desde la central de transportes.

4.-La red digital de radiocomunicaciones a diseñar, debe ser eficiente de tal forma que permita el control de las novedades en las sedes, la coordinación de eventos, la seguridad, y brindar la comunicación oportuna en los casos en los que algunas de las sedes requieran el apoyo de personal para garantizar su seguridad.

5.-De acuerdo al levantamiento de la información referente a los usuarios prioritarios que requieren disponer de un equipo de radio digital y a los puntos críticos de la ESPE matriz y sus sedes se estableció el conteo de cada uno de estos puntos y personal; concluyendo el número de equipos necesarios que se detallan a continuación.

Para la provincia de Pichincha se tiene como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Número de usuarios en Pichincha

Puntos de la ESPE y sus sedes	# Usuarios
ESPE Matriz	
Policía Militar	6
Servicios Universitarios	3
UTIC's	5
Transportes	30
IASA I	10
Héroes del Cenepa	1
Idiomas	1
Total usuarios Pichincha	56

Para las sedes de la provincia de Santo Domingo y Latacunga se tiene como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Número de usuarios en sedes ESPE Sto. Domingo y Latacunga

Sedes	# Usuarios
IASA II Santo Domingo	3
ESPE Latacunga	16
Total usuarios Sto. Domingo y Latacunga	19

Por lo tanto el número total de usuarios para los cuales se debe diseñar la red de radiocomunicaciones de la ESPE y todas sus sedes, es de 75 usuarios. Los cuales, se encuentran distribuidos según la tabla 13.

Tabla 13. Número de usuarios según el tipo de radio

Tipos de Radios	# Usuarios
Radios Portátiles	10
Radios Fijas	65
Total	75

Los datos que se muestran en la tabla 13, corresponden a las coordenadas de las ubicaciones de los sitios de repetición que son de interés para el diseño de la red digital de radiocomunicaciones de la ESPE, y que el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas tiene infraestructura de telecomunicaciones o tiene acceso a las mismas. Estos se obtuvieron del archivo de infraestructura de telecomunicaciones del CONATEL, el cual es de libre acceso.

Tabla 14. Coordenadas de los sitios de repetición de cada uno de los cerros para el diseño de la red

Emplazamiento	Latitud	Longitud	Hsnm(m)
Atacazo	00°21'22,2"S	078°37'9,1"O	4474
Chiguilpe Alto	00°17'44,7"S	079°5'12,1"O	1172
Cruz Loma	00°11'16,1"S	078°32'7,4"O	3902,7
Putzalagua	00°57'56"S	078°33'42,7"O	3468,9
Sumi Loma	00°40'00"S	078°36'0"O	3390,2
Bombolí	00°14'48,2"S	079°11'31,3"O	600,3

Para el diseño de la red digital de radiocomunicaciones de la ESPE, se definió plantearse dos escenarios para mejor distribución de los resultados obtenidos.

Es así que a continuación se procederá a analizar cada uno de los equipos y características que intervendrán en cada enlace a fin de lograr un diseño que se ajuste a los parámetros

definidos, así como también a los costos bajos que se desean.

- Enlace Sede – Repetidora
- Enlace Repetidora- Repetidora

Enlaces Sede – Repetidora:

- Enlace ESPE Matriz - Cruz Loma

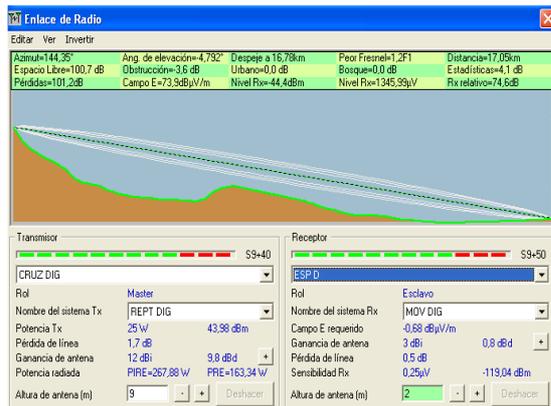


Figura 6. Enlace ESPE Latacunga – Sumi Loma

Después de los cálculos realizados para cada parámetro de diseño de este enlace, los resultados obtenidos de forma teórica y de su simulación se muestran en la tabla 15 junto con el porcentaje de error.

Tabla 15. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y el valor teórico

Parámetro	Valor Teórico	Valor Radiomobile	% Error
Pérdida por espacio libre(dB)	100,744741	101,2	0,45189356
Margen de despeje (%)	379,805848	380	0,05111875
PIRE(dBm)	39,5	39	1,26582278
Potencia nominal de recepción(dBm)	-50,92	-51,4	0,94265515

En la figura, se puede observar que existe línea de vista, se asegura que la Primera Zona de Fresnel este libre en un valor de 120% y que el nivel de recepción de una radio portátil es -44.4 dBm, el cual es relativamente alto teniendo en cuenta que la estación repetidora transmite a valor de potencia de transmisión, de 25W. Por lo que se

concluye que la implementación de este enlace es factible.

- Enlace ESPE Idiomas - Cruz Loma

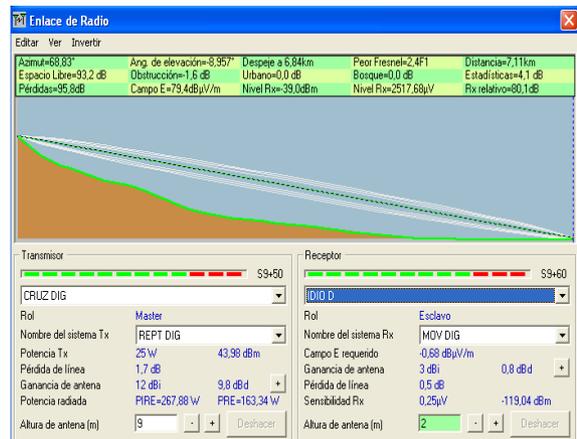


Figura 7. Enlace ESPE Idiomas – Cruz Loma

Después de los cálculos realizados para cada parámetro de diseño de este enlace, los resultados obtenidos de forma teórica y de su simulación se muestran en la tabla 16 junto con el porcentaje de error.

