

Requerimientos de la Red Alternativa de Comunicaciones para Emergencias



Créditos

Viceministra de Telecomunicaciones

Hannia Vega

Dirección responsable

Randall Treviño, Dirección de Redes y Sistemas de Telecomunicaciones

Gerencia responsable

Elídier Moya, Gerencia de Redes

Coordinación

Rosa Zúñiga, Gerencia de Redes

En colaboración con

Allan Ruiz, Dirección de Espectro Radioeléctrico

Federico Penón, Gerencia de Administración de Espectro Radioeléctrico

Equipo Profesional

Alejandro Berrocal, Gerencia de Redes

Erick Sanabria, Gerencia de Espectro Radioeléctrico.

Mónica Villalobos, Gerencia de Sistemas de Telecomunicaciones

Rosa Zúñiga, Gerencia de Redes

Citación recomendada

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones – MINAET. (Diciembre, 2010). Requerimientos de la Red Alternativa para Emergencias. Costa Rica: MINAET.

Índice

1. Introducción.....	5
2. Importancia de la implementación de una Red Alternativa de Telecomunicaciones de Emergencia en Costa Rica.....	6
3. Conjunto de principios rectores para el establecimiento de los requerimientos de una Red Alternativa	7
4. Requerimientos generales de la red.....	10
4.1 Tratamiento prioritario	11
4.2 Red segura	11
4.3 Interoperabilidad.....	11
4.4 Movilidad.....	12
4.5 Resistencia.....	12
4.6 Transmisión de voz.....	12
4.7 Fiabilidad/disponibilidad.....	12
4.8 Requerimientos adicionales.....	13
5. Tecnologías a considerar en la implementación de la red	15
5.1 Sistemas de trunking digital	16
5.2 Sistemas satelitales	17
6. Análisis de uso del espectro para la implementación de tecnologías	18
7. Referencias Bibliográficas.....	20
8. Anexos.....	21

8.1 Informe técnico IT-GR-2010-022, Sistemas de trunking digital.....	21
8.2 Informe técnico IT-GR-2010-023, Sistemas de Radiocomunicación Satelital.	54
8.3 Informe técnico IT-GAER-2010-205, Atención a la consulta de la Gerencia de Redes	93
8.4 Informe técnico IT-GAER-2010-209, Adendum al IT-GAER-2010-205	101

1. Introducción

El presente documento muestra la propuesta de la Rectoría de Telecomunicaciones, para el establecimiento de los requerimientos de una Red Alternativa, que se utilizará para atender casos de emergencia nacional. Lo anterior, en cumplimiento de la meta 1.2.2 c) del Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones (PNDT), la cual que se desarrolla acorde a los principios establecidos en la legislación nacional.

La meta anteriormente citada se enmarca dentro del contexto de Seguridad del PNDT, siguiendo el objetivo de *“Garantizar la continuidad del servicio en caso de emergencias”*, a través de una acción concreta que busca *“Disponer de servicios de telecomunicaciones alternos a las redes en operación, para atender casos de emergencia nacional”*. Dicha acción se materializa mediante la ejecución de dos metas. La primera meta que consiste en realizar un *“Estudio donde se analizan prácticas globalmente competitivas para ser considerados en los requerimientos de la red alternativa”* y la segunda meta que es el presente desarrollo donde se establecen específicamente los requerimientos de la red.

Cabe destacar que a la fecha la primera meta fue desarrollada y consultada a diferentes instituciones de interés, tal como, la Comisión Nacional de Prevención del Riesgo y Atención de Emergencias (CNE) y la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL). Asimismo, fue expuesta a la sociedad en general mediante la publicación en la página web de la Rectoría¹.

¹http://www.telecom.go.cr/index.php/en-contacto-con-el-usuario/documentos/doc_download/163-estudio-de-redes-alternasde-comunicaciones-para-emergencias

El estudio citado expone diferentes tecnologías utilizadas en telecomunicaciones de emergencias y presenta un diagnóstico de buenas prácticas de sistemas internacionalmente utilizados. En este se identificaron dos tipos de tecnologías comúnmente empleados en emergencias, que son: los sistemas de trunking digital y los sistemas satelitales.

Para cada una de las tecnologías se elaboró un documento conteniendo las descripciones generales de los sistemas y las principales características técnicas, disponibles en los informes técnicos IT-GR-2010-022 y IT-GR-2010-023, mismos que se considerarán en el presente producto.

2. Importancia de la implementación de una Red Alternativa de Telecomunicaciones de Emergencia en Costa Rica

La comunicación es esencial en todas las fases de una emergencia. La tarea de transmitir información eficaz, permite a las personas llevar a cabo acciones para reducir riesgos y salvaguardar vidas. Asimismo, garantiza que la información sea entregada de forma oportuna a los distintos tomadores de decisiones, así como a las diferentes entidades que gestionan las operaciones de socorro.

La experiencia ha demostrado también que los sistemas de telecomunicaciones tradicionales fallan en una catástrofe, producto de los daños causados por la misma o bien por el congestionamiento de las pocas redes que permanecen en funcionamiento aún después de ocurrida la emergencia.

Por tales razones, el país debe contar con un sistema que le permita disponer de servicios alternos a las redes en operación y así atender las distintas situaciones de

emergencia que enfrenta el país año con año. Lo anterior, como un proceso de planificación sistemática que permita crear canales de comunicación y que integren las diversas entidades para preparar y operar de una manera coordinada y oportuna los desastres, evitando así la duplicación de esfuerzos.

Es importante que las instituciones vinculadas con la atención de emergencias realicen esfuerzos y promuevan acciones tendientes a la prevención de desastres, con el fin de minimizar el impacto social y económico cuando se produzca una catástrofe; ya sea esta natural o antrópica.

Las instituciones de gobierno dentro del marco de desarrollo de políticas públicas deben incluir la promoción del uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicaciones (TIC) en la prevención y mitigación de catástrofes. Esto en concordancia con las políticas internacionales tal como el Marco de Acción de Hyogo. La implementación de una Red Alternativa de Comunicaciones podría contribuir con el alcance dispuesto en tales políticas.

Además, es necesario resaltar que el uso de las TICs contribuye al desarrollo social y económico de las naciones, por lo tanto la implementación de la Red Alternativa ayudaría de manera integral a fortalecer al país en diversos aspectos.

3. Conjunto de principios rectores para el establecimiento de los requerimientos de una Red Alternativa

Reconociendo su responsabilidad fundamental de formular políticas para el uso y desarrollo de las telecomunicaciones, la Rectoría, en apego a lo dispuesto en la Ley General de Telecomunicaciones N°8642, ha conducido el desarrollo de una

propuesta para los requerimientos de una Red Alternativa de comunicaciones, siguiendo esencialmente los principios de neutralidad tecnológica y no discriminación concebidos en dicha ley.

A continuación, se enuncian los principios citados:

*“**Neutralidad tecnológica:** posibilidad que tienen los operadores de redes y proveedores de servicios de telecomunicaciones para escoger las tecnologías por utilizar, siempre que estas dispongan de estándares comunes y garantizados, cumplan los requerimientos necesarios para satisfacer las metas y los objetivos de política sectorial y se garanticen, en forma adecuada, las condiciones de calidad y precio a que se refiere esta Ley”.*

*“**No discriminación:** trato no menos favorable al otorgado a cualquier otro operador, proveedor o usuario, público o privado, de un servicio de telecomunicaciones similar o igual”.*

Dado que los proveedores y operadores tienen la posibilidad de escoger el tipo de tecnología a emplear para el despliegue de una red, y que a su vez se hace necesario otorgar un trato igualitario a los mismos, las características de red propuestas en el presente informe cubren de forma integral los requerimientos de una Red Alternativa para atención de emergencias. En el mercado es posible encontrar diferentes soluciones y tecnologías que conducen hacia estos, por ende, los requisitos planteados en el siguiente apartado pretenden ser guía y no una especificación de la arquitectura de la red a implementar.

Cabe resaltar que en este documento han sido plasmadas características fundamentales, cuya implementación en cualquier red será beneficiosos para la atención de emergencias.

Por otra parte, la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo No. 8488 en su artículo 3 establece los siguientes principios:

“Solidaridad: Responsabilidad de las instituciones del Estado de realizar esfuerzos comunes para proteger la vida, la integridad física y el patrimonio de todos los costarricenses, considerando prioritaria la atención de las necesidades de los más vulnerables bajo los preceptos de equidad y razón.

Integralidad del proceso de gestión: La gestión del riesgo se basa en un abordaje integrado, en el cual se articulan los órganos, las estructuras, los métodos, los procedimientos y los recursos de la Administración central, la administración descentralizada, las empresas públicas y los gobiernos locales, procurando la participación del sector privado y de la sociedad civil organizada.

Coordinación: Principio de acción para hacer confluir hacia un mismo fin competencias diversas de diferentes actores. Permite reconocer la autonomía e independencia de cada uno de ellos; pero, a la vez, direcciona en forma concertada y sistémica hacia propósitos comunes.”

Conforme a estos las diversas instituciones del Estado, asumiendo las responsabilidades que le corresponden en materia de gestión de riesgos y de manera coordinada, deberán integrar esfuerzos comunes para implementar las herramientas necesarias (en este caso la Red Alternativa de Comunicaciones) que permitan la protección de la vida humana ante desastres.

4. Requerimientos generales de la red

Según la información expuesta en el apartado anterior y los insumos recolectados a la fecha, para el establecimiento de los requerimientos de la Red Alternativa la Rectoría de Telecomunicaciones considera muy importante basarse en las algunas características contenidas de la recomendación UIT-T Y.1271 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, denominada *“Requisitos y capacidades de red generales necesarios para soportar telecomunicaciones de emergencia en redes evolutivas con conmutación de circuitos y conmutación de paquetes”*. Las características expuestas engloban las necesidades del país para la instauración de un servicio de telecomunicaciones de emergencia, como lo es la Red Alternativa. A su vez, esta recomendación es concordante con lo dispuesto en la legislación nacional bajo el principio de neutralidad tecnológica y no discriminación, pues las redes utilizadas para la atención de catástrofes deben contar con requisitos fundamentales y necesarios, independientemente de los recursos tecnológicos, sistemas, equipos, etc., que se empleen.

Cabe señalar, que lo propuesto por la Rectoría no es una aplicación directa de la recomendación, sino la adopción de diversas características contenidas en esta, que se han adaptado a criterio de la institución para la aplicación y cumplimiento de los requerimientos de la Red Alternativa, atendiendo necesidades propias de la red.

Además es preciso señalar que, según lo estipulado en el PNDT, la responsabilidad para el desarrollo de los requerimientos debe ser una elaboración conjunta con la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE); y que los requisitos aquí planteados corresponden al criterio de la Rectoría. Este

documento es un insumo fundamental para el posterior trabajo, conjunto con la CNE, donde se podrá enriquecer.

4.1 Tratamiento prioritario

El tráfico de información que se gestione en la Red Alternativa necesita de capacidades garantizadas independientemente de la arquitectura que utilice. Uno de los componentes principales para lograr esto es el tratamiento prioritario, que se consigue aplicando una política de prioridad entre los usuarios de la red, misma que debe ser capaz de eliminar la condición preferencial luego de haber gestionando la comunicación.

Es necesario entonces, identificar el tráfico de información considerado prioritario ya sea con protocolos de señalización o bien identificando con etiquetas el tráfico de preferencial.

4.2 Red segura

La seguridad es necesaria para evitar que los usuarios no autorizados tengan acceso a la Red Alternativa, para ello, la entidad o institución correspondiente debe designar a los usuarios autorizados y ser autenticados por la misma red en el menor tiempo posible.

4.3 Interoperabilidad

Es importante que el sistema de telecomunicaciones que se emplee en la Red Alternativa sea capaz de proporcionar interconexión e interoperabilidad con otras redes distinta de ella; para proporcionar una amplia cobertura. Se considera

necesario que la Red Alternativa se interconecte con la Red de Telefonía Pública Conmutada (RTPC).

4.4 Movilidad

La Red Alternativa debe soportar la movilidad de los usuarios y los terminales, con la posible inclusión de instalaciones transportables, redespiegables o plenamente móviles para establecer comunicaciones en diferentes sectores donde haya acaecido la catástrofe.

4.5 Resistencia

La infraestructura de la Red Alternativa debe ser lo más robusta posible y capaz de resistir el impacto de la(s) catástrofe(s).

4.6 Transmisión de voz

La Red Alternativa debe disponer de capacidades de transmisión de voz en dos vías para la gestión de operaciones de emergencia con una óptima calidad de servicio QoS.

4.7 Fiabilidad/disponibilidad

Para que la Red Alternativa sea útil debe ser fiable y al mismo tiempo estar disponible; así las telecomunicaciones en esta red deben establecerse de manera sólida y exacta; de acuerdo con los requisitos y especificaciones teóricas y deben poder utilizarse con un alto grado de confianza.



4.8 Requerimientos adicionales

Adicional a los requerimientos contenidos en la recomendación UIT-T Y.1271 la Rectoría de Telecomunicaciones considera importante cumplir las siguientes características, que sirven de complemento y que son acordes a la meta planteada.

- **Independencia con la redes tradicionales**

La Red Alternativa debe ser independiente de la infraestructura utilizada por las redes tradicionales de telefonía y debe permitir el establecimiento de telecomunicaciones aún cuando estas fallen producto de una situación de emergencia.

- **Red Inalámbrica**

Debido a que las redes cableadas son las redes más vulnerables ante una situación de emergencia, se considerarán únicamente las tecnologías que hagan uso de enlaces inalámbricos para la transmisión y recepción de la información.

- **Eficiencia espectral**

La Red Alternativa debe contemplar una adecuada administración y uso eficiente del espectro radioeléctrico.

- **QoS**

Las Red Alternativa debe contar con los requisitos mínimos de QoS, según corresponda.



- **Redundancia**

Para cualquier sistema de telecomunicaciones utilizado en la Red Alternativa, este deberá ser capaz de ofrecer enlaces redundantes y proveer trayectos alternativos o múltiples trayectos para el encaminamiento del tráfico de la red durante los periodos de congestión o bien en caso de fallo de alguna de las rutas.

- **Confidencialidad de las comunicaciones**

La Red Alternativa debe utilizar canales confidenciales y proveer protección contra la corrupción del tráfico y el control, y contra el acceso no autorizado con inclusión de técnicas de encriptación de las comunicaciones, según convenga.

- **Transmisión de datos**

La Red Alternativa debe disponer de capacidades para la transmisión de datos. Es deseable que el sistema de comunicación a utilizar pueda transmitir datos en banda ancha que permita manejar grandes volúmenes de información, sin embargo, dicha disposición no es limitativa y puede considerar redes con transmisiones en banda angosta.

- **Red moderna**

Las comunicaciones dentro de la Red Alternativa deben ser provistas mediante el uso de tecnologías digitales. Asimismo, debe ser una red en constante desarrollo que permita la inclusión de mejoras en hardware y/o software, por lo que debe tener el respaldo de algún ente organizacional o fabricante consolidado en la industria.

- **Red modular y escalable**

Las Red Alternativa debe tener un enfoque modular y escalable, en la que la infraestructura sea fácilmente reemplazable en caso de que alguno de sus componentes falle. Asimismo, la red debe ser escalable permitiendo incorporar servicios adicionales conforme las demandas operativas lo requieran.

- **Emplazamiento seguro**

Independientemente de la red a implementar está debe proveer los requisitos mínimos de seguridad física para la protección contra robos y daños a la infraestructura.

5. Tecnologías a considerar en la implementación de la red

La Rectoría de Telecomunicaciones durante la primer fase del abordaje de esta meta del PNDT identificó dos tipos de tecnologías que pueden ser consideradas en la implementación de la Red Alternativa. Los sistemas de trunking digital y los sistemas satelitales.

Con la finalidad de colaborar en el análisis y discusión de un tema tan relevante para el país, como lo es la comunicación durante una emergencia, la Rectoría desarrollo un conjunto de informes técnicos que abordan con detalle este tema; y brindan un escenario claro para los tomadores de decisiones.

A continuación se realiza una exposición breve de los informes elaborados por la institución para cada una de las tecnologías citadas. Es posible consultar la información detallada refiriéndose a los anexos 8.1 y 8.2.



5.1 Sistemas de trunking digital

El informe técnico IT-GR-2010-022, denominado “Tecnologías de Acceso Troncalizado (Trunking). Para ser consideradas en la implementación de una red alterna nacional de comunicaciones de emergencia” se utilizará como un insumo para la ejecución de la meta 1.2.2 c) del Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones, que indica que se deben establecer los requerimientos necesarios para implementar una red alterna de comunicaciones en Costa Rica y así atender casos de emergencia nacional.

En el informe se presenta una comparación de las principales características entre dos tipos de tecnologías de acceso troncalizado. Asimismo, se realizará una valoración de este tipo de tecnología, para ser considerada en la implementación de una red alterna de comunicaciones para casos de emergencia, la cual debe ser robusta y confiable.

El informe inicia con un apartado de análisis de los Sistemas de Acceso Troncalizado (Trunking) donde se exponen conceptos generales de las redes de comunicación que utilizan la técnica del trunking. Además se realiza una comparación de las características de los sistemas analógicos y digitales, que permiten formular la necesidad de implementar redes predominantemente digitales con el fin de aprovechar de manera más eficiente el espectro y brindar un mayor despliegue de servicios que brinda la tecnología.

La otra parte del informe, aborda el tema de los Sistemas Trunking Digitales utilizados en casos de atención de emergencias, categorizados en Sistemas



Digitales Abiertos y Sistemas Digitales Propietarios; describiendo así las principales características de cada sistema digital y realizando un análisis de ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

En el documento se exponen las características del Sistema de Trunking Digital Abierto denominado TETRA y el Sistema de Trunking Digital Propietario denominado TETRAPOL; especificando las características operativas y técnicas, los servicios a desplegar, las arquitecturas básicas de la red, las frecuencias de operación y las coberturas de cada uno de los sistemas.

Además, se realiza una comparación de ventajas y desventajas de las tecnologías TETRA y TETRAPOL, presentando diversas características importantes que sobresalen de cada sistema, considerándolos así como tecnologías de comunicaciones confiables, robustas y funcionales; con el fin de implementar una red alternativa de comunicación digital en Costa Rica, para atender casos de emergencia nacional.

5.2 Sistemas satelitales

El informe técnico IT-GR-2010-023 denominado “Sistemas de Radiocomunicación Satelital. Para ser considerados en la implementación de una red alternativa nacional de comunicaciones de emergencia” considera aspectos generales de los sistemas de radiocomunicación satelital que serán utilizados como un insumo para la ejecución de la meta 1.2.2 c) del Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones, la cual indica que se deben establecer los requerimientos necesarios para implementar una red alternativa de comunicaciones en Costa Rica y así atender casos de emergencia nacional.

El documento se estructura en tres secciones principales, citadas a continuación:

- Estructura de un sistema de radiocomunicación por satélite
- Servicios satelitales
- Ejemplos de sistemas satelitales para el despliegue de comunicaciones en casos de catástrofe

La primera sección describe los componentes básicos para el despliegue de un sistema satelital, exponiendo las bases teóricas y componentes esenciales del transponder, las estaciones terrenas y los enlaces de comunicación. La segunda sección muestra los requerimientos de red para los servicios fijos y para los servicios móviles satelitales. En síntesis, los servicios fijos poseen una arquitectura de red basada en estaciones terrenas con una antena fija de pequeña apertura. Por otro lado, los servicios móviles emplean estaciones terrenas transportables en un vehículo pudiendo dar soporte a otras redes o bien brindando comunicaciones desde la misma red y de forma independiente. Finalmente, la tercera sección muestra diversos ejemplos de sistemas satelitales utilizados en casos de catástrofe, describiendo los casos de Japón, Italia y del sureste Asia.

6. Análisis de uso del espectro para la implementación de tecnologías

Para los sistemas de trunking digital y los sistemas satelitales se desarrolló un estudio de uso espectro, según lo establecido en el Plan Nacional de Atribución (PNAF). Analizando de esta forma la posibilidad de establecer operaciones en cada una de las bandas de frecuencias de ambas tecnologías. Se muestra así las notas del PNAF asociadas. Las principales recomendaciones y conclusiones se enumeran a continuación:

- 1) Los equipos de las tecnologías para acceso troncalizado digital Tetrapol y Tetra (incluyendo TEDS) pueden operar solamente en la banda UHF de 380-400 MHz, esto en razón de que dicha banda es atribuida por medio de la nota CR 048 para el servicio fijo-móvil para redes públicas de sistemas entroncados.
- 2) Los rangos que pueden emplearse para el servicio móvil por satélite en Costa Rica son:
 - 1530-1544 MHz
 - 1610-1621,35 MHz
 - 1617,775-1625,5 MHz
 - 1626,5-1660,5 MHz

De igual forma, los segmentos que están atribuidos para el servicio fijo por satélite en Costa Rica son:

- 3625-4200 MHz
- 11700-12200 MHz
- 12700-12750 MHz
- 13750-14000 MHz
- 14000-14400 MHz
- 29500-29900 MHz
- 29900-30000 MHz
- 30000-31000 MHz

Las atribuciones señaladas anteriormente no garantizan la disponibilidad de los segmentos mencionados, por lo que para conocer dicha disponibilidad deberá hacerse la consulta respectiva a la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL).

