

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD TÉCNICA

CARRERA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES



EXAMEN DE GRADO

TRABAJO DE APLICACIÓN

NIVEL LICENCIATURA

**“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TELEFONIA
CELULAR EN LA POBLACION LA MAMORA - TARIJA”**

Postulante: T.S. Roberto Pillco Tito

LA PAZ – BOLIVIA

2011

DEDICATORIA

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón. Sin importar en donde estén o si alguna vez llegan a leer esta dedicatoria quiero darles las gracias por formar parte de mi. Por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

A quienes dedico este trabajo son a dios por brindarme salud, a mis padres Liberata Tito Vda. De Pillco, Roberto Pillco Ledezma (†), a mis hermanas Araceli y Danitza, a mis Tíos Freddy, Marina, Juan, Vladimir y Adriana (†) A todos mis primos a una persona muy especial Verónica Valeria y a mis abuelitos Florencio Tito Salas (†) Claudina Tito Cruz, Basilio Pillco (†) y Catalina (†).

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A Dios por darme la vida, salud, fe, esperanza y la fortaleza suficiente para poder culminar esta etapa de estudios.
- ❖ A mi madre Sra. Liberata Tito Vda. De Pillco quien me dio la vida, la confianza y apoyo para poder culminar este informe.
- ❖ A mi padre Sr. Roberto Pillco Ledezma (†) que aunque no estuvo a mi lado siempre me cuidó y me orientó en sentido correcto para desempeñarme de manera correcta en todo aspecto.
- ❖ A mis queridas hermanas Araceli y Danitza quienes siempre me levantaron cuando tropecé y empujaron cuando me detuve.
- ❖ A una persona muy especial que siempre me dio consejos, siempre me entendió y la persona que es mi motor para hacer todo lo que hago gracias Verónica Valeria.
- ❖ Al Licenciado Javier Yujra docente de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Facultad Técnica por brindarme todo el apoyo moral y todo el soporte teórico para poder realizar este trabajo.
- ❖ A los docentes de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de La facultad Técnica por transmitirme todos los conocimientos que ahora poseo.

ROBERTO PILLCO TITO

ÍNDICE

RESUMEN

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

| | |
|---------------------------------------|---|
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO | 2 |
| 1.3. OBJETIVOS | 3 |
| 1.3.1. GENERAL | 3 |
| 1.3.2. ESPECÍFICO..... | 3 |

CAPITULO 2. FUNDAMENTACION TEORICA

| | |
|--|---|
| 2.1. TELECOMUNICACIONES..... | 4 |
| 2.1.1. SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES..... | 4 |
| 2.1.2. SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES | 4 |
| 2.1.3. SERVICIO PÚBLICO DE TELECOMUNICACIONES. | 4 |
| 2.2. CLASIFICACION SEGÚN EL MEDIO DE PROPAGACIÓN. | 4 |
| a) TELECOMUNICACIONES TERRESTRES..... | 4 |
| b) TELECOMUNICAIONES RADIOELECTRICAS..... | 5 |
| c) TELECOMUNICAIONES SATELITALES..... | 5 |
| 2.3. TELEFONIA CELULAR..... | 5 |
| 2.3.1. FUNCIONAMIENTO DE LA TELEFONIA CELULAR..... | 5 |
| 2.4. RED CELULAR..... | 7 |
| 2.4.1. TIPOS DE CELDAS..... | 8 |
| a) PICO CELDAS..... | 9 |

| | |
|--|----|
| b) MACRO CELDAS..... | 9 |
| c) MICRO CELDAS..... | 9 |
| d) HYPER CELDAS..... | 10 |
| e) CELDAS SELECTIVAS..... | 10 |
| f) CELDAS DE PARAGUAS..... | 10 |
| g) CELDAS GLOBALES..... | 11 |
| 2.5. PRINCIPIOS DE PROPAGACION..... | 11 |
| 2.6. ESPACIO LIBRE..... | 11 |
| 2.7. RADIACIÓN ELECTROMAGNETICA..... | 12 |
| 2.8. RADIO ENLACE..... | 12 |
| 2.9. HADWARE EN TELEFONIA CELULAR..... | 13 |
| 2.9.1. TIPOS DE TORRES..... | 13 |
| a) TORRE AUTOSOPORTADA..... | 13 |
| b) TORRE ARRIOSTRADA..... | 14 |
| c) MONO POSTE..... | 16 |
| 2.7.2. ANTENAS SECTORIALES..... | 17 |
| 2.7.3. ANTENA DE RADIO ENLACE..... | 18 |
| 2.7.4. CINTA VULCANIZANTE..... | 18 |
| 2.7.5. FIBRA ÓPTICA..... | 19 |
| 2.7.6. BANCO DE BATERIAS..... | 20 |

CAPITULO 3. DESARROLLO DEL TRABAJO

| | |
|---|----|
| 3.1. LA POBLACIÓN..... | 22 |
| 3.2. LA ESTACIÓN DE LA MAMORA..... | 24 |
| 3.3. EQUIPOS INSTALADOS EN LA ESTACIÓN LA MAMORA..... | 25 |

| | |
|---|----|
| 3.3.1. ERICSSON..... | 25 |
| a) PBC-MU..... | 25 |
| b) PBC-BU..... | 26 |
| c) MU..... | 27 |
| d) RRU..... | 30 |
| e) FIBRA OPTICA..... | 32 |
| 3.3.2 HUAWEI..... | 33 |
| a) ODU..... | 33 |
| b) IDU..... | 34 |
| c) IF CABLE..... | 34 |
| d) ANTENA..... | 35 |
| 3.4. INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS..... | 35 |
| 3.4.1. PASOS PARA INSTALAR LA BTS 2111..... | 38 |
| 3.5. EL RADIO ENLACE..... | 49 |
| 3.5.1. CALCULO DEL ENLACE..... | 49 |
| a) CALCULO DE LA DISTANCIA DEL ENLACE..... | 50 |
| b) ATENUACIÓN DE TRAYECTORIA..... | 51 |
| c) ATENUACIÓN EN LA LINEA DE TRANSMISION..... | 51 |
| d) PERDIDA NETA DEL TRAYECTO..... | 51 |
| e) GANACIA DEL SISTEMA..... | 52 |
| f) POTENCIA DE RECEPCION..... | 52 |
| g) CALCULO DE LAS ZONAS DE FRESNEL..... | 52 |
| h) CALCULO DEL ANGULO AZIMUTAL..... | 54 |
| i) CALCULO DEL ANGULO DE ELEVACION..... | 55 |
| 3.5.2. SIMULACIÓN DEL ENLACE..... | 56 |

CAPITULO 4. CONCLUSIONES

| | |
|------------------------|----|
| 4.1. CONCLUSIONES..... | 63 |
| 4.2. BIBLIOGRAFÍA..... | 64 |

RESUMEN

En la actualidad es indispensable contar con un servicio telefónico más personal y que podamos utilizarlo en cualquier lugar. De hecho la expansión del uso de los teléfonos móviles es uno de los procesos que está cambiando los hábitos de las personas. El crecimiento en los últimos años ha sido espectacular. El número de usuarios en el mercado mundial para el año 1995 era de 90 millones y las previsiones para el año 2012 indican que serán más de 2 millones de usuarios telefonía móvil. Los teléfonos móviles representan el caso más exitoso de como tender un puente sobre la brecha digital, ofreciendo beneficios económicos tangibles y actuando como agentes de movilización social a través del mejoramiento de la comunicación, realmente gozamos de grandes beneficios con la telefonía móvil en las ciudades, pero son limitadas o escasas en el área rural, debido principalmente a que existen obstáculos económicos y sociales. Esto hace que los pobladores no puedan comunicarse fácilmente con sus familiares o simplemente no pueden comercializar sus productos, Desde su aparición y rápida expansión en el medio rural de muchos países en desarrollo, la telefonía móvil ha y está constituyendo una verdadera revolución. En este sentido, este trabajo pretende exponer una alternativa que permita la ampliación de la telefonía celular a las áreas rurales, para ello se ha realizado una descripción de los pasos a seguir para la instalación de una estación de telefonía celular y la simulación de la trayectoria del enlace entre dos estaciones rurales, además se da una visión global de los trabajos que se realizan en una instalación de este tipo, así como la multitud de personas calificadas que intervienen en cada parte del proyecto, para la simulación del enlace se utiliza el programa Radio Mobile y con la ayuda de Google Earth. Con este trabajo se ha podido llegar a la conclusión de que el enlace entre las poblaciones La Mamora y Guayavillas es factible, además existe una alta correlación de cálculos entre el programa informático empleado y el cálculo tradicional, demostrándose de esta manera la importancia del la aplicabilidad de cálculos informáticos para una optima realización del trabajo en telecomunicaciones.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El concepto de movilidad está cada día más extendido en las comunicaciones. Esto supone una gran ventaja porque permite disponer del servicio en cualquier momento, en cualquier lugar y de forma mucho más personal. De hecho la expansión del uso de los teléfonos móviles es uno de los procesos que más está cambiando los hábitos de las personas. El crecimiento en los últimos años ha sido espectacular, en 1.995 el número de usuarios en el mercado mundial era de 90 millones, las previsiones son de que el número de usuarios de telefonía móvil en el mundo para el año 2012 sea de más de 2000 millones.

La tecnología celular dio grandes pasos desde que se implementaron los sistemas celulares si bien antes solo se podía llamar o recibir llamadas, existían grandes desventajas por ejemplo el teléfono móvil no contaba con mucha cobertura, además tenía gran volumen o los operadores cobraban al que realizaba y también al que la recibía la llamada. Luego la cobertura fue evolucionando, se fue extendiendo y ahora contamos con aparatos celulares mucho mas compactos y decidieron que solo cobrarían al que realiza la llamada, además no cambio solo eso sino que también mejoraron los servicios, se fueron adicionando aplicaciones como mensajes de texto, mensajes multimedia, video llamadas e inclusive se puede utilizar el celular como modem de internet o se puede navegar por el internet desde ellos, realmente gozamos de grandes beneficios con la telefonía móvil en las ciudades, pero con todo lo mencionado nacen algunas preguntas: ¿qué hay del área rural? ¿será que gozan de los mismos beneficios?; la respuesta inmediata es que en el área rural existen obstáculos en cuanto a este servicio ya que muchas poblaciones no cuentan con el servicio de telecomunicaciones, no pueden comunicarse fácilmente con sus familiares o simplemente no pueden comercializar sus productos y si tienen acceso a un teléfono lo hacen mediante una estación VSAT (Vary Small Aperture Terminal) o (Terminal de Apertura Muy Pequeña) que tiene grandes limitaciones una de ellas es que existe un solo punto para realizar o recibir llamadas eso quiere decir que lo tienen que compartir entre todos los integrantes de la comunidad y ahí se pierde el principio

de movilidad otro inconveniente es que no pueden contar con este servicio todo el tiempo ya que estos puntos los cuida un encargado el cual tiene la responsabilidad de abrir y cerrar el recinto en un determinado horario, generalmente estos puntos se encuentran en las plazas o lugares principales de la población.

1.5. JUSTIFICACION DEL TRABAJO

El teléfono móvil es en la actualidad la herramienta de comunicación por excelencia y su futuro está garantizado. De Norte a Sur, de Este a Oeste, ya existen en todo el planeta más de 4,5 millones de usuarios, según el informe de la [Unión Internacional de Telecomunicaciones \(UIT\)](#). Si la tendencia continúa en la misma línea, todo indica que el mercado de la telefonía móvil seguirá expandiéndose, sobre todo en países emergentes, como lo es Bolivia.

En estas zonas en vías de desarrollo, donde las redes inalámbricas son a veces la única forma posible de conectar a las personas, hace que sea necesario proyectos en los que se empleen recursos económicos destinados a la ampliación de redes de telefonía celular a las áreas rurales. Esta implantación implicaría un desarrollo para estos sectores, además de facilitarles diversos aspectos relacionados con la economía, salud y difusión de información con otras áreas también limitadas en cuanto a beneficios de infraestructura tecnológica se refiere.

Los teléfonos móviles representan el caso más exitoso de como tender un puente sobre la brecha digital, ofreciendo beneficios económicos tangibles y actuando como agentes de movilización social a través del mejoramiento de la comunicación. Desde su aparición y rápida expansión en el medio rural de muchos países en desarrollo, la telefonía móvil ha constituido una verdadera revolución. En este sentido, este trabajo pretende exponer una alternativa que permita la ampliación de la telefonía celular a las áreas rurales.

1.6. OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

Este trabajo tiene como objetivo la descripción de los pasos a seguir para la instalación de una estación de telefonía celular y la simulación de la trayectoria del enlace entre dos estaciones, además pretende dar una visión global de los trabajos que se realizan en una instalación de este tipo, así como la multitud de personas calificadas que intervienen en cada parte del proyecto.

1.3.2 ESPECIFICOS

- Describir las diferentes etapas de la aplicación de los programas Radio Mobile y Google Earth para realizar una simulación de trayectoria de enlace.
- Realizar la simulación de la línea de la trayectoria del enlace entre la estación de la población “La Mamora” y la estación Guayavillas, mediante la aplicación de los programas Radio Mobile y Google Earth.
- Realizar el cálculo teórico del enlace entre las estaciones La Mamora y Guayavillas.

FUNDAMENTACIÓN TEORICA

2.1. TELECOMUNICACIONES

El termino Telecomunicaciones, se refiere a todo [procedimiento](#) que permite a un usuario hacer llegar a uno o varios usuarios determinados (ej. [telefonía](#)) o eventuales (ej. [radio](#), [televisión](#)), [información](#) de cualquier [naturaleza](#) (documento escrito, impreso, [imagen](#) fija o en [movimiento](#), videos, voz, [música](#), [señales](#) visibles, señales audibles, señales de mandos mecánicos, etc.), empleando para dicho procedimiento, cualquier [sistema](#) electromagnético para su transmisión y/o recepción (transmisión eléctrica por hilos, radioeléctrica, [óptica](#), o una combinación de estos diversos [sistemas](#))

2.1.1. SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

Es el conjunto de equipos y enlaces tanto físicos como electromagnéticos, utilizables para la prestación de un determinado [servicio](#) de telecomunicaciones.

