

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRICA Y
ELECTRONICA**

**ESTUDIO DE LOS REPETIDORES SOMBRA AZUL PARA LA
COBERTURA CELULAR EN LA CARRETERA QUITO –
CALACALÍ - LA INDEPENDENCIA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**EDISON HOMERO, GUALOTUÑA FERNANDEZ
homerogufer69@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING RAMIRO EDUARDO, MOREJON TOBAR
ramiro.morejo@epn.edu.ec**

Quito, Diciembre 2014

DECLARACIÓN

Yo Edison Homero Gualotuña Fernández, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Edison Homero Gualotuña Fernández

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Edison Homero Gualotuña Fernández, bajo mi supervisión.

Ing. Ramiro Morejón Tobar
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Al finalizar un arduo trabajo como es el desarrollo de mi tesis de grado y a la vez la finalización de mi carrera es inevitable no sentir una satisfacción personal, sin embargo es claro indicar que esto no hubiera sido posible sin la ayuda y el aporte de las personas que pusieron su granito de arena en esta tarea, es por esto que aprovecho este espacio para agradecer infinitamente a Dios por la vida otorgada, a mis padres quienes me apoyaron día a día con mucha fortaleza y amor, a mis profesores a lo largo de todo el tiempo que estuve en esta institución, les agradezco por todos los conocimientos compartidos y consejos dados desinteresadamente los mismos que me servirán a lo largo de mi carrera y de mi vida.

Agradezco al Escuela Politécnica Nacional por su labor encaminada al ámbito de la educación con calidad y responsabilidad, por todo lo antes mencionado presento mi gratitud.

Gracias de todo corazón

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis metas profesionales, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino era duro y largo, a ustedes por su ayuda y amor, siempre mi corazón y mi agradecimiento

A mis padres Efraín y Gloria y a mi esposa Margarita

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
RESUMEN.....	viii
CAPÍTULO 1. TECNOLOGÍA GSM Y CDMA.....	1
1.1 Descripción de las tecnologías GSM y Repetidores de Señal.....	1
1.1.1 Antecedentes de la telefonía celular.....	1
1.1.2 Técnicas de transmisión celular.....	3
1.1.3 Arquitectura GSM.....	4
1.1.3.1 Estación Móvil.....	4
1.1.3.2 Subsistema de Estación.....	4
1.1.3.3 Subsistema de conmutación y Red.....	5
1.1.4 Niveles de Comunicación GSM.....	6
1.1.5 Movilidad GSM.....	7
1.1.6 Servicios GSM.....	8
1.1.7 Canal de Radio GSM – TDMA.....	9
1.1.8 Características de seguridad GSM.....	10
1.1.9 Autenticación GSM.....	12
1.1.10 Cobertura GSM.....	13
1.1.11 Algunas desventajas de GSM sobre CDMA.....	14
1.1.12 Desarrollo de una llamada GSM.....	15
1.1.13 Ventajas y desventajas ante otras tecnologías.....	16
1.1.13.1 Ventajas.....	16
1.1.13.2 Desventajas.....	17
1.2 Tecnología CDMA.....	18
1.2.1 Características.....	18
1.2.1.1 La sincronización.....	21
1.2.1.2 El control de potencia.....	21
1.2.1.3 Espectro disperso o espectro ensanchado.....	22
1.2.1.4 Análisis del acceso múltiple por división de código.....	22
1.2.1.5 Desarrollo de una llamada CDMA.....	23
1.2.2 Ventajas y desventajas ante otras tecnologías.....	24
1.2.2.1 Ventajas.....	24
1.2.2.2 Desventajas.....	25

CAPÍTULO 2. ESTUDIO DE LOS REPETIDORES DE SEÑAL CELULAR	27
2.1 Repetidor Celular.....	27
2.1.1 Utilización de micro estaciones base.....	29
2.1.2 Despliegue de los repetidores.....	29
2.2 Clasificación de los repetidores celulares.....	30
2.2.1 Repetidores celulares sobre soporte físico.....	31
2.2.1.1 Repetidores sobre cable coaxial.....	32
2.2.1.2 Repetidores sobre cable de pares.....	32
2.2.1.3 Repetidores sobre fibra óptica.....	33
2.2.2 Repetidores celulares sobre enlace inalámbrico.....	33
2.2.2.1 Repetidores sobre enlace infrarrojo.....	34
2.2.2.2 Repetidores de radio.....	34
2.2.2.3 Repetidor Sombra Azul.....	35
2.3 Frecuencia de trabajo de los repetidores.....	37
2.3.1 Utilización simple de frecuencias asignadas.....	37
2.3.2 Utilización especial de frecuencias UMTS.....	37
2.3.2.1 ICS (Interference Cancelatin System).....	38
2.4 Consideraciones generales sobre los repetidores.....	38
2.4.1 Control automático de ganancia.....	39
2.4.2 Canal de servicio.....	39
2.4.3 Ganancia fuera de banda.....	39
CAPÍTULO 3. COSTOS PARA LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS	40
3.1 Objetivo.....	41
3.2 Consideraciones Iniciales.....	41
3.3 Calculo del costo de un BTS.....	41
3.3.1 Obra civil lotes.....	42
3.3.2 Cerramiento perimetral.....	43
3.3.3 Monopolo.....	44
3.3.4 Obra losa de equipos y cubierta.....	45
3.3.5 Sistema Puesta en tierra externo.....	46
3.3.6 Obras eléctricas.....	47
3.3.7 Equipo de red acceso 2G y energía DC.....	48
3.3.8 Costo total de BTS 2G.....	50
3.4 Calculo del costo de un repetidor celular.....	51
3.4.1 Obra civil.....	52
3.4.2 Cerramiento perimetral.....	52
3.4.3 Torreata.....	53
3.4.4 Sistema Puesta a tierra.....	54
3.4.5 Equipo de fuerza DC.....	54
3.4.6 Equipo repetidor y sistema radiante.....	54
3.4.7 Costo total del repetidor.....	55

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	56
4.1 Conclusiones.....	56
4.2 Recomendaciones.....	57
BIBLIOGRAFIA.....	58
ANEXOS.....	59

RESUMEN

El Presente análisis tiene que ver con un estudio de las radio bases celulares GSM y repetidores sombra azul que son una opción tecnológica para poder realizar una comunicación celular, el cual es requerido para la implementación de antenas celulares a través de la carretera Calacalí – La Independencia.

La carretera Calacalí – La Independencia tiene el fin de ser un vínculo para la instalación y ejecución de la red de telecomunicaciones GSM con sus respectivas repetidoras sombra azul como ampliación de cobertura sobre las estaciones existentes.

Se realizó un análisis de los costos de ambas tecnologías en la cual se pudo obtener como resultado que el costo total de la estación GSM es de 69.672,84 \$ sin impuestos y el costo total de un repetidor sombra azul es de 11.212,87 \$ sin impuestos, las cuales serán propuestas como solución a lo largo de la carretera Calacalí- la Independencia para la ampliación de cobertura del servicio de telecomunicación en el sector.

Los equipos, materiales, herramientas fueron cotizados mediante preciaros pre-establecidos por la EMMAP-Q, y empresas dedicadas al sector de las Telecomunicaciones para la construcción de las estaciones a través de la carretera Calacalí-La Independencia.

Las empresas de Telecomunicaciones tienen un departamento de O&M (Operación y Mantenimiento) para tener sus equipos en óptimas condiciones mediante mantenimientos programados a sus estaciones con una periodicidad de 3 meses y mantenimientos correctivos emergentes para actuar de manera efectiva ante cualquier problema registrado en la red celular.

CAPITULO I

TECNOLOGIAS GSM Y REPETIDORES DE SEÑAL

1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS GSM Y REPETIDORES

Se realiza un estudio de las radio bases celulares GSM, así como también de los repetidores sombra azul

1.1.1 ANTECEDENTES DE LA TELEFONÍA CELULAR

La telefonía celular en el mundo da sus primeros pasos cuando Martin Cooper introduce el primer radioteléfono en 1973 en Estados Unidos (EUA), mientras trabajaba para la compañía Motorola. Al Sr. Cooper se le considera como "el padre de la telefonía celular" al desarrollar y poner a prueba el primer teléfono portátil, DynaTac, de la compañía Motorola. Años después, en 1979 aparece el primer sistema comercial en Tokio Japón por la compañía NTT (Nippon Telegraph & Telephone Corp). En EUA aparece el primer sistema comercial hasta 1983 en la ciudad de Chicago. A partir de este momento, en Europa, Latinoamérica y otros rincones del mundo, empiezan a operar diversas compañías de telefonía celular a ofrecer el servicio en sus respectivas regiones.

Lo anterior, era mediante la tecnología analógica FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencias, Frequency División Múltiple Access); pero esta tecnología tenía muchísimas limitantes; por lo cual se comenzaron a desarrollar otras tecnologías, para hacer más eficiente la operación. Es cuando se empezaron a utilizar las tecnologías digitales; es así como surgieron las bases de las tecnologías celulares que se emplean a la fecha: El TDMA, y el CDMA (en su generación inicial).

Europa empezó la era de la telefonía celular con 5 interfaces de aire analógicas e incompatibles entre sí. Para estandarizar todos estos sistemas en uno sólo, con roaming transparente en todos los países, se crea GSM (conocido también como Global System for Mobile Communications) por el organismo CEPT (Conférence

européenne des administrations des postes et des télécommunication por sus siglas en Frances)

En 1982 La Comisión Europea emite una orden en la cual *sugiere* a los países miembros reservar la banda de 900 MHz para GSM. En 1985, el CCITT (Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony - Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) creó una lista de recomendaciones técnicas para el sistema GSM. En la actualidad las especificaciones GSM son responsabilidad de la ETSI. En enero de 1992 la primera compañía celular con GSM, Oy Radiolinja AB, empieza a operar en Finlandia.

Las primeras redes celulares del mundo fueron introducidas en los años 80, usando tecnologías de radio análogas. Dentro de algunos años, los sistemas celulares llegaron a saturarse en su capacidad mientras que millones de nuevos suscriptores exigían más tiempo aire, ya que las llamadas sin completar y comunicaciones perdidas eran comunes. Para superar dichos inconvenientes de tráfico, se desarrollaron nuevas tecnologías, mismas que llegaron a soportar de tres a cuatro veces más capacidad que sistemas análogos.

El desarrollo de estas nuevas tecnologías constituye una solución de comunicaciones vía radio que se enmarca en lo que se ha dado en llamar la segunda generación de sistemas de radio (conocida como 2G), una generación de carácter celular digital que aparece a principios de los años 90 como continuación de la primera, basada en tecnología analógica. La generación 2G definió su origen en 1992, coincidiendo con el despliegue de GSM. De hecho, 2G está conformada por los sistemas GSM y CDMA. Sin embargo, en los momentos en que se gestó 2G todavía no era latente la creciente popularidad de Internet. En consecuencia, estos sistemas no fueron diseñados con la capacidad suficiente para proporcionar el acceso a Internet de alta velocidad.

1.1.2 TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN CELULAR

Técnicas que se emplearon para la transmisión celular en modo Analógico

FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencias, Frecuencia División Múltiple Access) Técnicas base de transmisión celular en modo Digital puede ser usada con señales análogas y digitales.

TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo, Time División Múltiple Access) Es un método de acceso al canal para redes de medio compartido.

CDMA (Acceso Múltiple por División de Código, Code División Múltiple Access) Es un método de acceso al canal utilizado por diversas tecnologías de la radio comunicación.

En realidad, sólo hay dos modos físicos de transmisión de señal por medios electrónicos: Digital y Analógica.

A partir del modo Digital, surge la técnica base TDMA, a partir del TDMA surgen las marcas PDC y GSM.

A partir del modo Digital surge la técnica base CDMA, en sus diferentes generaciones (CDMA2000 es la tercera generación del CDMA)

El PDC (Personal Digital Celular), así como el GSM, es otro sistema basado en TDMA y solo es usado en Japón pero por la similitud y alianzas de negocios, comparte elementos de GSM.

GSM: Sistema Global para Comunicaciones Móviles es una tecnología inalámbrica de segunda generación (2G) que presta servicios de voz de alta calidad, así como servicios de datos conmutados por circuitos en una amplia gama de bandas de espectro, entre ellas las de 850, 900, 1800 y 1900 MHz. GSM es una tecnología digital además de utilizarse "GSM" como nombre genérico para denominar a una familia de tecnologías que incluye GPRS, EDGE y UMTS/HSDPA, que provee una evolución fluida y costo-efectiva a la tercera generación (3G).

GSM permite que varios usuarios compartan un mismo canal de radio merced a una técnica llamada multiplexado por división de tiempo (TDM). Para la transmisión, a cada llamada se le asigna una ranura de tiempo específica, lo que permite que múltiples llamadas compartan un mismo canal simultáneamente sin interferir con las demás. Este diseño garantiza un uso efectivo del espectro y provee siete veces mayor capacidad que la tecnología analógica o "AMPS", que es una tecnología de primera generación (1G). GSM también utiliza una técnica llamada "frecuencia hopping" (salto de frecuencias) que minimiza la interferencia de las fuentes externas.

1.1.3 ARQUITECTURA GSM

La arquitectura GSM consta de varios Subsistemas:

1.1.3.1 Estación Móvil (MS)

Se trata de teléfonos digitales que pueden ir integrados como terminales en vehículos, pueden ser portables e incluso portátiles. Un dispositivo SIM (Subscriber Identify Module) que es básicamente la tarjeta que proporciona la información de servicios e identificación en la Red.

1.1.3.2 Subsistema de Estación (BSS)

Es una colección de dispositivos que soportan el interface de radio de redes de conmutación. Los principales componentes del BSS son:

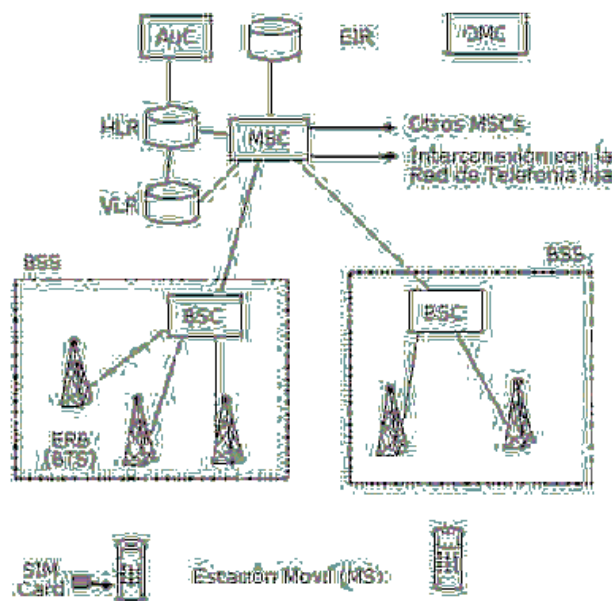
- Estación Base Transmisora Receptora (BTS) - Consta de los módems de radio y el equipo de antenas.
- Estación Base Controladora (BSC) - Gestiona las operaciones de radio de varias BTS y conecta a un único NSS (Network and Switching Sub-System)

1.1.3.3 Subsistema de Conmutación y Red (NSS)

Proporciona la conmutación entre el subsistema GSM y las redes externas PSTN (Public Switched Telephone Network), PDN (Public Data Network), junto con las bases de datos utilizadas para la gestión adicional de la movilidad y de los abonados. Consta de los siguientes subsistemas:

- Centro de conmutación de Servicios Móviles MSC (Mobile Switching Center).
- Registros de Localización Doméstico y de Visitas HLR-VLR (Home Location Register – Visitor Location Register)
- Las bases de datos de HLR y VLR se interconectan utilizando la Red de Control SS7 (Signalling System N7).
- Subsistema de Operaciones OSS (Operation Support System) Responsable del mantenimiento y operación de la Red, de la gestión de los equipos móviles y de la gestión y cobro de cuota.

Grafico 1.- Arquitectura del Sistema GSM



1.1.4 NIVELES DE COMUNICACIÓN DE GSM

GSM necesita la utilización de varios protocolos para poder controlar las llamadas, transferir información y proporcionar gestión global del sistema. Desde la MS existen 4 niveles para la comunicación:

- Interface RF (Radio Frecuencia) a la BTS.
- Nivel de gestión de Recursos de Radio (RR) al BSC.
- Gestión de la movilidad (MM).
- Gestión de las comunicaciones (CM) al registro VLR del MSC.