El análisis completo para los sistemas de trunking digital está disponible en el anexo 8.3. Asimismo, el análisis para los sistemas satelitales puede ser consultado en el anexo 8.4.

7. Referencias Bibliográficas

- [1] Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recomendación UIT-T Y.1271 “Requisitos y capacidades de red generales necesarios para soportar telecomunicaciones de emergencia en redes evolutivas con conmutación de circuitos y conmutación de paquetes”. Consulta 13/12/2010.

- [2] Asamblea Legislativa. “Ley General de Telecomunicaciones N°8642”. Diario Oficial La Gaceta N°125 del 30/06/2008. Consulta 07/12/2010.

- [3] Asamblea Legislativa. “Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo N°8488”. Diario Oficial La Gaceta N°8 del 11/01/2006. Consulta 07/12/2010.

8. Anexos

8.1 Informe técnico IT-GR-2010-022, Sistemas de trunking digital

Informe Técnico

IT-GR-2010-022

Título: Tecnologías de Acceso Troncalizado (*Trunking*). Para ser consideradas en la implementación de una red alterna nacional de comunicaciones de emergencia

Informe realizado por: Gerencia de Redes

Supervisado por: Elídier Moya Rodríguez/Gerente de Redes

Avalado por: Randall Treviño García/Director de Redes y Sistemas

Fecha: 22 de octubre de 2010

1. Justificación

El presente informe considera aspectos generales de las redes de comunicaciones de acceso troncalizado. La elaboración de dicho informe se utilizará como un insumo para la ejecución de la meta 1.2.2 c) del Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones, que indica que se deben establecer los requerimientos necesarios para implementar una red alterna de comunicaciones en Costa Rica y así atender casos de emergencia nacional.

En el informe se presenta una comparación de las principales características entre dos tipos de tecnologías de acceso troncalizado. Asimismo, se realizará una valoración de este tipo de tecnología, para ser considerada en la implementación de una red alterna de comunicaciones para casos de emergencia, la cual debe ser robusta y confiable.

Es importante recalcar que previo al presente informe, la Rectoría de Telecomunicaciones elaboró un estudio denominado “*Red Alternativa de Comunicaciones para Emergencias: Estudio de buenas prácticas*”, donde se exponen diferentes tecnologías utilizadas en telecomunicaciones de emergencias así como un diagnóstico de buenas prácticas de sistemas internacionalmente utilizados. Dicho estudio se considera como punto de partida para desarrollar la propuesta de red alternativa de comunicaciones.

Estructura del documento

1. Justificación

2. Análisis

2.1 Sistemas de Acceso Troncalizado (*Trunking*)

2.1.1 Sistema *Trunking* Analógico

2.1.2 Sistema *Trunking* Digital

2.1.3 Comparación entre Tecnología *Trunking* Analógica y Digital

2.2 Sistema *Trunking* Digital Abierto y Propietario

2.2.1 Sistema *Trunking* Digital Abierto TETRA

2.2.1.1 Características y ventajas de un Sistema Digital TETRA

2.2.1.2 Arquitectura Sistema Digital TETRA

2.2.1.3 TEDS (TETRA versión 2)

2.2.2 Sistema *Trunking* Digital Propietario TETRAPOL

2.2.2.1 Características y ventajas de un Sistema Digital TETRAPOL

2.2.2.2 Arquitectura Sistema Digital TETRAPOL

2.2.3 Comparación Sistema Abierto TETRA y Sistema Propietario TETRAPOL

3 Conclusiones

4 Referencias Bibliográficas

2. Análisis

2.1 Sistemas de Acceso Troncalizado (*Trunking*)

Los sistemas de acceso troncalizado o sistemas *trunking* son sistemas que permiten ofrecer servicios de intercomunicación de voz y/o datos para grupos cerrados de usuarios mediante redes independientes de las redes públicas. Este tipo de redes ofrecen servicios a grupos de usuarios pertenecientes a cuerpos de servicios públicos tales como policía, cuerpo de bomberos, etc., o de grupos de usuarios que necesitan un tipo de intercomunicación específica, tales como, taxistas, flotas de transportes, entre otros, que requieren un servicio de radiotelefonía móvil privada.

Los usuarios de sistemas *trunking* generan tráfico de corta duración de manera que deben crear subgrupos y establecer prioridades entre las distintas comunicaciones. Si un usuario del sistema está utilizando un recurso en modo *half-dúplex*, el otro usuario (que es parte de la comunicación), no puede utilizar el canal hasta que sea liberado, pero al utilizarse por un lapso corto, la mayor parte del tiempo los recursos están libres. Por otro lado, utilizando el sistema en modo *full-dúplex* se pueden establecer comunicaciones en ambos sentidos, tal como se establecen en una llamada telefónica. A continuación, se citan una serie de características básicas de este servicio:

- Escalabilidad de la red
- Posibilidad de llamadas de terminal a terminal
- Llamadas frecuentes y de corta duración
- Se pueden establecer comunicaciones grupales
- Comunicación tipo *half-dúplex* o *full-dúplex*
- Se establecen comunicaciones bajo el concepto de redes PMR (*Private Mobile Radio*) permitiendo el despliegue de comunicaciones exclusivas [1].

2.1.1 Sistema *Trunking* Analógico

Es un sistema que permite comunicar varios grupos o canales de usuarios mediante una portadora de modulación de frecuencia, con lo que se puede disponer de 8 canales físicos de radio diferenciados que no interfieran entre sí con sólo dos frecuencias disponibles, cada canal utiliza un ancho de banda de 25kHz.

2.1.2 Sistema *Trunking* Digital

Los sistemas de *trunking* digital, son tecnologías de radiocomunicaciones definidas a través de un estándar de modulación digital que mejora la calidad de audio en la transmisión y reduce las interferencias, permitiendo aprovechar al máximo el ancho de banda al incluir de forma simultánea llamadas de voz en grupo e individual, transmisión de datos, transmisión de vídeo y posicionamiento global (GPS).

Dichos sistemas al igual que la telefonía celular, asignan los canales de forma dinámica, permitiendo así optimizar el uso adecuado del espectro radioeléctrico. Existen sistemas digitales con estandarización propietaria y estandarización abierta, dichas diferencias se muestran más adelante en la sección 2.2 del documento.

2.1.3 Comparación entre Tecnología *Trunking* Analógica y Digital

La tabla 1 muestra un análisis comparativo de ventajas y desventajas entre la tecnología analógica y la digital, además se citan algunas características básicas de cada sistema. De la tabla 1 se desprende que utilizar una tecnología digital con respecto a la analógica posee ventajas desde el punto de vista técnico, debido a que se aprovecha de mejor manera el espectro y es posible un mayor despliegue de servicios.

Tabla 1. Análisis de ventajas y desventajas de sistemas analógicos y sistemas digitales

Tipo de Sistema	Ventajas	Desventajas
<p>Sistemas Trunking Analógicos</p>	<p>Presentan buena relación precio/costo, al existir un mercado amplio en donde los equipos e implementación del sistema tienen un precio bajo.</p> <p>Facilidad de uso entre usuarios, al tener servicios básicos.</p>	<p>Limitada escalabilidad en cantidad de usuarios, al utilizar modulación analógica.</p> <p>Limitada conectividad a sistemas digitales actuales.</p> <p>La tecnología no permite el servicio de transmisión de datos.</p> <p>Tecnología rezagada frente a los modernos sistemas digitales.</p> <p>Tecnología que no posee técnicas de corrección de errores por lo tanto presenta degradación de la señal de voz.</p> <p>Los sistemas analógicos son más vulnerables a señales externas (ruido), por lo tanto disminuye así su calidad de comunicación.</p> <p>Despliegue de servicios limitados (la mayoría de sistemas sólo permite comunicaciones de voz).</p> <p>Poca seguridad y privacidad en las comunicaciones.</p>
<p>Sistemas Trunking Digitales</p>	<p>Mayor eficiencia y aprovechamiento del uso del espectro, aumentando así el número de canales disponibles por número de portadora.</p> <p>Tecnología con gran variedad de servicios a implementar (voz, datos y video).</p> <p>Tecnología de comunicación que se ve respaldada y soportada por fabricantes (Estándar Propietario o Abierto).</p> <p>La tecnología permite despliegue de servicios basados en IP (<i>Internet Protocol</i>). Al ser una tecnología digital, presenta algoritmos que no permiten la degradación, por lo tanto tiene buena calidad en la comunicación.</p> <p>La tecnología permite la escalabilidad del sistema de comunicación de red.</p> <p>Presenta diferentes grados de seguridad y encriptación de las comunicaciones.</p> <p>El sistema presenta una gestión centralizada y distribuida de la red de comunicaciones (monitoreo de la red).</p> <p>Identificación del usuario, asignación diferentes niveles en la gestión de las llamadas.</p>	<p>Al ser una tecnología con mayor variedad de servicios (voz, datos y video), niveles de seguridad, y sistema de gestión, su costo de implementación de la red es elevado.</p> <p>La tecnología digital presenta un mercado limitado de fabricantes.</p>

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se puede deducir que los sistemas *trunking* digital presentan ventajas técnicas con respecto a los sistemas analógicos, como por ejemplo, la variedad servicios que se despliegan, la seguridad y la encriptación de la red, el soporte y respaldo de los fabricantes de los equipos de la red.

Una de las principales ventajas que presenta un sistema digital ante un sistema analógico es la calidad de la señal en la comunicación. La tecnología digital utiliza como base un sistema binario (0/1), en el que una señal de voz se verá afectada sólo parcialmente, debido a las técnicas de corrección de errores que propios de los sistemas digitales. Dichas técnicas tienen el objetivo de corregir la degradación de la señal, caso contrario a lo que sucede con un sistema analógico en el que la degradación de la voz constituye una de sus principales desventajas.

La figura 1 muestra el comportamiento de una señal de voz en un sistema básico analógico y uno digital.



Figura 1. Calidad de voz y degradación de señal analógica y señal digital [2].

2.2 Sistemas *Trunking* Digital Abiertos y Propietarios

Existen en el mercado diferentes estándares de tecnologías digitales que se pueden clasificar en: estándares abiertos y estándares propietarios. El estándar abierto corresponde a un sistema donde su desarrollo e implementación se

establece mediante una norma o patrón, determinado por algún ente u organización internacional en materia de estandarización. Dicha organización dicta o fija una serie de especificaciones básicas, que deben ser seguidas y cumplidas por los fabricantes y desarrolladores de la tecnología, con el fin de que todos los equipos que se fabriquen, o bien aplicaciones que se desarrollen cumplan con características determinadas y permitan la interoperabilidad de los equipos y el buen funcionamiento del sistema.

El sistema propietario corresponde a una norma “privada” elaborada por uno o un grupo selecto de fabricantes, donde las características del sistema son confidenciales, y sólo este grupo puede desarrollar dicha tecnología. En la tabla 2, se muestran algunas características de los sistemas propietarios y los sistemas abiertos, analizando así ventajas y desventajas de los mismos.

Tabla 2. Análisis de ventajas y desventajas de Sistemas Digitales Propietarios y Sistemas Propietarios Abiertos

Tipo de Sistema	Ventajas	Desventajas
Sistemas Digitales Propietarios	<p>Soporte de uno o varios participantes consolidados en la industria de redes de comunicaciones.</p> <p>Sistema con variedad de servicios exclusivos y específicos para usos especiales.</p> <p>Son estándares más organizados en cuanto a sus recursos y desarrollo, debido a la concentración del desarrollo del estándar en un pequeño grupo.</p> <p>Los mismos fabricantes también soportan los estándares abiertos.</p>	<p>Estándar privado, (copyright), por lo tanto no está abierto a cualquier fabricante.</p> <p>Dominado por un solo fabricante, por lo tanto limita el mercado.</p> <p>Crecimiento más lento y limitado de la tecnología.</p> <p>Costo más alto para el desarrollo de soluciones privadas y específicas, (redes implementadas a la medida).</p>
Sistemas Digitales Abiertos	<p>Estándar abierto, por lo tanto no se limita a ningún fabricante</p> <p>Existen en el mercado varios proveedores de equipos que son compatibles con esta tecnología.</p> <p>Al existir varios fabricantes, los</p>	<p>Necesita más esfuerzos de fuentes independientes para asegurar un progreso estandarizado.</p>

	<p>equipos y terminales son más baratos.</p> <p>Se encuentra continuamente en revisión y actualización del estándar.</p> <p>Al ser un estándar abierto se garantiza la interoperabilidad entre equipos de diferentes proveedores.</p>	
--	---	--

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se muestran distintos sistemas propietarios que se han implementando y posicionado en el mercado de las redes de comunicaciones para emergencias, así mismo la tabla presenta características fundamentales de éstos.

Tabla 3. Principales Sistemas *Trunking* Proprietarios con sus características

Sistema Propietario	Características
TETRAPOL	<p>Tecnología Propietaria de Matra Communications/EADS</p> <p>Método de acceso de canal: FDMA</p> <p>Tecnología de modulación: GMSK</p> <p>Separación entre portadoras: 10 kHz o 12.5 kHz</p> <p>Portadora: 1 canal por cada 12.5 kHz</p> <p>Frecuencia de operación: 380-512 MHz;</p> <p>Velocidad de transmisión de datos: 8 Kbps</p>
iDEN (Integrated Digital Enhanced Network)	<p>Tecnología Propietaria de Motorola, creado por Sprint-Nextel</p> <p>Método de acceso de canal: TDMA</p> <p>Tecnología de modulación: M16-QAM</p> <p>Separación entre portadoras: 25 kHz (no continua)</p> <p>Portadora: 3 a 6 canales por cada 25 kHz</p> <p>Frecuencia de operación: 806-866 MHz</p>
OpenSky Communication System	<p>Tecnología Propietaria de Harris RF Communications, creado por M/A-COM</p> <p>Tecnología basada en : <i>IP Internet Protocol</i></p> <p>Permite 2 comunicaciones en un solo canal</p>

Fuente: Elaboración propia

2.2.1 Sistema *Trunking* Digital Abierto TETRA

La tecnología de comunicaciones TETRA (*Terrestrial Trunked Radio* o Sistema Radioeléctrico Terrestre con concentración de enlaces), es un sistema que permite la transmisión de voz y datos, en las distintas modalidades (mensajes de estado,

datos cortos, y datos en modo conmutado de paquetes) capaz de integrar todos los servicios de una red de seguridad y emergencia, en un sistema digital de radio móvil con servicios públicos y privados de grupos cerrados. TETRA es una evolución de la radiotelefonía convencional, que desde sus inicios tuvo como prioridad la seguridad pública y los servicios de emergencia.

El sistema TETRA es un estándar abierto publicado en 1995 por el Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones (ETSI). Dicho estándar está concebido para cubrir las necesidades de comunicaciones de voz y datos de usuarios de redes privadas de radio (PMR), que tienen que enfrentarse a la congestión del tráfico y a una demanda creciente de servicios de voz y datos que los actuales sistemas analógicos no pueden suministrar. El estándar establece una serie de especificaciones para ciertas interfaces (interfaz aire, de equipos periféricos, PABX) que deben ser respetados por los fabricantes, de tal manera que se garantice la interoperabilidad entre equipos de diferentes proveedores.

Los servicios brindados por TETRA, están basados en tres tipos de servicios principales con diferentes interfaces de radio, dichos estándares son especificados por ETSI y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.Estándares ETSI para servicios TETRA

Servicio	Descripción	Estándar
Voz y datos (V+D)	Transmisión de voz y datos a través de circuitos conmutados	ETS 300 392
Paquete optimizado de datos (PDO)	Tráfico de datos basado en la conmutación de paquetes	ETS 300 393
Modo directo de operación (DMO)	Transmisión de voz unidireccional (simplex) entre dos sistemas móviles sin utilizar la red	ETS 300 396

Fuente: Tomada de datos en [4]

De los tres estándares citados en la tabla anterior, únicamente son utilizados de forma habitual dos de ellos: (V+D) y el DMO. El primero de los estándares tiene la capacidad de comunicación mediante voz y datos lo que ha provocado que el segundo (PDO) no sea utilizado.

Actualmente, TETRA no ha designado una banda fija del espectro para su implementación. Por su parte, la ERA (*European Radio Office*) perteneciente a la CEPT (*European Conference of Postal and Telecommunications Administrations*) ha recomendado a nivel mundial que se utilicen las siguientes bandas de frecuencia para desarrollar e implementar una red de comunicación TETRA.

Tabla 5. Rangos de frecuencia de operación de un Sistema TETRA²

	Rangos de frecuencia de operación
1	380-390/390-400 MHz
2	410-420/420-430 MHz
3	450-460/460-470 MHz
4	870-888/915-933 MHz

Fuente: Elaboración propia

A nivel internacional la tecnología TETRA es una de las soluciones de radiocomunicación desplegada a gran escala; según los reportes brindados por TETRA-Association, al final del año 2009, existían 114 países del mundo que habían desplegado redes de radiocomunicación utilizando la tecnología basada en el estándar TETRA. Muchas de estas redes se han implementado fundamentalmente en las principales ciudades de Europa, Asia, África y América. [7].

² En Costa Rica, algunos de los subsegmentos dentro de los rangos de 400-500 MHz y 800-900 MHz están atribuidos para servicios IMT (International Mobile Telecommunication), por algunos de estos rangos no se pueden considerar en la implementación de una red alterna de comunicaciones.

2.2.1.1 Características y ventajas de un Sistema Digital TETRA

El sistema TETRA está constituido básicamente por dos tipos de emplazamientos denominados Emplazamiento Maestro (Centro de Gestión y Conmutación) y Emplazamientos Remotos (las Bases de Cobertura Radio).

El sistema TETRA permite el establecimiento de distintas formas de comunicaciones tales como:

- Llamada individual: Conecta a un usuario de la red con otro usuario, sin que el mensaje llegue al resto del grupo. La llamada es privada.
- Llamada de grupo: Conecta a un usuario de la red con un grupo de usuarios. Los grupos pueden ser dinámicos (DGNA).
- Llamada *Broadcast*: Llamada con origen en el centro de control que informa a todos los usuarios de la red.
- Llamadas de emergencia: Llamadas con el máximo tratamiento prioritario.
- Operación en modo directo (DMO): Los usuarios se conectan entre sí sin la intervención de una estación base. Sobre un canal físico se pueden establecer dos llamadas DMO simultáneas.
- Llamada *full-dúplex*: Llamadas de dos vías, similares al de telefonía convencional. El transmisor y el receptor utilizan ambos el canal de subida para hablar y el de bajada para escuchar al mismo tiempo.
- Llamada *half-dúplex*: Llamadas en una sola vía, modo PTT (*Push-to-talk*). El transmisor utiliza un canal de subida para hablar, mientras el receptor escucha el mensaje en el canal de bajada. Las frecuencias de subida y bajada son diferentes.

- Llamada simplex: El transmisor y el receptor utiliza un único canal. Se utiliza en el modo DMO, en donde un usuario transmite y el resto recibe usando ambos una única frecuencia para la comunicación.
- Interconexión con PABX: Conecta los equipos de radio a una central para establecer o recibir llamadas de la PSTN.
- Transmisión SDS (mensaje de estado): permite el envío de mensajes de estado tales como: “mensaje recibido”, “ambulancia en el lugar”, etc.
- Servicio de datos breves: tipo de mensajería similar a los SMS de las redes GSM.
- Servicios de transmisión de datos: se puede encapsular datos TCP/IP sobre “*time slot*” TDMA con velocidades de 7.7Kbps o superior.
- AVL (*Automatic Vehicle/Person Location*): Capacidad para transmitir la posición GPS de un vehículo o persona a la central de datos [1].

Entre las principales ventajas de TETRA se pueden citar las siguientes:

Sistema *trunking*

La asignación de los canales de tráfico se realiza en función de la demanda (tecnología *trunking*).

Eficiencia espectral

TETRA, utiliza la tecnología TDMA (*Time Division Multiplex Access*) por lo tanto es considerada como un estándar de alta eficiencia espectral, en donde sólo precisan 25 kHz del espectro de frecuencias para disponer de 4 canales de comunicación independiente como se muestra en la figura 2.