2.1.2. SERVICIO DE TELECOMUNICACIONES

Es la actividad desarrollada bajo la [responsabilidad](#) de determinada [empresa](#) o entidad, para ofrecer a sus usuarios una modalidad o tipo de telecomunicaciones, cuya utilización es de [interés](#) para dicho usuario.

2.1.3. SERVICIO PÚBLICO DE TELECOMUNICACIONES

Es aquél servicio que es brindado de manera general a todos los pobladores de un país, el encargado de brindarlo es [el Estado](#), pero éste puede darlo en concesión a [empresas](#) privadas, pero siempre regulándolo.

2.2. CLASIFICACION SEGÚN EL MEDIO DE PROPAGACIÓN

a) TELECOMUNICACIONES TERRESTRES

Son aquellas cuyo medio de propagación son líneas físicas, estas pueden ser cables de [cobre](#), cable coaxial, guía de ondas, fibra óptica, par trenzado, etc.

b) TELECOMUNICACIONES RADIOELECTRICAS

Son aquellas que utilizan como medio de propagación la [atmósfera](#) terrestre, transmitiendo las señales en [ondas](#) electromagnéticas, ondas de radio, [microondas](#), etc. dependiendo de la frecuencia a la cual se transmite.

c) TELECOMUNICACIONES SATELITALES

Son aquellas [comunicaciones](#) radiales que se realizan entre estaciones espaciales, entre estaciones terrenas con espaciales, entre estaciones terrenas (mediante retransmisión en una estación espacial). Las estaciones espaciales se encuentran a distintas alturas fuera de la atmósfera.

2.3. TELEFONIA CELULAR

La telefonía móvil, también llamada telefonía celular, básicamente está formada por dos grandes partes: una red de comunicaciones (o red de telefonía móvil) y los terminales (o teléfonos móviles) que permiten el acceso a dicha red.

2.3.1. FUNCIONAMIENTO DE LA TELEFONIA CELULAR

La comunicación telefónica es posible gracias a la interconexión entre centrales móviles y públicas.

Según las bandas o frecuencias en las que opera el móvil, podrá funcionar en una parte u otra del mundo.

La telefonía móvil consiste en la combinación de una red de estaciones transmisoras-receptoras de [radio](#) (repetidores, estaciones base o BTS) y una serie de centrales telefónicas de conmutación de 1er y 5º nivel (MSC y BSC respectivamente), que posibilita la comunicación entre terminales telefónicos portátiles (teléfonos móviles) o entre terminales portátiles y [teléfonos](#) de la red fija tradicional.

En su operación el teléfono móvil establece comunicación con una estación base, y a medida que se traslada, los sistemas computacionales que administran la red van cambiando la llamada a la siguiente estación base, en forma transparente para el usuario. Es por eso que se dice que las estaciones base forman una red de celdas, semejante a un panal de abeja, sirviendo cada estación base a los equipos móviles que se encuentran en su celda.

Los teléfonos celulares, por sofisticados que sean y luzcan, no dejan de ser radio transmisores personales.

Siendo un sistema de comunicación telefónica totalmente inalámbrica, los sonidos se convierten en señales electromagnéticas, que viajan a través del aire, siendo recibidas y transformadas nuevamente en mensaje a través de antenas repetidoras o vía satélite.

Un teléfono celular es un dispositivo dual, esto quiere decir que utiliza una frecuencia para hablar, y una segunda frecuencia aparte para escuchar.

Un teléfono celular puede utilizar 1664 canales. Estos teléfonos también operan con «células» (o «celdas») y pueden alternar la célula usada a medida que el teléfono es desplazado.

Sin embargo, el tamaño de las células puede variar mucho dependiendo del lugar en que se encuentre. Las estaciones de base se separan entre 1 a 3 Km. en zonas urbanas, aunque pueden llegar a separarse por más de 35Km en zonas rurales. En zonas muy densamente pobladas o áreas con muchos obstáculos (como ser edificios altos), las células pueden concentrarse en distancias cada vez menores.

Las transmisiones de las estaciones base y de los teléfonos no alcanzan una distancia más allá de la célula. Es por esto que cada celda puede utilizar las mismas frecuencias sin interferir unas con otras.

Las transmisiones de la base central y de los teléfonos en la misma celda no salen de ésta. Por lo tanto, cada celda puede reutilizar las mismas 59 frecuencias a través de la ciudad. La tecnología celular requiere un gran número de estaciones base para ciudades de cualquier tamaño. Una ciudad típica grande puede tener cientos de torres emisoras. Pero debido a que hay tanta gente utilizando teléfonos celulares, los costos se mantienen bajos para el usuario. Cada

portador en cada ciudad tiene una oficina central llamada MTSO o (PSTN). Esta oficina maneja todas las conexiones telefónicas y estaciones base de la región.

Cuando el usuario desea realizar una llamada, el teléfono celular envía un mensaje a la torre solicitando una conexión a un número de teléfono específico. Si la torre dispone de los suficientes recursos para permitir la comunicación, un dispositivo llamado “switch” conecta la señal del teléfono celular a un canal de la red de telefonía pública. La llamada en este momento toma un canal inalámbrico así como un canal en la red de telefonía pública que se mantendrán abiertos hasta que la llamada se concluya.

2.4. RED CELULAR

Una antena de telefonía móvil es un dispositivo capaz de emitir o recibir señales en forma de ondas electromagnéticas. Las antenas de telefonía móvil reciben y envían las llamadas dirigidas desde o hacia los teléfonos que se encuentran dentro de su radio de cobertura. Lo hacen emitiendo y recibiendo ondas electromagnéticas en una banda de frecuencias determinada. Estas antenas tienen entre 1 y 3 metros de longitud aproximadamente, en función del sistema utilizado. Algunas se colocan (fuera de terrenos urbanizables) en torres de entre 15 y 50 metros.

Una red de celdas o red celular es una [red](#) formada por [celdas de radio](#) (o simplemente celdas) cada una con su propio [transmisor](#), conocidas como [estación base](#). Estas celdas son usadas con el fin de cubrir diferentes áreas para proveer cobertura de radio sobre un área más grande que el de una celda. Las redes de celdas son inherentemente [asimétricas](#) con un conjunto fijo de [transceptores](#) principales, cada uno sirviendo una celda y un conjunto de transceptores distribuidos (generalmente, pero no siempre, móviles).

2.4.1. TIPOS DE CELDAS

La Celda o Célula (Figura 1) es una unidad básica de cobertura en que se divide un Sistema Celular.

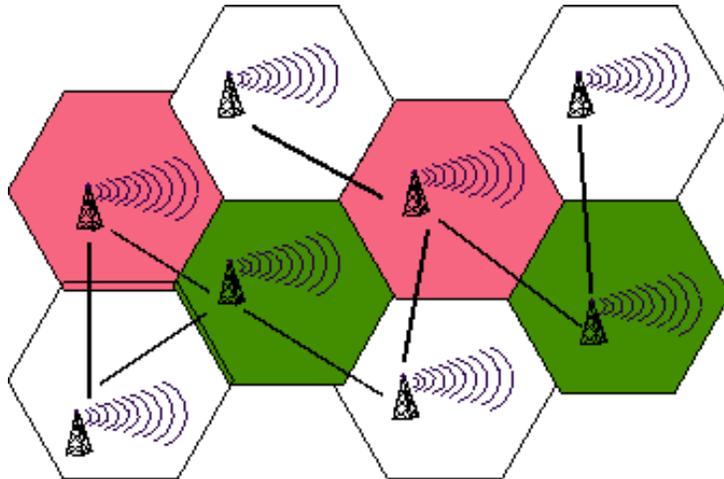


Figura 1. Red celular (Fuente: Internet).

Una celda se puede definir como el área que cubre un transmisor o una colección de transmisores.

El tamaño de las celdas estará determinado por la potencia del transmisor y restricciones naturales y/o artificiales impuestas por cada sector a cubrir.

La forma de las celdas puede ser cualquiera, pero se elige la forma hexagonal para una mejor descripción del sistema de celdas, las celdas dentro del [área de cobertura](#) se las identifica por un número llamado [CGI](#) que quiere decir Cell Global Identity o Identificador Global del Celular.

El tipo de celdas a utilizar en un sistema celular depende de la demanda del servicio celular en la población y de [parámetros físicos propios del área](#) a la que se dará o brindará dicho servicio.

Es por eso que el sistema de celdas (Figura 2) se divide de la siguiente manera:

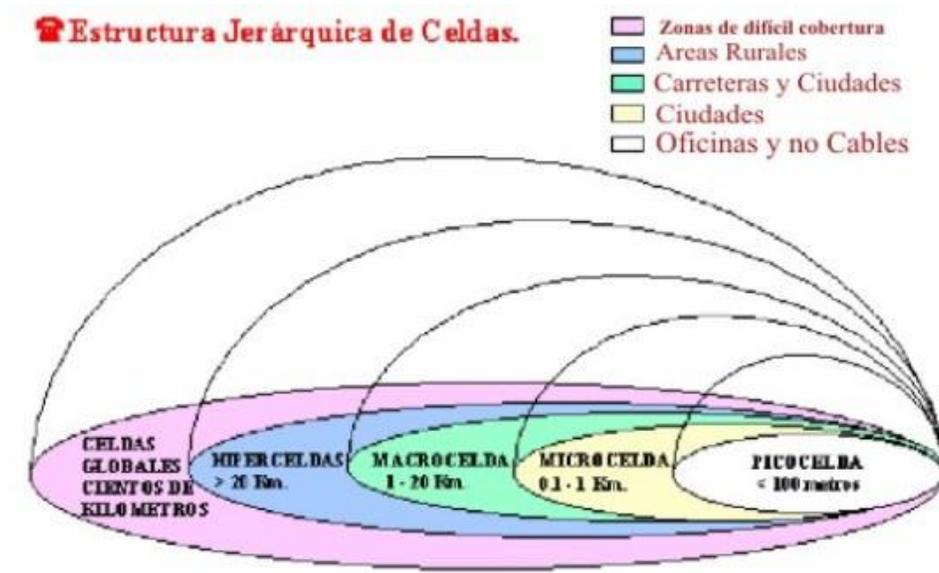


Figura 2. Estructura jerárquica de celdas (Fuente: Internet).

a) PICO CELDAS

Las pico celdas tienen radio de hasta 50 m, ofrecen coberturas localizadas en interiores, usando ULTRA-TDD con velocidades del orden de los 3Mbit/s.

b) MACRO CELDAS

Las macro-celdas tienen radios desde 1Km hasta 35 Km son celdas que permiten brindar servicio a áreas geográficas grandes o zonas amplias como carreteras para vehículos u otros objetos que se mueven a alta velocidad, la transmisión de datos es de 144 Kbit/s.

c) MICRO CELDAS

Las micro celdas tienen radios desde 50 Km hasta 1 Km, ofrecen servicios a usuarios fijos o que se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico (urbana), con una velocidad de transmisión de datos de 384 Kbit/s.

d) HIPER CELDAS

Las híper celdas se las utiliza en distancias menores a 20 Km se las utiliza en radios urbanos.

e) CELDAS SELECTIVAS

[Las celdas selectivas](#) (Figura 3) son diseñadas para cubrir zonas con una cobertura menor a los 360 grados.

Muy parecidas a las señales de [cobertura](#) de una antena omnidireccional es decir en 360 grados, son más limitadas pero ideales para una zona de poca extensión de terreno, como por ejemplo una universidad; siempre y cuando la unidad móvil se encuentre dentro del círculo (360 grados) de cobertura la señal será muy buena.

Cobertura aproximada 1km.



Figura 3. Celdas selectivas (Fuente: Internet).

f) CELDAS DE PARAGUAS

La Celda de paraguas cubre varias Micro-Celdas, se la usa con el propósito de disminuir el número de Handovers que se producen en estaciones móviles que cambian rápidamente de Micro-Celdas.

Y también se utilizan para disminuir y agilizar el trabajo de la red.

El nivel de potencia dentro de la celda de paraguas se incrementa en comparación con el nivel de potencia usado en las micro-celdas.

g) CELDAS GLOBALES

Las celdas globales cubren cientos de kilómetros y se las utiliza principalmente en carreteras.

2.5. PRINCIPIOS DE RADIO PROPAGACION

La energía de radiofrecuencia que es generada por dispositivos electrónicos (oscilador) es guiada por una línea de transmisión hacia un dispositivo emisor llamado Antena, que transfiere esta energía al espacio libre (Figura 4).

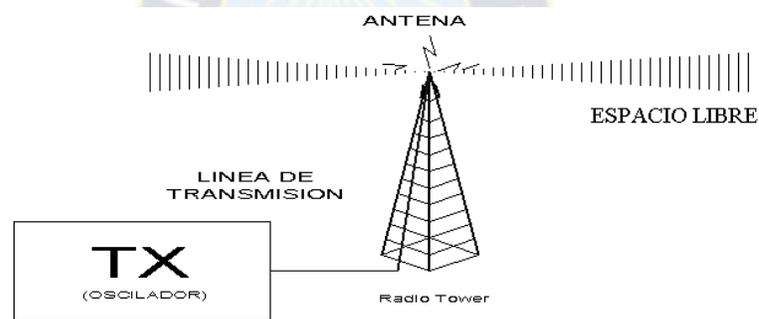


Figura 4. Dispositivos necesarios para la transferencia de energía electromagnética al espacio libre (Fuente: Yujra J.).

2.6. ESPACIO LIBRE

Idealmente se lo define, como un medio homogéneo, sin corriente o cargas conductoras presentes y sin objetos que absorban o reflejen energía radio-eléctrica.

Este concepto se lo utiliza debido a que simplifica el entendimiento de la propagación de ondas y por que las condiciones de propagación, algunas veces, se aproximan a las del espacio libre

A medida que la variación electromagnética se va alejando de la antena transmisora, se dice que la onda se propaga y se está dando lugar al fenómeno de la RADIOPROPAGACIÓN.