El de transmisión entre la MS y la BTS es el único componente que es único a las redes celulares GSM, modificado para funcionar sobre diferentes frecuencias en el caso de PCS y reemplazado totalmente en el caso de sistemas de comunicación por satélite. El interfaz entre la MS y la BTS consta de un canal TDMA de salto de frecuencia que se divide en varios sub canales, unos se utilizan para la transmisión de información de usuario y el resto los utilizan los protocolos de control convenidos. Para incrementar la vida de la batería y reducir la interferencia entre estaciones, los transmisores de la MS y de la BTS adaptan automáticamente su potencia de transmisión. Se utilizan 9 canales en el interfaz aéreo:

- FCCH (Frequency Correction Channel) - Información de Frecuencias.
- SCH (Synchronization Channel) - Sigue a la ráfaga FCCH, proporciona una referencia para todas las ranuras de una frecuencia dada.
- PAGCH (Page Channel) - Transmisión de Información de paginación que se pide en el establecimiento de una llamada a una estación móvil (MS).
- RACH (Random Access Channel) - Canal no limitado utilizado por la MS para pedir conexiones desde la red terrestre.
- CBCH (Cell Broadcast Channel) - Transmisión no frecuente de difusiones.

- BCCH (Broadcast Control Channel) - Información de estado de acceso a la MS.
- FACCH (Fast Associated Control Channel) - Control de los "Handovers" (Paso de un usuario móvil de una célula a otra).
- TCH/F (Full-rate Channels) - Para voz a 13 Kbps o datos a 12, 6 o 3,6 Kbps.
- TCH/H (Half-rate Channels) - Para voz a 7 Kbps o datos a 6 o 3,6 Kbps.

El salto lento de frecuencias se utiliza en los canales de tráfico que están centrados a intervalos de 200 KHz entre 890 y 915 MHz y 935 y 960 MHz. Utilizando el salto de frecuencias lento, se obtiene una diversidad de frecuencias que mejora la calidad de la señal global pero no da fuerza a los canales de ruido. Cada ráfaga de transmisión se completa antes de conmutar las frecuencias. Los protocolos RR son responsables de la asignación y reasignación de canales de tráfico entre la MS y la BTS. Estos servicios son:

- Controlar el acceso inicial al sistema.
- Pagar para llamadas terminadas en el móvil.
- "Handover" de llamadas entre células.
- Control de Potencia.
- Terminación de llamadas.

Los protocolos RR proporcionan los procedimientos para la utilización, asignación, reasignación y liberación de los canales GSM.

1.1.5 MOVILIDAD GSM

Una de las características principales utilizadas en todas las redes GSM y satélite, es la capacidad para soportar el "roaming" (poder cambiar de un país a otro...viajar) de los usuarios. Utilizando la red de señalización de control, los MSC interactúan para localizar y conectar a los usuarios en toda la red. Los "Registros de Localización" se encuentran incluidos en las Bases de Datos del MSC para ayudar a la función de determinar cómo y si las conexiones deben realizarse para

los usuarios itinerantes (usuarios Roaming). Cada usuario de una estación móvil GSM tiene asignado un HLR que se utiliza para contener la localización del usuario y los servicios del abonado en cuestión ;). Un registro separado, denominado VLR se utiliza para seguir la pista de localización de un usuario.

Cuando el usuario cruza el área cubierta por el HLR, la estación móvil notificará una nueva VLR de su paradero actual

El VLR a su vez utiliza la red de control para señalar la HLR de la nueva localización de la estación móvil. Utilizando esta información, las llamadas terminadas en el móvil se pueden encaminar al usuario utilizando la información de localización contenida en el HLR del usuario.

1.1.6 SERVICIOS GSM

El nivel de gestión de comunicaciones proporciona 3 clases de servicios primarios:

- 1.- Control de llamadas
- 2.- Servicios Suplementarios
- 3.- Servicio de Mensajes Cortos

Los servicios de control de llamadas son responsables del encaminamiento de llamadas, determinar quién es el responsable de los costos de la llamada y la organización que tiene que recibir el pago. Los servicios suplementarios son el reenvío de llamadas, llamada en espera, aviso de cargo, passwords, etc.

El nivel de gestión de las comunicaciones incluye servicios para manipular servicios de mensajes cortos, que son más eficientemente manipulados utilizando transferencias orientadas a paquetes que las conexiones tradicionales de conmutación de circuitos soportadas por el sistema GSM principal.

1.1.7 CANAL DE RADIO GSM – TDMA

Otras características del interface de canal de radio son la alimentación de tiempo adaptativa, la modulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) que es un esquema de modulación digital, la transmisión y recepción discontinua y el salto de frecuencia lento. La alineación de tiempo adaptativa permite a la estación móvil corregir su ranura de tiempo de transmisión para retardos de propagación. La modulación GSMK proporciona eficiencia espectral e interferencia fuera de banda baja requerida en el sistema GSM. La transmisión y recepción discontinua se refiere a la caída de potencia de la estación móvil durante períodos de inactividad y sirve al doble propósito de reducir la interferencia entre canales y aumentar el tiempo de vida de la batería de la unidad portable.

El salto de frecuencias lento es una característica adicional del interfaz de canal de radio GSM que ayuda a contrarrestar efectos de desvanecimiento Rayleigh (dispersión de la luz visible) y de la interferencia entre canales.

Los distintos canales lógicos que son convertidos en la estructura de tramas TDMA pueden ser agrupados en canales de tráfico (TCHs) utilizados para transportar voz o datos de usuario y canales de control (CCHs) utilizados para transportar señalización y datos de sincronización. Los canales de control se dividen en:

- Canales de control de difusión
- Canales de control común
- Canales de control dedicados

Cada ranura de tiempo dentro de una trama TDMA contiene datos modulados denominados ráfaga. Existen cinco tipos de ráfagas:

- Normal
- Corrección de frecuencia
- Sincronización
- "Dummy" (de relleno)
- Ráfagas de acceso

La tasa de bits del canal de radio es de 270,833 Kbps que corresponde a la duración de una ranura de tiempo de 156,25 bits. La ráfaga normal se compone de una secuencia de arranque ("start") de tres bits, 116 bits de carga útil ("payload"), 26 bits de secuencia de entrenamiento utilizada para ayudar a contrarrestar los efectos de la interferencia multicamino, 3 bits de secuencia de parada ("stop") necesitados por el codificador de canal y un período de guarda (de una duración de 8,25 bits) que es un "colchón" para permitir tiempos de llegada diferentes de ráfagas en ranuras de tiempo adyacentes desde estaciones móviles dispersas geográficamente. Dos bits de la carga útil de 116 bits se utilizan por el canal de control asociado rápido (FACCH) para señalar que una ráfaga dada ha sido tomada, dejando un total de 114 bits de carga útil. El algoritmo de codificación de voz utilizado en GSM está basado en un codificador predictivo lineal excitado por impulso rectangular con predicción a largo término (RPE-LTP).

El codificador de voz produce muestras a intervalos de 20 milisegundos a una tasa de bits de 13 Kbps, produciendo 260 bits por muestra o trama. Estos 260 bits se dividen en 182 bits de clase 1 y 78 bits de clase 2 basándose en una evaluación subjetiva de su sensibilidad a los errores de bits, siendo los bits de clase 1 los más sensibles. La codificación de canal supone la adición de bits de comprobación de paridad y codificación convolucional de media tasa de la salida de 260 bits del codificador de voz. La salida del codificador de canal es una trama de 456 bits, que se divide en 8 componentes de 57 bits y se entremezcla ("interleaved") sobre ocho tramas consecutivas TDMA de 114 bits. Cada trama TDMA consta de dos conjuntos de 57 bits procedentes de dos tramas separadas de codificador de canal de 456 bits. El resultado de la codificación de canal y del entremezclado es para contrarrestar los efectos de desvanecimiento de interferencia de canal y otras fuentes de errores de bits.

1.1.8 CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD DE GSM

La seguridad en GSM consta de los siguientes aspectos:

- Autenticación de la Identidad del Abonado
- Confidencialidad de la Identidad del Abonado

- Confidencialidad de los Datos de Señalización
- Confidencialidad de los Datos del Usuario

El abonado se le identifica de forma única utilizando la Identidad de Abonado Móvil Internacional (IMSI). Esta información junto con la clave individual de autenticación de abonado (Ki) constituyen las "credenciales de identificación" sensibles, análogas al ESN (Electronic Serial Number) de los sistemas analógicos como AMPS (Advanced Mobile Phone System) y TACS (Total Access Comunicación Sistema). El diseño de los esquemas de cifrado y autenticación es tal que esta información sensible nunca se transmite por el canal de radio. En su lugar se utiliza un mecanismo de "desafío-respuesta" para realizar la autenticación. Las conversaciones reales se cifran utilizando una clave temporal de cifrado generada aleatoriamente (Kc). La Estación Móvil (MS) se identifica por medio de la Identidad Temporal de Abonado Móvil (TMSI) que emite la red y puede cambiarse periódicamente (por ejemplo durante momentos de no intervención "hand-offs": para mayor seguridad. Los mecanismos de seguridad de GSM se implementan en tres elementos diferentes del sistema:

- El Modulo de Identidad del Abonado (SIM)
- El Aparato portátil GSM también denominado Estación Móvil (MS)
- La Red GSM

El SIM contiene la IMSI, la clave individual de autenticación del abonado (Ki), el algoritmo de generación de claves de cifrado (denominado A8), el algoritmo de autenticación (denominado A3) y el Número de Identificación Personal (PIN). El aparato GSM (portátil o portable) contiene el algoritmo de cifrado (denominado A5). Los algoritmos de cifrado (A3, A5 y A8) también están presentes en la red GSM.

El Centro de Autenticación (AUC), parte del Subsistema de Operación y Mantenimiento (OMS) de la red GSM consta de una Base de Datos de Información de identificación y autenticación de abonados. Esta información consta de la IMSI, de la TMSI, de la Identidad de Área de Localización (LAI) y de la clave individual de autenticación de abonado para cada usuario. Para que

funcionen los mecanismos de autenticación y confidencialidad se requieren tres elementos:

- El SIM
- El aparato GSM
- La red GSM

Esta distribución de credenciales de seguridad y de algoritmos de cifrado proporciona una medida adicional de seguridad para asegurar la privacidad de las conversaciones telefónicas celulares y la prevención de fraude en la telefonía celular. Dentro de la red GSM, la información de seguridad se distribuye entre el AUC (Authentication Center), el Registro de Localización Domestico (HLR) y el Registro de Localización del Visitante (VLR). El Centro de Autenticación (AUC) es responsable de generar los conjuntos de RAND (Numero aleatorio), SRES (Respuesta Firmada) y Kc (clave de cifrado temporal generada aleatoriamente) que se encuentran almacenados en el HLR y en el VLR para su utilización posterior en los procesos de autenticación y cifrado.

1.1.9 AUTENTICACIÓN GSM

La red GSM autentifica la identidad del abonado utilizando un mecanismo de "desafío-respuesta. Se envía a la estación móvil un número aleatorio de 128 bits (RAND). La estación móvil (MS) calcula la respuesta firmada de 32 bits (SRES) basándose en el cifrado del número aleatorio (RAND) con el algoritmo de autenticación (A3) utilizando la clave individual de autenticación de abonado (Ki). Al recibir del abonado la respuesta firmada (RAND), la red GSM repite el cálculo para verificar la identidad del abonado. La clave individual de autenticación de abonado (Ki) nunca se transmite sobre el canal de radio. Está presente en el SIM del abonado, así como en las Bases de Datos del AUC, HLR y VLR. Si el RAND recibido coincide con el valor calculado, la estación móvil ha sido autenticada con éxito y puede continuar. Si los valores no coinciden la conexión se termina y se indica un fallo de autenticación a la estación móvil. El cálculo de la respuesta

firmada (RAND) se realiza dentro del SIM. Esto proporciona mayor seguridad, debido a que la información del abonado confidencial como la IMSI o la clave individual de autenticación del abonado (Ki) nunca salen del SIM durante el proceso de autenticación.

1.1.10 COBERTURA GSM

La Asociación GSM World (GSMA o GSM Association) en las estadísticas de Junio del 2008, dice que GSM es el estándar en telecomunicaciones móviles más extendido en el mundo, con un 82% de los terminales mundiales en uso. GSM cuenta con más de 3000 millones de usuarios en 212 países distintos, siendo el estándar predominante en Europa, América del Sur, Asia y Oceanía, y con gran extensión en América del Norte.

La ubicuidad del estándar GSM ha sido una ventaja tanto para consumidores (beneficiados por la capacidad de itinerancia y la facilidad de cambio de operador sin cambiar de terminal, simplemente cambiando la tarjeta SIM) como para los operadores de red (que pueden elegir entre múltiples proveedores de sistemas GSM, al ser un estándar abierto que no necesita pago de licencias).

En GSM se implementó por primera vez el servicio de mensajes cortos de texto (SMS), que posteriormente fue extendido a otros estándares. Además, en GSM se define un único número de emergencias a nivel mundial, el 112, que facilita que los viajeros de cualquier parte del mundo puedan comunicar situaciones de emergencia sin necesidad de conocer un número local.

1.1.11 ALGUNAS DESVENTAJAS DE GSM SOBRE CDMA

Debido a la frecuente manipulación y tamaño reducido, existe un alto riesgo de perder o dañar la tarjeta SIM, con la subsecuente pérdida de información personal, con lo cual se tiene que reportar forzosamente con el operador correspondiente para el reemplazo, aplicando un costo, en la gran mayoría de los casos.

Un mayor incremento del robo de celulares, ya que simplemente basta con reemplazar el chip que viene con el dispositivo e introducir otro. Por supuesto no hay tecnología infalible contra el robo y otros delitos, sin embargo con el SIM card, los delincuentes tienen el camino más fácil.

En cambio, en el caso de CDMA, el número telefónico está asociado al número de serie (ESN) del aparato telefónico o en aparatos más modernos, en lugar de ESN, se usa el número MEID, lo que hace que en CDMA, sólo una persona con suficientes conocimientos técnicos, pueda migrar el número a otro teléfono. Pero de cualquier forma, en nuevo número de serie del celular, forzosamente tiene que ser registrado en la base de datos del operador CDMA (y no estar reportado por robo o adeudo).

Unos de los propósitos que nunca se mencionan, de la implementación del GSM, es el de quitar la libertad del usuario de cambiar de operador aunque sea un aparato de tu propiedad, y tener un mayor control en qué compañía usas la terminal ya que para cambiar de operador (por supuesto, de la misma tecnología), no basta con darte de alta en el sistema del nuevo operador y reprogramar tu teléfono (como es en CDMA), si no hay que recurrir al desbloqueo de operadora, (En los dispositivos Pocket PC CDMA se hace algo similar; pero simplemente es para cambiar el firmware, no precisamente el operador)

1.1.12 DESARROLLO DE UNA LLAMADA GSM

Paso 1: Un usuario de telefonía llama a la unidad móvil a través de la red pública.

Paso 2: La llamada se enruta a un MSC, el que se encarga de examinar los dígitos marcados y determina que no puede enrutar la llamadas más lejos.

Paso 3: El registro de ubicación HLR interroga al usuario llamado.

Paso 4: El HLR interroga el registro de ubicación del visitante VLR que actualmente está dando servicio al usuario.

Paso 5: El VLR devuelve un número de enrutamiento al HLR que lo devuelve al MSC.

Paso 6: Con este número de enrutamiento, el MSC enruta la llamada al MSC Terminal.

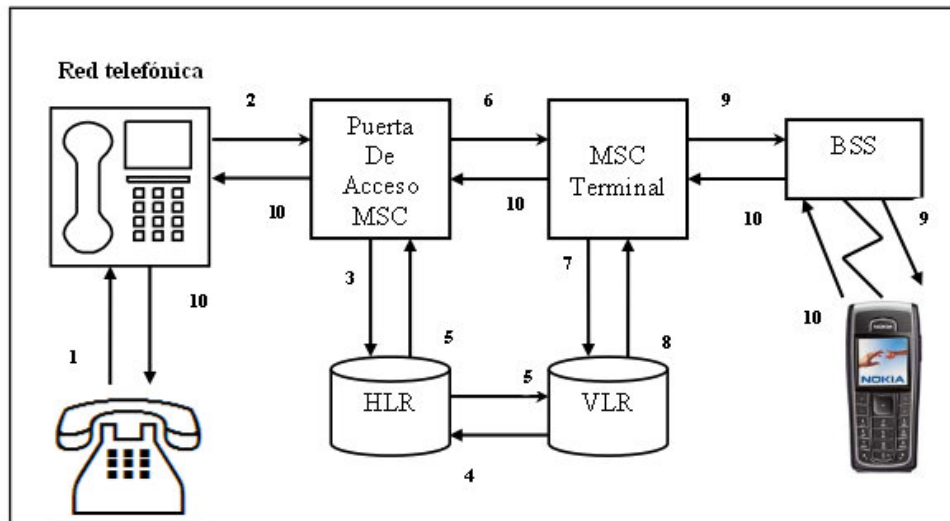
Paso 7: El MSC pide al VLR correlacionar la llamada con el suscriptor.

Paso 8: El VLR realiza la acción que se le solicite.

Paso 9: La BSS recibe una solicitud de notificación del MSC Terminal y envía una señal de notificación.