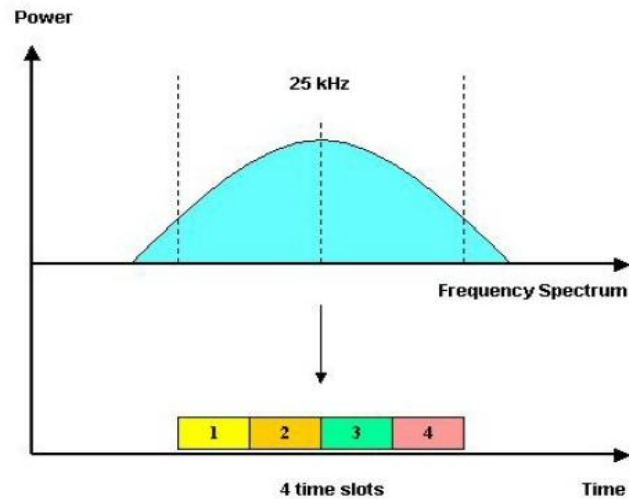


Figura 2. Estructura de canales de comunicación TETRA con TDMA [3].

TETRA utiliza una modulación $\pi/4$ DQPSK (*Differential Quaternary Phase Shift Keying*), este tipo de modulación es altamente eficiente con los recursos espectrales, pero requiere una gran linealidad en todos los componentes de RF, especialmente en los amplificadores de potencia de RF de las radios [4].

Red alterna cerrada y segura

TETRA es una red cerrada e independiente de otras redes de comunicación, por lo tanto garantiza la disponibilidad total a sus usuarios. Asimismo, la tecnología de comunicación presenta un código de autorización/criptación en la interfaz del aire de extremo a extremo, convirtiéndola así en una red de comunicación segura que no podrá ser interceptada por terceros, como sucede con la radiotelefonía tradicional.

Menor grado de saturación

Presenta la ventaja de un menor grado de saturación en comparación con otras redes, como por ejemplo la red de telefonía celular, ya que el propio estándar garantiza una capacidad por defecto superior al doble de los canales convencionales en uso. Además dispone de comunicaciones priorizadas, por lo que en caso de saturación

se garantizan la disponibilidad de estas comunicaciones por encima de las comunicaciones normales.

Menor número de estaciones base

Las redes TETRA utilizan una banda de frecuencia más baja que otras tecnologías de comunicación (como GSM), por lo tanto utiliza un menor número de estaciones base para cubrir la misma zona geográfica. Además, la calidad del sonido es superior ya que utiliza sistemas más modernos de compresión de voz.

Mejor manejo de tráfico

Las comunicaciones pueden hacerse de un sólo dispositivo a varios, haciendo mucho más fácil la gestión de un grupo de usuarios simultáneamente. El dispositivo permite mandar datos y voz, por lo que se pueden hacer varias tareas al mismo tiempo.

Interoperabilidad

Las redes TETRA permiten interoperabilidad o interconexión con otras redes de comunicación existentes, entre ellas locales, nacionales, internacionales, PABX, red móvil celular, roaming, IP, etc.

Red modular y escalable

Las redes TETRA, tienen un enfoque modular, donde los usuarios y operadores pueden, implementar servicios esenciales, ampliar sus funciones y cobertura de la red de comunicación conforme las demandas operativas lo requieran.

2.2.1.2 Arquitectura Sistema Digital TETRA

Para poder brindar cobertura a un conjunto de usuarios, es necesario emplear una serie de elementos, que son los que componen la red y se muestran a continuación:

- Nodo de control central de conmutación (DXT)
- Estaciones bases y repetidoras (TBS)
- Sistema de gestión técnica y operativa de la red de comunicación
- Equipos terminales móviles y fijos

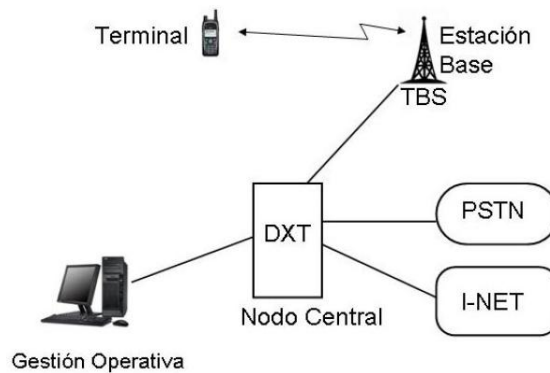


Figura 3. Elementos principales que conforman la red TETRA

En la figura 3 se muestran los elementos que conforman una red de comunicación TETRA, además, se muestra que es posible comunicar a cualquier usuario hacia otras redes, como lo son así la PSTN y la Internet.

Nodo de control central de conmutación (DXT)

Es el punto central o cerebro de la red de comunicación, su función principal es realizar la comunicación entre los diferentes usuarios que conforman la red. El sistema de conmutación puede ser centralizado o distribuido. En donde la escogencia de uno u otro sistema viene dada principalmente por el tamaño de la

red. En un sistema centralizado se hace mediante la conmutación de circuitos en donde cada estación base se comunica mediante un enlace con el nodo central. Por otro lado un sistema distribuido realiza la comunicación mediante paquetes IP, de esta manera uno de los nodos lanza los paquetes IP a la red y sólo los nodos de destino los recogen y envían a su estación base.

Entre las principales funciones del nodo central de conmutación se tienen las siguientes:

- Autenticación: el nodo central verificará si un nuevo usuario que se quiere conectar a la red tiene los permisos necesarios para acceder a la misma.
- Privilegios: el conmutador se encarga de dar la priorización del uso de los canales. En el nodo principal se tienen programados los privilegios de los usuarios, con el fin de brindar acceso a un canal de voz cuando no queda ninguno libre y expulsar a un usuario con menos privilegios del canal.
- Gestión: el nodo central se encarga de la gestión de la red, asociando a todas las terminales de los usuarios con las estaciones base de las que dependen en determinado momento. La comunicación entre las estaciones base y el nodo central está asociada a la movilidad de los usuarios, ya que en todo momento se tiene que saber donde están ubicados para que la comunicación entre todos los usuarios sea posible.
- Control: se encarga de todo el tráfico que se genera en toda la red de comunicación.

Estaciones base

La estación base se encarga de brindar la cobertura a los usuarios de una red de comunicación en una determinada zona geográfica. La estación base asigna de forma dinámica los canales de tráfico mediante un radioenlace de comunicación

con el nodo central. El nodo central envía una comunicación de voz a la estación base y ésta le asigna uno de sus canales que tenga libres.

Sistema de gestión técnica y operativa de la red de comunicación

El sistema de gestión de la red de comunicación se encuentra en un cuarto de comunicaciones ubicado en el nodo central. Dicho cuarto de comunicaciones está equipado con computadoras y servidores que tienen acceso al nodo central de la red. El sistema de gestión tiene una funcionalidad técnica y operativa.

La gestión técnica de la red tiene las siguientes características:

- Administrar y configurar los distintos elementos de la red (nodo central, estaciones base y cuartos de telecomunicaciones).
- Supervisar posibles fallos de la red.
- Gestionar el rendimiento de la red.
- Monitorización y mantenimiento remoto.

La gestión operativa de la red tiene las siguientes características:

- Organizar los grupos de usuarios y abonados, de las diferentes estaciones base de la red.
- Configurar los servicios a ofrecer a los usuarios.
- Controlar, administrar y monitorizar todas las comunicaciones de la red de comunicación.
- Controlar y supervisar el estado de la red.

Equipos terminales móviles y fijos

Son los dispositivos del usuario, transmisores de potencia, que se utilizan para realizar la comunicación entre los usuarios que conforman la red. Los equipos terminales pueden clasificarse en:

- Portátiles: dispositivos de mano.
- Móviles: Ubicados en vehículos
- Fijos: Se localizan en edificaciones, por ejemplo estaciones policiales, estación de bomberos, etc.
- De Operador: es el dispositivo que se utiliza para enviar un mensaje al resto de los usuarios.

2.2.1.3 TEDS (TETRA versión 2)

TETRA evolucionó a su segunda versión a finales del año 2005, en donde se mejoró principalmente su capacidad de transmisión de datos; la versión 2 de TETRA se conoce como TEDS (*TETRA Enhanced Data Services*).

TEDS aporta nuevos canales de tráfico a la interfaz de TETRA, utilizando nuevas técnicas de modulación, tal como se muestra en la siguiente tabla, con el fin de obtener una tasa de transferencia de datos mucho mayor y con la posibilidad de transportar más datos (voz/datos) sobre el canal de tráfico.

Con el protocolo TETRA versión 2, se pueden llegar a alcanzar velocidades de transmisión de datos entre 130 y 160 Kbps, lo cual sería suficiente para realizar una transmisión de video bidireccional en tiempo real.

Es importante recalcar que TEDS utiliza la misma infraestructura, estaciones e instalaciones que TETRA, por lo tanto no es necesario modificar ningún elemento

de ésta. Simplemente en la mayoría de los casos basta con actualizar el firmware de los equipos de la red TETRA. TEDS se debe considerar como una funcionalidad extra que aumenta las capacidades de una red TETRA [5].

Tabla 6 Comparación entre TETRA y TEDS

Parámetro	TETRA	TETRA 2 (TEDS)
Rango de Frecuencias de operación	300 MHz – 1000 MHz	300 MHz – 1000 MHz
Tecnología de Múltiple Acceso	TDMA	TDMA
Modulación	$\pi/4$ DQPSK	$\pi/4$ DQPSK, 4QAM, 16QAM, 64QAM
Ancho de banda	25 kHz	25 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 150 kHz
Modo de enlace TX (subida y bajada)	FDD	FDD
Velocidad de transmisión de datos	28.8 Kbps	134.5 Kbps

Fuente: Tomada de datos en [6]

2.2.2 Sistema *Trunking* Digital Propietario TETRAPOL

Por su parte, el sistema TETRAPOL es un estándar de radio similar al TETRA, con diferencias en el tipo de modulación. TETRAPOL es una norma propietaria desarrollada por la empresa francesa MATRA, adquirida luego por el gigante europeo EADS.

A nivel internacional la tecnología TETRAPOL es una de las soluciones de radiocomunicación desplegada a gran escala; en la actualidad existen 80 redes ya desplegadas o en construcción en 34 países del mundo utilizando tecnología basada en el estándar TETRAPOL. Muchas de estas redes cubren naciones enteras tales como: RUBIS (Gendarmería Nacional Francesa), ACROPOL (Policía Nacional

Francesa), SIRDEE en España, POLYCOM en Suiza, SITNO en Eslovaquia, PHOENIX en Rumanía, e IRIS en México.[1]

2.2.2.1 Características y ventajas de un Sistema Digital TETRAPOL

El sistema TETRAPOL integra los servicios de voz y datos mediante radiocanales de 12,5 kHz de ancho de banda, utilizando tecnología de acceso FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) y modulación GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*).

Entre los servicios de voz que ofrece el sistema TETRAPOL, se pueden citar los siguientes:

- Llamada *Broadcast*: Llamada con origen en el centro de control que informa a todos los usuarios de la red.
- Llamada individual: Conecta a un usuario de la red con otro usuario, sin que el mensaje llegue al resto del grupo. La llamada es privada.
- Llamada de grupo: Conecta a un usuario de la red con un grupo de usuarios. Los grupos pueden ser dinámicos (DGNA).
- Llamadas de emergencia: Llamadas con el máximo tratamiento prioritario.
- Operación en modo directo (DMO): Los usuarios se conectan entre sí sin la intervención de una estación base. Sobre un canal físico se pueden establecer dos llamadas DMO simultáneas.
- Llamada *full-dúplex*: Llamadas de dos vías, similares al de telefonía convencional. El transmisor y el receptor utilizan ambos el canal de subida para hablar y el de bajada para escuchar al mismo tiempo.
- Llamada *half-dúplex*: Llamadas en una sola vía, modo PTT (*Push-to-talk*). El transmisor utiliza un canal de subida para hablar, mientras el receptor escucha el mensaje en el canal de bajada. Las frecuencias de subida y bajada son diferentes.

- Llamada simplex: El transmisor y el receptor utiliza un único canal. Se utiliza en el modo DMO, en donde un usuario transmite y el resto recibe usando ambos una única frecuencia para la comunicación.
- Interconexión con PABX: Conecta los equipos de radio a una central para establecer o recibir llamadas de la PSTN.

Entre los servicios de datos que ofrece el sistema TETRAPOL, se pueden citar los siguientes:

- Servicios de transmisión de datos: se permite el encapsulado TCP/IP.
- Servicio de datos breves: tipo de mensajería similar a los SMS de las redes GSM.
- Servicio "*paging*": Servicio de localización por radio mensajería.
- Transmisión SDS (mensaje de estado): permite el envío de mensajes de estado tales como: "mensaje recibido", "ambulancia en el lugar", etc.
- Aplicación GPS: Capacidad para transmitir la posición por GPS (*Global Positioning System*).

Entre las principales ventajas que presenta una red de comunicación TETRAPOL cabe mencionar:

- Sistema de asignación de canales troncalizados.
- Eficiencia espectral por ancho de banda reducido.
- Red alterna para un grupo cerrado de usuarios.
- Red con diferentes grados de seguridad y encriptación.
- Menor grado de saturación en comparación a otras redes.
- Sistema de comunicación con amplio rango de cobertura de sus antenas y equipos.

- Interoperabilidad o interconexión con otras redes existentes (PABX, red móvil celular, roaming, IP, etc.).
- Red modular y escalable.

2.2.2.2 Arquitectura Sistema Digital TETRAPOL

Para poder dar cobertura a un conjunto de usuarios es necesario emplear una serie de elementos, que son los que componen la red, y se muestran a continuación:

- Red de transmisión IP (*Internet Protocol*)
- Nodo de control
- Estaciones bases
- Centro de distribución
- Centro de gestión de la red
- Equipos terminales

En la figura 4 se muestran los componentes principales del sistema TETRAPOL.



Figura 4. Arquitectura del Sistema TETRAPOL

Red de transmisión IP

El sistema TETRAPOL M9600 puede compartir una única red troncal con otros sistemas IT o de telecomunicaciones: es posible el despliegue sobre una red troncal que ya esté funcionando, así como compartir recursos comunes con soluciones de terceros o usar los recursos suministrados por un operador o proveedor.

Nodo de control

El nodo de control proporciona todos los servicios e información necesarias para el funcionamiento del sistema. El suministro de energía puede realizarse desde la red eléctrica o mediante energía directa. La redundancia del equipo queda asegurada añadiendo una copia de seguridad. Contiene funciones de seguridad de red para garantizar la integridad de la información confidencial.

Estación Base

La estación base sirve de interfaz de comunicación entre los equipos terminales y la red de comunicación, dentro de un rango de cobertura de la señal. La estación base asigna de forma dinámica los canales de tráfico mediante un radioenlace de comunicación con el nodo de control.

Centro de Distribución

Los centros de distribución contienen consolas gráficas integradas en salas de mandos y una gama de aparatos para la gestión efectiva de las operaciones sobre el terreno. También, existe una interfaz de programación a fin de proporcionar a los operadores una consola que permita integrar las comunicaciones PMR con otras aplicaciones como por ejemplo la recepción de llamadas de emergencia, la búsqueda en bases de datos, la localización de vehículos, etc.

Centros de Gestión de la Red

La red es gestionada a partir de puestos centralizados de gestión. Un puesto dedicado a la gestión técnica de la red dispone de una pantalla gráfica en la que se muestran en tiempo real el estado operativo de todos los elementos de la red.

Otro puesto, dedicado a la gestión táctica, permite a cada organización gestionar sus propios usuarios y sus comunicaciones de una forma completamente confidencial. Todos los acontecimientos que tienen lugar en la red y todas las modificaciones llevadas a cabo por los operadores quedan grabados en una base de datos. Los datos registrados pueden mostrarse de distintas formas (registros de eventos, estadísticas de uso, etc.)

Equipos terminales

Los terminales TETRAPOL, se adecuan a distintos tipo de necesidades operativas, por ejemplo el portátil TPH600 de EADS es un terminal diseñado para realizar comunicaciones sencillas, mientras que el terminal TPH700 es un equipo de radio portátil diseñado para realizar transmisiones de voz y datos seguras en condiciones extremas. Asimismo, el TPM700 es un terminal móvil que se adapta a diferentes tipos de vehículos o instalaciones en oficinas [1].

2.2.3 Comparación Sistema Abierto TETRA y Sistema Propietario TETRAPOL

En la tabla 6, se muestra un cuadro comparativo de las diferentes características técnicas de operación entre las los sistemas digitales TETRA, TEDS y TETRAPOL, que se describieron anteriormente. El Anexo 5.1 amplía la tabla 7 con otros parámetros [15].

Tabla 7. Comparación de características técnicas de Sistemas TETRA, TEDS y TETRAPOL

Parámetro	TETRA	TETRA 2 (TEDS)	TETRAPOL
Rango de Frecuencias de operación	300 MHz – 1000 MHz	300 MHz – 1000 MHz	300 MHz – 1000 MHz
Tecnología de Múltiple Acceso	TDMA	TDMA, MCM (Multi-carrier modulation)	FDMA
Modulación	$\pi/4$ DQPSK	$\pi/4$ DQPSK , 4QAM, 16QAM, 64QAM	GMSK
Ancho de banda	25 kHz	25 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 150 kHz	10 kHz, 12.5 kHz
Canales por ancho de banda	4	4	1
Modo de enlace TX (subida y bajada)	FDD	FDD	
Velocidad de transmisión de datos	28.8 Kbps	134.5 Kbps	8 Kbps
Establecimiento de llamada	< 1s	< 1s	< 1s
Cobertura de radio base			
Urbano:	3.8 km	3.8 km	8 km
Rural:	17.5 km	17.5 km	28 km
Estándar	Abierto	Abierto	Propietario

Fuente: Elaboración propia

La tabla 8 muestra un análisis con las principales ventajas y desventajas operativas de los sistemas digitales TETRA y TETRAPOL.

Tabla 8. Análisis de ventajas y desventajas de Sistemas TETRA y TETRAPOL

Tipo de Sistema	Ventajas	Desventajas
Sistema Abierto TETRA	<p>Mayor tasa de transferencia de datos en comparación con TETRAPOL.</p> <p>Transmisión simultánea de voz y datos.</p> <p>TETRA no ocupa un divisor de antena para operar en modo <i>full-dúplex</i> (debido al modo de acceso al canal TDMA), por lo tanto es más fácil de implementar.</p>	<p>Los radios de cobertura de las estaciones bases son aproximadamente 30% más pequeños que los de TETRAPOL, por lo tanto TETRA requiere mayor instalación de estaciones bases.</p> <p>Las transmisiones comunes de frecuencia son más difíciles de implementar por lo tanto las</p>

	<p>Sistema flexible donde se pueden implementar todas las aplicaciones del PMR.</p> <p>Menor cantidad de antenas a instalar en las estaciones bases, debido a los cuatro canales por portadora que permite la modulación.</p> <p>La potencia de salida del terminal TETRA es controlado y regulado por la estación base, Como resultado, la duración de la batería de los terminales se incrementan.</p>	<p>terminales requieren que sean más potentes.</p> <p>Los dispositivos que utilizan tecnología TDMA tienen a tener mayor poder de transmisión, por lo tanto puede inducir con interferencia de bajas frecuencias.</p>
<p>Sistemas Propietario TETRAPOL</p>	<p>Mayor rango de cobertura en estaciones bases, en comparación con TETRA. En teoría TETRAPOL requiere menor número de estaciones bases que TETRA.</p> <p>Las transmisiones de frecuencia son más fáciles de implementar en TETRAPOL.</p> <p>La separación de canales de 12.5 KHZ de TETRAPOL, permite mejor coexistencia con otros sistemas y disminuye las emisiones de frecuencia no deseadas.</p>	<p>Se requiere agregar un divisor de antena para operar en modo <i>full-dúplex</i>.</p> <p>La tasa de transferencia de datos es menor que la de TETRA.</p> <p>Baja eficiencia del espectro.</p>

Fuente: Tomada de datos en [8]

3. Conclusiones

De lo expuesto anteriormente se puede concluir que:

- Los sistemas de trunking digital poseen ventajas en comparación con los sistemas de trunking analógico, principalmente porque los primeros presentan mayor inmunidad al ruido y hacen un uso más eficiente del espectro radioeléctrico.
- Los sistemas abiertos presentan ventajas respecto a los sistemas propietarios, debido a que la comercialización de equipos y terminales no

está limitado a un pequeño grupo de fabricantes, lo que a su vez incide en la disminución de costos cargados al usuario final. Por su parte los sistemas propietarios tienen la ventaja de contar con un soporte de uno o varios participantes fuertes en la industria de las redes de comunicaciones.

- Los sistemas TETRA y TETRAPOL pueden interoperar con redes existentes y ambos ofrecen sistemas de encriptación para el establecimiento de las comunicaciones.
- Existen diversas características importantes que sobresalen cuando se comparan los sistemas TETRA y TETRAPOL. Destacándose el primero al ser un sistema abierto y ofrecer mayor velocidad en la transmisión de datos, con las mejoras incorporadas en TEDS y el segundo por ser un sistema con un rango de cobertura mayor.