2.7. RADIACION ELECTROMAGNETICA

La radiación electromagnética es una combinación de [campos eléctricos](#) y [magnéticos](#) oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando [energía](#) de un lugar a otro.

La radiación electromagnética se puede propagar en el [vacío](#). En el siglo XIX se pensaba que existía una sustancia indetectable, llamada [éter](#), que ocupaba el vacío y servía de medio de propagación de las ondas electromagnéticas.

2.8. RADIO ENLACE

Un radioenlace (Figura 5) es el conjunto de equipos de transmisión y recepción necesarios para el envío vía radio de una señal de uno a otro nodo o centro de una red.

Un radioenlace consta de un equipo transmisor/receptor en ambos lados más los accesorios necesarios (fuentes de alimentación o baterías, torres, cables y accesorios menores). Un radioenlace puede trasladar sólo una señal o varias de forma simultánea, según cuál sea su diseño.



Figura 5. Trayectoria completa de transmisión sobre transmisor y receptor (Fuente: Internet).

2.9. HADWARE EN TELEFONIA CELULAR

2.9.1. TIPOS DE TORRES

Existen distintos tipos de torres para celulares, entre los más comunes podemos encontrar:

- a) Torres auto soportadas
- b) Torres arriostradas
- c) Mono postes

A continuación se presenta una breve explicación de cada formato.

d) TORRE AUTOSOPORTADA

Las torres auto soportadas (Figura 6) son estructuras reticuladas tronco piramidales que se ofrecen para uso en telecomunicaciones como soporte de antenas celulares, de sección triangular ó cuadrada, fabricadas con montantes de chapa plegada ó perfil ángulo respectivamente.

Todos los materiales componentes se galvanizan por inmersión en caliente, según normas, para luego aplicarles dos manos de esmalte acrílico acuoso (pintura ecológica), conformando el balizamiento diurno.

Las torres son diseñadas para admitir cargas en toda su estructura, limitando las deformaciones de acuerdo al equipamiento radioeléctrico a utilizar.

Son las torres más rígidas y las menos sensibles a la torsión. Por esta razón se utilizan cuando se trata de soportar varias antenas de gran superficie y que funcionan a frecuencias elevadas (2 GHz. Y más).

Los modelos de torres auto soportadas pueden ser:

ABC-S Torre Auto soportada Esbelta

ABC-U Torre Auto soportada Urbana

ABC-E Torre Auto soportada

ABC-EX Torre Auto soportada Reforzada

ABC-EXX Torre Autosoportada Extra-reforzada

ABC-L Torre Autosoportada Ligera

ABC-UL Torre Autosoportada Urbana Ligera

Estas torres se construyen sobre terrenos, en áreas urbanas o cerros, y deberán de contar con una cimentación adecuada para poder resistir las fuerzas a las que están sometidas. La geometría de estas torres depende de la altura, la ubicación y del fabricante de la torre.



Figura 6. Torre autosoportada (Fuente: Propia).

e) TORRE ARRIOSTRADA

Se trata de torres de telecomunicaciones soportadas por tensores, conocidas como torres arriostradas o torres con tirantes (Figura 7), los tensores son generalmente de acero de alta resistencia. Una torre de comunicación con tirantes es capaz de proporcionar gran altura con un costo mucho más bajo de material. Comúnmente tiene tirantes en tres direcciones sobre radio de anclaje por lo general de $2/3$ de la altura de la torre. La torre de comunicaciones arriostrada por lo

general viene con una sección de celosía triangular. Mástiles tubulares también pueden ser utilizados, sobre todo en lugares donde la formación de hielo es muy pesada y las secciones de celosía pueden llenarse de hielo con facilidad.

La ventaja de estas torres es que son mucho más ligeras en peso pero requiere mayor espacio libre para el anclaje de los cables. Cuando se cuenta con un espacio amplio las torres arriostradas son una buena elección. Debido a su estructura, las torres arriostradas también tienen algunas restricciones, Por ejemplo, hay algunas limitaciones en el montaje de antenas de plato para mástiles de telecomunicación, también es necesario un gran bloque de anclaje para sostener los alambres.



Figura 7. Torre arriostrada (Fuente: Propia).

f) MONOPOSTE

Los monopostes (Figura 8) son estructuras metálicas conformadas por tramos chapa de acero de diámetros variables unidos entre sí mediante empalmes especiales, soldadas y rigidizadas. Sus ventajas son la rápida instalación en espacios reducidos. Todos los materiales componentes se galvanizan por inmersión en caliente, según normas, para luego aplicarles dos manos de esmalte acrílico acuoso (pintura ecológica), conformando el balizamiento diurno. Son diseñados para admitir cargas en su parte superior, limitando las deformaciones según el equipamiento radioeléctrico a utilizar. Contamos con varios tipos de monopostes, acorde a sus requerimientos específicos de comunicación, requieren un espacio mínimo para su instalación. Se tienen para alturas de hasta 36 mts. en secciones de 6.00 mts., fabricados con tubo tipo industrial NOM-B177 (ASTM-A-53) de diferentes diámetros y espesores de pared, acordes a las características de los esfuerzos a los que serán sometidos. En ellos podemos instalar antenas para celulares, antenas de microondas para telecomunicaciones, así como plataformas, pasillo andador y soportes, entre otros, capaces de resistir velocidades de viento hasta 200 Km/h en diferentes condiciones de terreno.



Figura 8. Monoposte (Fuente: Propia).

2.9.2. ANTENAS SECTORIALES

Las antenas sectoriales (Figura 9 y 10) son la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales. Es una solución tecnológica ideal para la planificación de redes móviles celulares.

Las antenas sectoriales emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. La intensidad (alcance) de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional pero algo menor que la direccional.

Para tener una cobertura de 360° (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional) deberemos instalar o tres antenas sectoriales de 120° ó 4 antenas sectoriales de 80° . Las antenas sectoriales suelen ser más costosas que las antenas direccionales u omnidireccionales.

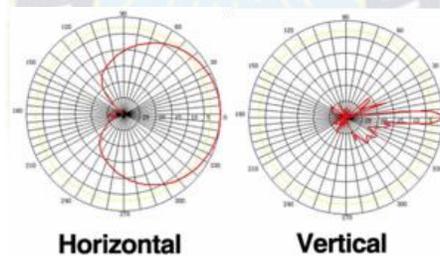


Figura 9. Diagrama patrón de una antena sectorial (Fuente: Internet).



Figura 10. Antena sectorial (Fuente: Propia).

2.9.3. ANTENA DE RADIO ENLACE

La antena de radio enlace (Figura 11) implementa la dirección de transmisión y recepción de las señales RF. Los parámetros principales son la banda de frecuencias diámetro y ganancia de la antena.



Figura 11. Antenas de radio enlace (Fuente: Internet).

2.9.4. CINTA VULCANIZANTE

La cinta vulcanizada (Figura 12), también conocida como *cinta termorretractil*, *cinta autosoldable*, etc., es un tipo de [cinta aislante](#) fabricada a partir de un material [gomoso termorretractil](#), es decir que se encoge con el calor.

Entre las principales aplicaciones y ventajas se destacan:

- Unión, finalizado y reparación de los cables eléctricos.
- Sellado hermético para cableado de telecomunicaciones.
- Aislamiento, impermeabilización y protección de componentes eléctricos.
- Aislamiento de cables eléctricos.
- Protección contra la corrosión de conductos y tuberías de metal.
- Protección de las juntas contra el agua en aplicaciones marinas.

- Rápido auto-amalgamiento bajo tensión.
- Aislamiento homogéneo sin la necesidad de calor o presión.
- Fácil separación de la mayoría de superficies para la protección temporal y reparación.
- No se endurece, previene las grietas o penetración de agua o fugas.
- Excelentes propiedades físicas y eléctricas con un alto grado de estabilidad.
- Resistencia excepcional al ozono y a la inmersión prolongada en el agua incluso de mar.



Figura 12. Cinta vulcanizante (Fuente: Propia).

2.9.5. FIBRA OPTICA

La fibra óptica (Figura 13) es un [medio de transmisión](#) empleado habitualmente en [redes de datos](#); un [hilo](#) muy fino de material transparente, [vidrio](#) o [materiales plásticos](#), por el que se envían [pulsos](#) de [luz](#) que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de [reflexión](#) por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la [ley de Snell](#). La fuente de luz puede ser [láser](#) o un [LED](#).

Las fibras se utilizan ampliamente en [telecomunicaciones](#), ya que permiten enviar gran cantidad de datos a una gran distancia, con velocidades similares a las de radio o cable. Son el medio de transmisión por excelencia al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, también se utilizan

para redes locales, en donde se necesite aprovechar las ventajas de la fibra óptica sobre otros medios de transmisión.

La fibra óptica se emplea como medio de transmisión para las redes de telecomunicaciones, ya que por su flexibilidad los conductores ópticos pueden agruparse formando cables. Las fibras usadas en este campo son de plástico o de vidrio, y algunas veces de los dos tipos. Para usos interurbanos son de vidrio, por la baja atenuación que tienen.



Figura 13 Cable de Fibra Óptica con una línea de Tx y otra de Rx (Fuente: Internet).

2.9.6. BANCO DE BATERIAS

El banco de baterías (Figura 14) está diseñado para reducir el problema de corte de energía en una estación de celulares. Son de tipo alcalino, de Níquel-Cadmio, selladas, sin requerir adición de agua durante 20 años en condiciones normales de operación, de recombinación de gas interna.

El banco de baterías tiene periodo de vida garantizado por el fabricante de 20 años como mínimo en condiciones normales de operación.

Las características eléctricas de cada celda que comprende un banco de batería son:

- a) Tensión nominal por celda: 1,2 V/celda.
- b) Temperatura nominal: 20°C a 25°C.
- c) Rango de tensión de flotación a 25°C: 1,40 a 1,45 V/celda.
- d) Rango de tensión de carga rápida a 25°C: 1,43 a 1,56 V/celda.
- e) Tensión final de descarga: 1,0 V/celda como mínimo.



Figura 14. banco de baterías Ericsson 2111 (Fuente: Propia)

3.1. LA POBLACION.

La Mamora (Figura 15 -16) es una población ubicada a 90 Km de Tarija y a una altura de 1.290 msnm. Al frente y cruzando el río se encuentra el departamento de Salta de la República Argentina y existe un puente internacional para dirigirse a Toldos. Desde este punto el clima es otro: caluroso y húmedo la temperatura máxima en verano es 45°C y la temperatura extrema en invierno es -6°C.

En esta población existe alrededor de 1000 habitantes, la Mamora cuenta con frutas, verduras, vacunos y algún otro ganado en general para subsistencia. A la Mamora llegan turistas para ver los "paisajes únicos" entre otros "las lajas que son piedras de colores vistosos sobre los cerros que se ven desde las orillas de los ríos".



Figura 15. Ubicación de La Mamora (Fuente: Google Earth)



Figura 16. Fotografía satelital de la población La Mamora, Tarija – Bolivia (Fuente: Google Earth)

Años atrás esta población no tenía el acceso a la comunicaron ya que contaba con un solo teléfono comunitario el cual si bien lograba que los habitantes de La Mamora se puedan comunicar no podían hacerlo de manera libre ya que el teléfono público habría a las 7:00 a.m. y cerraba a las 10:00 p.m. esto limitaba la libertad de comunicación con Bolivia y el resto del mundo, esa barrera se la supero en el año 2011 debido a que la Empresa Nacional de Telecomunicaciones (Entel) Instalo una radio base para brindar el servicio de telefonía celular y de esta manera los Mamoreños puedan comunicarse con el resto del mundo.

3.2. LA ESTACION DE LA MAMORA.

Para la implementación de la estación en La Mamora (Figura 17) Entel utilizo Equipos Ericsson 2111 y RTN 620 OPTIX Huawei, la estación está ubicada en las siguientes coordenadas (Tabla 1):

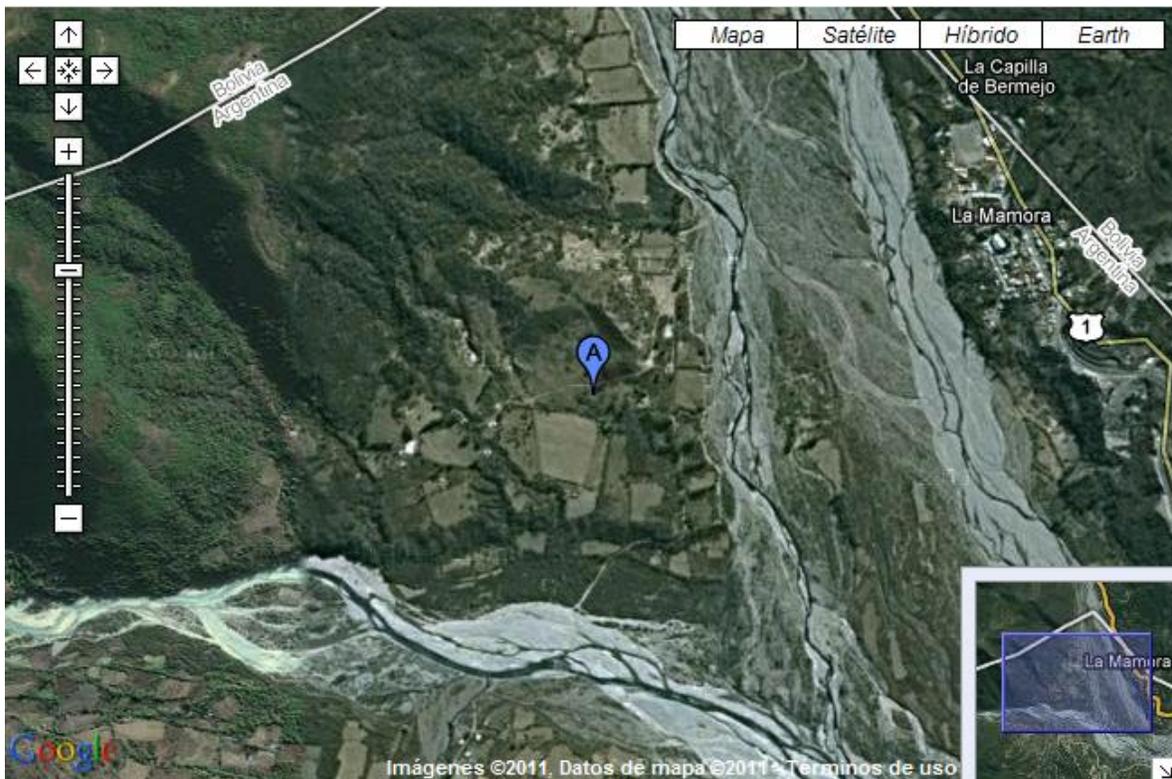


Figura 17. Vista satelital de la estación La Mamora (Fuente: Google Earth)

| | Grados, Minutos y Segundos |
|-----------------|-----------------------------------|
| Latitud | 22° 10' 57.2" S |
| Longitud | 64° 40' 32.2" O |

Tabla 1 Coordenadas de ubicación de la estación de La Mamora

La altura en ese punto es de 1255 msnm., la infraestructura con la que cuenta esta estación es una torre auto-soportada propia de Entel, con 25 metros de altura.