Tabla 16. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y el valor teórico

Parámetro	Valor Teórico	Valor Radiomobile	% Error
Pérdida por espacio libre(dB)	93,13082329	93,2	0,07427907
Margen de despeje (%)	637,341153	600	-5,85889564
PIRE(dBm)	39,5	39	-1,26582278
Potencia nominal de recepción(dBm)	-43,33	-46	6,16201246

En la figura 7, se puede observar que existe línea de vista, se asegura que la Primera Zona de Fresnel este libre en un 240% y que el nivel de recepción de una radio portátil es de -39dBm, el cual es relativamente alto teniendo en cuenta que la estación repetidora transmite a valor de potencia de transmisión, de 25W. Por lo que se concluye que la implementación de este enlace es factible.

➤ Enlace Héroes del Cenepa - Cruz Loma

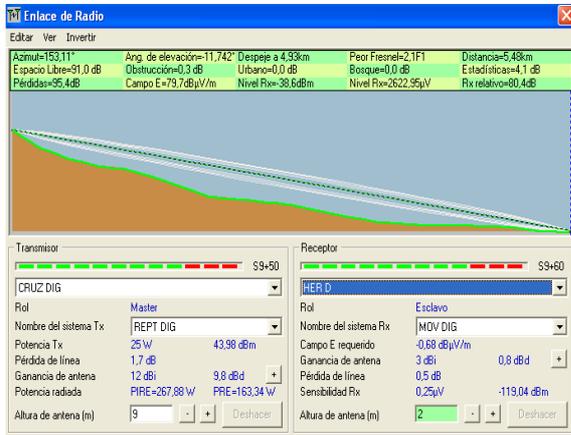


Figura 8 Enlace Héroes del Cenepa – Cruz Loma

Después de los cálculos realizados para cada parámetro de diseño de este enlace, los resultados obtenidos de forma teórica y de su simulación se muestran en la tabla 17 junto con el porcentaje de error.

Tabla 17. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y el valor teórico

Parámetro	Valor Teórico	Valor Radiomobile	% Error
Pérdida por espacio libre(dB)	90,86904244	91	0,1441168
Margen de despeje (%)	459,104373	440	-4,16122654
PIRE(dBm)	39,5	39	-1,26582278
Potencia nominal de recepción(dBm)	-41,06	-45,1	9,83925962

En la figura, se puede observar que existe línea de vista, se asegura que la Primera Zona de Fresnel este libre en un 210% y que el nivel de recepción de una radio portátil es de -38.6dBm, el cual es relativamente alto teniendo en cuenta que la estación repetidora transmite a valor de potencia de transmisión, de 25W. Por lo que se concluye que la implementación de este enlace es factible.

➤ Enlace IASA I - Cruz Loma

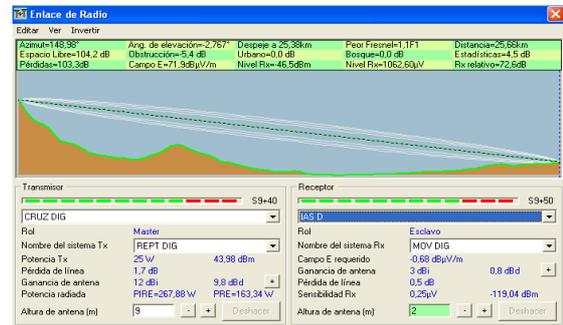


Figura 9. Enlace IASA I – Cruz Loma

Después de los cálculos realizados para cada parámetro de diseño de este enlace, los resultados obtenidos de forma teórica y de su simulación se muestran en la tabla 18 junto con el porcentaje de error.

Tabla 18. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y el valor teórico

Parámetro	Valor Teórico	Valor Radiomobile	% Error
Pérdida por espacio libre(dB)	104,2751787	104,3	0,02380365
Margen de despeje (%)	496,323179	490	-1,27400437
PIRE(dBm)	39,5	39	-1,26582278
Potencia nominal de recepción(dBm)	-54,47	-53,5	-1,78079677

En la figura, se puede observar que existe línea de vista, se asegura que la Primera Zona de Fresnel este libre en un 100% y que el nivel de recepción de una radio portátil es de -46.5dBm, el cual es relativamente alto teniendo en cuenta que la estación repetidora transmite a valor de potencia de transmisión, de 25W. Por lo que se concluye que la implementación de este enlace es factible.

➤ Enlace IASA Santo Domingo - Chiguilpe Alto

En la figura, se puede observar que existe línea de vista, se asegura que la Primera Zona de Fresnel este libre en un 100%, debido a la altura de antena de 30 metros en la estación repetidora ubicada en Chiguilpe. El nivel de

recepción de una radio portátil es de -39.1dBm, el cual es relativamente alto teniendo en cuenta que la estación repetidora transmite a valor de potencia de transmisión, de 25W. Por lo que se concluye que la implementación de este enlace es factible.



Figura 10. Enlace ESPE IASA II – Chiguilpe Alto

➤ Enlace IASA II - Bomboli

En la figura, se puede observar que no existe línea de vista directa. En este enlace, aunque se asegura que la Primera Zona de Fresnel este libre en un 60%, y a pesar de la altura de antena de 30 metros en la estación repetidora ubicada en Bomboli, la señal sufre pérdidas debido a las obstáculos que se presentan en su trayecto. Por lo que se concluye que la implementación de este enlace no es factible y se descarta este punto de repetición para la red digital de radiocomunicaciones.