4. Referencias Bibliográficas

- [1] Red Alternativa de Comunicaciones para Emergencias 2010, Estudio de buenas prácticas. Rectoría de Telecomunicaciones. Informe. Consulta 22/10/2010 en:
http://www.telecom.go.cr/index.php/en-contacto-con-el-usuario/documentos/doc_download/163-estudio-de-redes-alternas-de-comunicaciones-para-emergencias
- [2] Comunicaciones TETRA, El presente de las comunicaciones de emergencia. TETRA Critical Communications. Presentación. Consulta 22/10/2010 en:
<http://www.slideshare.net/alexbogus/trunking-digital-tetra>

- [3] TETRA Technology Advantages & Benefits. TETRA MOU ASSOCIATION. Informe. Consulta 22/10/2010 en:
http://www.tetramou.com/uploadedFiles/Why_TETRA/Technology%20Benefits.pdf
- [4] Tecnologías TETRA Terrestrial Trunked Radio. Willtek Communication – boosting wireless efficiency. Informe. Consulta 22/10/2010 en:
<http://www.willtek.com/spanish/technologies/tetra>
- [5] TEDS Transmisión de Datos a Alta Velocidad sobre TETRA. BICUBIK.NET. Informe. Consulta 22/10/2010 en:
<http://www.bicubik.net/2009/05/11/transmision-de-datos-a-alta-velocidad-sobre-tetra/>
- [6] Information Technologies TETRA / TETRA 2. Rohde & Schwarz International. Informe. Consulta 22/10/2010 en:
http://www2.rohde-schwarz.com/en/technologies/cellular_standards/tetra/information/
- [7] TETRA, Terrestrial Trunked Radio, *“TETRA network around the world”* En línea. Consulta 30/11/2010, disponible en:
<https://www.tetra-association.com/tetramou.aspx?id=2413>
The Federal Office of Communications (OFCOM) – “Factsheet TETRA, TETRAPOL” En línea. Consulta 30/11/2010, disponible en:
<http://www.bakom.admin.ch/themen/technologie/01219/index.html?lang=en>

- [9] En línea. Consulta 25/11/2010, disponible en:
http://books.google.co.cr/books?id=GAf5BKJOfUwC&pg=PA32&lpg=PA32&dq=grupos+de+usuarios+que+necesitan+un+tipo+de+intercomunicaci%C3%B3n+espec%C3%ADfica+tales+como+taxistas,+flotas+de+transportes,+etc.,+que+requieren+un+servicio+de+radiotelefon%C3%ADa+m%C3%B3vil+privada.&source=bl&ots=3CeVfTGuxN&sig=7IHahg9zICZPe8SOB3QGIH_K1pg&hl=es&ei=a3DATMLjI8K78gbqpdjYBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CBUQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false
- [10] En línea. Consulta 25/11/2010, disponible en:
http://www.waymovil.net/root/nuovetech_1673.asp
- [11] En línea. Consulta 25/11/2010, disponible en:
<http://www.tetramou.com/tetramou.aspx?id=39>
- [12] En línea. Consulta 25/11/2010, disponible en:
<http://www.slideshare.net/alexbogus/trunking-digital-tetra>
- [13] En línea. Consulta 30/11/2010, disponible en:
<http://www.bicubik.net/2009/05/11/transmision-de-datos-a-alta-velocidad-sobre-tetra/>
- [14] En línea. Consulta 30/11/2010, disponible en:
<https://www.tetra-association.com/tetramou.aspx?id=2413>
- [15] En línea. Consulta 30/11/2010, disponible en:
<http://www.bakom.admin.ch/themen/technologie/01219/index.html?lang=en>
- [16] Unión Internacional de Telecomunicaciones. *“Sistemas móviles terrestres digitales con utilización eficaz del espectro para tráfico de despacho”*. En línea. Consulta 30/11/2010, disponible en:
<http://www.itu.int/publ/R-REP-M.2014/>

CUADRO 1

Parámetros fundamentales

Parámetro	TETRA	TETRAPOL	Parámetro	TETRA	TETRAPOL
Clase de emisión: – Canales de tráfico – Canales de control	25K0D7W/25KWDW (2) 25K0D7W/25KWDW (2)	4K80P1W 4K80P1W	Radio de la célula (km): – Portátil/suburbano – Portátil/rural	3,8-17,5 3,8 17,5	8-28 8 28
Bandas de frecuencias (MHz)	380-390/390-400 ó 410-420/420-430 ó 450-460/460-470 ó 870-888/915-933	70-520 746-870 870-888/915-933	Técnica de cobertura de zona	Reutilización de canal celular Casi síncrono (Difusión simultánea) Transmisión con compartición de tiempo Diversidad de receptores	Reutilización de canal celular Difusión simultánea Diversidad de receptores (Transmisión con compartición de tiempo)
Separación de dúplex	5-10 MHz (banda de 400 MHz) 10-45 MHz (banda de 800/900 MHz) Dependiente del diseño del sistema	La necesaria (bandas de 80/160 MHz) 5 ó 10 MHz (banda de 400 MHz) 45 MHz (banda de 900 MHz)	Método de acceso	AMDT	AMDF
Separación entre portadoras RF (kHz)	25	12,5-10 Evolución a 6,25	Canales de tráfico/ portadoras RF: – Inicial – Capacidad de diseño	4 8	1 1
Potencia radiada aparente (p.r.a.)	25	25	Velocidad de transmisión (kbit/s)	36	8

máxima en la estación de base (W): – Valor de cresta – Valor medio	25				
Potencia de transmisión nominal de la estación móvil (W) Valor de cresta, valor medio: – Móvil – Portátil	10/2,5 1/0,25	10/10 2/2	Modulación	Q /4 DQPSK	MDMG
			Estructura del canal de tráfico: – Códec vocal de velocidad básica: – Velocidad binaria (kbit/s) – Protección contra errores – Algoritmo de codificación	4,567 2,633 ACELP	6 2 RPELCP

			en el aire		
Estructura de canal de control (N.º de tipos de canal):			Traspaso	Sí	Sí
– canal de control común	2	5			
– canal de control asociado	3	2			
– canal de control de difusión	2	1			
Capacidad de igualación de la dispersión de retardo (σ_p)	Clase A – Sin igualación Clase B – 55,5 Clase Q – 111,1	No es necesaria la igualación	Capacidad de itinerancia entre sistemas	Sí	Sí
			Capacidad de diseño para múltiples operadores (sistemas) en la misma zona	Sí	Sí
			Modo directo	Móvil a móvil Vigilancia dual ⁽⁸⁾ Repetidor Cabeza de línea nodo troncal	Móvil a móvil Cabeza de línea de vigilancia doble
			Modo repetidor	Sí	Sí

Fuente: Tomado de datos en [16].

8.2 Informe técnico IT-GR-2010-023, Sistemas de Radiocomunicación Satelital

Informe Técnico

IT-GR-2010-023

Título:Sistemas de Radiocomunicación Satelital. Para ser considerados en la implementación de una red alterna nacional de comunicaciones de emergencia

Informe realizado por:*Gerencia de Redes*

Supervisado por: *Elídir Moya Rodríguez/Gerente de Redes*

Avalado por: *Randall Treviño García/Director de Redes y Sistemas*

Fecha: *29 de noviembre de 2010*

1. Justificación

El presente informe considera aspectos generales de los sistemas de radiocomunicación satelital que serán utilizados como un insumo para la ejecución de la meta 1.2.2 c) del Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones, la cual indica que se deben establecer los requerimientos necesarios para implementar una red alterna de comunicaciones en Costa Rica y así atender casos de emergencia nacional.

Es importante recalcar que previo al presente informe, la Rectoría de Telecomunicaciones elaboró un estudio denominado “*Red Alterna de Comunicaciones para Emergencias: Estudio de buenas prácticas*”, donde se exponen diferentes tecnologías utilizadas en telecomunicaciones de emergencias y se presenta un diagnóstico de buenas prácticas de sistemas internacionalmente utilizados. Dicho estudio se considera como punto de partida para desarrollar la propuesta de red alterna de comunicaciones. Así también, el informe IT-GR-2010-

Estructura del documento

1. Justificación

2. Análisis

2.1 Estructura de un sistema de radiocomunicación por satélite

2.1.1 Estación Terrena

2.1.2 Enlaces ascendente y descendente

2.1.3 Transponder satelital

2.2 Servicios Satelitales

2.2.1 Servicios Fijos Satelitales (SFS)

2.2.1.1 Descripción de la red

- Requerimientos del canal y de la capa física
- Requerimientos de red
- Estaciones terrenas
- Enlaces satelitales

2.2.2 Servicios Móviles Satelitales (SMS)

2.2.2.1 Descripción de la red

- Aplicación directa del servicio SMS
- Aplicación del servicio SMS en combinación con las componentes de red terrenal

2.3 Ejemplos de sistemas satelitales para el despliegue de comunicaciones en casos de catástrofe

2.3.1 Estación terrena portátil en la banda de operación de 14/12 GHz

2.3.2 Estación terrena portátil en la banda de operación de 30/20 GHz

2.3.3 Ejemplos de estaciones terrenas para redes de emergencia

- Caso Italia
- Caso Japón
- Caso Sureste de Asia

2.3.4 Redes mundiales para el despliegue de comunicaciones por satélite

3. Conclusiones

4. Referencias Bibliográficas

2. Análisis

2.1 Estructura de un sistema de radiocomunicación por satélite

Los sistemas de telecomunicaciones satelitales permiten realizar comunicaciones entre puntos distantes en la tierra, gracias a que ambas partes están en condiciones de visibilidad radioeléctrica con respecto al satélite aunque no puedan verse entre sí, lo que permite que una señal originada en una parte de la tierra pueda ser dirigida a un satélite, y desde allí enviada a otra parte del planeta. Esta característica es la que se ha aprovechado para establecer comunicaciones internacionales.

Esencialmente, un sistema satelital consiste de tres componentes básicos: las estaciones terrenas, los enlaces (ascendente y descendente) y un transponder satelital. Tal como se muestra en la figura 1.

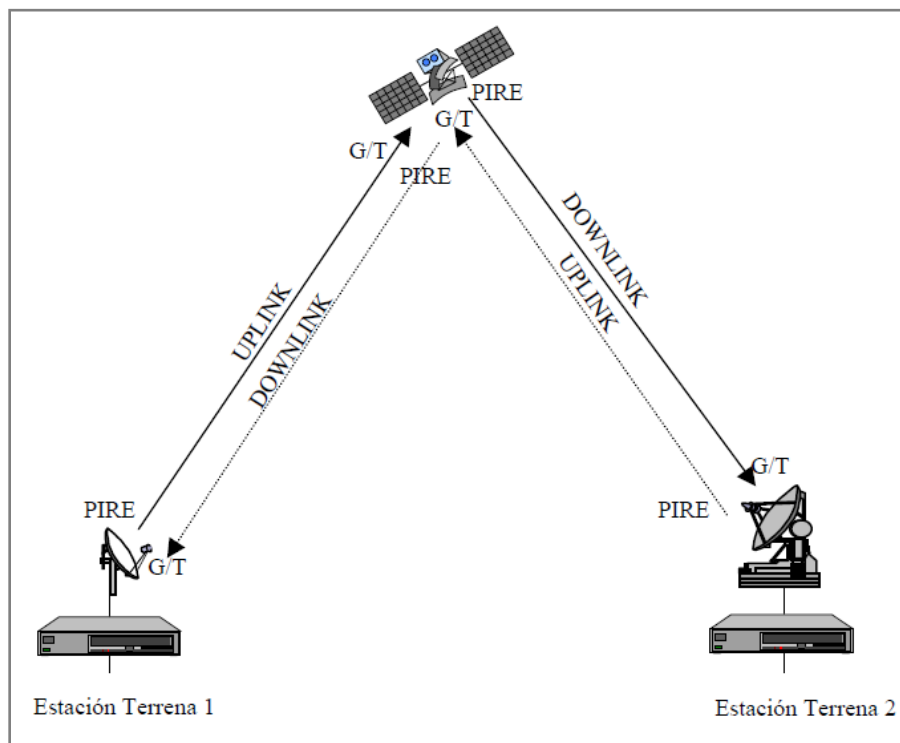


Figura 1 Esquema básico de un sistema satelital [3].

2.1.1 Estaciones Terrenas

Una estación terrena es un equipo con una antena o un conjunto de ellas, que de forma eficiente hace posible la transmisión de señales, así como el proceso inverso para convertir las radiaciones recibidas en una reproducción fiel de las señales en la forma que tenían antes de que fueran procesadas; y transmitidas por otra estación terrena. Cabe destacar, que algunos tipos de estaciones terrenas sólo tienen capacidad de transmitir o de recibir. La designación de estación terrena incluye tanto a las que están fijas sobre la superficie terrestre, a las móviles terrestres, marítimas y aeronáuticas instaladas en vehículos de transporte.

Los componentes más importantes de la estación terrena son:

El sistema de antena: Este sistema incluye la antena, el alimentador primario, el reflector, un arreglo de duplexor para la conexión de receptores y transmisores a la misma antena y un arreglo separado de alimentadores, controles y mecanismos para el seguimiento automático.

La antena se encarga de captar la señal electromagnética y concentrarla en un punto llamado foco. Las antenas son fabricadas para recibir y transmitir o en algunos casos sólo para recibir, se caracterizan por su gran ganancia y por su necesidad de seguimiento del satélite. Todos los diseños se basan en paraboloides, las más comunes son:

- a) Antena parabólica Offset.- Se caracteriza por tener el reflector parabólico desplazado con respecto al foco.
- b) Antenas parabólicas de foco primario.- Se caracteriza por tener el reflector parabólico centrado respecto al foco.

c) Antena parabólica Cassegrain.- Es similar al de foco primario, con la diferencia que lleva un segundo reflector cerca a su foco.

La figura 2 se muestra una imagen para cada tipo de antena.



Figura 2 Tipos de antenas satelitales [4]. (a) Antena parabólica tipo Offset. (b) Antena de foco primario. (c) Antena Cassegrain.

El sistema de seguimiento del satélite implica la movilidad de la antena en las dos coordenadas de elevación y azimut. Este sistema tiene cuatro modalidades:

- Manual
- Autoseguimiento o monoimpulso: de una señal proveniente del satélite.
- Programa de seguimiento: en el que la señal para el seguimiento está dada por un programa previamente almacenado.
- Seguimiento escalonado: al que se le introduce como objetivo un valor nominal a partir de ése valor se inicia un sistema de búsqueda.

Los transmisores y receptores: Los transmisores constan esencialmente de amplificadores de potencia y convertidores elevadores o de subida. Las etapas de recepción incluyen uno o más amplificadores de bajo ruido, un divisor de potencia para separar las cadenas de recepción y los convertidores reductores o de bajada.

Los moduladores y demoduladores: Esta etapa modula las señales por transmitir y demodula las recibidas lo cual implica la conversión de banda base a frecuencia intermedia y el proceso inverso.

Los procesadores de banda base: Realizan la multiplexación y demultiplexación, así como la conversión analógico digital y viceversa y la codificación y decodificación del canal.

El sistema de energía e infraestructura general: Este elemento es sumamente importante puesto que es necesario el funcionamiento de la estación de forma ininterrumpida y dentro de los límites normativos respecto a la tensión, frecuencia, y perturbaciones transitorias, sobre todo para el buen funcionamiento de los equipos de comunicaciones. La infraestructura general comprende los edificios y obras exteriores, estructuras de soporte mecánico, e instalaciones de apoyo como los equipos de climatización.

2.1.2 Enlace ascendente y descendente

Los enlaces entre las estaciones terrenas y los satélites, o entre satélites, están constituidos por radiaciones electromagnéticas dirigidas en haces de mayor o menor concentración.

Es característica fundamental tanto del enlace ascendente (Tierra-espacio) y descendente (espacio-Tierra) la propagación en condiciones de espacio libre, a la que está asociada una atenuación proporcional a la frecuencia y al cuadrado de la distancia. Puede existir también atenuación adicional debido a la lluvia y diversas condiciones climáticas.

Los sistemas satelitales utilizan frecuencias elevadas en las bandas C, Ka y Ku, permitiendo así una elevada direccionalidad y una mayor inmunidad al ruido. La

banda C es un rango del espectro electromagnético que comprende frecuencias de entre 5.9 y 6.4 GHz para el enlace ascendente y desde 3.7 hasta 4.2 GHz para el enlace descendente. La banda Ku está comprendida por las frecuencias 14-14.5 GHz para el enlace ascendente y 11.7-12.2GHz para el descendente. Por su parte, la banda Ka se sitúa en la porción del espectro con frecuencias de 27.5-30.5 GHz para el enlace ascendente y 17.7-21.7GHz para el descendente.

Debido a la limitación de potencia del satélite el enlace descendente es el más desfavorable, por tanto se le asignan a este las frecuencias más bajas del grupo atribuido al servicio.

Las bandas de frecuencias empleadas para los enlaces son establecidas a nivel mundial por la Unión Internacional de Comunicaciones, sin embargo, la atribución de estas bandas está regulada a nivel nacional según lo establecido en el Plan Nacional Atribución de Frecuencias (PNAF).

Cuando un usuario, empresa o institución, requiera una plataforma satelital para el despliegue de sus comunicaciones este tiene la posibilidad de recurrir a un proveedor de servicios satelitales, quien a su vez requiere el otorgamiento de un título habilitante, específicamente, una concesión emitida por el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones para la explotación de las bandas del espectro disponibles en el país. Además, debe contar con un acuerdo o contrato con un proveedor de servicios internacional, mismo que se encargará de gestionar los permisos para el uso del satélite y demás requerimientos.

Los requerimientos del uso del satélite varían respecto al tipo de servicios a desplegar sean estos servicios fijos, fijos-móviles, móviles o de radiodifusión. Por ejemplo, Intelsat Global Service se rige mediante la normativa estadounidense y es precisamente este país el responsable por la concesión de licencias de lanzamiento

y operación de satélites para servicios fijos por satélite (SFS) en las bandas C y Ku, mientras que el Reino Unido es responsable de la concesión para servicios de radiodifusión por satélite y los servicios fijos por satélite en la banda Ka.

2.1.3 Transponder satelital

El satélite es una estación repetidora que amplifica y retransmite la señal recibida, estableciendo conexiones entre las estaciones terrenas de su zona de cobertura. Pueden distinguirse en el satélite las secciones de conversión, conmutación y transmisión. En la sección de recepción, son elementos fundamentales para la sensibilidad del satélite la antena y el amplificador de bajo factor de ruido. Como las frecuencias de recepción y transmisión del satélite son distintas, debe efectuarse en éste una conversión de frecuencia, seguida de una etapa de amplificación de la señal. Se denomina transponder al conjunto convertidor de frecuencia-amplificador.

La sección de conmutación establece el encaminamiento de la señal y la asignación de transpondedores. La unidad de transmisión es un amplificador no lineal en transmisiones analógicas y cuasi-lineal en transmisiones digitales. Las señales de salida de diferentes portadoras se multiplexan para su emisión por una antena cuyo diagrama de radiación depende de la cobertura requerida.

Se distinguen principalmente tres tipos de satélites de comunicación, mismos que se clasifican en función de la altura a la que orbitan.

Satélites geoestacionarios (GEO)

Los satélites geoestacionarios están situados sobre el ecuador y giran alrededor de él en una órbita circular. Su velocidad de rotación y dirección es exactamente igual a la de la Tierra, lo que les hace ver estacionarios desde la superficie terrestre. Su

órbita está a una altura de 35.500 km y la vida típica de un servicio con un satélite geoestacionario es de diez a quince años [10].

Un satélite geoestacionario puede cubrir aproximadamente el 40% de la superficie de la tierra, por lo que tres de ellos separados 120 grados pueden ofrecer una cobertura completa de la superficie de la tierra, con la omisión de pequeñas áreas circulares situados en los polos norte y sur geográficos.

Los satélites geoestacionarios se utilizan comúnmente para radiodifusión de televisión, meteorología y la predicción meteorológica. También, tiene un número significativo aplicaciones de inteligencia y de defensa.

Satélites de órbita media y baja (LEO y MEO)

Orbitan más próximos a la superficie terrestre (entre 10.000 y 20.000 km los MEO y menos de 5.000 km los LEO) con el fin de minimizar la atenuación de la señal. Esto implica que la velocidad a la que viajan es alta (una órbita puede completarse en un tiempo que oscila entre noventa minutos y varias horas).

Estos tipos de satélite son más ligeros, especialmente cuando su función se limita a reflejar la señal hacia una estación terrena de enrutamiento y conmutación, minimizando así el equipo requerido.

Para que no se interrumpa la comunicación un satélite debe estar permanentemente en línea de vista, por lo que se necesitan constelaciones numerosas que asuman el control a intervalos fijos.

