

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Programa Profesional de Ingeniería Electrónica



“Estudio, análisis y evaluación de los factores para interconexión de una red de radiocomunicación troncalizado analógico y digital.”

Tesis presentado por el Bachiller
VICTOR ZELIMB RIVERA MEDINA

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO ELECTRÓNICO

AREQUIPA - PERÚ
2015

DEDICATORIA

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron, gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se los debo a ustedes.

Mis abuelos Nelly Llerena y Víctor Medina, por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes y en memoria a mi abuelita María Teresa.

Mi hermana, Geanella Rivera, por estar conmigo y apoyarme siempre, te quiero mucho Yeya.

Mis padrinos, Julieta Medina, Rosa Medina y Aram Pomalaza, por su apoyo constante en mi etapa universitaria, por su preocupación y por querer lo mejor para mí, los quiero mucho, gordita eres como mi segunda madre para mí.

A mi señorita enamorada por sus constantes consejos y apoyo para que pueda realizarme como profesional, te quiero mucho Samantha Neyra.

Todos mis amigos, José Manuel Valencia, Marco Espinosa, Giancarlo Postigo, José Luis López, por apoyarme además de compartir buenos y malos momentos.

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera, en primer lugar, testimoniar mi más profundo reconocimiento al Doctor Augusto Arce Medina, quien ha dirigido el desarrollo de esta tesis y ha guiado mis primeros pasos en la investigación. Su gran cultura científica, su disponibilidad y su simplicidad son algunos de los tantos elementos que han favorecido el desarrollo de esta tesis.

Agradezco también a los docentes del Programa Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica de Santa María por los conocimientos inculcados en mi etapa de estudiante, los cuales me sirvieron al poder desempeñarme en mi etapa profesional.

Agradezco al Sr. Eduardo Quispe Zapata - Gerente General de la empresa “EQ Comunicaciones” y al “Área de Informática de la Sociedad Minera Cerro Verde” donde tuve la oportunidad de trabajar y asimismo poder expandir mis conocimientos efectuando labores asignadas.

Gracias finalmente a mis padres por haberme apoyado a lo largo de esta aventura, su paciencia y apoyo constante me han sido extremadamente útiles.

RESUMEN

El presente proyecto de tesis, es un estudio y análisis de los sistemas de radio troncalizado.

Iniciará con un estado del arte del estado actual de las arquitecturas de las actuales redes de radiocomunicación, luego se analizará la arquitectura y protocolos para la implementación de las redes de radio troncalizado, cuyas características permiten afrontar las múltiples necesidades de las redes de acceso actuales y futuras, Se tomarán recomendaciones de la ITU-T.

Este proyecto desarrollará la red troncalizada propuesta, en diferentes escenarios de transmisión de las diferentes redes de acceso; se evaluarán los parámetros de QoS en comparación con otras redes. Esto comprobará una mejor alternativa tecnológica para proporcionar operatividad, Calidad de Servicio (QoS), Ingeniería de Tráfico (TE), transmisión rápida, uso de recursos de red, entre otras características que conllevan a la optimización del rendimiento de red.

Actualmente la mayoría de los sistemas de radiocomunicación, en nuestro país, se mantienen en operación utilizando técnicas de comunicación analógicas, que aunque aún son efectivas para brindar servicios PTT (Push -to-Talk) y dar un cierto margen de seguridad, no se pueden comparar en rendimiento, servicios, y seguridades a lo que hoy en día ofrecen sistemas digitales como radio troncalizado y TETRA para nombrar los sistemas digitales más relevantes.

ABSTRACT

This thesis project is a study and analysis of the systems of trunked radio.

It starts with a state of the art of the current state of the architectures of existing networks of radio communication, then the architecture and protocols for implementing networks trunked radio analyze whose characteristics can face the multiple needs of the networks current access and future, recommendations of the ITU-T is taken.

This project will develop the proposal trunked network, different scenarios of transmission of different access networks; QoS parameters will be evaluated in comparison with other networks. This will check better alternative technology to provide operational, Quality of Service (QoS) Traffic Engineering (TE), faster transmission, use of network resources, among other features that lead to optimizing network performance.

Currently most radio systems in our country are kept in operation using analog communication techniques, which although still effective to provide PTT (Push - to-Talk) services and give a margin of safety, they can not be compare in performance, services, and securities to which today offer digital trunked radio systems such as TETRA to name the most important digital systems.

INDICE TEMATICO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INDICE TEMATICO	VI
INDICE DE ILUSTRACIONES	VII

CAPITULO I

1. – INTRODUCCION	01
1.1. Del contenido del problema y su relevancia.....	01
1.2. Definición del problema.....	01
1.3. Antecedentes y Justificación, Viabilidad y Propósito de la Investigación	03
1.3.1. Conveniencia.	03
1.3.2. Relevancia Social.....	04
1.3.3. Implicaciones prácticas.	04
1.3.4. Valor Teórico.....	04
1.3.5. Utilidad Metodológica.....	04
1.3.6. Viabilidad del Trabajo.....	05
1.4. Delimitación	05
1.5. Objetivos	05
1.5.1. Objetivo General	05
1.5.2. Objetivos Específicos	05
1.6. Formulación de la Hipótesis	06
1.7. Variables	06
1.7.1. Variables Dependientes	06
1.7.2. Variables Independientes	07
1.8. Diseño de la investigación.....	07
1.8.1. Técnicas de Investigación.	08
1.8.2. Instrumentos de Verificación.....	08

CAPITULO 2

2. ESTADO DE ARTE O MARCO CONCEPTUAL	09
2.1 CONCEPTOS GENERALES DE TELECOMUNICACION	09
2.2 Componentes de un sistema de telecomunicaciones	11
2.3 SEÑALES ANALÓGICAS	11
2.4 SEÑALES DIGITALES.....	12
2.5 PROCESADORES DE COMUNICACIÓN	12
2.5.1 MODEM.....	12
2.5.2 MULTIPLEXOR	12
2.5.3 PROCESADORES DE INTERFAZ	12
2.5.4 CONCENTRADOR.....	13
2.6 MEDIOS DE COMUNICACIÓN	13
2.6.1 MEDIOS ALAMBRICOS	13
2.6.1.1 ALAMBRE DE PAR TRENZADO	13
2.6.1.2 CABLE COAXIAL.....	13
2.6.1.3 FIBRAS ÓPTICAS	14
2.6.2 MEDIOS INALÁMBRICOS	14
2.6.2.1 MICROONDAS	14
2.6.2.2 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL.....	14
2.6.2.3 RADIO.....	15
2.6.2.4 INFRARROJO.....	15
2.6.2.5 Otros medios inalámbricos.....	15
2.7 CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN.....	16
2.8 COMUNICACIONES INALAMBRICAS	16
2.8.1 Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas	20
2.8.2 Radio troncalizado.....	21
2.8.2.1 Porque surge el sistema troncalizado	22
2.8.3 Arquitectura de la Red del sistema de Radio troncalizado	24
2.8.3.1 Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema	25
2.8.4 Troncalizado	37
2.8.4.1 Términos utilizados en la teoría de la Troncalización.....	38
2.8.4 Troncalizado	37

2.8.5 Canal de Control	57
------------------------------	----

CAPITULO 3

INGENIERIA DELPROYECTO	60
3. ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACION DE LAS HERRAMIENTAS DE IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA TRONCALIZADO.....	60
3.1 Componentes de un Sistema de Radio Convencional.	61
3.1.1 Sistema Básico de Radio.	62
3.1.1.1 Suscriptor	62
3.1.1.2 Repetidor	62
3.1.1.3 Canal de Voz	62
3.2 Sistema de radio troncalizado	63
3.2.1 Definición	63
3.2.2 Sistema de Radio Troncalizado:	63
3.2.3 Características de un Sistema de Radio Troncalizado	64
3.2.4Características Principales	65
3.2.5 Failsoft.....	65
3.2.6 Arquitectura de Red de un Sistema de Radio Troncalizado	68
3.2.6.1Componentes de un Sistema de Radio Troncalizado	68
3.3 Sistema troncalizado	76
3.3.1 Ventajas que ofrece un sistema Troncalizado:.....	77
3.3.2 Además presenta las siguientes características:.....	77
3.4 Tipos de modulación	78
3.4.1 Las bandas de frecuencias empleadas son varias y diversas, dependiendo de la aplicación:	80
3.5 Sistema de Comunicación de Radio Digital	86
3.5.1 Transmisión (modulación) por Desplazamiento de Frecuencia (FSK):	87
3.5.2 Transmisión (modulación) por Desplazamiento de Fase (PSK):...89	
3.5.3 Transmisión por desplazamiento de fase binaria (BPSK):	90
3.5.4 Transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria QPSK o 4PSK:	90

3.5.5 PSK de ocho Fases.....	91
3.5.6 PSK de dieciséis fases	91
3.5.7 Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)	92
3.5.8 QAM de ocho	92
3.5.9 QAM de dieciséis	92
3.6 Descripción De La Red De Transmisión De PDVSA.....	93
3.6.1 Equipo de radio utilizado:	93
3.6.2 Tecnología utilizada:	94
3.6.3 Transceptor tipo Heterodino:	94
3.7 Antenas	94
3.8 Tipos de antenas.....	95
3.8.1 Las antenas lineales.....	95
3.8.2 De apertura	96
3.9 Antenas empleadas en el ejemplo planteado.....	97
3.9.1 Tipos de antenas parabólicas.....	98
3.9.1.1 Antenas de foco primario.....	98
3.10 Sistemas Que Utilizan Antenas Parabólicas	98
3.10.1 Aplicaciones De Los Sistemas Troncalizados	99
CAPITULO IV	
PRESUPUESTO	
1. COTIZACION SISTEMA DE RADIO DIGITAL DMR	141
2. DETALLE EQUIPAMIENTO SISTEMA DE RADIO DIGITAL DMR.....	143
CONCLUSIONES	151
RECOMENDACIONES	152
BIBLIOGRAFIA	153
ANEXO: GLOSARIO DE TERMINOS.....	154

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura.2.1	9
Figura.2.2 Sistemas de Telecomunicación Emergente	10
Figura 2.3 Esquema de cómo funciona una red inalámbrica	17
Figura 2.4. Ejemplo de comunicación inalámbrica. Sistema MMDS	18
Figura. 2.5. Comparación Sistema Convencional – Sistema Troncalizado	23
Figura. 2.6. Arquitectura de Red de Sistema de Radio Troncalizado.....	25
Figura. 2.7. Estructura del MSC.....	25
Figura. 2.8. Esquema de BS	26
Figura. 2.9. Configuración Red Local.....	29
Figura. 2.10. Configuración Red Regional	30
Figura. 2.11. Funcionamiento PTT.....	31
Figura. 2.12. Petición de Llamada.....	32
Figura. 2.13. Controlador Central Recibe Petición	32
Figura. 2.14. Sistema Controlador envía Comando de Palabra de Salida	33
Figura. 2.15. Usuario recibe Información del Canal Asignado	33
Figura. 2.16. Usuario conmuta hacia el Canal de Voz	34
Figura. 2.17. Radios Receptores en el Canal de Voz	34
Figura. 2.18. Radios Transmisor en el Canal de Voz.....	35
Figura. 2.19. Llamada en proceso.....	35
Figura. 2.20. Fin de Transmisión.....	35
Figura. 2.21. Retorno hacia el Canal de Control	36
Figura. 2.22. Interconexión Sistema de Radio Troncalizado con Redes Telefónicas.....	37
Figura. 2.23. Ocurrencia de Handoff	42

Figura. 2.24. Interconexión de MPT1327 con Red Telefónica	45
Figura. 2.25. Ejemplo de configuración de red de APCO 25.....	48
Figura. 2.26. Interfaces de Estándar TETRA	52
Figura 2.27. Sistema de Radio Convencional	55
Figura 2.28 Sistema de Radio Troncalizado	56
Figura 2.29 Principio Básico del Sistema Troncalizado	57
Figura 2.30 Radio Base de Comunicación Móvil.....	59
Figura. 3.1. Sistema Básico de radiocomunicación.....	61
Figura. 3.2. Sistema simplex o unidireccional	61
Figura. 3.3. Red de Comunicación Troncalizado.	63
Figura. 3.4.....	64
Figura 3.5. Manejo de varios grupos de trabajo en un sistema de radio troncalizado.....	67
Figura 3.6. Componentes de un Sistema de Radio Troncalizado Típico	68
Figura 3.7.....	71
Figura 3.9 Diagrama de un Sistema de Comunicación Electrónica	78
Figura 3.10 Sistema de Radio Digital.....	87
Figura 3.11	89
Figura 3.12.....	91
Figura 3.13 Antena Dipolo de media longitud de onda	95
Figura 3.14: Ejemplo de antenas de apertura	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Tipo Modulación y Tasas de Estándar TETRA	22
Tabla 2.2 R.C VS R.T	24
Tabla 2.3. Rango de frecuencias utilizadas por el Sistema APCO	25
Tabla 3.1 Frecuencias de acuerdo a su uso	80
Tabla 3.2	95



CAPITULO I

1. - INTRODUCCION

1.1 Del contenido del problema y su relevancia

El presente trabajo de tesis, tiene por objeto el estudio, análisis y evaluación de los factores para interconexión de una red de radiocomunicación troncalizado, analógico y digital.

Que factores han de ser tomados en cuenta para troncalizar; o sea, como derivar o compartir un pequeño número de recursos del sistema troncalizado o comunicación entre un gran número de usuarios.

Es preciso definir también Trunking, como: la distribución automática y dinámica de una pequeña cantidad de canales en medio de una gran cantidad de usuarios.

La manera en que un sistema troncalizado puede ser mejor entendido es comparándolo con la forma en que operan los sistemas telefónicos actuales.

En el sistema troncalizado de radio, el suscriptor solo solicita hablar, y el controlador de este asignará un canal en el cual se pueda llevar a cabo la conversación.

1.2 Definición del problema

La realidad actual, nos presenta las existentes redes fijas de comunicación, complementadas con redes de móviles con un número similar de usuarios. Estos usuarios de móviles tienen, sin embargo, mayores requerimientos y expectativas que los usuarios fijos, por lo

que la demanda de aplicaciones de telecomunicación requiere altos canales de bitrate.

Comúnmente, todos los equipos de radio que se encuentren inactivos (es decir, radios que no están recibiendo ni transmitiendo) se encuentran en un canal inactivo denominado el canal de reposo. De esta manera, las llamadas nuevas se inician siempre en el canal de reposo. Al iniciarse una llamada, el repetidor de canales de reposo selecciona uno de los canales inactivos como el nuevo canal de reposo, informa a los radios que están en el canal de reposo actual cuál es el nuevo canal de reposo, convierte el canal de reposo actual en un canal de tráfico y comienza a repetir las transmisiones enviadas por el radio.

Los radios que no participan en la llamada (es decir, para los cuales el destino de la llamada no es de interés) se mudan al nuevo canal de reposo.

El presente proyecto presenta un estudio, análisis y evaluación de los principales factores, para la implementación de un sistema de radio troncalizado y su conversión a un sistema digitalizado. Por lo tanto, pretende una solución a la necesidad de unificar los Sistemas de Radio analógico y digital, troncalizados.

Un Sistema de Radio Troncalizado permite optimizar los recursos espectrales, soporta mayor cantidad de usuarios con los mismos recursos (frecuencias), realiza una asignación automática de canales, posee una lista de espera evitando la pérdida de llamadas, permite una distribución dinámica de grupos de trabajo, maneja niveles de prioridad en las llamadas y un alto nivel de seguridad en la comunicación.

Al respecto existen varios estándares, los más conocidos , los MOTOROLA., el más reciente, el Astro 25; este se encuentra formado por un Sitio Master ubicado en el centro del Área a trabajar, un Sitio Remoto ubicado dentro de esa área y once Sitios de Repetición ubicados estratégicamente en todo la Región o el País.

Este es uno de los estándares, que como otros, nos servirán para el estudio, análisis y evaluación que pretende nuestro proyecto de tesis,

Nuestra finalidad es el análisis de la cobertura total en todas las estaciones y sus principales vías de acceso. Finalmente se realiza un análisis económico, en donde se analiza la factibilidad económica de la implementación del proyecto y el costo beneficio que produce el mismo.

1.3 Antecedentes y Justificación, Viabilidad y Propósito de la Investigación

Los resultados de nuestro trabajo, servirán para:

Los usuarios organizacional (empresarial e institucional) y personal, quienes conocerán de nuevas alternativas de última tecnología integradas de instrumentación electrónica y fotonica, para la supervisión , vigilancia y seguridad, de parámetros, lugares y eventos, utilizando sistemas de alarmas electrónicas analógicas , digitales y basadas en IP inalámbricas.

1.3.1. Conveniencia.

¿Para qué sirve este Trabajo?

El presente trabajo, sirve para establecer un estudio, análisis y evaluación de los factores de cómo poder implementar controlar y supervisar un sistema troncalizado de telecomunicaciones. Además realizara el análisis de cómo digitalizar el sistema.

1.3.2. Relevancia Social.

¿Quiénes se benefician y de qué modo? Se benefician las empresas, empresarios, técnicos, usuarios, funcionarios, trabajadores en general, interesados en el tema.

Todos los involucrados tendrán la posibilidad de tener mejores servicios de, control y telecomunicaciones integrados

1.3.3. Implicaciones prácticas.

¿Ayudara a resolver problemas prácticos?

Evidentemente, pues el trabajo pretende brindar la oportunidad de obtener conocimientos sobre tecnologías en radiocomunicación troncalizado, en cuanto a su planeación y gestión, normativa y regulación de dichos servicios

1.3.4. Valor Teórico.

Los resultados desarrollan o apoyan alguna teoría?

Si a las teorías en el estudio de estos sensores y sus parámetros, se adicionaran.

Tecnologías emergentes que han devenido de investigaciones resientes de físicos, matemáticos, ingenieros y profesionales de la gestión. Las teorías de las telecomunicaciones inalámbricas son analizadas y evolucionadas en el tiempo.

1.3.5. Utilidad Metodológica.

La investigación ¿Mejora la forma de investigar?

Si, complementa aspectos tecnológicos, de normatividad, de Gestión. O sea, un híbrido multidisciplinario, como consideramos que debe ser un trabajo de tesis

1.3.6. Viabilidad del Trabajo.

Disponibilidad de recursos financieros, humanos y materiales

Se disponen de recursos financieros suficientes, para llevar a cabo esta propuesta.

Recursos humanos: se cuenta con el apoyo de personal técnico y profesional.

Recursos Materiales: Será necesario disponer de material bibliográfico, como libros, revistas especializadas, Internet, de los cuales se dispone.

1.4 Delimitación

El proyecto se circunscribe geográficamente a la Ciudad de Arequipa (Perú)

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Estudiar y analizar el desarrollo y las tendencias de las tecnologías de los sistemas troncalizados de radiocomunicación y alerta del manejo digitalizado.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Resumir los planteamientos teóricos relacionados con la comunicación inalámbrica emergente.
- Resumir los planteamientos teóricos relacionados con sistemas de comunicación troncalizado.
- Realizar un marco conceptual de lo que debe hacerse óptimamente para implementar un sistema integrado de comunicación tipo troncalizado.

- Explicar una Infraestructura de Gestión del sistema planteado, de Redes y Servicios Trunking, que se apoye en los protocolos de su Gestión y la potencialidad de sus arquitecturas distribuidas.
- Los temas tratados en el proyecto son de interés de ingeniería en Telecomunicaciones, Control, Gestión, por lo que la interpretación y aplicación estarán sujetos a las normas de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)
- Definir la capacidad del sistema, sus medios de transmisión, protocolos, enlaces, antenas, nodos, topologías físicas y/o virtuales de la red y otras características de lo planteado en sus necesidades de comunicación y gestión por el usuario.
- Seleccionar e implementar aplicaciones de calidad, que demuestren la factibilidad técnico-económica del uso de estos sistemas.
- Transferir conocimientos al sector productivo privado y público y académico a través de una buena memoria descriptiva y manuales, así como a la configuración, administración y mantenimiento de protocolos para la selección y aceptación de estas configuraciones y equipos y fundamentalmente. .

1.6 Formulación de la Hipótesis

“Es posible realizar un estudio, análisis y evaluación tendientes a su optimización, de los diferentes sistemas de tecnología integrada de comunicación troncalizada y su transformación a su digitalización inalámbrica”.

1.7 Variables

1.7.1 Variables Dependientes

- **VMCO** (Variables Manejables a Corto Plazo) Aquéllas sobre las que se pueden ejercer una acción directa.

Estas son: Tecnologías de instrumentación electrónicas, Redes, Herramientas de diseño inalámbricas troncalizadas.

1.7.2 Variables Independientes

VNMCP (Variables No Manejables a Corto Plazo): Las variables, independientes, difícilmente podemos controlar a corto plazo este tienen más relación con el entorno en el que nos desenvolvemos.

Factores Políticos

Factores Legales

Factores Culturales

Factores Económicos

Factores Demográficos

Recursos Naturales

Estructura Socio-Económica

1.8 Diseño de la investigación

- Involucra **análisis cuantitativo y cualitativo**.
- El **análisis cuantitativo** se aplica a través de entrevistas, pretendiendo alcanzar una cobertura que ayude a percibir cuáles son las variables que influyen en el análisis del sistema.
- El **análisis cualitativo**: resultado de un cuidadoso proceso de investigación.
- Luego del análisis de los sistemas, los resultados se someten a una metodología estadística que permita descubrir la consistencia entre las respuestas y las afirmaciones.

1.8.1 Técnicas de Investigación.

Fundamentalmente Investigación Descriptiva, Exploratoria, Causa es descriptiva, porque es una investigación tecnológica, que describe, y evalúa modernas tecnologías emergentes en telecomunicaciones.

Es Exploratoria, por que analiza y sintetiza ubicación, tecnologías y herramientas de diseño.

Es causal, por que analiza y sintetiza causa / efecto de aplicación de herramientas de implementación de nuevas tecnologías.

1.8.2. Instrumentos de Verificación.

Test de Estado de la Configuración de los sistemas.

Indicadores de funcionamiento de los sistemas.

Indicadores de Gestión de Mercado

Se utilizaran estrategias descriptivas, de donde se obtendrá información de cómo están conformadas las redes de telefonía celular, para obtener información de todos sus servicios, especialmente móviles, logrando el conocimiento detallado del sistema actual y sus tendencias a la UMTS

CAPITULO 2

2. ESTADO DE ARTE O ESTUDIO CONCEPTUAL

2.1 CONCEPTOS GENERALES DE TELECOMUNICACION

Una telecomunicación es toda transmisión y recepción de señales de cualquier naturaleza, típicamente electromagnéticas, que contengan signos, sonidos, imágenes o, en definitiva, cualquier tipo de información que se desee comunicar a cierta distancia¹.



Fig.2.1

Telecomunicación: disciplina que estudia, diseña, desarrolla y explota aquellos sistemas que permiten dichas comunicaciones; de forma análoga, la ingeniería de telecomunicaciones resuelve los problemas técnicos asociados a esta disciplina².

Telecomunicación es un conjunto de recursos especialmente organizados, humanos y tecnológicos, a fin de lograr una intercomunicación de información. Estos recursos pueden ser electrónicos, fotonicos, bióticos, etc.

¹ Diego Molano Vega. *La Tecnología y las Telecomunicaciones*.

² Juan Felipe Ruiz Pérez. *Sistemas Técnicos*.



Fig.2.2 Sistemas de Telecomunicación Emergente

Pero además, la telecomunicación constituye hoy en día un factor social y económico de gran relevancia. Así, estas tecnologías adquieren una importancia propia si valoramos su utilidad en conceptos como la globalización o la sociedad de la información y del conocimiento; que se complementa con la importancia de las mismas en cualquier tipo de actividad mercantil, financiera, bursátil o empresarial. Los medios de comunicación de masas también se valen de las telecomunicaciones para compartir contenidos al público, de gran importancia a la hora de entender el concepto de sociedad de masas.

La telecomunicación incluye muchas tecnologías como la radio, televisión, teléfono y telefonía móvil, comunicaciones de datos, redes informáticas o Internet. Gran parte de estas tecnologías, que nacieron para satisfacer necesidades militares o científicas, ha convergido en otras enfocadas a un consumo no especializado llamadas tecnologías de la información y la comunicación, de gran importancia en la vida diaria de las personas, las empresas o las instituciones estatales y políticas³.

Un sistema de telecomunicación es una colección de hardware y software compatible dispuesto para comunicar información de un lugar a

³ Torres, Álvaro. *Telecomunicaciones y telemática. De las señales de humo a las redes de información y a las actividades por internet*. Tercera edición, Colombia, Colección Telecomunicaciones. 2007.

otro. Estos sistemas pueden transmitir textos, gráficos, voz, documentos o información de video en movimiento completo.

2.2 Componentes de un sistema de telecomunicaciones

- **HARDWARE:** tenemos como ejemplo la computadora, multiplexores, controladores y módems.
- **MEDIOS DE COMUNICACIÓN:** es el medio físico a través del cual se transfieren las señales electrónicas ejemplo: cable telefónico.
- **REDES DE COMUNICACIÓN:** son las conexiones entre computadores y dispositivos de comunicación.
- **EL DISPOSITIVO DEL PROCESO DE COMUNICACIÓN:** es el dispositivo que muestra como ocurre la comunicación.
- **SOFTWARE DE COMUNICACIÓN:** es el software que controla el proceso de la comunicación.
- **PROVEEDORES DE LA COMUNICACIÓN:** son empresas de servicio público reguladas o empresas privadas.
- **PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN:** son las reglas para la transferencia de la información.
- **APLICACIONES DE COMUNICACIÓN:** estas aplicaciones incluyen el intercambio de datos electrónicos como la tele conferencia o el fax.

2.3 SEÑALES ANALÓGICAS

Son ondas continuas que conducen la información alterando las características de las ondas. Estas cuentan con dos parámetros: **AMPLITUD Y FRECUENCIA**. Por ejemplo; la voz y todos los sonidos viajan por el oído humano en forma de ondas, cuanto más altas (amplitud) sean las ondas más intenso será el sonido y cuanto más cercanas estén unas de otras mayor será la frecuencia o tono.

Ejemplo de ondas analógicas: el radio, el teléfono, equipos de grabación.

2.4 SEÑALES DIGITALES

Este tipo de señales constituye pulsos discretos, que indican activado-desactivado, que conducen la información en términos de 1 y 0, de igual modo que la CPU de una computadora. Este tipo de señal tiene varias ventajas sobre las analógicas ya que tienden a verse menos afectadas por la interferencia o ruido.

2.5 PROCESADORES DE COMUNICACION

2.5.1 MODEM

Es un dispositivo que realiza los procesos de modulación (conversión de ondas digitales a analógicas) y desmodulación (conversión de ondas analógicas a digitales).

Los módems se utilizan siempre en pares, un extremo emisor que convierte la información digital de una computadora en señales analógicas y un extremo receptor que convierte la señal analógica de nuevo en señales digitales.

La velocidad de los módems se mide en bits por segundo.

2.5.2 MULTIPLEXOR

Es un dispositivo electrónico que permite que un solo canal de comunicación conduzca simultáneamente transmisiones de datos provenientes de muchas fuentes, el objetivo de un multiplexor es aminorar los costos de comunicación permitiendo el uso eficiente de circuitos compartidos. Ejemplo la impresora.

2.5.3 PROCESADORES DE INTERFAZ

Computadora secundaria especializada en manejar todas las comunicaciones rutinarias con dispositivos periféricos, esto se hace con el fin de no desperdiciar el valioso tiempo del

procesador central en tareas rutinarias y así se dedique más a tareas importantes.

Las funciones de este procesador de internas incluye: codificar y decodificar datos, la detección de errores. La recuperación, registro e interpretación de la información. Además tiene la responsabilidad de controlar el acceso a la red, asignar y prioridades a los mensajes, entre otras.

2.5.4 CONCENTRADOR

Es una computadora de telecomunicaciones que conecta y almacena temporalmente mensajes de terminales hasta que un número suficiente de ellos esté listo para ser enviados económicamente

2.6 MEDIOS DE COMUNICACIÓN

Los medios de comunicación son los trayectos para comunicar un dato de un lugar a otro. Entre los medios de comunicación más importantes tenemos:

2.6.1 MEDIOS ALAMBRICOS

2.6.1.1 ALAMBRE DE PAR TRENZADO

Se usa en casi todo el alambrado de telefonía comercial, es relativamente económico, fácil de trabajar y ampliamente disponible. Se compone de hilos de alambre d cobre trenzados en pares.

Desventajas: emite interferencia electromagnética, es relativamente lento para la transmisión de datos, pude derivarse fácilmente permitiendo que otros receptores obtengan la información sin autorización.

2.6.1.2 CABLE COAXIAL

Se compone de un alambre de cobre aislado. Se emplea comúnmente para conducir el tráfico de datos de alta velocidad, como señales de televisión, es un poco costoso, resulta más difícil de trabajar y es relativamente inflexible⁴.

2.6.1.3 FIBRAS ÓPTICAS

Transmiten la información a través de fibras de vidrio transparente en forma de ondas luminosas en lugar de corriente eléctrica.

Está compuesto por miles de delgados filamentos de fibra de vidrio.

Los cables de fibra óptica proporcionan un incremento en la velocidad y capacidad de conducción de datos y es más seguro con respecto a las interferencias y desviaciones.

Una sola fibra de vidrio similar a un cabello puede conducir hasta 30.000 llamadas telefónicas simultáneamente⁵.

2.6.2 MEDIOS INALÁMBRICOS

2.6.2.1 MICROONDAS

La comunicación se transmite a través de ondas de alta frecuencia.

2.6.2.2 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

Es un sistema inalámbrico que utiliza los satélites para permitir a los usuarios determinar su posición en cualquier lugar sobre la tierra. Se ha empleado ampliamente para la navegación de líneas aéreas y los barcos comerciales, además para localizar rutas.

⁴ fccea.unicauca.edu.com

⁵ Andrea Martínez. *Fibras Ópticas*.

2.6.2.3 RADIO

No necesita alambres metálicos, sus ondas tienden a propagarse con facilidad, los aparatos son bastante económicos y fáciles de instalar.

Una de sus desventajas pueden crear problemas de interferencia eléctrica, son susceptibles de que cualquiera que cuente con un equipo similar y la misma frecuencia se entrometa en la comunicación.

2.6.2.4 INFRARROJO

Es una luz roja no visible comúnmente por el ojo humano. La aplicación más común del infrarrojo son las unidades de control remoto de los televisores o las videograbadoras de casete.

No necesita de alambres metálicos, el equipo es altamente móvil y no hay problemas de interferencia eléctrica.⁶

Una de sus desventajas es que es susceptible a la niebla, el humo, el polvo y la lluvia.⁷

2.6.2.5 Otros medios inalámbricos

- Tecnología de radio celular.
- Computo móvil.
- Servicios de comunicación personal.
- Agentes digitales personales.

⁶ fceca.unicauca.edu.com

⁷ Javier A. Dugarte. *Influencia de las Tecnologías De Información Y Telecomunicación (Tit) En La Gestión Empresarial.*

2.7 CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN

- **VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN**
- **ANCHO DE BANDA:** se refiere al intervalo de frecuencia disponible en cualquier canal de comunicación. La capacidad del canal se divide en tres anchos de banda.
- **BANDA ESTRECHA:** es para transmisiones lentas y de baja capacidad. Ej. Transmisiones por líneas telegráficas.
- **BANDA DE VOZ:** transmisiones que se hacen por líneas telegráficas.
- **BANDA ANCHA:** se utiliza para transmisiones de capacidad más elevada. Ej. Microondas y líneas de cable y fibra óptica.

2.8 COMUNICACIONES INALAMBRICAS

La comunicación inalámbrica o sin cables es aquella en la que la comunicación (emisor/receptor) no se encuentra unida por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio.