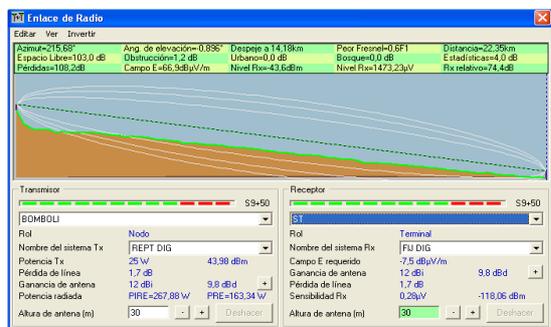


Figura 11. Enlace ESPE Latacunga – Sumi Loma

➤ Enlace ESPE Latacunga – Putzalagua

En la figura, se puede observar que existe línea de vista, se asegura que la Primera Zona de Fresnel este libre en un 120%, debido a la altura de antena de 45 metros en la estación repetidora ubicada en Putzalagua. El nivel de recepción de una radio base es de -31.9dBm, el cual es relativamente alto teniendo en cuenta que la estación repetidora transmite a valor de potencia de transmisión, de 25W. Por lo que se concluye que la implementación de este enlace es factible.

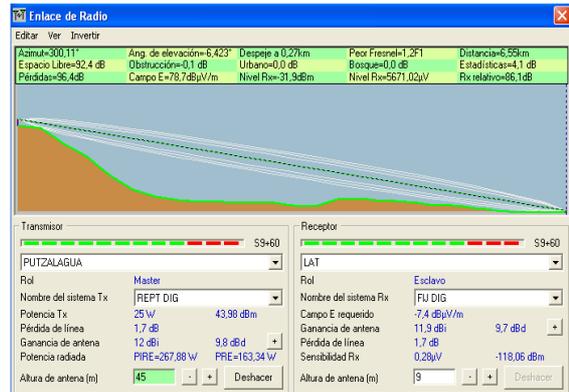


Figura 12. Enlace ESPE Latacunga – Sumi Loma

➤ Enlace ESPE Latacunga – Sumi Loma

En la figura, se puede observar que no existe línea de vista directa. En este enlace, aunque se asegura que la Primera Zona de Fresnel este libre en un 60%, y a pesar de la altura de antena de 35 metros en la sede de la ESPE Latacunga, la señal sufre pérdidas debido a las obstáculos que se presentan en su trayecto. Por lo que se concluye que la implementación de este enlace no es factible y se descarta este punto de repetición para la red digital de radiocomunicaciones.

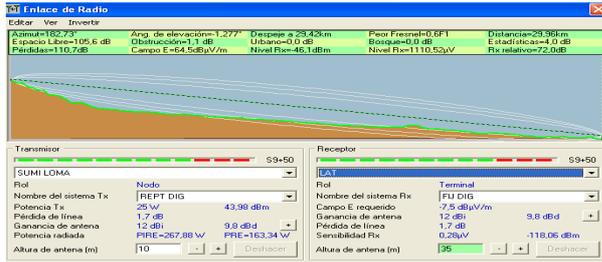


Figura 13. Enlace ESPE Latacunga – Sumi Loma

Determinación de la mejor ruta de enlace

entre la repetidora y las sedes.

Según lo analizado en el diseño se concluye que la ruta óptima para los enlaces es la siguiente mostrada en la tabla 19.

Tabla 19.. Ruta óptima para el enlace de la red digital

REPETIDORA	SEDE
Cruz Loma	ESPE matriz
Cruz Loma	Héroes del Cenepa
Cruz Loma	ESPE Idiomas
Cruz Loma	IASA I
Chiguilpe Alto	IASA II Sto. Domingo
Putzalagua	ESPE Latacunga

Enlaces Repetidora – Repetidora

➤ **Enlace Cruz Loma – Atacazo**

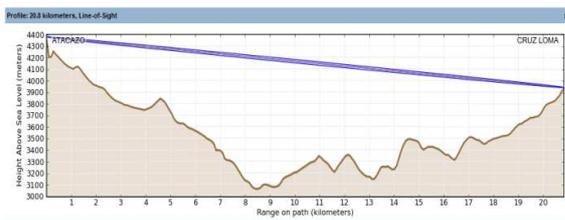


Figura 14. Enlace Cruz Loma - Atacazo

En la figura 14, se puede observar que existe línea de vista directa. En este enlace, el software de simulación establece que el valor del throughput máximo es de 15.95 Mbps, a partir de que se cumpla que la primera zona de fresnel este libre en un valor del 60%.

Esto es importante debido a que para el envío de datos y voz se necesita como máximo 2 Mbps. También el software indica el margen de disponibilidad del enlace, el cual es del 100% y el nivel de recepción es de -61 dBm. Por lo que se concluye que la implementación de este enlace es factible.

La tabla 20 muestra el porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico en el enlace Cruz Loma – Atacazo

Tabla 20 Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico, enlace Cruz Loma - Atacazo

Parámetro	Valor Teórico	Valor PTP Link Planner	% Error
Pérdida por espacio libre (dB)	134,0523363	134,07	0,01317672
Margen de despeje (%)	3311,85191	3303,8	7,8541693
Confiability (%)	99,99	99,99	0
Potencia nominal de recepción (dBm)	-62,148	-66	6,19810774

➤ **Enlace Atacazo – Chiguilpe Alto**

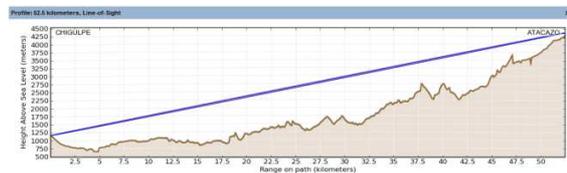


Figura 15. Enlace Atacazo – Chiguilpe Alto

En la figura 15, se puede observar que existe línea de vista directa. En este enlace, el software de simulación establece que el valor del throughput máximo es de 12.5 Mbps, a partir de que se cumpla que la primera zona de fresnel este libre en un valor del 60%. Esto es importante debido a que para el envío de datos y voz se necesita como máximo 2 Mbps. También el software indica el margen de disponibilidad del enlace, el cual es del 100% y el nivel de recepción es de -69

dBm. Por lo que se concluye que la implementación de este enlace es factible.