3.3. EQUIPOS INSTALADOS EN LA ESTACION LA MAMORA.

En la estación La Mamora se implemento los equipos de Ericsson y Huawei, para la BTS y para el radio enlace respectivamente, todos los equipos instalados en esta estación son outdoor, es decir que fueron diseñados para trabajar en condiciones externas.

3.3.1. ERICSSON

Los equipos Ericsson 2111 son equipos que pueden soportar GSM de 850 MHz y GSM de 1900MHz, en la estación La Mamora la frecuencia a la que trabajan las antenas sectoriales es de 850MHz, la BTS 2111 consta de los siguientes equipos:

f) PBC-MU

La PBC-MU (Figura 18) es el equipo que se encarga de rectificar 220Vac a -48 Vdc. para la alimentación de los equipos de la estación, la PBC-MU cuenta con un banco de 4 baterías secas, este banco tiene una autonomía de 4 horas cuando la configuración es 2+2+2 es decir que la estación lleva una RRU en cada sector y una MU que controla todos los sectores.



Figura 18. Fotografía de la PBC-MU con su banco de 4 baterías (Fuente: Propia).

Cada batería tiene una tensión nominal de 12 Vdc, el sistema se necesita de -48 Vdc, entonces para lograr este voltaje la conexión de las baterías esta en serie, debido a que la tensión en serie se suma (Figura 19).

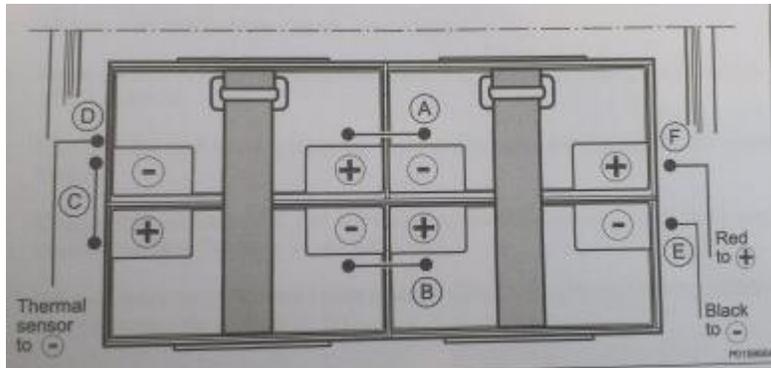


Figura 19. Conexión de las baterías en la PBC-MU (Fuente: Manual de instalación Ericsson2111)

g) PBC-BU

La PBC-BU (Figura 20) es una adición a la PBC-MU, esta adición se la utiliza en aéreas rurales, la función de la PBC -BU es la de incrementar la autonomía del banco de baterías a 8 horas dependiendo de la carga, la tensión de 8 horas se la obtiene con una carga para una configuración 2+2+2, eso quiere decir que lleva una RRU en cada sector y una MU que controla los sectores.

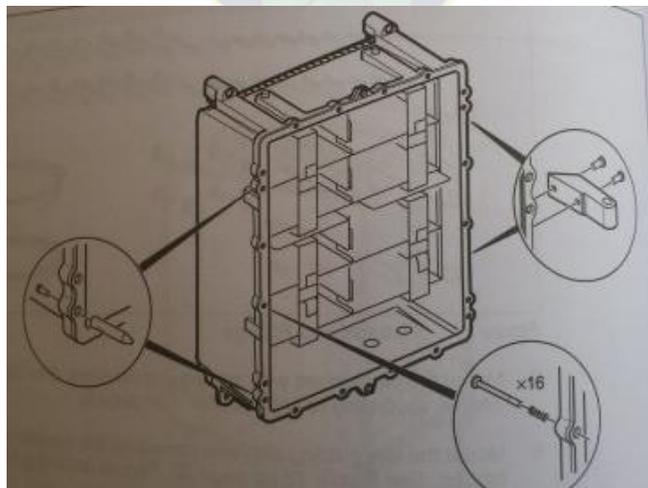


Figura 20. PBC-BU (Fuente: Manual de instalación Ericsson 2111).

La PBC-BU lleva dos bancos de baterías. Cada banco contiene 4 baterías secas con una tensión nominal de 12Vdc cada una, la conexión entre las baterías es en serie (Figura 21).

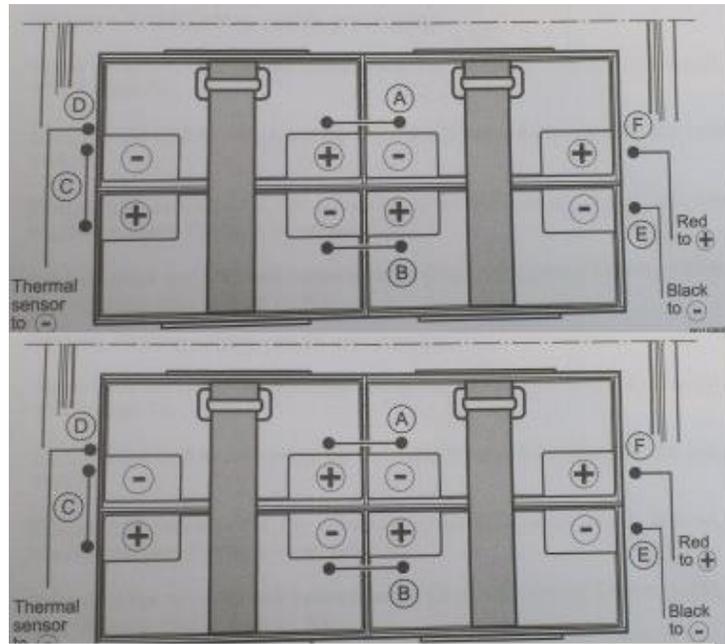


Figura 21. Conexión de baterías en la PBC-BU (Fuente: Manual de instalación Ericsson 2111).

h) MU

La MU (MAIN UNIT) o Unidad Maestra (Figura 22 - 23) como su nombre lo indica es la central de control

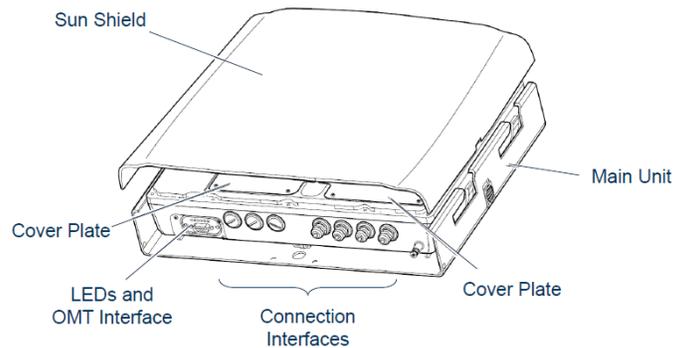


Figura 22 Partes de la MU (Fuente: Manual de instalación Ericsson)



Figura 23. Fotografía real de la MU (Fuente: Propia).

En la MU (Figura 24) se hacen la mayoría de las conexiones importantes como:

Se conecta los cables de fibra óptica que vienen de las RRU'S se conecta el cable de E1 que viene del rack del radio enlace, se conectan la alarma de descarga de batería, la alarma de baliza.

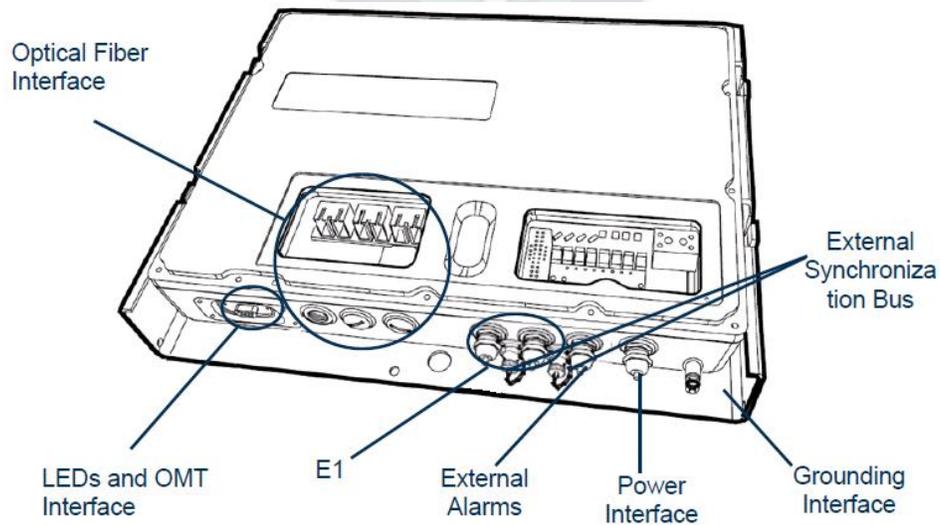


Figura 24. Interfaces de conexión (Fuente: Manual de instalación Ericsson).

Las condiciones de trabajo de la MU son de -33°C a 50°C, la MU opera bajo los siguientes datos (Tabla 2)

| Descripción | MU |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Voltaje Nominal | 100-250 Vac. / -48 Vdc. |
| Rango de Voltaje de Operación | 90-275 Vac. / -40 a -57.6 Vdc. |
| Frecuencia Nominal (AC) | 50 - 60 Hz |
| Frecuencia de Operación | 45 – 60 Hz |
| Máxima corriente de entrada | 30 A |
| Máxima corriente de descarga a tierra | 50 mA |

Tabla 2. Valores de operación de la MU (Fuente: Manual de instalación Ericsson)



i) RRU

La RRU (Remote Radio Unit) o unidad de radio remota (figura 25) es la encargada de transformar la señal eléctrica en óptica y viceversa ya que la RRU se instala en medio de la antena sectorial y la MU.



Figura 25. RRU'S instaladas en un Monoposte la configuración de la radio base en la fotografía es de 4+4+4 debido a que lleva dos RRU'S en cada sector y dos MU'S que controlan los sectores (Fuente: Propia)

Destapando la tapa de protección de la RRU se encuentran las interfaces de conexión (Figura 26)

- A – Grounding interface
- B – Optical fiber interface
- C – Power interface
- D – Antenna interface

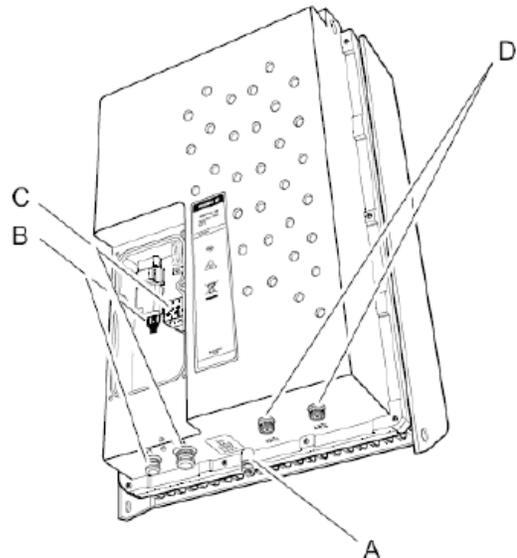


Figura 26. Interfaces de conexión de la RRU (Fuente: Manual de instalación Ericsson).

Las condiciones de trabajo de la MU son de -33°C a 50°C, la MU opera bajo los siguientes datos (Tabla 3)

| Descripción | RRU |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Voltaje Nominal | 100-250 Vac. / -48 Vdc. |
| Rango de Voltaje de Operación | 90-275 Vac. / -40 a -57.6 Vdc. |
| Frecuencia Nominal (AC) | 50 - 60 Hz |
| Frecuencia de Operación | 45 – 60 Hz |
| Máxima corriente de entrada | 30 A |
| Máxima corriente de descarga a tierra | 50 mA |

Tabla 3. Valores de operación de la RRU (Fuente: Manual de instalación Ericsson).

j) FIBRA OPTICA

La fibra óptica que se utiliza para hacer la conexión entre la RRU y la MU tiene 2 hilos uno para la transmisión y otro para la recepción debidamente identificados en cada extremo (Figura 27)



Figura 27. Fibra óptica Ericsson (Fuente: Propia).

3.3.2 HUAWEI

El enlace que se instaló en todo el trayecto desde La Mamora hasta la estación central Entel Tarija es OPTIX RTN 620, los componentes de este equipo son (Figura 28).