En este sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal, entre los cuales encontramos: antenas, computadoras portátiles, PDA, teléfonos móviles, etc.⁸

⁸ redtecnosocial.net

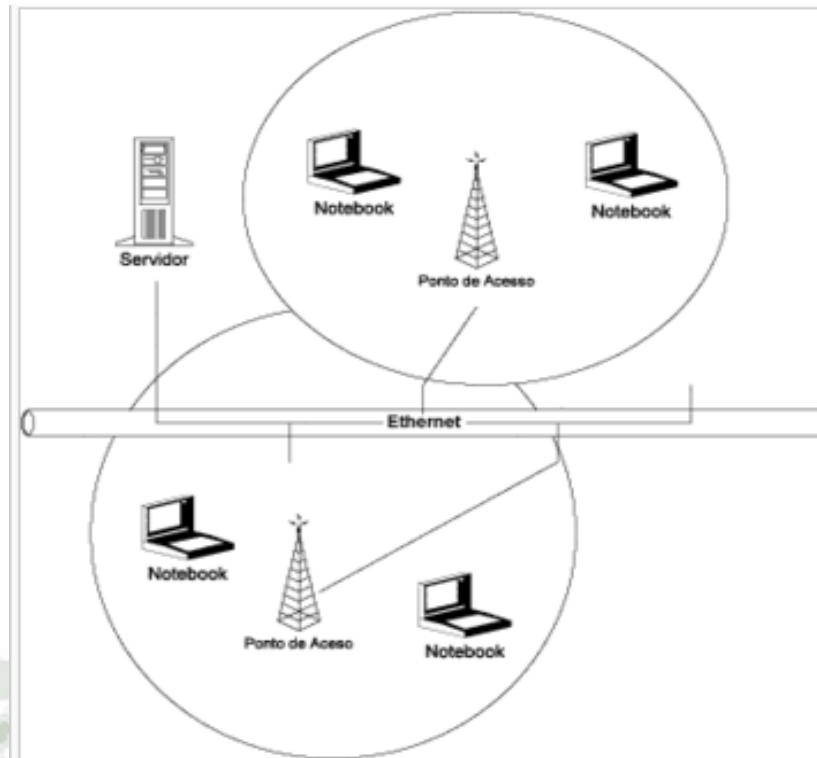


Figura 2.3 Esquema de cómo funciona una red inalámbrica

La comunicación inalámbrica, que se realiza a través de ondas de radiofrecuencia, facilita la operación en lugares donde la computadora no se encuentra en una ubicación fija (almacenes, oficinas de varios pisos, etc.) actualmente se utiliza de una manera general y accesible para todo público.

Cabe también mencionar actualmente que las redes cableadas presentan ventaja en cuanto a transmisión de datos sobre las inalámbricas. Mientras que las cableadas proporcionan velocidades de hasta 1 Gbit/s (Red Gigabit), las inalámbricas alcanzan sólo hasta 108 Mbit/s. [cita requerida]

Se puede realizar una “mezcla” entre inalámbricas y alámbricas, de manera que pueden funcionar de la siguiente manera: que el sistema cableado sea la parte principal y la inalámbrica sea la que le proporcione movilidad al equipo y al operador para desplazarse con facilidad en distintos campo (almacén u oficina).

Un ejemplo de redes a larga distancia son las Redes públicas de Conmutación por Radio. Estas redes no tienen problemas en pérdida de señal, debido a que su arquitectura está diseñada para soportar paquetes de datos en vez de comunicaciones por voz.

Actualmente, las transmisiones inalámbricas constituyen una eficaz herramienta que permite la transferencia de voz, datos y vídeo sin la necesidad de cableado. Esta transferencia de información es lograda a través de la emisión de ondas de radio teniendo dos ventajas: movilidad y flexibilidad del sistema en general.

En general, la tecnología inalámbrica utiliza ondas de radiofrecuencia de baja potencia y una banda específica, de uso libre o privada, para transmitir entre dispositivos⁹.



Figura 2.4. Ejemplo de comunicación inalámbrica. Sistema MMDS

Estas condiciones de libertad de utilización sin necesidad de licencia, ha propiciado que el número de equipos, especialmente computadoras, que utilizan las ondas para conectarse, a través de redes inalámbricas haya crecido notablemente.

⁹ Gralla, Preston (2007). *Cómo funcionan las redes inalámbricas*. Anaya Multimedia.

La tendencia a la movilidad y la ubicuidad hacen que cada vez sean más utilizados los sistemas inalámbricos, y el objetivo es ir evitando los cables en todo tipo de comunicación, no solo en el campo informático sino en televisión, telefonía, seguridad, domótica, etc.

Un fenómeno social que ha adquirido gran importancia, en todo el mundo, como consecuencia del uso de la tecnología inalámbrica son las comunidades inalámbricas que buscan la difusión de redes alternativas a las comerciales. El mayor exponente de esas iniciativas en España es Red Libre.

Los hornos de microondas utilizan radiaciones en el espectro de 2,45 GHz. Es por ello que las redes y teléfonos inalámbricos que utilizan el espectro de 2,4 GHz. pueden verse afectados por la proximidad de este tipo de hornos, que pueden producir interferencias en las comunicaciones.

Otras veces, este tipo de interferencias provienen de una fuente que no es accidental. Mediante el uso de un perturbador o inhibidor de señal se puede dificultar e incluso imposibilitar las comunicaciones en un determinado rango de frecuencias.

Algunos de los equipos de punto de acceso que normalmente vienen con antena omni 2 Dbi, muchas veces desmontables, en las cuales se puede hacer enlaces por encima de los 500 metros y además se pueden interconectar entre sí.

No debe haber obstáculos para que la señal sea excelente, ya que esto interfiere en la señal y puede haber problemas en la conexión.

2.8.1 Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas

El objetivo tecnológico de las comunicaciones inalámbricas es el desarrollo de tecnologías, aplicaciones y servicios de transmisión de datos a través de medios de comunicación inalámbricos.

Se cubren un amplio espectro de temas que van desde los más teóricos de procesamiento de señal y comunicaciones hasta los más prácticos de implementación de nuevos servicios inalámbricos, pasando por el prototipado de equipos terminales de comunicaciones.

Sin lugar a dudas, las comunicaciones inalámbricas constituyen hoy en día el segmento más dinámico y de mayor crecimiento en el hipersector de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC).

Buena prueba de ello es el enorme impacto económico y social que han provocado tecnologías como la telefonía móvil (GSM, 3G, LTE, etc.); las redes inalámbricas de acceso a Internet (WiFi, WiMAX,..); los sistemas de conexión sin hilos de periféricos (Bluetooth, Ultrawideband,..); o las redes inalámbricas de sensores.

No obstante, a pesar de los extraordinarios avances de los últimos años, todavía es necesario trabajar en nuevas tecnologías que sean capaces de mejorar las prestaciones de las redes inalámbricas en términos de velocidad de transmisión, retardo, consumo, coste y cobertura y así poder abordar con éxito los formidables retos que plantean las aplicaciones emergentes.

En este sentido, las líneas de trabajo de la presente área tecnológica son las siguientes:

- Técnicas iterativas y adaptativas de procesado de señal para estimación, sincronización y cancelación de interferencias en comunicaciones inalámbricas.
- Sistemas de transmisión con tecnologías multiantena (MIMO)
- Construcción de testbeds para la evaluación de esquemas de transmisión inalámbrica.
- Prototipado de equipos terminales de comunicaciones inalámbricas empleando tecnologías SDR (Software Defined Radio)
 - Tecnologías RFID (Radio Frequency Identification)
 - Redes inalámbricas de sensores y sistemas de información contextual.
 - Comunicaciones inalámbricas entre vehículos.
 - Tecnologías GNU radio
 - Sistemas de posicionamiento y localización en interiores.
 - Sistemas de radio troncalizado¹⁰

2.8.2 Radio troncalizado

La Tecnología de las Telecomunicaciones, ha ido evolucionando rápidamente brindando soluciones a diversas aplicaciones y mercados.

Con el tiempo estos mercados han ido exigiendo a sus comunicaciones nuevas prestaciones como pueden ser: mayor control sobre la red, definición de perfiles de usuarios, mayor capacidad de tráfico, confiabilidad ante fallas, áreas de cobertura extendida, etc.

Estos nuevos requerimientos hicieron que los Sistemas de Radio convencionales de comunicaciones se vean superados y nazca

¹⁰ www.citic-research.org

una nueva tecnología denominada Sistema de **Radio Troncalizado**.

En este capítulo de nuestro trabajo, se presentan las causas, origen y desarrollo del **Sistema Troncalizado**, su descripción, arquitectura, características generales, elementos y tipos de equipos que se utilizan dentro de esta tecnología.

También se describen fundamentos teóricos y los tipos más conocidos de este y otros sistemas afines; pero en especial se tratan sus diferentes estándares TETRA, APCO 25 y MPT 1327.

2.8.2 1 Por que surge el Sistema troncalizado?

El rápido crecimiento de los servicios móviles terrestres ha generado una presión continua en los entes reguladoras, para proveer espectro RF¹¹ adicional y acomodar nuevos usuarios.

Las industrias se han inclinado a buscar una mayor eficiencia en el manejo del espectro, para permitir nuevas licencias de operación.

En los últimos años, dos conceptos de sistemas han recibido mayor atención, como soluciones transitorias al crecimiento de la demanda: el concepto de los sistemas celulares y el de los sistemas de troncal

Para comprender mejor el sistema troncalizado, vale la pena saber cómo funciona el Sistema Convencional RF¹².

En éste sistema cada grupo de usuarios cuenta con un canal determinado. Si un usuario desea comunicación con otro usuario de otro grupo, debe cambiar su radio al canal respectivo. De esta

¹¹ RF: Radio Frecuencia, utilizado para equipos microondas

¹² UHF: Ultra High Frequency, banda de frecuencia comprendida entre 300 a 3000 MHz.

manera si el canal al cual está asignado el usuario se encuentra ocupado éste no puede transmitir su mensaje.

Para ilustrar como trabaja un sistema convencional de RF y un sistema de radio troncalizado, pensemos en una oficina de correo. Para el primer sistema, los clientes pueden hacer una cola de acuerdo al tipo de transacción que requieran realizar, esto podría crear largas colas en algunas de las ventanillas mientras otras podrían estar libres, como se puede observar en la Figura 2.1.



Figura. 2.5. Comparación Sistema Convencional – Sistema Troncalizado

En cambio, la analogía del sistema troncalizado, es crear una sola cola para todas las ventanillas.

El primer usuario en la cola se moverá a la primera ventanilla libre, el segundo a la siguiente ventanilla libre y así sucesivamente como se observa en la Figura. Esto elimina las largas colas y la forma ineficiente de acceder a las ventanillas que presentaba el sistema anterior

El Sistema de Radio Troncalizado recibió su nombre de la “línea interurbana” que se utiliza en comunicaciones comerciales telefónicas. Donde se puede comparar con un “tronco” a la

trayectoria de comunicación entre dos o más puntos, típicamente entre la sede de la compañía telefónica y uno o más usuarios. La línea interurbana es compartida al mismo tiempo con varios y diversos usuarios, pero los usuarios del servicio telefónico no necesitan estar enterados de este compartimiento. Un usuario realiza una llamada a otro y la termina; el funcionamiento interno del sistema de teléfono es transparente a los usuarios. La forma de comunicarse por Radio Troncalizado es absolutamente similar a tales sistemas de teléfono. Las unidades de radio que transmiten y reciben se pueden comparar como las partes a llamar y recibir, y el sistema de radio troncalizado se puede comparar como el equipo de la compañía de teléfono. En vez de las líneas telefónicas, el sistema de radio utiliza los Canales de Radio para realizar llamadas.

El Sistema de Radio Troncalizado es un sistema que maneja un grupo de trayectos “troncales” en el cual los usuarios comparten todos los canales disponibles evitando así que dependan de un canal determinado y no puedan transmitir su mensaje si éste se encuentra ocupado, aumentando la eficacia del sistema de radio dinámicamente.

2.8.3 Arquitectura de la Red del Sistema de Radio Troncalizado

La Arquitectura de Red del Sistema de Radio Troncalizado mantiene los mismos principios de las arquitecturas de sistemas de comunicaciones móviles, cuyos elementos se presentan en la Figura 2.2 y son los siguientes:

- Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema (MSC)
- Estación base (BS)
- Terminal suscriptor
- Enlaces
- Sistema de Gestión de Red (NMS)

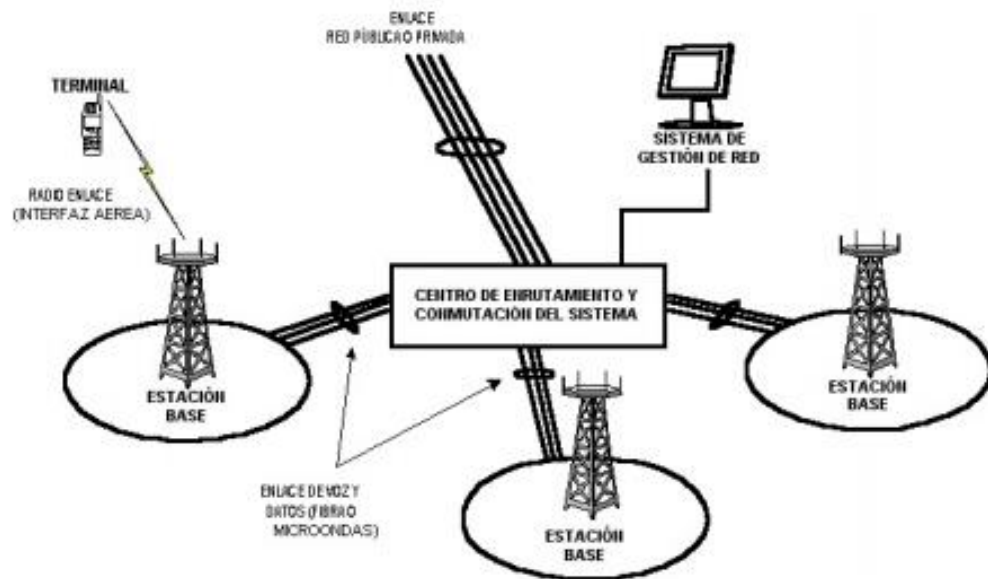


Figura. 2.6. Arquitectura de Red de Sistema de Radio Troncalizado

2.8.3.1 Centro de Enrutamiento y Conmutación del Sistema

(MSC): También llamado Central de Control, son estaciones fijas que controlan automáticamente el Sistema de enrutamiento y conmutación de voz y datos, también se encarga del funcionamiento de las estaciones base. Está compuesto por tres unidades: Controlador Lógico del Sistema, Unidad de Distribución de Audio y la Unidad de Gestión de Red (NMS).

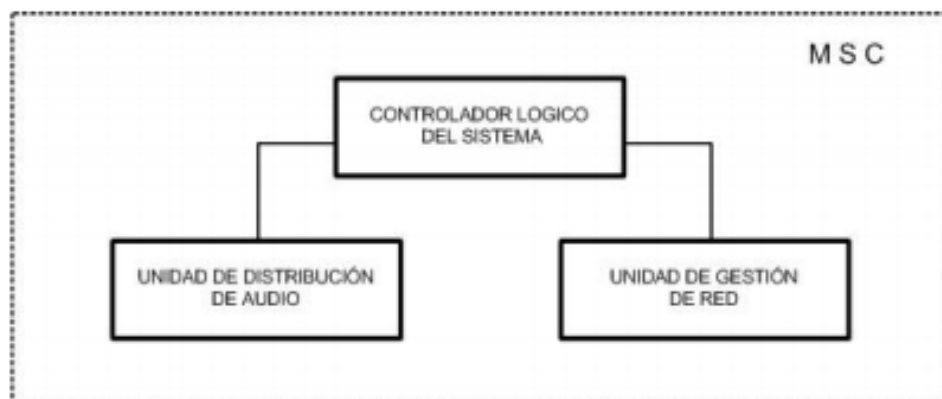


Figura. 2.7. Estructura del MSC

- **Controlador Lógico del Sistema:** Es el cerebro del MSC, se encarga de recibir las peticiones de todo tipo de llamadas y envía mensajes hacia los sitios de repetición (BS), a través del Canal de Supervisión del Sistema, con la información de identificación (ID) de los usuarios o grupos que requieren la comunicación. Interactúa de forma continua con las unidades de Gestión y Distribución de Audio.
- **Unidad de Distribución de Audio:** Está encargado de establecer las rutas para todo tipo de llamadas individuales o grupales requerida por los usuarios dentro del sistema
- **Unidad de Gestión de la Red:** Administra todas las funciones de Gestión de Red como: fallas, administración, contabilidad, desempeño y seguridad de los equipos de red y de los terminales.
- **Estación Base (BS):** Son estaciones fijas que pueden ser controladas por una unidad de control, dando acceso al usuario al sistema, en esa región o área, y así permitiendo la comunicación entre usuarios.

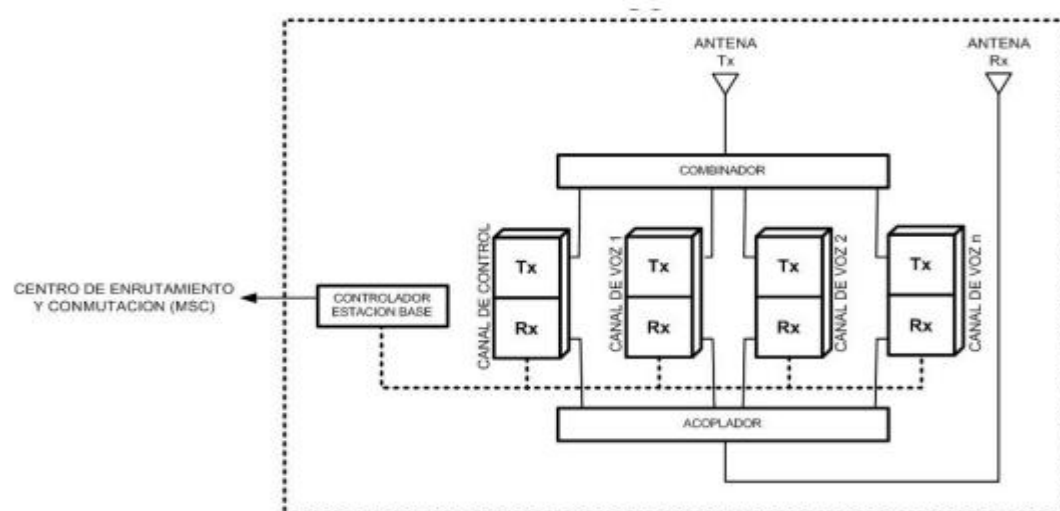


Figura. 2.8. Esquema de BS

Físicamente la BS está compuesta por equipos repetidores para n canales de voz y una para canal de control como se muestra en la Figura anterior, todos los transmisores están conectados a un Combinador de señal el cual envía, en una misma señal, la información de todos los transmisores hacia la antena transmisora. En cambio la señal que llega desde la antena receptora entra en un Multiacoplador que distribuye la señal hacia el repetidor que corresponda la señal. Finalmente todas las repetidoras se conectan a un Controlador Central el cual administra la distribución de los canales y sirve para interconectar a la BS con el MSC o con otra red pública (PSTN) o con centrales telefónicas privadas (PABX).

- **Terminal Suscriptor:** Es una estación dotada de movilidad.
- **Enlaces:** Son redes de transmisión de voz y datos a través de microondas, fibra u otros medios. Con el fin de interconectar la Central de Control con las estaciones base o con otras Centrales de Control.
- **Sitios de Repetición:** Este término es utilizado para describir a una estación base junto con el área a la cual da servicio. Un sistema de comunicaciones móviles puede estar compuesto por uno o más sitios de repetición.
- **Sistema de Gestión de Red (NMS):** Se encarga del monitoreo, control y mantenimiento de la infraestructura y los equipos de la red, mediante la administración y el censo de las alarmas específicas de la red.

Tipos de canales.-

Las troncales pueden ser de dos tipos de canal de radio: control (o datos) y canales del tráfico (o voz). Un canal de control se debe

señalar en cada sitio y los canales restantes se utilizan como canales del tráfico.

- **Canal del Control:** se utiliza para enviar la información digital entre las unidades de radio y la información que controla la operación del sistema.
- **Canales de Tráfico:** se utilizan para realizar comunicaciones reales (voz o datos) entre las radios.
- **Canal de Supervisión:** es un canal de datos directo entre el controlador maestro y cada sitio de repartición. Lleva información bidireccional sobre el uso de los canales, pedidos de canal, alarmas, supervisión y otros parámetros internos del sistema.

Tipos de Configuración de Red

Existen algunos tipos de configuraciones de red para los Sistemas de Radio Troncalizado.

Entre las importantes configuraciones tenemos las siguientes

Red Local.- Son redes de tamaño pequeño y mediano conformado por una sola MSC que controla y administra todas las BS del sistema, a través de dos tipos de canales:

- 1 Canal de Supervisión
- n Canales de Voz

Generalmente se las utiliza en empresas pequeñas con influencia en un área geográfica limitada con pocos empleados. Existen varios tipos de topologías como por ejemplo de Estrella, malla o de bus.

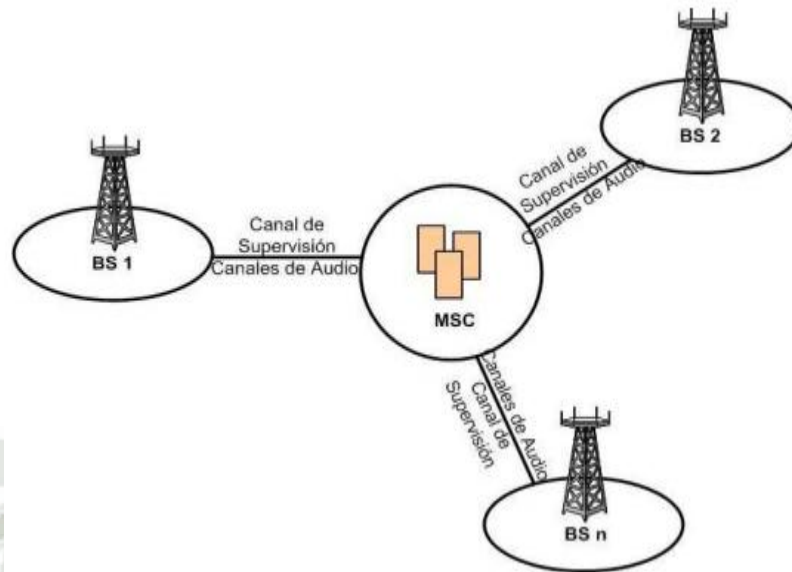


Figura. 2.9. Configuración Red Local

Red Regional: Éste es un tipo de configuración de red de tipo regional, nacional o internacional, se caracteriza por estar compuesto de 2 o más redes locales, dependiendo del tamaño de la empresa, está compuesta de varias MSC para una mejor organización y necesitan dos tipos de canales para poder realizar la interconexión total de la red

- Canal de control de datos, existe un canal de este tipo entre cada par de MSC interconectadas y sirve para coordinar una llamada que involucre sitios en más de una de las áreas locales.
- Canal de control de audio, el cual es necesario para encaminar el audio de algún área requerida para la localización de los miembros de un grupo de conversación.

También se necesitan nuevos módulos de Hardware y Software que sirven como interfaz para la interconexión entre áreas locales. Este tipo de configuración permite crear un sistema de operación de red homogéneo sobre áreas geográficas extensas.

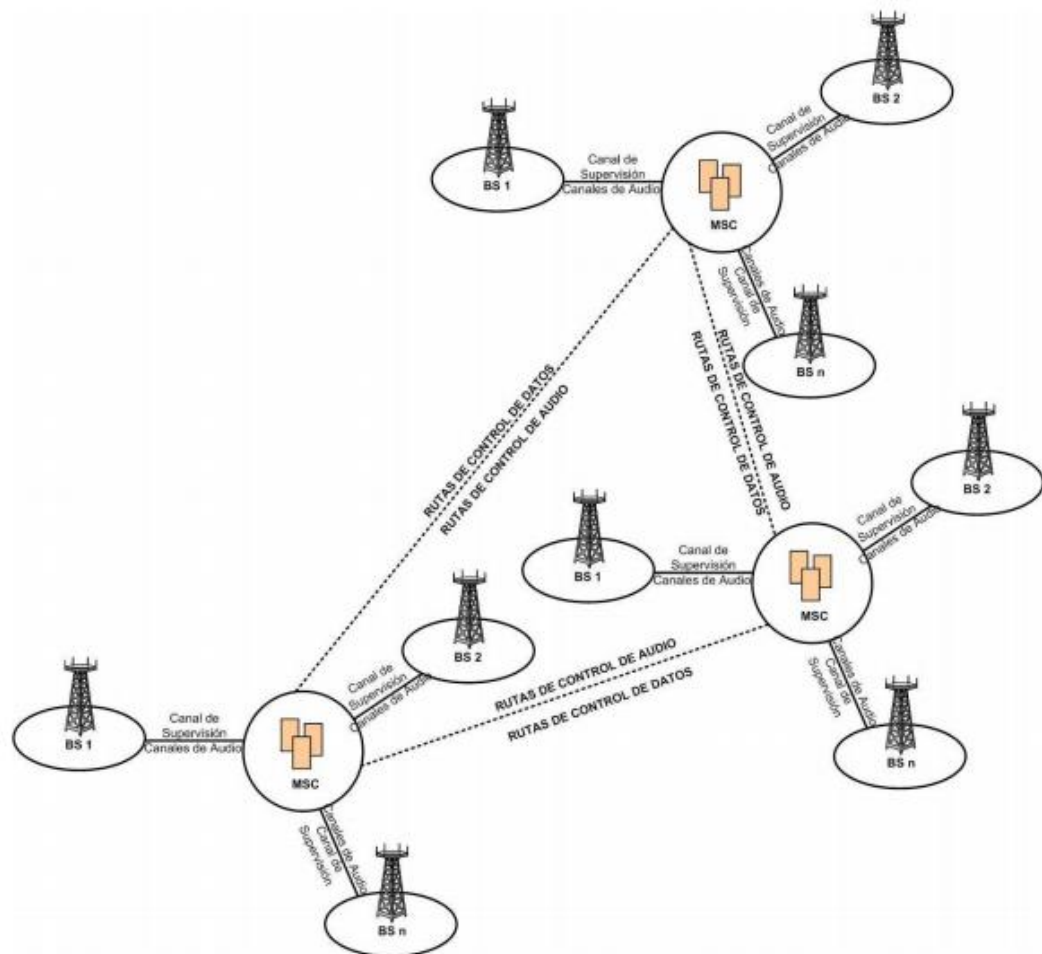


Figura. 2.10. Configuración Red Regional

Procesos Básicos de Llamada del Sistema de Radio Troncalizado

Funcionamiento PTT.- El Push to Talk, se podría traducir como Presionar para hablar, comúnmente abreviado como PTT, es un método para hablar en líneas half – duplex¹ de comunicación

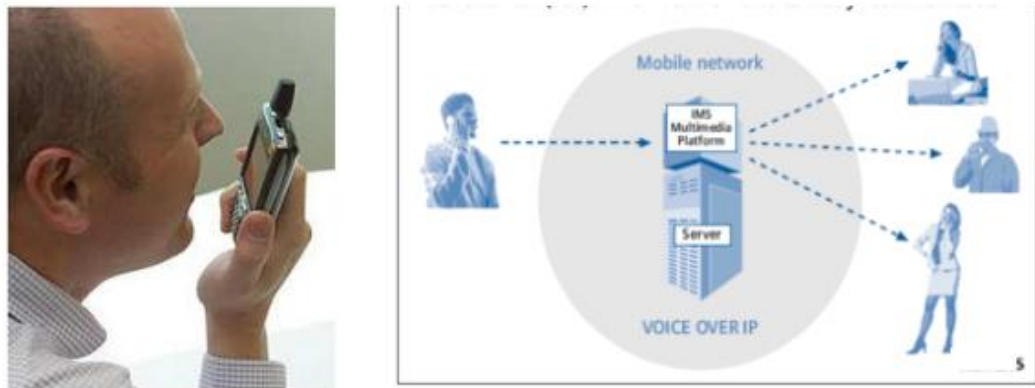


Figura. 2.11. Funcionamiento PTT

Cuando se presiona el botón para hablar (llamado PTT = push to talk) el terminal móvil funciona con un sólo canal para todos los usuarios del mismo grupo, éste transmite por el canal de control un aviso de que quiere transmitir y la red responde con el número de canal a usar. El móvil se sintoniza en ese canal y emite un tono para que el usuario se ponga a hablar siempre que haya un canal disponible. Al soltar el botón PTT, se libera el canal y otro usuario lo puede usar.

Proceso de Llamada.- Un sistema troncalizado permite a los usuarios comunicarse unos con otros cuando estos lo necesiten y en cualquier área de cobertura. Todas las comunicaciones dentro del sistema son denominadas como una “llamada”. Una llamada es una instancia específica del sistema, lo cual permite un servicio apropiado de configuración, registro y afiliación de usuarios a este sistema.¹³

A continuación describiremos paso por paso el proceso básico de una llamada:

a) Cuando un usuario presiona el botón PTT del radio, el terminal envía una señal de datos en forma de una Palabra de Señal de

¹³ HALF-DUPLEX: Comunicaciones que utilizan dos frecuencias, una para transmisión y la segunda para recepción.

Entrada (ISW) hacia el canal de control. El ISW contiene la identificación de la señal de radio (ID) y una indicación del tipo de llamada que se desea realizar. El ISW es una petición para la localización de un canal de voz cuando se requiere una llamada.

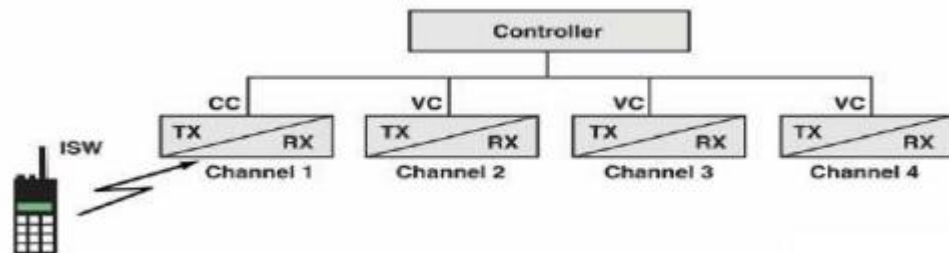


Figura. 2.12. Petición de Llamada

b) El canal de control envía el ISW recibido hacia el controlador central. El controlador central busca dentro de su base de datos una ID correspondiente a la recibida, el ISW contiene la información del grupo de conversación seleccionado. El controlador central actualiza la base de datos para realizar la llamada requerida para el grupo de conversación

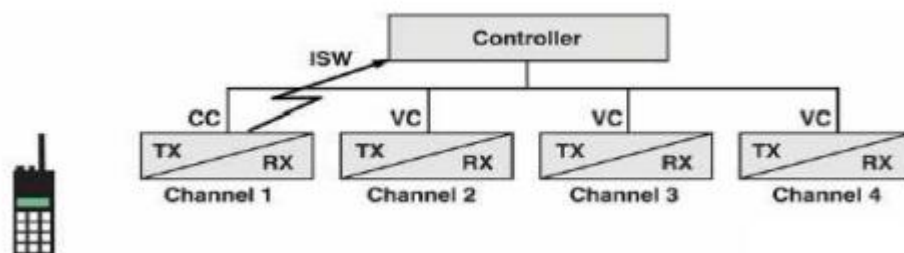


Figura. 2.13. Controlador Central Recibe Petición

c) El controlador central procesa el ISW y asigna uno de los repetidores libres para el grupo de conversación al que pertenece el usuario que realizó la petición. El controlador central envía una Palabra de Señal de Salida (OSW) sobre el canal de control. El OSW contiene el ID del grupo de conversación y el ID de la

unidad de radio que solicito la llamada, así como la información del canal de voz asignado.

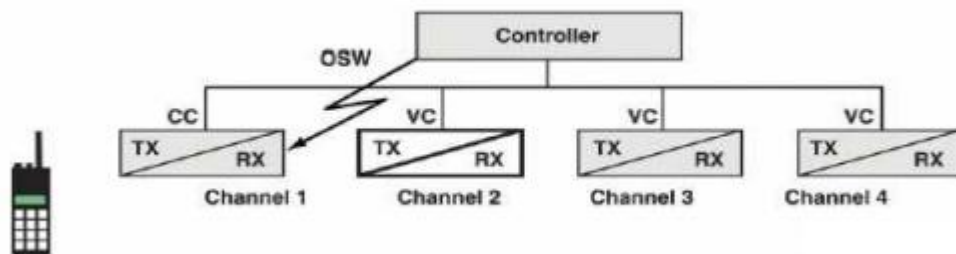


Figura. 2.14. Sistema Controlador envía Comando de Palabra de Salida

d) Todos los radios que están monitoreando el canal de control, reciben el OSW transmitido y examinan el contenido del ID del grupo de conversación en el OSW.