La tabla 21 muestra el porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico en el enlace Cruz Loma – Atacazo

Tabla 21. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico, Atacazo – Chiguilpe Alto

Parámetro	Valor Teórico	Valor PTP Link Planner	% Error
Pérdida por espacio libre(dB)	142,0942557	142,1	0,0040426
Margen de despeje (%)	242,337298	1130	366,292234
Confiabledad (%)	99,99	99,9	-0,090009
Potencia nominal de recepción(dBm)	-70,4192557	-74	5,0848937

➤ Enlace Atacazo - Bombolí

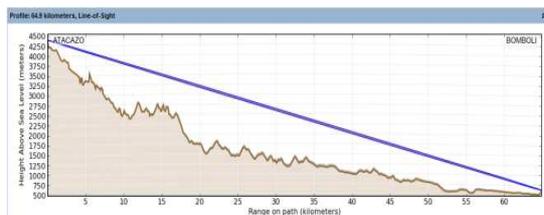


Figura 16. Enlace Atacazo - Bombolí

En la figura 16, se puede observar que existe línea de vista directa. En este enlace, el software de simulación establece que el valor del throughput máximo es de 11.46 Mbps, a partir de que se cumpla que la primera zona de fresnel este libre en un valor del 60%. Esto es importante debido a que para el envío de datos y voz se necesita como máximo 2 Mbps. También el software indica el margen de disponibilidad del enlace, el cual es del 100% y el nivel de recepción es de -71 dBm.. Por lo que se concluye que la implementación de este enlace puede ser factible siempre y cuando hubiera

línea de vista directa entre el cerro Bombolí y IASA II.

➤ Enlace Atacazo – Sumi Loma

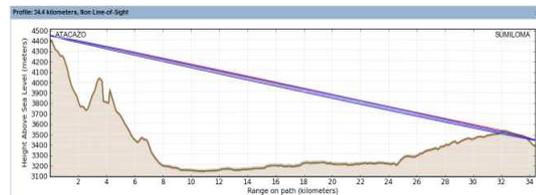


Figura 17. Enlace Atacazo – Sumi Loma

En la figura 17, se puede observar que no existe línea de vista directa. En este enlace, el software de simulación no establece ningún, ni de margen de disponibilidad de enlace. Por lo que se descarta el cerro de Sumi Loma, debido a que existen obstáculos en su trayecto lo que provoca pérdida de información en la señal

➤ Enlace Atacazo – Putzalagua

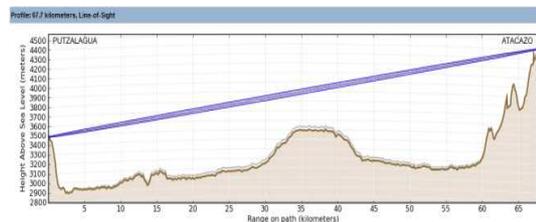


Figura 18. Enlace Atacazo - Putzalagua

En la figura 18, se puede observar que existe línea de vista directa. En este enlace, el software de simulación establece que el valor del throughput máximo es de 15.95 Mbps, a partir de que se cumpla que la primera zona de fresnel este libre en un valor del 60%. Esto es importante debido a que para el envío de datos y voz se necesita como máximo 2 Mbps. También el software indica el margen de

disponibilidad del enlace, el cual es del 100% y el nivel de recepción es de -61 dBm. Por lo que se concluye que la implementación de este enlace es factible.

La tabla 22 muestra el porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico en el enlace Atacazo – Putzalagua.

Tabla 22. Porcentaje de error entre el valor de la simulación y valor teórico, enlace Atacazo – Putzalagua.

Parámetro	Valor Teórico	Valor PTP Link Planner	% Error
Pérdida por espacio libre(dB)	144,302843	144,41	0,07425841
Margen de despeje (%)	1350,18212	1350	-0,01348855
Confiabledad (%)	99,99	99,9	-0,090009
Potencia nominal de recepción(dBm)	-72,779843	-76	4,42451765

Determinación de la mejor ruta de enlace entre repetidoras.

Según lo analizado en el diseño se concluye que la ruta óptima para los enlaces es la siguiente:

Tabla 23. Ruta óptima para enlaces entre repetidoras.

REPETIDORA	REPETIDORA
Cruz Loma	Atacazo
Atacazo	Chiguilpe Alto
Atacazo	Putzalagua

Determinación de equipos a emplearse.

De acuerdo al diseño realizado las características generales necesarias de los equipos a emplearse para montar la red digital diseñada son los que se detallan en la tabla 24.

Tabla 24. Listado de equipos a emplearse.