Paso 10: Cuando la señal de usuario regresa, la llamada se completa.

Grafico 2.- Desarrollo de una llamada GSM



1.1.13. VENTAJAS Y DESVENTAJAS ANTE OTRAS TECNOLOGÍAS.

1.1.13.1. Ventajas.

- GSM incorpora en su sistema GPRS una ventaja tecnológica para brindar servicios 3G.
- Con la implementación de la banda GSM de 850 MHz permitió el crecimiento de esta tecnología en Latinoamérica.
- Roaming internacional.
- Tecnología de implementación relativamente económica en relación a CDMA lo cual permite obtener rentabilidad económica en poco tiempo.
- Uso eficiente del espectro radioeléctrico.

- Facilidad para la transmisión de datos inalámbricos.
- GSM brinda claridad de voz en las llamadas.
- GSM da la facilidad de cambiar de dispositivo móvil mediante el SIM.
- GSM puede operar en cuatro bandas 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz.
- GSM permite el envío y recepción de información multimedia.
- GSM tiene su arquitectura abierta lo cual brinda una compatibilidad con otras tecnologías.

1.1.13.2. Desventajas

- CDMA utiliza el espectro radioeléctrico de una manera más eficiente que GSM.
- GSM no posee el nivel de seguridad que tiene CDMA.
- En CDMA las comunicaciones son codificadas con lo cual se logra una mayor cantidad de enlaces.
- CDMA posee un sistema que le permite una mayor velocidad en la transmisión de datos más o menos unos 144 Kbps.

- CDMA no es propenso a interferencia externa.
- GSM requiere un número mayor de radio bases para brindar una buena cobertura.

1.2. TECNOLOGÍA CDMA.

1.2.1. CARACTERÍSTICAS.

Con CDMA 2000 1X y CDMA20001X EV- DO, para diferenciar a los distintos usuarios, en lugar de frecuencias separadas se usan códigos digitales únicos. Los códigos son conocidos tanto por la estación móvil (teléfono celular) como por la estación base, y se llaman "Secuencias de Código Pseudo-Aleatorio".

Por lo tanto todos los usuarios comparten el mismo rango del espectro radioeléctrico.

En telefonía celular, CDMA es una técnica de acceso múltiple digital especificada por la Asociación de Industria de Telecomunicaciones (TIA) como "IS-95, CDMA usa una tecnología de Espectro Ensanchado, es decir la información se extiende sobre un ancho de banda mayor que el original, conteniendo una señal (código) identificativa. Cada dispositivo que utiliza CDMA está programado con un pseudo código, el cual se usa para extender una señal de baja potencia sobre un espectro de frecuencias amplio. La estación base utiliza el mismo código en forma invertida (los ceros son unos y los unos son ceros) para extender y reconstruir la señal original. Los otros códigos permanecen extendidos, indistinguibles del ruido de fondo.

Una llamada CDMA empieza con una transmisión a 9600 bits por segundo. Entonces la señal es ensanchada para ser transmitida a 1.23 Megabits por

segundo aproximadamente. El ensanchamiento implica que un código digital concreto se aplica a la señal generada por un usuario en una célula.

Posteriormente la señal ensanchada es transmitida junto con el resto de señales generadas por otros usuarios, usando el mismo ancho de banda.

Cuando las señales se reciben, las señales de los distintos usuarios se separan haciendo uso de los códigos distintivos y se devuelven las distintas llamadas a una velocidad de 9600 bps.

CDMA provee calidad superior de voz, considerada virtualmente tan buena como la de "línea alámbrica". También filtra los ruidos de fondo, cruces de llamadas, e interferencia, mejorando grandemente la privacidad y calidad de la llamada.

Los teléfonos de CDMA típicamente transmiten con fuentes de energía substancialmente menores que los teléfonos que utilizan otras tecnologías, resultando en una vida más larga para las pilas, lo que redundo en una mayor disponibilidad de tiempo para llamadas y tiempo de espera. Porque se utilizan pilas más pequeñas, los fabricantes pueden elaborar teléfonos pequeños y ligeros.

Además de filtrar el cruce de llamadas y ruidos de fondo, las transmisiones de espectro ensanchado y codificadas digitalmente de CDMA son intrínsecamente resistentes a la intrusión. La codificación de voz de CDMA también evita la clonación de información y otros tipos de fraude.

El canal de control digital de CDMA permite a los usuarios el acceso a una amplia gama de servicios que incluyen identificación del que llama, mensajes cortos y transmisión de datos. CDMA también permite la transmisión simultánea de voz y datos.

CDMA provee de 10 a 20 veces la capacidad de las tecnologías análogas inalámbricas, y más de tres veces la capacidad de otras tecnologías digitales; lo que permite a los proveedores de servicios apoyar más subscriptores y en

mayores volúmenes tráfico inalámbrico en una porción limitada del espectro de frecuencias de radio. Debido al rápido crecimiento del número de suscriptores del servicio inalámbrico y los minutos de uso, la capacidad es un problema crítico. Con su alcance superior y las características de funcionamiento de su señal, CDMA mejora la cobertura al aire libre y bajo techo, las redes CDMA requieren solamente una fracción de los asentamientos de celdas que necesitan otras tecnologías inalámbricas para cubrir un área dada, con menos asentamientos de celdas, los proveedores de servicio pueden reducir su inversión inicial de capital así como también sus costos corrientes de operación y mantenimiento.

Los sistemas CDMA pueden ser implementados y expandidos más rápidamente y con mayor costo-efectividad que la mayoría de las redes de líneas alámbricas. Además porque requiere menos celdas y espacio de celdas, las redes CDMA pueden instalarse más rápidamente que cualquier otro tipo de red inalámbrica. CDMA interacciona con AMPS (el Sistema Avanzado de Teléfono Móvil, la base de la mayoría de las redes de teléfonos celulares análogos), con redes de teléfono IS41 y con redes GSM, que permiten amplia cobertura y conexión.

La calidad de la voz en CDMA y mayores servicios que incluyen datos Inalámbricos, dan a los proveedores de servicio una clara ventaja sobre la competencia para ganar y conservar clientes.

Con una amplia base de apoyo de fabricantes líderes en telecomunicaciones en el mundo entero y con un aumento de los ahorros de volumen, los proveedores de servicios pueden elegir entre una amplia gama de productos de CDMA avanzados y de costo competitivo.

CDMA One es un nombre comercial de marca registrada, reservado para uso exclusivo de las empresas que son miembros de CDG y que describe un sistema inalámbrico completo que incorpora la interfaz aérea IS-95 CDMA, la norma de la red ANSI-41 para la interconexión por conmutación, además de muchas otras

normas que integran el sistema inalámbrico completo. CDMA2000 es un nombre que identifica la norma TIA para tecnología de tercera generación que es un resultado evolutivo de CDMA One y que ofrece a los operadores que han desplegado un sistema CDMA One de segunda generación una trayectoria de migración transparente que respalda económicamente la actualización a las características y servicios 3G dentro de las asignaciones del espectro actual tanto para los operadores celulares como los de PCS. La interfaz de red definida para CDMA2000 apoya la red de segunda generación de todos los operadores actuales, independientemente de la tecnología (CDMA One, IS-136 TDMA o GSM). La TIA ha presentado esta norma ante la ITU como parte del proceso IMT2000 3G.

1.2.1.1. La Sincronización.

En la fase final del radio enlace, sentido estación base - móvil nuestra llamada no se transmite de forma continua. Cada cierto tiempo se conmuta entre los distintos usuarios y se transmite parte de su llamada con el pseudo código correspondiente. Este proceso se debe repetir continuamente para que un usuario no pierda la llamada al no reconocer su código concreto. Por ello las estaciones base deben estar sincronizadas con una referencia de tiempo común.

1.2.1.2. El Control de Potencia.

Contempla un método de control de energía diseñado para el ahorro de la batería y para ayudar a que no haya interferencias con otro canal. Así se establece una comunicación con el sitio celular receptor y el teléfono para mantener los niveles de potencia constantes y los más pequeños posibles.

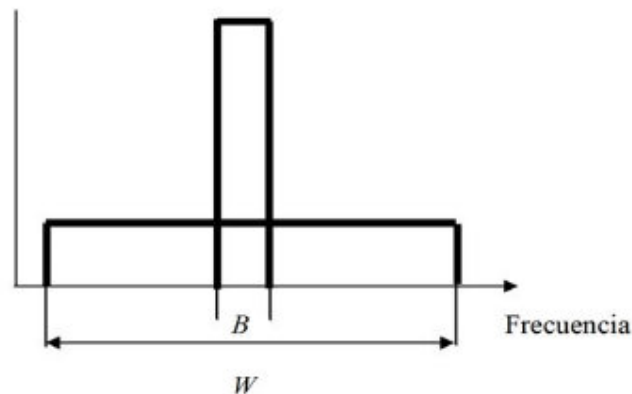
1.2.1.3. Espectro disperso o espectro ensanchado.

Espectro ensanchado es una Técnica mediante la cual una señal con un ancho de banda original "B" es alterada para dispersar esta señal en un ancho de banda mucho mayor "W".

Con esta alteración, la potencia del ancho de banda B se distribuye en el ancho de banda W.

Hay dos formas de realizar la dispersión de espectro por medio de 'salto de frecuencias' (frequency hopping) y por medio de secuencias directas (direct sequences) o también llamadas de pseudo-ruido (pseudo-noise o PN)

Grafico 3.- Técnica de espectro ensanchado



1.2.1.4. Análisis del acceso múltiple por división de código

El acceso múltiple por división de código CDMA, es una técnica de multiplexado, que permite que varias señales de RF ocupen el mismo ancho de banda en forma simultánea, sin percibirse interferencia entre ellos, podemos considerar un caso de CDMA, de secuencia directa, en la cual se tiene N usuarios empleando modulación DS-SS (Direct Sequence Spread Spectrum) en sus transmisiones, cada uno de los cuales emplea su propio código $i=1,2, \dots, N$. Los códigos de los

usuarios son aproximadamente ortogonales, por lo tanto la correlación cruzada de dos códigos diferentes es aproximadamente cero, esto facilita la recuperación de la señal deseada en un receptor al cual le llegan múltiples señales de diferentes transmisores, una baja correlación cruzada también permite minimizar el efecto de diafonía que se presenta en la multiplexación de señales.

1.2.1.5. Desarrollo de una llamada CDMA.

Cuando se enciende un móvil, éste conoce la frecuencia asignada para el servicio CDMA en el área local. Se sintoniza en dicha frecuencia y busca la señal piloto. Puede encontrar varias señales piloto provenientes de diferentes estaciones base, pero éstas pueden ser diferenciadas porque tienen diferentes desplazamientos de tiempo. El móvil selecciona la señal piloto más potente y establece referencias de tiempo y frecuencia a partir de ella. Una vez realizado este proceso de selección de la base, el móvil comienza a modular con el código Walsh 32 que corresponde al canal de sincronización. El canal de sincronización contiene el valor futuro del registro de desplazamiento de código largo (42 bits). El móvil carga dicho valor en su registro y queda sincronizado con el tiempo de la estación base.

Adicionalmente se requiere que el móvil se registre en la base de esta manera, ésta sabe que el móvil está disponible para recibir llamadas y cuál es su ubicación. Cuando un móvil pasa de una zona a otra y no hay una llamada en curso, realiza un proceso de ideé-state handoff (traspaso de estado inactivo).

Cuando el usuario realiza una llamada, el móvil intenta contactar la estación base con un acceso de prueba, el código largo que se utiliza está basado en los parámetros de la celda. Si ocurre una colisión el móvil no recibe respuesta y espera un tiempo aleatorio antes de intentar de nuevo.

Al establecer contacto con la estación base, esta le asigna un canal de tráfico mediante un código Walsh. A partir de este momento el móvil cambia el código

largo por uno basado en su número de serie. El código Walsh se utiliza en el enlace directo, mientras que el código largo se utiliza en el enlace inverso. Cuando un móvil comunicado con una base detecta otra señal piloto suficientemente potente, solicita un proceso de transferencia suave (soft handoff).

Al móvil se le asigna otro código de Walsh y otra temporización piloto. El móvil debe estar en capacidad de recibir ambas señales y combinarlas. Cuando la señal de la base original haya disminuido lo suficiente, el móvil solicita el fin de la transferencia suave (soft handoff).

Al finalizar una llamada, los canales se liberan. Cuando el móvil se apaga genera una señal registro de apagado que se envía a la base para indicar que ya no está disponible para llamadas.

1.2.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS ANTE OTRAS TECNOLOGÍAS.

1.2.2.1. Ventajas.

- CDMA debido a sus características técnicas la convierten en confiable.
- CDMA aumenta la capacidad del sistema, eliminando virtualmente señales de ocupado.
- CDMA tiene mayor capacidad en su red que GSM.
- CDMA necesita solo un radio por célula.
- CDMA en relación a GSM utiliza la misma frecuencia en todas las células con lo cual no hay necesidad de hacer un cambio de frecuencia si no hacer cambio de códigos

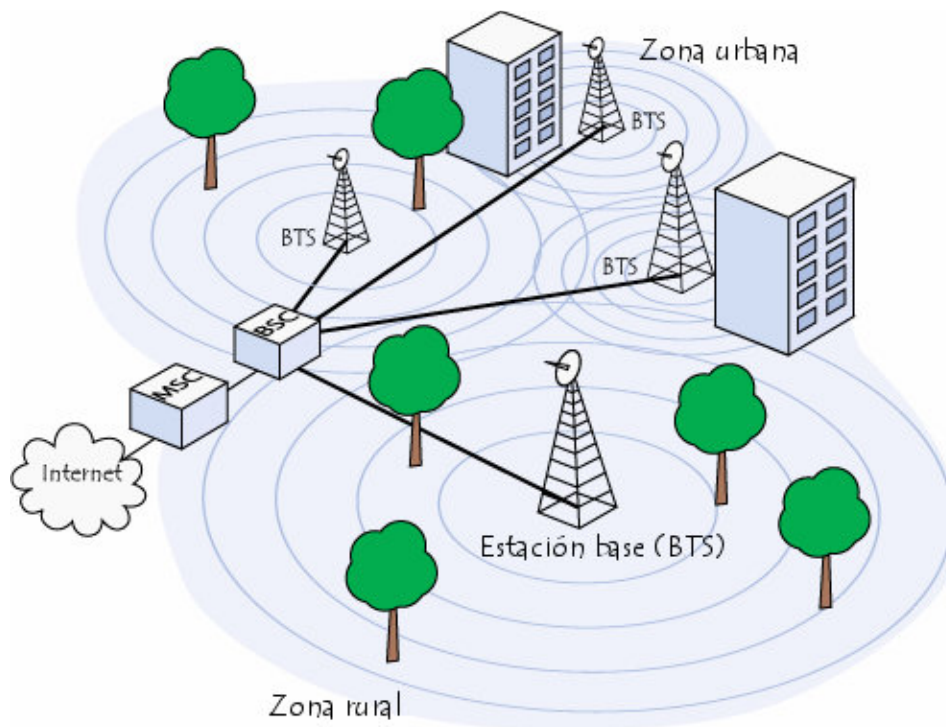
- No se requiere los bits de guarda que hay entre las ranuras en TDMA.
- CDMA utiliza un ancho de banda de 1,25 MHz (10% del asignado a compañías celulares).
- Mayor capacidad en relación a GSM.
- No requiere gestión ni asignación de frecuencias.
- Puede coexistir con sistemas analógicos.
- Disminución de la potencia transmitida.
- Reducción de la interferencia con otros sistemas.
- Bajo consumo de energía.
- CDMA soporta servicios de datos, conmutación de paquetes y la integración de datos empaquetados digitales celulares (CDPD).

1.2.2.2. Desventajas.

- CDMA es una tecnología costosa en relación a GSM.
- CDMA a nivel mundial no tiene el número de usuarios que posee GSM.

- CDMA a nivel mundial no tiene el número de operadoras que posee GSM.
- CDMA no da la facilidad para intercambiar el dispositivo móvil.
- CDMA no tiene la arquitectura abierta lo cual no brinda compatibilidad con otras tecnologías.
- CDMA ofrece un servicio de roaming limitado

Gráfico 4.- Esquema general de una red GSM



CAPITULO II

ESTUDIO DE LOS REPETIDORES DE SEÑAL CELULAR

2.1 REPETIDOR CELULAR

Un repetidor celular o amplificador de señal es un dispositivo electrónico que recibe una señal débil o de bajo nivel y la retransmite a una potencia o nivel más alto, de tal modo que se puedan cubrir distancias más largas sin degradación o con una degradación tolerable.

En telecomunicación el término repetidor tiene los siguientes significados normalizados:

- Un dispositivo analógico que amplifica una señal de entrada, independientemente de su naturaleza (analógica o digital).
- Un dispositivo digital que amplifica, conforma, re temporiza o lleva a cabo una combinación de cualquiera de estas funciones sobre una señal digital de entrada para su retransmisión.