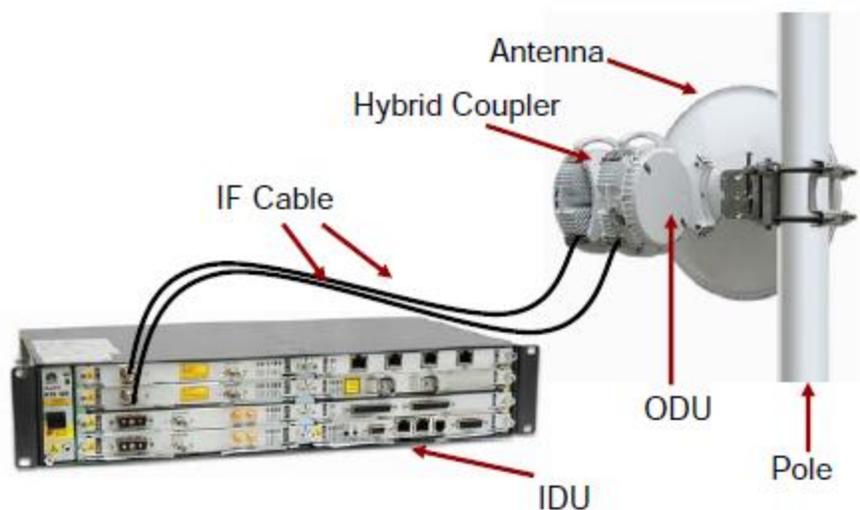


Figura 28. Componentes del equipo Huawei OPTIX RTN 620 (Fuente: manual de instalación OPTIX RTN 620 Huawei).

a) ODU

La ODU (Outdoor Unit) o unidad externa (Figura 29) es la que se encarga de la conversión mutua entre la señal analógica IF y la señal RF.



Figura 29. fotografía de ODU'S (Fuente: manual de instalación OPTIX RTN 620 Huawei).

b) IDU

La IDU (Indoor Unit) o Unidad Interna (Figura 30) se encarga de la modulación y demodulación de las señales SDH que son transportadas a través del enlace.



Figura 30. Fotografía de la Unidad Interna (Fuente: manual de instalación OPTIX RTN 620 Huawei).

c) IF CABLE

Existen tres tipos de cable IF en OPTIX RTN 620 (Figura 31):

- IF Jumper que es la conexión entre la IDU y el IF Jumper
- Cable de ½ pulgada y RG-8U que hacen la conexión entre la ODU y el IF Jumper.

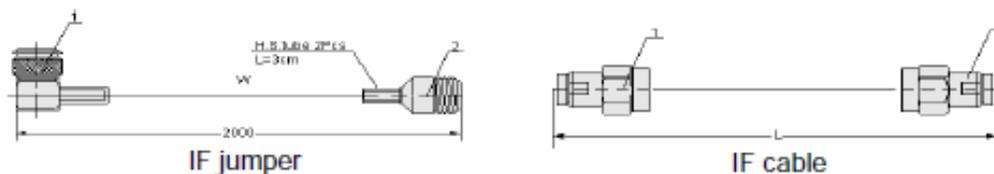


Figura 31. Tipos de cable IF (Fuente: manual de instalación OPTIX RTN 620 Huawei).

d) ANTENA

La antena (Figura 32) implementa la dirección de transmisión y recepción de las señales RF. Los parámetros principales son la banda de frecuencias diámetro y ganancia de la antena.



Figura 32. Antena de Radio Enlace Huawei OPTIX RTN 620 (Fuente: Propia).

3.4. INSTALACION DE LOS EQUIPOS

Para la instalación de los equipos se debe tener mucho cuidado ya que estos llevan circuitos integrados y son sensibles a la electrostática que por naturaleza tiene cada persona es por eso que para manipular los equipos se debe utilizar una manilla antiestática y conectarla a un punto de tierra, de esta manera evitamos dañar los equipos.

Otro punto que debemos tomar en cuenta es la seguridad industrial ya que al instalar equipos de telefonía celular la mayoría del tiempo se trabaja en la altura, se debe usar casco de protección,

guantes, gafas, botas anti shock para evitar posibles descargas eléctricas, arnés con su respectiva línea de vida (Figura 33).



Figura 33. Técnico debidamente preparado para ejecutar su trabajo (Fuente: Propia).

Lastimosamente en Bolivia los controles para el trabajo en telecomunicaciones no son estrictos y la mayoría de los técnicos trabajan sin protección, es mas ellos dicen que les estorba y les incomoda al momento de trabajar pero sin embargo es una necesidad para los que trabajamos en el área técnica (Figura 34).



Figura 34. Dos técnicos listos para trabajar uno debidamente equipado y el otro no (Fuente: Propia)

3.4.1. PASOS PARA INSTALAR LA BTS 2111

Los pasos para Instalar la BTS 2111 son los siguientes:

1.- Se debe armar las antenas sectoriales (Figura 35) con sus respectivas abrazaderas y se recomienda conectar los jumpers, de esta manera se facilita el trabajo cuando nos encontremos en la torre de telecomunicaciones instalando los equipos outdoor.



Figura 35. Ensamblado de antenas sectoriales con sus abrazaderas y sus respectivos jumpers (Fuente: Propia).

2. Una vez que se tengan conectados los jumpers a las antenas sectoriales se debe vulcanizar (Figura 36) para evitar el ingreso de humedad a la conexión entre el jumper y la antenna.



Figura 36. Conectores de la antenna vulcanizados (Fuente: Propia).

3. Posteriormente un técnico debe montar los clamps (Figura 37) en la torre esto se hace para facilitar el trabajo, una vez que ya tengamos la fibra óptica y el cable de energía tendidos se los pueda asegurar rápidamente y no estén colgando ya que la fibra óptica se dañaría.



Figura 37. Fotografía de un Clamp (Fuente: Propia).

4. Otro técnico debe subir la soga y la roldana (Figura 38) para que se pueda subir las antenas sectoriales, las RRU'S, la fibra óptica y el cable de energía que alimenta a las RRU'S.



Figura 38. Técnico ascendiendo por la parte externa de la torre subiendo soga y roldana (Fuente: Propia).

5. Una vez que se tenga la soga y la roldana debidamente aseguradas y todos los clamps montados se debe subir los equipos para esto se necesita dos técnicos en la parte superior de la torre y dos técnicos en la parte inferior de la torre.
6. Los técnicos de la parte inferior de la torre se encargan de mandar los equipos, ellos se encargan de asegurar los equipos con la soga (Figura 39).



Figura 39. Equipo listo para ser enviado para su posterior montaje en la torre (Fuente: Manual de instalación ZTE UMTS).

7. Cuando empiezan a ascender los equipos los técnicos la parte inferior son los que trabajan uno de ellos va tirando la soga mientras que el otro se encarga de hacer viento con la otra punta de la soga (Figura 40) para que los equipos no choquen con la torre y de esta manera evitamos dañar los equipos.

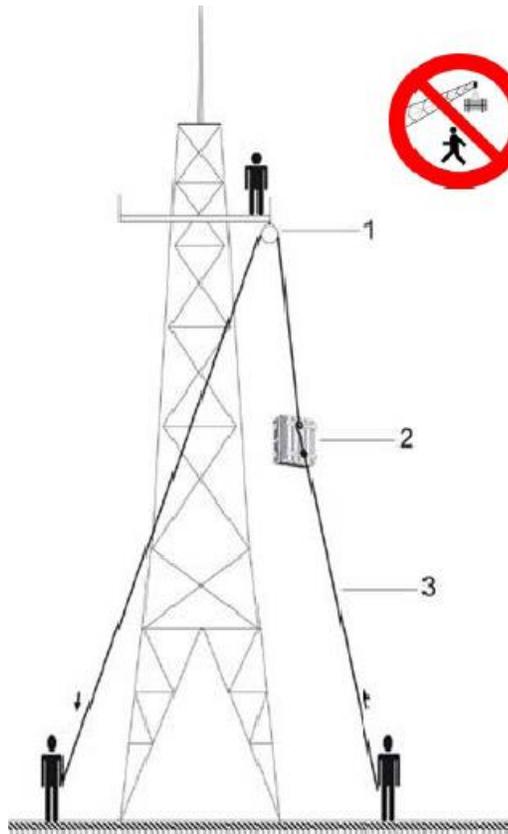


Figura 40. Forma correcta de enviar los equipos (Fuente: Manual de instalación ZTE UMTS).

8. Cuando los equipos llegan a la cima los torristas se encargan de soltar el equipo para posteriormente montar el equipo (Figura 41) ya sean las antenas o las RRU'S.



Figura 41. Montaje de una antena sectorial a los 100 mts (Fuente: Propia).

9. Una vez que se tenga las antenas sectoriales y las RRU'S se procede a subir la fibra óptica y el cable de energía.

10. Posteriormente se procede a la conexión del jumper que está conectado a la antena con los puertos de la RRU, si vemos la antena el jumper que sale de + 45° se lo conecta a Tx en la RRU y el jumper que sale de -45° se lo conecta a Tx/Rx, después de conectar los jumpers se procede a vulcanizar las conexiones para evitar el ingreso de humedad.
11. Una vez terminado el vulcanizado se debe proceder hacer las conexiones pertinentes en la RRU (Figura 42) como la alimentación de la RRU que es -48 Vdc., también se debe conectar el cable de fibra óptica que viene de la MU y por ultimo para terminar el trabajo en la torre es muy importante la conexión a tierra ya que así se evita posibles daños a los equipos con descargas eléctricas.



Figura 42. Conexiones en la RRU (Fuente: Propia).

12. Una vez hecho todas las conexiones la antena y la RRU quedan correctamente instaladas (Figura 43).



Figura 43. Antena y RRU correctamente instaladas (Fuente: Propia).

13. Posteriormente los técnicos bajan peinando los cables de energía y los cables de fibra óptica.
14. En todo el transcurso del tiempo que los torristas se encontraban instalando los equipos los otros dos técnicos en la parte inferior de la torre ya se encontraban montando los equipos PBC-MU, PBC-BU y la MU.

15. Para montar la PBC-MU y LA PBC-BU solo se debe asegurar las abrazaderas al soporte outdoor (Figura 44).



Figura 44. Soportes para instalar los equipos outdoor (Fuente: Propia).

16. Posteriormente se debe sujetar las abrazaderas de la PBC-MU y PBC-BU a los soportes outdoor (Figura 45).

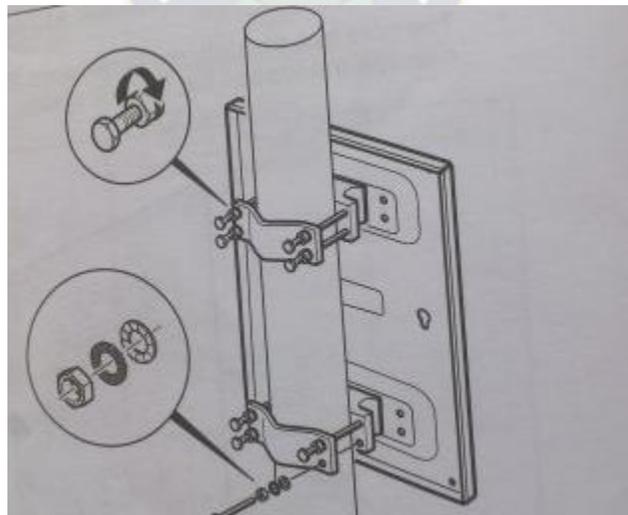


Figura 45. Abrazaderas de la PBC-MU (Fuente: Manual de instalación Ericsson 2111).

17. Una vez firmes las abrazaderas se debe montar la PBC-MU en soporte que se fija en el soporte outdoor (Figura 46).

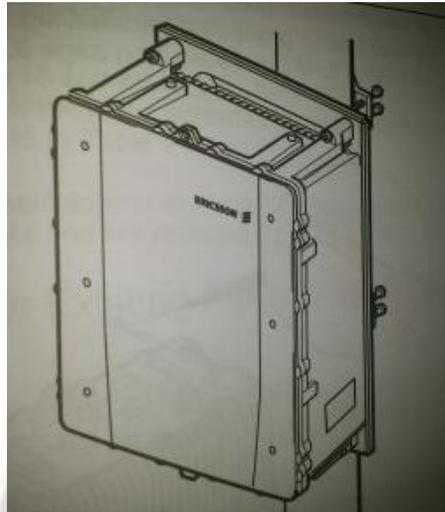


Figura 46. PBC-MU correctamente instalada (Fuente: Instrucciones de instalación Ericsson 2111).

18. Después de tener montada la PBC-MU como la estación se encuentra en un sitio rural se debe monta la PBC-BU (Figura 47) para incrementar el tiempo de autonomía del banco de baterías.

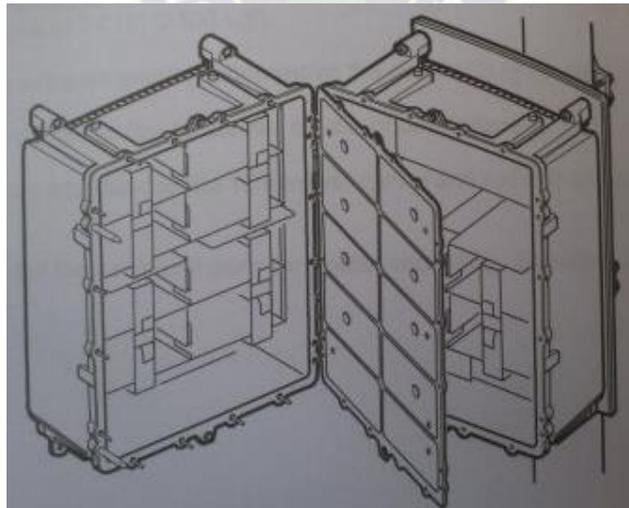


Figura 47. PBC-MU y PBC-BU correctamente montadas (Fuente: Instrucciones de instalación Ericsson 2111).

19. Luego de montar las PBC-MU y PBC-BU se procede a montar la MU en los soportes outdoor (Figura 48).



Figura 48. MU correctamente montada en el soporte outdoor (Fuente: Propia).

20. Una vez que tenemos la MU, PBC-MU y PBC-BU se procede a hacer las conexiones pertinentes en estos equipos (Figura 49), en la PBC-MU se debe hacer las siguientes conexiones primero se debe conectar el cable que alimentara a la MU con -48Vdc, se debe conectar la alimentación de la PBC-MU fase neutro y tierra y si es el caso se debe conectar el cable de alimentación de la PBC-BU.

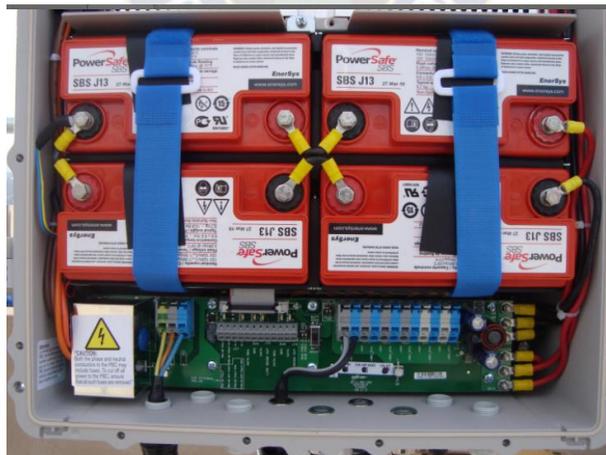


Figura 49. Conexiones en la PBC-MU (Fuente: Propia).

21. Una vez concluida las conexiones en la PBC-MU se procede a hacer las conexiones en la MU.

22. En la MU se hacen las siguientes conexiones: Se debe conectar en cable de alimentación que proviene de la PBC-MU, se debe conectar los E1 que van hacia la IDU del radio enlace OPTIX RTN 620, los cables de fibra óptica que provienen de las RRU'S y obviamente la protección a tierra (Figura 50)



Figura 50. Interfaces de conexión de la MU (Fuente: Propia).

23. Una vez concluida con esa tarea se procede a la revisión de las conexiones de alimentación en todos los equipos es decir el cable negro a 0Vdc y el cable plomo a -48Vdc este paso se hace para evitar quemar algún equipo ya que muchas veces uno se puede equivocar (Figura 51).



Figura 51. Conexión de alimentación correcta, cable negro a 0Vdc y el cable plomo a -48Vdc (Fuente: Propia)

24. Una vez concluida con la tarea se tiene concluida la BTS (Figura 52).



Figura 52. BTS Ericsson 2111 concluida (Fuente Propia)

La BTS Ericsson 2111 que se instaló en la Población la Mamora trabaja a 850MHz tiene 3 sectores la configuración de la BTS es de 2+2+2 la autonomía del banco de batería es de 8 horas, al altura de la torre es de 25 m, la longitud de los cables de fibra óptica que se usaron fueron de 30 metros, como la configuración es 2+2+2 en cada sector manejan 16 canales de voz en total la radio base maneja 32 canales de voz con un alcance de 8 a 10 Km cada sectorial.

3.5. EL RADIO ENLACE

La Mamora para poder comunicarse sigue el siguiente salto:

LA MAMORA ----- GUAYAVILLAS ----- PADCAYA ----- PICACHO ----- ENTEL TARIJA
----- TRAYECTO ENLACE RTN 620 OPTIX HUWAEI-----

3.5.1. CALCULO DEL ENLACE

Para el calculo que se realiza a continuación de forma teórica entre las estación La Mamora y Guayavillas el sistema tiene los siguientes datos.

Estación La Mamora: LATITUD= 22°10'57,02``
LONGITUD= 64°40'32.2``

Estación Guayavillas: LATITUD= 22°02'38,6``
LONGITUD= 64°36'45.6``

Frecuencia de trabajo: f_{low} =1465 MHz
 f_{high} =1485 MHz

Luego se tiene la frecuencia media: f =1475 MHz

Ganancia de las antenas: G_{TX} =30 dBi
 G_{RX} =30 dBi

Atenuación de las líneas de transmisión: A_f =0.5 + 0.5 = 1 dB

Atenuación varios A_v =7.65 dB

a) CÁLCULO DE LA DISTANCIA DEL ENLACE.

La relación que permite calcular la distancia de enlace es:

$$d = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_T}{360^\circ} \cdot \text{Cos}^{-1} \{ \text{Sen} \phi_1 \cdot \text{Sen} \phi_2 + \text{Cos} \phi_1 \cdot \text{Cos} \phi_2 \cdot \text{Cos}(\|\theta_1 - \theta_2\|) \}$$

En donde: d = Distancia entre el sitio 1 y sitio 2

$R_T = 6378.16 \text{ Km.}$ (Radio de la tierra)

ϕ_1 y ϕ_2 = Latitudes de cada estación

θ_1 y θ_2 = Longitudes de cada estación

Resolviendo la anterior relación se tiene:

$$d = 16.72 \text{ km}$$

b) ATENUACIÓN DE TRAYECTORIA

$$A_p = 92,44 + 20 \log_{10} d + 20 \log_{10} f$$

Donde:

A_p = Pérdida de trayectoria de espacio libre (dB)

d = Distancia en kilómetros

f = Frecuencia en GHz

Luego:

$$A_p = 92,44 + 20 \log_{10} 16.72 + 20 \log_{10} 1.475$$

$$A_p = 120.25 \text{ dB}$$

c) ATENUACIÓN EN LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

A_f = Estación central L_{tx} + estación periférica L_{rx}

A_f = Pérdida total en las líneas de transmisión (dB)

$$A_f = 0.5 \text{ dB} + 0.5 \text{ dB}$$

$$A_f = 1 \text{ dB}$$

d) PÉRDIDA NETA DEL TRAYECTO

$$P_n = P_{tx} - P_{rx}$$

P_n = Pérdida neta del trayecto (dB)

P_{rx} = Intensidad de señal en el receptor (dBm)

P_{tx} = Intensidad de señal del transmisor (dBm)

$$P_n = 98.7 \text{ dB}$$

e) GANANCIA DEL SISTEMA

En forma más sencilla, la ganancia del sistema es la diferencia entre la potencia nominal de salida de un transmisor y la potencia mínima de recepción.

$$G_s = P_{tx} - C_{min}$$

G_s = Ganancia del sistema (dB)

P_{tx} = Intensidad de señal en el transmisor (dBm)

C_{min} = Potencia mínima de recepción para un objetivo de calidad determinado (dBm)

$$G_s = 145 \text{ dB}$$

f) POTENCIA DE RECEPCIÓN

$$P_{rx} = P_{tx} - P_n$$

P_{rx} = Intensidad de señal en el receptor (dBm)

P_{tx} = Intensidad de señal del transmisor (dBm)

P_n = Pérdida neta del trayecto (dB)

$$P_{rx} = -51.7 \text{ dBm}$$

g) CALCULO DE LAS ZONAS DE FRESNEL

La primera zona de fresnel es un elipsoide de revolución entre el Tx y Rx, en la cual una reflexión puede producir una señal de adición (Figura 53).

Nésimo radio de la zona de fresnel

$$F_1(m) = 17,35 \sqrt{\frac{d_1(km) \cdot d_2(km)}{f(GHz) \cdot D(km)}}$$

Donde:

F_1 = radio de la primera zona de Fresnel (en metros)

d_1 = distancia desde la antena al punto de reflexión (en Km.)

D = distancia desde la antena 1 a la antena 2 (en Km.)

$d_2 = D - d_1$

f = frecuencia en GHz

F_n = $n^{\text{ésimo}}$ radio de la zona de Fresnel

F_1 = 1^{er} radio de la zona de Fresnel

n = número de zona de Fresnel

Nota: n impar => adición

n par => cancelación

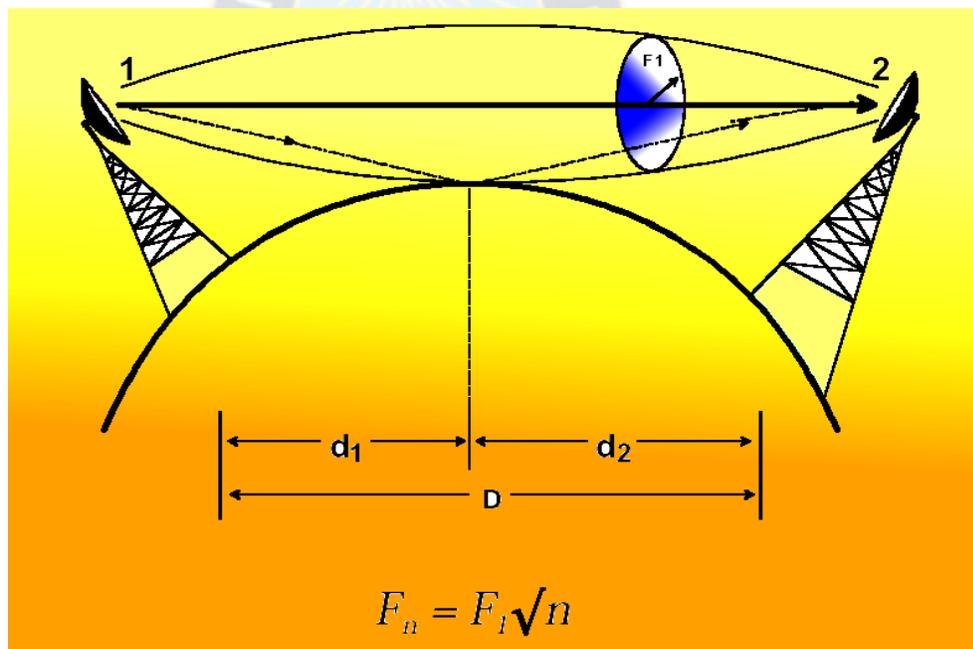


Figura 53. Grafica de la zona de fresnel (Fuente: Yujra J.).

Entonces:

$$F_1(m) = 17,35 \sqrt{\frac{d_1(km) \cdot d_2(km)}{f(GHz) \cdot D(km)}}$$

1 PUNTO : $d_1=7.62 \text{ km}$, $d_2=9.1 \text{ km}$

$$F_1(m) = 29.14 \text{ metros}$$

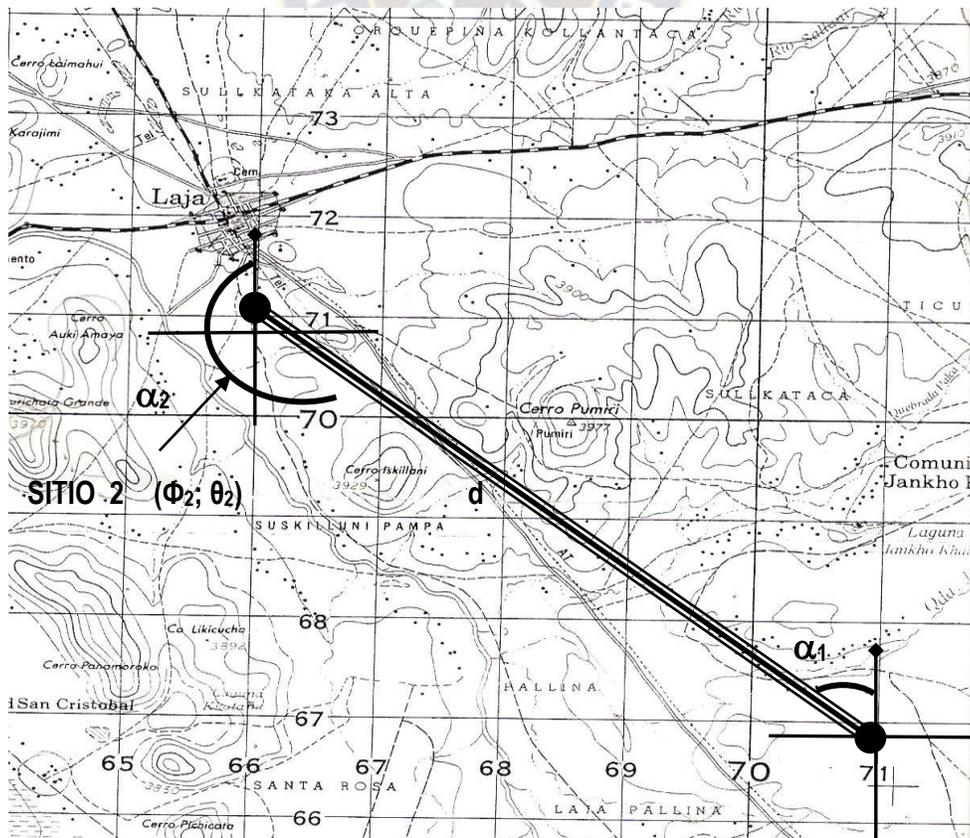
2 PUNTO : $d_1=10.05 \text{ km}$, $d_2=6.67 \text{ km}$

$$F_1(m) = 28.65 \text{ metros}$$

En ambos casos no existe obstrucción en el radio enlace.

h) CÁLCULO DEL ÁNGULO AZIMUTAL

Se refiere al ángulo de la dirección horizontal, con el cual deben ser orientadas las antenas respecto al norte en el horizonte (Figura 54).



SITIO 1 ($\Phi_1; \theta_1$) 

Figura 54. Mapa con coordenadas de azimut (Fuente: Yujra J.).

$$\alpha_1 = \alpha_o - \alpha_s \qquad \alpha_2 = \alpha_o + \alpha_s + 180$$

$$\alpha_o = \text{tg}^{-1} \left[\cos \left(\frac{\phi_2 + \phi_1}{2} \right) \cdot \frac{\text{tg} \left(\frac{\theta_2 - \theta_1}{2} \right)}{\text{sen} \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right)} \right] \quad ; \quad \alpha_s = \text{tg}^{-1} \left[\text{sen} \left(\frac{\phi_2 + \phi_1}{2} \right) \cdot \frac{\text{tg} \left(\frac{\theta_2 - \theta_1}{2} \right)}{\cos \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right)} \right]$$

$\alpha_1 = 22.9^\circ$ $\alpha_2 = 202.29^\circ$

i) CÁLCULO DEL ÁNGULO DE ELEVACIÓN

Se refiere al ángulo de la dirección en la vertical, con el cual deben ser orientadas las antenas (Figura 55).

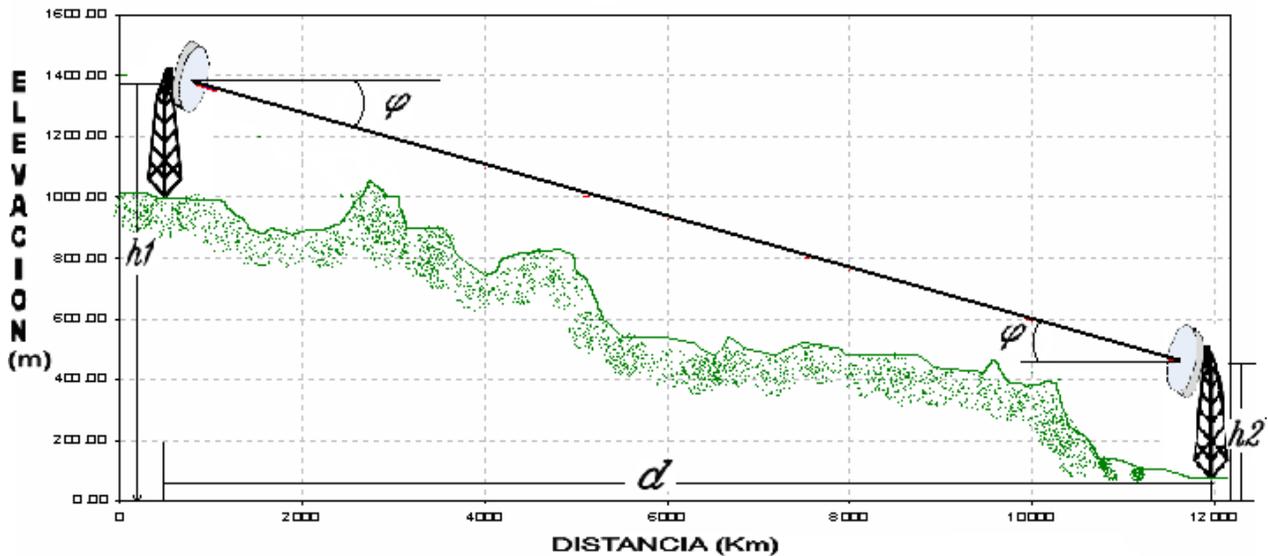


Figura 55. Gráfica de ángulos de elevación (Fuente: Yujra, J.)

$$\varphi = \text{tg}^{-1} \frac{H}{d}$$

Donde:

$$H_{\pm} = h_1 - h_2$$

Entonces:

$$\varphi = \operatorname{tg}^{-1} \frac{h_1 - h_2}{d}$$
$$\varphi = \operatorname{tg}^{-1} \frac{3087.2m - 12184m}{16.72km}$$

$$\varphi = 6.37^\circ$$

3.5.2. SIMULACION DEL ENLACE

Para la simulación del Enlace se utilizó el programa RADIO MOVILE que permite la planificación integral de una red, línea de vista y cálculos de enlace basados en datos del terreno y ángulos de alineación de antena tanto en vertical como horizontal, usa datos de elevación provenientes de diversas fuentes en formato HGT, DTED, GLOBE, SRTM30, GTOPO y los obtiene directamente, también los combina con otros mapas provenientes de la red.

Los datos técnicos para el enlace son:

Frecuencia mínima: 1465 MHz

Frecuencia máxima: 1485 MHz

Polarización: Vertical

Potencia del transmisor: 47dBm

Sensibilidad de recepción: -98 dBm

Ganancia de las antenas: 30dBi

Para comenzar el cálculo se debe obtener la ubicación exacta de las estaciones la Mamora y Guayabillas esto se hace con la ayuda de Google Earth.

1. Se debe poner marcadores en las coordenadas exactas donde se encuentran las estaciones.

2. Con el botón derecho hacemos clic sobre el marcador en el mapa o en la lista de ubicaciones y elegimos la opción *Copiar* (Figura 56)

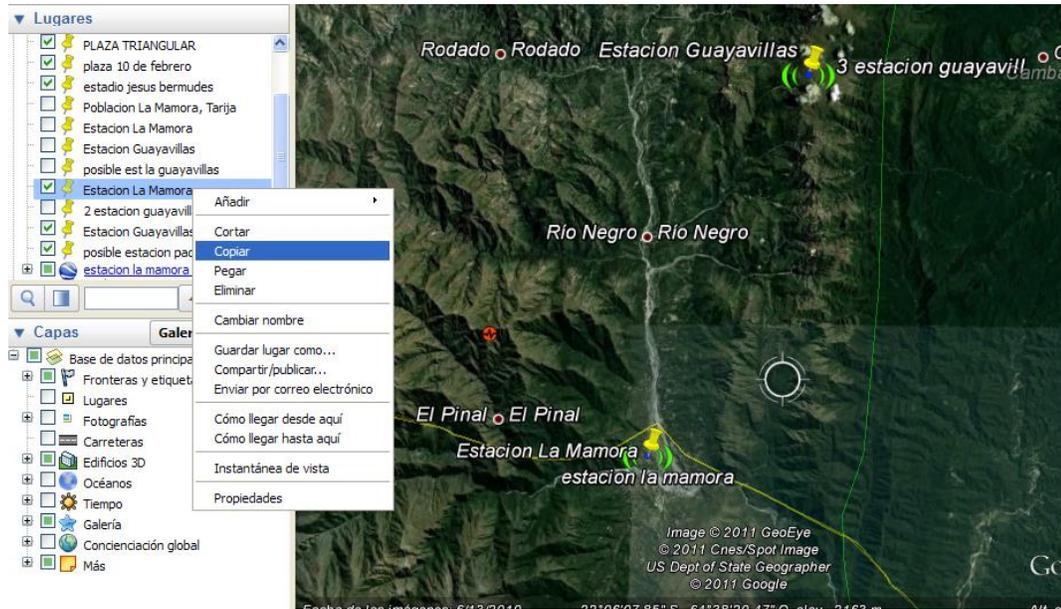


Figura 56. copia de coordenadas de Google Earth

3. En nuestro Radio Mobile hacemos clic sobre el icono unidades . Una vez abierta la ventana, elegimos la *unidad 1* y luego hacemos clic en el botón *Pegar* (Figura 57).

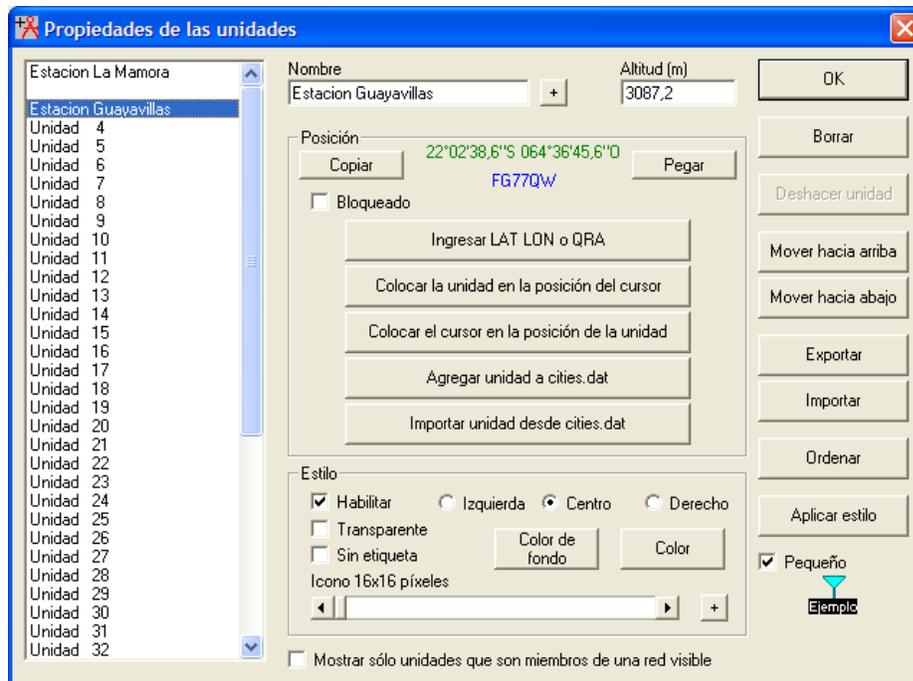


Figura 57. Introducción de coordenadas a Radio Movile

4. Repetimos los pasos 1 y 2 para la estación Guayavillas, para terminar hacemos clic en el botón OK.
5. Si todo salió de manera correcta, en nuestro mapa de Tarija tienen que aparecer ambas unidades, con las coordenadas reales (Figura 58).

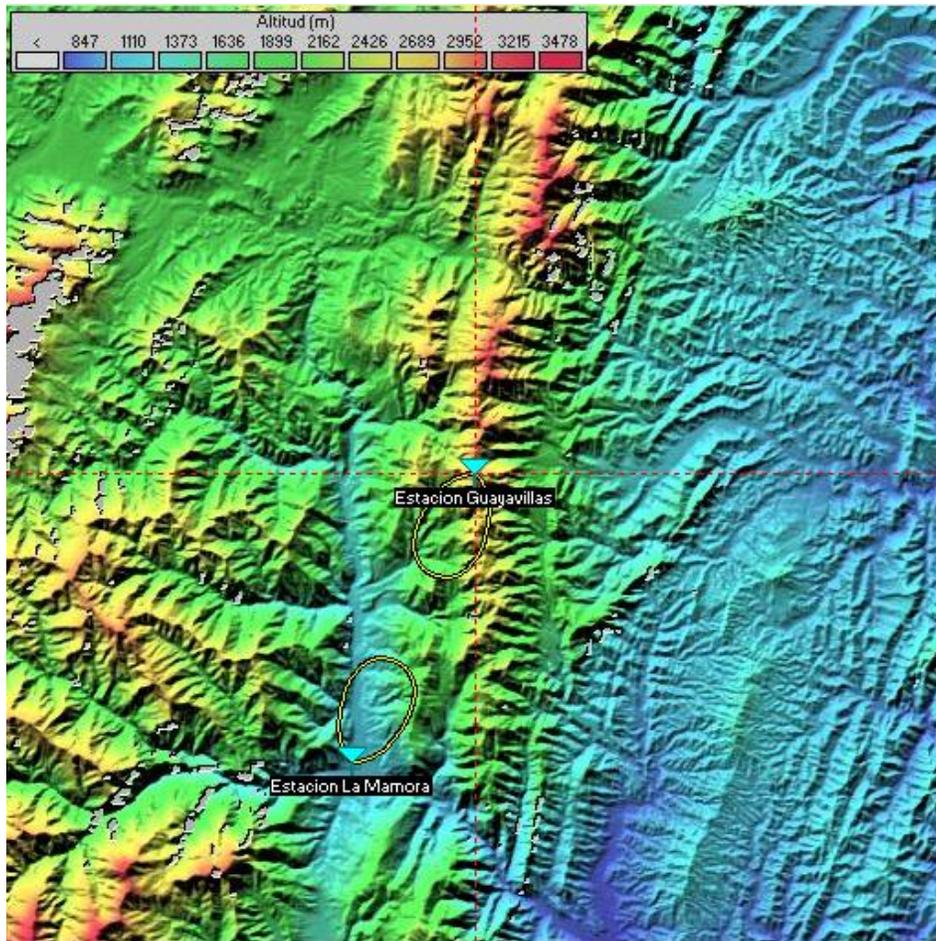


Figura 58. Ubicación exacta de de las estaciones (Fuente: Propia)

6. Una vez tenemos las unidades, tenemos que decir el tipo de red para el cual vamos a realizar el cálculo así como la frecuencia y demás valores necesarios para un cálculo lo más aproximado posible.
7. Para ello hacemos clic en el botón para las propiedades de las redes . Nos aparecerá la primera ventana donde vamos a asignar los siguientes datos (Figura 59):

Nombre de la red --> Enlace La Mamora - Guayavillas

Frecuencia mínima --> 1465 MHz

Frecuencia máxima --> 1485 MHz

Polarización --> Vertical.

Modo estadístico --> Accidental.

- a. % de tiempo --> 90.
- b. % de situaciones --> 97

Pérdida adicional --> bosque.

- c. % --> 15.

Clima --> Continental templado.

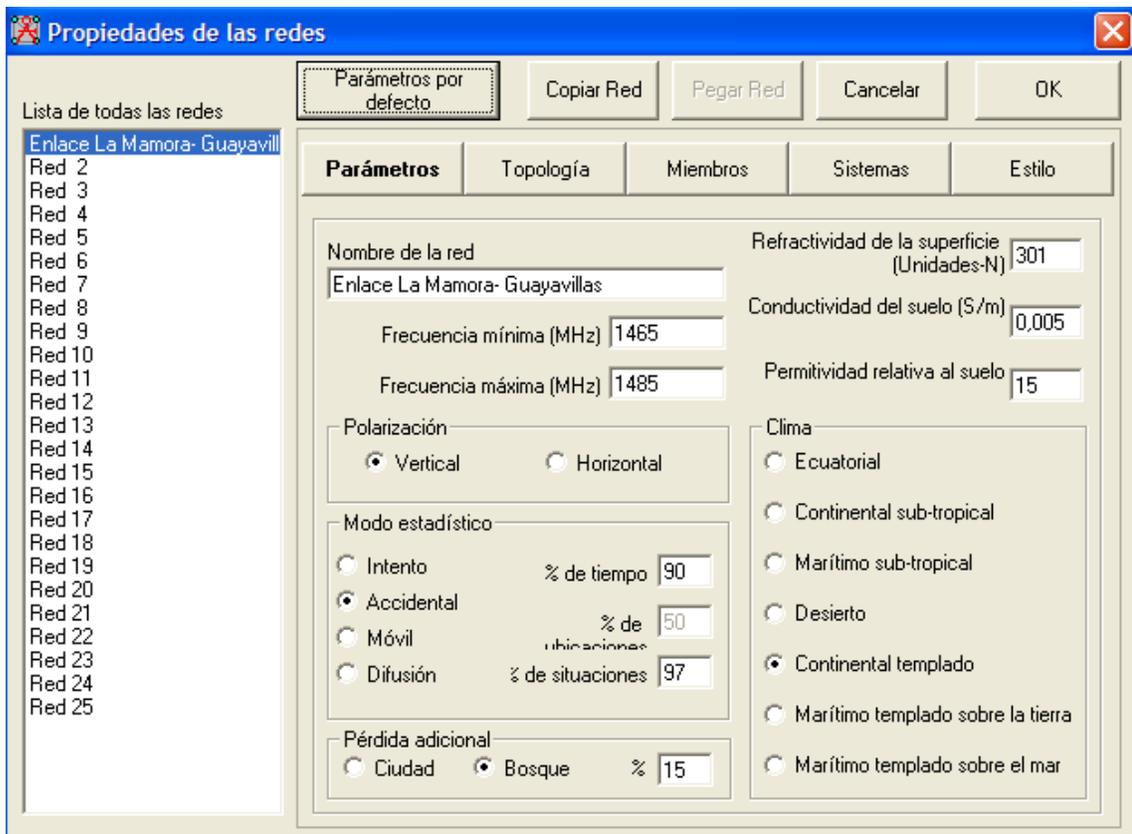


Figura 59. Configuración de parámetros.

8. Una vez tenemos configurados los parámetros de nuestra red, pasamos al apartado *Topología*, donde vamos a elegir el tipo *Red de datos, cluster (Nodo/Terminal)* (Figura 61)

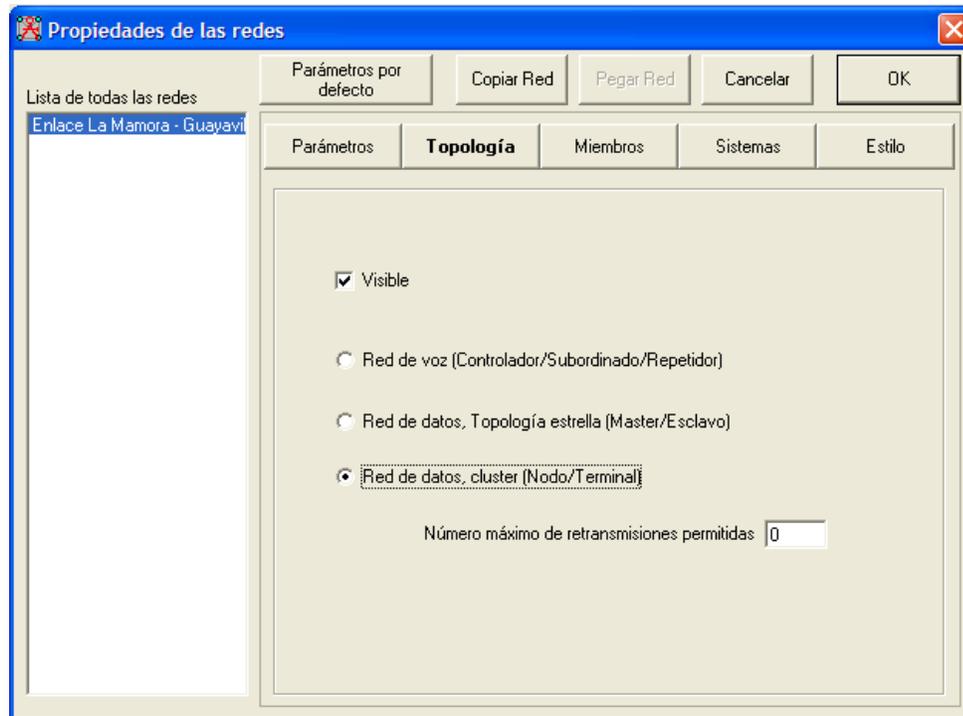


Figura 61 Configuración de topología de la red.

9. Ahora pasamos al apartado Sistemas (Figura 62), donde vamos a indicar las potencias de nuestros dispositivos así como las ganancias de las antenas, Elegimos el Sistema 1, a continuación en el desplegable de la derecha referente al Radiosys elegimos cualquiera menos el 00 (VHF-UHF), nosotros elegimos el 02. A continuación introducimos los siguientes datos de configuración:

- Nombre del sistema → Enlace la Mamora
- Potencia del Transmisor → 47 dBm.
- Umbral del Receptor → -98 dBm.
- Tipo de antena → corner.ant
- Ganancia de antena → 30 dBi.

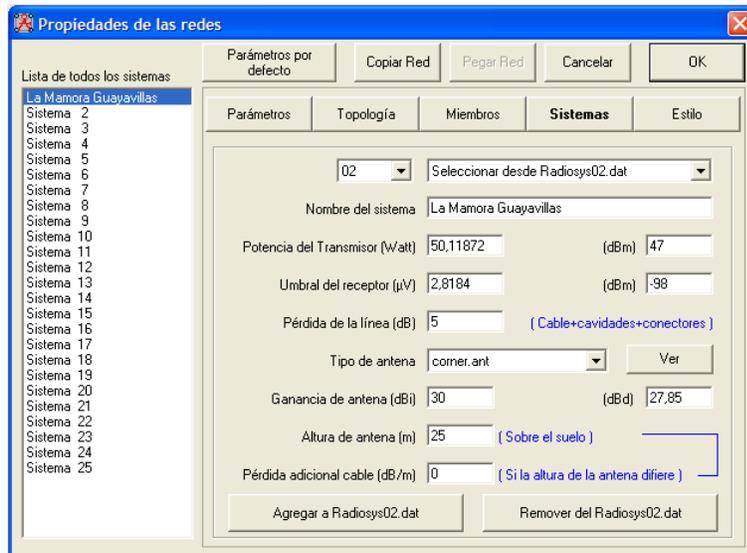


Figura 62. Introduciendo datos del sistema.

10. Por último, vamos al apartado Miembros donde vamos a elegir las unidades y asociarlas al sistema, así como hacia donde se orienta la antena.

11. En nuestro caso La Mamora será el nodo y Guayavillas la terminal, seleccionamos ambas unidades y elegimos su Rol así como al sistema perteneciente. En la dirección de la antena indicaremos que La Mamora apunta hacia Guayavillas y viceversa. Una vez terminado hacemos clic en el botón *OK* (Figura 63).

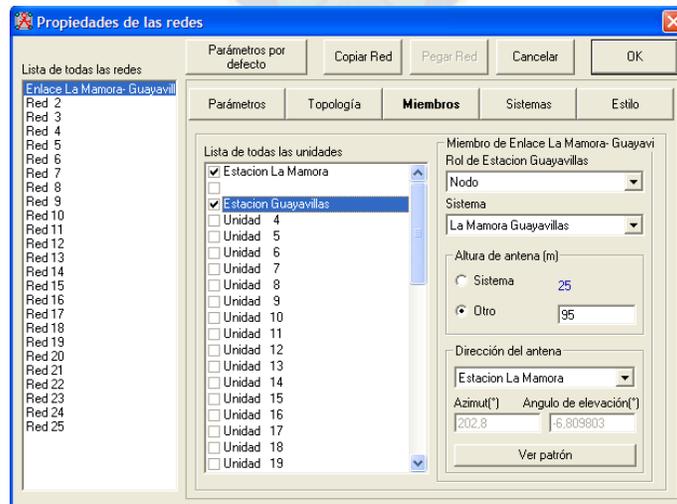


Figura 63. Designación de nodo y terminal

12. Una vez configurado todos los parámetros, vamos a realizar el cálculo e interpretación para ello vamos clic en el icono enlace de radio .
13. Esto nos mostrará una pantalla donde aparece la elevación del terreno así como nuestros dos dispositivos, la primera interpretación que podemos hacer es que no es viable el enlace. De todos modos no hemos puesto aún las alturas de las antenas.
14. Uno de los valores más importantes es el Nivel RX en dBm, cuanto menor sea mejor calidad tendrá el enlace, lo ideal es que se encuentre entre -40 y -80 dBm. En nuestro caso tenemos -51.1 dBm por lo que el enlace se efectuaría (Figura 64).

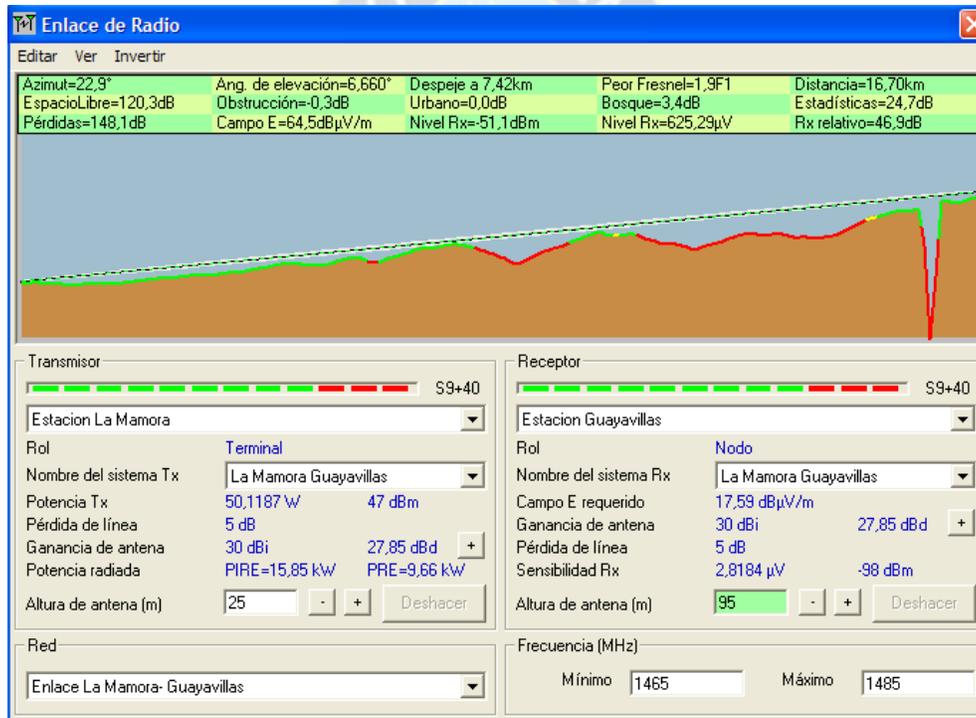


Figura 64. Enlace concluido entre las estaciones La Mamora y Guayavillas

4.1. CONCLUSIONES

- Se logró describir las diferentes etapas que implican los programas Radio Mobile y Google Earth para realizar una simulación de trayectoria de enlace.
- Se realizó la simulación de la línea de la trayectoria del enlace entre las poblaciones rurales “La Mamora” y Guayavillas, mediante la aplicación de los programas Radio Mobile y Google Earth, demostrándose además la importancia de la aplicabilidad de un programa informático.
- Los cálculos de enlace obtenidos mediante el programa informático Radio Mobile se asemejan a los resultados de los cálculos teóricos obtenidos mediante fórmulas, demostrándose de esta manera la importancia del uso de programas informáticos fiables para reducir y optimizar el tiempo de trabajo en el área de las telecomunicaciones.
- Este trabajo ha permitido la descripción de los pasos a seguir y que pueden ser aplicados en cualquier situación geográfica, para la instalación de una estación de telefonía celular y la simulación de la trayectoria del enlace una estación a otra.
- Se ha dado una visión global de los trabajos que se realizan en una instalación de este tipo, así como la multitud de personas calificadas que intervienen en cada parte del proyecto.
- La aplicabilidad de programas informáticos de simulación en el campo de las telecomunicaciones son importantes para una óptima realización de un trabajo profesional.

4.2. BIBLIOGRAFÍA

Comité de normalización mexicano Cargador y banco de baterías, PEMEX, 24pp. 2008.

<http://www.pemex.com/files/content/NRF-196-PEMEX-2008-F.pdf>

NOM-056-SCT1-1993. Definiciones para fuentes de alimentación utilizadas en telefonía.

IEEE C.57.18.10:1998 (R2003). IEEE Standard practices and requirements for semiconductor power rectifier transformers (Estándar de prácticas y requerimientos para transformadores rectificadores con semiconductores de potencia).

IEEE 1115:2000. IEEE Recommended practice for sizing nickel-cadmium batteries for stationary applications (Prácticas recomendadas para el dimensionamiento de baterías níquel-cadmio para aplicaciones fijas).

NEMA ICS 4:2000. Industrial automation control products and system section. Terminal blocks (Terminales).

NEMA PE 5:1997 (R2003). Utility type battery chargers (Cargadores de baterías tipo suministro).

NEMA PE 7:1996. Communications type battery chargers (Cargadores de baterías tipo comunicaciones).

GNT-SSNP-E001-2005. Especificación - Cargador y banco de baterías, DCIDP-PEMEX, 2005.

ESP-L-7721. Especificación eléctrica – Cargador y banco de baterías, PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BASICA, 2000.

CFE V7200-48. Especificación – Cargador de baterías, COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, 1999.

Escudero A. Antenas y Cables. 2004

http://www.tendencias21.net/La-telefonía-movil-llega-a-zonas-rurales-sin-necesidad-de-electricidad_a4117.html

http://www.guzman-nacich.com.ar/torres_autosoportadas.html

http://www.construaprende.com/Telecomunicaciones/tipos_torres.html

<http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/4819539/Torres-de-Celulares.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_vulcanizada

<http://www.ttsl.es/cintas-adhesivas/una-cara/53-cinta-autovulcanizante>

<http://www.paramowifix.net/antenas/antsec.pdf>

http://www.eslared.org.ve/tricalcar/08_es_antenas_y_cables_guia_v01%5B1%5D.pdf

<http://www.ine.gob.bo/default.aspx>

<http://asterion.almadark.com/2010/04/20/como-funciona-la-telefonía-celular/>

http://www.gencat.cat/web/multimedia/cas/antenes/index_htm.htm

<http://www.monografias.com/trabajos16/telecomunicaciones/telecomunicaciones.shtml>

<http://es.kioskea.net/contents/telephonie-mobile/gsm.php3>

http://es.wikipedia.org/wiki/Antena#Antenas_sectoriales

http://www.gencat.cat/web/multimedia/cas/antenes/index_htm.htm

<http://www.radiocomunicaciones.net/radio-enlaces.html>