ENLACE / TIPO	EQUIPO	CARACTERÍSTICA NECESARIA
Cruz Loma - sedes de Pichindá, (Rep-sede)	Repetidora	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W
	Radio portátil	Potencia de Tx requerida de 5 W
	Radio móvil	Potencia de Tx requerida de 30 W
	DUPLEXOR	Para dos frecuencias
	Antena de 4 Dipolos	Ganancia necesaria 12 dBi ubicada a 9 mts
TORRE	Altura 15 mts.	
Chiguilpe Alto - sede IASA II Sto Domingo / (Rep-sede)	Repetidora	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W
	Radio portátil	Potencia de Tx requerida de 5 W
	Radio móvil	Potencia de Tx requerida de 30 W
	DUPLEXOR	Para dos frecuencias
	Antena de 4 Dipolos de la Repetidora	Ganancia necesaria 12 dBi ubicada a 45 mts
	Antena de 4 Dipolos de la sede	Ganancia necesaria 9 dBi ubicada a 9 mts
TORRE	Altura 60 mts.	
Putzalagua - sede de Larraungu / (Rep-sede)	Repetidora	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W
	Radio portátil	Potencia de Tx requerida de 5 W
	Radio móvil	Potencia de Tx requerida de 30 W
	DUPLEXOR	Para dos frecuencias
	Antena de 4 Dipolos de la Repetidora	Ganancia necesaria 12 dBi ubicada a 45 mts
	Antena de 4 Dipolos de la sede	Ganancia necesaria 9 dBi ubicada a 9 mts
TORRE	Altura 60 mts.	
Cruz Loma - Atacazo (Rep - Rep)	Repetidora	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W
	Puente Ethernet Inalámbrico	Potencia de Tx requerida de 27 dBm
	Antena Flat Plate Integrada Cruz Loma	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 10 mts
	Antena Flat Plate Integrada Atacazo	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 20 mts
Atacazo - Chiguilpe Alto / (Rep - Rep)	Repetidora	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W
	Puente Ethernet Inalámbrico	Potencia de Tx requerida de 27 dBm
	Antena Flat Plate Integrada Chiguilpe Alto	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 10 mts
Antena Flat Plate Integrada Atacazo	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 20 mts	
Atacazo - Putzalagua / (Rep - Rep)	Repetidora	Potencia de Tx mayor o igual a 25 W
	Puente Ethernet Inalámbrico	Potencia de Tx requerida de 27 dBm
	Antena Flat Plate Integrada Putzalagua	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 27 mts
Antena Flat Plate Integrada Atacazo	Ganancia necesaria 23 dBi ubicada a 20 mts	

Esquema de Direccionamiento IP para la Red Digital de Radiocomunicaciones

Para la utilización del espacio físico y la infraestructura de telecomunicaciones en los diferentes cerros del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas, se debe respetar el rango de direcciones asignado para cada una de las instituciones de acuerdo a la zona de ubicación del sitio a comunicar, como se muestra en la tabla 25.

Tabla 25. Rango de Direcciones IP

Orden	Región	Rango	Máscara
1	Norte -Centro	10.1.0.0 10.1.255.0	255.255.255.0
2	Centro-Occidental	10.2.0.0 10.2.255.0	255.255.255.0
3	Sur	10.3.0.0 10.3.255.0	255.255.255.0
4	Oriental	10.4.0.0 10.4.255.0	255.255.255.0
5	Reserva	10.5.0.0 10.8.255.0 10.0.0.0 10.0.255.0	255.255.255.0

Después de los cálculos correspondientes, se determinó el direccionamiento que debe tener la red digital a implementarse, que se muestra en la figura 26.

Tabla 26. Direccionamiento de la Red Digital

Ubicación	Equipo	Dirección IP	Máscara de Subred	Gateway
Cruz Loma	Repetidora Digital	10.1.0.1	255.255.255.248	10.1.0.2
Cruz Loma	Puente Ethernet 1	10.1.0.2	255.255.255.248	
Cruz Loma	Puente Ethernet 2	10.1.0.3	255.255.255.248	10.1.0.4
Chigulpe Alto	Repetidora Digital	10.1.0.9	255.255.255.248	10.1.0.10
Chigulpe Alto	Puente Ethernet 3	10.1.0.10	255.255.255.248	
Chigulpe Alto	Puente Ethernet 4	10.1.0.11	255.255.255.248	10.1.0.12
Putzalahua	Repetidora Digital	10.1.0.17	255.255.255.248	10.1.0.18
Putzalahua	Puente Ethernet 5	10.1.0.18	255.255.255.248	
Putzalahua	Puente Ethernet 6	10.1.0.19	255.255.255.248	10.1.0.20
Atacazo	Switch -Fast Ethernet 1/0	10.1.0.4	255.255.255.248	
Atacazo	Switch - Fast Ethernet 2/0	10.1.0.12	255.255.255.248	
Atacazo	Switch -Fast Ethernet 2/0	10.1.0.20	255.255.255.248	

Para poder realizar la interconexión entre las distintas sedes, se debe configurar el switch de capa 3.

Primero se debe crear tres VLANs, las cuales pertenecen a cada ubicación de la estación repetidora, como se muestra en la tabla 4.156.

Tabla 27. Vlans de la Red

Ubicación	VLAN
Cruz Loma	1
Chigulpe Alto	2
Putzalahua	3

Una vez realizado correctamente esta configuración el switch de capa 3 se tendrá comunicación entre las distintas sedes de la ESPE.

El diagrama de la red digital de radiocomunicaciones de la ESPE con su respectivo direccionamiento IP, se muestra en la figura 19.

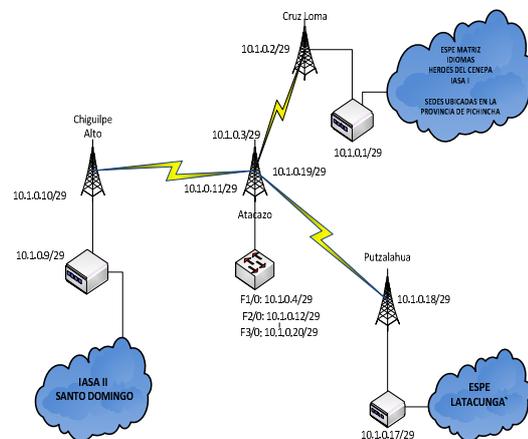


Figura 19. Esquema de direccionamiento de la red digital

De acuerdo con la leyenda que se muestra a continuación en la tabla número 28:

Tabla 28. Leyendas utilizadas en el esquema de red.

Leyenda	
Símbolo	Descripción
	Puente Ethernet Inalámbrico
	Repetidor Digital
	Switch de Capa 3
	Enlace entre Puente Ethernet Inalámbrico
	Sedes de la ESPE

5.- ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO

A continuación se detalla un cuadro comparativo de los modelos de equipos que se ajustan a los requerimientos de la red digital diseñada.