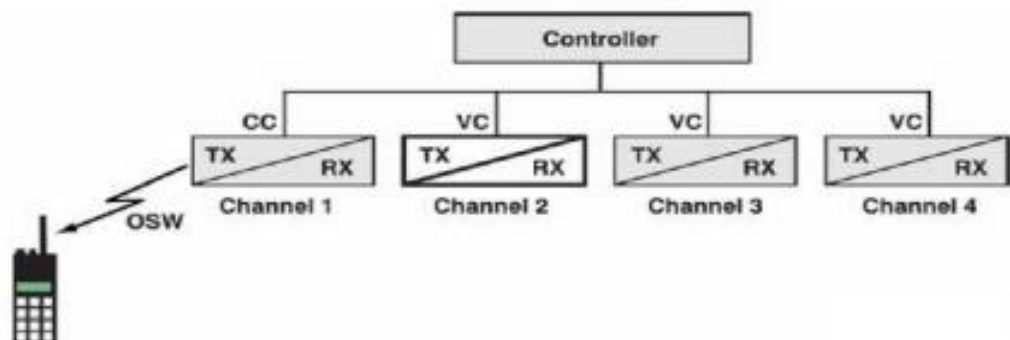


Figura. 2.15. Usuario recibe Información del Canal Asignado

e) Todos estos radios asignados al grupo de conversación asociado con el ID del grupo de conversación dentro del OSW conmutan su frecuencia hacia el canal de voz asignado.

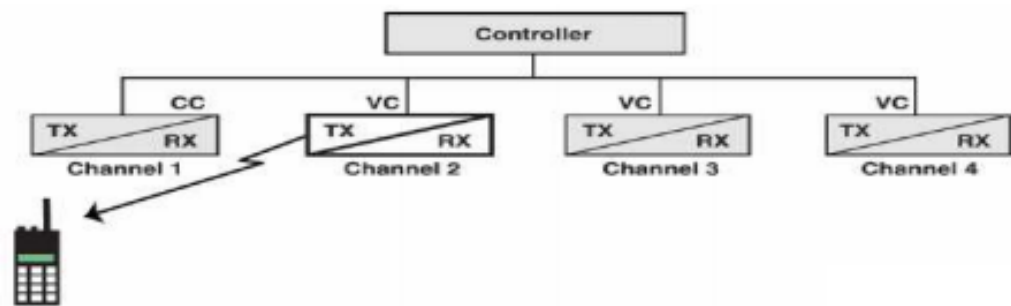


Figura. 2.16. Usuario conmuta hacia el Canal de Voz

f) El controlador central ahora envía un handshake¹ de baja velocidad (LSHS) sobre el canal de voz. Todos los radios que han conmutado hacia el canal de voz reciben el LSHS. El LSHS causa que todos los radios que lo han recibido activen sus receptores e ingresen al proceso de transmisión.

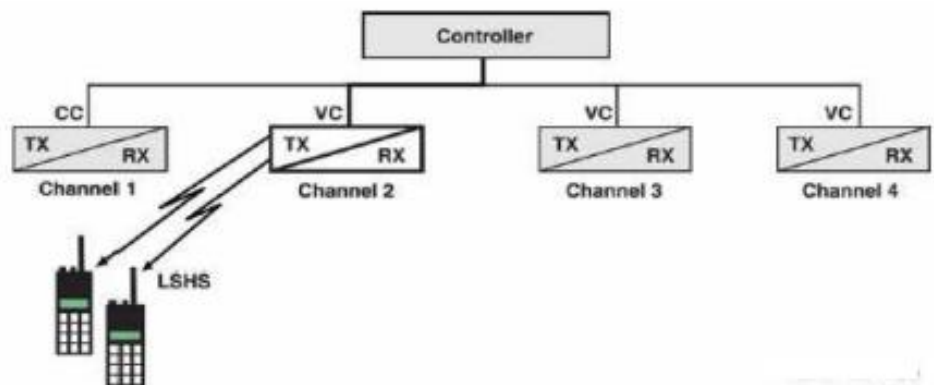


Figura. 2.17. Radios Receptores en el Canal de Voz

g) En esta inicialización los radios transmiten voz y un tono de conexión sub audible. El tono de conexión es utilizado para informar al controlador de la actividad del canal de voz.

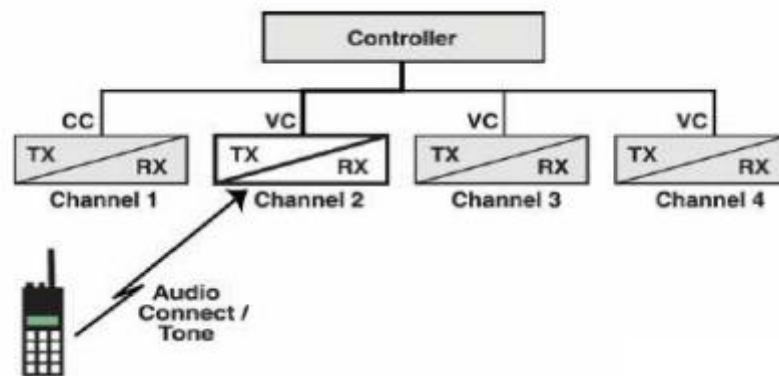


Figura. 2.18. Radios Transmisor en el Canal de Voz

h) El controlador continúa enviando el LSHS dentro del Canal de Voz asignado durante toda la transmisión. Éste es usado para mantener a los radios receptores trabajando dentro del Canal de Voz

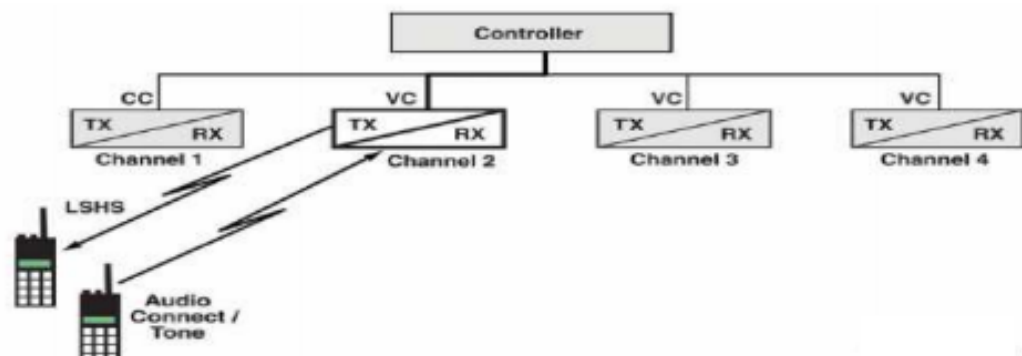


Figura. 2.19. Llamada en proceso

i) Cuando el usuario del radio libera el botón PTT el radio transmite un tono de desconectado hacia el Controlador, indicando que la transmisión ha sido finalizada.

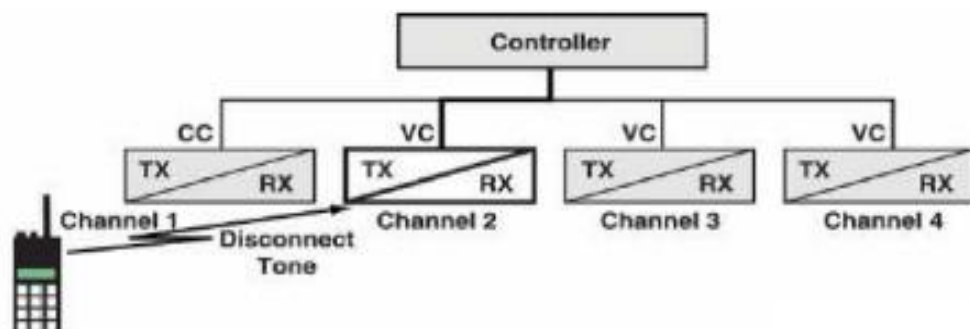


Figura. 2.20. Fin de Transmisión

j) Cuando la llamada es completada, los radios de éste grupo de conversación conmutan hacia la frecuencia de canal de control nuevamente. El Canal de Voz asignado anteriormente ahora regresa a estar disponible para otras llamadas.

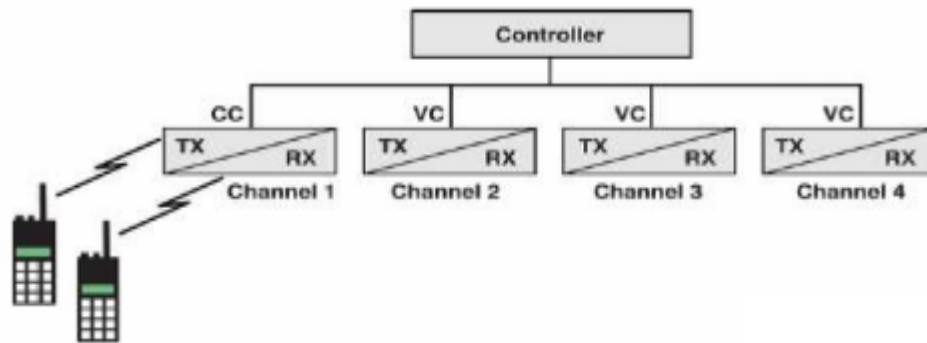


Figura. 2.21. Retorno hacia el Canal de Control

Nota: mientras la llamada anteriormente descrita está en progreso, algún radio dentro de otro grupo de conversación puede también iniciar una llamada y ésta será asignada a un Canal de Voz disponible de la misma manera a la antes descrita. Adicionalmente, el controlador continúa la transmisión de OSWs sobre el canal de control. Estas OSWs contiene la asignación de Canales de Voz para todas las llamadas activas.

Dicha información es usada por algún radio que necesite ser regresado a su estado inicial después de que la llamada ha sido realizada.

Interconexión con redes Telefónicas.- Las Redes de Radio Troncalizado presentan interfaces de línea configurable End-to-End (E-E) para la interconexión con la Red Telefónica Pública PSTN e interfaces E&M1 de 2 y 4 hilos con centrales privadas PABX, esto se lo hace aumentando una unidad extra (Gateway2) para poder realizar dicha comunicación entre redes.

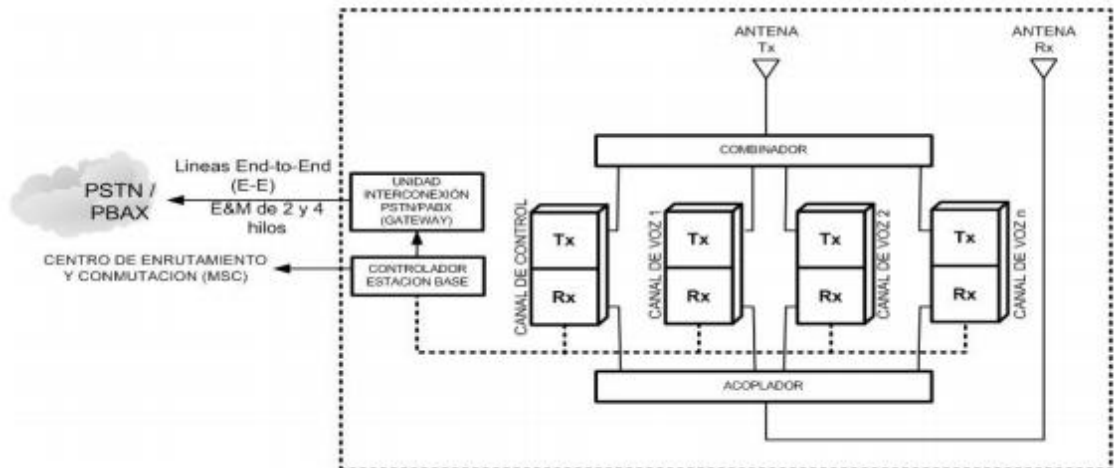


Figura. 2.22. Interconexión Sistema de Radio Troncalizado con Redes Telefónicas¹⁴

La comunicación se puede hacer desde una red telefónica hacia un móvil troncalizado o desde un móvil troncalizado hacia la red telefónica:¹⁵

- Acceso desde PSTN o PABX hacia un Radio:

Para este tipo de llamadas una persona externa marca un número asignando al módulo de interconexión (Gateway) del sistema troncalizado. Si existe un canal de interconexión libre un tono es escuchado y se puede ingresar el ID de seis dígitos correspondiente al usuario del sistema. Una señal de llamada alerta al radio usuario para presionar el botón de llamada telefónica y responder la llamada.

2.8.4 Troncalización

Los sistemas de Radio Troncalizado confían en la Troncalización para ubicar un número grande de usuarios en un espectro radio limitado.

¹⁴ E&M: Oído y Boca. *Protocolo de señalización e interfaz para recepción y transmisión analógica.*

La troncalización posibilita a los usuarios a acceder a los canales disponibles bajo demanda, y explota el comportamiento estadístico de los mismos para acomodar un número fijo de canales o circuitos a los requerimientos de una comunidad de usuarios grande y aleatoria.

Se establece un compromiso entre el número de canales disponibles y la probabilidad de que un usuario en particular no encuentre un canal disponible durante los períodos picos de llamadas. Si este es el caso, se dice que el usuario está bloqueado y el sistema puede negar el acceso con la consiguiente pérdida de la llamada o puede mantenerse en una cola de espera hasta que se disponga del circuito pertinente.

2.8.4.1 Términos utilizados en la teoría de la Troncalización.-

Los términos más utilizados dentro del cálculo de tráfico para un Sistema de Radio Troncalizado son los siguientes:

- **Tiempo de establecimiento:** tiempo requerido para proporcionar un canal a un usuario que lo solicita.
- **Llamada bloqueada:** llamada que no puede completarse en el momento en que se solicita debido a congestión.
- **Duración media de la llamada** (Holding time – H)
- **Intensidad de tráfico (A):** medida de la ocupación media del canal en Erlangs¹.
- **Carga:** intensidad de tráfico a lo largo del sistema troncalizado completo.
- **Grado de Servicio (GOS):** medida de la congestión especificada como una probabilidad de bloqueo de llamada

¹⁵ GATEWAY: *Dispositivo de comunicaciones que transfiere datos entre redes que tienen funciones.*

(Erlang B) o como probabilidad de que la llamada sea atendida después de un intervalo especificado (Erlang C).

- **Tasa de requerimientos (μ):** número medio de pedidos de llamada en la unidad de tiempo.

El Grado de Servicio (GOS).- es una medida de la habilidad de un usuario de acceder a un Sistema Troncalizado durante la hora de mayor ocupación. Esta hora pico se establece de la estadística de la demanda de los usuarios en una semana, mes o año. El GOS típicamente se entrega como la probabilidad de que una llamada sea bloqueada o como la probabilidad de que la llamada experimente un retardo mayor en su establecimiento que un tiempo de espera especificado (encolamiento).

La intensidad de tráfico ofrecida por cada usuario se mide en Erlangs, y corresponde al producto entre la duración media de la llamada, H y el número medio de llamadas, μ que realiza en la unidad de tiempo:

$$A_u = \mu H$$

Para un sistema que posee U usuarios y un número no específico de canales, la intensidad de tráfico total ofrecido A , está dado como:

$$A = UA_u$$

Además, en un sistema troncalizado de Ch canales, si el tráfico es igualmente distribuido entre canales, entonces la intensidad de tráfico por canal, está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{ch} = UA_u / Ch$$

similares pero implantaciones diferentes.

Pero para la mayoría de casos, los datos se los obtienen de forma estadística proporcionando \bar{H} y $\bar{\mu}$ que son valores promedio de duración medio de llamada y número medio de llamada respectivamente para el conjunto de usuarios a los que se brindará el servicio, donde la intensidad de tráfico total también puede ser calculada por medio de la siguiente fórmula.

$$A = \bar{H} * \bar{\mu}$$

GOS para sistemas troncalizados con pérdidas de llamadas.- Nos referimos a sistemas que en caso de bloqueo de llamadas deniegan el acceso al sistema y liberan la llamada inmediatamente. Para su estudio se asume que los requerimientos de llamadas aparecen obedeciendo a una distribución de Poisson.

También se asume que:

- α El número de usuarios es muy grande (tiende a infinito) y el número de canales disponibles es finito.
- α No se pone ninguna restricción respecto de los requerimientos de llamada.¹⁶ La probabilidad de ocupación del canal es exponencial.

Este tipo de sistemas se conoce como de colas M/M/m, y la probabilidad de bloqueo de llamadas (GOS) se determina por la conocida fórmula de Erlang B, donde C_h es el número de canales ofrecidos por el sistema troncalizado, y A es el tráfico total ofrecido.

¹⁶ Erlang: *Es una medida de tráfico en telecomunicaciones y representa el uso continuo de un canal de voz.*

Transferencia de llamadas entre celdas Handoff

Cuando se deteriora la calidad de transmisión durante una llamada en progreso, se realiza un cambio automático de estación base. La conmutación de una llamada en progreso de una estación base a otra se conoce como handoff. (Es de destacar que una vez que una llamada es establecida el canal de control no es usado nuevamente durante el período que dure la llamada, por lo tanto el handoff es implementado siempre en el canal de voz).

Básicamente el handoff es requerido en dos situaciones en las cuales la estación base recibe señales débiles desde la unidad móvil:

- Cuando el móvil llega al límite de la celda, en donde el nivel de señal cae por debajo de un límite aceptable, típicamente -100dBm en un ambiente con ruido limitado.
- Cuando la unidad móvil entra dentro de alguno de los pozos de intensidad de señal que se encuentran dentro de la celda, como se muestra en la Figura

Este procedimiento es esencial, ya que de no existir en cualquiera de las situaciones mencionadas anteriormente la comunicación se perdería, por lo que el usuario debería restablecerla manualmente.

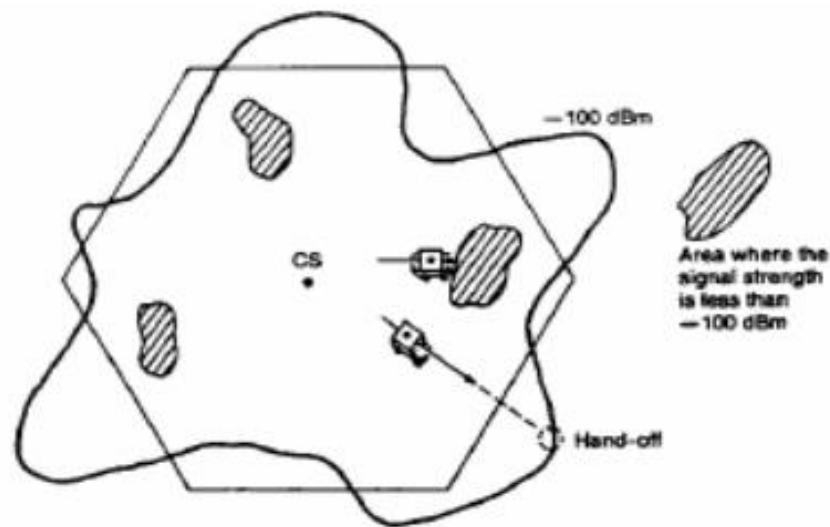


Figura. 2.23. Ocurrencia de Handoff

Para poder implementar este mecanismo, durante una llamada en progreso el equipo del canal de voz en la estación base está supervisando continuamente la calidad de la radio transmisión. Se pueden efectuar los siguientes chequeos:

- Intensidad de la señal de radio frecuencia
- Relación portadora / interferencia en la Señal de Supervisión de Audio (SAT) y su retardo.

En base a estas mediciones se pueden diferenciar dos tipos de handoff

El basado en la relación Señal / Ruido (S/N).

En este caso el valor de S/N para que ocurra un handoff debe ser de 18dB (usualmente en el límite de la celda) de modo tal debe tener una buena calidad de voz. Algunas veces un valor menor de S/N puede ser usado por razones de capacidad. La unidad de canal de voz genera un tono continuo, SAT, el cual es adicionado a la voz transmitida (El SAT no interferirá con la voz transmitida

porque su frecuencia está por encima de las frecuencias de voz). En algunos sistemas se usa la información de SAT (Supervisor Audio Tone) junto con el nivel de la señal recibida para determinar cuando debe ocurrir el handoff. El handoff puede ser controlado mediante el uso de la relación S/N, que se obtiene de:

$$\frac{S+N}{N} = S/N$$

Se puede establecer un nivel basado en S/N, dado que S decae en función de la distancia pero N es independiente de la ubicación. Si el handoff depende de S/N, y S/N disminuye, esto puede ser en respuesta al incremento en la distancia de propagación o en la interferencia. En ambos casos el handoff debe ocurrir.

Tipos de Sistemas Troncalizados

Existen diversas tecnologías que ofrecen las más variadas prestaciones tales como: LTR, EDACS, MPT1327, APCO y TETRA.

Sistema Troncalizado LTR Este sistema procesa las comunicaciones en forma analógica y utiliza el protocolo LTR (Logic Trunked Radio) que tiene la característica de no ser un protocolo propietario de una Marca de radios. Este hecho permite que existan en el mercado muchos fabricantes de radios que ofrezcan productos compatibles con esta Tecnología de troncalizado (Kenwood, ICOM, etc.).

Esta Tecnología es el primer escalón en la Troncalización de un Sistema Convencional proporcionando grandes ventajas sobre esta última en cuanto a mayor capacidad de tráfico, control de

base de usuarios e implementación de llamadas de grupo, individual y telefónica.

Sistema Troncalizado EDACS

Este Sistema Troncalizado ocupa un lugar privilegiado dentro del mercado de las comunicaciones por su excelencia en prestación y confiabilidad. Es un producto originalmente desarrollado por Ericsson cuyo protocolo es el denominado EDACS que significa Enhanced Digital Access Communications System.

Es un Sistema de radio troncalizado de acceso digital que posee canal de control el cual administra todas las comunicaciones que se cursan en el sistema. Esta tecnología permite implementar sistemas con los requisitos más exigentes tales como comunicaciones analógicas, digitales, digitales encriptadas, claves de encriptación en las comunicaciones digitales y comunicación de datos. También incorpora funciones avanzadas como ser reprogramación de terminales por aire, reagrupamiento dinámico por aire, transmisión de datos multisitio, llamadas de emergencia, prioridades en las comunicaciones, deshabilitar/habilitar por aire radios robadas, etc.

Sistema Troncalizado MPT1327

Es un Sistema Troncalizado basado en un protocolo abierto que dedica uno de sus canales a desempeñar funciones de canal de control. Esta configuración permite incorporar prestaciones extras a las ofrecidas por LTR como hacer llamadas de Emergencia, prioridades en las comunicaciones, transmisión de datos, gestión de flotas, telemetría, control remoto. Si bien las comunicaciones de voz son analógicas, las radios soportan la instalación de opcionales de encriptación de voz con la finalidad de lograr mayor privacidad en las comunicaciones. Las radios soportan interfaces

de datos que permiten integrar en el mismo sistema comunicaciones de voz y datos.

Éste estándar se ha convertido en un sistema de radio muy económico para grupos de usuarios profesionales. A continuación presentamos algunas configuraciones de éste sistema

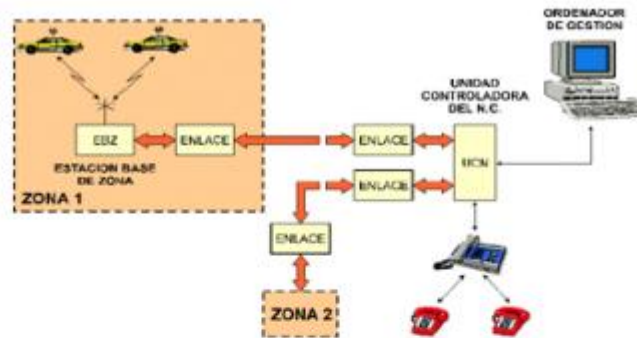


Figura. 2.25. Configuración MPT 1327 para área local

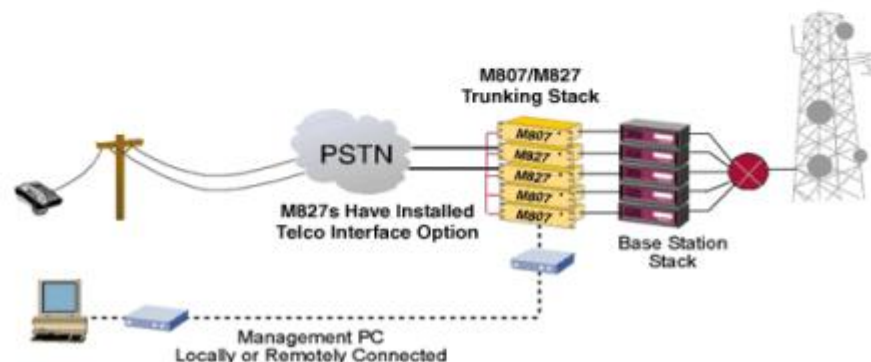


Figura. 2.24. Interconexión de MPT1327 con Red Telefónica

Características Generales

- Cumplimiento de la normativa MPT-1327
- Bandas de Frecuencia:
 - 136-174MHz, 220-230MHz, 400-512MHz, 800MHz, 900MHz
- Tiempo de establecimiento de llamada:
- 400 a 600mseg. para llamadas individuales.

- 200 a 300mseg.para llamadas de grupo.
- Hasta 28 canales por zona.
- Hasta 30 zonas por región.
- Hasta 16 líneas PABX / PSTN
- Llamadas de estado y mensajes de datos cortos vía canal de control a 1200bps, 2400bps.
- Mensajes de datos largos por canal de tráfico a 1200/2400/19600bps, programable por flota.
- Canal de control compartido opcional.
- Desvío de llamada a otro terminal si el llamado no está accesible o está ocupado.
- Reagrupamiento dinámico. Formación dinámica de grupos.
- Hasta dos terminales de supervisión de servicio por flota.
- Reserva de canales de tráfico para cualquier flota predeterminada.
- Sistema dinámico de estadística para redes de gran envergadura.
- Monitoreo de todos los elementos de la red, con representación en pantalla de cualquier fallo o cambio de estado.
- Sistema de control dinámico de gestión y mantenimiento

Servicios de MPT 1327

- Llamada individual y de grupo.
- Llamada de prioridad y emergencia.
- Envío de mensajes predefinidos (Status).
- Desvío de llamadas.

- Transmisión de datos cortos y datos largos.
- Conexión a PABX y a la red telefónica (PSTN)
- Localización automática (GPS¹⁷).
- Otros servicios personalizados.

{Ventajas de un sistema MPT 1327

Llamadas prioritarias.- permiten que los usuarios que tengan necesidades urgentes puedan acceder a los canales del sistema con prioridad

Sistema Robusto.- Ninguna parte del sistema puede hacer que éste deje de funcionar. La pérdida de un controlador sólo degrada el servicio en ese canal pero el sistema sigue funcionando y puede reportar el problema.

Costo Asequible.- No hace falta tener un control central ni matrices de control extras (Que es lo que dispara el coste en sistemas pequeños)

Expansión Modular.- El crecimiento del sistema se hace simplemente añadiendo tantos controladores como canales se necesiten.

Cohabitación de dos Sistemas.- Permite trabajar en modo convencional y en modo troncalizado.

Señalización en el Canal de Control.- La señalización para el establecimiento de una llamada es transmitida a través del Canal de Control de tipo half-duplex (Canales Up-link y Down-link). En el sistema MPT 1327, el Protocolo usa Señalización (Protocolo de Acceso Aleatorio) a 1200 bps con Fast Frequency Shift Keying (FFSK) donde el tiempo dentro del canal de control es dividido en slots de 106.7 ms (128 bits) y un mensaje de señalización puede ser enviado en cada slot.

¹⁷ GPS: *Sistema de Posicionamiento Global*.

La estructura básica de la señalización del canal de control consta de dos Palabras de Código de 64 bits cada una dentro de un slot de tiempo y un mensaje puede ser transmitido dentro de un slot de tiempo,

Sistema Troncalizado Digital APCO

APCO 25 es un sistema de voz digital y mensajería empleado por servicios públicos y de seguridad en EEUU, que emplea codificadores de voz IMBE en frecuencias de VHF y superiores. Este estándar es un proceso aprobado inicialmente por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)

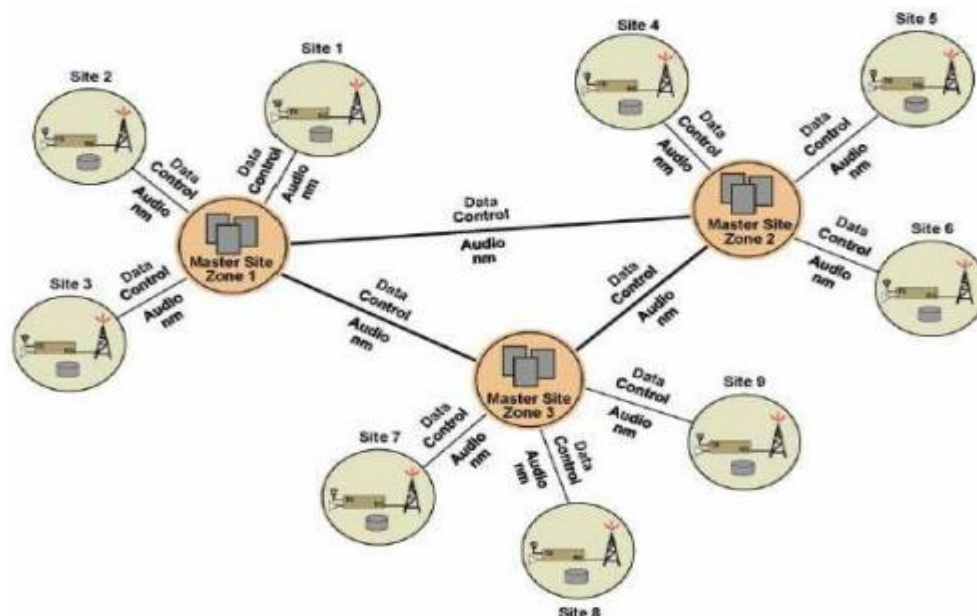


Figura. 2.25. Ejemplo de configuración de red de APCO 25

Características

PARAMETROS	
Norma	Americana
Comunicación	Half-Duplex
Acceso al Canal	FDMA ¹

¹⁸ FDMA: Acceso Múltiple por División de Frecuencia

Tipo de Modulación	QPSK-C ¹
Algoritmo de Codificación de Voz	IMBE 4.400 bits/s
Tasa de transmisión de Datos (Kbps)	9.6
Espaciamiento de Canal (MHz)	25

Tabla. 2.2. Características del Sistema APCO 25

Bandas de Frecuencia	
Rango de Frecuencia Tx	403 – 443 (MHz)
Rango de Frecuencia Rx	438 – 470 (MHz)
Rango de Frecuencia Tx	450 – 482 (MHz)
Rango de Frecuencia Rx	470 – 520 (MHz)
Rango de Frecuencia Tx	764 – 776 (MHz)
Rango de Frecuencia Rx	794 – 806 (MHz)
Rango de Frecuencia Tx	851 – 869 (MHz)
Rango de Frecuencia Rx	806 – 824 (MHz)

Tabla. 2.26. Rango de frecuencias utilizadas por el Sistema APCO 25

Servicios de los sistemas digitales APCO 25

- Interoperabilidad de comunicaciones de Sistemas de Radio Troncalizado
- Centralización del Sistema de Gestión
- Software del Sistema flexible, que permite aumentar de forma rápida y sencilla nuevos terminales y equipos de red del sistema
- Integración y soporte con Redes de Comunicaciones
- Soporta migración de Sistemas Analógicos a Digitales
- Integración de Voz y Datos en un simple y efectivo Sistema
- Escalabilidad del Sistema
- Es utilizado tanto en agencias de seguridad pública, agencias federales de gobierno, servicios de emergencia y otras empresas con necesidades de comunicaciones inalámbricas.

Fabricantes

- Motorota Inc.
- Philips Communications o MATRA Corp.
- MITRE Corp.
- Ericsson o GEC-Marconi o Harris Corp.
- National Communications Systems (NCS)
- Hewlett Packard Corp.
- Digital Voice Systems Inc. (DVSI)

Sistema Troncalizado Open Sky

Este sistema troncalizado es totalmente digital. Por cada canal se transmiten dos canales virtuales digitales utilizando tecnología TDMA1. Se trata de un sistema de última tecnología, orientado a sistemas de voz y datos móviles. Tiene un muy buen aprovechamiento espectral no sólo por el hecho de enviar dos canales de voz por cada canal físico, sino que aprovecha las virtudes de un sistema digital nativo, para entrelazar la información de control con los datos. Este sistema se basa en un protocolo propietario ofreciendo las máximas prestaciones que un sistema de comunicaciones puede contar.

Sistema Troncalizado TETRA (Terrestrial Trunked Radio)

En esta sección se tratará generalidades, características principales y específicas tales como sus interfaces, frecuencias, tipo de modulación del Sistema Troncalizado TETRA. Por último sus ventajas y comparación de TETRA sobre otros servicios y sus fabricantes.

Este sistema troncalizado es totalmente digital y utiliza tecnología TDMA. Se trata de un sistema de última generación, orientado a sistemas de voz y datos móviles. Tiene un aprovechamiento espectral óptimo permitiendo transmitir cuatro canales de voz o datos por cada canal físico de RF. Este sistema se basa en un protocolo abierto ampliamente

difundido en Europa existiendo varios fabricantes de equipos aptos para trabajar bajo este protocolo, es un estándar de Telecomunicaciones para sistemas de Radio Digital Móvil Privados desarrollado por la ETSI¹⁹ como una respuesta para una evolución necesaria de operadores PMR²⁰, en Europa.