2.2 Servicios satelitales

Los servicios satelitales se clasifican en: servicios fijos (SFS), servicios móviles (SMS) y de radiodifusión (SRS). Este último no será desarrollado en el presente informe debido a su escasa relación con el tema.

2.2.1 Servicios Fijos Satelitales (SFS)

La arquitectura básica de telecomunicaciones para operaciones de socorro debe contar con un enlace que conecta la zona del desastre con los centros de ayuda designados. Además, de proveer servicios básicos de telecomunicaciones que incluyan por lo menos el servicio de telefonía y algunos otros tipos de medios de comunicaciones para datos como: conexión a Internet, fax o vídeo, estos sistemas requieren de una instalación con antena fija.

Al ser una alternativa del cableado los sistemas satelitales suelen considerarse como una solución a los problemas de comunicación donde extender redes cableadas no es rentable.

Las transmisiones por satélite que utilizan estaciones terrenas de pequeña apertura representan una de las soluciones más viables en el suministro de servicios de telecomunicaciones de emergencia para operaciones de socorro. Además, dado que son intrínsecamente adecuados para el suministro de datos, estos servicios pueden utilizarse también efectivamente para las operaciones de alerta temprana, en especial en terremotos y tormentas [7].

La recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R S.1001 contiene información sobre la utilización del servicio fijo por satélite en situaciones de catástrofe natural y situaciones de emergencia. Entre otros temas, la recomendación alienta a los operadores de sistemas de SFS a continuar trabajando

con la UIT en relación con las situaciones y las operaciones de socorro en caso de catástrofe.

En adelante se describirán los parámetros técnicos que pueden servir como modelo para la Red Alternativa de Emergencias, basados en el informe ITU-R S.2151 denominado: Uso y ejemplos de sistemas de servicios satelitales fijos en casos de desastres naturales y emergencias similares para alerta y operaciones de rescate - *“Use and examples of systems in the fixed-satellite service in the event of natural disasters and similar emergencies for warning and relief operations”*.

2.2.1.1 Descripción de la red

- **Requerimientos del canal y de la capa física**

En los sistemas de transmisión digital el rendimiento de un canal codificado se mide por medio de el BEP (bit error probability) o probabilidad de error de bit.

El BEP recomendado para los sistemas SFS está dado por la UIT en la recomendación ITU-R S.1062 y es de 10^{-6} para el 99.8% del tiempo en el peor mes. El BEP resulta de la relación señal a ruido y de la razón de interferencia (SNIR), que corresponde al rendimiento del canal y de la codificación.

Una buena codificación puede compensar una baja calidad del canal, pero con una considerable disminución en la tasa de bits útiles.

Las condiciones de transmisión en una zona de desastre pueden degradar la calidad del canal de comunicación debido a efectos climatológicos, por lo que en estos casos se debe de tomar en cuenta la robustez de la codificación. El escenario ideal es poseer un sistema con codificación adaptada, que tenga la posibilidad de

ajustarse a las diferentes situaciones que se puedan presentar y que permita recuperar la información por medio de la adaptación de la tasa de codificación.

- **Requerimientos de red**

En las operaciones de socorro es preferible utilizar antenas pequeñas para operar en la banda de 14/12 GHz o en la banda de 30/20 GHz. En caso que la red sea compartida, las operaciones de emergencia deben tener prioridad absoluta. El escenario ideal para este tipo de situaciones es poder contar con una red privada que disponga de las frecuencias e instalaciones destinadas para dicho objetivo. Si el número de estaciones terrenas es grande puede ser necesario el control de la red, el cual se denomina DAMA (Demand Assignment Multiple Access) o Acceso Múltiple por Asignación de Demanda.

- **Estaciones terrenas**

La cantidad total de potencia que en teoría debería de entregar una antena isotrópica se conoce como E.I.R.P (Equivalent Isotropically Radiated Power) o Potencia Equivalente Isotrópicamente Radiada. En las estaciones terrenas los niveles requeridos de E.I.R.P y recursos satelitales son analizadas en relación a los cálculos de presupuesto, asumiendo que se trata de una estación terrena pequeña (VSAT fijo, estación terrena montada en un vehículo o una estación transportable), que opera en la zona de desastre y a la vez se comunica con una estación terrena central equipada con una antena mucho más grande. Para elegir los parámetros de un sistema satelital en las bandas de 6/4 GHz, 14/12 GHz y 30/20 GHz, se deben considerar las tablas siguientes:

Tabla 1 Satélite típico, estación terrena, parámetros de *carrier* para cálculos

Tabla 1 a) Distancia al satélite GSO(Geo-Stationary Earth Orbit)

Elevación (grados)	10
Distancia (km)	40 600

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Tabla 1 b) Pérdidas de trayectoria (EL = 10°)

Frecuencia (GHz)	6/4		14/12		30/20	
	4.0	6.2	12.25	14.25	20.0	30.0
Ancho de banda (m)	0.08	0.05	0.02	0.02	0.02	0.01
Pérdidas de trayectoria (dB)	196.7	200.5	206.4	207.7	210.6	214.2

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Tabla 1 c) Parámetros de canal de transmisión

Modulación FEC	QPSK 1/2 Conv.⁽¹⁾	QPSK 3/4 Conv.⁽¹⁾	QPSK 1/2 Conv.⁽¹⁾	QPSK 1/2 turbo coding	8-PSK 2/3
BER	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
Requerimientos E_b/N_0 (dB)	6.1	7.6	4.4	3.1	9.0
FEC	0.5	0.75	0.5	0.5	0.67
Tasa de código ultraterrestre	1.0	1.0	188/204	1.0	1.0
Número de bits en un símbolo	2	2	2	2	3
Requerimientos C/N (dB)	6.1	9.4	4.0	3.1	12.0

⁽¹⁾Ancho restringido $k = 7$.

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Tabla 1 d) Ganancia de antena Estación Terrena y G/T

Banda (GHz)	6/4				14/12				30/20			
Diametro de antena	2.5 m		5.0 m		1.2 m		3.0 m		1.2 m		2.4 m	
Frecuencia (GHz)	4.0	6.2	4.0	6.2	12.25	14.25	12.25	14.25	20.0	30.0	20.0	30.0
Eficiencia	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Pico ganancia de antena (dBi)	38.2	42.0	44.2	48.0	41.5	42.8	49.5	50.8	45.8	49.3	51.8	55.3
G/T (dB/K)	17.5		23.5		20.8		28.8		25.1		31.1	

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Tabla 1 e) HUB ganancia de antena estación terrena y G/T

Frecuencia (GHz)	6/4		14/12		30/20	
	4.0	6.2	12.25	14.25	20.0	30.0
Ganancia de antena (dBi)	55.7	59.5	57.9	59.5	58.0	61.8
HUB Estación terrena G/T (dB/K)	35.0		35.0		35.0	
HUB Tamaño de antena de estación terrena (m)	18 m		7.6 m		4.7 m	

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Tabla 1 f) Ganancia del transponder del satélite

Satélite (GHz)	6/4	14/12	30/20
Banda (GHz)	6/4	14/12	30/20
Ancho de banda(m)	0.05	0.02	0.01
Tipo de rayo	GLOBAL	SPOT	Multi
Recepción de satélite G/T (dB/K)	-13.0	2.5	11.0
e.i.r.p. Saturación de transponder para un carrier (dBW)	29.0	45.8	54.5
SFD (dB(W/m ²))	-78.0	-83.0	-98.4
IBO-OBO (dB)	1.8	0.9	5.0
Gs(dB)	37.3	44.5	51.0
Transponderganancia #a (dB)	146.1	174.2	200.2
Transponderganancia #b (dB)	-55.3	-33.5	-14.0
SFD: Saturation flux-density (Saturación de densidad de flujo)			
IBO: Input back-off (Interrupción de entrada)			
OBO: Output back-off (Interrupción de salida)			

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

- **Enlaces satelitales**

El término QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) o Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura, es una forma de modulación angular que varía la fase de la portadora, en este caso desplazados entre sí 90° , equiespaciados. Normalmente se utilizan 45° , 135° , 225° y 315° .

La modulación QPSK con una tasa de $\frac{1}{2}$ código convolucional, $\frac{3}{4}$ código convolucional, $\frac{1}{2}$ código convolucional, el código exterior +188/204 Reed Solomon y $\frac{1}{2}$ del código turbo, son modulaciones digitales típicas y métodos FEC (Forward Error Correction) comúnmente utilizadas en los enlaces satelitales SFS. Cabe destacar que la combinación de un código convolucional como el código interno con un código externo Reed Solomon, actualmente son obsoletos por la codificación turbo o por la codificación de chequeo por paridad de baja densidad, más conocido por sus siglas como LDPC (Low Density Parity Check).

Los diámetros de las antenas para estaciones terrenas pequeñas oscilan entre 2.5 m ó 5 m para la banda de 4/6 GHz, y de 1.2 m y 3 m para la banda de 14/12 GHz, y 1.2 m y 2.4 m para la banda de 30/20 GHz. Las estaciones de 14/12 GHz y 30/20 GHz permiten la utilización de antenas de diámetros menores, siempre y cuando tengan las medidas apropiadas, tal como es el caso de los satélites con un mayor G/T (Gain to System Noise Temperature), o que utilizan la técnica de espectro ensanchado y que permiten reducir las emisiones fuera de eje a niveles aceptables.

En la banda de 4/6 GHz, una G/T típica para una estación terrena es de 17.5 dB/K y 23.5 dB/K, para las antenas de 2.5 m y 5 m, respectivamente. En la banda de 20 GHz, una G/T típica para una estación terrena es de 25.1 dB/K y 31.1 dB/K, para las antenas de 1.2 m y 2.4 m, respectivamente.

La temperatura de ruido del amplificador de bajo ruido, puede ser de 60K, 100K y 140K, en la banda de 4 GHz, la banda de 12 GHz y la banda de 20 GHz, respectivamente. Aunque las antenas de pequeña apertura de 45 cm y 75 cm pueden ser utilizadas siguiendo los parámetros establecidos en las Radio Regulaciones (RR) se debe de tomar en cuenta también el criterio de emisiones fuera del eje, por lo que su uso se debe limitar para evitar las interferencias de otros satélites y servicios.

Como resultado del cálculo para las conexiones en las direcciones *outbound* (hub-to-VSAT) y *inbound* (VSAT-to-hub), las siguientes tablas 2a), 2b) y 2c) son ejemplos de los niveles E.I.R.P. requeridos por la estación terrena y los recursos satelitales incluyendo los requerimientos E.I.R.P. del satélite.

Tabla 2a) Ejemplos de niveles de E.I.R.P. requerido para estaciones terrenas y recursos de satélites en la banda de 6/4 GHz

IR ⁽¹⁾	Modulación/FEC	QPSK 1/2 Conv. ⁽²⁾		QPSK 3/4 Conv. ⁽²⁾		QPSK 1/2 Conv. ⁽²⁾ +RS		QPSK 1/2 TC	
	Diámetro de antena	2.5 m	5.0 m	2.5 m	5.0 m	2.5 m	5.0 m	2.5 m	5.0 m
64 kbit/s	Ancho de banda asignado al satélite(kHz)	90	90	60	60	90	90	60	60
	e.i.r.p. del satélite(dBW)	6.8	0.9	8.3	2.4	6.8	0.9	8.3	2.4
	e.i.r.p. estación terrena (dBW)	46.2	46.2	47.7	47.7	46.2	46.2	47.7	47.7
	Potencia de transmisión estación terrena (W)	3.1	0.8	4.4	1.1	3.1	0.8	4.4	1.1
1 Mbit/s	Ancho de banda asignado al satélite(kHz)	1 434	1 434	956	956	1 434	1 434	956	956
	e.i.r.p. del satélite(dBW)	18.8	12.9	20.3	14.4	18.8	12.9	20.3	14.4
	e.i.r.p. estación terrena (dBW)	58.2	58.2	59.7	59.7	58.2	58.2	59.7	59.7
	Potencia de transmisión estación terrena (W)	50.3	12.6	71.1	17.8	50.3	12.6	71.1	17.8
6 Mbit/s	Ancho de banda asignado al satélite(kHz)	8 602	8 602	5 734	5 734	8 602	8 602	5 734	5 734
	e.i.r.p. del satélite(dBW)	26.6	20.7	28.1	22.2	26.6	20.7	28.1	22.2
	e.i.r.p. estación terrena (dBW)	66.0	66.0	67.5	67.5	66.0	66.0	67.5	67.5
	Potencia de transmisión estación terrena (W)	302.1	75.5	426.7	106.7	302.1	75.5	426.7	106.7

⁽¹⁾ IR: Information rate (tasa de información)
⁽²⁾ Anchorestringido $K = 7$.

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Tabla 2 b)Ejemplos de niveles de E.I.R.P. requerido para estaciones terrenas y recursos de satélites en la banda de 14/12 GHz

IR ⁽¹⁾	Modulación/FEC	QPSK 1/2 Conv. ⁽²⁾		QPSK 3/4 Conv. ⁽²⁾		QPSK 1/2 Conv. ⁽²⁾ +RS		QPSK 1/2 TC	
		1.2 m	3.0 m	1.2 m	3.0 m	1.2 m	3.0 m	1.2 m	3.0 m
64 kbit/s	Ancho de banda asignado al satélite(kHz)	90	90	60	60	97	97	90	90
	e.i.r.p. del satélite(dBW)	14.7	7.4	16.2	8.9	13.0	5.7	11.7	4.4
	e.i.r.p. estación terrena (dBW)	35.6	35.6	37.1	37.1	33.9	33.9	32.6	32.6
	Potencia de transmisión estación terrena (W)	0.3	0.1	0.5	0.1	0.2	0.04	0.2	0.03
1 Mbit/s	Ancho de banda asignado al satélite(kHz)	1 434	1 434	956	956	1 556	1 556	1 434	1 434
	e.i.r.p. del satélite(dBW)	26.7	19.4	28.2	20.9	25.0	17.7	23.7	16.4
	e.i.r.p. estación terrena (dBW)	47.7	47.7	49.2	49.2	46.0	46.0	44.7	44.7
	Potencia de transmisión estación terrena(W)	5.3	0.9	7.5	1.2	3.6	0.6	2.7	0.4
6 Mbit/s	Ancho de banda asignado al satélite(kHz)	8 602	8 602	5 734	5 734	9 334	9 334	8 602	8 602
	e.i.r.p. del satélite(dBW)	34.5	27.2	36.0	28.7	32.8	25.5	31.5	24.2
	e.i.r.p. estación terrena (dBW)	55.4	55.4	56.9	56.9	53.7	53.7	52.4	52.4
	Potencia de transmisión estación terrena (W)	32.0	5.1	45.1	7.2	21.6	3.5	16.0	2.6

(1) IR: Information rate (tasa de información)⁽²⁾ Anchorestringido $K = 7..$

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Tabla 2 c)Ejemplos de niveles de E.I.R.P. requerido para estaciones terrenas y recursos de satélites en la banda de 30/20 GHz

IR ⁽¹⁾	Modulación/FEC	QPSK 1/2 Conv. ⁽²⁾		QPSK 3/4 Conv. ⁽²⁾		QPSK 1/2 Conv. ⁽²⁾ +RS		QPSK 1/2 TC	
		1.2 m	2.4 m	1.2 m	2.4 m	1.2 m	2.4 m	1.2 m	2.4 m
64 kbit/s	Ancho de banda asignado al satélite(kHz)	90	90	60	60	97	97	90	90
	e.i.r.p. del satélite(dBW)	25.8	25.5	27.3	27.0	24.1	23.8	22.8	22.5
	e.i.r.p. estación terrena (dBW)	30.7	30.7	32.2	32.2	29.0	29.0	27.7	27.7
	Potencia de transmisión estación terrena (W)	0.024	0.006	0.035	0.009	0.017	0.004	0.012	0.003
1 Mbit/s	Ancho de banda asignado al satélite(kHz)	1 434	1 434	956	956	1 556	1 556	1 434	1 434
	e.i.r.p. del satélite(dBW)	37.9	37.6	39.4	39.1	36.2	35.9	34.9	34.6
	e.i.r.p. estación terrena (dBW)	42.8	42.8	44.3	44.3	41.1	41.1	39.8	39.8
	Potencia de transmisión estación terrena	0.4	0.1	0.6	0.1	0.3	0.1	0.2	0.05

6 Mbit/s	Ancho de banda asignado al satélite(kHz)	8 602	8 602	5 734	5 734	9 334	9 334	8 602	8 602
	e.i.r.p. del satélite(dBW)	45.6	45.4	47.1	46.9	43.9	43.7	42.6	42.4
	e.i.r.p. estación terrena (dBW)	50.6	50.6	52.1	52.1	48.9	48.9	47.6	47.6
	Potencia de transmisión estación terrena (W)	2.3	0.6	3.3	0.8	1.6	0.4	1.2	0.3
⁽¹⁾ IR: Information rate (tasa de información) ⁽²⁾ Ancho restringido $K = 7..$									

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

El valor de ancho de banda requerido para un sentido de transmisión, será el doble del valor para ambas direcciones. El E.I.R.P. de la estación terrena y la potencia de transmisión que se muestran para el enlace ascendente de entrada y el enlace descendente de salida están relacionados con la potencia limitada de las estaciones terrenas. La atenuación producida por la lluvia no se incluye en los cálculos de las tablas ya que depende de las condiciones de la zona, la provisión y del margen de lluvia. La interferencia e intermodulación tampoco son tomados en cuenta. Por lo que para tomar en cuenta esos márgenes es necesario ver las recomendaciones dadas por la UIT. Para la atenuación provocada por lluvia se utilizará la recomendación UIT-R P.618 y para diversos criterios de interferencia se usa la recomendación UIT-R S.1432. A continuación, se describen algunos sistemas que incorporan servicios SFS.

2.2.2 Servicio Móvil por Satélite (SMS)

Los servicios móviles satelitales (SMS) permiten el acceso a servicios de voz y de transmisión de datos y vídeo. Debido a su fácil implantación, gran cobertura e independencia de la infraestructura local de telecomunicaciones (que puede quedar destruida durante una catástrofe), las terminales de satélite móviles y los equipos auxiliares son medios muy eficaces en la prestación de servicios de telecomunicaciones de emergencia para operaciones de socorro.

Cuando ocurren catástrofes, como los recientes terremotos que devastaron Haití y Chile, los sistemas satelitales mediante un enlace de telecomunicaciones fiable pueden ser utilizados para las operaciones de socorro. En ambos países, organizaciones internacionales prestaron asistencia instalando terminales de satélite y estaciones terrenas con la finalidad de restablecer los enlaces de comunicación básicos. Específicamente, Costa Rica facilitó ayuda a Haití mediante el envío de un grupo especializado para la instalación de una antena VSAT de 1Mbps, poniendo en funcionamiento 12 teléfonos satelitales.

La recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R M.1854, contiene información sobre la utilización del servicio móvil por satélite para respuesta y socorro en caso de catástrofe. Similar a los servicios fijos por satélite, la recomendación alienta a los operadores de sistemas de SMS a continuar trabajando con la UIT en relación con las situaciones y las operaciones de socorro en caso de catástrofe.

En adelante, se describirán los modos de aplicación de los servicios SMS y diversos ejemplos, que pueden servir como modelo para la Red Alternativa de Emergencias, basando su desarrollo en el informe UIT-R S.2149 denominado *“Utilización y ejemplos de sistemas del servicio móvil por satélite para operaciones de socorro en caso de catástrofes naturales y emergencias similares”*.

Según el informe anteriormente citado existen dos modos de aplicar los sistemas del SMS para establecer las comunicaciones de socorro en caso de catástrofe. Uno de ellos consiste en explotar el sistema del SMS directamente, proporcionando telecomunicaciones mediante terminales portátiles de bolsillo o transportables entre los terminales del SMS y la infraestructura global. El otro es establecer una

interfaz entre los sistemas terrenales locales y la infraestructura global proporcionando servicios de reserva por satélite.

2.2.2.1 Descripción de la red

- **Aplicación directa del servicio SMS**

Los sistemas del SMS proporcionan servicios de voz, datos y vídeo, así como acceso a Internet. Además, estos sistemas pueden facilitar la interconexión con otro tipo de redes públicas y privadas. Algunos sistemas LEO actualmente en funcionamiento, así como un sistema GEO soportan mensajería de texto que se transmiten o reciben directamente a terminales portátiles. El sistema GEO también soporta un servicio de radiocomunicaciones móviles por paquete geostacionario (GMPRS) que se trata del servicio general de telecomunicaciones por paquetes (GPRS) a través de un satélite dirigido directamente a los terminales portátiles, permitiendo de esa forma a dichos terminales el acceso a Internet.

Los sistemas del SMS son adecuados para difundir información a zonas amplias y establecer comunicaciones en zonas alejadas. Estos también se pueden utilizar para enviar avisos de catástrofes inminentes o anunciar la prestación de socorro. Los sistemas del SMS pueden utilizarse junto con sistemas de sensores o de recopilación de datos del medio ambiente local para retransmitir dichos datos a una central que sea responsable de la toma de decisiones basándose en estos datos obtenidos.