En el modelo de referencia OSI el repetidor opera en el nivel físico.

En el caso de señales digitales el repetidor se suele denominar regenerador ya que, de hecho, la señal de salida es una señal regenerada a partir de la de entrada.

Los repetidores se utilizan a menudo en los cables transcontinentales y transoceánicos ya que la atenuación (pérdida de señal) en tales distancias sería completamente inaceptable sin ellos. Los repetidores se utilizan tanto en cables de cobre portadores de señales eléctricas como en cables de fibra óptica portadores de luz.

Los repetidores se utilizan también en los servicios de radiocomunicación. Un subgrupo de estos son los repetidores usados por los radioaficionados.

Asimismo, se utilizan repetidores en los enlaces de telecomunicación punto a punto mediante radioenlaces que funcionan en el rango de las microondas, como los utilizados para distribuir las señales de televisión entre los centros de producción y los distintos emisores o los utilizados en redes de telecomunicación para la transmisión de telefonía.

En comunicaciones ópticas el término repetidor se utiliza para describir un elemento del equipo que recibe una señal óptica, la convierte en eléctrica, la regenera y la retransmite de nuevo como señal óptica. Dado que estos dispositivos convierten la señal óptica en eléctrica y nuevamente en óptica, estos dispositivos se conocen a menudo como repetidores electroópticos.

Los repetidores telefónicos consistentes en un receptor (auricular) acoplado mecánicamente a un micrófono de carbón fueron utilizados antes de la invención de los amplificadores electrónicos dotados de tubos de vacío.

En las redes de comunicaciones móviles 2G, las antenas se colocan normalmente en azoteas de edificios o en torres, dependiendo del entorno (rural o urbano) y de las necesidades específicas de capacidad, cobertura y calidad del servicio.

En las ciudades, la estación base se suele instalar en un cubículo o contenedor prefabricado, que se coloca también en la azotea, a pocos metros de las antenas.

En las zonas rurales y carreteras, la estación base se alberga en un pequeño recinto al pie de la torre. La conexión entre la estación base y las antenas se realiza mediante tiradas de cable coaxial de pocos metros de longitud.

Hay ocasiones en que las antenas deben instalarse en el interior de edificios, túneles o recintos amplios (estadios deportivos, zonas aeroportuarias y feriales, etc.), con el fin de crear micro y pico células, bien para proporcionar cobertura en zonas de acceso radioeléctrico difícil o bien para incrementar la capacidad.

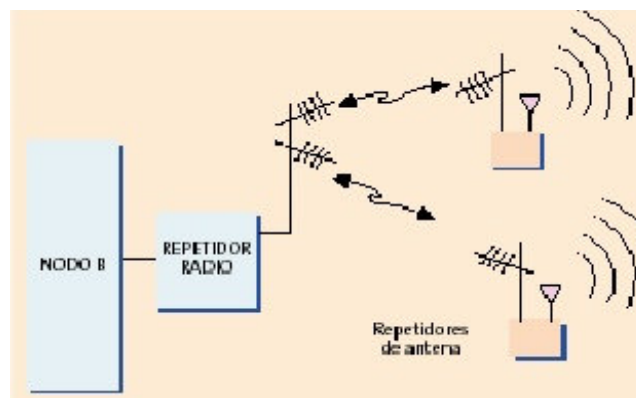
2.1.1 UTILIZACIÓN DE MICRO ESTACIONES BASE

Como su nombre indica, las micro estaciones base son estaciones base de pequeño tamaño. Radian con potencias bajas, inferiores a uno o dos vatios por portadora, y se pueden conectar a la parte fija de la red por par de cobre. Para evitar tener que alquilar un circuito para cada micro estación, con frecuencia se comparte un circuito entre varias, terminando la línea alquilada ya en una micro estación base, sino en un equipo controlador que agrupa a varias micro estaciones. El controlador se conecta con el micro estaciones base por pares de cobre y reparte entre ellas la capacidad de la línea alquilada.

2.1.2 DESPLIEGUE DE LOS REPETIDORES

Los repetidores son básicamente cabezas de radiofrecuencia (RF). Reciben de una estación base una o varias portadoras, las amplifican, eventualmente cambian de frecuencia, y transmiten a la antena. Como la distancia entre la estación base y el repetidor puede ser grande, de hasta varios kilómetros, el enlace entre ellos se realiza mediante un radioenlace o por medio de fibra óptica.

Grafico 5.- Esquema repetidor de radio UMTS



La decisión de utilizar una u otra tecnología depende de criterios técnicos y económicos, de capacidad y grado de servicio que se desea ofrecer; entre estas situaciones cabe destacar:

Interior de edificios, túneles o lugares donde la atenuación radioeléctrica es elevada.

Recintos amplios donde se produce un fuerte aumento de la demanda de capacidad (estadios y pabellones deportivos, recintos feriales, aeropuertos, etc.)

Emplazamientos remotos, generalmente rurales, de baja demanda de capacidad que pueden compartir recursos de transmisión.

Extensión de cobertura a zonas suburbanas cercanas a grandes concentraciones de población.

Carreteras o vías ferroviarias donde debe darse servicio tanto a la propia demanda que viaja en dichas vías de comunicación como a núcleos rurales cercanos a las mismas.

2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS REPETIDORES CELULARES

En primer lugar, es necesario identificar los diferentes tipos de repetidores que es posible plantear y están disponibles tecnológicamente. Básicamente estos repetidores se pueden clasificar en los siguientes grandes grupos:

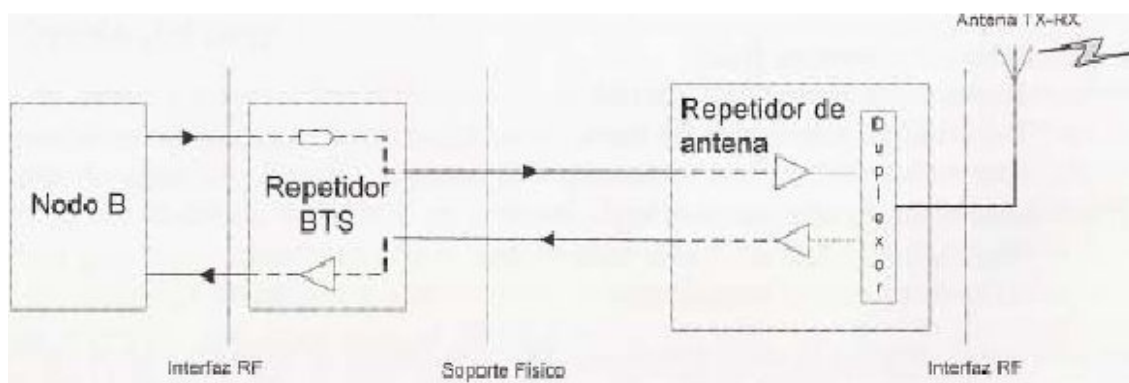
- Repetidores sobre soporte físico.
- Repetidores sobre enlace inalámbrico.

2.2.1 REPETIDORES CELULARES SOBRE SOPORTE FÍSICO

Se puede ver el esquema básico de un repetidor sobre soporte físico. El nodo B se conecta a través del cable o fibra correspondiente hasta el repetidor, de manera que toda la señal de radiofrecuencia viaja por este soporte físico, convenientemente adaptada para viajar por este medio.

- Ventajas: Baja atenuación en el enlace Nodo B - Repetidor, lo que comporta un aumento de la distancia posible entre ambos elementos y en la capacidad del sistema. Aislamiento total entre el enlace Nodo B - Repetidor y las comunicaciones UE – Repetidor, de modo que se evitan posibles interferencias entre ambos. No es necesario tener visión directa entre el Nodo B y el repetidor.
- Desventajas: Mayor costo de implementación, ya que es necesario desplegar el medio de transmisión para el enlace Nodo B - Repetidor, o bien alquilarlo.

Grafico 6.- Estructura de un repetidor sobre soporte físico

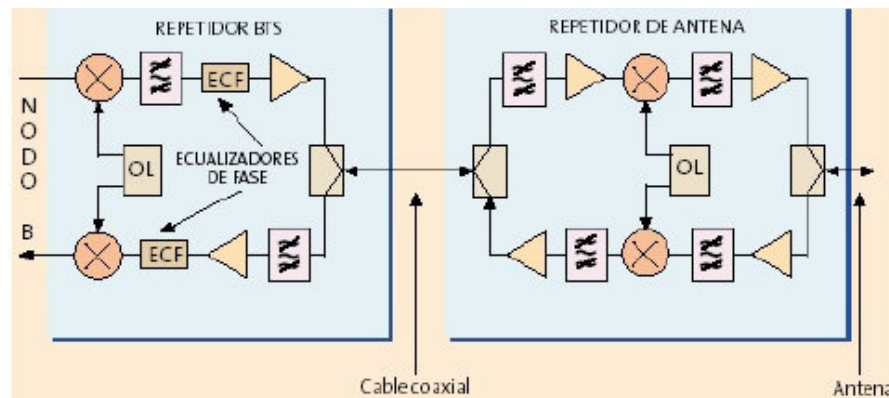


2.2.1.1 Repetidores sobre cable coaxial

La distancia máxima a la que puede ponerse el repetidor del Nodo B donante es reducida. Esto es debido a que, a las frecuencias de operación en las que estamos trabajando las pérdidas de estos cables son muy significativas, alcanzando distancias máximas de unos 300 metros para valores estándar de potencia.

El grosor de los cables es poco apropiado y la distorsión de fase que se genera, obliga a incluir en el sistema un ecualizador de fase.

Grafico 7. Esquema básico de un repetidor UMTS coaxial



2.2.1.2 Repetidores sobre cable de pares

La idea subyacente de este tipo de repetidores es la de utilizar las mismas infraestructuras de red de datos de área local y área metropolitana (LAN y MAN) para realizar el enlace entre el Nodo B donante y el repetidor. Suele ser necesario utilizar técnicas de cancelación de ecos para el funcionamiento correcto de estos sistemas. Los alcances también son limitados en distancia y suelen transmitir la información de modo digitalizado.

2.2.1.3 Repetidores sobre fibra óptica:

Permiten distancias entre el Nodo B y el repetidor de hasta 5kilómetros, soportan pérdidas de hasta 20 dB. Generalmente las señales UMTS no se envían directamente convertidas a señal luminosa, sino que previamente se trasladan a una frecuencia intermedia. Trabajan en muchas ocasiones con más de una frecuencia portadora si esto ocurre, para el enlace descendente (downlink) se suele utilizar la técnica llamada de multiplicación de sub portadora (SCM) y para el enlace ascendente (uplink) puede usarse esta misma técnica o bien la de multiplexación en longitud de onda (WDM)

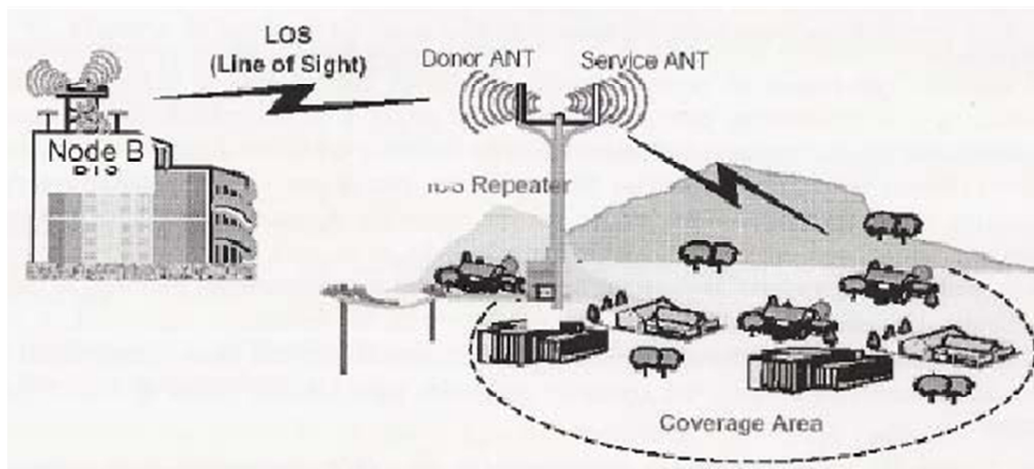
2.2.2 REPETIDORES CELULARES SOBRE ENLACE INALÁMBRICO

A diferencia de los anteriores no requieren de un soporte físico entre la estación base donante y el repetidor. Existen básicamente dos grandes tipos de repetidores por enlace inalámbrico, los repetidores por radio y los repetidores por infrarrojos.

Sus características principales son:

- **Ventajas:** Sencillo y rápido de implementar. Permite disponer de las ventajas de los repetidores en poco tiempo. Menor coste de implementación, al no necesitar ningún despliegue ni mantenimiento de un soporte físico.
- **Desventajas:** Mayor atenuación en el enlace Nodo B - Repetidor, que además puede variar en función de las condiciones climatológicas.Necesidad de tener visión directa entre el Nodo B y el Repetidor

Grafico 8.- Esquema básico de un repetidor inalámbrico



2.2.2.1 Repetidores sobre enlace de infrarrojos

El radioenlace entre el Nodo B y la antena del repetidor se establece con una señal centrada en la banda del infrarrojo. Necesitan visión directa y que las condiciones climatológicas sean favorables lo cual limita su longitud a unos pocos centenares de metros, la banda de frecuencias de trabajo es de libre disposición y no producen interferencia alguna en los equipos terminales de usuario (UE).

Es por este motivo que las redes infrarrojas suelen estar dirigidas a oficinas o plantas de oficinas de reducido tamaño. Algunas empresas, van un poco más allá, transmitiendo datos de un edificio a otro mediante la colocación de antenas en las ventanas de cada edificio.

2.2.2.2 Repetidores de radio

La comunicación entre los repetidores y los Nodos B donantes se establece mediante un radioenlace. En principio el repetidor no es más que un receptor, amplificador y transmisor, aunque se pueden incluir en él algunas funciones adicionales como el salto de frecuencia.

2.2.2.3 Repetidor Sombra Azul

Los repetidores sombra azul de RETEMSA permiten la conexión y el acceso a redes de telefonía móvil, ya sea en GSM o UMTS.

Trabajan como un amplificador de la señal, por lo cual es necesario configurar el canal de control que se pretende amplificar, dentro de la configuración del repetidor, solo en un determinado sector.

Grafico 9.- Repetidor RETEMSA



No es necesario modificar las frecuencias del sector de la BTS, en caso que esto suceda, habrá que reconfigurar el repetidor.

En GSM 900 los valores que se logran amplificar están comprendidos entre el enlace ascendente (Comunicación móvil-BTS) que va de 890 - 915 MHz y el enlace descendente (comunicación BTS-móvil) que va de 935 - 960 MHz.

Los canales GSM900 (200KHz BW) soportan 8 llamadas simultáneas es decir, un canalizado RETEMSA de 2 canales soportaría 16 llamadas simultáneas.

En GSM 1800 los valores que se logran amplificar están comprendidos entre el enlace ascendente (comunicación móvil-BTS) que va de 1710 - 1785 MHz y el enlace descendente (comunicación BTS-móvil) que va de 1805 - 1880 MHz.

Los canales GSM1800 (200KHz BW) soportan 8 llamadas simultáneas, es decir, un canalizado RETEMSA de 2 canales soportaría 16 llamadas simultáneas.

La tecnología GSM 1800 es la que mejor propagación de ondas proporciona.

En GSMR los valores que se logran amplificar están comprendidos entre el enlace ascendente (comunicación móvil-BTS) que va de 876-880 MHz y el enlace descendente (comunicación BTS-móvil) que va de 921 – 925 MHz.

Los canales GSMR (200KHz BW) soportan 8 llamadas simultáneas, es decir, un canalizado RETEMSA de 2 canales soportaría 16 llamadas simultáneas.

La tecnología GSMR es la utilizada en Europa para comunicación en ferrocarriles

En UMTS los canales a amplificar deben estar comprendidos entre el enlace ascendente (comunicación móvil-BTS) que va de 1920-1980 MHz y el enlace descendente (comunicación BTS-móvil) que va de 2110-2170 MHz.

Los canales UMTS (4,8MHz BW) soportan 256 llamadas simultáneas, es decir, un canalizado RETEMSA de 2 canales soportaría 512 llamadas simultáneas.

Este tipo de repetidor garantiza transmisiones de datos a alta velocidad (384 Kbps) a la vez que proporciona canales de voz, por lo que es idóneo para su integración en la red UMTS. Con redes HSDPA las velocidades de datos pueden incrementarse hasta 1.8 Mb/s o superiores.

El uso de repetidores UMTS optimiza el diseño de las redes UMTS proporcionando mejoras no solo en cobertura sino incrementando la capacidad total cuando existen puntos de alto tráfico.