El TETRA MoU es una asociación fundada en Diciembre de 1994 con el ánimo de promover y soportar la satisfactoria introducción de ETSI desarrollando el estándar TETRA como una solución europea para sistemas de radio troncalizado digital en el mercado de PMR y PAMR²¹. Los representantes del Grupo MoU se encuentran en 60 organizaciones de 18 países²²

Características Principales

- Es el primer estándar real en sistemas de radio móvil digital hechos a la medida de usuarios profesionales.
- Capacidades para voz y datos con 4 canales de tráfico en 25 KHz de espaciado de canal.
 - Convergencia de voz y datos.
 - Llamadas de voz full-duplex con radios simples.
 - Tasas de datos por encima de 28.8 Kbit/s.
- Encriptación de interface aérea y encriptación de propietarios extremo a extremo
- Interfaces estándar para conexión de Terminal de Datos y/o Sistemas de Gestión de Redes.
- Tiempo para inicio de llamada: cerca de 300 ms

¹⁹ QPSK-C: *Modulación cuaternaria por desplazamiento de fase con demodulación coherente*

²⁰ ETSI: *Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo*

²¹ PMR: *Radio Móvil de Acceso Privado*

²² PAMR: *Radio Móvil de Acceso público*

Interfaces.-

TETRA se lo ha diseñado completamente como un Sistema Troncalizado Digital, estandarizando sus interfaces como:

- Air I/F (Interface Aérea)
- ISI (Interfaz Inter – Sistema)
- PABX/PSTN • PDN
- PEI (Interfaz de Equipo Periférico)

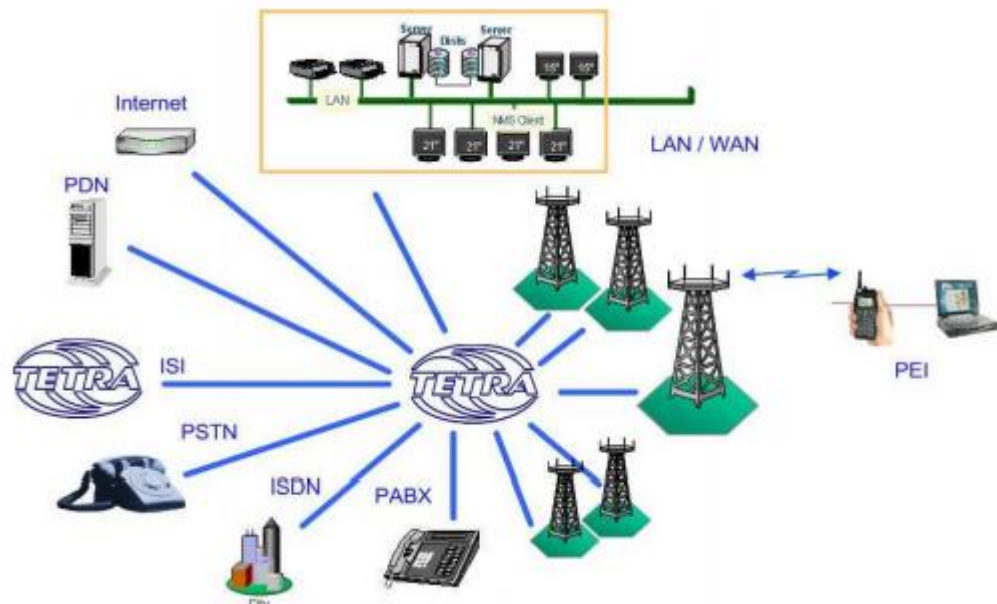


Figura. 2.26. Interfaces de Estándar TETRA

Frecuencias de Operación

Banda y espaciamento duplex (frecuencia Tx / frecuencia Rx):	380 / 400 MHz (10 MHz)
---	------------------------

	410 / 430 MHz (10 MHz)
	806 / 870 MHz (45 MHz)
	870 / 921 MHz (45 MHz)
(Habilitación bajo requerimiento)	450 / 470 MHz (10 MHz)
Espaciamento de Portadora	25 MHz

Modulación

Tipo	$\pi/4$ – DQPSK
Tasa de bit Total por Portadora	36 Kbit/s
Tasa de datos máxima por Portadora	28,8 Kbit/s

Tabla.2.1. Tipo Modulación y Tasas de Estándar TETRA

Servicios de Datos

- Convergencia con tráfico de voz.
- Sobre los 28,8 kb/s sin protección.
- Esta alta tasa de transferencia el desarrollo de aplicaciones particulares tales como:
 - Localización de móviles
 - Transferencia archivos/imagen o Video lento.

Servicios Suplementarios

- Selección de área
- Asignación dinámica de Número de Grupo
- Reporte de llamadas
- Llamada en espera

- Escucha discreta
- Advertencia de carga

Comparación de Sistemas de Radio: Tradicional vs. Troncalizado

TRADICIONAL	TRONCALIZADO
Los canales son dedicados a servicios específicos	Los canales son dinámicamente asignados al requerimiento de los usuarios
Desigual distribución de carga entre canales	Carga de tráfico distribuida entre canales
Bajo grado de servicio	Uso opcional de recursos

Ventajas de los Sistemas Digitales

- Eficiencia Espectral
- Alta velocidad de transmisión de datos
- Uso dinámico de la capacidad de canal
- Autenticación de suscriptores
- Cifrado de alta seguridad.

TETRA en Comparación a otros Sistemas PMR

	TETRA 25	APCO 25	TETRAPOL	ASTRO	EDACS
Definido por	ETSI/EC	PS-USA	Forum Tetrapol	Motorola	Ericsson
Número de Fabricantes	15 – 20	2	1 (Matra/AE G)	1	1
Acceso al Canal	TDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA
Espaciamiento de Canal (kHz)	25	12,5	12,5	12,5	12,5
Número de canales en 25 kHz	4	2	2	2	2
Máxima tasa de transmisión de datos (kbps)	28,8	9,6	7,5	7,5	9,6
Tiempo de establecimiento de llamada	300 ms	ca. 300 ms	ca. 300 ms	ca. 300 ms	ca. 300 ms
Datos sobre voz	SI	NO	NO	NO	NO

Fabricantes

- Motorola (sistemas & terminales)
- Nokia (sistemas & terminales)
- OTE spa (sistemas & terminales)
- Teltronic (sistemas & terminales)
- Cleartone (terminales)
- FWK/DeTeWe (terminales)
- Sepura (terminales)
- ThalesDefence(termina.)
- Damm Cellular (sistemas)
- ETELM (sistemas)
- Frequentis (sistemas)
- R&S Bick Mobilfunk (sistemas)
- Rohill (sistemas) • Siemens (sistemas)
- Simoco Digital UK Ltd. (sistemas)
- Thales-ISR (sistemas)
- Zetron (sistemas)

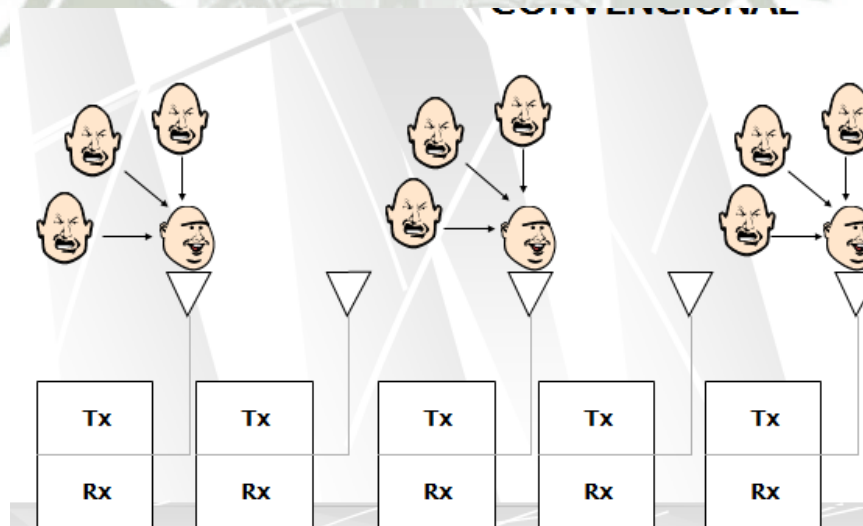


Figura 2.27. Sistema de Radio Convencional

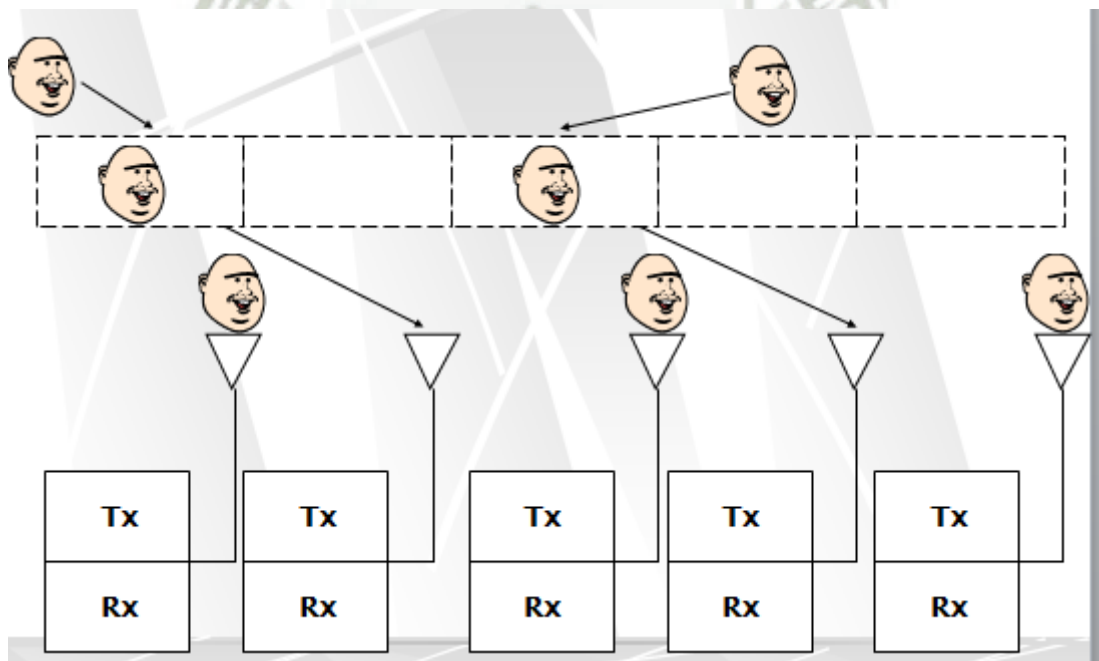
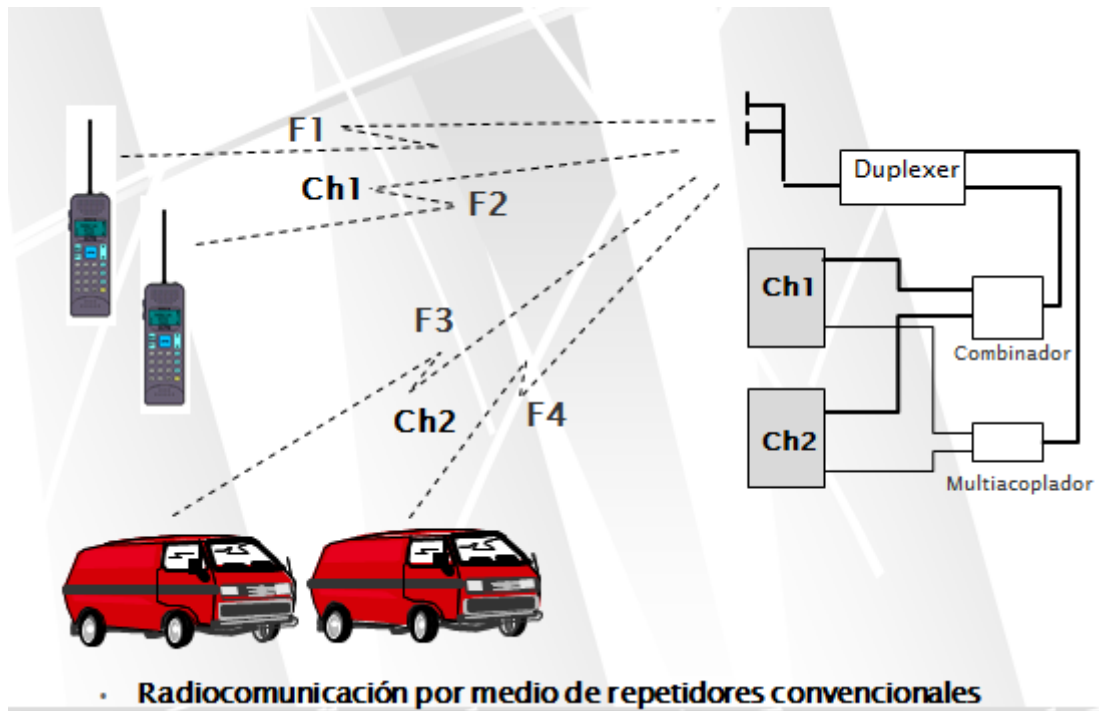


Figura 2.28 Sistema de Radio Troncalizado²³

²³ repositorio.espe.edu.ec

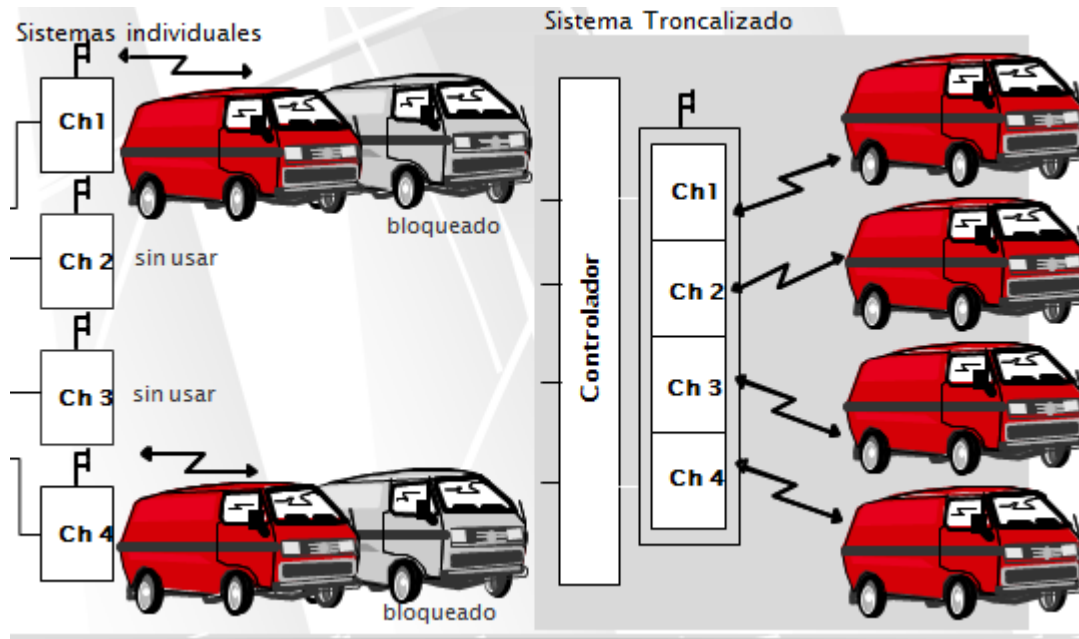


Figura 2.29 Principio Básico del Sistema Troncalizado

2.8.5 CANAL DE CONTROL

Canal que utiliza una estación para enviar mensajes de control del sistema y señalización de establecimiento de llamada a los terminales móviles y para transmitir mensajes de datos del usuario.

Para la señalización del canal de control, se usan dos frecuencias, una en sentido descendente, que transmite la señalización de la estación a los terminales móviles, y otra ascendente o de retorno, en la que los terminales móviles emiten la señalización de respuesta a la estación.

Un canal de control es un radiocanal reservado para los siguientes fines:

- Establecimiento de llamadas
- Registro de terminales móviles
- Transferencia de mensajes de estado y de datos

- Radiodifusión de información sobre la red a los terminales móviles.

Ventajas de sistemas troncalizados sobre sistemas convencionales

- Operación Simple.
- Rápido Acceso al Sistema.
- Mejor Eficiencia de Canales.
- Mayor Privacidad.
- Facilidad de Ampliación.
- Control del Sistema.
- Comunicación de voz y datos.

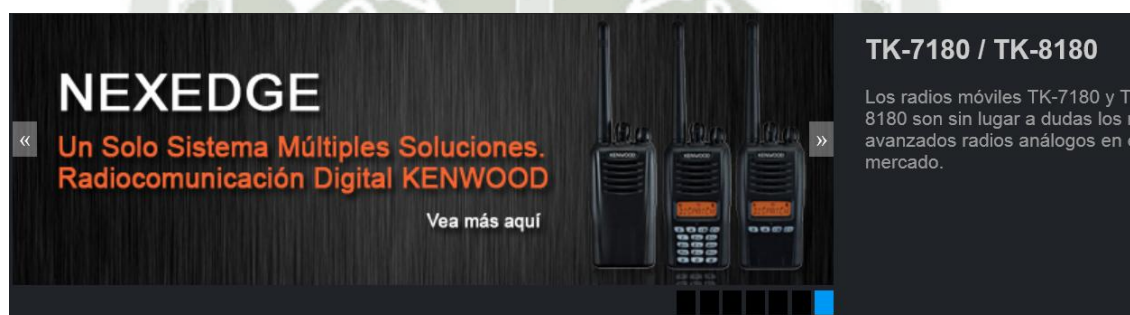
Radios Convencionales vs Radios Troncalizados

OPERACION	RADIO CONVENCIONAL	RADIO TRONCAL
Acceso al Sistema	El canal debe ser monitoreado antes de accederlo para evitar interrumpir una conversación.	Generalmente, presionar el PTT y empezar hablar.
Grado de Privacidad	La privacidad no es posible, ya que todos los usuarios del canal, podrán monitorear las conversaciones que se estén llevando a cabo.	Los usuarios de una organización (o talk group) tiene exclusivo uso de un canal de voz por el tiempo que dure su conversación.

Tabla 2.2 R.C VS R.T



Figura 2.30 Radio Base de Comunicación Móvil



NEXEDGE

« **Un Solo Sistema Múltiples Soluciones.
Radiocomunicación Digital KENWOOD** »

Vea más aquí

TK-7180 / TK-8180

Los radios móviles TK-7180 y TK-8180 son sin lugar a dudas los más avanzados radios analógicos en el mercado.

CAPITULO 3 INGENIERIA DELPROYECTO

3. ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACION DE LAS HERRAMIENTAS DE IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA TRONCALIZADO

El sistema Troncalizado, es un sistema en el cual los usuarios comparten todos los canales disponibles (frecuencias asignadas), evitando así que dependan de un canal determinado y no puedan transmitir su mensaje si este se encuentra ocupado

Para una mejor comprensión del sistema troncalizado describiremos el funcionamiento de un sistema convencional:

En un **sistema convencional** cada grupo de usuarios cuenta con un canal determinado. Si un usuario desea comunicarse con otro usuario de otro grupo, debe cambiar su radio al canal respectivo.

De esta manera si el canal al cual está asignado el usuario se encuentra ocupado este no puede transmitir su mensaje.

En el **sistema troncalizado**, se crean grupos de usuarios independientes de los canales o frecuencias con que se cuente. De tal manera que cuando un usuario desea realizar un llamado, bien sea de voz o datos, el sistema automáticamente le asigna un canal libre.

Si en ese momento no se encuentra ningún canal libre, queda en una cola de espera por un determinado tiempo. Este tiempo es programable al igual que otras muchas facilidades.

Un ejemplo sencillo de cómo funciona un sistema troncalizado, es comparándolo con las filas de clientes de los establecimientos bancarios,

donde los clientes realizan una sola fila y el primero que se encuentre en ella es atendido por el cajero que quede disponible.²⁴

3.1 Componentes de un Sistema de Radio Convencional.²⁵

Un Sistema de Radio Convencional al ser un sistema simple de voz, se encuentra conformado básicamente por un equipo transmisor y un equipo receptor, o sea, un sistema simplex o unidireccional o duplex. Ejemplo la radiodifusión AM, como se aprecia en la Figura es un sistema simplex y un sistema de radiocomunicación básico es un sistema duplex



Figura. 3.1. Sistema Básico de radiocomunicación

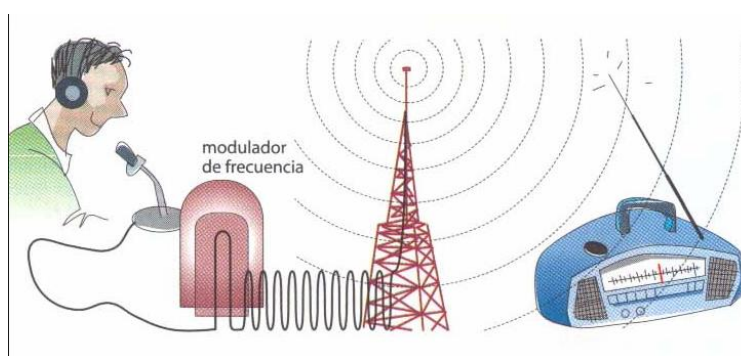


Figura. 3.2. Sistema simplex o unidireccional

²⁴ tesislatioamericanas.info

²⁵ Carolina del Valle Araque Ruiz. y Erika Andrea Gil

3.1.1 Sistema Básico de Radio.

Las señales audibles son captadas por un micrófono para posteriormente pasar a ser moduladas en un equipo transmisor que a continuación son transportadas por una señal portadora a través de una antena.

De la misma forma pero con proceso inverso una antena capta la señal electromagnética que pasa al equipo receptor para ser demodulada y amplificada a través de un parlante recuperando así la señal de audio original.

3.1.1.1 Suscriptor

Son los radios base, móviles o portátiles con capacidad de comunicarse en el sistema con múltiples frecuencias y poseedores de un único número de identificación.

3.1.1.2 Repetidor

Es una estación fija localizada estratégicamente con el objetivo es ampliar el alcance de la comunicación, cuyo funcionamiento se basa en la retransmisión automática y amplificada de las emisiones recibidas en la estación.²⁶

3.1.1.3 Canal de Voz

Lleva o recibe información de voz, cada grupo de suscriptores tiene asignado un determinado número de canal, el cual es usado en toda la duración de la llamada.

²⁶ www.fediea.org

3.2 SISTEMA DE RADIO TRONCALIZADO

3.2.1 Definición

Es necesario entender en primer lugar la troncalización como la asignación dinámica y automática de un pequeño número de vías de comunicaciones entre un gran número de usuarios²⁷, basándose en que no todos los usuarios de un sistema con un gran número de abonados utilizarán sus recursos al mismo tiempo. Se lo puede apreciar de mejor manera en la Figura Red de Comunicación Troncalizado

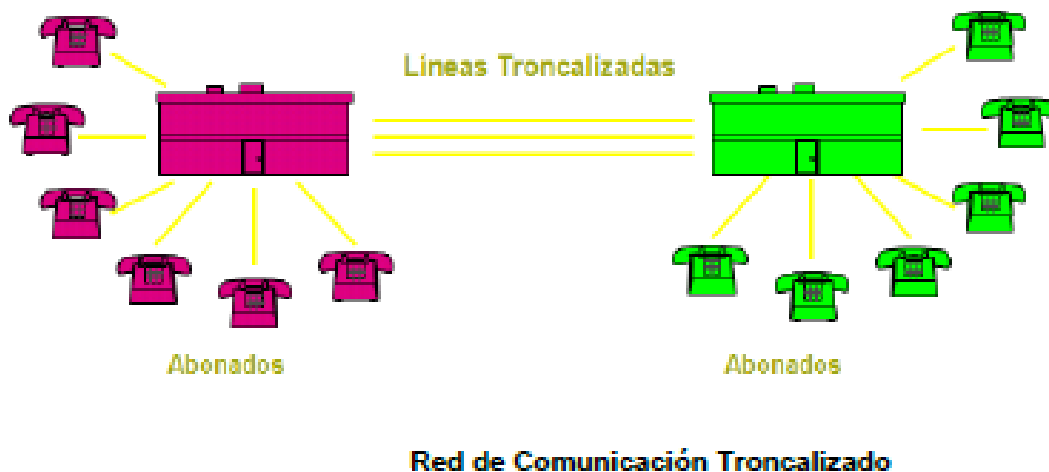


Figura. 3.3. Red de Comunicación Troncalizado.

3.2.2 Sistema de Radio Troncalizado:

Es un sistema de radiocomunicaciones de los servicios fijo y móvil terrestre que utiliza múltiples pares de frecuencias, en las que las estaciones establecen comunicación mediante el acceso en forma automática a cualquiera de los canales que estén disponibles

²⁷ www.urbe.edu

Es un sistema de radiocomunicaciones que utiliza múltiples pares de frecuencias para establecer comunicaciones mediante el acceso en forma automática a estos canales.²⁸

3.2.3 Características de un Sistema de Radio Troncalizado

En un sistema de Radio Troncalizado los usuarios comparten todas las frecuencias disponibles, evitando que dependan de un canal determinado y no puedan transmitir su mensaje si este se encuentra ocupado²⁹, logrando de esta forma un mejor manejo del espectro radioeléctrico asignado.

Un analogía sencilla de cómo funciona un Sistema Troncalizado, es comparándolo con las filas de clientes de cualquier establecimiento. Esta analogía se ilustra de mejor manera en la Figura Comparación de un Sistema Convencional con un Sistema Troncalizado.

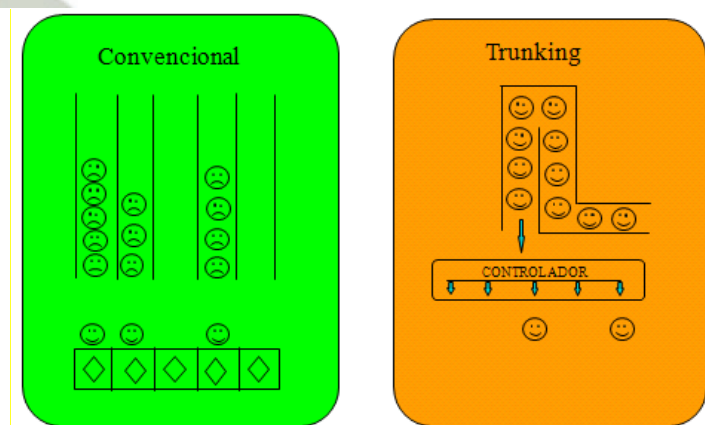


Fig. 3.4.

Para una mejor comprensión de las principales ventajas que posee un Sistema de Radio Troncalizado frente a un Sistema de Radio Convencional se desarrolló la Tabla. Ventajas de los Sistemas de Radio Troncalizado

²⁸ www.plusformacion.com

²⁹ www.ibssac.com

PARÁMETRO	CONVENCIONAL	TRONCALIZADO
Acceso al Sistema	Los usuarios deben monitorear el canal antes de acceder	Los usuarios solo necesitan apretar el PTT y el sistema asigna el canal de manera automática.
Privacidad	Limitada (a través de señalización especial) o inexistente.	Sistema organizado por grupos donde cada grupo no interfiere con el otro. En llamadas uno a uno nadie escucha o puede interferir la conversación privada.
Prioridad	No existe, los usuarios se pelean por conseguir acceso al canal y tienen que reintentar constantemente.	Varios niveles de prioridad
Fila de Espera	Inexistente	Fila de espera FIFO con niveles de prioridad dentro de la fila.

TABLA 3.1

3.2.4 Características Principales

- Lista de Espera y Aviso de Disponibilidad Automático

Es un proceso digital que permite al Sistema de Radio Troncalizado prevenir la pérdida de llamadas debido a la falta de canales disponibles.

Al presionar el PTT para acceder a un canal y este no está disponible, no es necesario seguir insistiendo para acceder al mismo, sino esta petición es colocada en una lista de espera tipo FIFO1 ya que el sistema al recibir el pedido de llamada, lo mantiene en una posición en la cual una vez que se encuentra disponible un canal, mediante el Aviso de Disponibilidad Automático informa al primer usuario en la lista de espera mediante una señal audible o visible en el radio. De esta manera se elimina el monitoreo por parte del usuario para acceder al canal.

- Niveles de Prioridad

Los Sistemas de Radio Troncalizado poseen varios niveles de prioridad dependiendo del Estándar utilizado, los mismos que afectan el funcionamiento de la lista de espera cuando usuarios de diferentes prioridades se encuentran en ella, ya que el usuario con mayor prioridad tendrá preferencia para acceder al canal.

El primer nivel de prioridad en un Sistema de Radio Troncalizado es siempre la llamada de emergencia.

- Capacidad de Múltiples Aplicaciones

Los Sistemas de Radio Troncalizado tienen la capacidad de poseer múltiples aplicaciones:

Voz Clara

Voz Encriptada

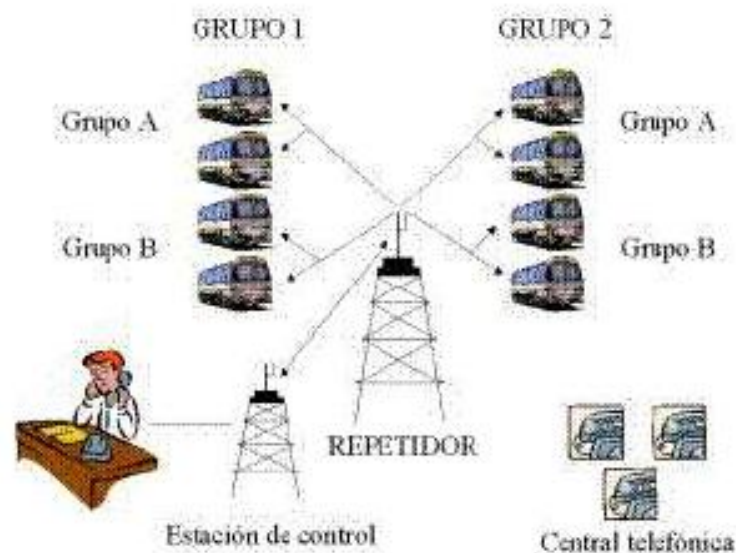
Datos Fijos Sobre la Red de Radio

Localización Automática de Vehículo (AVL)

Otras características importantes en los Sistemas de Radio Troncalizado son:

- Utilización Eficiente del Espectro
- Privacidad total en las comunicaciones
- Prácticamente libre de interferencia
- Asignación disciplinada de canales
- Alta capacidad de crecimiento
- Capacidad para servir densas poblaciones de usuarios
- Inhabilitación Selectiva de Radio
- Reagrupación Dinámica

- Llamada de Alerta
- Llamada de Emergencia
- Llamada de Grupo Operacional
- Llamada de Anuncio
- Interconexión Telefónica
- Identificación por medio del botón PTT
- A cada radio se le asigna un código único y se puede establecer llamadas individuales o en grupos de trabajos entre usuarios de requisitos similares.



Manejo de varios grupos de trabajo en un Sistema de Radio Troncalizado

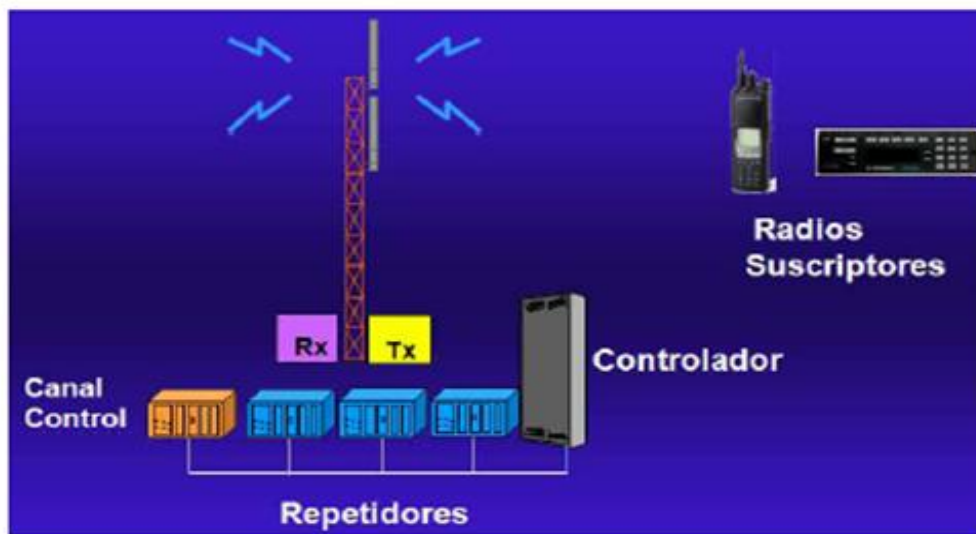
Figura 3.5. Manejo de varios grupos de trabajo en un sistema de radio troncalizado

Características de Confiabilidad del Sistema

- Canales Múltiples.
- Redundancia del Canal de Control.
- Inhabilitación del Receptor por Interferencia.
- Inhabilitación del Transmisor por Baja Potencia
- Auto-Diagnóstico.

3.2.6 Arquitectura de Red de un Sistema de Radio Troncalizado³⁰

La arquitectura de Red de un Sistema de Radio Troncalizado mantiene los mismos principios de un Sistema de Comunicaciones Móvil, sus componentes se encuentran detallados a continuación e ilustrados en la Figura 3.6 Componentes de un Sistema de Radio Troncalizado Típico



Componentes de un Sistema de Radio Troncalizado Típico

Figura 3.6. Componentes de un Sistema de Radio Troncalizado Típico

3.2.6.1 Componentes de un Sistema de Radio Troncalizado

- **Radios Suscriptores**

Son los equipos de los usuarios, pueden ser: móviles, bases o portátiles.

- **Repetidoras**

Estas repetidoras son de tráfico asignadas a comunicaciones al igual que un Sistema de Radio Convencional.

³⁰ Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS.

- **Canal de Control**

Es una repetidora asignada con funciones especiales para recibir y transmitir información de datos, administrar la entrada de las llamadas a la lista de espera y la entrada de las llamadas a las repetidoras, se encarga de realizar el Roaming y el Handoff de manera automática y transparente para el usuario, pero indicándole a través de una señalización visual en la radio en que zona se encuentra.

Este canal se requiere para imponer disciplina continua sobre los radios de los abonados, garantizando que el sistema localice abonados y los asigne rápidamente a los canales. El canal de control dedicado y digital provee la máxima confiabilidad en el sistema.

- **Controlador**

El Controlador trabaja conjuntamente con el Canal de Control y es el encargado de recibir los pedidos de tráfico por parte de los usuarios y administrar los recursos, es decir, al recibir una petición de un radio, este revisa en su base de datos y le asigna un canal libre y a través de canal de control manda una señal a todos los radios del sistema, pero solo los radios del grupo de trabajo son los que se ubican automáticamente en ese canal.

Todo este proceso toma alrededor de 200ms, ya que es un intercambio de datos a nivel digital, permitiendo manejar una gran cantidad de usuarios evitando colisiones en los paquetes.

- **Sistema de Antenas**

El sistema de antenas de transmisión y de recepción es independiente, de esta manera se logra balancear la cobertura de entrada y de salida del sistema.

En un Sistema de Radio Convencional el punto más débil es el portátil ocasionando que haya lugares en donde se recibe la información pero no se pueda retornar la llamada, debido a que este tipo de radios tienen menos potencia, una antena menos eficiente y posee una posición desventajosa a nivel del suelo comparado con una radio base o móvil.

En un Sistema de Radio Troncalizado a través de la separación de los Sistemas de antenas de transmisión y recepción se garantiza que un portátil pueda recibir y retornar la señal para poder participar de la conversación desde cualquier lugar.

- **Tipos de Configuración de Red**

Las diversas configuraciones de Red de un Sistema de Radio Troncalizado se basan en la cantidad de usuarios del sistema como en la cobertura geográfica del mismo³¹. Existen algunos tipos de configuraciones:

³¹ Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS



Figura 3.7

Las diversas configuraciones de Red de un Sistema de Radio Troncalizado se basan en la cantidad de usuarios del sistema como en la cobertura geográfica del mismo.

- **Existen algunos tipos de configuraciones:**

Red Local

Son redes de tamaño pequeño y mediano conformado por un solo controlador encargado de administrar todas las Repetidoras del sistema. Son utilizadas en empresas pequeñas y de área geográfica limitada.

Red Regional

Son redes de mayor tamaño, a nivel regional, nacional o internacional, se caracterizan por estar compuestas de 2 o más redes locales, dependiendo de la cantidad de usuarios y de la cobertura geográfica que necesita el sistema. Requieren de dos tipos de canales de control para poder realizar la interconexión total de la red

- **Funcionamiento**

Proceso de llamada del Sistema de Radio Troncalizado

Un intercambio simplificado entre la unidad de radio y el equipo repetidor del sitio es descrito a continuación:

1. La unidad de radio escucha continuamente las instrucciones que esperan del canal del control.
2. Cuando se va a realizar una llamada, el usuario presiona el interruptor PTT; la radio después envía un mensaje digital corto sobre el canal del control al controlador en forma de una Palabra de Señal de Entrada (ISW1)³² el cual posee una señal de identificación del radio (ID), información del grupo de conversación designado y una solicitud del canal para comunicarse.
3. El controlador escucha el ISW, busca dentro de sus base de datos una ID correspondiente a la recibida y actualiza su base de datos.
4. Si no existe una repetidora libre, la llamada es colocada en lista de espera tomando en cuenta el nivel de prioridad de la llamada.
5. El controlador asigna uno de los repetidores libres para el grupo de conversación al que pertenece el usuario y envía una Palabra de Señal de Salida (OSW2) sobre el canal de control, el cual posee el ID del grupo de conversación, el ID de la unidad de radio que solicitó la llamada y la información del canal de voz asignado.
6. Todas las unidades de radio reciben la OSW enviada y examinan el ID del grupo de conversación.
7. Todos los radios asignados al grupo de conversación asociado con el ID recibido conmutan su frecuencia hacia el canal de voz asignado. El controlador envía un Handshake¹ de baja velocidad (LSHS2) sobre el canal de voz, ocasionando que todos los radios que recibieron el LSHS,

³² web.madritel.es

en este caso solo los del grupo de conversación, activen sus receptores e ingresen al proceso de transmisión.

9. La radio señala audiblemente al operador que se ha asignado un canal y que las comunicaciones Half-Duplex³ pueden comenzar.

10. Los radios transmiten voz y un tono de conexión sub audible que es utilizado para informar al controlador de la actividad del canal de voz, mientras que el controlador continúa enviando el LSHS, para mantener a los radios receptores trabajando dentro del Canal de Voz.

11. Cuando el usuario libera el botón PTT el radio transmite un tono de desconectado hacia el Controlador, indicando que la transmisión ha sido finalizada y el canal de voz asignado regresa a estar disponible.

12. Los radios del grupo de conversación conmutan hacia la frecuencia del canal de control para escucharlo nuevamente.

- **Interconexión con redes Telefónicas**

Los Sistemas de Radio Troncalizados poseen interfaces de línea configurable End-to-End (E-E) para la interconexión con la Red Telefónica Pública PSTN¹ e interfaces E&M² de 2 y 4 hilos con centrales privadas PABX, esto se lo hace aumentando una unidad extra (Gateway³) para poder realizar dicha comunicación entre redes, como se puede observar en la Figura interconexión Sistema de Radio Troncalizado³³ con Redes Telefónicas.

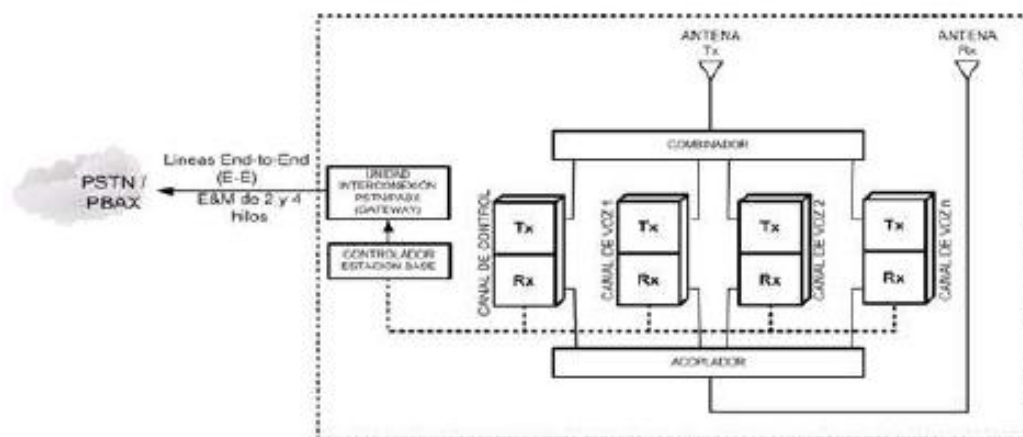


Figura 3.8

³³ rd.udb.edu.sv:8080

- **Acceso desde Radio a PSTN o PABX**

Para llamar desde un radio hacia una red telefónica, el radio usuario tiene la opción de presionar el botón asignado para llamadas telefónicas, esperar tono e ingresar el número de teléfono. Si los canales de interconexión están ocupados recibe una señal de ocupado y la llamada es ubicada en una cola de espera.

- **Acceso desde PSTN o PABX hacia un Radio**

Para este tipo de llamadas una persona externa marca un número asignando al módulo de interconexión (Gateway) del Sistema Troncalizado.

Si existe un canal de interconexión libre un tono es escuchado y se puede ingresar el ID de seis dígitos correspondiente al usuario del sistema. Una señal de llamada alerta al radio usuario para presionar el botón de llamada telefónica y responder la llamada.

- **Términos utilizados dentro de la Teoría de Sistemas de Radio Troncalizado**

Los términos más utilizados dentro de la teoría de Sistemas de Radio Troncalizado son los siguientes:

Tiempo de Establecimiento

Es el tiempo requerido para proporcionar un canal a un usuario que lo solicita.

Llamada Bloqueada

Es la llamada que no puede completarse en el momento en que se solicita debido a congestión.

Duración media de la llamada (H)

Es el promedio de la duración de una llamada medida en segundos (Holding time – H)

Tasa de requerimientos (μ):

Es el número medio de pedidos de llamada en la unidad de tiempo.

Intensidad de tráfico (A):

Es la magnitud de la ocupación media del canal medido en Erlang

- **Intensidad de tráfico por usuario**

La intensidad de tráfico ofrecida para cada usuario corresponde al producto entre la duración media de la llamada (H) y el número medio de llamadas (μ) que realiza en la unidad de tiempo

$$A\mu = \mu H$$

- **Intensidad de tráfico por canal**

La intensidad de tráfico por canal en un Sistema de Radio Troncalizado de Ch canales, si el tráfico es igualmente distribuido entre canales está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{ch} = \frac{UA\mu}{Ch}$$

- **Intensidad de tráfico total**

La intensidad de tráfico total ofrecido (A), para un sistema que posee U usuarios y un número no específico de canales es:

$$A = UA\mu$$

Como en la mayoría de casos, los datos se los obtienen de forma estadística proporcionando H que es el valor promedio de duración medio de llamada y μ el número medio de llamada para el conjunto de

usuarios a los que se brindará el servicio, por lo que la intensidad de tráfico total también puede ser calculada por medio de la siguiente fórmula.

$$A=H\mu$$

Carga

Es la intensidad de tráfico a lo largo del sistema de radio troncalizado completo.

Grado de Servicio (GOS):

Es la medida de la habilidad de un usuario para acceder a un Sistema de Radio Troncalizado durante la hora de mayor ocupación.

Esta hora se establece de la estadística de la demanda de los usuarios en una semana, mes o año. El GOS típicamente se entrega como la probabilidad de que una llamada sea bloqueada (Erlang B) o como la probabilidad de que la llamada experimente un retardo mayor en su establecimiento que un tiempo.³⁴

3.3 Sistema troncalizado

El sistema troncalizado moderno, es totalmente computarizado, por lo tanto posee elementos de control que permiten detectar rápidamente las fallas que se presenten en su funcionamiento.

Así mismo dependiendo de la marca del sistema, posee mecanismos automáticos para evitar que el sistema falle completamente en caso de que algún componente quede fuera de servicio.

Además todos los parámetros de operación son programables de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

³⁴ Rojas Arevalo, Gustavo; Calero Cedeño, Johanna Alexandra; Ramos Duque, Dixon Javier

El sistema debe incluir todo el hardware y el software necesario para su operación, administración y mantenimiento, puesto que cada fabricante desarrolla su propia tecnología. Lo anterior es muy importante tenerlo en cuenta en el momento de definir el pliego de condiciones, puesto que cada fabricante es propietario del software con el que funciona su sistema.

3.3.1 Ventajas que ofrece un sistema Troncalizado:

- Llamada individual.
- Llamada a un grupo dentro de otro grupo mayor.
- Llamada de emergencia con prioridad absoluta.
- Lista de llamadas recibidas en espera de ser atendidas.
- Desvío de llamadas en ausencia del destinatario.
- Almacenamiento de mensajes vocales.
- Bloqueo de un canal, asignado temporalmente a un grupo.
- Transmisión de datos, facsímil, etc.
- Consultas a bases de datos.
- Mensajes cortos sin ocupación de canal.

3.3.2 Además presenta las siguientes características:

Los Sistemas Radio Trunking son sistemas de radiocomunicaciones móviles para aplicaciones privadas, formando grupos y subgrupos de usuarios, con las siguientes características principales:

- Estructura de red celular (independientes de las redes públicas de telefonía móvil)
- Los usuarios comparten los recursos del sistema de forma automática y organizada.
- Cuando se requiere, por el tipo de servicio, es posible el establecimiento de canales prioritarios de emergencia que predominarían sobre el resto de comunicaciones del grupo.

Son sistemas que han ido estandarizando las diferentes interfaces desde su introducción en el año 1997. En la actualidad se está produciendo un proceso de estandarización con los sistemas digitales.

3.4 Tipos de modulación

El sistema de comunicación troncalizado tiene cabida entre los sistemas de comunicación digital; aunque el termino comunicación digital abarca un área extensa de las técnicas comunicacionales, que incluye la transmisión digital y radio digital.

En esencia las comunicaciones electrónicas son: la transmisión, la recepción, y el procesamiento de la información con el uso de los circuitos electrónicos.

La figura a continuación. Muestra un diagrama de bloque simplificado de un sistema de comunicación electrónica:



Figura 1.1 diagrama de bloque simplificado de un sistema de comunicación electrónica

Figura 3.9 Diagrama de un Sistema de Comunicación Electrónica

Que abarca tres secciones principales: una fuente, un destino y un medio de transmisión. La información se propaga a través de un sistema de comunicación en la forma de símbolos, que puede ser analógico (proporcional), como la voz humana, información de imagen de video, o música, o digital (discreta), como lo números binarios codificados,

códigos alfa/numéricos, símbolos gráficos, códigos operacionales del microprocesador, o información de bases de datos.

Sin embargo, con frecuencia la información fuente no es apropiada para ser transmitida, en su forma original, y se debe convertir a una forma más apropiada, antes de la transmisión, y con los sistemas de comunicación analógica se convierte a forma digital, antes de la transmisión, y con los sistemas de comunicación analógica, los datos digitales se convierten a señales analógicas antes de la transmisión.

La transmisión digital es la transmisión de pulsos digitales, entre dos o más puntos, de un sistema de comunicación. El radio digital es la transmisión de portadoras analógicas moduladas, en forma digital, entre dos o más puntos de un sistema de comunicación.

Los sistemas de transmisión digital requieren de un elemento físico, entre el transmisor y el receptor, como un par de cables metálicos, un cable coaxial, o un cable de fibra óptica. En los sistemas de radio digital, es nuestro caso el sistema troncalizado, El medio de transmisión es el espacio libre o la atmósfera de la tierra.

3.4.1 Las bandas de frecuencias empleadas son varias y diversas, dependiendo de la aplicación:

30 a 41 MHz	Telemandos y buscapersonas dentro de edificios.
41 a 47 MHz	
68 a 87,5 MHz	Policía, Cruz Roja y radionavegación, etc.
146 a 174 MHz	Radioaficionados, ambulancias, Ayuntamientos, taxis, etc.
400 a 470 MHz	Emisoras de radio y televisión, RENFE, Compañías eléctricas, etc.

TABLA 3.2 Frecuencias de acuerdo a su uso

SISTEMA DE GESTIÓN DE REDES

En esta sección se abarcará los aspectos fundamentales que forman parte de los sistemas de gestión de Redes, sus componentes y características. Finalmente se describirán los tipos más importantes y más utilizados de Sistemas de Gestión.

Actualmente hay una mayor dependencia de la tecnología, en particular, de los sistemas de comunicaciones, como las redes, que son parte fundamental de muchas empresas y organizaciones donde encontramos aplicaciones distribuidas.

Estas redes cada vez se vuelven más complejas, grandes, constituidas por mayor número de usuarios y componentes heterogéneos. Por lo cual, las redes hoy en día, están más propensas a fallos donde la administración manual se hace inviable por lo cual es necesario contar con herramientas de Gestión de Red automatizadas para controlar posibles fallos o degradaciones en las prestaciones de la red.

Gestión de Red es un conjunto de actividades de planificación, organización, supervisión y control de elementos de comunicaciones para garantizar un nivel de servicio que permita mantener la red en operación a unos costos razonables manteniendo un compromiso de calidad vs costo.

Componentes de la Gestión de Red

Se encuentra dividido en tres tipos de componentes que describiremos a continuación:

- Componente Organizacional
- Componente Técnico
- Componente Funcional

Componente Organizacional

Pretende definir la estructura organizacional para el proceso de gestión de la red y la estrategia apropiada para llevarlo a cabo de acuerdo con las necesidades y gestión tecnológica requeridas. La conformación del grupo de gestión o centro de gestión de red se estructura alrededor de 4 aspectos principales.

Control Operacional.- Conjunto de actividades necesarias para mantener, de forma dinámica, el nivel de servicio de la red. Aglutina las actividades con responsabilidad a muy corto plazo (pocas horas).

Administración.- Conjunto de actividades de corto plazo, que permiten realizar seguimiento de las tareas de control operacional y elaborar informes periódicos para su posterior análisis (días).

Análisis.- Es el conjunto de actividades de mediano plazo (meses) que tienen como objetivo prioritario garantizar la calidad del servicio, es decir, garantizar una operación adecuada.

Planificación.- Es el conjunto de decisiones de largo plazo (años) que, teniendo en cuenta las características del negocio al que se dedica la organización, determinan las características principales que debe tener su red.

Componente Técnico

Define las herramientas a usar para realizar la función de gestión, y su implementación en los equipos de red, y estas son: Los elementos, procedimientos y características que veremos a continuación.

Elementos Elemento de Red (ER).- Diversos tipos de equipos considerados como 'entes gestionados' por ejemplo: Sistemas de transmisión, sistemas de conmutación, terminales, concentradores, servidores, routers, puentes, etc.

Elemento de Gestión (EG).- Elementos encargados de monitorear, coordinar y controlar a los ER

Agentes.-Software que se encuentra en el elemento de red, tiene acceso a la información de gestión e interactúa con el gestor para atender peticiones o generar eventos. Proporcionan información no solicitada.

Gestor.- Software que se encuentra en la estación de administración y es el responsable de iniciar/terminar la tarea de gestión. Elemento del sistema de gestión que interactúa con los operadores humanos y que permite desencadenar las acciones pertinentes.

La base del funcionamiento del sistema de gestión está en el intercambio de información entre estos elementos vía un PROTOCOLO DE GESTIÓN.

Tipos de Sistemas de Gestión de Redes

Para solucionar estos problemas los organismos internacionales de normalización están definiendo Modelos de Gestión Integrada, que se encargan de controlar y monitorear a redes que crecen y evolucionan a partir de la incorporación de una amplia variedad de tecnologías, esta evolución de las redes ha traído consigo la necesidad de que coexistan sistemas de gestión de red de muy diversa naturaleza.

Dos aspectos por normalizar

- Las comunicaciones entre los diferentes componentes del sistema de gestión.
- La información: o La forma como los gestores se refieren a propiedades de gestión de los recursos.

- o La forma como los recursos transmiten la información de gestión a los gestores.

Los tipos más importantes y utilizados de Sistemas de Gestión de redes son: Modelo OSI, SNMP y TMN.

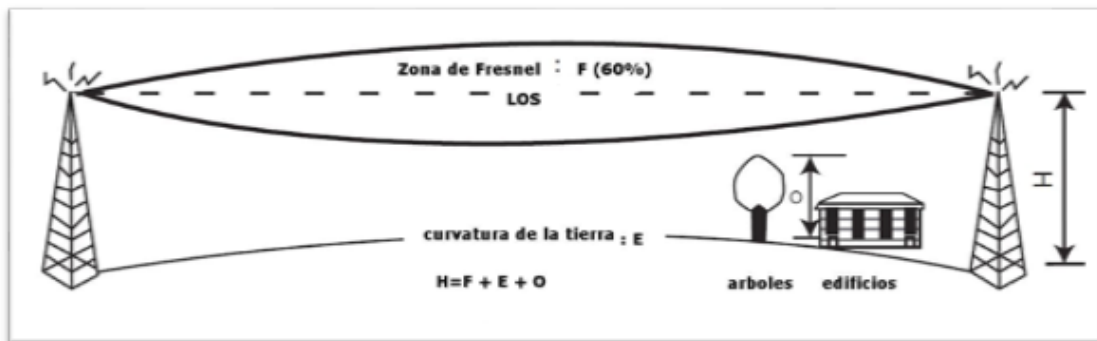
PROPAGACIÓN DE ONDAS RADIOELECTRICAS

En esta sección se describirá la teoría necesaria sobre Propagación de Ondas para realizar los cálculos y diagramas de cobertura de Sistemas Móviles.

PROPAGACIÓN DE UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA EN EL ESPACIO LIBRE.

$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{1}{4\pi r^2} D_T A_{efR} = (\lambda/4\pi r)^2 D_T D_R = \left(\frac{1}{\lambda r}\right)^2 A_{efT} A_{efR}$$

ZONA DE FRESNEL



$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

Donde:

- r_n = radio del cráneo de Fresnel en metros ($n=1,2,3,\dots$).
- d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en metros.
- d_2 = distancia desde el objeto al receptor en metros.
- λ = longitud de onda de la señal transmitida en metros.

DENSIDAD DE POTENCIA

$$\text{Densidad de Potencia} = \frac{P_r}{4\pi d^2}$$

Donde:

- P_r es la potencia transmitida
- d es la distancia desde el transmisor hasta un punto de la superficie esférica

Propagación de las Ondas de Radio

Las ondas de radio enviadas por la antena de un transmisor, estas viajan propagándose por el espacio y finalmente alcanza otra antena. El

nivel de energía de la señal decrece muy rápido con la distancia desde la antena transmisora.

La onda electromagnética también se ve afectada por objetos que encuentran en su camino, como árboles edificios y otras estructuras grandes. Además, la trayectoria que toma una señal electromagnética hasta una antena receptora depende de factores como la frecuencia de la señal, las condiciones atmosféricas y la hora del día.

Todos estos factores pueden considerarse para predecir la propagación de las ondas de radio desde el transmisor hasta el receptor. Características ópticas de las ondas de radio Las ondas electromagnéticas se comportan como las ondas de luz. Estas se reflejan, refractan, difractan y enfocan a través de otros objetos. Reflexión Todos los objetos metálicos, reflejan las ondas de radio. Cualquier objeto metálico en una trayectoria de transmisión, por ejemplo, un edificio de departamento, torres de agua, automóviles, aviones y aun líneas de energías eléctricas, causan algunas reflexiones. La reflexión también la producen otras superficies parcialmente conductoras como la tierra y cuerpos de agua. La reflexión de ondas de radio sigue los principios de la reflexión de onda de luz, manteniéndose que el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia.

Un conductor perfecto causaría una reflexión total; toda la energía de la onda que golpea la superficie sería reflejada. Dado que en el mundo real no hay conductores perfectos, la reflexión nunca es completa, no obstante si la superficie reflectora es un buen conductor, como el cobre o aluminio, y es lo bastante grande, la mayor parte de la onda se reflejara. Los conductores más deficientes solo absorben parte de la energía de la onda. En algunos casos la onda penetra la superficie reflejante por completo.

El proceso de reflexión invierte la polaridad de la onda. Esto equivale a un desplazamiento de fase de 180° . Reflexión Este fenómeno representa el doblar de una onda debido a la composición física del medio a través

del cual pasa la onda. La velocidad de la onda de radio, al igual que la velocidad de la luz es de 300,000,000 m/seg en el espacio libre, esto es, en el vacío o en el aire. Cuando la luz pasa a través de otro medio, como agua o vidrio, se retrasa.

El retraso al entrar o salir la luz en un medio diferente provoca que la onda de la luz se doblen. Lo mismo ocurre a las ondas de radio, a medida que una onda de radio viaja a través del espacio libre, se encuentra con aire de diferentes densidades, la densidad depende del grado de ionización (causado por la ganancia o pérdida global de electrones). Este cambio de la densidad del aire causa que la onda se doble.

El grado de doblez depende del índice de refracción de un medio (n), el cual se obtiene al dividir la velocidad de la onda de la luz (o de radio) en el vacío y la velocidad de una onda de luz (o de radio) en el medio que causa la curva, entre la onda de radio. Como la velocidad de una onda en el vacío es casi la misma que la velocidad de la onda en el aire, el índice de refracción para el aire es muy cercano a 1.

3.5 Sistema de Comunicación de Radio Digital

Los elementos que distinguen un sistema de radio digital de un sistema de radio AM, FM, o PM, es que en un sistema de radio digital, las señales de modulación y demodulación son pulsos digitales, en lugar de formas de onda analógicas. El radio digital utiliza portadoras analógicas al igual que los sistemas convencionales.

En esencia hay tres técnicas de modulación digital que se suelen utilizar en los sistemas de radio digital: Transmisión (modulación) por desplazamiento de frecuencia (FSK), transmisión (modulación) por desplazamiento de fase (PSK), y modulación de amplitud en cuadratura (QAM).

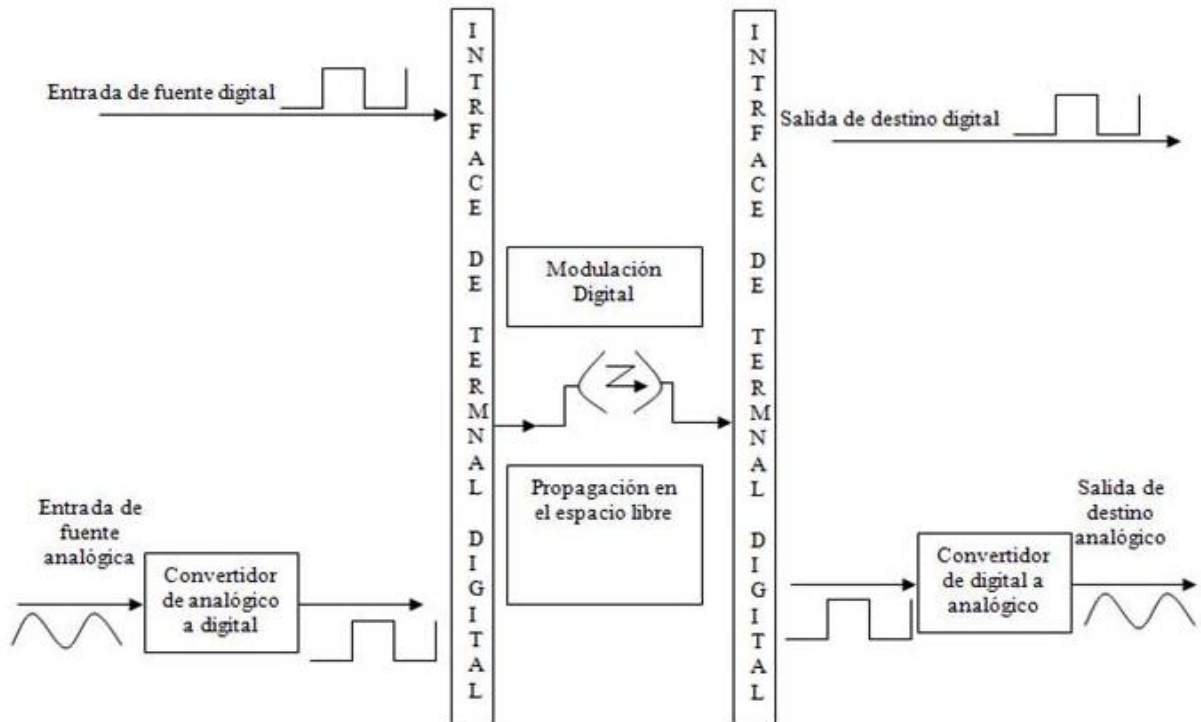


Figura 3.11 Sistema de Radio Digital

3.5.1 Transmisión (modulación) por Desplazamiento de Frecuencia (FSK):

La transmisión por desplazamiento de frecuencia (FSK), es una forma, en alguna medida simple, de modulación de bajo rendimiento.

El FSK binario es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional, excepto que la señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía, entre dos niveles de voltaje discreto, en lugar de una forma de onda analógica que cambia de manera continua.³⁵

La modulación por desplazamiento de frecuencia o FSK —del inglés Frequency Shift Keying— es una técnica de modulación para la

³⁵ Academia de Networking de Cisco System (2006). Fundamentos de Redes Inalámbricas. Madrid: Pearson Educación, S.A.

transmisión digital de información utilizando dos o más frecuencias diferentes para cada símbolo. La señal moduladora solo varía entre dos valores de tensión discretos formando un tren de pulsos donde uno representa un "1" o "marca" y el otro representa el "0" o "espacio".

En la modulación digital, a la relación de cambio a la entrada del modulador se le llama bit-rate y tiene como unidad el bit por segundo (bps).

A la relación de cambio a la salida del modulador se le llama baud-rate. En esencia el baud-rate es la velocidad o cantidad de símbolos por segundo.

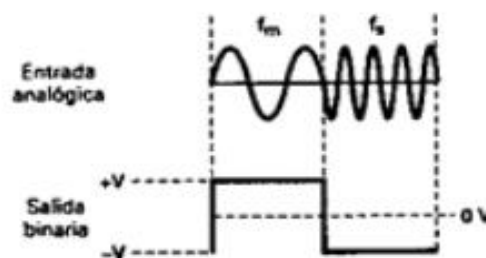
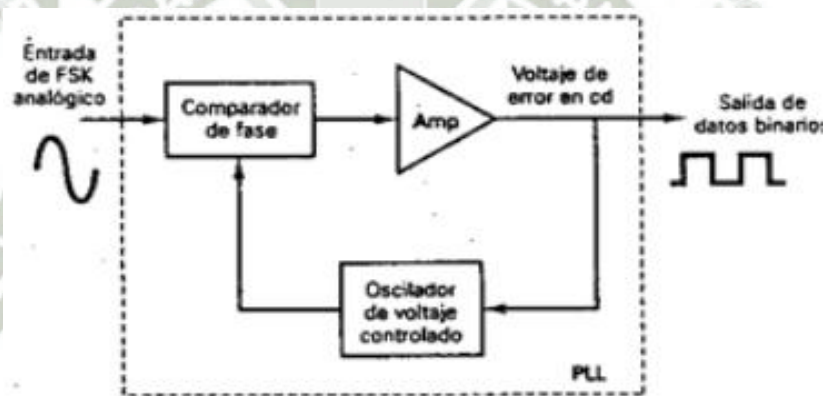


Figura 3.12

3.5.2 Transmisión (modulación) por Desplazamiento de Fase (PSK):

Transmitir por desplazamiento de fase es otra forma de modulación angular, modulación digital de amplitud constante. El PSK es similar a la modulación en fase convencional, excepto que con PSK la señal de entrada es una señal digital binaria y son posibles un número limitado de fases de salida.

La modulación por desplazamiento de fase o PSK (Phase Shift Keying) es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos.

La diferencia con la modulación de fase convencional (PM) es que mientras en ésta la variación de fase es continua, en función de la señal moduladora, en la PSK la señal moduladora es una señal digital y, por tanto, con un número de estados limitado.³⁶

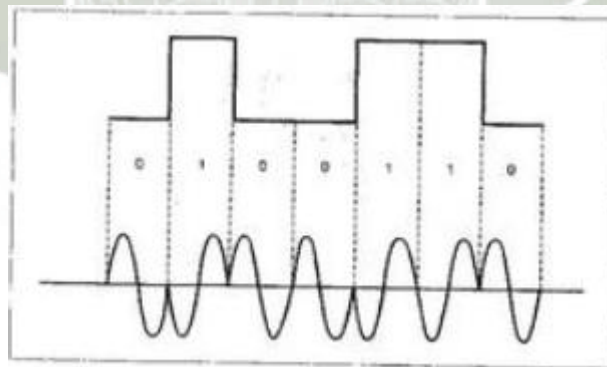


Figura 3.13

³⁶ Laura Viviana Velasco Castelblanco y Paola Andrea González Hernández. Transmisión por Desplazamiento de Fase.

3.5.3 Transmisión por desplazamiento de fase binaria (BPSK):

Con la transmisión por desplazamiento de fase binaria, son posibles dos fases de salida para una sola frecuencia de la portadora (binario significa 2 elementos). Una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico.

Conforme la señal digital de entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que están 180° fuera de fase.

3.5.4 Transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria QPSK o 4PSK:

La transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria QPSK o, en cuadratura PSK, como a veces se le llama, es otra forma de modulación digital de modulación angular de amplitud constante. La QPSK es una técnica de codificación M-ario, en donde $m=4$ (de ahí el nombre de cuaternaria que significa "4").

Con QPSK son posibles cuatro fases de salida para una sola frecuencia de la portadora. Debido a que hay cuatro fases de salida diferentes, tiene que haber cuatro condiciones de entrada diferentes.

Ya que la entrada digital a un modulador de QPSK es una señal binaria (base 2), para producir cuatro condiciones de entrada se necesita más de un solo bit de entrada. Con dos bits hay cuatro posibles condiciones: 00, 01, 10, 11. En consecuencia, con QPSK, los datos de entrada binarios se combinan en grupos de 2 bits llamados dibits.

Cada código dibit genera una de las cuatro fases de entrada posibles. Por tanto, para cada dibit de dos bits introducidos al modulador, ocurre un solo cambio de salida. Así que la razón de cambio en la salida (razón de Baudio), es la mitad de la razón de bit en la entrada.

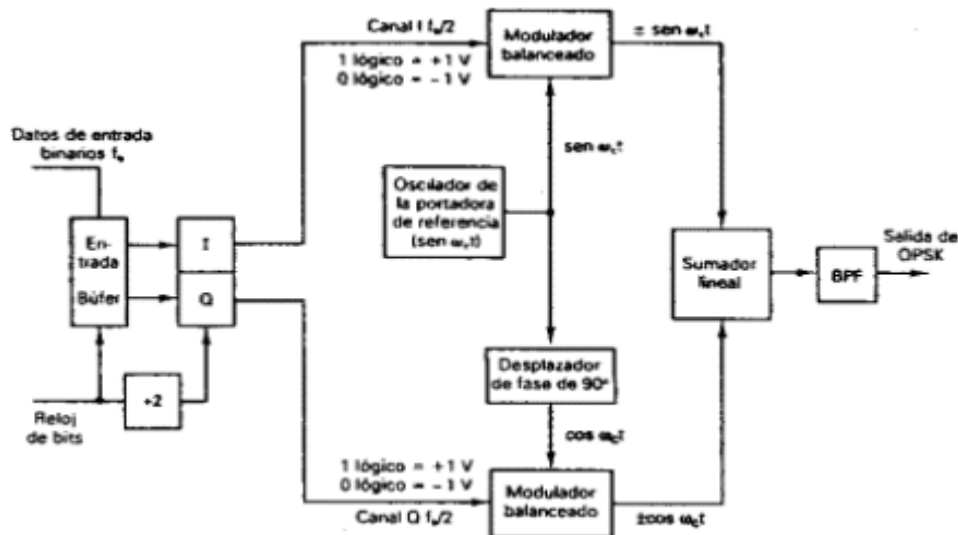


Figura 3.14

3.5.5 PSK de ocho Fases

Un PSK de ocho fases (8-PSK), es una técnica para codificar M-ario en donde $M = 8$. Con un modulador de 8-PSK, hay ocho posibles fases de salida.

Para codificar ocho fases diferentes, los bits que están entrando se consideran en grupos de tres bit, llamados tribits ($2^3 = 8$).

3.5.6 PSK de dieciséis fases

El PSK de dieciséis fases (16-PSK), es una técnica de codificación M-ario, en donde $M=16$; hay dieciséis diferentes fases de salida posibles.

Un modulador de 16-PSK actúa en los datos que están entrando en grupos de cuatro bits ($2^4 = 16$), llamados quadbits (bits en cuadratura). La fase no cambia hasta que cuatro bits no han sido introducidos al modulador.

3.5.7 Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)

La modulación de amplitud en cuadratura (QAM), es una forma de modulación digital en donde la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.

3.5.8 QAM de ocho

El QAM de ocho (8-QAM), es una forma de modulación digital de codificación M-ario, donde $M=8$. A diferencia del 8-PSK, la señal de salida del modulador de 8-QAM no es una señal de amplitud constante.

3.5.9 QAM de dieciséis

Así como el dieciséis PSK, el 16-QAM es un sistema M-ario, en donde $M=16$. Actúa sobre los datos de entrada en grupos de cuatro ($2^4=16$). Como en el 8-QAM, tanto la fase y la amplitud de la portadora de la transmisora son variados.

Ejemplo Esquemático De Un Sistema De Comunicación Troncalizado:

El ejemplo de una red troncalizada pertenece a un trabajo de grado realizado por un estudiante de la universidad de los andes (ULA), cuyo título del trabajo dice lo siguiente:

"Optimización del sistema troncalizado de microondas Barinas - Apure, perteneciente a petróleos de Venezuela sociedad anónima (PDVSA-SUR) a través de estudios en el campo y análisis basado en computador"

3.6 Descripción De La Red De Transmisión De PDVSA

La red troncalizada de transmisión de petróleos de Venezuela se extiende a lo largo de todo el país y con características idénticas en cuanto a infraestructura y equipos, solo difieren los radioenlaces en las condiciones de operación de acuerdo a la ubicación geográfica.

3.6.1 Equipo de radio utilizado:

En este sistema se emplea un sistema de radio a microondas CRT-190 que ha sido diseñado para la transmisión de señales digitales a 34/8 Mbps con modulación 4PSK en radio enlaces de gran longitud con capacidad media.

En el diseño de este sistema se han empleado las más recientes técnicas electrónicas y mecánicas para incrementar la fiabilidad, reducir el consumo de energía y realizar una estructura mecánica muy compacta.

Estas características hacen que el sistema sea idóneo para la realización de radio enlaces incluso en zonas geográficas extremadamente adversas y en las que no existen fuentes de energía del tipo tradicional.

3.6.2 Tecnología utilizada:

En los circuitos de RF e IF se han utilizado las tecnologías de capa fina y capa gruesa en los semiconductores empleados respectivamente; en los circuitos de banda base se han introducido circuitos específicos proyectados por la Siemens telecomunicación que desempeñan funciones muy complejas con dimensiones reducidas, además de los circuitos integrados y componentes miniaturizados.

3.6.3 Transceptor tipo Heterodino:

En el transceptor se ha utilizado la configuración heterodina que simplifica la modulación 4PSK, trabajando a 70 MHz y efectúa también el ajuste del modulador en las diversas bandas de RF y la sensibilidad al ruido.

3.7 Antenas

Una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas de manera que se utiliza como la interfase entre un transmisor y el espacio libre o el espacio libre y el receptor.

La antena que se utilice deberá producir una radiación que permita la cobertura mínima necesaria para establecer un enlace satisfactorio, limitando la radiación en otras direcciones.

Existen diferentes tipos de antenas que permitirán enviar (transmitir) y captar (recibir) las señales de radio digital



Figura 3.15 Antena Dipolo de media longitud de onda

3.8 Tipos de antenas

Existen dos tipos principales de antenas:

3.8.1 Las antenas lineales

Son antenas cuyos elementos radiantes son lineales, es decir, los conductores que las forman tienen una sección de grosor despreciable respecto a la longitud de onda de trabajo y respecto a su longitud física total.

Se utilizan extensamente en bajas frecuencias, se pueden utilizar en altas frecuencias y se pueden agrupar en arreglos que trabajan en bandas hasta la UHF.

- **Ejemplos de antenas lineales son:**
 - El monopolo vertical
 - El dipolo y su evolución, la antena Yagi
 - La hélice

3.8.2 De apertura

Las antenas de apertura son aquellas que utilizan superficies o aperturas para direccionar el haz electromagnético de forma que concentran la emisión y recepción de su sistema radiante en una dirección, formando ángulos sólidos, la más conocida y utilizada en la actualidad es la antena parabólica, tanto en enlaces de radio terrestres como satelitales, la ganancia de dichas antenas estará relacionada con la superficie de la parábola, a mayor tamaño mayor colimación del haz tendremos y por lo tanto mayor ganancia en una menor apertura angular.

El elemento radiante es el iluminador, el cual puede iluminar en forma directa a la parábola o en forma indirecta mediante un sub reflector, dependiendo del diseño de la misma. El iluminador está generalmente ubicado en el foco de la parábola.



Figura 3.16: Ejemplo de antenas de apertura

3.9 Antenas empleadas en el ejemplo planteado

Todas las antenas de los radio enlaces son , por ejemplo, de la marca Comelit y de dos modelos diferentes, la antena modelo C-START37-077. es una parábola con protector frontal rígido aerodinámico para el iluminador, iluminador ajustable para realizar cambios en su polarización, de diámetro de 3.7 metros, ganancia de 47.4 dB, para operar en un rango de frecuencias que incluye la de trabajo 8GHz, el otro tipo de antena utilizada es la C-START30-077, que es una parábola con protector rígido aerodinámico para el iluminador, iluminador ajustable para realizar cambios en su polarización, de diámetro de 3.0 metros, ganancia de 45.5 dB, para operar en un rango de frecuencias que incluye la de trabajo 8GHz.

Una antena parabólica es un tipo de antena que se caracteriza por llevar un reflector parabólico. Las antenas parabólicas pueden ser usadas como antenas transmisoras o como antenas receptoras.

En las antenas parabólicas transmisoras el reflector parabólico refleja la onda electromagnética generada por un dispositivo radiante que se encuentra ubicado en el foco del reflector parabólico y los frente de ondas que genera salen de este reflector en forma más coherente que otro tipo de antenas, mientras que en las antenas receptoras el reflector parabólico concentra la onda incidente en su foco donde también se encuentra un detector. Normalmente estas antenas en redes de microondas operan en forma full duplex, es decir, transmiten y reciben simultáneamente Las antenas parabólicas suelen ser utilizadas a frecuencias altas y tienen una ganancia elevada.

3.9.1 Tipos de antenas parabólicas

Hay varios tipos de antenas parabólicas, los más extendidos son los siguientes:

- La antena parabólica de foco primario, que se caracteriza por tener el reflector parabólico centrado respecto del foco.
- La antena parabólica offset, que se caracteriza por tener el reflector parabólico desplazado respecto del foco. Son más eficientes que las parabólicas de foco primario.
- La antena parabólica Cassegrain, que se caracteriza por llevar un segundo reflector cerca de su foco, el cual refleja la onda radiada desde el dispositivo radiante hacia el reflector en las antenas transmisoras, o refleja la onda recibida desde el reflector hacia el dispositivo detector en las antenas receptoras.

3.9.1.1 Antenas de foco primario

Estas antenas también son llamadas antenas paraboidales. La superficie de la antena es una parábola de revolución con el alimentador en el foco. Estas antenas tienen un rendimiento máximo del 60%(aproximadamente).

3.10 Sistemas Que Utilizan Antenas Parabólicas

Entre los sistemas que utilizan antenas parabólicas destacan los siguientes:

- Satélites de comunicaciones.
- SAR Radar de Apertura Sintética, de uso militar y para radar meteorológico
- Receptores de televisión vía satélite.
- Radioenlaces.
- Estaciones de radioaficionado.
- Sondas espaciales.
- Estaciones de seguimiento de sondas espaciales.
- Radiotelescopios.

3.10.1 Aplicaciones De Los Sistemas Troncalizados

Se utilizan para los sistemas de radio y satélite modulados digitalmente, en la Industria de la Seguridad Previene y controla las situaciones de emergencia gracias a la comunicación inmediata entre los guardias y los oficiales en sitio.

- Permite comunicaciones instantáneas con oficinas locales como el departamento de seguridad o de bomberos por ejemplo.
- En Venezuela una de las aplicaciones más evidentes de los sistemas de radio troncalizado es el sistema de emergencias 171.

Industria del Comercio

- Alto nivel de satisfacción del cliente; tiempos de respuesta al cliente rápidos gracias a las comunicaciones instantáneas entre los empleados.
- Coordinación mejorada de las actividades de trabajo entre el almacén y la sala de ventas, comprobaciones rápidas de precio e inventario.

Industria de Hotelería y Turismo

Tiempos de respuesta más rápidos para atender las solicitudes de los clientes. Mayor Seguridad en los hoteles.

Industria de Manufactura

- Optimiza el transporte de materiales al lugar de trabajo y facilita las comunicaciones entre las líneas de producción y los supervisores.
- Reduce el tiempo de inactividad y las demoras, lo que acelera el ciclo de trabajo.
- Comunicaciones claras en lugares de producción ruidosos.

Industria de la Construcción

- Reduce el "tiempo perdido" mejorando las comunicaciones entre los supervisores y los grupos de trabajo.
- Permite coordinar las tareas de manera eficiente y entregar más rápidamente los materiales.
- Optimiza el transporte de materiales de construcción al lugar de trabajo para obtener ciclos más rápidos.
- En la telefonía celular también tiene sus aplicaciones los sistemas troncalizados.
- En general son muchas las aplicaciones de los sistemas troncalizados en la actualidad pues permiten manejar grandes volúmenes de usuarios y un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico.

Previas conclusiones

En los últimos años han ocurrido cambios muy inesperados en la forma en como nos comunicamos hoy día los seres humanos; el vertiginoso crecimiento de las tecnologías de la telecomunicación han permitido una evolución asombrosa al punto, que nos podemos comunicar a través de dispositivos electrónicos, si se quiere en cualquier parte del planeta y hasta fuera de él, pero lo más sorprendente es la forma en cómo se logra esa comunicación que a los ojos de una persona normal pasa desapercibida.

Hace algunos años las grandes masas se comunicaban y aun lo siguen haciendo de una manera "eficiente", a través de las líneas telefónicas sean inalámbricas o no; "eficiente" porque la comunicación es efectiva, en este sistema si algún usuario desea comunicarse con otro, al establecer comunicación ocuparía el espectro de frecuencia en ese instante y ningún

otro usuario podrá comunicarse sino hasta que el primero corte la comunicación ya establecida.

Un sistema de comunicación con esas características se hace ineficiente. El sistema de comunicación Troncalizado permite que los usuarios compartan todos los canales disponibles (frecuencias), evitando que dependan de un canal determinado y no puedan transmitir su mensaje si este se encuentra ocupado. Por las razones expuestas, el sistema de comunicación troncalizado se perfila como una excelente opción a la hora de elegir un buen sistema de comunicación, pues se adopta prácticamente a cualquier necesidad que tengan los usuarios.

En general son muchas las aplicaciones de los sistemas troncalizados en la actualidad pues permiten manejar grandes volúmenes de usuarios y un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico. La presente investigación es el resultado de un esfuerzo en conjunto de quienes trabajaron por la consecución de llenar los mínimos requisitos para defender el tema asignado y estudiado.

La presente investigación tratará del estudio del Sistema de Comunicación Troncalizado, en que se basa, cuales son los modos de transmisión empleados para éste, sus aplicaciones, las antenas más apropiadas para la transmisión de información a través de este sistema de comunicación troncalizado; se presentará un diagrama que muestre el funcionamiento del sistema, y de la misma manera se hará un bosquejo de las especificaciones legales establecidas a nivel nacional para el uso de los sistemas troncalizados. ¿Cuál es su área de cobertura? según los organismos competentes

Los sistemas de comunicación digital ofrecen varias ventajas sobresalientes respecto a los sistemas analógicos tradicionales: facilidad de procesamiento, facilidad de multicanalización e inmunidad al ruido.

El sistema troncalizado es totalmente computarizado, por lo tanto posee elementos de control que permiten detectar rápidamente las fallas que se presenten en su funcionamiento. Así mismo dependiendo de la marca del sistema, posee mecanismos automáticos para evitar que el sistema falle completamente en caso de que algún componente quede fuera de servicio. Además todos los parámetros de operación son programables de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

Los Sistemas Radio Trunking son sistemas de radiocomunicaciones móviles para aplicaciones privadas, formando grupos y subgrupos de usuarios, con las siguientes características principales:

- Estructura de red celular (independientes de las redes públicas de telefonía móvil)
- Los usuarios comparten los recursos del sistema de forma automática y organizada.
- Cuando se requiere, por el tipo de servicio, es posible el establecimiento de canales prioritarios de emergencia que predominarían sobre el resto de comunicaciones del grupo.

Son sistemas que han ido estandarizando las diferentes interfaces desde su introducción en el año 1997. En la actualidad se está produciendo un proceso de estandarización con los sistemas digitales.

Los elementos que distinguen un sistema de radio digital de un sistema de radio AM, FM, o PM, es que en un sistema de radio digital, las señales de modulación y demodulación son pulsos digitales, en lugar de formas de onda analógicas. El radio digital utiliza portadoras analógicas al igual que los sistemas convencionales.

En esencia hay tres técnicas de modulación digital que se suelen utilizar en los sistemas de radio digital: Transmisión (modulación) por desplazamiento

de frecuencia (FSK), transmisión (modulación) por desplazamiento de fase (PSK), y modulación de amplitud en cuadratura (QAM).

Transmisión (modulación) por Desplazamiento de Frecuencia (FSK):

La transmisión por desplazamiento de frecuencia (FSK), es una forma, en alguna medida simple, de modulación de bajo rendimiento. El FSK binario es una forma de modulación angular de amplitud constante, similar a la modulación en frecuencia convencional, excepto que la señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía, entre dos niveles de voltaje discreto, en lugar de una forma de onda analógica que cambia de manera continua.

Transmisión (modulación) por Desplazamiento de Fase (PSK):

Transmitir por desplazamiento de fase es otra forma de modulación angular, modulación digital de amplitud constante. El PSK es similar a la modulación en fase convencional, excepto que con PSK la señal de entrada es una señal digital binaria y son posibles un número limitado de fases de salida.

Transmisión por desplazamiento de fase binaria (BPSK):

Con la transmisión por desplazamiento de fase binaria, son posibles dos fases de salida para una sola frecuencia de la portadora (binario significa 2 elementos). Una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico. Conforme la señal digital de entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que están 180° fuera de fase.

Transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria QPSK o 4PSK:

La transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria QPSK o, en cuadratura PSK, como a veces se le llama, es otra forma de modulación digital de modulación angular de amplitud constante. La QPSK es una

técnica de codificación M-ario, en donde $m=4$ (de ahí el nombre de cuaternaria que significa "4").

Se utilizan para los sistemas de radio y satélite modulados digitalmente, en la Industria de la Seguridad Previene y controla las situaciones de emergencia gracias a la comunicación inmediata entre los guardias y los oficiales in situ.

- Permite comunicaciones instantáneas con oficinas locales como el departamento de seguridad o de bomberos por ejemplo.
- En Venezuela una de las aplicaciones más evidentes de los sistemas de radio troncalizado es el sistema de emergencias 171.

Industria del Comercio

- Alto nivel de satisfacción del cliente; tiempos de respuesta al cliente rápidos gracias a las comunicaciones instantáneas entre los empleados.
- Coordinación mejorada de las actividades de trabajo entre el almacén y la sala de ventas, comprobaciones rápidas de precio e inventario.

Industria de Hotelería y Turismo

- Tiempos de respuesta más rápidos para atender las solicitudes de los clientes. Mayor Seguridad en los hoteles.

Industria de Manufactura

- Optimiza el transporte de materiales al lugar de trabajo y facilita las comunicaciones entre las líneas de producción y los supervisores.
- Reduce el tiempo de inactividad y las demoras, lo que acelera el ciclo de trabajo.
- Comunicaciones claras en lugares de producción ruidosos.

Industria de la Construcción

- Reduce el "tiempo perdido" mejorando las comunicaciones entre los supervisores y los grupos de trabajo.
- Permite coordinar las tareas de manera eficiente y entregar más rápidamente los materiales.

- Optimiza el transporte de materiales de construcción al lugar de trabajo para obtener ciclos más rápidos.

En la telefonía celular también tiene sus aplicaciones los sistemas troncalizados.

En general son muchas las aplicaciones de los sistemas troncalizados en la actualidad pues permiten manejar grandes volúmenes de usuarios y un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico.

Aspecto legal de los sistemas troncalizados.³⁷

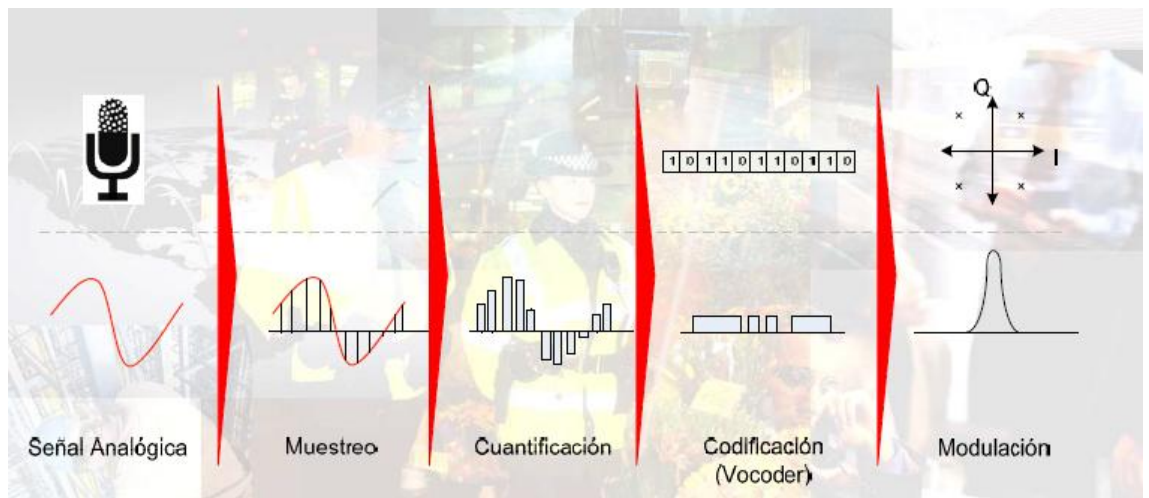
RADIO TRONCALIZADO DIGITAL

- La voz es una señal analógica
- El oído humano solo puede escuchar sonidos entre 20 Hz y 20 KHz
- Nuestra voz está en el rango de 300 Hz a 3,3 KHz
- Para transmitir esta señal digitalmente, necesitamos al menos 64 Kbps
- No toda la información que se transmite es relevante
- Por ello se puede optimizar el uso del ancho de banda, recomponiendo la señal en el receptor

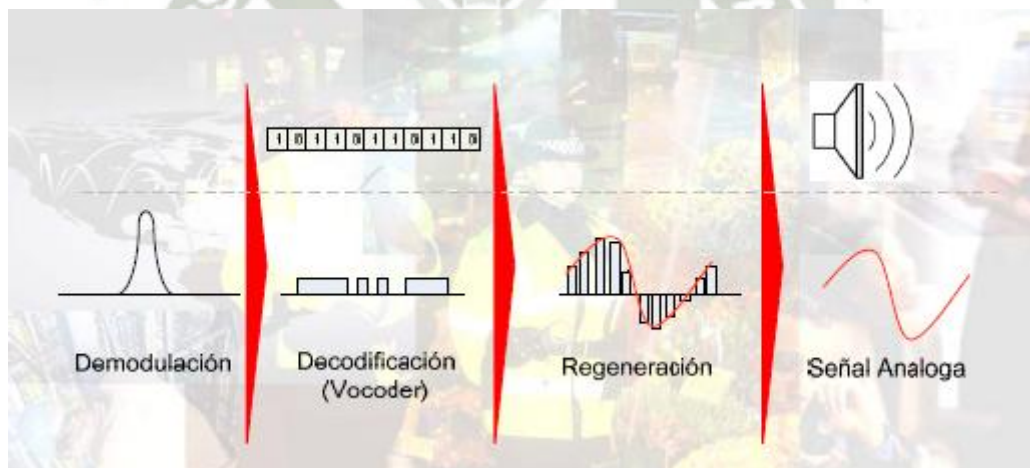


³⁷ www.plusformacion.com

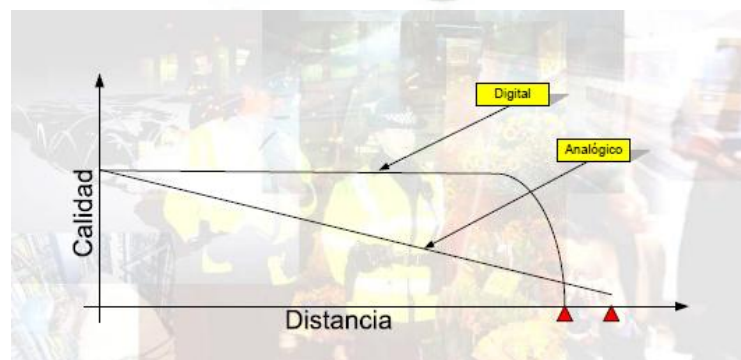
Proceso de digitalización



Receptor



Calidad vs Cobertura



Discriminación

Cuando la voz es convertida a digital, esta se puede alterar, de tal manera que no sea posible para terceros, escucharla



De los sistemas analógicos hacia la tecnología digital. Pautas para la Migración

- Plataforma existente y posibilidades de migración hacia tecnología digital. Reuso al máximo de equipamiento y suscriptores
- Uso privado o comercial
- Perfil del usuario ► uso primordial de despacho o de interconexión telefónica
- Disponibilidad de frecuencias
- Área de Cobertura deseada. Sitios adicionales. Obras civiles Enlaces de microondas adicionales.
- Posibilidad de interconexión e interoperabilidad con sistemas de terceros existentes en la zona
- Regulaciones locales sobre la materia

Temas a considerar

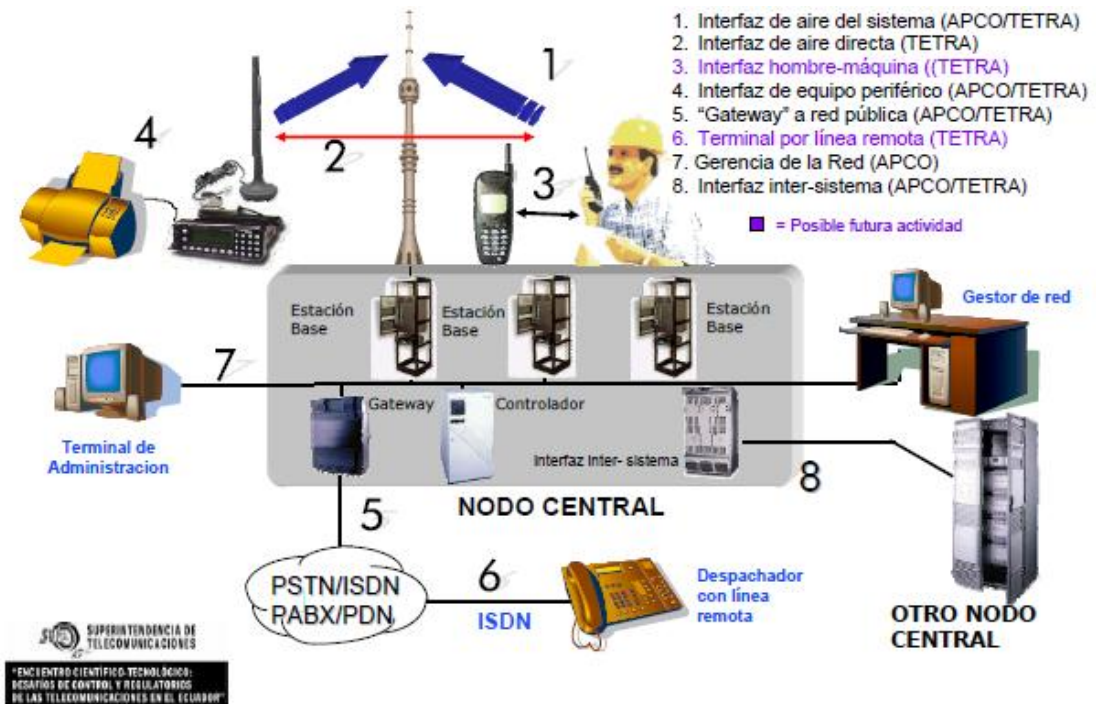
- ¿Como la nueva tecnología digital mejora mi situación actual?
- ¿Cual es el costo de la nueva tecnología?
- ¿Que capacidades técnicas me ofrece?
- ¿Puedo realizar una migración progresiva a la nueva tecnología
- ¿Que bandas de frecuencia están disponibles?
- ¿La tecnología ha sido extensamente probada o se encuentra en desarrollo?
- ¿Que capacidades de soporte y servicio me ofrece el suplidor?

Objetivos a considerar

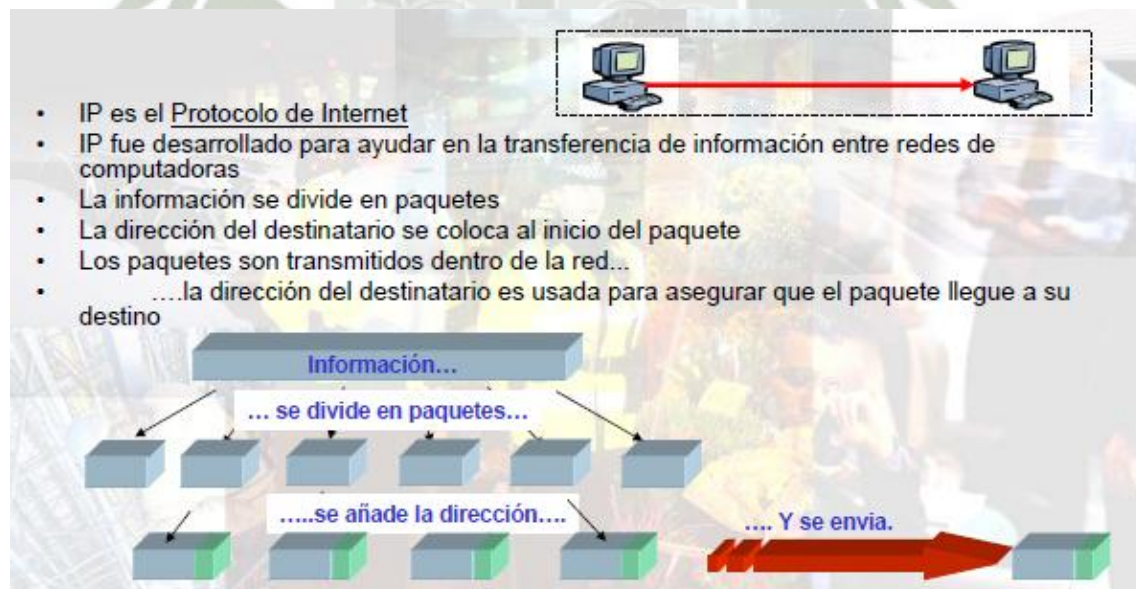
- **Aumentar eficiencia espectral**
- **Libre competencia a través de arquitectura abierta**
- **Permitir comunicaciones efectivas inter-departamentales**
- **Compatible con equipo existente analógicos, convencionales y troncalizados y equipos de alta potencia**
- **Adopción de la norma sin cambios de frecuencia**

- **Aumentar eficiencia espectral**
- **Libre competencia a través de arquitectura abierta**
- **Superior capacidad de voz y datos**
- **Cumplimiento con requerimientos y normas espectrales europeas**
- **Cumplimiento con requerimientos comerciales y de seguridad pública**

Interfaces APCO Y TETRA



Y en cuanto a IP?



Porque usar IP?

- **Ofrece muchas ventajas de desempeño y confiabilidad**
 - Arquitectura distribuida y confiable por naturaleza
 - Menos complejidad (enlaces virtuales en lugar de físicos)
- **Ha sido adoptado mundialmente para todas las nuevas plataformas de comunicación**
 - Todas las redes móviles 3G están basadas en IP
- **Transporta todo tipo de información de la misma manera**

La tendencia es la Convergencia



¿Qué es TETRA?³⁸

TETRA, o TERrestrial Trunked Radio, es un protocolo de radio digital troncalizado creado y administrado por la ETSI, un instituto internacional que produce y mantiene protocolos de comunicación que usamos todos los días (entre ellos, el protocolo GSM para celulares).

Un sistema TETRA es un sistema de radio troncalizado, o sea, que usa una infraestructura para conectar a varios puntos y bases de radios, formando así redes más grandes, que en algunos casos cubren países enteros.

Es un sistema de radio digital. Específicamente, es un sistema TDMA, similar a lo utilizado por nuestros celulares. Eso permite más comunicaciones en un mismo espectro de frecuencias que un sistema analógico, cumpliendo con los requerimientos de muchos países y aumentando la eficiencia en espectros bastante ocupados.