Un posible ejemplo de aplicaciones de comunicaciones para la prestación de socorro en caso de catástrofe, utilizando un sistema del SMS GEO, es la transmisión de imágenes fijas o en movimiento de la zona dañada mediante Internet o la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) para informar al centro de salvamento en

tiempo real sobre las víctimas y/o el área afectada; y ayudar al centro responsable a considerar las acciones de socorro pertinentes.

- **Aplicación del servicio SMS en combinación con las componentes de red terrenal**

Existen diferentes formas para el establecimiento de servicios SMS en combinación con redes terrenales, éstas pueden establecerse como reserva de los servicios terrestres o bien como una componente complementaria a las mismas. Un ejemplo de radiocomunicaciones en caso de catástrofe, utilizando una componente del SMS, para el primer tipo consiste en establecer un sistema de telefonía celular sustituyendo las funciones que llevan a cabo las instalaciones terrenales averiadas o destruidas. Las radiocomunicaciones con el resto del mundo se establecen a través de enlaces de satélite dirigidos a estaciones terrenas de cabecera.

Una red básica para los sistemas satelitales de reserva está conformada por múltiples teléfonos de satélite para transmisiones de voz y uno o varios teléfonos satelitales de voz/datos, con un enlace de datos de 9,6 kbit/s. El sistema de reserva puede proporcionarlo un sistema del SMS GEO o no GEO. La figura 3 muestra la arquitectura del sistema.

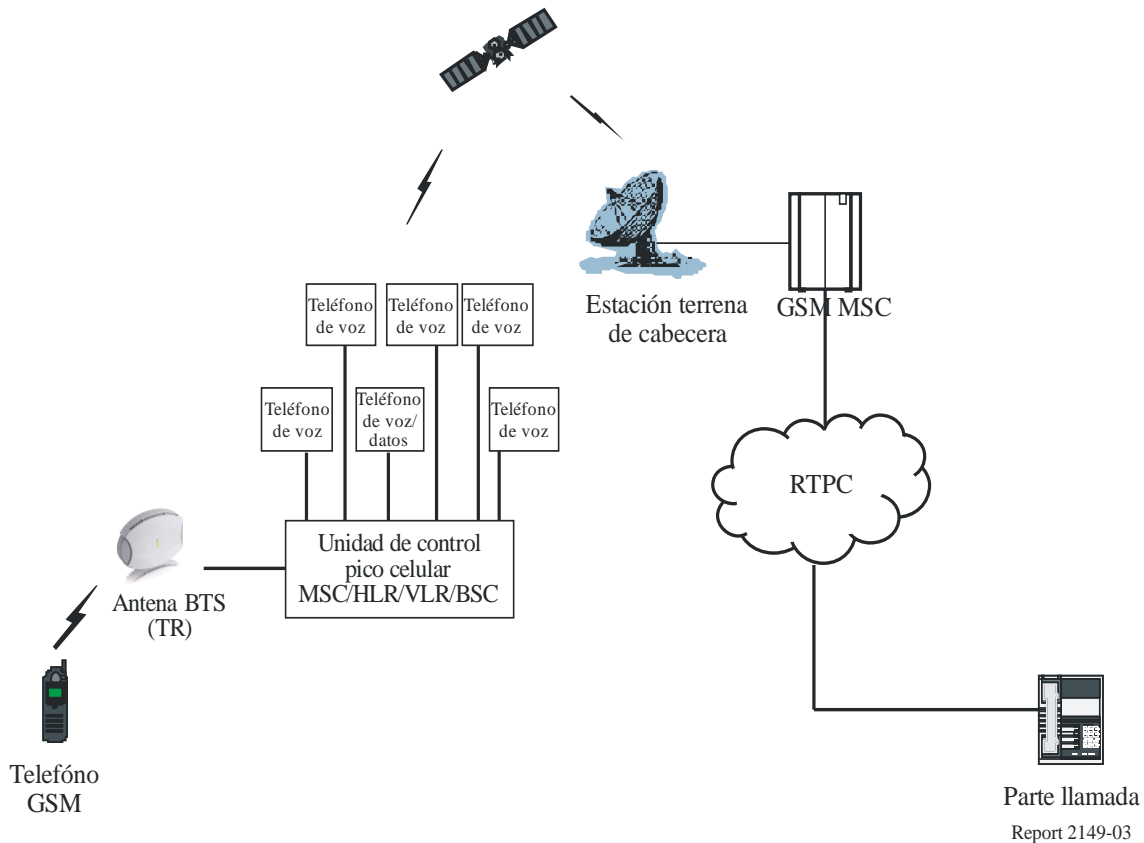


Figura 3 Sistema celular conectado a la red telefónica pública conmutada (RTPC) a través de un sistema SMS [6].

El sistema celular consta de:

- Una unidad de control (centro de conmutaciones móvil integrado/registro de emplazamiento residencial/registro de emplazamiento de visitantes/controlador de estación de base) (MSC/HLR/VLR/BSC).
- Unidades (de transmisión y recepción) de estaciones transceptoras de base modulares (BTS).
- Un conjunto de teléfonos del SMS para establecer las comunicaciones con la red telefónica terrenal a través de satélite. Uno de los canales vocales puede utilizarse para datos en vez de voz.

La unidad de control celular:

- Controla el funcionamiento de la unidad BTS.
- Permite a los teléfonos locales la comunicación directa entre sí.
- Proporciona enlaces entre los teléfonos celulares locales y otras redes telefónicas.

Esta solución puede ampliarse manejando muchas más unidades BTS como al extremo SMS donde pueden proporcionarse enlaces bidireccionales adicionales. En la estación terrena de cabecera del SMS, se instala una unidad de control especial que actúa como interfaz entre los enlaces del SMS y el sistema mundial para las redes de comunicaciones móviles (GSM).

Un enlace por satélite del SMS también puede utilizarse para proporcionar radiocomunicaciones de emergencia a una red privada, sustituyendo de esa forma la función que realizan en las instalaciones terrenales averiadas o destruidas. La radiocomunicación con el resto del mundo se ofrecen a través de enlaces de satélite a estaciones terrenas de cabecera.

Este sistema consta de varios canales de voz que funcionan únicamente a través de una red IP de satélites utilizando la configuración Voz sobre IP (VoIP). La capacidad de los canales telefónicos depende de la capacidad del enlace del SMS y del método de codificación de voz. La figura 4 muestra la forma de gestionar una llamada.

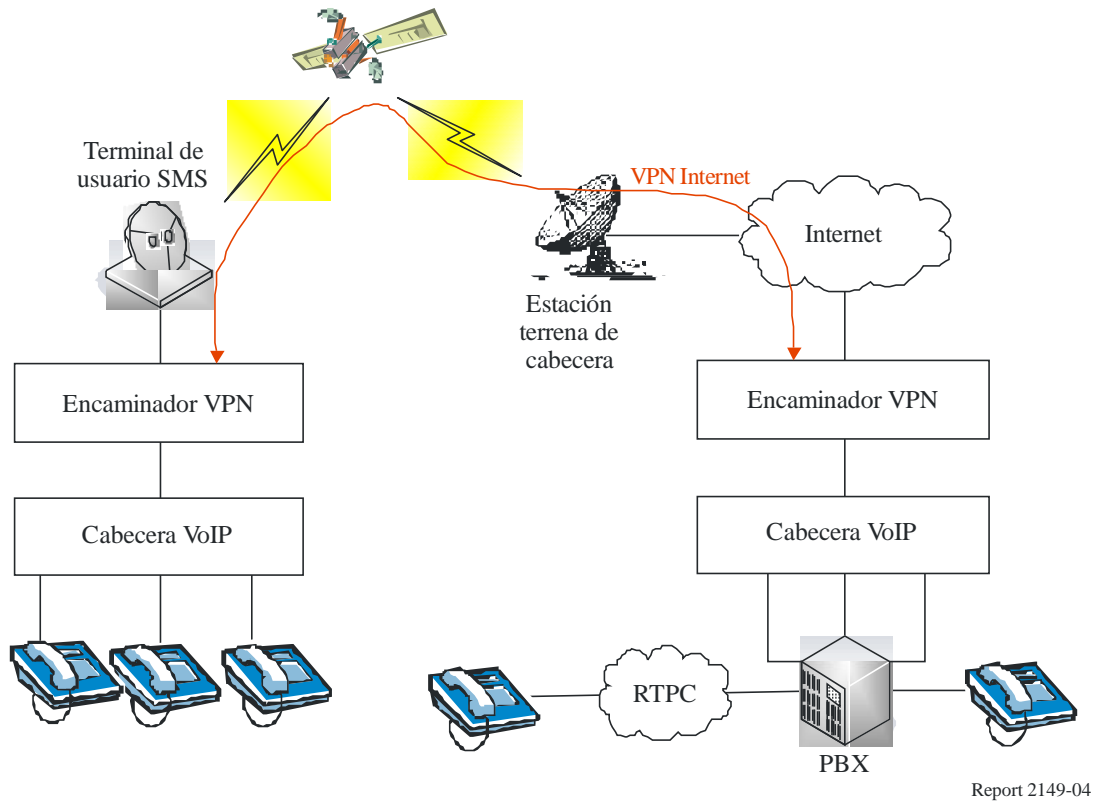


Figura 4 Sistema de línea telefónica interna conectado a la RTPC a través de un sistema del SMS [6].

Por otro lado, los sistemas SMS pueden establecerse como redes complementarias a los sistemas terrenales. En tales redes las componentes terrenas y de satélite son controladas por el mismo sistema de gestión de red de satélites.

En una red terrenal y por satélite móvil integrada los equipos terminales son capaces de establecer comunicaciones con el satélite, o con una estación de base terrenal utilizando la misma banda de frecuencias del SMS. Todas las comunicaciones son gestionadas por un único sistema de control de red lo que maximiza la eficacia, controla la utilización de frecuencias y garantiza la disponibilidad de los recursos del espectro cuando se necesiten.

Este enfoque permite disponer de diferentes modos de radiocomunicaciones, proporcionando los servicios cuando el otro modo no esté disponible. Cabe resaltar que estas soluciones están en etapa inicial de pruebas.

En el siguiente apartado se describe brevemente diversos sistemas satelitales que proveen servicios en distintas regiones del mundo, o bien que se encuentran en la etapa de implementación de la red.

Es importante destacar que Costa Rica está adherido a la Organización Internacional de Telecomunicaciones Móviles por Satélite (IMSO)³, la cual es una organización intergubernamental que supervisa determinados servicios públicos de comunicación satelital relativos a la seguridad que se transmiten a través de los satélites de Inmarsat [8]. Asimismo, es miembro de la ITSO⁴ (Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite) anteriormente conocida como INTELSAT, que es una organización intergubernamental con la misión de velar por que Intelsat, Ltd. suministra servicios públicos de telecomunicaciones, incluidos los de voz, datos y vídeo, a escala mundial y en forma no discriminatoria. A su vez Intelsat, Ltd. es una compañía privada que presta servicios satelitales con 53 satélites alrededor del mundo.

³http://www.imso.org/member_states.asp

⁴http://67.228.58.85/dyn4000/itso/tp1_itso.cfm?location=&id=3&link_src=HPL&lang=spanish

2.3 Ejemplos de sistemas satelitales para el despliegue de comunicaciones en casos de catástrofe

2.3.1 Estación terrena portátil en la banda de operación de 14/12 GHz

Varios tipos de equipos en estaciones terrenas se han desarrollado para el uso de nuevos sistemas de radiocomunicaciones por satélite en la banda 14/12 GHz, con la ventaja de que las antenas presentan un diámetro muy pequeño, alrededor de los 1.2m.

En cuanto a la implementación de estaciones terrenas pequeñas se han realizado esfuerzos para reducir el tamaño de los equipos que la conforman y así mejorar la facilidad de transporte de la unidad, permitiendo el uso ocasional o temporal de estas estaciones para la operación de emergencias en cualquier lugar del mundo. Usualmente, estas estaciones terrenas temporales son instaladas en un vehículo con una pequeña antena.

El tiempo de instalación de una estación terrena portátil es de aproximadamente de 15 a 30 minutos. El tamaño y el peso del equipo en general permiten que se instalen por una o dos personas. El peso total de este tipo de estación terrena incluyendo el equipo de generación eléctrica y los elementos del montaje de la antena ronda de 150 kg a 200 kg. También, los equipos pueden ser transportados en helicópteros.

En Japón se emplean estaciones terrenas portátiles en la banda 14/12 con las siguientes características:

- **Estación Terrena Portátil**

- Satélite de Japón
- Banda de frecuencia 14/12 GHz
- Tipo de transporte: Vehículo equipado
- Diámetro de la antena: 1.8m
- E.I.R.P: 71.2 dBW
- Ancho de banda RF: 1.4- 60 Mbit/s
- Peso del equipo: 250 kg
- Capacidad del generador por consumo eléctrico: 4.1 kW

- **Estación Terrena Portátil**

- Satélite de Japón
- Banda de frecuencia 14/12 GHz
- Tipo de transporte: transporte aéreo
- Diámetro de la antena: 0.9m
- E.I.R.P: 66 dBW
- Ancho de banda RF: 64 - 60 Mbit/s
- Peso del equipo: 130 kg
- Capacidad del generador: 4.1 kW

2.3.2 Estación terrena portátil en la banda de operación de 30/20 GHz

Existen diversos tipos de estaciones terrenas transportables que operan en la banda de 30/20 GHz que pueden ser transportadas por un camión o un helicóptero y que se han fabricado e implementado de manera satisfactoria en Japón. Ejemplos de estaciones se muestran a continuación:

- **Estación Terrena Portátil**

- Satélite de Japón
- Banda de frecuencia 30/20 GHz
- Peso de la estación: 5.8 toneladas⁵
- Potencia requerida: 2.7 kVA
- Tipo de Antena: Cassegrain
- Diámetro de la antena: 2.7 m
- E.I.R.P máximo: 76 dBW
- Tipo de modulación: FM (permite 1 canal de TV a color) o FDM-FM (permite 132 canales de voz)
- Tiempo de instalación de la estación terrena: 1 hora
- Lugar de instalación: Un camión

⁵ Incluye el peso del vehículo

- **Estación Terrena Fija**

- Satélite de Japón
- Banda de frecuencia 30/20 GHz
- Peso de la estación: 2 toneladas⁶
- Potencia requerida: 9 kVA
- Tipo de Antena: Cassegrain con reflector de 3 secciones
- Diámetro de la antena: 3 m
- E.I.R.P máximo: 79.8 dBW
- Tipo de modulación: FM (permite 1 canal de TV a color en una vía) o ADPCM-BPSK-SCPC (permite 3 canales de voz)
- Tiempo de instalación de la estación terrena: 1 hora
- Lugar de instalación: En el suelo (fijo)

- **Estación Terrena Portátil**

- Satélite de Japón
- Banda de frecuencia 30/20 GHz
- Peso de la estación: 1 tonelada
- Potencia requerida: 1 kVA (no incluye alimentación del aire acondicionado)
- Tipo de Antena: Cassegrain
- Diámetro de la antena: 2 m
- E.I.R.P máximo: 56.3 dBW
- Tipo de modulación: ADM-QPSK-SCPC (permite 1 canal de voz)
- Tiempo de instalación de la estación terrena: menos de 1 hora
- Lugar de instalación: En el suelo (fijo)

2.3.3 Ejemplos de estaciones terrenas para redes de emergencia.

- **Caso Italia**

Una red de satélites de emergencia ha sido diseñada e implementada en Italia operando en la banda de frecuencias de 14/12.5 GHz a través de un transponder de EUTELSAT. Esta red dedicada se basa en técnicas totalmente digitales, ofreciendo servicios de voz y datos en estado de emergencia, utiliza un canal de vídeo comprimido para operaciones de socorro y recolección de datos ambientales.

⁶IBIDEM

La arquitectura de red se basa en una configuración en estrella doble, utilizando la técnica de transmisión dinámica de TDM-BPSK para los canales de entrada y la técnica de FDMA, TDMA-BPSK para los canales de salida.

La red terrena de comunicaciones está conformada por los siguientes elementos:

- Estación Central Principal fija, es una estación para las dos redes (estrella doble), con una antena de diámetro de 9m con un transmisor de 80 W de potencia.
- Estaciones terrenas transportables o portátiles, con antenas de 2,2m y transmisores de 110 W. Las estaciones terrenas transportables están ensambladas en un camión, pero si es necesario, también puede ser cargadas en un helicóptero de carga para el transporte rápido. Tienen una capacidad de recepción (G/T) de 22,5 dB/K y están equipadas con dos setde equipos, permitiendo brindar un canal de voz a 16 kbit/s y un canal para fax a 2,5 kbit/s. Además, se permite transmitir un canal de vídeo comprimido a 2.048 Mbit/s en SCPC BPSK quees controlado a distancia por la Estación Central Principal.
- Plataformas fijas pequeñas, para la transmisión de datos con antenas de 1,8 metros y amplificadores de 2 W. Las plataformas fijas pequeñas tienen una buena capacidad de recepción con el fin de ser controlados a distancia por la Estación Central Principal, con un promedio de *throughput* de transmisión de 1,2 kbit/s.

Características de los elementos de la Red de Emergencias Satelitales operando a 14/12 GHz

- **Estación Central Principal**

- Satélite de Italia (EUTELSAT)
- Banda de frecuencia 14/12 GHz
- Tipo de transporte: fijo
- Diámetro de la antena: 9m
- Potencia de transmisión: 80W
- Potencia requerida: 15 kVA
- Comunicación:
 - TX: 512 kbit/s - TDM/BPSK
 - RX: n x 64 kbit/s – FDMA/TDMA/BPSK y 2.048 Mbit/s – SCPC/QPSK
- Capacidad del servicio:
 - 12 x 16 kbit/s canales de voz
 - 12 x 2.4 kbit/s canales de fax
 - 1 x 2.048 Mbit/s canales de video

- **Estaciones terrenas transportables o portátiles**

- Satélite de Italia (EUTELSAT)
- Banda de frecuencia 14/12 GHz
- Tipo de transporte: camión o helicóptero
- Diámetro de antena: 2.2m
- Potencia de transmisión: 110W
- Potencia requerida: 2 kVA
- Comunicación:
 - TX: 64 kbit/s - TDMA/BPSK y 2.048 Mbit/s – SCPC/QPSK
 - RX: 512 kbit/s – TDM/BPSK
- Capacidad del servicio:
 - 2 x 16 kbit/s canales de voz
 - 2 x 2.4 kbit/s canales de fax
 - 1 x 2.048 Mbit/s canales de video

- **Plataformas fijas**

- Satélite de Italia (EUTELSAT)
- Banda de frecuencia 14/12 GHz
- Tipo de transporte: fijo
- Diámetro de antena: 1.8m
- Potencia de transmisión: 2W

- Potencia requerida: 0.15 kVA
- Comunicación:
 - TX: 64 kbit/s - TDMA/BPSK
 - RX: 512 kbit/s – TDM/BPSK
- Capacidad del servicio: 1 x 1.2 kbit/s canales de datos

- **Caso Japón**

En Japón, existe una red de satélites que opera en la banda de frecuencias de 14/12.5 GHz, dedicado para radiocomunicaciones de emergencia. La red de satélites tiene capacidad para más de 4700 estaciones terrenas entre ellas estaciones VSATs fijas, estaciones terrenas transportables instalados en vehículos y estaciones terrenas. La red provee los servicios de voz, fax, transmisión de vídeo y de transmisión datos IP a alta velocidad.

La red está basada en el método de acceso múltiple por asignación de demanda DAMA, por lo tanto los canales de satelitales pueden ser compartidos por 5000 estaciones terrenas. La estación terrena solicita a la estación de coordinación de la red la asignación de canales de tráfico para voz, fax y datos IP. Es importante indicar que existe una estación terrena principal y otra de reserva para proporcionar redundancia a la red.

La red está diseñada para tener una topología multi-estrella para cada zona (Japón está formado por 47 zonas), por lo tanto cada zona es considerada como una subred independiente.

En virtud de la red de grupos cerrados, los recursos de satélite pueden ser controlados por la estación de coordinación de la red en función de la urgencia de los acontecimientos. Por ejemplo, la Estación de Coordinación de la Red puede establecer radiocomunicaciones prioritarias para una zona donde ocurra.

La red implementada brinda diferentes tipos de canales para desplegar los servicios, entre ellos, canales de SCPC (voz/datos/ fax), mensajes de voz y texto, transmisión de datos IP, video digital, difusión de datos (broadcast) y señalización por canal común (CSC).

Los canales SCPC (32 kbit/s ADPCM) y los canales de transmisión de datos IP (32 kbit/s - 8 Mbit/s de velocidad variable) se asignan por parte de la Estación de Coordinación de la Red a las estaciones terrenas en función de la demanda.