2.3 FRECUENCIAS DE TRABAJO DE LOS REPETIDORES.

Respecto a las frecuencias de trabajo de los repetidores cabe hacer algunas consideraciones.

A un operador que instale un repetidor de radio le interesa utilizar para el radioenlace una frecuencia que le pertenezca, para tener que evitar pagar un canon adicional por el uso del espectro radioeléctrico.

Una opción que reduce la interferencia sobre el mismo sistema es utilizar frecuencias en la banda de microondas, teniendo en cuenta que esto implica un gasto extra por la reserva de espectro y las limitaciones del enlace por inclemencias meteorológicas. Por otro lado, si se opta por no reservar un nuevo espectro, se debe implementar el radioenlace de forma que no interfiera, ni disminuya la capacidad.

2.3.1 UTILIZACIÓN SIMPLE DE FRECUENCIAS ASIGNADAS A UMTS

En este caso, el operador asigna al radioenlace una pareja de frecuencias de entre las que tiene asignadas para el servicio UMTS.

El principal problema es que se pueden “enganchan” a la red equipos de usuario que pueden confundirlo con un Nodo B convencional, aunque si estas copias de la señal entran dentro de la ventana de resolución del receptor RAKE, podría aprovecharse para sumar en fase (combinación MRC) ambas señales y mejorar la calidad del enlace total.

2.3.2 UTILIZACIÓN ESPECIAL DE FRECUENCIAS UMTS

Se trata de enviar las señales de RF invertidas o traspuestas para evitar enganches indeseados de usuarios al radioenlace donante-repetidor.

Existe otra opción, únicamente aplicable a repetidores de traslación de frecuencia, que es la utilización de parte de la banda asignada a otros servicios de telefonía móvil del mismo operador.

En la zona de cobertura del radioenlace se interfieren los canales, sin embargo, el efecto de estas interferencias puede ser tolerable.

El ancho de banda de un canal UMTS es unas 22 veces superior al de otro GSM.

En UMTS, al menos para servicios de voz, la potencia requerida es 20 dB inferior a la de GSM.

También hay los repetidores de iso-frecuencia que incluyen una técnica de cancelación de interferencias de cara a poder aumentar la ganancia del repetidor sin necesidad de incrementar el aislamiento entre la antena receptora y la transmisora con el sistema llamado ICS

2.3.2.1 ICS (Interference Cancellation System)

La idea consiste en digitalizar la señal que se procesa en el repetidor, y aplicar técnicas de procesado digital que permiten reducir el nivel de interferencias generadas por la propia antena transmisora.

Desde el punto de vista de diseño de un sistema con este tipo de repetidores, el impacto de este mecanismo radica únicamente en que aumenta el valor de la ganancia máxima aplicable en los repetidores.

2.4 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS REPETIDORES.

Una vez presentada una visión general de los repetidores celulares conviene repasar brevemente algunos aspectos específicos de su construcción, diseño y gestión

2.4.1 CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA

Para evitar que los amplificadores de los repetidores entren en zona no lineal y se saturen, pueden ir provistos de un control automático de ganancia que garantice que siempre trabajan en zona lineal. La señal desde que sale de la estación base y hasta que llega al repetidor, experimenta una serie de cambios debido a las ganancias (de transmisión y recepción) y pérdidas (de propagación) que hay durante este camino.

2.4.2 CANAL DE SERVICIO

Es necesario establecer entre el Nodo B y sus repetidores un canal de servicio por el que se envíe información de configuración, mantenimiento y alarmas, así como órdenes de uso o desactivación de las diferentes portadoras utilizadas.

2.4.3 GANANCIA FUERA DE BANDA:

Este factor es especialmente relevante en los repetidores de radio y que además en UMTS cobra una especial relevancia debido a la importancia de las interferencias en la capacidad y calidad de las comunicaciones. Un elevado nivel de señal transmitida fuera de la banda útil supone un incremento de las interferencias generadas en los canales adyacentes y, por tanto, una disminución de su capacidad.

Con las consideraciones técnicas anteriormente mencionadas se debe realizar un análisis financiero de las dos tecnologías para poder establecer los costos generales en los cuales se deberá incurrir para la ejecución del objetivo principal que es la colocación alrededor de la carretera La Independencia-Calacali de las antenas repetidoras para la utilización de la tecnología GSM.

CAPITULO III

COSTOS PARA LA APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

Sin lugar a dudas, una de las principales carreteras con que cuenta el país, es la carretera Mitad del Mundo - Calacalí – La Independencia

Esta carretera es un vínculo entre la provincia de Pichincha y la provincia de Esmeraldas, a lo largo de la misma por parte de la Operadora Movistar se tiene instaladas estaciones celulares para su cobertura tal como se muestra en el listado siguiente.

Grafico 10.- Estaciones Celulares Movistar

Item	Site_Name	Ciudad	Provincia	Dirección
1	CALACALI_N	CALACALI	PICHINCHA	Loma el Páramo (extremo Oriental de Calacalí)
2	VIA_A_NANEGALITO	NONO	PICHINCHA	Sector las Palmas(a 7.5 Km Vía Nanegalito-Quito)
3	NANEGALITO	NANEGALITO	PICHINCHA	Catamayo OEB-31 y Cayapas
4	MINDO	MINDO	PICHINCHA	Republica y Teresa de Cepeda esquina
5	VIA_A_LOS_BANCOS	MINDO	PICHINCHA	Kilómetro 79 Vía Calacalí-La Independencia
6	LOS_BANCOS	LOS BANCOS	PICHINCHA	América 4-61 y Asunción
7	PEDRO_VICE_MALDONADO	P. V. MALDONADO	PICHINCHA	Kilómetro 116 vía Calacalí - La Independencia
8	LA_ABUNDANCIA	PUERTO QUITO	PICHINCHA	Hacienda Salome a 1Km de La Abundancia (Vía a Puerto Quito)
9	PUERTO_QUITO	PUERTO QUITO	PICHINCHA	Manuel Larrea, entre Feliciano Checa y J.P. Arenas
10	29_DE_SEPTIEMBRE	29 DE SEPTIEMBRE	PICHINCHA	Vía Puerto Quito - La Concordia, Quinta Bellavista.
11	INDEPENDENCIA	INDEPENDENCIA	ESMERALDAS	Km. 2 Vía Independencia - Esmeraldas

Para la implementación de nuevas estaciones a lo largo de la carretera se presenta un análisis económico comparativo de las dos tecnologías, tomando en cuenta los costos que cada una acarrea, para esto se ha tomado precarios y cotizaciones referenciales de empresas inmersas en el campo de las Telecomunicaciones.

3.1 OBJETIVO

Se realizara el análisis económico tanto del repetidor celular como de la estación GSM tipo de acuerdo al crecimiento porcentual de cobertura celular.

3.2 CONSIDERACIONES INICIALES

Para el presente estudio y análisis de las tecnologías se consideró una infraestructura en el lado de GSM de un monopolo de 24 metros de altura en un terreno de 10 x 6 metros con cerramiento de malla y los sistemas de energía concernientes.

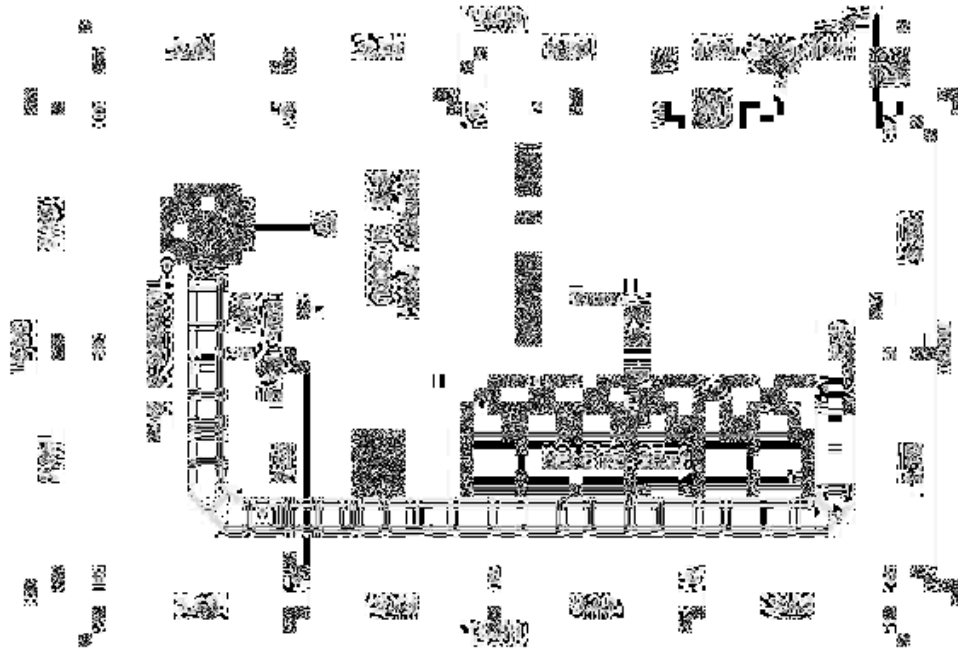
Para el repetidor celular se tomara en consideración una torreta de 10 metros de altura en un terreno de 2 x 2 metros con un sistema de energía solar con respaldo de baterías.

3.3 CALCULO DEL COSTO DE UNA BTS

Se analiza los costos promedio de una BTS outdoor con un monopolo de 24 metros y de un área de 10 metros x 6 metros.

Para este tema se toma como referencia el preciaro de la EMMAP Quito para el tema de obra civil y construcciones, sin embargo algunos ítems que no constan en este preciaro serán tomados de un preciaro referencial de la empresa Huawei Technologies así como también de cotizaciones solicitadas a proveedores dentro de negocio de telecomunicaciones, cabe indicar que es un preciaro referencial debido a la confidencialidad del documento.

Grafico 11. Implantación de RBS GSM



3.3.1 OBRA CIVIL LOTES

Dentro de la obra civil se realiza un estudio general del terreno en donde se va a implantar la estación desde la calidad y estabilidad del suelo hasta la puesta en óptimas condiciones para la construcción, esto incluye el trámite para el acceso de energía al sitio.

Constan los siguientes ítems:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	Fuente	Precio	Precio Total
1	OBRAS CIVIL LOTE					
1,01	Estudio de Suelos	Glb	1,00	01.039.4.03	\$ 499,20	\$ 499,20
1,02	Replanteo de obra	m2	60,00	01.001.4.02	\$ 1,19	\$ 71,40
1,03	Deforestación y limpieza de terreno	m2	60,00	01.002.4.01	\$ 1,07	\$ 64,20
1,04	Acometida Provisional eléctrica (3#8TW)	m	40,00	40.234.104	\$ 12,82	\$ 512,80
1,05	Conformación y nivelación de terreno	m2	60,00	01.016.4.1	\$ 0,47	\$ 28,20
1,06	Relleno con piedra	m3	12,00	01.005.4.11	\$ 17,41	\$ 208,92
1,07	Desalojo de escombros	m3	6,00	01.007.4.13	\$ 5,62	\$ 33,72
					SUBTOTAL	\$ 1.418,44

Grafico 12. Adecuaciones del terreno



3.3.2 CERRAMIENTO PERIMETRAL

El cerramiento perimetral es el que dará seguridad a los equipos e infraestructura que serán instalados en la estación.

Generalmente se lo construye de malla o de mampostería, para el caso en estudio se ha presupuestado de malla, adicionalmente por temas de seguridad se coloca una cerca de alambres de púas en lo alto del cerramiento para impedir el ingreso indeseado a la estación.

Constan los siguientes items:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
2	CERRAMIENTO PERIMETRAL					
2,01	Armado cerramiento de malla (tubos y malla existentes)	m2	144,00	04.020.4.22	\$ 8,44	\$ 1.215,36
2,02	Alambre de puas (provision y montaje)	m	32,00	04.020.4.49	\$ 0,98	\$ 31,36
				SUBTOTAL		\$ 1.246,72

Grafico 13. Tipos de cerramientos pen estaciones celulares



3.3.3 MONOPOLO

El monopolo será la estructura que soporte al sistema radiante y al radio enlace el cual realiza la transmisión de datos.

En estos rubros consta la cimentación para el acople del monopolo al piso.

Constan los siguientes ítems:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
3	MONOPOLO					
3,01	Provisión e instalación de monopolo octogonal, galvanizado en caliente, de 30m - 100 km/h. Acero: ASTM A36. Pernos: ASTM A394 / Galvanizado: Hot Dip Galvanized – ASTM A 123 Estándar de Cálculo: EIA/TIA 222F Espacio mínimo necesario: Terreno de 10m x 6m Incluye: - Pernos de anclaje - Plantilla - escaleras verticales de hombres y de cables y soporte para pararrayo	glb	1,00	MAGA	\$ 15.800,00	\$ 15.800,00
3,02	Hormigon simple losa fondo fc=240 KG/CM2	m3	4,00	01.011.4.61	\$ 317,04	\$ 1.268,16
				SUBTOTAL		\$ 17.068,16

Grafico 14. Vista de monopolo tipo



3.3.4. OBRA LOSA DE EQUIPOS Y CUBIERTA

Construcción de la losa en donde se instalaran los equipos de telecomunicaciones los mismos que deberán ser protegidos del sol y lluvia mediante una cubierta de estructura galvanizada.

Constan los siguientes ítems:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
4	OBRAS LOSA EQUIPOS Y CUBIERTA					
4,01	Hormigon simple, losa fondo $f_c=240$ KG/CM2	m3	3,50	01.011.4.61	\$ 317,04	\$ 1.109,64
4,02	Polo 4" para instalación de TDE	u	1,00	Huawei	\$ 117,09	\$ 117,09
4,03	Columnas metalicas galvanizadas (2G100X50X15X3mm) L = 2,70 m, anclada a la losa de equipos.	u	2,00	Huawei	\$ 135,00	\$ 270,00
4,04	Vigas metalicas galvanizadas (2G100X50X15X3mm) L = 2,20 m.	u	2,00	Huawei	\$ 135,00	\$ 270,00
4,05	Correas metalicas galvanizadas (1G100X50X3mm) L = 4,00 m (conforman la estructura de la cubierta con las vigas y columnas)	u	3,00	Huawei	\$ 135,00	\$ 405,00
4,06	Cubierta de galvalumex (e = 0,5 mm, sujeta debidamente a la estructura, pendiente 8%)	m2	10,00	Huawei	\$ 11,35	\$ 113,50
4,07	Canal para agua lluvia (L = 4,40 m), incluye bajante para agua lluvia (L = 2,60 m, D = 3")	gbl	1,00	Huawei	\$ 51,10	\$ 51,10
				SUBTOTAL		\$ 2.336,33

Grafico 15. Cubierta tipo para equipos



3.3.5 SISTEMA PUESTA DE TIERRA EXTERNO

Para proteger los equipos de descargas atmosféricas se debe instalar un sistema de puesta a tierra que minimice el impacto de estas.

Constan los siguientes ítems:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
5	SISTEMA PUESTA TIERRA EXTERNO					
5,01	Conductor de cobre desnudo para construcción de malla de puesta a tierra calibre # 2/0 AWG	m	25,00	Huawei	\$ 8,08	\$ 202,00
5,02	Varilla de cobre de doble camada de 2,40 m de longitud y 5/8" de diámetro	u	4,00	Huawei	\$ 19,51	\$ 78,04
5,03	Puntos de suelda exotermica, incluye unión al sistema de puesta a tierra existente	u	9,00	Huawei	\$ 13,94	\$ 125,46
5,05	Barra de cobre para puesta a tierra superior en inferior del monopolo, incluye cable bajante (con revestimiento PVC) e interconexión a malla de puesta a tierra y protección anti hurto.	u	4,00	Huawei	\$ 252,85	\$ 1.011,40
5,06	Caja de revision con tapa (Incluye agarradera metálica)	u	2,00	Huawei	\$ 60,26	\$ 120,52
5,07	Conductor de cobre TTU para construcción de malla de puesta a tierra calibre # 2/0 AWG	m	33,00	Huawei	\$ 8,08	\$ 266,64
				SUBTOTAL		\$ 1.804,06

Grafico 16. Sistemas de puesta a tierra



3.3.6 OBRAS ELÉCTRICAS

Dentro de las obras eléctricas consta la acometida principal desde el medidor de energía suministrado por la Empresa Eléctrica del sector hacia el tablero de distribución de equipos (TDE) incluida la construcción de este.