¿Por qué el protocolo TETRA?

El protocolo TETRA fue pensado para usuarios PMR (Professional Mobile Radio – Radio Profesional Móvil), especialmente para usos en agencias gubernamentales, seguridad pública (policías, bomberos y ambulancias), servicios de emergencia, etc. Esas organizaciones tienen algunos requerimientos especiales que los diferencian de los demás usuarios de radios:

- Las comunicaciones tienen que ser seguras, sin posibilidad de escuchas no autorizadas.
- Comunicaciones importantes tienen que ser completadas (por ejemplo, en casos de emergencia).

³⁸ mundotetra.com

- Grupos de comunicaciones deben poder ser creados para posibilitar comunicaciones entre diferentes organizaciones en eventos especiales o emergencias.
- El protocolo tiene que ser lo suficientemente abierto para incorporar nuevas aplicaciones y maneras de uso.

Esas necesidades llevaron al diseño del protocolo de radio troncalizado digital TETRA, el cual contempla mecanismos para asegurar que todas esas funciones y necesidades sean cumplidas. Por lo tanto, el protocolo TETRA es un protocolo seguro, con varios mecanismos de seguridad y cifrado, hecho para funcionar en situaciones de emergencias, y con una lista completa de funciones que, hoy, son usadas por profesionales usuarios de radios en varios mercados diferentes.

¿Quién controla el protocolo TETRA?

Existe una organización llamada TETRA Association que desarrolla el protocolo TETRA y lo publica para que los fabricantes utilicen las especificaciones en sus desarrollos. Los miembros de esa organización son:

- Fabricantes de Infraestructura TETRA
- Fabricantes de Terminales TETRA
- Usuarios TETRA
- Fabricantes de aplicaciones y soluciones basadas en el protocolo TETRA

Cualquier miembro puede proponer una nueva aplicación o implementación a la asociación, y un grupo técnico estudiará la propuesta. Si pasa por su aprobación, esa propuesta será integrada al protocolo, y publicada para que los demás fabricantes puedan desarrollar aplicaciones o soluciones compatibles con esa nueva funcionalidad.

Además, la asociación tiene otra función, que es la de comprobar que las diferentes funcionalidades del protocolo funcionen correctamente entre productos de diferentes fabricantes. Eso se hace a través de pruebas que se realizan algunas veces al año, dónde los fabricantes se juntan y prueban sus equipos.

Las pruebas son supervisadas por un organismo independiente quién luego emite un certificado indicando que funciona y qué no. Esos certificados son llamados IOPs (Certificados de Interoperabilidad), y pueden ser obtenidos del sitio de la TETRA Association sin cargo.

¿Qué hace TETRA diferente de otras tecnologías?

La gran diferencia de TETRA es que es un protocolo abierto, pero controlado por la TETRA Association.

Al ser una tecnología de radio abierta (a diferencia de P25 o TETRAPOL), TETRA ha tenido una evolución muy rápida debido a que varios fabricantes han desarrollado nuevas funcionalidades para diferenciarse de la competencia. TETRA es hoy la tecnología de radio ideal para un conjunto de aplicaciones, como seguridad pública (policías, ambulancias, bomberos, defensa civil), fuerzas armadas, aeropuertos, transportes, energía, entre otros usuarios Profesionales de radio.

FUNCIONAMIENTO DEL RADIO PORTÁTIL³⁹

Para asegurar un rendimiento óptimo del radio y para garantizar que la energía de radiofrecuencia se mantenga dentro de los límites establecidos en las normas antes mencionadas, deberán cumplirse los siguientes procedimientos:

³⁹ www.nol.com

Cuidado de la antena

El sistema es muy celoso. Utilice solamente la antena de reemplazo proporcionada o una aprobada.

El reemplazo, la modificación o conexión de antenas no autorizadas pueden causar daños al teléfono y violar las regulaciones de la UIT.

Mientras el radio esté "EN USO", NO sujete la antena con la mano. Tocar la antena afecta la calidad de la comunicación y puede hacer que el radio funcione a un nivel de energía mayor que el necesario.

Funcionamiento de radios bidireccionales⁴⁰

Cuando utilice el radio como un radio bidireccional tradicional, sostenga el radio en posición vertical y mantenga el micrófono a una distancia de 2,5 a 5 cm (una o dos pulgadas) de los labios.

Funcionamiento de la unidad ajustada al cuerpo para cumplir con las recomendaciones de la UIT en cuanto a la exposición a la RF, si utiliza un radio ajustado al cuerpo, durante la transmisión, siempre coloque el radio en un Clip para cinturón, estuche, arnés para estuche o arnés para el cuerpo proporcionado o aprobado por Motorola.

Si se utilizan accesorios no aprobados por: ejemplo, Motorola, se puede exceder los límites de exposición a la RF establecidos en las recomendaciones de la UIT.

⁴⁰ www.nextel.com.pe

ATMÓSFERAS POTENCIALMENTE EXPLOSIVAS⁴¹

Apague el radio cuando esté en una atmósfera potencialmente explosiva, a menos que el radio sea del tipo específicamente calificado para el uso en tales áreas como “Intrínsecamente Seguro” (por ejemplo, aprobado por Factory Mutual, CSA o UL).

No retire, instale ni cargue baterías en estas áreas. Las chispas en atmósferas potencialmente explosivas pueden desencadenar una explosión o incendio y ocasionar lesiones o inclusive la muerte.

Nota: Entre las áreas con atmósferas potencialmente explosivas mencionadas anteriormente se encuentran las áreas con combustible,

por ejemplo las áreas debajo de la cubierta de barcos; instalaciones de transferencia y almacenamiento de combustible y productos químicos; áreas donde el aire contiene productos químicos o partículas tales como polvo, granos o polvos metálicos; y cualquier otra área donde se le aconseja apagar el motor de su vehículo.

En las áreas con atmósferas potencialmente explosivas hay generalmente señales de precaución, aunque no siempre es así.

• AREAS DE VOLADURAS Y EXPLOSIVOS

Para evitar una posible interferencia con las operaciones de detonación, apague el radio cuando esté cerca de detonadores eléctricos, en un área de detonaciones o donde haya letreros “Apague el radio bidireccional”.

Respete todas las señales e instrucciones.

⁴¹ www.hellomoto-shop.de

PRECAUCIONES SOBRE LA OPERACIÓN

• ANTENAS

No utilice radios portátiles que tengan la antena dañada. Si una antena dañada hace contacto con la piel, podría producir una pequeña quemadura.

• BATERIAS

Todas las baterías pueden causar daños materiales, lesiones o quemaduras si un material conductor, por ejemplo, joyas, llaves o cadenas, hace contacto con los terminales expuestos.

El material podría cerrar un circuito eléctrico (cortocircuito) y tornarse muy caliente. Manipule con cuidado las baterías cargadas, especialmente cuando las lleve dentro de un bolsillo, cartera o envases que contengan objetos metálicos.

INFORMACIÓN SOBRE RADIOS INTRÍNSECAMENTE SEGUROS

Equipos aprobados por MTC

Cualquier persona que desee ⁴²utilizar un radio en lugares donde haya concentraciones peligrosas de material inflamable (atmósfera peligrosa), debe familiarizarse con el tema de la seguridad intrínseca y con el Artículo 500 (lugares peligrosos [clasificados]) del Código

Eléctrico Nacional de la NFPA 70 (National Fire Protection Association – Asociación Nacional de Protección contra Incendios).⁴³

Una guía de aprobación, emitida por Factory Mutual Research Corporation (FMRC), incluye una lista de los fabricantes y productos

⁴² www.911.co.st-clair.il.us

aprobados por FMRC para su utilización en este tipo de lugares. FMRC también tiene una norma de aprobación voluntaria para servicio de reparación

Los rótulos de aprobación de FMRC se colocan en el radio para indicar que la unidad ha sido aprobada para su utilización en atmósferas peligrosas específicas. Este rótulo especifica la Clase/División/Grupo de riesgo junto con el número de pieza de la batería que debe utilizarse.

De acuerdo con el diseño de la unidad portátil, este rótulo de FM puede encontrarse en la cubierta posterior del radio o en la parte inferior del radio. La marca de aprobación se muestra a continuación.

ADVERTENCIAS

- No opere equipos de comunicaciones de radio en un entorno peligroso, a menos que sea de un tipo especialmente calificado (por ejemplo, aprobado para tales usos.⁴⁴

Podría ocurrir una explosión o incendio.

No opere un producto aprobado en un entorno peligroso si el mismo presenta daños físicos (por ejemplo, cubierta con fisuras). Podría ocurrir una explosión o incendio.

- No reemplace ni cargue las baterías mientras esté en un entorno peligroso. Pueden generarse chispas por contacto mientras se instalan o retiran baterías causar una explosión o incendio.

ADVERTENCIAS

- No reemplace ni cambie accesorios en un entorno peligroso. Pueden generarse chispas por contacto mientras se instalan o retiran accesorios y causar una explosión o incendio.
- No opere en lugares peligrosos una unidad aprobada por FMRC que tenga los contactos de los accesorios al descubierto.

Mantenga colocada la cubierta del conector cuando no utilice accesorios.

- Apague el radio antes de retirar o instalar una batería o accesorio.
- No desarme el producto aprobado por FMRC de ninguna manera que exponga los circuitos eléctricos internos de la unidad.

Los radios deben ser despachados de la planta de fabricación de Motorola⁴⁵ con la capacidad para operación en atmósferas peligrosas y el rótulo de aprobación de FM.

Los radios no serán “ampliados” para que proporcionen capacidad de operación en atmósferas peligrosas ni se les colocarán rótulos de aprobación en el campo.

Cualquier modificación altera el hardware de la unidad y su configuración de diseño original.

Sólo el fabricante original del producto puede realizar modificaciones y éstas deben efectuarse en sus instalaciones de fabricación auditadas por FMRC.

- Si se utiliza un producto aprobado por FMRC con baterías o accesorios no aprobados por FMRC específicamente para ese producto, se puede

crear una combinación de radio y accesorios no aprobada para lugares peligrosos, lo cual representa una situación riesgosa e insegura.

- La modificación no autorizada o incorrecta de un producto aprobado por FMRC anulará la aprobación del producto.

Reparación de productos aprobados

No debe reparar ni volver a colocar rótulos a ningún equipo de comunicaciones fabricado por Motorola que tenga el rótulo de aprobación de FMRC, a menos que esté familiarizado con las normas de aprobación de FMRC actuales sobre reparaciones y servicio

Se recomienda acudir a un centro de reparaciones que cuente con la aprobación para servicios de reparación

- La incorrecta colocación de rótulos o reparación de un producto aprobado por FMRC puede afectar negativamente la aprobación de la unidad.
- La utilización de un radio que no sea intrínsecamente seguro en una atmósfera peligrosa puede provocar lesiones graves o la muerte.

La norma 3605 de clase de aprobación de FMRC está sujeta a cambios sin notificación previa. Por lo tanto, se recomienda obtener de FMRC un ejemplar actualizado de la misma.

De conformidad con la publicación de la norma 3605 en diciembre de 1994, a continuación se indican algunas definiciones y requisitos de servicio técnico primordiales:

Reparación

Una reparación constituye una operación en el interior de la unidad para que ésta recupere sus condiciones originales de aprobación. Las reparaciones deben efectuarse en centros autorizados

No se consideran como reparaciones aquellas operaciones realizadas en una unidad que no ameriten la apertura de la cubierta externa de la unidad para dejar al descubierto los circuitos eléctricos de la misma. No es necesario efectuar este tipo de operaciones en un centro de reparaciones autorizado de FMRC.

El centro de reparaciones no debe tener rótulos de aprobación de FMRC en inventario. Los rótulos de aprobación de FMRC deben ser ordenados al fabricante original, según se requieran para operaciones de reparación de unidades específicas. Los rótulos de repuesto serán obtenidos y colocados por el centro de reparaciones que proporcione evidencia suficiente de que la unidad en cuestión era originalmente una unidad aprobada por FMRC.

La verificación puede incluir, mas no se limita a: una unidad con un rótulo de aprobación en malas condiciones, una unidad con un rótulo de aprobación y cuya cubierta esté defectuosa, o un comprobante de compra que indique el número de serie de la unidad y la adquisición de un modelo aprobado de FMRC.

No sustituya opciones o accesorios Los equipos de comunicaciones de Motorola certificados por Factory Mutual son probados como un sistema e incluyen la unidad portátil aprobada por FM, la batería aprobada por FM y los accesorios u opciones aprobados por FM, o ambos.

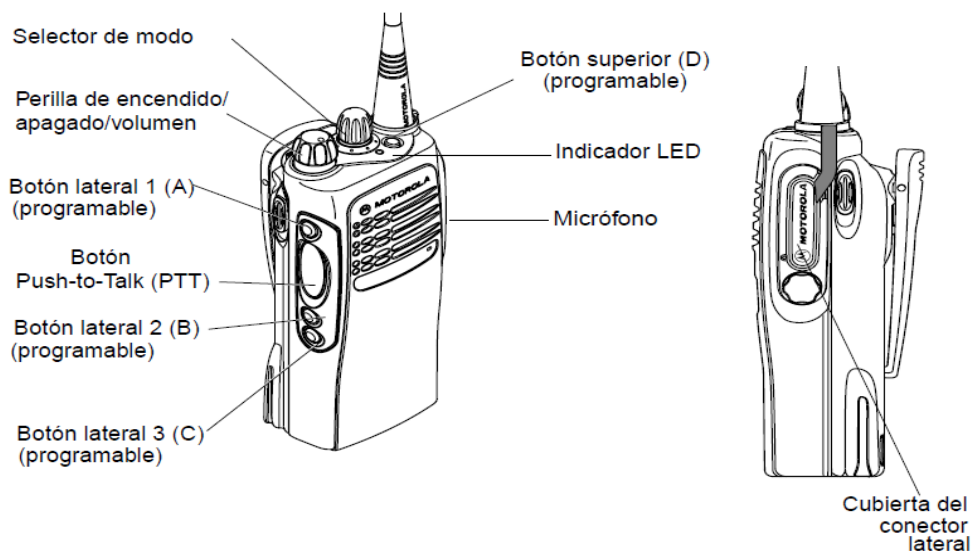
Esta combinación aprobada de unidad portátil y batería debe cumplirse estrictamente. No deben sustituirse elementos, incluso si el elemento de reemplazo ha sido aprobado previamente para una unidad de

comunicaciones de Motorola diferente. La guía de aprobación de FM, publicada por FMRC o la publicación FM Supplement contiene una lista de las configuraciones aprobadas. La publicación FM Supplement es incluida por el fabricante con la combinación de radio y batería aprobada por FM. La guía de aprobación o la norma 3605 de clase de aprobación para reparaciones y servicio técnico puede ordenarse directamente a Factory Mutual Research Corporation, en Norwood, Massachusetts.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL RADIO

PARTES DEL RADIO

Modelos PRO5550™ y PRO5650™



Perilla de encendido/apagado/volumen Enciende o apaga el radio y ajusta el volumen.

Selector de modo: Selecciona el modo de funcionamiento requerido.

Indicador LED: ⁴⁶Indica el estado de la batería (consulte la página 22); o bien, el encendido, rastreo o recepción de una llamada selectiva de radio (consulte la tabla siguiente):

⁴⁶ www.gfk-system.de

Con el botón PTT presionado (radio transmitiendo)	
Rojo continuo	El radio está transmitiendo (botón PTT presionado)
LED apagado	El radio no está transmitiendo
Rojo intermitente	Batería baja (sólo en modo convencional; programable mediante el CPS)
Verde momentáneo	El radio se ha encendido satisfactoriamente

Botón Push-To-Talk (PTT)

⁴⁷Mantenga presionado este botón para hablar; libérela para escuchar

Con el botón PTT liberado (radio recibiendo)	
Rojo intermitente	Modo ocupado (sólo en modo convencional)
Verde intermitente	Recepción de llamada telefónica, llamada de conversación privada o búsqueda de alerta de llamada

Micrófono

Para enviar un mensaje, mantenga el micrófono a una distancia de 2,5 a 5 cm de la boca y hable claramente hacia el micrófono⁴⁸.

Indicaciones del tono de alerta El radio emite diversos tonos audibles para indicar las condiciones de funcionamiento del radio:

⁴⁷ www.argentina.nextel.com

⁴⁸ www.cplav.com

- Batería baja – Una condición de batería baja es indicada por un “chirrido” doble de alta frecuencia, cuando se libera el botón PTT después de una transmisión.
- Encendido satisfactorio – Un tono corto de frecuencia media cuando el radio se enciende indica que el radio ha pasado la autopruueba de encendido y está listo para ser utilizado.

Encendido no satisfactorio – Un tono corto de baja frecuencia cuando se enciende el radio.

Recepción de (búsqueda de) Call Alert™ – Un grupo de cuatro tonos de frecuencia media cada cinco segundos indica que el radio ha recibido una búsqueda de alerta de llamada. Envío de (búsqueda de) Call Alert™ – Un tono de frecuencia media (reconocimiento central), seguido por un grupo de cuatro tonos de frecuencia media indica que una búsqueda de alerta de llamada emitida por el radio ha sido recibida por el radio destino.

- Recepción de una llamada Private Conversation™ – Un grupo de dos tonos e frecuencia media indica que el radio ha recibido una llamada de conversación privada. Esta secuencia se repite cada cinco segundos durante aproximadamente 20 segundos si se trata de la función Enhanced Private Conversation.

- Sistema troncalizado ocupado (sólo sistemas troncalizados) – Un tono “bah-bah-bah-bah” cuando se obtiene acceso a un sistema troncalizado indica que todos los canales disponibles están ocupados y que el radio se encuentra en cola a la espera del próximo canal disponible.

- Devolución de llamada (sólo sistemas troncalizados) – Un grupo de tres tonos de frecuencia media (di-di-dit) indica que un grupo de conversación ya está disponible para la transmisión que el usuario solicitó previamente.

Botones programables

El distribuidor puede programar varios de los botones como accesos directos a muchas de las funciones del radio.⁴⁹

Solicite al distribuidor una lista completa de las funciones del radio.

Los botones programables son:

- Los tres botones laterales (A, B y C) y el botón superior (D)

Cada botón permite el acceso a un máximo de dos características, según el tipo de presión que se ejerza sobre el botón:

- **presión breve**—presionar y liberar rápidamente los botones programables
- **presión prolongada**—presionar y mantener presionados los botones programables durante cierto período de tiempo (programable entre medio segundo y 16 segundos)
- **mantener presionado**—presionar y mantener presionados los botones programables mientras se verifica el estado o se realizan los ajustes.

La tabla siguiente contiene un resumen de las características programables disponibles.

Solicite al distribuidor que anoten los botones programables en la columna "Botón", al lado de las funciones que les ha asignado.

Use las abreviaturas (por ejemplo, A para el botón lateral 1, D para el botón superior, etc.) que se muestran en la ilustración del radio que aparece al comienzo de este manual.

Asimismo, cuando haya una alternativa, pida al distribuidor que indique si la presión del botón debe en breve o prolongada

⁴⁹ mmogle.ru

Botón	Presión breve	Presión prolongada	Mantener presionado
Supervisión/ Supervisión permanente	Permite supervisar temporalmente la actividad del canal seleccionado.	Permite supervisar continuamente el canal seleccionado.	Permite supervisar cualquier actividad del canal seleccionado.
Ajuste de volumen	—	—	Emite un tono que permite ajustar el nivel de volumen del radio.
Rastreo	Inicia o finaliza la operación de rastreo.	—	—
Eliminar conversación molesta	Elimina temporalmente un miembro no deseado cuando la función de rastreo está activa.	—	—
Buscar en sistema	Realiza una búsqueda en el sistema.	—	—
Luz	Enciende/apaga la luz de fondo del radio.	—	—
Llamada	Inicia o finaliza una llamada privada.	—	—
Búsqueda	Inicia o finaliza una alerta de llamada.	—	—
Respuesta de llamada	Permite responder o finalizar una llamada privada o una alerta de llamada.	—	—
Teléfono	Permite ingresar o salir del modo de teléfono.	—	—

EJEMPLOS DE SISTEMAS DE RADIO TRONCALIZADOS

Los radios PRO5550 y PRO5650 pueden funcionar tanto en sistemas de radio troncalizados Privacy Plus™ como en sistemas de radio convencionales.

Los sistemas convencionales se refieren generalmente a las comunicaciones entre dos radios, algunas veces a través de un repetidor.

Un sistema de radio troncalizado permite a numerosos usuarios compartir una cantidad relativamente pequeña de frecuencias sin interferencias entre sí.

El tiempo en el aire de todos los repetidores del sistema troncalizado es administrado en conjunto, lo que aumenta la cantidad de tiempo en el aire disponible para cualquier radio y minimiza el congestionamiento de canales.

Algunas de las ventajas de los sistemas de radio troncalizados bidireccionales son:

- No se requiere la supervisión de canales antes de la transmisión.
- Acceso mejorado al sistema.

- Selección automática de canales.
- Mayor privacidad entre los miembros del mismo grupo.
- Sólo se requiere un intento para obtener acceso al sistema. Si todos los canales están ocupados, la solicitud de llamada ingresa en una cola y el controlador central asigna automáticamente el siguiente canal disponible. Se emiten dos (2) tonos de frecuencia media seguidos por un (1) tono de alta frecuencia cuando se puede realizar una llamada.

INFORMACIÓN ACERCA DE LA BATERÍA⁵⁰

Carga de la batería

Si la batería es nueva o el nivel de carga de la batería está muy bajo, debe cargarla antes de usarla.

Nota: Las baterías vienen descargadas de fábrica. Cargue siempre las baterías nuevas durante 14 a 16 horas antes de utilizarlas por primera vez, indistintamente del estado que indique el cargador.

Para cargar la batería:

Coloque la batería, con o sin el radio, en el cargador. El indicador LED del cargador indica el estado:

Color del indicador LED	Estado actual
El indicador LED no se ilumina	La batería se insertó en forma incorrecta
Se enciende una vez en verde y se apaga	Encendido satisfactorio del cargador

⁵⁰ www.altreda.ch

Color del indicador LED	Estado actual
Rojo intermitente*	La batería no se puede cargar o no hace contacto adecuadamente
Rojo continuo	La batería se encuentra en modo de carga rápida
Amarillo intermitente	Batería en el cargador. No se encuentra en modo de carga rápida pero espera carga.
Verde intermitente	La batería tiene el 90% de la carga (o más)
Verde continuo	Batería completamente cargada

* Retire la batería del cargador y utilice el borrador de un lápiz para limpiar los cuatro contactos metálicos ubicados en la parte inferior de la batería. Vuelva a colocar la batería en el cargador.

Si el indicador LED sigue encendiéndose en rojo intermitentemente, reemplace la batería. Las baterías convencionales tardan aproximadamente una hora para cargarse al 90%.

Estado de carga de la batería

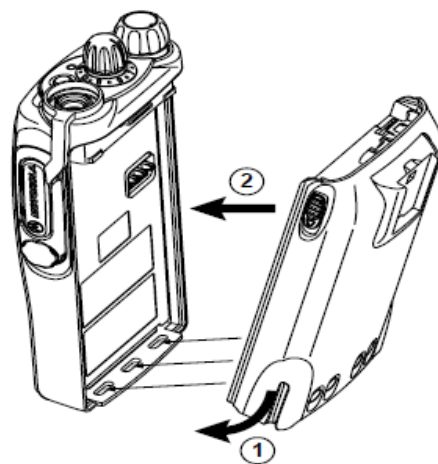
Si el distribuidor ha programado esta función, la carga de la batería se puede comprobar manteniendo presionado el botón preprogramado del **indicador de batería**. El color del indicador LED del radio muestra el estado de carga.

Nivel de la batería	Indicador LED
Alto	Verde
Suficiente	Amarillo
Bajo	Rojo intermitente
Muy bajo	Ninguno

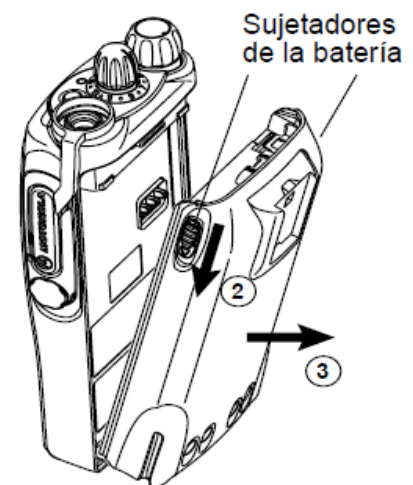
Los cargadores de batería sólo cargan las baterías autorizadas por Motorola que se indican a continuación. Es posible que otras baterías no puedan cargarse.

No. de pieza	Descripción
HNN9008	Alta capacidad/NiMH
HNN9009	Capacidad ultra alta/NiMH
HNN9010	Capacidad ultra alta/Factory Mutual/NiMH
HNN9011	Alta capacidad/Factory Mutual/NiCd
HNN9012	Alta capacidad/NiCd
HNN9013	Alta capacidad/Ion de litio

Instalación de la batería



Retiro de la batería



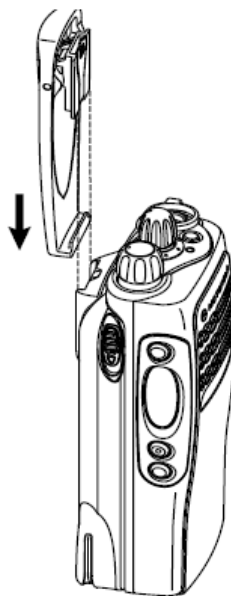
Instalación de la Batería

- 1 Inserte las extensiones ubicadas en la parte inferior de la batería en las ranuras inferiores del radio.
- 2 Presione la parte superior de la batería hacia el radio hasta que escuche un clic.

Retiro de la Batería

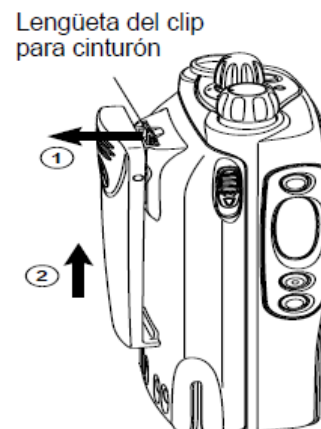
- 1 Apague el radio (consulte la página 26).
- 2 Deslice los dos sujetadores de la batería hacia abajo.
- 3 Retire la batería del radio por la parte Superior

Instalación del clip para cinturón



- 1 Alinee los surcos del clip para cinturón con los de la batería.
- 2 Presione el clip para cinturón hacia abajo hasta que escuche un clic.

Retiro del clip para cinturón



- 1 Retire la lengüeta del clip para cinturón de la batería utilizando una llave.
- 2 Retire el clip para cinturón deslizándolo hacia arriba.

Actualmente los sistemas de comunicación del tipo troncalizado en nuestro país, en su mayoría, se mantienen en operación utilizando técnicas de comunicación analógicas (LTR (Logic Trunked Radio), Privacy Plus, Smartnet) que aunque aún son efectivas para brindar servicios PTT (Push -to-Talk) y dar un cierto margen de seguridad, no se pueden comparar en rendimiento, servicios, y seguridades a lo que hoy en día ofrecen sistemas digitales como son APCO P25, y TETRA para nombrar los sistemas digitales más relevantes.⁵¹

El presente trabajo desarrolla una visión de los sistemas troncalizados como tecnología, para después dar una breve introducción sobre el

⁵¹ tesislatinoamericanas.info

estándar TETRA, su desarrollo dentro de ETSI y su situación dentro del mercado mundial de las telecomunicaciones.

Continúa el proyecto con el estudio del estándar TETRA desarrollado por ETSI, contenido en la normativa europea EN 300 392, todo esto siguiendo como base el modelo OSI por capas. Se analiza la normativa ecuatoriana en lo concerniente a los sistemas troncalizados así como también acerca de los aspectos técnicos de la misma para determinar la posibilidad de que un sistema basado en TETRA se pueda implementar en el país. Finalmente el proyecto presenta precios referenciales de los equipos fabricados bajo el estándar TETRA

Sistema Troncal

Un sistema troncal consiste en compartir automáticamente los repetidores en un sistema de múltiples repetidores.

La base de la operación es que los suscriptores individuales realmente usan el sistema un bajo porcentaje de tiempo, durante periodos cortos.

Además, un gran número de usuarios no utilizan el sistema al mismo tiempo. Esta es la misma teoría que se aplica para el sistema de teléfonos públicos.

Sistema convencional (antes del troncal)

- Un canal está ocupado mientras otros no están siendo utilizados. Esto es uso ineficiente del espectro y limita la capacidad del sistema.

Organización de un Sistema troncal

- Todos los canales están conectados y las llamadas son dirigidas a canales abiertos por medio de un continuo intercambio de datos entre el controlador troncal y las unidades de abonado individuales.
- En troncal LTR®, el repetidor se retiene sólo por lo que dure la transmisión. Una

conversación de varias transmisiones puede llevarse a cabo en varios canales.

- Llamado “transmisión troncal”, LTR ofrece máxima eficiencia. El tiempo entre transmisiones puede ser utilizado por otros.
- Todos los canales se utilizan en troncales LTR. Otros protocolos requieren un “canal de control”, no disponible para transmisiones normales. LTR es más eficiente.

Otros tipos de sistemas

Interconexión

Se puede hacer o recibir una llamada telefónica con un radio de 2 vías cuando el repetidor tiene una característica de interconexión telefónica, que lo conecta al sistema telefónico público.

Durante la operación de interconexión telefónica, el botón para hablar (PTT, por sus siglas en inglés) debe ser presionado para hablar y liberado para escuchar. A esto se le llama operación “half duplex”.

Operación de despacho

El “despachador” es cuando una unidad llama a las otras unidades del grupo. Podría ser el auténtico despachante u otra unidad móvil en campo. A esto se llama algunas veces “uno a varios”.

A pesar de los avances tecnológicos celulares, la operación de despacho se lleva a cabo de mejor manera por sistemas de radio de 2 vías. La comunicación es instantánea, confiable y económica.

Tipos de sistemas

Troncal IDAS™

IDAS es la mejor opción de radios digitales profesionales de dos vías disponible actualmente. IDAS es una plataforma de comunicaciones que crecerá con su empresa en el futuro. Mayor calidad de audio, seguridad mejorada, datos integrados, son todos inherentes en IDAS, que está disponible ahora en modo convencional para sistemas o con IDAS troncal donde los usuarios de los radios tienen dificultad en tener acceso a canales ocupados.

IDAS troncal optimiza el espectro de radio que se posee

IDAS toma la idea de eficiencia del espectro de radio, un paso hacia adelante. Supera el mandato actual de la FCC de migrar hacia canales de voz de banda angosta pasando por alto el objetivo de 12.5 kHz y yendo directamente a los canales de 6.25 kHz. Esto se alinea con la visión de la FCC de implementar los 6.25 kHz en el futuro cercano.

El IDAS troncal es similar a otros métodos troncales populares. IDAS utiliza mensajes de control en la banda, pero en lugar de tonos subaudibles, IDAS utiliza en el paquete mensajes de control digital. IDAS troncal tiene más capacidad que otros medios, y posee la gran ventaja de conmutación automática a un canal base secundaria en caso de que el primario falle

A pesar de las diferencias, el sistema LTR® analógico puede tener una migración simple al IDAS troncal debido a que el radio del abonado (manual o móvil) puede entender ambos protocolos y puede escanear entre ambos. Por supuesto, debido a que el escaneo requiere verificar numerosos canales, se debe tener cuidado a medida que el sistema crece en tamaño, de modo que no se experimente un retardo de decodificación.

Otra característica del IDAS troncal es que el canal de control es un módulo que se inserta en el chasis del repetidor. Esto ahorra espacio de bastidor en el cuarto de comunicaciones, y simplifica la puesta en marcha.

IDA Multisitio

Una red IDAS IP convencional puede extender su cobertura de comunicación. Le permite conectar hasta 16 sitios dispersos y le permite comunicarse como si fuera un solo sitio. En el futuro cercano, estará disponible IDAS troncal multisitio.



P25 Troncal⁵²

La necesidad de interoperabilidad es bien conocida en la industria del radio móvil terrestre (LMR). Una manera de implementar la interoperabilidad es la Interfaz de aire común (CAI) definida por el estándar P25 que permite que los equipos portátiles de múltiples agencias se comuniquen dentro de la misma área.

⁵² tesislatinoamericanas.info

Sin embargo, la interoperabilidad es un aspecto mucho más importante que el simple hecho de tener comunicación del personal de bomberos y de policía entre sus terminales y en la misma escena del incidente. Actualmente ese tipo de interoperabilidad sólo existe en la red telefónica.

Una segunda tecnología que se utiliza para lograr la interoperabilidad es el IP (Protocolo de Internet).

La tecnología IP permite que múltiples dispositivos de comunicación (teléfono, radio LMR, y teléfono celular, PC) se interconecten dado a que todos se comunican en el formato común de paquetes digitales IP. Voz sobre

IP (VoIP) es la forma más común de este tipo de comunicación, permitiendo que un teléfono estándar se comunique con un teléfono basado en PC.

Esa misma tecnología se utiliza actualmente en redes LMR para lograr una real interoperabilidad.

Equipos de Icom America Systems en colaboración con sus socios, ofrecen equipos de infraestructura como una solución completamente integrada en un sistema P25, con total ingeniería, administración de proyectos y soporte en campo que aseguran un correcto funcionamiento de dichos equipos.

Los usuarios se beneficiarán de la oportunidad de comprar sistemas de comunicación P25 de “llave en mano” de “una sola fuente” con todos los componentes diseñados para trabajar en un solo conjunto y respaldados por un solo equipo técnico.

IAS ofrece una solución a agencias que actualmente utilizan tecnología analógica pero que están planeando migrar hacia P25 convencional o P25 troncal en el futuro cercano. Icom America Systems diseñará un sistema a la medida que funcionará en todos los modos.



Serie F9011



*La serie F9511HT
se muestra con panel frontal
doble opcional y altavoz*

Componentes del sistema

Repetidor

Unidad de receptor y transmisor en una sola unidad. La señal se recibe en una frecuencia y se retransmite en otra. Los repetidores pueden ser de baja (5-30W) o alta (50-100W) potencia. Estos pueden estar montados en un bastidor abierto, en un gabinete con secciones o en un gabinete para escritorio. Se pueden instalar varios repetidores en un bastidor o gabinete.

Combinador de transmisión

Este permite que 2 ó más transmisores operen desde una sola antena al mismo tiempo. Los transmisores de todos los repetidores del sistema están conectados al Combinador.

Multiacoplador receptor

Este permite que varios receptores operen sobre una sola antena. Amplifica señales débiles y rechaza las no deseadas.

Dirige cada señal recibida hacia el receptor adecuado. Los receptores de todos los repetidores del sistema están conectados al multiacoplador.

Duplexor

Un grupo de resonadores de cavidades conectadas y sintonizadas conjuntamente para permitir la operación simultánea del repetidor sobre una sola antena.

Controladores troncales

El controlador troncal conecta los repetidores a través de un bus. Se requiere uno para cada repetidor del sistema. Los controladores intercambian datos con las unidades de abonado para asignar transmisiones a un canal abierto.

Otros componentes

Se pueden requerir muchos otros varios componentes dependiendo de la aplicación:

- Fuente de alimentación
- Respaldo de alimentación de emergencia
- Filtros
- Gabinete
- Bastidor
- Gabinete para escritorio
- Control remoto de tono
- Interconexión telefónica

iDASTM

ICOM DIGITAL ADVANCED SYSTEM



Gabinete o equipo base de pie sobre el piso o sobre un mostrador con un sistema de repetidor convencional UHF de 100 Watts. El repetidor IC-FR4000 de alto rendimiento de Icom es el corazón del sistema, rodeado por otros componentes ordenados a la medida y sintonizados por técnicos de IAS.

¿Por qué es bueno, un “sistema integrado” de Icom America Systems?

- Los sistemas troncales ofrecen más privacidad que los sistemas convencionales de dos vías
- Los sistemas troncales aumentan la capacidad del sistema (4-5 veces más unidades de abonado)
- Ahorros en costo significativos
- Alivia la carga de trabajo de los trabajadores de mantenimiento de sistemas

- Los paquetes pueden ser hechos a la medida para una aplicación específica - las soluciones IAS ofrecen flexibilidad y participación uno a uno para cumplir las necesidades de su aplicación

La línea completa de producto cumple con las necesidades Ofrecemos una familia completa de repetidores individuales, paquetes preconfigurados de sistemas convencionales y troncales multicanal y sistemas diseñados a la medida para cumplir requerimientos de aplicación específicos. Todos los componentes de los sistemas han sido elegidos por su desempeño, confiabilidad, historial de operación en campo y valor para el cliente. Algunas aplicaciones típicas son:

- Parques industriales
- Patios
- Servicios
- Centros comerciales
- Universidades
- Pequeñas comunidades metropolitanas
- Casinos
- Almacenes
- Fábricas
- Campus

CAPITULO IV PRESUPUESTO

1. COTIZACION SISTEMA DE RADIO DIGITAL DMR



EQ COMUNICACIONES S.R.L.
Av. República de Chile 123 - Mariano Melgar
Telefono (054) 508200
RPC 959375105 RPM #947091
eqcom@terra.com.pe

Arequipa, ___ de _____ de ____

Cotización:

Señores:

Arequipa -

Referencia: SISTEMA DIGITAL DE RADIOCOMUNICACIONES PARA SEGURIDAD CIUDADANA Y DEFENSA CIVIL

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. para presentar a su consideración nuestra cotización por lo siguiente:

SISTEMA DIGITAL DE RADIO COMUNICACIONES				
Item	Cant.	Descripción	P. Unit.	P. Total
1	0	RADIO PORTÁTIL DIGITAL CON GPS Y CON ACCESORIOS Marca: MOTOROLA Modelo: DGP-8050	S/. 5,581.00	S/. -
2	0	RADIO MÓVIL DIGITAL PARA VEHÍCULO LIVIANO CON GPS Y ACCESORIOS Marca: MOTOROLA Modelo: DGM-8000	S/. 5,219.00	S/. -
3	0	RADIO MÓVIL DIGITAL PARA VEHÍCULO PESADO CON GPS Y ACCESORIOS Marca: MOTOROLA Modelo: DGM-8000	S/. 6,087.00	S/. -
4	1	RADIO BASE FIJA DIGITAL PARA CENTRAL DE MONITOREO CON ACCESORIOS Marca: MOTOROLA Modelo: DGM-8000	S/. 5,581.00	S/. 5,581.00
5	1	ESTACION REPETIDORA DIGITAL CON ACCESORIOS DE INSTALACIÓN Marca: MOTOROLA Modelo: DGR-6175	S/. 99,891.00	S/. 99,891.00
6	1	SOFTWARE DE GESTION PARA RADIOS DIGITALES CON GPS MARCA: NEOCOM SOFTWARE MODELO: TRBONET ENTERPRISE	S/. 31,127.00	S/. 31,127.00
7	1	HARDWARE PARA ADMINISTRACIÓN DE RADIOS DIGITALES CON GPS	S/. 20,364.00	S/. 20,364.00
		SERVICIOS:		
		<u>INCLUYE:</u>		
		* INSTALACIÓN Y PUESTA EN OPERATIVIDAD DEL SISTEMA,		
		* CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO,		
		<u>NO INCLUYE:</u>		
		* MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
		* MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
		* CAMBIO DE PARTES Y ACCESORIOS POR DESGASTE Y USO NORMAL		
TOTAL - EQUIPAMIENTO DE RADIO COMUNICACIONES				S/. 156,963.00



EQ COMUNICACIONES S.R.L.
Av. República de Chile 123 - Mariano Melgar
Teléfono (054) 508200
RPC 959375105 RPM #947091
eqcom@terra.com.pe

GASTOS POR AUTORIZACIÓN DE OPERACIÓN MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES				
<i>Item</i>	<i>Cant.</i>	<i>Descripción</i>	<i>P. Unit.</i>	<i>P. Total</i>
8	1	POR DERECHOS DE TRAMITE	S/. 962.50	S/. 962.50
9	0	POR CANON ANUAL RADIO PORTÁTIL (UN AÑO)	S/. 385.00	S/. -
10	3	POR CANON ANUAL RADIO EN VEHÍCULO LIVIANO (UN AÑO)	S/. 385.00	S/. 1,155.00
11	0	POR CANON ANUAL RADIO EN VEHÍCULO PESADO (UN AÑO)	S/. 385.00	S/. -
12	1	POR CANON ANUAL ESTACIÓN BASE FIJA - CENTRAL (UN AÑO)	S/. 1,848.00	S/. 1,848.00
13	1	POR CANON ANUAL ESTACIÓN REPETIDORA (UN AÑO)	S/. 1,848.00	S/. 1,848.00
TOTAL - CANON ANUAL - MTC				S/. 5,813.50

Condiciones Generales de Venta:

- Forma de Pago 10 días presentación Factura
- Tipo de Moneda Los precios son en NUEVOS SOLES
- Validez de la Oferta 30 días
- Impuestos Los precios INCLUYEN 18% de IGV
- Comprobante de Pago Factura
- Plazo de entrega 45 días
- Garantía 12 meses
- Lugar de entrega Almacén Cliente


Atentamente,

Eva Montes Valverde
EQ COMUNICACIONES S.R.L.
Teléfono 959 375 105
Movistar (054) 508200
RPM 959 860 292
RPC / Claro # 947091
RUC 20211370573
eva.montes@eq.com.pe

2. DETALLE EQUIPAMIENTO SISTEMA DE RADIO DIGITAL DMR





SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN DIGITAL DMR

DETALLE DE EQUIPAMIENTO

RADIO PORTÁTIL DIGITAL CON GPS Y CON ACCESORIOS				
Item	Cant.	Descripción	P. Unit.	P. Total
1	1	<p>RADIO TRANSECTOR PORTATIL DIGITAL CON <u>PANTALLA</u> , CON GPS Y ACCESORIOS</p> <p>Marca MOTOROLA</p> <p>Modelo DGP-8550</p>  <p>Accesorios Incluidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> . (1) Antena Flexible . (1) Batería Recargable ION LITIO . (1) Clip de soporte para cinturón (Para Batería) . (1) Protector del Conector de Accesorios . (1) Taza de Cargador Rápido Individual . (1) Transformador para 220 Voltios . (1) Manual de usuario 	S/. 3,762.00	S/. 3,762.00
	1	<p>MICROFONO PARLANTE REMOTO PARA RADIOS PORTÁTILES</p> <p>Marca MOTOROLA</p> <p>Modelo PMMN4040</p> 	S/. 399.00	S/. 399.00
	2	<p>BATERIA RECARGABLE ADICIONAL PARA RADIOS PORTÁTILES</p> <p>Marca MOTOROLA</p> <p>Modelo PMNN4409</p> 	S/. 443.00	S/. 886.00
	1	<p>PRESILLA PARA CINTURON PARA BATERÍA ADICIONAL</p> <p>Marca MOTOROLA</p> <p>Modelo PMLN4651</p> 	S/. 59.00	S/. 59.00
	1	<p>FUNDA RÍGIDA DE CUERO CON PRESILLA GIRATORIA DE 3" PARA PROTECCIÓN</p> <p>Marca MOTOROLA</p> <p>Modelo PMLN5840</p> 	S/. 330.00	S/. 330.00
	1	SERVICIO DE CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN	S/. 145.00	S/. 145.00
			Sub-Total (1)	S/. 5,581.00





SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN DIGITAL DMR

DETALLE DE EQUIPAMIENTO

RADIO MÓVIL DIGITAL PARA VEHÍCULO LIVIANO CON GPS Y ACCESORIOS (CAMIONETAS - AUTOMÓVILES)						
Item	Cant.	Descripción	P. Unit.	P. Total		
2	1	RADIO TRANSCCEPTOR DIGITAL CON PANTALLA Y CON RECEPTOR DE GPS INTEGRADO	S/.	4,084.00	S/.	4,084.00
		Marca MOTOROLA Modelo DGM-8500+				
		Accesorios Incluidos: . (1) Micrófono Estándar . (1) Soporte metálico para montaje . (1) Cable rojo y negro para 12 Voltios DC . (1) Manual de usuario				
						
1	1	ANTENA MÓVIL DE ALTA GANANCIA PARA MONTAJE FIJO EN VEHÍCULO	S/.	344.00	S/.	344.00
		Marca MOTOROLA Modelo HAD4022 Incluye Látigo, Resorte Cromado, Cable coaxial y conector				
		Marca MOTOROLA Modelo PMAD4022				
1	1	ANTENA MAGNÉTICA PARA GPS	S/.	212.00	S/.	212.00
		Marca MOTOROLA Modelo PMAD4022				
1	1	SERVICIO DE INSTALACIÓN (PROGRAMACIÓN, CONFIG. Y PUESTA EN SERVICIO)	S/.	579.00	S/.	579.00
		Sub-Total (2)	S/.	5,219.00		






SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN DIGITAL DMR

DETALLE DE EQUIPAMIENTO

RADIO MÓVIL DIGITAL PARA VEHÍCULO PESADO CON GPS Y ACCESORIOS (COMPACTADORAS, CISTERNAS, CAMIONES, ETC.)						
Item	Cant.	Descripción	P. Unit.	P. Total		
3	1	RADIO TRANSCCEPTOR DIGITAL CON PANTALLA Y CON RECEPTOR DE GPS INTEGRADO	S/.	4,084.00	S/.	4,084.00
		Marca MOTOROLA				
		Modelo DGM-8500				
		 <p>Accesorios Incluidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> . (1) Micrófono Estándar . (1) Soporte metálico para montaje . (1) Cable rojo y negro para 12 Voltios DC . (1) Manual de usuario 				
						
	1	ANTENA MÓVIL DE ALTA GANANCIA PARA MONTAJE FIJO EN VEHÍCULO	S/.	344.00	S/.	344.00
		Marca MOTOROLA				
		Modelo HAD4022				
		Incluye Látigo, Resorte Cromado, Cable coaxial y conector				
	1	ANTENA MAGNÉTICA PARA GPS	S/.	212.00	S/.	212.00
		Marca MOTOROLA				
		Modelo PMAD4022				
						
	1	CONVERSION DE VOLTAJE	S/.	579.00	S/.	579.00
		Marca ASTRON				
		Modelo 2412-24				
						
	1	SERVICIO DE INSTALACIÓN (PROGRAMACIÓN, CONFIG. Y PUESTA EN SERVICIO)	S/.	868.00	S/.	868.00
			Sub-Total (3)	S/.	6,087.00	



SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN DIGITAL DMR

DETALLE DE EQUIPAMIENTO

RADIO BASE FIJA DIGITAL PARA CENTRAL DE MONITOREO CON ACCESORIOS				
Item	Cant.	Descripción	P. Unit.	P. Total
4	1	RADIO TRANSCPTOR DIGITAL DE VHF CON PANTALLA Y CON RECEPTOR DE GPS INTEGRADO Marca MOTOROLA Modelo DGM-8500+ Potencia 45 Watt Rango 136 - 174 MHz Accesorios Incluidos: . (1) Micrófono Estándar . (1) Soporte metálico para montaje . (1) Cable rojo y negro para 12 Voltios DC . (1) Manual de usuario	S/. 4,084.00	S/. 4,084.00
				
				
				
				
				
	1	ANTENA PARA MONTAJE FIJO EN TECHO O PARED Marca MOTOROLA Modelo HAD4022 Incluye Látigo, Resorte Cromado, Cable coaxial y conector	S/. 344.00	S/. 344.00
	1	MONTAJE PARA TABLERO DE VEHÍCULO CON LLAVE DE DE SEGURIDAD Marca MOTOROLA Modelo RLN6079	S/. 625.00	S/. 625.00
	1	BOCINA EXTERNA, CABLE PARA BOCINA Y CONECTOR DE ACCESORIOS PARA RADIO Marca MOTOROLA Modelo RSN-4002	S/. 382.00	S/. 382.00
	1	FUENTE DE ALIMENTACIÓN Marca SAMLEX Modelo SEC-1223 Capacidad 23 Amperios	S/. 781.00	S/. 781.00
	1	SERVICIO DE INSTALACIÓN (PROGRAMACIÓN, CONFIG. Y PUESTA EN SERVICIO)	S/. 1,446.00	S/. 1,446.00
			Sub-Total (4)	S/. 7,662.00



SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN DIGITAL DMR

DETALLE DE EQUIPAMIENTO

ESTACION REPETIDORA DIGITAL CON ACCESORIOS DE INSTALACIÓN				
Item	Cant.	Descripción	P. Unit.	P. Total
5	1	REPETIDOR DIGITAL Marca MOTOROLA Modelo DGR-6175 	S/. 8,737.00	S/. 8,737.00
	1	CABLE Y CONECTOR PARA BATERIA DE RESPALDO PARA REPETIDOR DGR-6175 Marca MOTOROLA Modelo RKN4152 	S/. 261.00	S/. 261.00
	1	ANTENA OMNIDIRECCIONAL ALTA GANANCIA Marca HUSTLER Modelo G7-150 Ganancia 7 dB 	S/. 1,070.00	S/. 1,070.00
	60	LINEA DE TRANSMISIÓN (CABLE HELIAX DE 5/8" ó equivalente) Marca TIMES MICROWAVE Modelo LMR-600	S/. 76.00	S/. 4,560.00
	3	CONECTOR TIPO N-MACHO PARA CABLE LMR-600 Modelo EZ-600-NMC-2-D	S/. 319.00	S/. 957.00
	1	CONECTOR TIPO N-HEMERA PARA CABLE LMR-600 Modelo TC-600-NFC-BH	S/. 353.00	S/. 353.00
	1	JUMPER DE LINEA DE TRANSMISIÓN HACIA ANTENA (4' DE LONGITUD) Modelo LMR400NMM-4	S/. 423.00	S/. 423.00
	1	JUMPER DE LINEA DE TRANSMISIÓN HACIA TRANSCPTOR-REPETIDOR (8') Modelo LMR400NMM-8	S/. 509.00	S/. 509.00
	1	PROTECTOR DE LINEA Marca AMPHENOL Modelo AFP37-8 	S/. 412.00	S/. 412.00
	1	JUEGO DE ABRAZADERAS INDUSTRIALES PARA CABLE COAXIAL Marca TITAN Diámetro 2 3/4" 	S/. 405.00	S/. 405.00

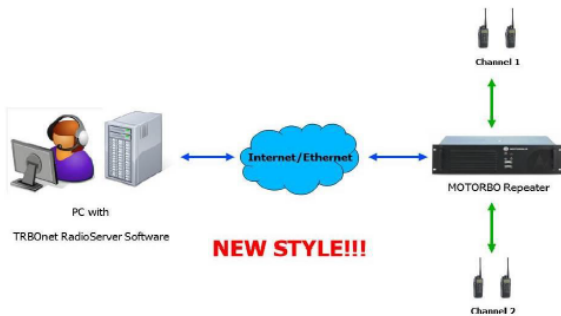
SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN DIGITAL DMR

DETALLE DE EQUIPAMIENTO

1	CONMUTADOR PARA TRANSMISIÓN DE DATOS (16 puertos) Marca DLINK Modelo DGS-1016D 	S/.	665.00	S/.	665.00
1	KIT DE RADIOENLACE DE DATOS (PUNTO A PUNTO) Marca UBIQUITI Modelo ROCKET M5 Ubicación DESDE REPETIDORA DE RADIO HASTA CENTRO DE MONITOREO Incluye Cable de Red UTP CAT5E, conectores, etc.	S/.	4,337.00	S/.	4,337.00
1	ACCESORIOS PARA RESPALDO DE RADIOENLACE Incluye <ul style="list-style-type: none"> * Armario metálico de fijación mural * Convertidor de voltaje * Baterías estacionarias * Materiales para montaje eléctrico y montaje mecánico 	S/.	5,782.00	S/.	5,782.00
1	ARMARIO METÁLICO TIPO RACK CON PROTECCIÓN PARA EXTERIORES Marca: FABRICACION NACIONAL - CABINETS AND RACKS Modelo: EXPLORER Alto 1200 mm (24RU) Ancho 700 mm Profundidad 800 mm 	S/.	10,119.00	S/.	10,119.00
1	KIT DE ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN DE ARMARIO (MONTAJE MECÁNICO) * KIT DE ACCESORIOS PARA INSTALACION Y MONTAJE DE GABINETES	S/.	434.00	S/.	434.00
1	KIT DE ACCESORIOS PARA INSTALACIÓN DE ARMARIO (MONTAJE ELÉCTRICO) *PAQUETE DE TERMINALES OJO TIPO PESADO PARA BATERÍA, PROTECTORES TERMOCONTRAIBLE, ETIQUETAS, CINTILLOS, TUBOS SAP, ETC Marca 3M / SAPICELCO	S/.	579.00	S/.	579.00
1	BANDEJA FIJA HEAVY DUTY (PARA SOPORTE DE BATERIAS) Marca FABRICACION NACIONAL Tipo 49cm x 76 cm 	S/.	463.00	S/.	463.00
2	BATERIA DE LIBRE MANTENIMIENTO ELECTROLITO DE GEL Marca POWER PLUS Modelo S12V2130 Voltaje 12 V Capacidad 100 AH 	S/.	1,677.00	S/.	3,354.00
1	MÁSTIL GALVANIZADO PARA MONTAJE DE ANTENA DE LA ESTACION REPETIDORA	S/.	434.00	S/.	434.00
1	SERVICIO DE INSTALACIÓN A TODO COSTO . En Yarabamba - Arequipa	S/.	6,939.00	S/.	6,939.00
		Sub-Total (5)	S/.	99,891.00	

SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN DIGITAL DMR

DETALLE DE EQUIPAMIENTO


SOFTWARE DE GESTION Y ADMINISTRACIÓN DE RADIOS DIGITALES CON GPS				
<i>Item</i>	<i>Cant.</i>	<i>Descripción</i>	<i>P. Unit.</i>	<i>P. Total</i>
6	1	SOFTWARE PARA APLICACIÓN DE GPS	S/.	26,790.00
		Fabricante NEOCOM SOFTWARE LTD Modelo TRBOnet Enterprise Incluye: 1 . (01) Licencia para un Servidor Principal 1 . (01) Licencia para conexión de repetidor via IP 2 . (02) Licencias para Despacho Remoto via Red Privada IP ó Internet 20 . (20) Licencias para radios digitales con GPS (Portátil ó móvil vehicular)		S/.
	1	SERVICIO DE INSTALACIÓN, CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO	S/.	4,337.00
				
			Sub-Total (6)	S/. 31,127.00



SISTEMA DE RADIO COMUNICACIÓN DIGITAL DMR

DETALLE DE EQUIPAMIENTO

HARDWARE PARA ADMINISTRACIÓN DE RADIOS DIGITALES CON GPS

Item	Cant.	Descripción	P. Unit.	P. Total
7	2	HARDWARE PARA CENTRO DE CONTROL	S/. 9,170.00	S/. 18,340.00
		Cantidad: 1 COMPUTADOR DE ESCRITORIO - PC		
		Marca HP COMPAQ		
		Modelo 6200 PRO		
		- Tipo de procesador Intel CORE i5 - 2400 (3.1 GHz)		
		- Memoria RAM / 4 GB instalado		
		- Disco Duro Primario / 1 TB		
		- Tarjeta de Video Intel HD		
		- Tarjeta de Red Gigabit		
		- Teclado en Español		
		- Mouse óptico		
		- Estabilizador de Voltaje de 1500 W		
		- Monitor LED de 20" / Resolución 1600 x 900 / HP LV2011		
		- Sistema Operativo WIN7 - Profesional 64 Bits (ORIGINAL CON LICENCIA)		
		- Temperatura de Funcionamiento 10°C hasta 50°C		
		- UPS de 865 Vatios / APC PRO 1500VA		
		- Micrófono de Mesa, Parlantes, Otros accesorios		
				
	1	SERVICIO DE INSTALACIÓN, CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO	S/. 2,024.00	S/. 2,024.00
Sub-Total (7)			S/. 20,364.00	



CONCLUSIONES

1. Se ha demostrado la hipótesis planteada
2. Se ha dimensionado los sistemas de radiodifusión usados en la actualidad
3. Se ha concluido lo importante que resulta el estudio y análisis de los sistemas de radio troncalizado
4. Se han desarrollado los objetivos de analizar, sintetizar y evaluar los recursos para sistemas troncalizados, optimizándolos, con las alternativas de diseño a considerar en un escenario de despliegue real
5. Se ha puesto de manifiesto la extraordinaria complejidad asociada al dimensionado de los sistemas propuestos
6. Los sistemas propuestos proporcionan flexibilidad para futuras extensiones en un aumento de integración.



RECOMENDACIONES

- Continuar el estudio y análisis, por parte de los profesionales de la Electrónica y las Telecomunicaciones, de infraestructuras de gestión, que incorporen integración de redes, dispositivos, equipos, y servicios, soportados en sistemas digitales aplicativos, que se apoye en protocolos inalámbricos emergentes, de radiocomunicación.
- Desarrollar investigación de mercado de estos sistemas, para facilitar a los usuarios una decisión sobre elección de estos sistemas para su infraestructura y arquitectura.
- Conformar a través de este trabajo y similares, de un núcleo de estudiosos e investigadores, que permita mantener conocimientos actualizados.
- En próxima reestructuración curricular de la carrera profesional de Ingeniería Electrónica, incorporar un curso específico sobre radiocomunicaciones del tipo planteado.
- Transferir conocimientos al sector público y privado, a través de eventos y publicaciones sobre esta disciplinas de tecnologías emergentes

BIBLIOGRAFIA

- [1] Agrawal, R. y Bedekar, A. *Network Architectures for 4G*: IEEE Communications Magazine, 76-81 (2007).
- [2] Arunabha Ghos, David R. Wolter, Jeffrey G. Andrews and Runhua Chen, *“Broadband Wireless Access with WiMAX/802.16: Current Performance Benchmarks and Future Potential”*, IEEE Communications Magazine Feb, 2011,
- [3] José Cantos Muñoz y Mar Pacheco Pasamontes. *“Caracterización y optimización del acceso a Internet a través de UMTS y HSPDA”*. Universidad Politécnica de Cataluña, pp. 8-16. Noviembre 2012. Paper
- [4] Sebastián Cortez, *“Comparación de los standards CDMA para sistemas de comunicaciones móviles de tercera Generación”* .Tesis, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, pp. 26-31. 2010
- [5] Ítalo Mazzei Haase. *“Estudio relativo a la introducción de nuevas bandas para Telefonía Celular”*. 21, Diciembre 2004
- [6] Páginas Web de artículos relacionadas a los sistemas de radio analógico y digital.
- [7] Motorola solutions papers.

ANEXO: GLOSARIO DE TERMINOS

Abonado: Persona natural o jurídica que ha suscrito un contrato con un operador para recibir algún servicio de telecomunicaciones.

Acceso alámbrico: El servicio de enlace bidireccional por medio de cableados entre una red pública de telecomunicaciones y el usuario para la transmisión de signos, señales, escritos, imágenes, voz, sonido o información de cualquier naturaleza. Cada servicio de telecomunicaciones que se preste al usuario final se sujetará a las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas aplicables.

Acceso Inalámbrico: El servicio de enlace radioeléctrico bidireccional entre una red pública de telecomunicaciones y el usuario para la transmisión de signos, señales, escritos, imágenes, voz, sonido o información de cualquier naturaleza. Cada servicio de telecomunicaciones que se preste al usuario final se sujetará a las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas aplicables.

Buscapersonas (Servicio de): Es el servicio de telecomunicaciones que permite comunicarse con sus abonados por medio de avisos codificados transmitidos por radio a través de terminales radioeléctricas portátiles dentro del área de cobertura del sistema.

Difusión (Servicio de): Servicio en el cual la transmisión se hace en un solo sentido, desde uno o varios puntos de emisión y quien recibe la señal lo hace sintonizando libremente de acuerdo a su interés.

Interconexión: La conexión física y lógica de redes de telecomunicaciones usadas por el mismo o diferentes operadores, que permite a los usuarios de la red de telecomunicaciones de un operador comunicarse con los usuarios de la red de telecomunicaciones del mismo o de otro operador.

Operador: Persona natural o jurídica autorizada a prestar servicios públicos de telecomunicaciones.

Plan Nacional de Frecuencias: Significa el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, aprobado por MTTCC mediante resolución

Radioaficionados: Una forma particular de servicios de radiocomunicaciones que tiene por objeto la instrucción individual. Es efectuado por aficionados debidamente autorizados que se interesan en la radiotécnica, con carácter personal y sin fines de lucro.

Radiocomunicación: Es la transmisión la emisión o recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación.

Radiocomunicación (servicios de): Transmiten y emiten ondas radioeléctricas para fines específicos de radiocomunicación.

Radionavegación: Servicio que permite determinar la posición, velocidad, orientación de una aeronave o embarcación.

Radio Troncalizado (Servicio de): Es el servicio que permite a sus abonados comunicaciones individuales mediante el uso de canales múltiples de radio comunicación en forma compartida. También llamado Servicio Móvil de Canales Múltiples de Selección Automática.

Red de Telecomunicaciones: Conjunto de medios de transmisión, distribución y conmutación, utilizados ya sea parcial o totalmente para prestar servicios de telecomunicaciones.

Registro: Acto jurídico administrativo que debe solicitar el interesado en operar un Servicio de Valor Agregado, como condición previa al inicio de sus operaciones, consistente en una inscripción en el Libro de Registro.

Repetidor Comunitario: Es el servicio que corresponde al uso compartido de repetidores Radioeléctricos. Segmento.

Repetidor Comunitario: Es el servicio que corresponde al uso compartido de repetidores Radioeléctricos.

Segmento Espacial: Bandas o frecuencias de recepción y/o transmisión en un satélite de Comunicaciones para establecer enlaces por satélite.

Servicio de Comunicaciones Personales (PCS): Un servicio que se presta a través de un medio radioeléctrico en bandas de frecuencias especificadas dentro del Plan Nacional de Frecuencias y que permite la comunicación de voz, imágenes, datos entre estaciones móviles o fijas entre estaciones móviles o

fijas entre sí, para lo cual emplea las tecnologías macro o micro celular y asigna números del Plan Nacional de Numeración.

Servicio de Comunicaciones Personales Globales Móviles (GMPCS):

Servicio prestado directamente a los usuarios, con cobertura regional o global, que permite comunicaciones en banda ancha o banda estrecha entre dos a más puntos. A través del uso de uno a más equipos terminales y uno o más satélites.

Servicio Fijo: Los servicios fijos son aquellos en los cuales las estaciones radioeléctricas están instalados en puntos fijos determinados.

Servicio Fijo por Satélite: Servicio de radiocomunicación entre estaciones terrenas situadas en puntos fijos utilizando uno o más satélites. En algunos casos, ese servicio incluye enlaces entre satélites.

Servicio Fijo Aeronáutico: Es aquel servicio prestado por estaciones terminales instaladas en los aeropuertos con el propósito de cursar tráfico relativo a la navegación aérea.

Servicios Finales: Los Servicios Finales son servicios públicos, y hacen posible una comunicación completa entre usuarios, al brindar las facilidades técnicas de emisión y/o recepción de señales. Los Servicios Finales se clasifican en Básicos y Complementarios

Servicio Móvil: Es el servicio que utiliza el espectro radioeléctrico para establecer comunicaciones entre estaciones radioeléctricas fijas con estaciones móviles y portátiles o entre estaciones móviles o portátiles solamente.

Servicio Móvil Aeronáutico: Es el servicio prestado entre estaciones fijas aeronáuticas con estaciones móviles y portátiles en aeronaves en vuelo o que realizan maniobras en aeropuertos así como entre éstas y las estaciones portátiles del personal de los aeropuertos a cargo del control del tráfico aéreo.

Servicio Móvil por Satélite: Es el servicio entre estaciones terrenas móviles con una o varias estaciones espaciales, o entre estaciones espaciales utilizadas por este servicio, o entre estaciones terrenas móviles por intermedio de una o varias estaciones espaciales.

Servicio Móvil Marítimo: Es el servicio prestado entre estaciones costeras con Servicios Portadores: Son aquellos que ofrecen capacidad únicamente para transportar señales de comunicaciones entre dos o más puntos definidos de una red de telecomunicaciones. Permite la prestación de servicios finales y de valor agregado.

Servicios Privados: Sirven para uso exclusivo de una persona natural o jurídica o de sociedades con el fin de satisfacer sus propias necesidades de comunicación sin fines de lucro.

Servicios Públicos: Servicios destinados a satisfacer necesidades de telecomunicación del público en general a cambio del pago de una tarifa. Estos se ofrecen sin discriminación a todos los interesados en utilizar los mismos.

Servicios de Radiocomunicaciones: Los servicios de radiocomunicaciones son aquellos que, para hacer posible la comunicación, utilizan el espectro radioeléctrico como medio de transmisión y recepción para fines particulares específicos. Servicio Móvil de Canales Múltiples de Selección Automática (radio troncalizado).- Es el servicio que permite a sus usuarios comunicaciones voz y datos individuales o de grupos mediante el uso de canales múltiples de radio comunicación, en forma compartida. La asignación permite al usuario usar el canal asignado sin interrupciones.