El ancho de banda de un canal de transmisión de datos IP se solicita desde una estación terrena en función de su rendimiento de tráfico de datos IP y es asignado por la Estación de Coordinación de la Red. Así, la Estación de Coordinación de la Red gestiona los recursos del satélite de manera eficiente dependiendo del tráfico que maneja la red, por medio de un algoritmo de gestión de canales.

La red cuenta con dos tipos de vehículos (Tipo-A y Tipo-B) para instalar las estaciones terrenas. El Tipo-A tiene una estación terrena diseñada para transmitir imágenes en movimiento completo basado en MPEG-2 (es decir, 6 Mbit/s) y proporcionar un circuito de voz al mismo tiempo disponible durante la transmisión de vídeo. El vehículo Tipo-A es grande y es conocido como tipo "Wagon". Por otra parte, la estación terrena del Tipo-B está diseñado para transmitir una baja tasa de imagen limitada de movimiento por MPEG-4/IP (es decir, 1 Mbit/s) con un circuito de voz conmutable con la transmisión de vídeo, con una velocidad de transmisión de video de 256kbit/s. El Tipo-B es un vehículo más pequeño, estilo "Land-Cruiser". A continuación, se muestran algunos parámetros de los vehículos de red satelital de Japón.

Vehículo Tipo-A

Servicios:

- Video en movimiento completo, basado en MPEG-2 (6 Mbit/s)
- Circuito simultáneo de voz

Diámetro de la antena: 1.5m

Potencia de salida: 70W

Estilo de vehículo: Wagon

Vehículo Tipo-B

Servicios:

- Video limitado de movimiento en IP, basado en MPEG-4 (1 Mbit/s)
- Circuito de voz y video, conmutado

Diámetro de la antena: 0.75m

Potencia de salida: 70W

Estilo de vehículo: Land-Cruiser

- **Caso Sureste de Asia**

La Red de Comunicación de Emergencia en el sureste de Asia ha puesto en marcha un sistema VSAT para mejorar las telecomunicaciones de banda ancha entre sus oficinas y mejorar así la política de gestión de e-riesgo. La red opera en la banda 14/12 GHz (la banda de 14 GHz para los enlaces ascendentes, la banda de 12 GHz para los enlaces descendentes).

La red de satélite interconecta las oficinas principales con un enlace redundante. La red de oficinas cuenta con 110 oficinas distribuidas en todo el territorio y 12 vehículos destinados a situaciones de emergencia.

La red está basada en IP, y ofrece todos los servicios comunes de una intranet, entre ellos el acceso a la web y a los servidores de FTP, mensajería electrónica y la distribución de contenidos en multicast, por ejemplo el streaming. Además, ofrece aplicaciones de banda ancha pertinentes para la gestión de estado de crisis como la videoconferencia y la voz sobre IP.

En situaciones normales, el sistema puede transportar hasta 8 Mbit/s:

- 2 Mbit/s compartidos por todas las radiocomunicaciones de voz;
- 3 Mbit/s para el intercambio de datos con la central;

- 3 Mbit/s para los datos compartidos entre centrales.

En situaciones de crisis, el sistema maneja hasta 21 Mbit/s:

- 12 Mbit/s para dos secuencias de vídeo;

- 9 Mbit/s para un máximo de 16 terminales de videoconferencia.

Se basa en una red de satélite DVB-RCS en estrella. DVB-RCS es sinónimo de vídeo digital de canales de radiodifusión de retorno vía satélite. Esta tecnología corresponde la norma ETSI (EN 301 790) y permite el acceso a los servicios multimedia por satélite por medio de un plato pequeño, de acuerdo a la Recomendación UIT-R S.1709 - Características técnicas de las interfaces de aire para sistemas de satélites mundiales de banda ancha.

La topología en estrella es la más apropiada para los servicios como la videoconferencia, ya que son, por naturaleza, punto a multipunto con una unidad de control multipunto situado en el centro. Este también, permite el acceso a Internet por medio de un servidor de acceso de banda ancha.

2.3.4 Redes mundiales para el despliegue de comunicaciones por satélite

Sistema del Servicio Móvil por Satélite (SMS)	Características
Iridium (HIBLEO-2)	<p>Constelación de 66 satélites en órbita terrestre baja (LEO) circular dispuesta en 6 planos polares con 11 satélites activos por plano más uno de reserva, a una altitud de 780 km, para ofrecer una cobertura mundial completa ubicua, incluyendo las zonas polares y todos los océanos.</p> <p>Total independencia de la infraestructura terrenal para las comunicaciones móvil a móvil y sólo es necesaria una estación de cabecera comercial ubicada en Tempe, Arizona, para la conexión con el mundo exterior.</p> <p>Utiliza una red de enlaces entre satélites, combinada con un acceso global al sistema a través de una sola cabecera.</p> <p>Ofrece comunicaciones de voz en modo dúplex a terminales portátiles de usuarios en movimiento, con disponibilidades de más del 80% en condiciones de apantallamiento intenso y una disponibilidad superior al 95% en condiciones de apantallamiento medio</p> <p>Servicios de datos por ráfaga corta para enviar o recibir en tiempo real pequeñas cantidades de datos.</p> <p>Geolocalización con una resolución de 20 km y servicio de mensajería corta.</p>
Globalstar (HIBLEO-4)	<p>Constelación de 48 vehículos espaciales LEO para proporcionar una cobertura completa de la masa terrestre y algunas zonas oceánicas situadas entre $\pm 70^\circ$ de latitud y cobertura reducida a latitudes superiores o inferiores a $\pm 70^\circ$.</p> <p>Se proporciona servicio a terminales portátiles, en vehículos y fijos Las conexiones que utilizan diversidad de satélite ofrecen un 96% de disponibilidad a los usuarios de terminales móviles.</p> <p>Pueden ofrecerse comunicaciones de datos bidireccionales a velocidades de hasta 128 kbit/s;</p> <p>Transmisión simplex para transmitir datos meteorológicos, geológicos, etc.</p> <p>La posición del terminal de usuario puede determinarse con un margen de precisión de 10 km.</p>
Inmarsat	<p>Constelación de 11 satélites geoestacionarios, está previsto el lanzamiento de satélites adicionales.</p> <p>Comunicaciones con conmutación de circuitos y paquetes para terminales móviles, terminales semifijos y terminales en vehículo, obteniendo una conectividad en los entornos terrenal, marítimo y aeronáutico.</p> <p>Suministrador único de comunicaciones de voz y datos por el SMS para el sistema mundial de socorro y seguridad marítimos (SMSSM) aprobado por la Organización Marítima Internacional (OMI). Incluyen voz, télex y datos para casos de socorro, alertas y mensajería de urgencia y seguridad y provisión de información sobre seguridad marítima.</p>

Sistema del Servicio Móvil por Satélite (SMS)	Características
Thuraya	<p>Actualmente consta dos satélites geoestacionarios que ofrecen cobertura geográfica a unos 140 países en Europa, África (salvo unos pocos países en la parte meridional de África), Asia y partes de la Región del Pacífico. Thuraya también ha añadido a su cobertura la Región Oriental de Asia-Pacífico con el lanzamiento del satélite Thuraya-3 a principios de 2008.</p> <p>Proporciona servicios de voz, SMS, facsímil, datos a baja velocidad (9,6 kbit/s), GPRS (hasta 60 kbit/s), datos a alta velocidad (hasta 444 kbit/s) y servicios arrendados (basados en GPS) utilizando diferentes tipos de terminales.</p> <p>Thuraya ha concluido una serie de acuerdos comerciales sobre itinerancia operacional con 275 redes GSM/operadores de todo el mundo lo que permite a los abonados de Thuraya desplazarse por el interior de las redes GSM asociadas.</p>
SkyTerra	<p>Conformado por el sistema MSAT-1 canadiense y el sistema MSAT-2 de Estados Unidos</p> <p>Utilizan satélites geoestacionarios para proporcionar servicios de comunicaciones móviles que incluyen telefonía, datos por marcación, facsímil, radiocomunicaciones de despacho y servicios de datos por paquetes en Canadá, Estados Unidos de América, incluidos Alaska, Hawai, Puerto Rico y el Caribe.</p> <p>Los satélites van equipados con antenas reflectoras en banda L de 22 m que permiten la utilización de terminales móviles del tamaño de un teléfono portátil así como terminales transportables compactos o fijos.</p> <p>Los satélites forman parte de un sistema del SMS integrado que utiliza una componente de satélite y una componente de terrena en la que esta última es complementaria a la componente de satélite y funciona como parte integrante del sistema del SMS.</p>
TerreStar	<p>El satélite del SMS geoestacionario TerreStar-1 se lanzó en julio de 2009 y está ubicado en 111° W. Se ha iniciado ya la construcción de un segundo satélite geoestacionario del SMS, el TerreStar-2.</p> <p>La zona de cobertura inicial de TerreStar incluirá Canadá, la parte continental de Estados Unidos de América, Hawai, Puerto Rico y las Islas Vírgenes de Estados Unidos.</p> <p>El segmento terreno constará de terminales de usuario móviles en la banda de 2,0/2,2 GHz y estaciones de base de la componente terrenal auxiliar, dos estaciones de cabecera de 14/11 GHz geográficamente separadas situadas en Canadá y Estados Unidos de América y un cierto número de estaciones terrenas de calibración en la banda 2,0/2,2 GHz situadas a través de América del Norte.</p> <p>Se espera que la red soporte aplicaciones de voz, datos y web, incluido el flujo de vídeo, multidifusión PPT («push-to-talk») y elaboración de documentos en tiempo real, además de establecimiento de prioridades del tráfico.</p>

Sistema del Servicio Móvil por Satélite (SMS)	Características
<p>DBSD North America, Inc.</p>	<p>Se tiene previsto explotar una red de servicios móviles por satélite con una componente terrenal auxiliar (ATC) en Estados Unidos de América. El satélite ICO G1 fue lanzado el 14 de abril de 2008, ocupa un intervalo orbital en la longitud 92,85° W, y cubre todo el territorio de Estados Unidos de América, Puerto Rico y las Islas Vírgenes. DBSD no está actualmente autorizada para proporcionar servicios fuera de Estados Unidos de América.</p> <p>El sistema se ha diseñado para soportar un conjunto completo de servicios inalámbricos dirigidos al mercado de masas, incluidas las aplicaciones tradicionales de voz, mensajería de texto, correo-e y otras aplicaciones de datos en banda estrecha.</p> <p>Soportar una cierta variedad de aplicaciones de banda ancha, incluida la radiodifusión de datos y/o vídeo a partir del segmento de satélite, así como un sistema de banda ancha bidireccional que depende del nivel de instalación del segmento terrenal.</p> <p>Soportar protocolos radioeléctricos tales como AMDC, LTE, WiMax, GSM, servicios por satélite dirigidos a terminales portátiles de DVB-SH o OFDM.</p>
<p>ACeS</p>	<p>Primer SMS con dispositivos portátiles con una zona de cobertura del sudeste asiático. El sistema ACeS es miembro de la familia GMPCS y funciona en las bandas de frecuencias de 1 525-1 544/1 545-1 559 MHz (espacio-Tierra) y 1 626,5-1 645,5/1 646,5-1 660,5 MHz (Tierra-espacio)</p> <p>Sistema con capacidad de modo doble (GSM/satélite) que permite al usuario desplazarse a lo largo de cualquier red GSM en el mundo. El sistema ACeS funciona utilizando el satélite geostacionario Garuda-1 situado en 123° E con dos antenas de 12 m para proporcionar 140 haces puntuales de satélite que cubren algunos países de la Región de Asia-Pacífico,</p> <p>El sistema ofrece servicios de voz, datos y de seguimiento. El servicio de seguimiento es básicamente un SCADA (control de supervisión y adquisición de datos) que proporciona informes sobre emplazamiento e información personalizada solicitada por el usuario.</p> <p>Países cubiertos: India, Sri Lanka, Bangladesh, Pakistán, partes de Afganistán, Nepal, Bhután, Myanmar, Tailandia, Camboya, Laos, Vietnam, Malasia, Singapur, Indonesia, Filipinas, Brunei Darussalam, Timor Leste, Papua Nueva Guinea, China, Japón, Corea.</p>

3. Conclusiones y recomendaciones

- Los servicios fijos y servicios móviles satelitales, debido a sus características e infraestructura, pueden ser considerados como sistemas de telecomunicaciones apropiados para el despliegue de operaciones de socorro y situaciones de emergencia.
- Considerando las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT-R S.1001 y UIT-R M.1854 para los servicios fijos y móviles por satélite, respectivamente, así como los informes ITU-R S.2151 y UIT-R M.2149, la Rectoría propone que dichos servicios sean considerados como sistemas alternos de telecomunicaciones; para su posible implementación en la Red Alternativa de Comunicaciones.
- Los ejemplos descritos en el presente documento pueden servir de guía para una posible implementación de servicios satelitales en la Red Alternativa de Comunicaciones.

4. Referencias Bibliográficas

- [1] Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones MINAET, Rectoría de Telecomunicaciones. *“Red Alternativa de Comunicaciones para Emergencias: Estudio de buenas prácticas”*. Consulta 30/11/2010 disponible en: http://www.telecom.go.cr/index.php/en-contacto-con-el-usuario/documentos/doc_download/163-estudio-de-redes-alternas-de-comunicaciones-para-emergencias

- [2] Universidad de Buenos Aires. "Comunicaciones Satelitales". Consulta 30/11/2010 disponible en:
http://materias.fi.uba.ar/6679/apuntes/Enlace_Satelital.pdf
- [3] Rosado Rodríguez C., "*Comunicación por Satélite*". Editorial Limusa, primera edición. México. Consulta 30/11/2010.
- [4] En línea. Consulta 30/11/2010 disponible en:
http://www.viasatelital.com/tvsatelital/antenas_parabolicas.htm
- [5] Hernando Rábanos J., "*Transmisión por Radio*". Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A. España. Consulta 01/12/2010
- [6] Unión Internacional de Telecomunicaciones. Informe UIT-R M.2149 "*Utilización y ejemplos de sistemas del servicio móvil por satélite para operaciones de socorro en caso de catástrofes naturales y emergencias similares*". Consulta 02/12/2010
- [7] Sala de prensa. Comunicado de prensa. *ITU: Committed to connecting the world*. 03/12/2010
http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2010/13-es.aspx
- [8] En línea. Consulta 06/12/2010 disponible en:
http://www.imso.org/whatisimso_ES.asp
- [9] En línea. Consulta 06/12/2010 disponible en:
http://67.228.58.85/dyn4000/itso/tpl1_itso.cfm?location=&id=338&link_src=HPL&lang=spanish
- [10] En línea. Consulta 06/12/2010 disponible en:
<http://www.tech-faq.com/es/geostationary-satellite.html>
- [11] Unión Internacional de Telecomunicaciones. Informe ITU-R S.2151 "*Use and examples of systems in the fixed-satellite service in the event of natural disasters and similar emergencies for warning and relief operations*". Consulta 06/12/2010.

8.3 Informe técnico IT-GAER-2010-205, Atención a la consulta de la Gerencia de Redes

Informe Técnico

IT-GAER-2010-205

Atención a la consulta de la Gerencia de Redes

Informe realizado por: Erick Sanabria Calvo. Funcionario de la Gerencia de Espectro Radioeléctrico.

Informe revisado por: Federico Penón. Gerente de Administración del Espectro Radioeléctrico.

Informe avalado por: Allan Ruiz. Director de Administración del Espectro Radioeléctrico.

Fecha: 01 de diciembre del 2010

1. Justificación:

En relación con el memorando ME-GR-2010-038 de la Gerencia de Redes con fecha de 29 de noviembre de 2010, se procede a rendir criterio técnico para determinar las posibles bandas en donde podrán operar las tecnologías de acceso troncalizado Tetra y Tetrapol, conforme a lo establecido en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF)

2. Alcance

En el presente informe se contemplará el documento ITU-R M.2014-1 “Sistemas digitales móviles terrestres para el despacho de tráfico” en donde se hace referencia a las bandas que los equipos de las tecnologías Tetra y Tetrapol son capaces de abarcar. Asimismo, también se tomará en cuenta lo establecido en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, Decreto Ejecutivo No. 35257-MINAET del 29 de mayo de 2009, reformado mediante el Decreto Ejecutivo No. 35866-MINAET del 23 de abril del 2010.

3. Análisis:

3.1 Sistemas de Tecnología Tetra y Tetrapol: Bandas de operación.

De acuerdo con el reporte ITU-R M.2014-1 “Sistemas digitales móviles terrestres para el despacho de tráfico” de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en donde se indican algunas características técnicas de las tecnologías Tetra y Tetrapol, las bandas donde estas pueden operar son las que se detallan en el cuadro a continuación:

Cuadro No.1 Frecuencias donde son capaces de operar las tecnologías Tetra y Tetrapol

TETRA	Tetra Mejorado (TEDS)⁷	TETRAPOL
380-390 MHz/ 390-400 MHz	380-390 MHz/ 390-400 MHz	70-520 MHz
410-420 MHz/ 420-430 MHz	410-420 MHz/ 420-430 MHz	746-870 MHz
450-460 MHz/460-470 MHz	450-460 MHz/460-470 MHz	870-888 MHz/915-933 MHz
870-888 MHz/915-933 MHz	870-888 MHz/915-933 MHz	-

En vista de que el objetivo del informe es determinar las bandas de frecuencias en las que las tres tecnologías pueden operar según lo establecido en el PNAF, se procede a enfocar el análisis del presente documento, en las bandas de frecuencias que pueden abarcar en común las tecnologías antes mencionadas. En el cuadro No.2 mostrado a continuación, se identifican dichas bandas:

⁷TEDS: Tecnología Tetra mejorada que brinda un servicio de datos de alta velocidad, TEDS por sus siglas en inglés”.

Cuadro No.2 Frecuencias en común donde son capaces de operar las tecnologías Tetra (incluyendo Tetra mejorado) y Tetrapol

No.	Banda	Rangos de frecuencia de operación
1	UHF	380-390 MHz/ 390-400 MHz
2	UHF	410-420 MHz/ 420-430 MHz
3	UHF	450-460 MHz/460-470 MHz
4	UHF	870-888 MHz/915-933 MHz

3.2 Análisis de los segmentos anteriores en el marco del Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF)

El Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (Decreto Ejecutivo No. 35227-MINAET del 29 de mayo del 2009 reformado por el Decreto Ejecutivo N° 35866-MINAET, publicado el 23 de abril de 2010), establece el ordenamiento de las bandas de frecuencias, de acuerdo a las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Comisión Internacional de Telecomunicaciones (CITEL).

En cuanto a las atribuciones señaladas por dicho Plan para los segmentos indicados en el apartado anterior, el cuadro No. 3 detallado a continuación indica las notas CR relacionadas con los segmentos donde las tecnologías Tetra (incluyendo TEDS) y Tetrapol son capaces de operar:

Cuadro No.3 Notas CR asociadas a las bandas en donde operan las tecnologías Tetra (incluyendo TEDS) y Tetrapol.

Tecnología	Banda (MHz)	Nota CR asociada
Tetra, TEDS y Tetrapol	380-390/ 390-400	CR 048
Tetra, TEDS y Tetrapol	410-420 / 420-430	CR033,CR047,CR052,

Tetra, TEDS y Tetrapol	450-460 /460-470	CR033,CR052,CR053
Tetra, TEDS y Tetrapol	870-888 /915-933	CR059,CR060,CR061A,CR061B,CR061C,
Tetrapol	746-870	CR056,CR057,CR058,CR059,CR060

A continuación se detalla el texto de las notas CR asociadas que se indicaron previamente:

“CR 033{ XE "CR 033" } *Los segmentos de frecuencias de 138–144 MHz, 148–174 MHz, 225–287 MHz, 422–425 MHz, 427–430 MHz, 440–450 MHz, que se atribuyen para redes de comunicación de banda angosta, operarán a una separación de canales de 12,5 kHz y un ancho de banda de 8,5 kHz. A partir del 1° de enero del 2016 todos los sistemas de radiocomunicación que funcionen en dichas bandas deberán haber migrado, en su totalidad, a tecnología digital y ajustarse a una separación de canales de 6,25 kHz y/o 2 x 6,25 kHz contiguos, con las excepciones que puedan darse en la banda de 225 – 287 MHz. La banda comprendida entre 410-430 MHz fue sometida a consideración en la CMR-2007 para ser atribuida para servicios IMT y la banda 450-470 MHz fue identificada en esta misma conferencia para servicios IMT, por lo que se amplía el uso de la banda 450-470 MHz para sistemas celulares de 3G y posteriores. Corresponderá al órgano rector establecer las fechas para la migración de los usuarios que actualmente ocupen estas bandas.”*

“CR 047{ XE "CR 047" } *El rango de 335.4-380 MHz y de 406.1 – 420 MHz se atribuye al servicio fijo de enlaces punto a punto de telefonía rural.”*

“CR 048{ XE "CR 048" } *El segmento de 380 a 399.9 MHz se atribuye a título primario al servicio fijo – móvil para redes públicas de sistemas entroncados. “*

“CR 052{ XE "CR 052" } *Los segmentos de frecuencias 420 -422, 425 – 427 MHz y 455 – 456 MHz están atribuidos a radioenlaces de transporte de señal de las estaciones del servicio de radiodifusión sonora de la banda de 525 – 1605 KHz con un ancho de banda de 100 KHz, los mismos pueden ser utilizados como redes públicas previa adecuación correspondiente del título habilitante.”*

"CR 053{ XE "CR 053" } Las frecuencias 462.5625, 462.5875, 462.6375, 462.7125, 462.6125, 462.6625, 462.6875, 467.5625, 467.5875, 467.6125, 467.6375, 467.6625, 467.6875, 467.7125 se atribuyen como espectro de uso libre para el uso exclusivo del servicio general compartido con una potencia máxima de 0.5 WATTS, únicamente con equipo que utilicen antena incorporada. Las frecuencias 464.500, 464.550, 467.7625, 467.8125, 467.850, 467.875, 467.900, 467.095 serán también para uso del servicio general compartido con una potencia máxima de 2 WATTS, sujetos a las condiciones establecidas en el adendum VII del presente PNAF."