Consta de los siguientes ítems:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
6	OBRAS ELECTRICAS					
6,01	Proyecto electrico : Con elaboracion, aprobacion, construccion, energizacion, pruebas, entrega de documentacion legalizada a la empresa electrica local	glb	1,00	Huawei	\$ 765,79	\$ 765,79
6,02	Acometida en baja tension hasta el contador de energia activa (Tipo aérea, en tubería EMT tipo pesada roscada de Ø 2 " , con reversible, conductor# 3x4 concéntrico Cu- AWG)	m	15,00	Huawei	\$ 71,63	\$ 1.074,45
6,03	Acometida desde el contador de energia hasta el tablero de distribucion de equipos (tipo subterránea en tubería EMT tipo pesada roscada de Ø 2 " , conductor# 2X4 + 1X4TTU + 6TW - AWG)	m	10,00	Huawei	\$ 61,99	\$ 619,90
6,04	Tablero para contador de energia activa - medidor (incluye instalación de puesta de tierra)	u	1,00	Huawei	\$ 261,73	\$ 261,73
6,05	Tablero de distribucion de equipos TDE - 12 PUNTOS, interperie (suministro, instalación, protecciones y cableado de acometidas y circuitos)	u	1,00	Huawei	\$ 351,26	\$ 351,26
				SUBTOTAL		\$ 3.073,13

Grafico 17: Medidor de energía, acometida eléctrica y TDE



3.3.7. EQUIPO DE RED ACCESO 2G Y ENERGÍA DC

Dentro de los equipos de Red de Acceso 2G y energía DC consta los referente al sistema radiante, el enlace Microonda para el transporte de la señal así como también la parte de energía DC con la que trabajan los equipos de telecomunicaciones más un respaldo de tres bancos de baterías con autonomía de un estimado de 8 horas.

Consta de los siguientes ítems:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
7	EQUIPOS DE RED DE ACCESO 2G Y ENERGIA DC					
7,01	Provision e instalacion de Power Plant regulada, bancos de bateria DC, BTS GSM 2G Siemens y equipos de transmision GSM.	glb	1,00	SIEMENS	\$ 42.726,00	\$ 42.726,00
					SUBTOTAL	\$ 42.726,00

Grafico 18. Equipos de MW, energía DC y Acceso 2G



Los costos indicados pueden variar de acuerdo a la configuración que los equipos utilicen así como también el tráfico y capacidad instaladas.

Este es un precio referencial por la confidencialidad de la información y debido a que la empresa en si no puede dar una cotización sino a una empresa de telecomunicaciones mediante cotización y requerimiento del cliente.

3.3.8 COSTO TOTAL DE LA BTS 2G

Una vez detallados los costos que implican la instalación de una radio base celular podemos ver el costo total del proyecto el cual se indica a continuación.

PRESUPUESTO DE OBRA IMPLEMENTACION BTS 2G						
Item	Descripción	Unidad	Volumen	Fuente	Precio	Precio Total
1	OBRAS CIVIL LOTE					
					SUBTOTAL	\$ 1.418,44
Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
2	CERRAMIENTO PERIMETRAL					
					SUBTOTAL	\$ 1.246,72
Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
3	MONOPOLO					
					SUBTOTAL	\$ 17.068,16
Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
4	OBRAS LOSA EQUIPOS Y CUBIERTA					
					SUBTOTAL	\$ 2.336,33
Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
5	SISTEMA PUESTA TIERRA EXTERNO					
					SUBTOTAL	\$ 1.804,06
Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
6	OBRAS ELECTRICAS					
					SUBTOTAL	\$ 3.073,13
Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
7	EQUIPOS DE RED DE ACCESO 2G Y ENERGIA DC					
					SUBTOTAL	\$ 42.726,00
					TOTAL SIN IVA	\$ 69.672,84
					IVA	\$ 8.360,74
					TOTAL	\$ 78.033,58

3.4 CALCULO DEL COSTO DE UN REPETIDOR CELULAR

Se analiza los costos promedio de un repetidor celular con una torreta de 10 metros y de un área de 2 metros x 2 metros

Igualmente se toma como referencia el precario de la EMMAP Quito para el tema de obra civil y construcciones, sin embargo algunos ítems que no constan en este precario serán tomados de un precario referencial de la empresa Huawei Technologies así como también de cotizaciones solicitadas a proveedores dentro de negocio de telecomunicaciones, cabe indicar que es un precario referencial debido a la confidencialidad de los documentos.

Grafico 19. Repetidor sombra azul



3.4.1 OBRA CIVIL

Dentro de la obra civil se realiza un estudio general del terreno en donde se va a implantar la estación desde la calidad y estabilidad del suelo hasta la puesta en óptimas condiciones para la construcción.

Constan los siguientes ítems:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
1	OBRAS CIVIL LOTE					
1,01	Estudio de Suelos	Glb	1,00	01.039.4.03	\$ 499,20	\$ 499,20
1,02	Replanteo de obra	m2	4,00	01.001.4.02	\$ 1,19	\$ 4,76
1,03	Deforestación y limpieza de terreno	m2	4,00	01.002.4.01	\$ 1,07	\$ 4,28
1,04	Acometida Provisional electrica (3#8TW)	m	20,00	40.234.104	\$ 12,82	\$ 256,40
1,05	Conformación y nivelación de terreno	m2	4,00	01.016.4.1	\$ 0,47	\$ 1,88
1,06	Relleno con piedra	m3	1,00	01.005.4.11	\$ 17,41	\$ 17,41
1,07	Desalojo de escombros	m3	0,50	01.007.4.13	\$ 5,62	\$ 2,81
				SUBTOTAL		\$ 786,74

3.4.2 CERRAMIENTO PERIMETRAL

El cerramiento perimetral es quien dará seguridad a los equipos que serán instalados en la estación, en este caso se lo construirá de malla adicional se coloca una cerca de alambres de púas en lo alto del cerramiento para impedir el ingreso indeseado a la estación.

Constan los siguientes ítems:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
2	CERRAMIENTO PERIMETRAL					
2,01	Armado cerramiento de malla (tubos y malla existentes)	m2	16,00	04.020.4.22	\$ 8,44	\$ 135,04
2,02	Alambre de puas (provision y montaje)	m	8,00	04.020.4.49	\$ 0,98	\$ 7,84
				SUBTOTAL		\$ 142,88

Grafico 20. Cerramiento de malla



3.4.3 TORRETA

La torreta será la estructura que soporte al repetidor celular y su sistema de energía solar con respaldo de baterías.

Constan los siguientes ítems:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
3	TORRETA 10 METROS					
3,01	Provisión e instalación de torreta , galvanizado en caliente, de 10m - 100 km/h.Acero: ASTM A36.Pernos: ASTM A394 / Galvanizado: Hot Dip Galvanized – ASTM A 123Estándar de Cálculo: EIA/TIA 222FEspacio mínimo necesario: Terreno de 2m x2m Incluye: - Pernos de anclaje - Plantilla y soporte para pararrayo	glb	1,00	MAGA	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
3,02	Hormigon simple losa fondo f'c=240 KG/CM2	m3	0,72	01.011.4.61	\$ 317,04	\$ 228,27
				SUBTOTAL		\$ 2.728,27

3.4.4. SISTEMA PUESTA A TIERRA

El sistema de tierra protegerá a los equipos electrónicos de las descargas eléctricas producidas por los rayos que puedan incidir cercanos a la estación.

Constan los siguientes ítems:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
4	SISTEMA PUESTA TIERRA EXTERNO					
4,01	Conductor de cobre desnudo para construcción de malla de puesta a tierra calibre # 2/0 AWG	m	15,00	Huawei	\$ 8,08	\$ 121,20
4,02	Varilla de cobre de doble camada de 2,40 m de longitud y 5/8" de diámetro	u	4,00	Huawei	\$ 19,51	\$ 78,04
4,03	Puntos de suelda exotermica, incluye unión al sistema de puesta a tierra existente	u	5,00	Huawei	\$ 13,94	\$ 69,70
4,04	Barra de cobre para puesta a tierra superior en inferior , incluye cable bajante (con revestimiento PVC) e interconexión a malla de puesta a tierra y protección anti hurto.	u	2,00	Huawei	\$ 252,85	\$ 505,70
4,05	Caja de revision con tapa (Incluye agarradera metálica)	u	0,00	Huawei	\$ 60,26	\$ 0,00
				SUBTOTAL		\$ 774,64

3.4.5. EQUIPO DE FUERZA DC

Para la implementación del repetidor sombra azul se va a instalar un sistema DC con paneles solares, respaldado con dos bancos de batería.

Constan los siguientes ítems:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
5	EQUIPO DE FUERZA DC					
5,01	Panel Solar de 150 Wp ISOFOTON o similar	u	2,00	Ericsson	\$ 841,00	\$ 1.682,00
5,02	Regulador de Carga	u	1,00	Ericsson	\$ 42,34	\$ 42,34
5,03	Batería plana aplicación solar	u	1,00	Ericsson	\$ 427,00	\$ 427,00

3.4.6. EQUIPO REPETIDOR Y SISTEMA RADIANTE

Para la parte de RF se utilizara el repetidor celular Solboost R1.2 de Retemsa ya que se logró obtener la cotización del equipo mediante la compañía Ericsson del Ecuador.

Constan los siguientes ítems:

Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
6	EQUIPO REPETIDOR Y SISTEMA RADIANTE					
6,01	Repetidor 850/900/1900	u	1,00	Ericsson	\$ 4.599,00	\$ 4.599,00
6,02	Antena sectorial (1)	u	1,00	Ericsson	\$ 0,00	\$ 0,00
6,03	Antena Yagui (1)	gbl	1,00	Ericsson	\$ 0,00	\$ 0,00
6,04	18 metros de cable coaxial 7/8	u	1,00	Ericsson	\$ 0,00	\$ 0,00
6,05	18 metros de cable coaxial de 1/2 "	gbl	1,00	Ericsson	\$ 0,00	\$ 0,00
6,06	Amarres y etiquetas	gbl	1,00	Ericsson	\$ 30,00	\$ 30,00
					SUBTOTAL	\$ 4.629,00

3.4.7 COSTO TOTAL DEL REPETIDOR

De los costos descritos anteriormente se puede sacar el costo total de un repetidor:

PRESUPUESTO DE OBRA IMPLEMENTACION REPETIDOR SOMBRA AZUL						
Item	Descripción	Unidad	Volumen	CODIGO	Precio	Precio Total
1	OBRAS CIVIL LOTE					
					SUBTOTAL	\$ 786,74
2	CERRAMIENTO PERIMETRAL					
					SUBTOTAL	\$ 142,88
3	TORRETA 10 METROS					
					SUBTOTAL	\$ 2.728,27
4	SISTEMA PUESTA TIERRA EXTERNO					
					SUBTOTAL	\$ 774,64
5	EQUIPO DE FUERZA DC					
					SUBTOTAL	\$ 2.151,34
6	EQUIPO REPETIDOR Y SISTEMA RADIANTE					
					SUBTOTAL	\$ 4.629,00
					TOTAL SIN IVA	\$ 11.212,87
					IVA	\$ 1.345,54
					TOTAL	\$ 12.558,41

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

A continuación se detalla las conclusiones del estudio

- Se utilizara tecnología GSM Y UMTS óptimas para la implementación del servicio de telecomunicaciones
- Se puede ver que por el tema de costos los repetidores sombra azul podrían ser implementados a lo largo de la carretera Quito – Calacali – La Independencia como solución para la ampliación de cobertura celular.
- Los equipos, materiales, herramientas, pueden ser contratados mediante procesos internos con empresas que puedan prestar los servicios de implementación, depende del proceso que la operadora ponga en ejecución.
- Los costos totales de la estacion GSM es de 78.033,58 \$ dólares que incluyen IVA.
- Los costos totales del repetidor sombra azul es de 12.558,41 \$ dólares que incluyen IVA

4.2 RECOMENDACIONES

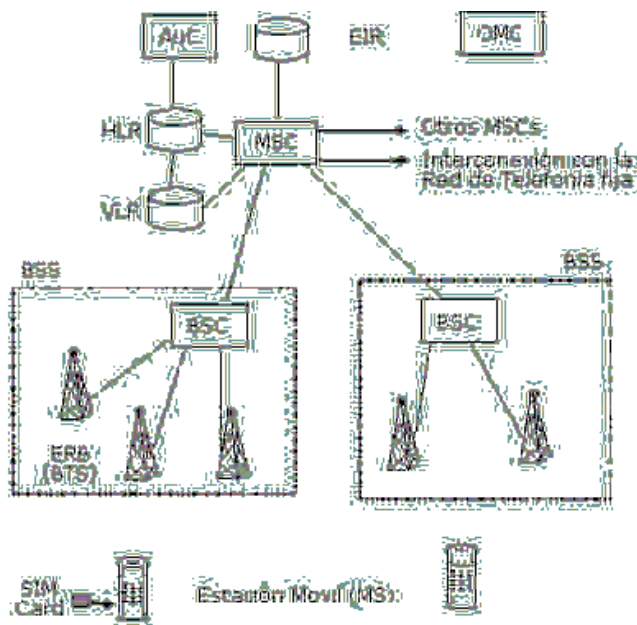
- Los trabajos de obra civil que se debieran realizar se los debería ejecutar de la mejor manera para no afectar al ecosistema del sector, así como también no causar molestias a los del sector.
- Se debería implementar una fiscalización permanente sobre la ejecución de los trabajos a realizarse.
- Se debería crear un plan de mantenimiento trimestral a las estaciones que se implementaren para garantizar el correcto funcionamiento de la infraestructura y de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

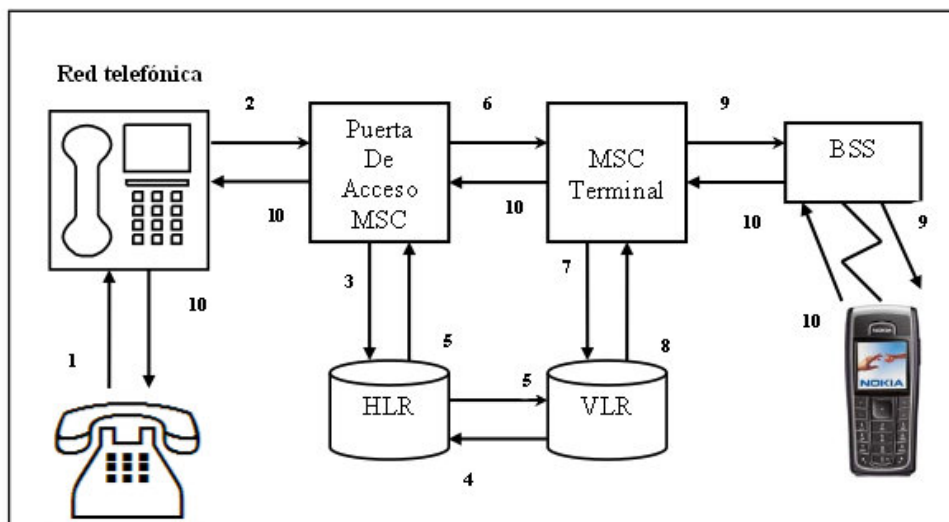
- [1] RETEMSA I+D, Soporte, Reglas de planificación y de Ingeniería para el uso de repetidores RETEMSA proyecto sombra azul, Fecha creación 03/07/2006, Fecha de revisión 17/10/2007.
- [2] <http://interconexion-acceso.blogspot.com/2012/04/repetidores-umts-r23h.html>
- [3] <http://www.monografias.com/trabajos75/tecnologias-gsm-cdma-tdma-gprs/tecnologias-gsm-cdma-tdma-gprs2.shtml>
- [4] Diseño de micro celdas en una red de telefonía celular y aplicación para un edificio. Por: Bolaños Rivadeneira Miguel, 1999
- [5] <http://www.monografias.com/trabajos15/telefonía-celular/telefonía-celular.shtml#BIBLIO#ixzz2eFnes1Ae>
- [6] <http://www.monografias.com/trabajos75/tecnologias-gsm-cdma-tdma-gprs/tecnologias-gsm-cdma-tdma-gprs.shtml#tecnicasda>
- [7] <http://www.retemsa.com/html/teleco/telecomu.html>
- [8] http://www.wikipedia.org/wiki/repetidor_celular
- [9] Diseño de micro celdas en una red de telefonía celular y aplicación para un edificio. Por: Bolaños Rivadeneira Miguel, 1999.
- [10] Diseño y planificación de cobertura celular CDMA 2000 1X mediante un sistema repetidor(es)-BIT para la carretera Aloag-Santo Domingo. Por Gallegos Rodríguez, Esteban Darío, 2006.
- [11] Siegmund M. Redl, Matthias K. Weber, Malcolm W. Oliphant: "GSM and Personal Communications Handbook", Artech House, May 1998

ANEXOS

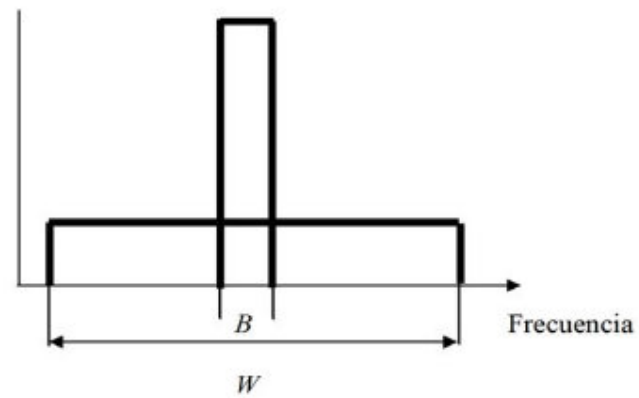
A1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA GSM



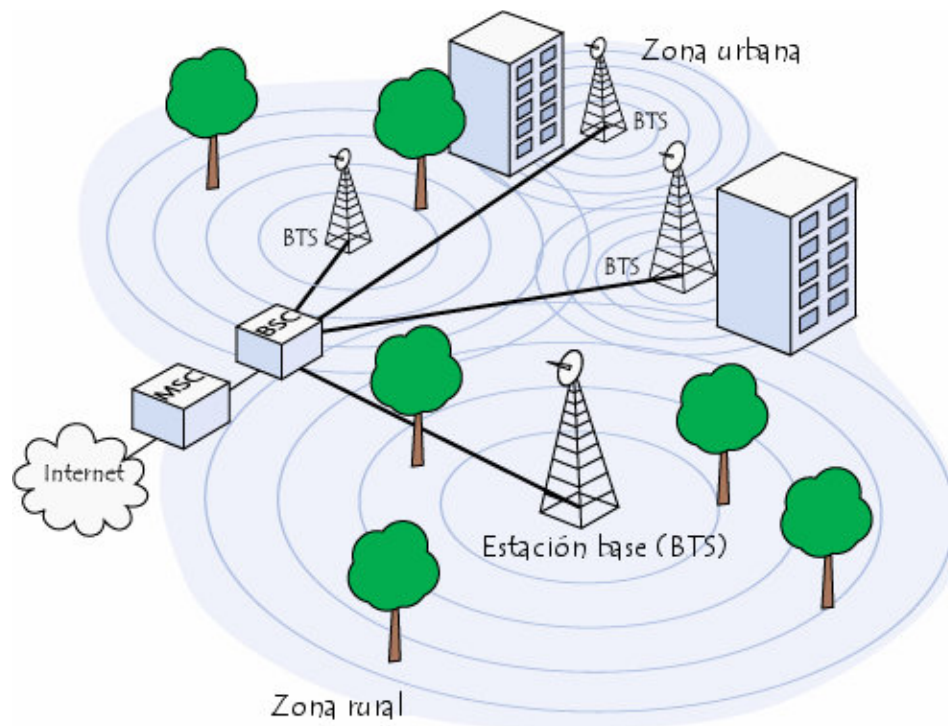
A2 DESARROLLO DE UNA LLAMADA GSM



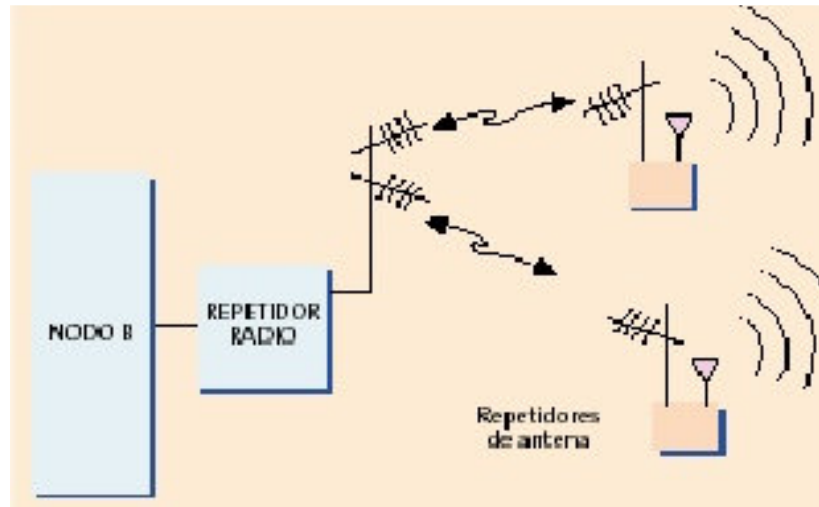
A3 TÉCNICA DE ESPECTRO ENSANCHADO



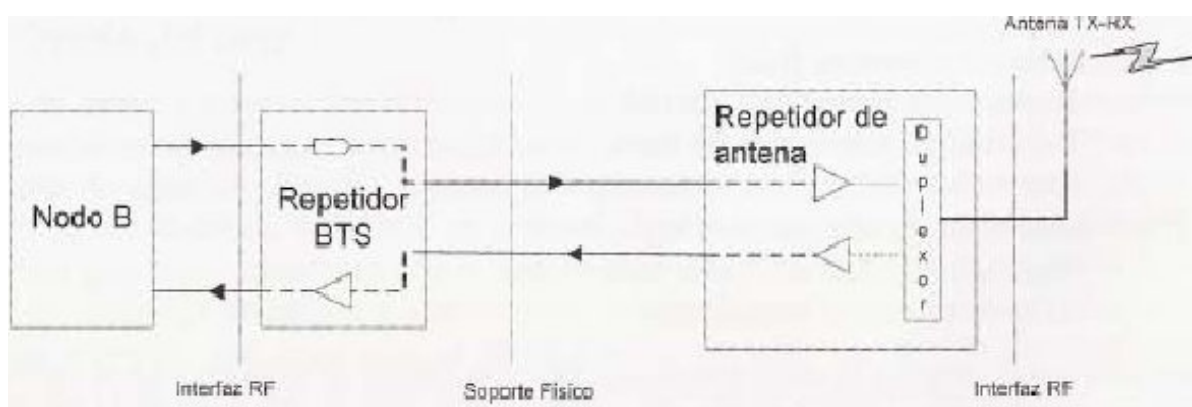
A4 ESTRUCTURA CDMA



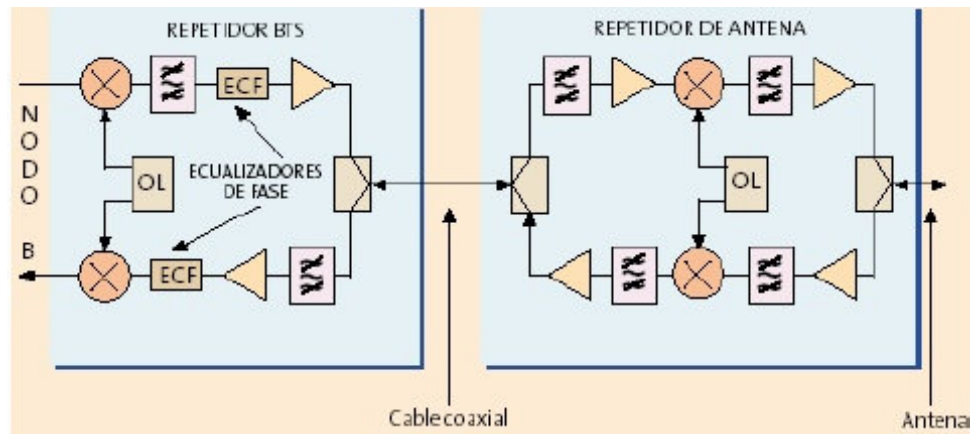
A 5 ESQUEMA REPETIDOR DE RADIO UMTS



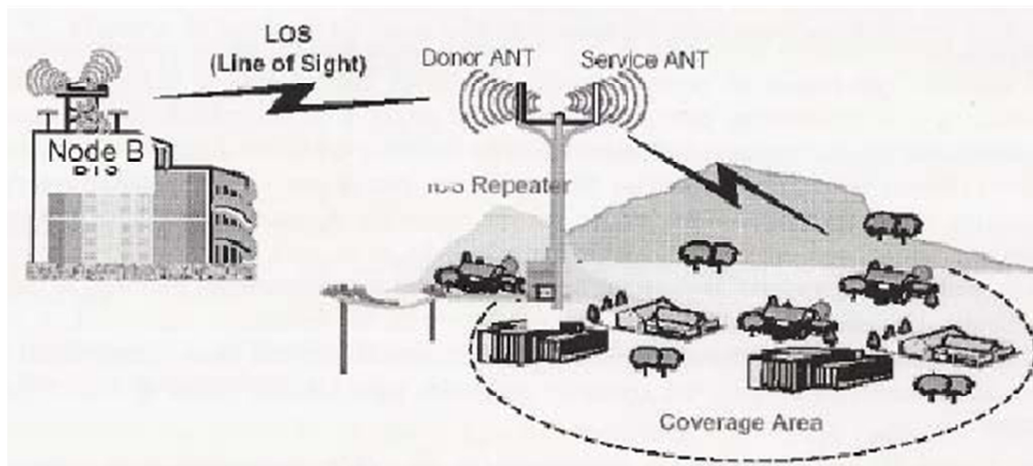
A 6.- ESTRUCTURA DE UN REPETIDOR SOBRE SOPORTE FÍSICO




A 7 ESQUEMA BÁSICO DE UN REPETIDOR UMTS COAXIAL



A 8 ESQUEMA BÁSICO DE UN REPETIDOR INALÁMBRICO



A 9 COTIZACIÓN DE MONOPOLO Y TORRETA

 INGENIERIA ELECTRICA Y MECANICA SUMINISTROS Y SERVICIOS		COTIZACION N° 032		Direccion: Conocoto Calle Olmedo 706 y Toctiuco. Telf: 022340361 Fax: 234.2186 Ext. 107	
FECHA	2 de AGOSTO del 2018				
EMPRESA					
ATENCION	Ing. Elizabeth Gonzalez Asistente de Gerencia Tecnica				
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	DETALLE	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1	Gbl	Provisión e instalación de monopolo octogonal, galvanizado en caliente, de 30m - 100 km/h. Acero: ASTM A36. Pernos: ASTM A394 / Galvanizado: Hot Dip Galvanized – ASTM A 123 Estándar de Cálculo: EIA/TIA 222F Espacio mínimo necesario: Terreno de 8m x 8m Incluye: - Pernos de anclaje - Plantilla - escaleras verticales de hombres y de cables y soporte para paramayo	\$ 15.800,00	\$ 15.800,00
2	1	Gbl	Provisión e instalación de torreta, galvanizado en caliente, de 10m - 100 km/h. Acero: ASTM A36. Pernos: ASTM A394 / Galvanizado: Hot Dip Galvanized – ASTM A 123 Estándar de Cálculo: EIA/TIA 222F Espacio mínimo necesario: Terreno de 2m x 2m Incluye: - Pernos de anclaje - Plantilla y soporte para paramayo	\$ 2.500,00	\$ 2.500,00
FORMA DE PAGO				SUBTOTAL	\$ 18.300,00
OBSERVACIONES	No incluye construcción de cimentación- No incluye ningún trabajo de obra civil y eléctrica- En cada sitio se requiere de un estudio de suelos para sacar la cimentación y cotizar- No incluye ningún tipo de soporte de antenas			DESCUENTO	
				12% IVA	\$ 2.196,00
				TOTAL	\$ 20.496,00

A 10 PRECIARIO OBRA CIVIL HUAWEI

INFRAESTRUCTURA TIPO 12: Monopolo existente de 24m., COUBICACIÓN				ZONA 1			ZONA 2			TOTAL PRICE
DESCRIPTION	UNIT	QTY	MATERIAL	SERVICE	TOTAL	TOTAL PRICE	MATERIAL	SERVICE	TOTAL	TOTAL PRICE
A. OBRAS PRELIMINARES (PROVISIÓN E INSTALACIÓN)										
TRAZADO Y REPLANTEO (1,50X3,00)	m2	4,50	\$ 0,21	\$ 0,38	\$ 0,59	\$ 2,85	\$ 0,30	\$ 0,55	\$ 0,85	\$ 3,94
LIMPIEZA DE CAPA VEGETAL Y APLICACIÓN DE MATAMALEZA	m2	10,00	\$ 0,57	\$ 0,58	\$ 1,15	\$ 11,50	\$ 0,89	\$ 0,94	\$ 1,87	\$ 18,67
CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES DE AGUAS LLUVIAS	m	2,00	\$ 14,25	\$ 5,70	\$ 19,95	\$ 39,90	\$ 20,66	\$ 8,27	\$ 28,93	\$ 57,86
ESTUDIO ESTRUCTURAL MONOPOLO	gbl	1,00	\$ -	\$ 510,07	\$ 510,07	\$ 510,07	\$ -	\$ 739,81	\$ 739,81	\$ 739,81
DOCUMENTACIÓN Y PLANOS EN AUTOCAD AS BUILT - CIVIL Y ELECTRICO (CARPETAS 3 ORIGINALES)	gbl	1,00	\$ -	\$ 332,50	\$ 332,50	\$ 332,50	\$ -	\$ 482,13	\$ 482,13	\$ 482,13
DOCUMENTACIÓN ANTEPROYECTO Y AS BUILT EN SOFT COPY	u	2,00	\$ -	\$ 12,35	\$ 12,35	\$ 24,70	\$ -	\$ 17,91	\$ 17,91	\$ 35,82
LLAVES DE TODA LA RADIO BASE (En llaveros)	jpo	3,00	\$ 3,99	\$ 0,78	\$ 4,75	\$ 14,25	\$ 5,70	\$ 1,10	\$ 6,89	\$ 20,66
B2. CERRAMIENTO DE MALLA (PROVISIÓN E INSTALACIÓN)										
CARPINTERÍA METÁLICA										
CERRAMIENTO DE MALLA h=3,00m	m2	24,00	\$ 26,60	\$ 7,60	\$ 34,20	\$ 820,80	\$ 38,57	\$ 11,02	\$ 49,59	\$ 1.190,16
ALAMBRE DE PÚAS (3 hilos sobre malla)	m	27,00	\$ 1,33	\$ 0,38	\$ 1,71	\$ 46,17	\$ 1,93	\$ 0,55	\$ 2,48	\$ 66,95
PUERTA DE MALLA (1 10x2 20)	u	1,00	\$ 47,50	\$ 23,75	\$ 71,25	\$ 71,25	\$ 68,88	\$ 34,44	\$ 103,31	\$ 103,31
CERRAJERÍA										
CANDADO DE SEGURIDAD PARA INTERPERIE	u	1,00	\$ 18,05	\$ -	\$ 18,05	\$ 18,05	\$ 26,17	\$ -	\$ 26,17	\$ 26,17
C. BASE OUTDOOR (PROVISIÓN E INSTALACIÓN)										
MOVIMIENTO DE TIERRAS										
EXCAVACIÓN DE CIMENTOS	m3	1,80	\$ 0,28	\$ 2,95	\$ 3,23	\$ 5,99	\$ 0,55	\$ 4,27	\$ 4,92	\$ 8,68
RELLENO DE CIMENTOS (material mejoramiento)	m3	0,90	\$ 14,92	\$ 1,71	\$ 16,63	\$ 14,94	\$ 21,63	\$ 2,48	\$ 24,11	\$ 21,70
DESALJO DE MATERIAL (incluido incremento de 30%)	m3	2,34	\$ 5,08	\$ 1,71	\$ 7,77	\$ 18,18	\$ 8,79	\$ 2,48	\$ 11,27	\$ 26,37
CIMENTOS										
HORMIGÓN SIMPLE REPLANTILLO (e=5cm, f=140 Kg/cm2)	m3	0,23	\$ 47,50	\$ 18,05	\$ 65,55	\$ 15,09	\$ 89,88	\$ 28,17	\$ 95,05	\$ 21,86
HORMIGÓN SIMPLE EN LOSA 1 50x3 00x0 18m (f c=210 Kg/cm2)	m3	0,81	\$ 125,40	\$ 83,60	\$ 209,00	\$ 189,29	\$ 181,83	\$ 121,22	\$ 303,05	\$ 245,47
MALLA ELECTROSOLDADA (10X10X0 5 cm)(capa superior e inferior)	m2	9,00	\$ 5,10	\$ 0,95	\$ 6,05	\$ 54,40	\$ 7,40	\$ 1,38	\$ 8,77	\$ 78,97
CARPINTERÍA METÁLICA										
ESCALERILLA PARA CABLES - Perfil L = 30 x30 x 3 mm, ancho= 30 cm., transversales espaciadas cada 60 cm. (Horizontal=6 m.)	m	6,00	\$ 19,95	\$ 7,15	\$ 27,08	\$ 162,45	\$ 28,93	\$ 10,33	\$ 39,26	\$ 235,55
SOPORTE PARA TDE (tubo galvanizado D = 4", H = 2 m, con placa para andar al paso)	u	1,00	\$ 66,50	\$ 14,25	\$ 80,75	\$ 80,75	\$ 96,43	\$ 20,86	\$ 117,09	\$ 117,09
SOPORTE GPS D = 1", L = 1,20	u	1,00	\$ 28,50	\$ 14,25	\$ 42,75	\$ 42,75	\$ 41,33	\$ 20,86	\$ 61,99	\$ 61,99
CUBIERTA										
COLUMNAS METÁLICAS GALVANIZADAS (20100X50X15X3mm) L = 2,70 m, anclada a la losa de equipos.	u	2,00	\$ 66,50	\$ 26,60	\$ 93,10	\$ 186,20	\$ 96,43	\$ 38,57	\$ 135,00	\$ 289,99
VIGAS METÁLICAS GALVANIZADAS (20100X50X15X3mm) L = 2,20 m.	u	2,00	\$ 66,50	\$ 26,60	\$ 93,10	\$ 186,20	\$ 96,43	\$ 38,57	\$ 135,00	\$ 289,99
CORREAS METÁLICAS GALVANIZADAS (1G100X50X3mm) L = 4,00 m (conforman la estructura de la cubierta con las vigas y columnas).	u	3,00	\$ 66,50	\$ 26,60	\$ 93,10	\$ 279,30	\$ 96,43	\$ 38,57	\$ 135,00	\$ 404,99
CUBIERTA DE GALVALUME (e = 0,5 mm, sujeta debidamente a la estructura, pendiente 8%)	m2	10,00	\$ 6,59	\$ 1,24	\$ 7,82	\$ 78,24	\$ 9,55	\$ 1,79	\$ 11,35	\$ 113,45

CANAL PARA AGUA LLUVIA (L = 4,40 m), INCLUYE BAJANTE PARA AGUA LLUVIA (L = 2,60 m, D = 3")	gbl	1,00	\$ -	\$ 35,24	\$ 35,24	\$ 35,24	\$ -	\$ 51,10	\$ 51,10	\$ 51,10
D. ÁREAS EXTERIORES (PROVISIÓN E INSTALACIÓN)										
HORMIGÓN										
ACCESO PAVIMENTADO Y NIVELACIÓN DE TERRENO	gbl	1,00	\$ 85,50	\$ 57,00	\$ 142,50	\$ 142,50	\$ 123,99	\$ 82,85	\$ 206,83	\$ 206,83
RECUBRIMIENTOS										
RIPO EN ÁREAS EXPUESTAS DENTRO RBS (h=0,08m)	m3	6,40	\$ 5,70	\$ 2,85	\$ 8,55	\$ 54,72	\$ 8,27	\$ 4,13	\$ 12,40	\$ 79,34
E. MONOPOLO EXISTENTE DE 24m.										
ESCALERILLA PARA CABLES EN TORRE - Perfil L = 30 x30 x 3 mm, ancho= 30 cm., Transversales espaciadas cada 60 cm.	m	24,00	\$ 16,15	\$ 4,75	\$ 20,90	\$ 501,80	\$ 23,42	\$ 6,89	\$ 30,31	\$ 727,32
POLOS GALVANIZADOS PARA ANTENAS MICROONDAS (diámetro 4 pulgadas x 1,5m.)	u	2,00	\$ 95,00	\$ 23,75	\$ 118,75	\$ 237,50	\$ 137,75	\$ 34,44	\$ 172,19	\$ 344,38
POLOS GALVANIZADOS PARA ANTENAS CELULARES (diámetro 2 pulgadas x 2m.)	u	3,00	\$ 76,95	\$ 23,75	\$ 100,70	\$ 302,10	\$ 111,59	\$ 34,44	\$ 146,02	\$ 438,05
POLOS GALVANIZADOS PARA REMOTOS (diámetro 3 pulgadas x 1,20m.)	u	3,00	\$ 85,50	\$ 23,75	\$ 109,25	\$ 327,75	\$ 123,98	\$ 34,44	\$ 158,41	\$ 475,24
F. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (PROVISIÓN E INSTALACIÓN)										
INTERCONEXIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LA CONTRATANTE AL EXISTENTE (la interconexión incluye conductor de cobre 1/0 TW AWG, soportes, protecciones y 2 puntos de sueldos exotérmica)	gbl	1,00	\$ 81,38	\$ 57,00	\$ 138,38	\$ 138,38	\$ 118,00	\$ 82,65	\$ 200,65	\$ 200,65
MARILLAS DE COBRE DE DOBLE CAMADA DE 2,40 m de longitud y 5/8" de diámetro	u	5,00	\$ 7,75	\$ 5,70	\$ 13,45	\$ 67,25	\$ 11,24	\$ 8,27	\$ 19,51	\$ 97,53
ELECTRODOS ACTIVO (FABRICACION NACIONAL)	u	1,00	\$ 285,00	\$ 66,50	\$ 351,50	\$ 351,50	\$ 413,25	\$ 96,43	\$ 509,68	\$ 509,68
CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO PARA CONSTRUCCIÓN DE MALLA DE PUESTA A TIERRA CALIBRE # 2/0 AWG	m	20,00	\$ 3,20	\$ 2,38	\$ 5,57	\$ 111,49	\$ 4,64	\$ 3,44	\$ 8,08	\$ 161,86
BARRA COLECTORA DE COBRE PARA PUESTA A TIERRA, INSTALACIÓN JUNTO A EQUIPOS, incluye cable bajante de cobre calibre 2/0TW AWG e interconexión a malla de puesta a tierra y protección anti fuego.	u	2,00	\$ 26,84	\$ 14,25	\$ 41,09	\$ 82,18	\$ 38,92	\$ 20,86	\$ 59,58	\$ 119,16
PUNTOS DE SUELDOS EXOTÉRMICAS, incluye unión al sistema de puesta a tierra existente	u	10,00	\$ 5,81	\$ 3,80	\$ 9,61	\$ 96,14	\$ 8,43	\$ 5,51	\$ 13,94	\$ 139,40
CAJAS DE REVISIÓN CON TAPA (incluye agarradera metálica)	u	2,00	\$ 27,31	\$ 14,25	\$ 41,56	\$ 83,12	\$ 39,60	\$ 20,86	\$ 60,26	\$ 120,53
PUESTA A TIERRA DE ESTRUCTURA DE CIMENTACIONES DE MONOPOLO Y BASE OUTDOOR, con conductor de cobre desnudo calibre 2/0 AWG	u	1,00	\$ 58,12	\$ 38,00	\$ 96,12	\$ 96,12	\$ 84,28	\$ 55,10	\$ 139,38	\$ 139,38
BARRA DE COBRE PARA PUESTA A TIERRA SUPERIOR E INFERIOR EN EL MONOPOLO, incluye cable bajante (con nivelamiento PVC) e interconexión a malla de puesta a tierra y protección anti fuego.	u	2,00	\$ 69,75	\$ 104,63	\$ 174,38	\$ 348,76	\$ 101,14	\$ 151,71	\$ 252,85	\$ 505,71
PUESTA A TIERRA DE TODAS LAS PARTES METÁLICAS - Puntos de conexión con conductor #6 TW AWG, color normalizado incluye, terminales de compresión de doble ojo, pernos mas a tornillos plana y de presión todos de cobre.	u	10,00	\$ 7,60	\$ 3,80	\$ 11,40	\$ 114,00	\$ 11,02	\$ 5,51	\$ 16,53	\$ 165,30
G. OBRAS ELÉCTRICAS (PROVISIÓN E INSTALACIÓN)										
PRINCIPALES										
PROYECTO ELÉCTRICO - CON ELABORACIÓN, APROBACIÓN, CONSTRUCCIÓN, ENESECCION, PRUEBAS, ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN LEGALIZADA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA LOCAL	gbl	1,00	\$ 290,63	\$ 237,50	\$ 528,13	\$ 528,13	\$ 421,42	\$ 344,38	\$ 765,79	\$ 765,79
TRANSFORMADOR MONOFÁSICO (30 KVA - 320/240V/0v)	u	1,00	\$ -	\$ 427,50	\$ 427,50	\$ 427,50	\$ -	\$ 619,88	\$ 619,88	\$ 619,88
ACOMETIDA EN MEDIA TENSIÓN (Conductor 2x2 = 2x4 ASCR - AWG)	m	15,00	\$ 9,30	\$ 6,65	\$ 15,95	\$ 239,23	\$ 13,48	\$ 9,64	\$ 23,13	\$ 348,89
POSTES (Incluye Herrajes, aisladores, tensores, crucetas, etc.)										
* POSTE DE HORMIGÓN ARMADO SECCIÓN CIRCULAR CARGA DE ROTURA HORIZONTAL DE 380KG. Y VERTICAL DE 4796KGS. LONG. 3,5m	u	1,00	\$ 171,00	\$ 133,00	\$ 304,00	\$ 304,00	\$ 247,95	\$ 192,85	\$ 440,80	\$ 440,80
* POSTE DE HORMIGÓN ARMADO SECCIÓN CIRCULAR CARGA DE ROTURA HORIZONTAL DE 580KG. Y VERTICAL DE 4796KGS. LONG. 3,5m	u	1,00	\$ 190,00	\$ 171,00	\$ 361,00	\$ 361,00	\$ 275,50	\$ 247,95	\$ 523,45	\$ 523,45

PROTECCIÓN EN BAJA TENSIÓN (Incluye seccionados, fusibles, pararrayos, herrajes, aisladores, soportes)	gpl	1,00	\$ 237,50	\$ 142,50	\$ 380,00	\$ 380,00	\$ 344,38	\$ 206,63	\$ 551,00	\$ 551,00
PROTECCIÓN EN BAJA TENSIÓN (Incluye bases para fusibles, fusibles, herrajes, aisladores)	gpl	1,00	\$ 116,25	\$ 81,75	\$ 178,00	\$ 178,00	\$ 168,57	\$ 89,54	\$ 258,10	\$ 258,10
SECUNDARIAS										
ACOMETIDAS: De acuerdo a las normas de la Empresa Eléctrica Local.										
ACOMETIDA EN BAJA TENSIÓN HASTA EL CONTADOR DE ENERGÍA ACTIVA (Tipo barra, en tubería EMT tipo pesada rosca de Ø 2", con reversible, conductor# 3x4 compacto Cu - AWG)	m	15,00	\$ 38,00	\$ 11,40	\$ 49,40	\$ 741,00	\$ 55,10	\$ 16,53	\$ 71,63	\$ 1.074,45
TABLERO Y CONTADOR DE ENERGÍA: De acuerdo a las normas de la Empresa Eléctrica Local.										
TABLERO PARA CONTADOR DE ENERGÍA ACTIVA- MEDIDOR (Incluye instalación de cuenta de hora)	gpl	1,00	\$ 133,00	\$ 47,50	\$ 180,50	\$ 180,50	\$ 192,66	\$ 69,98	\$ 261,73	\$ 261,73
CONTADOR DE ENERGÍA ACTIVA O MEDIDOR QUE INCLUYA DISYUNTOR DE PROTECCIÓN PARA ACOMETIDA PRINCIPAL (BREAKER TERMODINÁMICO DE 60AMP, 2 POLOS, 10KA MÍNIMO DE CAPACIDAD DE SUPTURA)	gpl	1,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
CANDADO TIPO BARRIL PARA SEGURIDAD DEL TABLERO DE MEDIDA (entrega de tres llaves a la CONTRATANTE)	u	1,00	\$ 8,22	\$ -	\$ 8,22	\$ 8,22	\$ 11,91	\$ -	\$ 11,91	\$ 11,91
CERRADURA PARA SEGURIDAD DE TABLERO DE MEDIDA(entrega de tres llaves a la CONTRATANTE)	u	1,00	\$ 8,65	\$ -	\$ 8,65	\$ 8,65	\$ 12,40	\$ -	\$ 12,40	\$ 12,40
ACOMETIDA DESDE EL CONTADOR DE ENERGÍA HASTA EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS tipo subterráneo en tubería EMT tipo pesada rosca de Ø 2" - conductor# 2x4 + (EMTU) + 6TW - AWG)	m	15,00	\$ 28,50	\$ 14,25	\$ 42,75	\$ 641,25	\$ 41,33	\$ 20,66	\$ 61,99	\$ 928,81
CAJA DE REVISIÓN DE ACOMETIDA ELÉCTRICA PRINCIPAL CON TAPAS (60x80 y 50 cm de anchura)	u	2,00	\$ 38,00	\$ 14,25	\$ 52,25	\$ 104,50	\$ 55,10	\$ 20,66	\$ 75,76	\$ 151,53
SUMINISTRO ELÉCTRICO PROVISIONAL HASTA 60 DSAS (INCLUYE CONTADOR DE ENERGÍA Y LEGALIZACIÓN EN LA EMPRESA ELÉCTRICA LOCAL) (Hasta que se ejecute el Proyecto eléctrico definitivo)	gpl	1,00	\$ -	\$ 142,50	\$ 142,50	\$ 142,50	\$ -	\$ 206,63	\$ 206,63	\$ 206,63
TABLERO DE TRANSFERENCIA MANUAL CON COMUTADOR PARA UNA CAPACIDAD DE SERVO MONOFÁSICO A TRES HILOS (20/20/20A)	gpl	1,00	\$ 219,50	\$ 66,50	\$ 286,00	\$ 286,00	\$ 316,83	\$ 96,43	\$ 413,25	\$ 413,25
H. SISTEMA DE SEGURIDAD (PROVISIÓN E INSTALACIÓN)										
SISTEMA DE ALARMAS (En PVC con sello IP65 y resistente a rayos UV, dimensiones 60x30x30 cm para interperite) Incluye cerrado.	u	1,00	\$ 39,87	\$ 33,25	\$ 73,12	\$ 73,12	\$ 57,81	\$ 48,21	\$ 106,02	\$ 106,02
SENSOR ALARMA DE PÉRDIDA DE RED DE EMPRESA ELÉCTRICA - Red Normal	u	1,00	\$ 16,15	\$ 7,60	\$ 23,75	\$ 23,75	\$ 23,42	\$ 11,02	\$ 34,44	\$ 34,44
SENSOR ALARMA DE INTRUSO (Incluye dos sensores de movimiento y un sensor magnético para instalación en la puerta principal)	gpl	1,00	\$ 38,00	\$ 14,25	\$ 52,25	\$ 52,25	\$ 55,10	\$ 20,66	\$ 75,76	\$ 75,76
SENSOR ALARMA DE FALLA DE SUPRESIÓN DE TRANSIENTES	u	1,00	\$ -	\$ 19,00	\$ 19,00	\$ 19,00	\$ -	\$ 27,55	\$ 27,55	\$ 27,55
SIRENA CON OPCIÓN DE TELECONTROL MEDIANTE CONTACTOS SECOS	gpl	1,00	\$ 39,25	\$ 7,60	\$ 46,85	\$ 46,85	\$ 49,21	\$ 11,02	\$ 59,23	\$ 59,23
EXTINTOR DE CO2 500 Ris QUE CUMPLA LA NORMA NFPA 10 DE EXTINTORES CONTRA INCENDIOS (Incluye instalación en caja metálica para interperite)	gpl	1,00	\$ -	\$ 161,50	\$ 161,50	\$ 161,50	\$ -	\$ 234,18	\$ 234,18	\$ 234,18
SÍMBOLOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL (En vinyl, tamaño normalizado INEN)	gpl	1,00	\$ 18,05	\$ 9,50	\$ 27,55	\$ 27,55	\$ 26,17	\$ 13,78	\$ 39,95	\$ 39,95
OTROS (PROVISIÓN E INSTALACIÓN)										
ILUMINACIÓN EXTE RIA, Lámparas fluorescentes del tipo herméticas de 2x36watt, control por interperite en caja para interperite)	u	2,00	\$ 43,98	\$ 19,00	\$ 62,98	\$ 126,96	\$ 63,77	\$ 27,55	\$ 91,32	\$ 182,65
SUPRESOR DE TRANSIENTES, para tres tipos de protección A,B y C	u	1,00	\$ 251,88	\$ 123,50	\$ 375,38	\$ 375,38	\$ 365,22	\$ 179,08	\$ 544,30	\$ 544,30
TOMACORRIENTE DOBLE (Polimerizado, para interperite)	u	1,00	\$ 12,38	\$ 6,55	\$ 20,90	\$ 20,90	\$ 17,91	\$ 12,40	\$ 30,31	\$ 30,31
TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS TOE - DE 52 PUNTOS, PARA INTERPERITE (suministro, instalación, protecciones y cableado de acometidas y circuitos)	u	1,00	\$ 104,50	\$ 137,76	\$ 242,25	\$ 242,25	\$ 151,53	\$ 199,74	\$ 351,26	\$ 351,26
DISYUNTORES										
Disyuntor Termomagnético de 2 POLOS, 60amp, 10KA de capacidad de ruptura, Protección Principal en el Tablero de Distribución de Equipos.	u	1,00	\$ 17,44	\$ 7,60	\$ 25,04	\$ 25,04	\$ 25,29	\$ 11,02	\$ 36,31	\$ 36,31
DISYUNTORES PARA CIRCUITOS										

A 11 PRECIARIO ERICSSON

Table content is heavily obscured by noise and artifacts, rendering the data illegible. The table structure appears to follow the same format as the previous table, with columns for description, unit, and pricing.