Tabla 29. Cuadro Comparativo de modelos de equipos.

Equipo	Característica Requerida	Kenwood Nexedge	Motorola MotoTrbo
Repetidora	<ul style="list-style-type: none"> Pr.: 25W Frecuencias de Operación: 151.625 - 152.525 MHz Sensibilidad: ≥ -66.1 dBm 	Repetidora NXR -710 <ul style="list-style-type: none"> Pr.: 25-50W Frecuencias de Operación: 136-174 MHz Sensibilidad: -118dBm No requiere Licencias para servicios de radiolocalización, mensajes de texto. 	Repetidora DGR-6175 <ul style="list-style-type: none"> Pr.: 25-45W Frecuencias de Operación: 136-174 MHz Sensibilidad: -117 dBm Requiere Licencias para servicios de radiolocalización, mensajes de texto.
Radio Móvil	<ul style="list-style-type: none"> Pr.: 25W Frecuencias de Operación: 151.625 - 152.525 MHz Sensibilidad: ≥ -66.9 dBm 	Radio Móvil NX -700 <ul style="list-style-type: none"> Pr.: 1-30W Frecuencias de Operación: 136-174 MHz Sensibilidad: -118dBm No requiere Licencias para servicios de radiolocalización, mensajes de texto. 	Radio Móvil DGM-6100 <ul style="list-style-type: none"> Pr.: 1-25W Frecuencias de Operación: 136-174 MHz Sensibilidad: -117 dBm Requiere Licencias para servicios de radiolocalización, mensajes de texto.
Radio Portátil	<ul style="list-style-type: none"> Pr.: 5W Frecuencias de Operación: 151.625 - 152.525 MHz Sensibilidad: ≥ -65.9 dBm 	Radio Portátil NX -220 <ul style="list-style-type: none"> Pr.: 5W Frecuencias de Operación: 136-174 MHz Sensibilidad: -119.04 dBm No requiere Licencias para servicios de radiolocalización, mensajes de texto. 	Radio Portátil DGP-6150 <ul style="list-style-type: none"> Pr.: 5W Frecuencias de Operación: 136-174 MHz Sensibilidad: -120 dBm Requiere Licencias para servicios de radiolocalización, mensajes de texto.

Después de realizar un análisis a fondo sobre cada una de las características de los equipos se procesa a la selección de la mejor propuesta dando prioridad a las ventajas técnicas o de valor agregado que tiene una empresa sobre la otra.

Los equipos seleccionados, por tener características que se apegan al diseño de la red son los que se muestra en la tabla 30.

Tabla 30. Cuadro de equipos seleccionados.

Equipos	CARACTERISTICAS
Repetidora NXR -710	<ul style="list-style-type: none"> Pr.: 50W Frecuencias de Operación: 151.625- 152.525 MHz Sensibilidad: ≥ -118 dBm Operación Analógica y Digital Canales de 6.25 & 12.5 kHz en modo digital Canales de 25 & 12.5 kHz en modo analógico 16 códigos RAN en modo analógico 16 códigos RAN en modo digital
Radio Móvil NX -700	<ul style="list-style-type: none"> Pr.: 25W Frecuencias de Operación: 151.625- 152.525 MHz Sensibilidad: ≥ -118 dBm Operación Analógica y Digital Canales de 6.25 & 12.5 kHz en modo digital Canales de 25 & 12.5 kHz en modo analógico Display alfanumérico de 14 caracteres 512 Canales Localización con GPS Servicio de Mensajería de Texto
Radio Portátil NX -220	<ul style="list-style-type: none"> Pr.: 5W Frecuencias de Operación: 151.625- 152.525 MHz Sensibilidad: ≥ -119 dBm Operación Analógica y Digital Canales de 6.25 & 12.5 kHz en modo digital Canales de 25 & 12.5 kHz en modo analógico Display alfanumérico de 8 caracteres 260 Canales Localización con GPS Servicio de Mensajería de Texto

Para el puente inalámbrico Ethernet se aplica el mismo análisis teniendo:

Tabla 31. Cuadro Comparativo de modelos de puentes.

Equipo	Característica Requerida	Motorola Serie PTP	Aviation Breeze Net
Puente Inalámbrico Punto a Punto de Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> Pr.: 20 dBm Frecuencias de Operación: 5.725 - 5.875 GHz Sensibilidad: ≥ -64 dBm 	PTP 58500 <ul style="list-style-type: none"> Pr.: Hasta 27 dBm Frecuencias de Operación: 5.725 - 5.875 GHz Sensibilidad: -69 dBm Proporciona gratuitamente software propietario de simulación de Enlaces. 	B130 <ul style="list-style-type: none"> Pr.: Hasta 18 dBm Frecuencias de Operación: 4.9- 5.9 GHz Sensibilidad: -65 dBm No proporciona Software propietario de simulación de Enlaces.

Y de igual forma las características de los equipos seleccionados son:

Tabla. 32. Cuadro equipo seleccionado.

Equipo Requerido	Características Técnicas del Equipo
Puente Inalámbrico Punto a Punto de Ethernet PTP58500	<ul style="list-style-type: none"> • P_{Tx}: 20 dBm • Frecuencias de Operación: 5.725- 5.875 GHz • Sensibilidad: Adaptativa entre -94 y -69 dBm • Antena Integrada de 23dBi • Alcance hasta 250 Km con Línea de Vista Directa • Trabaja en el canal de 15 MHz • Protocolos 802.11 a/b/g • Latencia menor a 10 ms • Resistencia al viento mayor a 100 km/h

Cabe destacar que para lograr el diseño propuesto se debe contar con infraestructura en cada uno de los emplazamientos necesarios para los distintos enlaces; debido a esto se procede al estudio de lo necesario para su implementación, concluyendo lo expuesto en la tabla 33.

Tabla. 33 Infraestructura, Sistemas de Respaldo de Energía y Paquetes Informáticos.

	Cantidad	Descripción
Infraestructura de Telecomunicaciones	1	Torre Soportada de 30m
	2	Torre Soportada de 50m
	3	Cuarto de Telecomunicaciones de 2x2 m con suministro de energía eléctrica con: 2 Tomacorrientes dobles de 110 V C.A. de tres hilos
	4	Fuentes de Alimentación de Energía UPS Trip Lite Smart 1500 LST de 1500 VA con módulos de baterías
Sistema de Respaldo de Energía	4	Batería Libre de Mantenimiento Bosch 12 V DC 100 A
Software y Paquetes Informáticos	1	Software de GPS para manejo de flotas y localización de vehículos Incluye servicios de localización y mensajes de texto
	1	Mapas de Quito y Valles en formato MAPINFO
	1	Software de Programación para Radios Móviles y Portátiles Kenwood NX 220 y 700K
	1	Software de Programación para Repetidora Kenwood NX R 710
	1	Kit de programación equipos Kenwood (cables KPG-46U/M y KPG-16UM)

6. ANÁLISIS ECONÓMICO

Una vez determinados los parámetros técnicos mínimos que deben tener los equipos de radio requeridos para la implementación de la red digital de radiocomunicaciones se procedió al

análisis de dos cotizaciones entre una empresa nacional y una empresa internacional para determinar el precio referencial de los equipos que cuenten con las especificaciones técnicas necesarias y brinden un mejor valor agregado a la compra.

A continuación se muestra una tabla de manera general con los costos de los equipos de la mejor ofertada proporcionada por una empresa nacional.

Tabla. 33. Costos finales para el equipamiento de la red.

Descripción	Costo(\$)
Costo de Equipos	114082
Costo de Cables y Conectores	2606.07
Costo de Infraestructura de Telecomunicaciones	124800
Costo de Software y Paquetes Informáticos	3584
SUBTOTAL	245072.07
IVA(12%)	29408.65
TOTAL(\$)	274480.72

7.- CONCLUSIONES

Al culminar el presente proyecto, se presentan factores concluyentes que permiten corroborar los objetivos planteados y justificar los resultados obtenidos de acuerdo a los requerimientos presentados por la ESPE, y el cumplimiento de los mismos. Además se presentan ideas que aconsejan a tomar acciones coherentes para alcanzar metas y objetivos importantes para la futura implementación del proyecto.

1.- Las sedes de Héroes del Cenepa e Idiomas tienen un bajo nivel de recepción a pesar de estar a una distancia más cercana a la estación repetidora de Cruz Loma. Los factores que causan esta pérdida de la señal, son la topología del terreno y la presencia de obstáculos en Cruz Loma que obstruyen la primera zona de

Fresnel. Al realizar la simulación de la red analógica de radiocomunicaciones en Radiomobile, se determinó que un aumento de 3m en la altura de la antena de la estación repetidora asegura un 90% libre de la primera zona de Fresnel, lo cual permite cubrir de una forma más óptima estas áreas con un alto nivel de recepción de la señal.

2.- El porcentaje de utilización de la red analógica VHF de radiocomunicaciones es del 54%, lo que se justifica debido a que los usuarios de los departamentos tales como el Administrativo, Servicios Universitarios, Transportes, Biblioteca y CICTE, han dejado de usar este sistema y utilizan como medio de comunicación el celular para realizar llamadas telefónicas y el envío de mensajes de texto, aunque estos servicios impliquen un costo.

3.- La red de radiocomunicación se reestructuro con los grupos de trabajo de Seguridad y Simplex, debido a que al realizar una encuesta a los oficiales directivos de la ESPE, manifestaron que el factor seguridad de la institución debe ser el objetivo principal de esta red. Por lo que el grupo de trabajo de seguridad se programó en todas las radios bases y portátiles, para permitir la comunicación entre las distintas sedes de la ESPE utilizando la estación repetidora de Cruz Loma. Así como el grupo de trabajo Simplex, el cual permite la comunicación interna en cada sede ya que si la estación repetidora presenta algún desperfecto, no se pierde en su totalidad la comunicación.

4.- El nivel promedio de audio que percibe el usuario una vez realizada la reestructuración de la red de radiocomunicaciones con los grupos de

trabajo de Seguridad y Simplex, es de 4.35 en una escala máxima de 4.5. Este valor refleja la alta calidad del audio que provoca un gran nivel de satisfacción de los usuarios al comunicarse por esta red, pues sus comunicaciones son óptimas.

5.- Para realizar el estudio de factibilidad, se analizó prioritariamente los parámetros de frecuencia de operación, potencia de transmisión y sensibilidad, que son indispensables para el funcionamiento correcto de la red; de acuerdo al diseño se determinó que la marca Kenwood para repetidoras, radios bases, móviles y portátiles, y la marca Motorola en lo que se refiere a los Puentes Inalámbricos de Ethernet ofrecen características técnicas adecuadas que se ajustan a nuestro diseño, Por lo que se concluye que estas marcas de equipos constituirían la mejor opción tecnológica para el equipamiento de la radio digital de la ESPE.

6.- Una vez analizados las propuestas económicas enviadas por las empresas proveedoras de equipos de radiocomunicación en base a las especificaciones técnicas requeridas por el proyecto, Se determinó que la empresa Maxi Group ofrece la mejor opción de compra debido a que ofrece el menor costo total del proyecto, garantía en los productos, servicio de mantenimiento y el menor tiempo de entrega.

7.- Las pruebas de campo realizadas para la localización vehicular mediante el monitoreo de vehículos que incorporan GPS en las radios digitales fue exitosa debido a que se pudo localizar exactamente el vehículo que lleva incorporada la radio con GPS,

desde la central de monitoreo ubicada en el laboratorio de electrónica, por que se concluye que la incorporación de las radios digitales con GPS en los vehículos de la ESPE, es una opción tecnológica muy eficiente para el control de los vehículos de la institución ya que los datos de la posición, velocidad y mensajes de texto entre otros son enviados en tiempo real por la radio montada en el vehículo y recibidos de igual forma en la central de monitoreo.

8.- RECOMENDACIONES

1.- Se recomienda la implementación de la red digital de radiocomunicaciones en la ESPE Matriz y sus sedes, puesto que esta red incorporara innovaciones tecnológicas en el campo de las telecomunicaciones como lo es la localización mediante GPS, y todos los beneficios que esta tecnología ofrece., considerando además que el diseño realizado en este proyecto se ha basado en datos reales producto de una investigación exhaustiva objeto de este proyecto.

2.- Se recomienda entregar al personal, tanto militar, de transportes y administrativos de la ESPE el manual de mantenimiento y usos de los radios, para de esta forma extender la vida útil de los equipos.

3.- Una vez implementada la red digital que interactúa con la red análoga actual, se recomienda que los equipos de radio digitales operen en el modo mixto es decir que trabaje simultáneamente entre las dos tecnologías mientras se realiza completamente la migración total a la red digital de radiocomunicaciones, lográndose de esta forma no dar de baja a los equipos analógicos que actualmente posee la ESPE.

4.- Se recomienda realizar pruebas periódicas del nivel de potencia de recepción en cada uno de las sedes, en la red análoga, para verificar que no exista interferencia por parte de usuarios no autorizados, ya que el uso de la banda de 151.625-152.525 MHz está reservado para la ESPE a través de las gestiones del Comando Conjunto, ante la SENATEL.

5.- Se recomienda que para tener una mejor recepción de la señales satelitales, la antena del receptor GPS de la radio digital se instale en un lugar externo de cada vehículo, de tal forma que tenga visibilidad al cielo para captar las señales de los satélites GPS en forma adecuada.

9. REFERENCIAS

[1] Plan de Atribución de Frecuencias, <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcih939d/doc/bmfcih939d.pdf>, 2012-02-12.

[2] Formularios para Concesión de Frecuencias, http://www-.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_docmain&task=doc_download&gid=2914&Itemid, 2012-02-12.

[3]Tipos de Línea Privada, <http://biblioteca.epn.edu.ec/catalogo/fulltext/T-ESPE-022933.pdf>, 2011-03-01

[4] Estándares Analógicos y Digitales en la Radiocomunicaciones, <http://www.3cx.es/voip-sip/fix-fo.php>, 2012-03-02.

[5] Infraestructura de Telecomunicaciones para una Red VHF, http://www.itu.int/ITU-D/cyb/publications/2003/IP_tel_report-es.pdf, 2012-03-05

[6] Manuales de Programación de los Equipos de radio de 2 vías, marca Motorola, <http://es.scribd.com/doc/50565406/11/Senalizacion%C2%A0entre%C2%A0centrales%C2%A0telefonicas>, 2012-04-11.

[7] Manuales de Programación del equipo Repetidor Kenwood modelo TKR-750E, [http://es.wikipedia.org/wiki/Conmutaci%C3%B3n_\(redes_de_comunicaci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Conmutaci%C3%B3n_(redes_de_comunicaci%C3%B3n)), 2012-04-11.

[8] Pasos para elaborar una encuesta, <http://lasinterredes.galeon.com/voip.html>, 2011-04-20

[9] Enlaces de Radio Digitales en Radiomobile, <http://dihana.cps.unizar.es/investigacion/voz/coder.html>, 2012-05-03.

[10] Manual de usuario del software PTP Link Planner, <http://www.pablin.com.ar/electron/info/phreak/pbx.htm>, 2012-05-06.

[11] Equipos de la serie PTP Motorola, http://www.lugro.org.ar/sites/default/files/telefonía_ip_y_gnulinix.pdf, 2012-05-11.

[12] Cálculos Radioeléctricos <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3819/2/40377-2.pdf>, 2012-05-13.

[13] Consideraciones para un Estudio de Factibilidad Técnica, <http://es.scribd.com/doc/55901304/5/Arquitectura-de-Asterisk>, 2012-06-02.

[14] Sistema de Localización vehicular FLAV 1.0, <http://es.wikipedia.org/wiki/Elastix>, 2012-06-07.

[15] Migración a la tecnología Digital con equipos Nexedge de Kenwood, <https://wiki.asterisk.org/wiki/display/AST/Home>, 2012-06-16

[16] Redes IP para sistemas de radio digital, http://www.uninorte.edu.co/divisiones/ingenierias/Dpto_Sistemas/lab_redes/upload/file/MANUAL%20DE%20INSTALACION%20Y%20CONFIGURACION%20DE%20UN%20SERVIDOR%20ASTERISK.pdf, 2011-06-30

[17] Estudio Económico para la red de radio digital de PetroEcuador <http://www.networktic.com/Paginas/Voz%20IP.html>, 2012-07-13.

Biografías



Pablo Alejandro Andrade Villafuerte, nace en la ciudad de Quito en el año de 1982, obtiene el título de Bachiller en Físico Matemático en el Colegio Experimental Juan Pío Montufar de la

ciudad de Quito. Realiza sus estudios universitarios en Sangolquí en la Escuela Politécnica del Ejército en la Carrera de Ingeniería Eléctrica y Electrónica con la especialidad de Telecomunicaciones.



Darío Javier Tipán Oscullo, nace en la ciudad de Quito en el año de 1989, obtiene el título de Bachiller en Físico Matemático en el Liceo Naval de Quito. Realiza sus estudios universitarios en Sangolquí en la Escuela Politécnica del Ejército en la Carrera de Ingeniería Eléctrica y Electrónica con la especialidad de Telecomunicaciones.