"CR 059{ XE "CR 2.44" } El segmento de frecuencias de 806-894 MHz está identificada para servicios IMT, el cual se distribuye de la siguiente manera: rango de 806-821 / 851-866 MHz a servicios entroncados, 821-824 / 866-869 MHz para el servicio entroncado de uso exclusivo de seguridad, socorro y emergencias, de 824-849 / 869-894 MHz para telefonía."

"CR { XE "CR 2.45" }060 La sub-banda de 824-849 / 869-893.5 MHz esta atribuida a servicios IMT, la cual se distribuye conforme a la canalización siguiente:

Tx Móvil a base		Tx Base a móvil		Separación Dúplex
824 – 849 MHz		869 – 893.5 MHz		45 MHz
Canalización:	Tx de móvil a base	Banda	Tx de base a móvil	Ancho de Banda
A''	824.3 – 829.3 MHz	A''	869.3 – 874.3 MHz	5 MHz
B	829.1 – 834.1 MHz	B	874.1 – 879.1 MHz	5 MHz
C	833.9 – 838.9 MHz	C	878.9 – 883.9 MHz	5 MHz
D	838.7 – 843.7 MHz	D	883.7 – 888.7 MHz	5 MHz
E	843.5 – 848.5,0 MHz	E	888.5 – 893.5 MHz	5 MHz

."

De acuerdo con las atribuciones señaladas anteriormente, el segmento 380-399.9 MHz está atribuido por medio de la nota CR 048 para al servicio fijo-móvil para redes públicas de sistemas entroncados, por lo que la operación de los equipos de las tecnologías Tetra (incluyendo Tetra mejorado) y Tetrapol en estas bandas es conforme a lo establecido por el PNAF.

En relación con el segmento 410-420 MHz, éste está atribuido por la nota CR 047 para el servicio fijo de enlaces punto a punto de telefonía rural, mientras que algunos rangos del segmento 420-430 MHz está atribuidos a su vez por la nota CR 033 para redes de comunicación de banda angosta. De igual forma, otros rangos dentro de este último segmento (420-430 MHz) se encuentran atribuidos por la nota CR 052 para el establecimiento de radioenlaces de transporte de señal de estaciones de radiodifusión sonora, por lo que la operación de equipos de acceso troncalizado digital no es conforme a lo establecido en la normativa vigente.

A su vez, en el segmento 450-470 MHz tampoco pueden operar los equipos de las tecnologías Tetra (incluyendo Tetra mejorado) y Tetrapol, ya que según la nota CR 033, éste fue identificado por la UIT en la Conferencia Mundial de Radio de 2007 (CMR-2007) para servicios IMT, y por tanto la nota CR 033 reserva este segmento para tal fin.

En relación con la banda 870-888 MHz /915-933 MHz, el segmento 870-888 MHz está atribuido entre otras cosas por la nota CR 060 para servicios IMT y el segmento 915-933 MHz está atribuido en su mayoría por las notas CR 061B y CR 061C para enlaces fijos punto a punto, específicamente para enlaces entre plantas transmisoras y sus repetidoras del servicio de radiodifusión sonora. Dadas estas atribuciones, el empleo de esta banda para la operación de sistemas de acceso troncalizado digital no es conforme a lo establecido.

4. Conclusiones:

En el documento ITU-R M.2014-1 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, se consignan algunas de las características técnicas para los Sistemas digitales móviles terrestres para el despacho de tráfico. Dentro de las especificaciones técnicas que en dicho documento se mencionan, se hace referencia a las frecuencias en donde pueden operar los sistemas troncalizados digitales Tetrapol, Tetra y la versión mejorada de esta última, denominada TEDS (tecnología Tetra que es capaz de brindar un servicio de datos de alta velocidad).

Dado que el objetivo del presente análisis es brindar criterio técnico para determinar posibles bandas de frecuencias donde puedan operar indistintamente estas tecnologías en Costa Rica, se procedió a enfocar el análisis únicamente en las bandas en que dichas tecnologías operan en común. Dichas frecuencias fueron mencionadas en el cuadro No.2 que a continuación se muestra de nuevo:

Cuadro No.2 Frecuencias en común donde son capaces de operar las tecnologías Tetra (incluyendo TEDS) y Tetrapol

No.	Banda	Rangos de frecuencia de operación
1	UHF	380-390 MHz/ 390-400 MHz
2	UHF	410-420 MHz/ 420-430 MHz
3	UHF	450-460 MHz/460-470 MHz
4	UHF	870-888 MHz/915-933 MHz

Según las atribuciones establecidas en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) y analizadas en la sección anterior, los equipos de las tecnologías para acceso troncalizado digital Tetrapol y Tetra (incluyendo TEDS) pueden operar solamente en la

banda UHF de 380-400 MHz, esto en razón de que dicha banda es atribuida por medio de la nota CR 048 para el servicio fijo-móvil para redes públicas de sistemas entroncados.

La operación de equipos de tecnologías de acceso troncalizado digital como Tetrapol y Tetra (incluyendo TEDS) en las restantes bandas de frecuencias: 410-430 MHz, 450-470 MHz, 870-888 MHz y 915-933 MHz, no es acorde a lo establecido, ya que el PNAF las atribuye para otros servicios que no se relacionan con sistemas entroncados.

5. Recomendaciones:

Se recomienda contestar la consulta de la Gerencia de Redes mencionada en el memorando ME-GR-2010-038, indicando que los equipos de las tecnologías para acceso troncalizado digital Tetrapol y Tetra (incluyendo TEDS) pueden operar solamente en la banda UHF de 380-400 MHz, esto en razón de que dicha banda es atribuida por medio de la nota CR 048 para el servicio fijo-móvil para redes públicas de sistemas entroncados.

8.4 Informe técnico IT-GAER-2010-209, Adendum al IT-GAER-2010-205

Informe Técnico

IT-GAER-2010-209

Adendum al IT-GAER-2010-205

Informe realizado por: Erick Sanabria Calvo. Funcionario de la Gerencia de Espectro Radioeléctrico.

Informe revisado y avalado por: Federico Penón. Gerente de Administración del Espectro Radioeléctrico.

Fecha: 08 de diciembre del 2010

1. Justificación:

De acuerdo con la información provista en el memorando ME-GR-2010-041 de la Gerencia de Redes, con fecha de 06 de diciembre de 2010, se procede a ampliar el criterio técnico solicitado por dicha Gerencia en el memorando ME-GR-2010-038 con fecha de 29 de noviembre de 2010. Esto con el fin de indicar las atribuciones que según el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF), se designan para los rangos de frecuencias consultados y señalados en primer memorando citado.

2. Alcance

En el presente documento se analizarán las atribuciones que establece el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, Decreto Ejecutivo No. 35257-MINAET del 29 de mayo de 2009, reformado mediante el Decreto Ejecutivo No. 35866-MINAET del 23 de abril del 2010,

para los segmentos indicados en el memorando ME-GR-2010-041 en relación al servicio fijo por satélite y móvil por satélite.

3. Análisis

De acuerdo con el memorando ME-GR-2010-041, algunos sistemas del servicio móvil por satélite que se utilizan en los casos de catástrofe natural y situaciones de emergencia, operan en los siguientes segmentos de frecuencia que se detallan a continuación:

“Servicio Móvil por Satélite

<i>Sistema⁽¹⁾</i>	<i>Tipo</i>	<i>Zona de Servicio</i>	<i>Enlace descendente (MHz)⁽²⁾</i>		<i>Enlace ascendente (MHz)⁽²⁾</i>	
			<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>	<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>
<i>Globalstar</i>	<i>No-OSG</i>	<i>Mundial</i>	<i>2483,5</i>	<i>2500,0</i>	<i>1610,0</i>	<i>1621,35</i>
<i>Inmarsat</i>	<i>OSG</i>	<i>Mundial</i>	<i>1525,0</i>	<i>1559,0</i>	<i>1626,5</i>	<i>1660,5</i>
<i>Iridium</i>	<i>No-OSG</i>	<i>Mundial</i>	<i>1617,775</i>	<i>1626,5</i>	<i>1617,775</i>	<i>1626,5</i>
<i>SkyTerra</i>	<i>OSG</i>	<i>América Central y del Norte</i>	<i>1525,0</i>	<i>1559,0</i>	<i>1626,5</i>	<i>1660,5</i>

(...)”

Dado que en el memorando a marras se solicita criterio para conocer cuáles de los segmentos indicados anteriormente pueden ser empleados por el servicio móvil por satélite según la normativa vigente, se procede a detallar las atribuciones que establece el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) para estos a continuación.

Cuadro No.1 Atribuciones de los segmentos indicados en el memorando ME-GR-2010-041 para el servicio móvil por satélite según el PNAF

Banda (MHz)	Atribución			Nota relacionada	CR
	Subsegmento (MHz)	Título Primario	Título Secundario		
1525-1559	1525-1535	Enlaces de telefonía rural	-	CR 064	
	1530-1544	Radionavegación aeronáutica Radionavegación por satélite (espacio-tierra) (espacio-espacio)	Servicios de socorro, emergencia y seguridad del Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos	CR 064	
	1544-1559	Radionavegación aeronáutica Radionavegación por satélite (espacio-tierra) (espacio-espacio)	-	-	
1610-1621,35 1617,775- 1625,5	1610-1610,6	Móvil por satélite (Espacio-Tierra) Radionavegación aeronáutica Radiodeterminación por satélite (Tierra-espacio)	-	-	
	1610,6-1613,8	Móvil por satélite (Tierra-Espacio)	-	-	
	1613,8-1625,5	Móvil por satélite (Tierra-Espacio)	-	-	
1626,5-1660,5	1626,5-1645,5	Móvil por Satélite (Tierra Espacio)	Servicios de socorro, emergencia y seguridad del Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos	CR 064	
	1645,5-1660,5	Móvil por Satélite (Tierra Espacio)	-	-	
2483,5-2500	2483,5-2500	Atribuido a enlaces de televisión para el transporte de señal de audio y video	-	CR 074	

De acuerdo con las atribuciones señaladas en el cuadro anterior, el segmento 1530-1544 MHz a pesar de estar atribuido a título primario para la radionavegación, al atribuirse a título secundario para servicios de socorro y emergencia del sistema mundial de socorro y seguridad marítimos, puede ser empleado por servicio móvil por satélite, con la limitante de que debe ser empleado para socorro y atención de emergencias.

Por otra parte los segmentos: 1610-1621,35 MHz; 1617,775-1625,5 MHz y 1626,5-1660,5 MHz al estar atribuidos al servicio móvil por satélite a título primario, pueden ser empleados para tal fin.

Los restantes segmentos: 1525-1535 MHz; 1544-1559 MHz y 2483,5-2500 MHz debido a que tienen atribuciones distintas o no relacionadas con el servicio móvil por satélite, no pueden ser empleados para tal fin.

Así las cosas, el servicio móvil por satélite se puede explotar en los siguientes segmentos de frecuencias:

- 1530-1544 MHz
- 1610-1621,35 MHz
- 1617,775-1625,5 MHz
- 1626,5-1660,5 MHz

Por otra parte, según el memorando a marras, los sistemas del servicio fijo por satélite que se utilizan de igual forma en casos de catástrofe natural y situaciones de emergencia, operan en los siguientes rangos de frecuencia detallados a continuación:

“Servicio Fijo por Satélite

Frecuencia (GHz)	Atribución de frecuencia			Número de redes (a 2009) ⁽¹⁾
	Región 1	Región 2	Región 3	
3,4-4,2	(espacio-Tierra)	(espacio-Tierra)	(espacio-Tierra)	Aprox. 160.
5,725-5,85	(Tierra-espacio)			
5,85-6,7	(Tierra-espacio)	(Tierra-espacio)	(Tierra-espacio)	Aprox. 200
10,95-11,2	(espacio-Tierra)	(espacio-Tierra)	(espacio-Tierra)	
11,45-11,7	(espacio-Tierra)	(espacio-Tierra)	(espacio-Tierra)	
11,7-12,2		(espacio-Tierra)		
12,2-12,5			(espacio-Tierra)	
12,5-12,75	(espacio-Tierra)		(espacio-Tierra)	
13,75-14,5	(Tierra-espacio)	(Tierra-espacio)	(Tierra-espacio)	
17,7-21,2	(espacio-Tierra)	(espacio-Tierra)	(espacio-Tierra)	Aprox. 30
27,5-31	(Tierra-espacio)	(Tierra-espacio)	(Tierra-espacio)	

(...)”

En el siguiente cuadro, se detallan las atribuciones que establece el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) para los rangos de frecuencia anteriormente indicados:

Cuadro No.2 Atribuciones de los segmentos indicados en el memorando ME-GR-2010-041 para el servicio fijo por satélite según el PNAF

Banda (MHz)	Atribución			Nota CR relacionada
	Subsegmento (MHz)	Título Primario	Título Secundario	
3400-4200	3400-3625	Servicios IMT	-	CR 077
	3625-4200	Enlaces fijos para redes de transporte y enlaces de conexión satelitales con estaciones terrenas		CR 078
5725-5850	5725-5850	Atribuida como frecuencia de uso libre		CR 081
5850-6700	5850-5925	Enlaces de conexión de redes públicas y para enlaces de conexión de sistemas de conexión de telefonía móvil		CR 083
	5925-6450	Enlaces de conexión de redes públicas y enlaces de conexión de sistemas de telefonía móvil		CR 084
	6450-6700	Enlaces de radiodifusión televisiva y enlaces de conexión de redes públicas o privadas		CR 085
10950-11200	10950-11200	Enlaces de conexión de redes públicas y enlaces de conexión de sistemas de telefonía móvil		CR 092
11450-11700	11450-11700	Enlaces de conexión de redes públicas y enlaces de conexión de sistemas de telefonía móvil		CR 092
11700-12200	11700-12200	Enlaces de conexión para satélites de órbita no geoestacionaria en el servicio fijo.		CR 093

12200-12500	12200-12500	Servicio de radiodifusión por satélite	Enlaces de conexión de sistemas de telefonía móvil	CR 094
12500-12750	12500-12700	Servicio de radiodifusión por satélite	Enlaces de conexión de sistemas de telefonía móvil	CR 094
	12700-12750	Fijo Fijo por satélite (Tierra Espacio) Móvil salvo móvil aeronáutico		-
13750-14500	13750-14000	Servicio fijo móvil por satélite(Tierra-espacio) para enlaces de conexión con estaciones terrestres fijas y móviles		CR 097
	14000-14400	Servicio fijo móvil por satélite (Tierra-espacio)		CR 098
	14400-14500	Enlaces de conexión de redes públicas o privadas, incluyendo enlaces de conexión de sistemas de telefonía móvil		CR 099
17700-21200	17700-19700	Se atribuye para redes públicas, o para radioenlaces de conexión de redes públicas o privadas, incluyendo enlaces de conexión de sistemas de telefonía móvil.		CR 102A.
	19700-21200	Servicio fijo móvil		CR 102B
27500-31000	27500-29500	Redes públicas de telecomunicaciones en sistemas de distribución punto – multipunto de banda ancha y para enlaces de conexión de redes públicas o privadas incluyendo		CR 105

		enlaces de conexión de telefonía móvil.		
	29500-29900	Fijo por satélite (Tierra Espacio) Móvil por Satélite (Tierra Espacio)	Exploración de la Tierra por satélite (Tierra Espacio)	-
	29900-30000	Fijo por satélite (Tierra Espacio) Móvil por satélite (Tierra Espacio)	Exploración de la Tierra por satélite (Tierra Espacio)	-
	30000-31000	Fijo por satélite (Tierra Espacio) Móvil por Satélite (Tierra Espacio)	Frecuencias patrón y señales horarias por satélite / (Espacio Tierra)	-

Según las atribuciones señaladas en el cuadro No.2, el subsegmento 3625-4200 MHz localizado dentro de la banda de 3400-4200 MHz puede ser empleado para el servicio fijo por satélite, ya que está atribuido para enlaces fijos para redes de transporte y enlaces de conexión satelitales con estaciones terrenas.

A su vez, la banda 11700-12200 MHz también puede ser empleada para el servicio fijo por satélite, ya que está atribuida por el PNAF para enlaces de conexión para satélites de órbita no geoestacionaria en el servicio fijo.

De igual forma, el uso de los segmentos 12700-12750 MHz; 13750-14000 MHz; 14000-14400 MHz; 29500-29900 MHz; 29900-30000 MHz y 30000-31000 MHz pueden ser empleados para el servicio fijo por satélite, puesto que el PNAF los atribuye para éste.

Por otra parte, el uso de los segmentos: 3400-3625 MHz; 5725-5850 MHz; 5850-5925 MHz; 5925-6450 MHz; 6450-6700 MHz; 10950-11200 MHz; 11450-11700 MHz; 12200-12500 MHz; 12500-12700 MHz; 14400-14500 MHz; 17700-19700 MHz; 19700-21200 MHz y 27500-29500 MHz por el servicio fijo por satélite no es conforme a lo establecido, puesto que el PNAF los atribuye para otros fines.

A manera de resumen, los segmentos de frecuencias cuya atribución el PNAF la establece para el servicio fijo por satélite son:

- 3625-4200 MHz
- 11700-12200 MHz
- 12700-12750 MHz
- 13750-14000 MHz
- 14000-14400 MHz
- 29500-29900 MHz
- 29900-30000 MHz
- 30000-31000 MHz

Cabe destacar, que las atribuciones señaladas por el PNAF en los anteriores segmentos, tanto para el servicio fijo por satélite, como móvil por satélite, no garantizan la disponibilidad de dichas bandas, por lo que en caso de que se requiere conocer la disponibilidad de las mismas, debe hacerse la consulta sobre la disponibilidad de estos segmentos a la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL).

4. Conclusiones

El Plan Nacional de Atribución de Frecuencias, Decreto Ejecutivo No. 35257-MINAET del 29 de mayo de 2009, reformado mediante el Decreto Ejecutivo No. 35866-MINAET del 23 de abril del 2010, establece el ordenamiento de las bandas de frecuencias, conforme a las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y Comisión Internacional de Telecomunicaciones (CITEL), designándolas para usos específicos en cada caso en particular.

Así las cosas, tomando como referencia las atribuciones que dicho Plan establece, de los segmentos de frecuencias que se indican en el memorando de la Gerencia de Redes: ME-GR-2010-041, los rangos que pueden emplearse para el servicio móvil por satélite en Costa Rica son:

- 1530-1544 MHz
- 1610-1621,35 MHz
- 1617,775-1625,5 MHz
- 1626,5-1660,5 MHz

De igual forma, de los segmentos de frecuencias indicados en el memorando los siguientes están atribuidos para el servicio fijo por satélite en Costa Rica son:

- 3625-4200 MHz
- 11700-12200 MHz
- 12700-12750 MHz
- 13750-14000 MHz
- 14000-14400 MHz
- 29500-29900 MHz
- 29900-30000 MHz
- 30000-31000 MHz

Las atribuciones señaladas anteriormente no garantizan la disponibilidad de los segmentos mencionados, por lo que para conocer dicha disponibilidad deberá hacerse la consulta respectiva a la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL).

5. Recomendaciones:

- Se recomienda contestar la consulta indicada en el memorando de la Gerencia de Redes ME-GE-2010-041, con base en las conclusiones del presente informe.
- Se recomienda informar a dicha Gerencia, que en caso de requerir la información sobre la disponibilidad de los segmentos identificados en este informe para el servicio fijo por satélite y móvil por satélite, deberá realizarse la consulta a la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL).