



COSTOS CAPEX Y OPEX DE LA RNTE Y ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN

Versión 3

FONTIC

CONSORCIO ITELCA – STI

Contrato Nro. 00994 – 2012

**Diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de
Emergencias y Establecimiento de un Marco
Normativo para el Fortalecimiento del Sistema
Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias en
Colombia**

Julio 15 de 2013



MinTIC
Ministerio de Tecnologías
de la Información y las Comunicaciones

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**



FONTIC CONTRATO No. 00994 de 2012

OBJETO: Realización de un estudio que contiene el diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia y el establecimiento de un marco normativo para el fortalecimiento del Sistema Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias en Colombia.

COSTOS CAPEX Y OPEX DE LA RNTE Y ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN

Bogotá, Julio 15 de 2013



CONTENIDO

CONTENIDO	3
ÍNDICE DE GRÁFICAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
GLOSARIO Y ACRÓNIMOS	12
1. INTRODUCCION	19
1.1. ALCANCE	20
1.1.1. Acotaciones y supuestos del alcance	23
1.2. METODOLOGÍA	24
1.3. JUSTIFICACIÓN	25
1.4. RESUMEN DEL DISEÑO Y SU IMPLEMENTACIÓN	29
1.4.1. Fase I: Implementación de la RNTE sobre las Redes Existentes	30
1.4.1.1. Implementación de la RNTE sobre las redes de los PRST existentes	30
1.4.1.2. Fortalecimiento de las Redes de radio VHF de la UNGRD, CDGRD y CMGRD	31
1.4.2. Fase II: Nueva RNTE - LTE	31
1.5. USUARIOS	32
1.6. COSTOS DE LA RNTE	34
2. CAPEX Y OPEX PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RNTE SOBRE LAS REDES DE TELEFONÍA PÚBLICA FIJA Y MÓVIL Y SOBRE LA RED DE RADIO HF Y VHF	35
2.1. FORTALECIMIENTO DE LA RED VHF	35
2.1.1. Resultados del diseño del fortalecimiento de la Red de Radio en Banda VHF	35
2.1.2. Estimación de costos para los elementos de Acceso e Interconexión de la Red de radio en banda VHF fortalecida	36
2.1.2.1. Costos de Equipos Repetidores	36
2.1.2.2. Costos Equipos Radio Base	37
2.1.3. Estimación de costos para el Mantenimiento de elementos de Acceso e Interconexión de la RNTE VHF fortalecida	38
2.1.3.1. Costos de Mantenimiento para Equipos Repetidores	38
2.1.3.2. Costos de Mantenimiento para Equipos Radio Base	39
2.2. INTERCONEXIÓN IP Y CONSOLA DE CROSS-CONNECT	40
2.2.1. Equipos Cross-Connect para garantizar interoperabilidad	41
2.2.1.1. Mantenimiento equipos-Cross Connect	42
2.3. SOLUCIÓN POC (PUSH TO TALK OVER CELLULAR)	43



2.3.1. Equipos PoC.....	43
2.3.1.1. Mantenimiento Solución PoC.....	44
2.4. COSTOS DE TERMINALES	45
2.5. RESUMEN DE CAPEX Y OPEX DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RNTE SOBRE REDES EXISTENTES	45
3. VALORACIÓN DE LA NUEVA RNTE EN TECNOLOGIA LTE	50
3.1. EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	50
3.1.1. Alternativas de Uso del Espectro	50
3.1.1.1. Consideraciones del Grupo Consultor con respecto al Uso del Espectro	56
3.1.2. Costos de Reasignación Asociados con el Uso del Espectro para la RNTE	57
3.1.3. Beneficios Sociales Asociadas al Uso de Espectro	58
3.1.4. Evaluación del costo de oportunidad.....	60
3.2. CAPEX Y OPEX DE LA RNTE EN LTE	62
3.2.1. Estructura de los Precios de un PRST Móvil.....	62
3.2.2. Derecho Irrevocable de Uso	63
3.2.3. Resultados del Diseño de la RNTE en LTE	64
3.2.4. Costos para los Elementos de la Red de Acceso de la RNTE	65
3.2.4.1. Costos de Implementación de la Red de Acceso.....	65
3.2.4.2. Costos de Operación y Mantenimiento de la Red Acceso	66
3.2.5. Costos para Elementos del Nivel de Transporte de la RNTE	68
3.2.5.1. Costos de Implementación de la Red de Backhaul de la RNTE	68
3.2.5.2. Costos de Implementación de la Red de Backbone de la RNTE.....	71
3.2.5.3. Costos Instalación de los diferentes tipos de Switches y Enrutadores que tiene la red..	74
3.2.5.4. Costos para la Operación y Mantenimiento de la Red de Backhaul de la RNTE.....	75
3.2.5.5. Costos para la Operación y Mantenimiento de la Red de Backbone de la RNTE.....	77
3.2.5.6. Costos para la Operación y Mantenimiento de los Switches de Backhaul y Backbone ..	78
3.2.6. Costos de Elementos del Core y Gestión de la RNTE	80
3.2.6.1. Costos de Implementación del Core y Gestión de la RNTE	80
3.2.6.2. Costos de Operación y Mantenimiento del Core y Gestión de la RNTE.....	82
3.2.7. Costos de Subsistemas Electrónicos	84
3.2.7.1. Costos de Implementación de Subsistemas Electrónicos.....	84
3.2.7.2. Costos de Mantenimiento de Subsistemas Electrónicos	85
3.3. COSTOS DE TERMINALES	86
3.4. RESUMEN DE CAPEX Y OPEX DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RNTE SOBRE LTE	86
4. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RNTE	89
4.1. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RNTE SOBRE REDES EXISTENTES.....	89



4.1.1. Fortalecimiento de la Red de Radio en banda VHF	89
4.1.2. Implementación de la Priorización de Tráfico	91
4.1.3. Implementación de PoC sobre los PRST Móviles Existentes	91
4.2. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RNTE - LTE	92
4.2.1. Despliegue de la RNTE en LTE	93
4.2.1.1. Despliegue de la RNTE para Asignatarios con Permiso Previo para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT	93
4.2.1.2. Despliegue de la RNTE para Asignatarios sin Permiso Previos para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT	95
4.2.2. Cubrimiento San Andrés y Providencia	96
4.2.3. Condiciones de Infraestructura para Despliegue de red	96
4.2.4. Condiciones de Servicio para Despliegue de Red	97
4.2.5. Solicitud de Cambio en la Obligación de Cobertura	97
4.2.6. Actividades propuestas para implementación de la RNTE LTE	97
4.3. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN	97
5. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE LOS ATRIBUTOS DE LA RNTE	101
5.1. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE LOS ATRIBUTOS DE LA RNTE SOBRE REDES MÓVILES 2G Y 3G	101
5.1.1. Disponibilidad	101
5.1.2. Estandarización	101
5.1.3. Latencia	101
5.1.4. Terminales	101
5.2. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE LOS ATRIBUTOS DE LA RNTE SOBRE 4G	102
5.2.1. Cobertura	102
5.2.2. Disponibilidad	103
5.2.3. Resiliencia	104
5.2.4. Baja latencia	104
5.2.5. Interoperabilidad	105
5.2.6. Handover sin interrupciones	105
5.2.7. Capacidad de soportar tráfico mixto	105
5.2.8. Terminales	106
5.2.9. Seguridad	106
5.2.10. Control	106
BIBLIOGRAFIA	108
LISTA DE ANEXOS	109
Anexo 1: Costos de RNTE para redes existentes formato Excel	109



Anexo 2: Costos de RNTE para LTE en formato Excel.....	109
Anexo 3: Requerimientos RNTE sobre redes móviles 2G y 3G	109
Anexo 4: Requerimientos RNTE sobre redes 4G.....	109
Anexo 5: Listado de cabeceras municipales por etapas para Asignatarios con Permiso Previo para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT	109
Anexo 6: Listado de cabeceras municipales por etapas para Asignatarios sin Permiso Previos para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT.....	109
Anexo 7: Cronograma de Implementación RNTE	109



ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Desastres Naturales Reportados en el Mundo entre 1900 -2011.....	26
Gráfica 2 Número de Personas Afectadas por Desastres Naturales en el Mundo entre 1900 – 2011	26
Gráfica 3 Daños Estimados Causados por Desastres Naturales 1900 – 2011	27



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Desastres Reportados en Colombia 1900 – 2013	28
Tabla 2 Desastres Ocurridos en Colombia en la Última Década Reportados.....	28
Tabla 3 Número de Usuarios servicio PoC	33
Tabla 4 Número de usuarios Red de Radio en banda VHF Fortalecida	34
Tabla 5 Resumen Elementos integrantes Red de Radio en Banda VHF Fortalecida.	35
Tabla 6 Costo Repetidores Red de Radio en Banda VHF.....	36
Tabla 7 Costo Implementación de Repetidores.....	37
Tabla 8 Costo Colocación en Torre Equipos Repetidores de VHF.....	37
Tabla 9 Costo Equipos Radio Base	37
Tabla 10 Precio Implementación Equipos Radio Base.....	38
Tabla 11 Costo Anual Mantenimiento Equipos Repetidores.....	39
Tabla 12 Costo Garantía Extendida para el Total de Equipos Repetidores.....	39
Tabla 13 Costo Mantenimiento Equipos Radio Base	40
Tabla 14 Costo Garantía Extendida para el Total de equipos Radio Base	40
Tabla 15 Costo de garantizar la Interconexión IP.....	40
Tabla 16 Costo mantenimiento Modem IP	41
Tabla 17 Costo equipos Cross Connect para Garantizar Interoperabilidad.....	41
Tabla 18 Costo Instalación Equipos Cross-Connect	42
Tabla 19 Total de módulos requeridos para los equipos Cross Connect.....	42
Tabla 20 Costo Mantenimiento anual Equipos Cross-Connect	43
Tabla 21 Costo Garantía Extendida Anual para el Total de Equipos Cross-Connect	43
Tabla 22. Costos Referenciales Implementación Solución PoC por Operador	44



Tabla 23 Costos Mantenimiento Solución PoC por Operador	44
Tabla 24 Costos terminales red de radio en banda VHF y Servicio PoC.....	45
Tabla 25 Resumen Costos CAPEX Implementación sobre Redes Existentes	46
Tabla 26 Resumen Costos OPEX Implementación sobre Redes Existentes.....	47
Tabla 27 Resumen CAPEX Fortalecimiento Red de Radio en Banda VHF.....	47
Tabla 28 Resumen OPEX Fortalecimiento Red de Radio en Banda VHF	48
Tabla 29 Resumen CAPEX Implementación Solución PoC	48
Tabla 30 Resumen CAPEX Implementación Solución PoC	48
Tabla 31 Costos terminales VHF para redes existentes.....	48
Tabla 32 Costos terminales PoC para redes existentes.....	49
Tabla 33 Ejemplos de Costos de Reasignación de Frecuencias.....	58
Tabla 34 Precios Base por MHz en la Subasta 4G en Colombia	61
Tabla 35 Resumen de Elementos utilizados para el Costo de la RNTE de LTE.....	65
Tabla 36 CAPEX de los eNodeB que componen la red de acceso de la RNTE	66
Tabla 37 Costos de Switches de eNodeB de 1 Gbps y 10 Gbps para la red de acceso de la RNTE.....	66
Tabla 38 Costos de Alquiler de Torres y Piso	67
Tabla 39 Costo de la Energía Comercial en los eNodeB de la RNTE	67
Tabla 40 Costos de la Red de Acceso.	67
Tabla 41 Costos del banco de repuestos de la Red de Acceso	68
Tabla 42 Costo de la Red de Backhaul Metropolitano.....	68
Tabla 43 Costos de Conectividad de los Municipios de la RNTE LTE.....	69
Tabla 44 Costo de la Conectividad de la Isla de San Andrés y Providencia.....	70
Tabla 45 Costos de las Celdas Transportables.....	70



Tabla 46 Precio Referencial de los Switches Agregadores de la RNTE	71
Tabla 47 Costo del Mbps Transportado de la Capital de Departamento a Bogotá IRU 10 años	72
Tabla 48 Costos del Servicio de Transporte para el Backbone Nacional de la RNTE	72
Tabla 49 Costos de los Switches Agregadores de las Capitales que componen la RNTE	73
Tabla 50 Costos de los Enrutadores Agregadores de Municipios que componen la RNTE.....	74
Tabla 51 Costos de los Switches Enrutadores hacia WAN que componen la RNTE.....	74
Tabla 52 Costos de la Instalación de Switches de la Red	75
Tabla 53 OPEX red de Backhaul Metropolitano	75
Tabla 54 Costos de mantenimiento de la Red de conectividad de municipios	76
Tabla 55 OPEX de la Conectividad de la Isla de San Andrés y Providencia.	76
Tabla 56 OPEX de Transporte Ocasional de zonas impactadas.....	77
Tabla 57 Costos de Colocación Switches	77
Tabla 58 Costos del mantenimiento de Red Backbone.....	77
Tabla 59 Costo de mantenimiento de los switches de la RNTE	79
Tabla 60 Costo Asistencia Networking.....	79
Tabla 61 Costo Referencial Core de la RNTE.....	80
Tabla 62 Costo de Instalación e Ingeniería del Core de la RNTE.....	81
Tabla 63 Costo Total del Core de Respaldo	81
Tabla 64 Precio Referencial Core de Emergencia de la RNTE	82
Tabla 65 Costos Instalación Core de Emergencias.....	82
Tabla 66 Costos de mantenimiento del Core Comercial	82
Tabla 67 Costos de mantenimiento del Core Comercial	83
Tabla 68 Costos de Mantenimiento del Core de Emergencias.....	83
Tabla 69 Profesionales Gestión de Red.....	84



Tabla 70 Costo de los Subsistemas Electrógenos	85
Tabla 71 Precios de Referencia de los Elementos Electrógenos	85
Tabla 72 Costos terminales red LTE	86
Tabla 73 Resumen Costos CAPEX Implementación Para LTE	87
Tabla 74 Resumen Costos OPEX Implementación Para LTE	87
Tabla 75 Resumen CAPEX para LTE	88
Tabla 76 Resumen OPEX para LTE	88
Tabla 77 Costos terminales red LTE	88
Tabla 78 Centros Poblados con Riesgo de Erupciones Volcánicas	94
Tabla 79 Resumen del Cronograma de Implementación de la RNTE en Redes Existentes	98
Tabla 80 Resumen del Cronograma de Implementación de la RNTE LTE en PRST Móviles Existentes	99
Tabla 81 Resumen del Cronograma de Implementación de la RNTE LTE en PRST Móviles Nuevos	100



GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

#

3GPP Association: 3rd Generation Partnership Project. El Proyecto de Asociación de Tercera Generación reúne a seis organizaciones de desarrollo de estándares de telecomunicaciones (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TTA, TTC), conocidos como "Organizational Partners", y ofrece a sus miembros un entorno estable para producir los informes y las especificaciones exitosas que definen las tecnologías 3GPP.

A

AIU: Administración, Imprevistos y Utilidad. El concepto de AIU hace referencia al ingreso real que percibe un prestador de un servicio, o a los honorarios que se cobran por desarrollar dicha actividad, y que servirá de base para la liquidación del IVA.

B

Banda Ancha: Es la infraestructura de red fiable, capaz de ofrecer diversos servicios convergentes a través de un acceso de alta capacidad con una combinación de tecnologías¹. No se define explícitamente en términos de determinadas velocidades de transmisión mínimas, porque los países difieren en sus definiciones.

Banda HF: Banda High Frequency. La banda de Alta Frecuencia es una banda de radiofrecuencias comprendidas entre los 3 MHz y los 30 MHz.

Banda VHF: Banda Very High Frequency. La banda de Muy Alta Frecuencia es la banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz.

C

CAE: Centro de Atención de Emergencias.

CAPEX: CAPital EXpenditures. Los gastos de capital son el dinero invertido por una empresa para adquirir o actualizar los activos fijos físicos, no consumibles, como edificios y equipos, o un nuevo negocio.

CDGRD Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres.

CMGRD: Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres.

¹ Comisión de la Banda Ancha para el Desarrollo Digital de las Naciones Unidas. Broadband: A platform for progress



CPG: Converged Packet Gateway. La Puerta de enlace de Paquetes Convergentes es un componente del Evolved Packet Core (EPC) que combina en una única plataforma el Gateway de Servicio (SGW) y el Packet Data Network Gateway (PGW), dos componentes clave del LTE.

CRM: Customer Relationship Management. La administración de la relación con los clientes son sistemas informáticos de apoyo a la gestión de las relaciones con los clientes, a la venta y al marketing.

D

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol. El protocolo de configuración dinámica de host es un protocolo de red que permite a los clientes de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente.

DMO: Funcionamiento en modo directo. Permite a terminales troncalizados comunicarse directamente entre sí sin necesidad de utilizar la infraestructura de la red.

DNS: Domain Name System. El sistema de nombres de dominio es un sistema de nomenclatura jerárquica para computadoras, servicios o cualquier recurso conectado a Internet o a una red privada.

E

eNodeB: El evolved Node B son las estaciones base que componen a red de acceso de LTE, Son los responsables de atender los terminales vía radio y ofrecer los servicios a los usuarios de la red RNTE.

EPC: Evolved Packet Core es un componente del core de la red de LTE. Es responsable de las funciones que no están relacionadas con la interfaz de radio, así como del control global del terminal y establecimiento de portadoras necesarias para proporcionar una red de banda ancha móvil completa.

ERP: Enterprise Resource Planning. Los sistemas de planificación de recursos empresariales son sistemas de información gerenciales que integran y manejan muchos de los negocios asociados con las operaciones de producción y de los aspectos de distribución de una compañía en la producción de bienes o servicios.

ETSI: El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones produce las normas de aplicación mundial para la Información y las Comunicaciones (TIC), incluidas las tecnologías de Internet de radio fijo, móvil, convergencia y emisión. ETSI está reconocido oficialmente por la Unión Europea (UE) como una organización de normas europeas y reúne a más de 700 organizaciones miembros provenientes de 62 países de todo el mundo.



G

GoS: Grade of Service. El grado de servicio es la probabilidad de que una llamada en un grupo de circuitos se bloquee o se retrase durante más de un intervalo especificado. Expresado en una fracción decimal.

H

HSS: Home Subscriber Server, permite el acceso a la red de Banda Ancha LTE y la interoperabilidad con las diferentes tecnologías existentes de diversos proveedores de equipos, a través de un Gateway de Paquetes (P-GW, Packet Data Gateway).

I

IETF: Internet Engineering Task Force. La Fuerza de Tareas de Ingeniería de Internet es una organización internacional abierta de normalización, que tiene como objetivo, contribuir a la ingeniería de Internet, actuando en diversas áreas, como transporte, enrutamiento y seguridad, entre otros. Es mundialmente conocida por ser la entidad que regula las propuestas y los estándares de Internet, conocidos como RFC.

IMS: IP Multimedia Subsystem es una arquitectura flexible para el rápido despliegue de funciones innovadoras y sofisticadas sobre un marco técnico y comercial que permite que los operadores móviles ofrezcan servicios de persona a persona utilizando un amplio abanico de medios integrados, voz, texto, imágenes, video, etc.

IP/MPLS: Internet Protocol/MultiProtocol Label Switching. Se refiere a una red de backbone que utiliza el protocolo IP en extendido con enrutamiento MPLS.

IP Sec: Internet Protocol Security. Es un conjunto de protocolos cuya función es asegurar las comunicaciones sobre el Protocolo de Internet (IP) autenticando y/o cifrando cada paquete IP en un flujo de datos.

IRU: Indefeasible Right of Use. El Derecho irrevocable de uso, es un acuerdo contractual entre los operadores de telecomunicaciones en el que se le concede el derecho de uso irrevocable al cliente, de una capacidad fija por un período de tiempo determinado

ITU: Ver UIT.

L

LTE: Long Term Evolution, comercializado como 4G LTE, es un estándar para la comunicación inalámbrica de datos de alta velocidad para teléfonos móviles y terminales de datos. El estándar ha sido desarrollado por el 3GPP.



M

MinTIC: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

MME: Mobility Management Entity. La Entidad de Gestión de la Movilidad es el nodo principal en el EPC y se encarga de manejar el plano de control. Procesa la señalización intercambiada entre el terminal y la red.

MPLS: Multiprotocol Label Switching. Es un estándar de la IETF para la inclusión de la información de enrutamiento de los paquetes de una red IP. MPLS se utiliza para asegurar que todos los paquetes en un flujo particular, tomen la misma ruta a través de una columna vertebral. MPLS ofrece la calidad de servicio (QoS) necesaria para soportar servicios de voz y video en tiempo real, así como los acuerdos de nivel de servicio (SLAs) que garantizan el ancho de banda.

MTBF: Mean Time Between Failures. El tiempo promedio entre fallas es la media aritmética (promedio) del tiempo entre fallas de un sistema.

N

Networking: Concepto que se aplica a la integración de dos sistemas de redes completas.

NOC: Network Operations Center. Un centro de operaciones de red es uno o más lugares de los que se ejerce la supervisión y control de la red en un ordenador, las telecomunicaciones o por satélite de la red.

NPSTC: The National Public Safety Telecommunications Council. El Consejo Nacional de Telecomunicaciones de Seguridad Pública de Estados Unidos es una federación de asociaciones que representan las telecomunicaciones de seguridad pública actuando como recurso y abogando por los temas concernientes a este ítem.

NTP: Network Time Protocol. Es un protocolo de Internet para sincronizar los relojes de los sistemas informáticos a través del enrutamiento de paquetes en redes con latencia variable.

O

OAM: Operations, Administration and Maintenance. Operaciones, Administración y Mantenimiento son los procesos, actividades, herramientas, normas, etc. involucrados en la explotación, administración, gestión y mantenimiento de cualquier sistema.

OMA: Open Mobile Alliance. La Alianza Móvil Abierta es el foro líder de la industria para el desarrollo de impulsores del mercado y habilitadores de servicios móviles interoperables.



OPEX: OPerating EXpense. Los gastos operativos es el dinero que una empresa invierte en la operación del día a día con el fin de dirigir un negocio o sistema.

P

PCRF: Policy and Charging Rules Function. La Función de Políticas de Control y Reglas de Cobro es el nodo de software que define las políticas a aplicar en las comunicaciones y las reglas de tarificación de las mismas.

PGW: Packet Data Network Gateway. La Puerta de Paquetes es un componente del EPC y es el enlace entre el terminal móvil y los servicios que residen en una red de paquetes externa. Hace el enrutamiento de los paquetes hacia su destino, es responsable de la asignación de direcciones IP al terminal, así como de aplicar la política de calidad del servicio y su tarificación de acuerdo a las reglas entregadas por el PCRF.

PLMN: Public Land Mobile Network. Es una red de telefonía digital celular, de servicios integrados, que incluye todas las características de las redes fijas, además de funciones propias como la movilidad.

PMR: Private Mobile Radio. Radio móvil privada, a veces llamado Radio Móvil Profesional fue desarrollado para usuarios de negocios que necesitan para mantenerse en contacto a través de distancias relativamente cortas con una estación base central / despachador. Es ampliamente utilizado por los servicios de emergencia.

PoC: Push to Talk over Cellular. Es un servicio de comunicación bidireccional que permite a los usuarios de PoC participar en una comunicación inmediata con uno o más usuarios.

PPDR: Public Protection and Disaster Relief. Protección Pública y Operaciones de Socorro.

PRST: Proveedor de Redes y Servicios de Telecomunicaciones.

PSTN: Public Switched Telephone Network, Red Telefónica Pública Conmutada.

PTT: Push To Talk, también conocido como Pulsar para Hablar, es un método de conversación sobre comunicaciones half dúplex incluyendo “la radio de dos vías” que utiliza un botón para cambiar del modo de voz de recepción al modo de transmisión.

Q

QoS: Quality of Service. La Calidad de Servicio es un efecto global de las prestaciones de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario al utilizar dicho servicio.

R



Red de Backbone: Es la infraestructura de conexión principal de una red y está constituida por los enlaces de mayor velocidad dentro de dicha red.

Red de Backhaul: Es la red que conecta las estaciones base de la red al core de la red a través de enlaces de fibra óptica, enlaces de microondas o enlaces satelitales.

RFI: Request For Information. Una Solicitud de Información, es un proceso de negocios estándar cuyo propósito es recoger información por escrito acerca de las capacidades de varios proveedores. Normalmente sigue un formato que puede ser usado para efectos comparativos

RFP: Request For Proposal. Una solicitud de propuesta es una solicitud hecha, a menudo a través de un proceso de licitación, por una agencia o empresa interesada en la adquisición de un producto básico, servicio o activo valioso, a los posibles proveedores que presenten propuestas de negocio.

RNTE: Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias.

S

SCPC: Single Channel Per Carrier. Es una tecnología ampliamente utilizada en el campo de las telecomunicaciones por satélite, que permite la transmisión de datos, voz, video. El sistema SCPC consiste en transmitir una señal digital en una frecuencia fija, llamada portadora, se requieren dos portadoras para establecer un enlace en una topología punto a punto.

SDF: Service Delivery Framework. Un marco de prestación de servicios es un conjunto de principios, normas, políticas y restricciones utilizadas para guiar el diseño, desarrollo, implementación, operación y retiro de los servicios prestados por un proveedor de servicios.

SIP: Session Initiation Protocol. El protocolo de Inicio de Sesión es un protocolo de control de la capa de aplicación que puede establecer, modificar y terminar sesiones multimedia (conferencias), tales como llamadas telefónicas por Internet.

SNGRD: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

SGW: Serving Gateway. La puerta de Servicio es el nodo principal de reenvío y enrutamiento de paquetes en el EPC. Sirve a un grupo de eNodeB recibiendo datos de usuario y transfiriéndolos hacia el P-GW.

U

UE: User Equipment. Equipos de usuario.

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.



MinTIC
Ministerio de Tecnologías
de la Información y las Comunicaciones

**PROSPERIDAD
PARA TODOS**

UNGRD: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgos de Desastres.

*Edificio Murillo Toro, Carrera 8a, entre calles 12 y 13
Código Postal: 117711
Bogotá, Colombia
T: +57 (1) 3443460 Fax: 57 (1) 344 2248
www.mintic.gov.co
www.vivedigital.gov.co*

vive digital
Colombia

AAR-TIC-FM-010. V2



1. INTRODUCCION

De acuerdo con el diseño de red desarrollado por el Grupo Consultor en el documento “Diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia – RNTE”, el presente documento tiene como objetivo presentar de manera referencial los probables costos de la red diseñada a valor de 2013.

Para cumplir con este objetivo, el Grupo Consultor conocedor del mercado de las telecomunicaciones, ha tenido contacto con diferentes proveedores del mercado de quienes ha podido obtener precios referenciales que permiten hacer una valoración preliminar de costos de adquisición, implementación, alquiler en algunos casos, operación y mantenimiento, de las soluciones propuestas en el documento “Diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia – RNTE”.

Adicionalmente se proponen las estrategias de implementación, fases de implementación y despliegue de la RNTE.

El documento consta de 4 capítulos:

En el **primer capítulo** se define el alcance, la metodología y la razón de ser de los costos de una red de emergencia. Adicionalmente se presenta un resumen del diseño e implementación de la RNTE.

En el **segundo capítulo** se presenta la estimación de costos de CAPEX y OPEX para la implementación de la RNTE sobre las redes existentes contemplando la Solución de PoC sobre las redes móviles existentes, el Fortalecimiento de la red de radio en frecuencia VHF de la UNGRD y la Interconexión de las redes de radio VHF y HF de las entidades de socorro existentes.

En el **tercer capítulo** se realiza la valoración tanto de CAPEX como de OPEX para la implementación de la nueva red con tecnología LTE.

En el **cuarto capítulo** se proponen las estrategias de implementación de la RNTE, sobre las redes existentes y sobre una nueva RNTE con tecnología LTE.

En el **capítulo cinco** se proponen los requerimientos específicos de los atributos de la RNTE que deben ser cumplidos para la solución PoC y por el PRST móvil al que se le asigne el espectro para uso mixto tanto comercial como para la implementación, operación y mantenimiento de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia.



Como parte de este documento se anexan las memorias de cálculo de costos en formato Excel, los requerimientos que deben cumplir los PRST Móviles para la RNTE y listados de cabeceras municipales a cubrir por año tanto para los PRST existentes como para nuevos entrantes y un cronograma de implementación.

1.1. ALCANCE

De acuerdo al contrato firmado entre el Fondo de las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones, en adelante FONTIC, y el Consorcio ITELCA – STI, en adelante CONSORCIO o Grupo Consultor (para referirse al equipo de especialistas encargado de la ejecución del contrato), partiendo del alcance general de la consultoría, llegamos a los análisis concretos que hacen parte del alcance en particular del presente entregable.

Ese alcance general de la consultoría está referido a:

- 1) Analizar y definir la arquitectura y la(s) tecnología(s) propuesta(s) para la implementación de una nueva red para dedicada exclusivamente para la atención de Emergencias que servirá como red principal de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias, basada en un Sistema de Acceso Troncalizado (del tipo Tetra u otro), en tecnologías móviles de tercera y cuarta generación (tipo Long Term Evolution - LTE o WiMAX), en tecnologías satelitales o en otras alternativas tecnológicas propuestas por el Consultor.
- 2) Realizar el diseño y dimensionamiento de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias basada en la alternativa que se seleccione conjuntamente entre el Consultor y el Ministerio.
- 3) Realizar el análisis técnico y el diseño correspondiente, para la implementación de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias soportada sobre las Redes de Telefonía Pública Fija y Móvil, como redes principales, y sobre la Red de Radio HF y VHF que actualmente se tiene implementada en la UNGRD, en los CDGRD y en los CMGRD, como red de respaldo.
- 4) Proponer la forma o formas adecuadas de administración y operación de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia contemplando alternativas de administración y operación directa o indirecta (a través de una Empresa especializada). En el evento en que se proponga una administración y operación directa, se debe estimar el recurso humano requerido en la UNGRD, en cada uno de los CDGRD y en cada uno de los CMGRD, detallando los perfiles, la experiencia y las cantidades requeridas.
- 5) Estimar los costos de cada uno de los elementos que hacen parte de la red y de los servicios requeridos para la instalación y puesta en servicio de la red.



- 6) Estimar los costos anuales necesarios para la gestión, administración, operación y mantenimiento de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia.
- 7) Establecer cuál debe ser la estrategia para la implementación de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias.
- 8) Proponer un marco normativo encaminado a la implementación de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias sobre las redes de telefonía pública fija y móvil, la implementación de un Sistema de Alerta Temprana sobre las redes de telefonía móvil y el fortalecimiento de la regulación de los CAE – NUSE 123. Dicha propuesta deberá tomar en consideración las disposiciones regulatorias que a la fecha se encuentran vigentes en materia de Centros de Atención de Emergencias – CAE, a efectos de integrar dichos centros a la RNTE. Así mismo, deberá integrarse en el análisis el resultado de los estudios adelantados por la CRC durante el año 2011 sobre el particular y, de encontrarlo necesario, presentar propuestas tendientes a fortalecer las facilidades de localización de abonados por parte de los CAE.

Este alcance se presenta en tres documentos conforme se indica a continuación:

- Diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia – RNTE; contempla los temas de los numerales 1 a 4 del alcance de la consultoría.
- Costos CAPEX y OPEX de la RNTE y Estrategias de Implementación; contempla los temas de los numerales 5 a 7 del alcance de la consultoría.
- Costos CAPEX y OPEX de la RNTE y Estrategias de Implementación; contempla los temas del numeral 8 del alcance de la consultoría.

De conformidad con lo anterior, el alcance del presente documento es el siguiente:

- 1) Para cada uno de los diseños de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias, se debe realizar la estimación de los costos de cada uno de los elementos que hacen parte de la red y de los servicios requeridos para la instalación y puesta en servicio de la red.
 - En esta estimación de costos se debe detallar:
 - Nombre (o descripción breve) de cada uno de los elementos o servicios.
 - Cantidades de cada uno de los elementos o servicios.
 - Costos individuales de cada elemento o servicio.



- Valor del IVA de cada elemento o servicio.
 - Costos subtotales por cada tipo de elemento o servicio.
 - Costos totales de todos los elementos y servicios (discriminando el IVA).
- Los precios de los elementos de red que son importados deben estar dados en dólares americanos y deben contemplar todos los gastos de importación y los impuestos que se requieran; los precios de los servicios deben estar dados en moneda colombiana.
 - Los costos deben estar sustentados y acompañados de tres cotizaciones como mínimo, donde se presenten los precios detallados de cada uno de los elementos que hacen parte de la red y de los diferentes servicios para la instalación y puesta en servicio de la solución a implementar.
- 2) Para cada uno de los diseños de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias se debe estimar los costos anuales necesarios para la gestión, administración, operación y mantenimiento de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia.
- En esta estimación de costos se debe detallar:
 - Nombre (o descripción breve) de cada uno de los servicios.
 - Cantidades de cada uno de los servicios.
 - Costos individuales de cada servicio.
 - Valor del IVA de cada servicio.
 - Costos subtotales por cada tipo de servicio.
 - Costos totales de todos los servicios, (discriminando el IVA).
 - Los precios de los servicios deben estar dados en moneda colombiana.
 - Los costos deben estar sustentados y acompañados de tres cotizaciones como mínimo, donde se presenten los costos detallados de cada uno de los diferentes servicios.
- 3) Para cada uno de los diseños de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias se debe establecer cuál debe ser la estrategia para la implementación de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias, definiendo:



- Fases o etapas requeridas para la instalación de la red.
- Tiempo estimado para cada una de las fases o etapas.
- Los recursos y las recomendaciones que apliquen.

La estrategia debe estar acompañada de un cronograma detallado con las actividades de cada una de las fases o etapas propuestas y con la estimación de tiempos para cada una de ellas.

1.1.1. Acotaciones y supuestos del alcance

- 1) En la reunión de inicio el Grupo Consultor planteó al Ministerio la imposibilidad de conseguir 3 cotizaciones debido a que el pliego no contemplaba en su alcance, ni en tiempo, ni en costos, ni actividades, la preparación de un RFI (Request for Information – Solicitud de información) para proveedores, lo que no permitía la obtención de estas cotizaciones, tal como están solicitadas.

El Grupo Consultor manifestó que tiene el suficiente conocimiento reconocido del mercado para tener acceso y alcance a valores reales de mercado, valores referenciales o valores de lista, por parte de los proveedores de los componentes de la RNTE evaluados en este entregable. Por lo que de principio se acordó que esta sería la forma de obtener los precios y hacer una valoración aproximada del costeo de CAPEX y OPEX de la RNTE. Los valores aquí obtenidos son referenciales y para efectos presupuestales.

El Grupo Consultor recomienda que para un obtener un costeo detallado y exacto de la RNTE son necesarios cuatro pasos adicionales que no están dentro del alcance de la consultoría:

- Elaboración de un RFI.
 - Ingeniería de campo.
 - Ingeniería de detalle afinamiento del diseño.
 - Elaboración de un RFP.
- 2) En la determinación del CAPEX y OPEX de cada uno de los elementos de red no se contempló el Impuesto de Valor Agregado (IVA). Los valores de IVA se suponen dentro de la vigencia actual a un valor del 16% del valor y solo se calcula al final de la operación.
 - 3) Debido a que las fuentes de información suministraron unos costos en dólares y otros costos en pesos, en la determinación del CAPEX y OPEX de cada uno de los elementos



de la red, se mantuvieron estos costos en la moneda en la que se recibieron. Los costos al final de la operación que se encontraban a pesos se pasaron a dólares aplicando el siguiente criterio: El valor de cambio de dólar fue tomado del Banco de la Republica, serie empalmada de la tasa de cambio del peso colombiano frente al dólar, promedio del mes de abril de 2013 es de \$1.829,96² por dólar. En cualquier caso en las tablas de Excel de cálculo anexas a este documento, ésta es una variable, que puede ser modificada al valor actualizado de la tasa representativa del mercado requerida y cambia automáticamente el valor de todas las operaciones.

1.2. METODOLOGÍA

La metodología seguida para realizar el costeo y las fases de implementación de la RNTE, consta de los siguientes pasos:

- 1. Consolidación de la información de los elementos y servicios requeridos:** Se realizó la consolidación de los resultados del dimensionamiento de los elementos y servicios requeridos para la implementación de la red, tanto en la banda VHF como en la tecnología LTE y su interconexión, que fueron presentados en documento “Diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia - RNTE”.
- 2. Consecución de precios de los elementos:** Para la consecución de precios se tuvieron reuniones, presentaciones, correos electrónicos, llamadas telefónicas o acceso a páginas web de los siguientes proveedores de equipos y servicios:

Ericsson	Alcatel Lucent	UMS
Emerson	Asecones – TellCell	Evigilo
Eitek	Danelec	Cell Broadcast
Gecos	Albentia	Trueposition
American Tower	ZTE	Bull
Tachyon	Huawei	Telefónica
Motorola	Teltronic	Sistemas Intergraph
EADS-Cassidian		

Además del conocimiento y relacionamiento del Grupo Consultor con los actores del mercado a nivel nacional e internacional.

- 3. Análisis y definición del modelo de costo a aplicar:** Se investigaron y analizaron los modelos de costos utilizados por la FCC a nivel internacional y diferentes operadores del sector en el país a los cuales el Grupo Consultor ha asesorado.

² http://www.banrep.gov.co/series-estadisticas/see_ts_trm.htm#tasa



Se definió que la información se presentará en un modelo de costos detallado donde se discrimina el CAPEX y el OPEX de la RNTE, de igual manera se presentará un resumen de estos costos.

- 4. Definición de las estrategias de implementación de la RNTE:** Para la definición de las estrategias, se estudiaron los procesos de adelantados por el MINTIC y la ANE en la subasta de espectro radioeléctrico, la valoración de espectro a nivel mundial y se plantearon las fases de implementación de acuerdo a las necesidades de cobertura de la RNTE y las posibilidades de negociación y regulación existentes y planteadas por esta consultoría en los diferentes entregables.

Se realiza un cronograma que muestra las fases de implementación definidas previamente.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La razón principal de desarrollar la RNTE es mejorar la eficacia de las entidades que hacen parte de la estructura del SNGRD en salvar vidas y proteger la propiedad tanto de las amenazas cotidianas como de las catástrofes, sin embargo la respuesta más adecuada a un incidente es centrarse en la evaluación de los riesgos y prepararse para ellos.

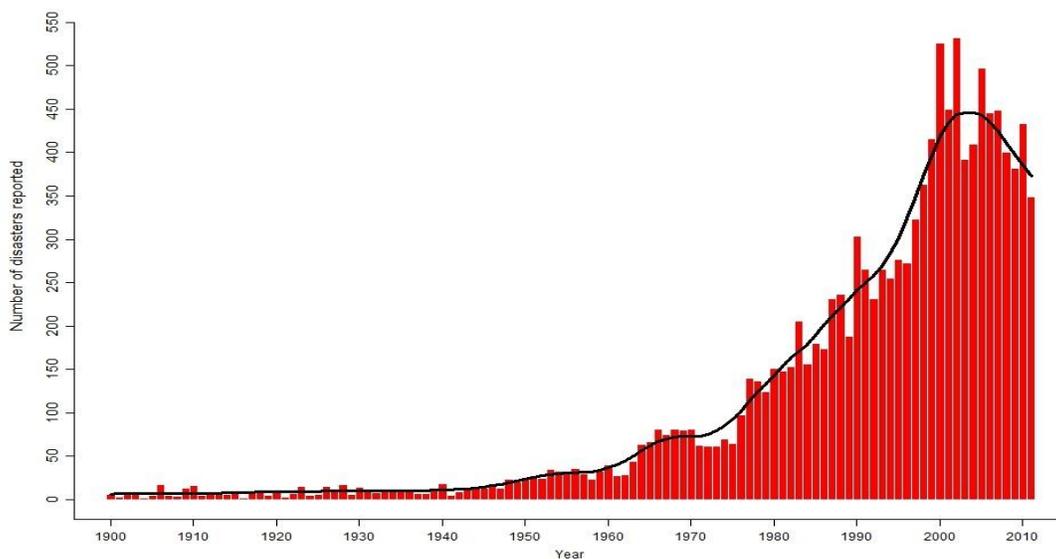
La pérdida asociada a un peligro específico se puede medir estadísticamente como el producto de la probabilidad de ocurrencia de un desastre específico multiplicado por el daño que sería causado en promedio, por lo que hay que invertir más en preparación y mitigación³ en los casos en que el riesgo de un peligro específico es alto.

En el último siglo ha habido un aumento dramático en el número de desastres naturales reportados y el daño a la propiedad asociado a los mismos, como se puede observar en la **gráfica 1**. Esto puede estar relacionado con el aumento de la temperatura del mar tropical de hasta 2 grados Fahrenheit en los últimos cien años, lo que puede haber contribuido a un incremento de los desastres en función del clima⁴, y puede ser una consecuencia general del calentamiento global⁵ o puede ser también que los desastres naturales eran tratados anteriormente como un asunto local y no eran reportados.

³ Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2001) Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. México.

⁴ Hazards of Nature, Risks to Development: An IEG Evaluation of World Bank Assistance for Natural Disasters. World Bank, Independent Evaluators Group (IEG), 2006.

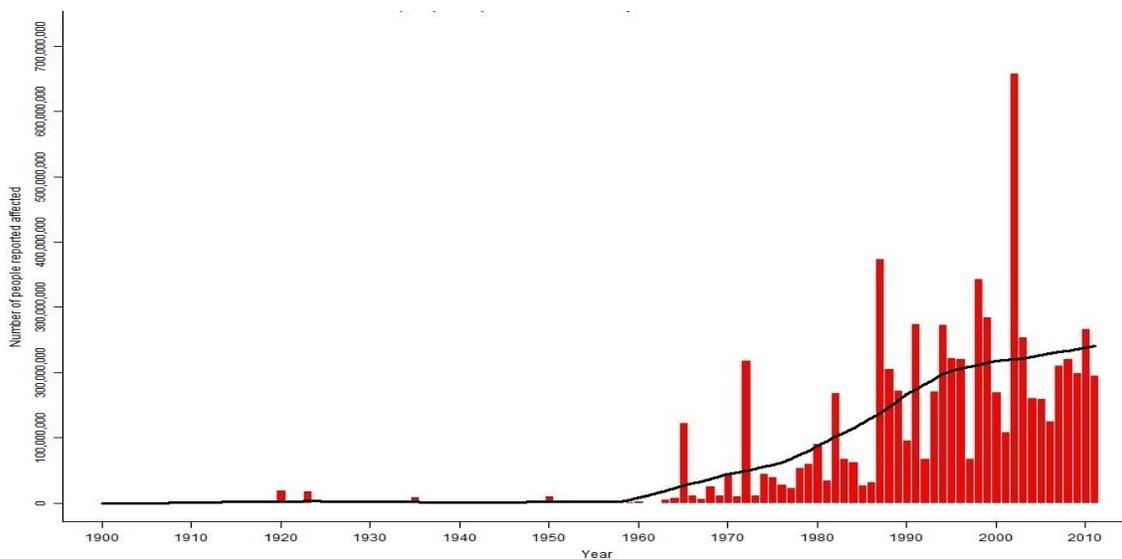
⁵In Weather Chaos, a Case for Global Warming. The New York Times, 14 August 2010.



Gráfica 1 Desastres Naturales Reportados en el Mundo entre 1900 -2011

Fuente: EM - DAT⁶

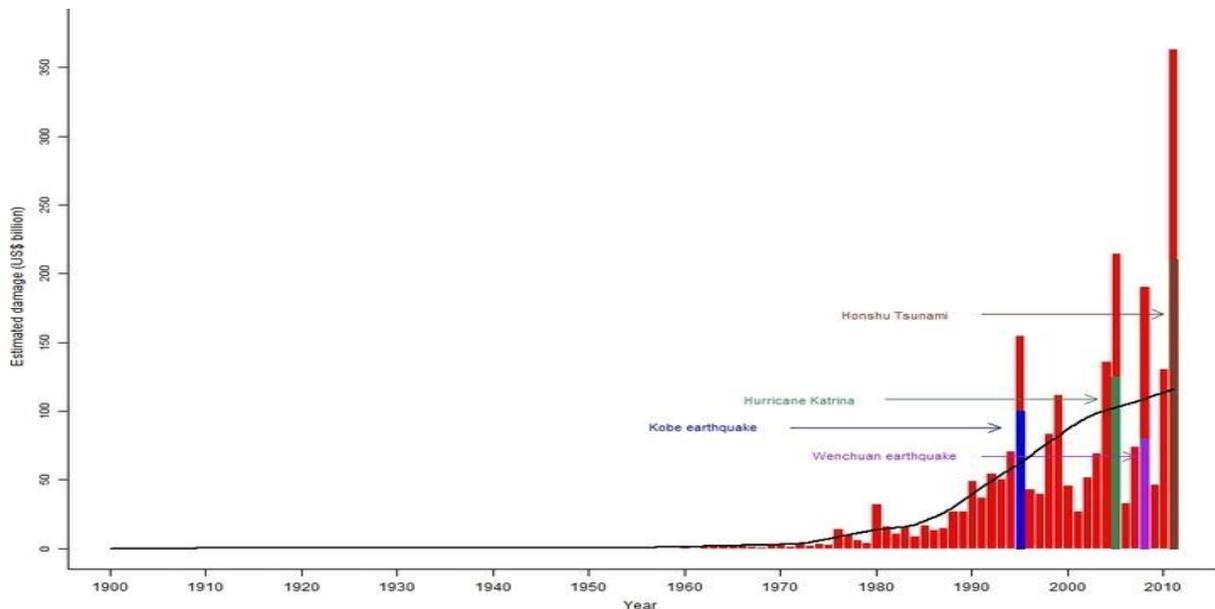
El número de personas afectadas por desastres naturales reportadas se ha incrementado significativamente en los últimos años, así como el daño a la propiedad como resultado de los desastres naturales, tal como se observa en las siguientes gráficas:



Gráfica 2 Número de Personas Afectadas por Desastres Naturales en el Mundo entre 1900 – 2011

Fuente: EM - DAT⁷

⁶ EM-DAT The International Disaster Database. 2013. Disponible en: <http://www.emdat.be>



Gráfica 3 Daños Estimados Causados por Desastres Naturales 1900 – 2011

Fuente: EM - DAT⁸

El Banco Mundial estima que un 95% de todos los daños causados por los desastres naturales se produce en los países en desarrollo, debido en parte al menor desarrollo de infraestructura que poseen, lo que representa que el impacto de un desastre natural tienda a ser mucho mayor de lo que se podría esperar en un país desarrollado⁹.

En Colombia, desde 1900 hasta 2013, de acuerdo a la EM-DAT Base de datos de Desastres Internacional, se han reportado 161 emergencias que han dejado 33.444 muertos, 17'052.792 afectados y han ocasionado daños por casi 7 mil millones de dólares, como se puede observar en la siguiente tabla:

Tipo de Desastre	Subtipo de Desastre	# de Eventos	Muertos	Total Afectados	Daños (miles de dólares)
Sequía	Sequía	1	-	100.000	-
Terremoto (actividad sísmica)	Terremoto (temblor de tierra)	23	3.593	1.409.068	\$2.309.666
Epidemia	Enfermedades infecciosas bacterianas	2	412	17.137	-
	Enfermedades infecciosas virales	1	-	23.235	-

⁷ EM-DAT The International Disaster Database. 2013. Disponible en: <http://www.emdat.be>

⁸ EM-DAT The International Disaster Database. 2013. Disponible en: <http://www.emdat.be>

⁹The Sendai Report: Mainstreaming Disaster Risk Management for Sustainable Development Managing Disaster Risks for a Resilient Future 2012. Disponible en: <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTURBANDEVELOPMENT/EXTDISMGMT/0,,menuPK:341021--pagePK:149018--piPK:149093--theSitePK:341015,00.html>.



Tipo de Desastre	Subtipo de Desastre	# de Eventos	Muertos	Total Afectados	Daños (miles de dólares)
Inundación	Sin especificar	25	1.120	5.853.209	\$138.853
	Inundación repentina	3	140	213.447	-
	Inundación general	40	2.090	9.195.812	\$3.338.500
	Inundación general / Alud de lodo	1	11	9.950	-
	Tormenta / Inundación costera	1	3	1.100	-
Infestación de insectos	Sin especificar	1	-	-	\$104.000
Movimientos en masa seca	Desprendimiento de tierra	2	87	2.411	-
	Caída de Rocas	1	160	-	-
Movimientos en masa húmeda	Avalancha	1	10	117	-
	Desprendimiento de tierra	38	2.954	29.745	\$400
Tormenta	Sin especificar	2	4	29.083	\$2.550
	Tormenta Local	2	6	8.240	-
	Ciclón Tropical	3	28	103.074	\$50.500
Volcánica	Erupción Volcánica	11	22.826	56.964	\$1.000.000
Incendios Forestales	Incendio forestal	3	-	200	-
Total		161	33.444	17.052.792	\$ 6.944.469

Tabla 1 Desastres Reportados en Colombia 1900 – 2013

Fuente: EM - DAT¹⁰

Los incidentes con mayor cantidad de daños estimados que se han presentado en la última década en el país han reportado daños por valor de 3.320 millones de dólares, de acuerdo a lo reportado en la misma base de datos, como se muestran a continuación:

Desastre	Fecha	Daños estimados (miles de dólares)
Inundación	1-Sept-2011	1,290,000
Inundación	Abril-2011	1,030,000
Inundación	6-Abr-2010	1,000,000
Inundación	15-Mar-2012	62,000
Inundación	20-Abr-2012	40,000
Inundación	11-Feb-2005	10,000
Terremoto (Actividad Sísmica)	24-Mayo-2008	10,000
TOTAL		3,320,122

Tabla 2 Desastres Ocurridos en Colombia en la Última Década Reportados

Fuente: EM - DAT¹¹

¹⁰ EM-DAT The International Disaster Database. 2013. Disponible en: <http://www.emdat.be>

¹¹ EM-DAT The International Disaster Database. 2013. Disponible en: <http://www.emdat.be>



Si se tiene en cuenta la cantidad de personas afectadas por un desastre natural, los riesgos de daños materiales y el riesgo para la cohesión social después de un desastre, se puede entender que cualquier mejora en la eficacia de las redes de telecomunicaciones utilizadas en emergencia podría traer grandes beneficios y causar un gran impacto.

Por tanto el costo de la RNTE puede ser justificado por mejores resultados en cualquier combinación de los siguientes factores: la cantidad de vidas salvadas, la pérdida de propiedad evitada, el aumento de la eficiencia operativa y la prevención de la pérdida de la vida de personal de atención de emergencias, además de las grandes inversiones que debe asumir el Estado por la recuperación y atención de desastres y situaciones de emergencia en el país, como resultado de las medidas en prevención y mitigación de desastres tomadas por las entidades que hacen parte del SNGRD y la implementación de la RNTE.

1.4. RESUMEN DEL DISEÑO Y SU IMPLEMENTACIÓN

A continuación se presenta un resumen de diseño de la RNTE, tal como se definió en el documento “Diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia – RNTE”. La Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia diseñada es una red mixta integrada, que incluye diferentes tecnologías:

- LTE para la nueva red, la cual se constituye en el centro y unión de la RNTE, con la inclusión de:
 - Las redes de los PRST existentes con exigencias de tipo regulatorio para priorización de tráfico en casos de desastres.
 - Tecnología de PoC sobre las redes 3G y 2G móviles, para autoridades con terminales propios para la atención de emergencias y desastres.
 - Ampliación de cobertura para las actuales redes de radio en banda VHF de la UNGRD, CDGRD y CMGRD.

La RNTE debe soportarse e integrar a las diferentes redes existentes en el país que le permita obtener cobertura y robustez requerida rápidamente, utilizando:

- La infraestructura base existentes en el país (Torres de comunicación, espacios físicos, energía eléctrica, tierras, protecciones, etc.).
- Redes de transporte de fibra óptica de los PRST, con sus respectivos respaldos, especialmente la nueva red de Fibra óptica del proyecto Vive Digital, que conectará la mayoría de las poblaciones del país.



Como contingencia, para casos extremos se deberán contratar estaciones base móviles, con enlaces de transporte satelitales, que puedan ser desplegadas en casos de desastres a diferentes lugares del país.

La red deberá implementarse en las siguientes Macro fases:

1.4.1. Fase I: Implementación de la RNTE sobre las Redes Existentes

1.4.1.1. Implementación de la RNTE sobre las redes de los PRST existentes

Para la implementación de la RNTE sobre las redes de telefonía fija y móvil se hace necesario establecer las obligaciones normativas que se proponen a continuación:

- 1) En caso de desastres y declaración de emergencia, se obliga a los PRST a priorizar el tráfico de llamadas de las autoridades y los usuarios del SNGRD¹², sobre las Redes de Telefonía Fija y Móvil que intervienen directamente en las fases de atención y recuperación de desastres.
- 2) Incorporar dentro de las “obligaciones de hacer” asociadas con otorgamiento y/o renovación de permisos de usos del espectro radioeléctrico en las bandas de Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT por sus siglas en inglés), así como con los procedimientos de implementación de la finalización del régimen de transición de los operadores cuyas condiciones de habilitación respetadas por el régimen de transición de la Ley 1341 de 2009 están próximas a expirar, la prestación de servicios de comunicación de voz y datos sin costo a las entidades que conforman el SNGRD. De tal manera que en las futuras negociaciones y asignaciones de espectro radioeléctrico:
 - Que las redes de telefonía móvil cuenten con sistemas operativos que soporten los servicios de PoC (Push to talk over Cellular) OMA versión 2, que permite una conexión inmediata a un grupo de usuarios predefinidos con solo pulsar un botón a través de la red celular, a los usuarios de las entidades que atienden las emergencias y desastres.
 - Que los PRST móviles, en partes proporcionales, doten de teléfonos móviles con características físicas propias de redes de emergencia tales como protección ante golpes, caídas, resistencia al agua, altas temperaturas. Comercialmente existen productos que cumplen estos requisitos y típicamente son terminales celulares de última generación con teclado alfanumérico, con soporte GSM, 3G, HSPA, HSPA+ y soporte WiFi, y con baterías de alta duración.

¹² Se entienden todas las autoridades que forman parte del SNGRD de conformidad con la Ley 1523



Las anteriores obligaciones normativas son descritas en detalle en el documento “Análisis Técnico, Normativo, Financiero y Propuesta de un Marco Normativo para el Fortalecimiento del Sistema Nacional de Telecomunicaciones de Emergencias.

1.4.1.2. Fortalecimiento de las Redes de radio VHF de la UNGRD, CDGRD y CMGRD

Para las actuales redes de radio en banda VHF de la UNGRD, CDGRD y CMGRD se contempló en el diseño lo siguiente:

- 1) Fortalecimiento de las redes de radio en banda VHF de la UNGRD, CDGRD y CMGRD, mediante la ampliación de cobertura.
- 2) Interconexión IP para las redes de radio en banda VHF de la UNGRD, CDGRD y CMGRD, y consolas de cross-connect entre las diferentes redes.

1.4.2. Fase II: Nueva RNTE - LTE

Esta fase tiene las siguientes opciones de viabilidad respecto a su implementación:

a. Subasta del espectro de Dividendo Digital (banda de 700 MHz)

Es la opción recomendada por el Grupo Consultor y consiste en destinar una parte del espectro disponible en el Dividendo Digital que será subastado por el Estado colombiano en los próximos meses con la canalización de Asia-Pacífico que ha sido aprobada por la ANE y el MinTIC. En dicha subasta, los operadores celulares entrantes y los establecidos que no hayan superado el tope de espectro en las bandas bajas (entre 698 MHz y 960 MHz), el cual es de 30 MHz, pujarán por 90 MHz de espectro comprendido entre 698 MHz y 806 MHz.

La propuesta es que a un operador comercial se le asigne dos bloques de 15 MHz, de estos 90 MHz, para que éste lo explote comercialmente, al tiempo que desarrolla en la misma infraestructura la RNTE. Esto con el compromiso relevante de que en eventos de emergencia, el tráfico de los usuarios de las entidades del SNGRD tiene prioridad sobre cualquier tipo de tráfico comercial en las zonas afectadas.

Por su parte los usuarios de las entidades que conforman el ecosistema del SNGRD se dotarán con terminales LTE con características y funcionalidades PPDR para que operen en ambientes extremos sin que sufran daños significativos que impidan el acceso de los usuarios. Adicionalmente, los usuarios de la RNTE podrán tener itinerancia en los diferentes segmentos del espectro en la banda de 700 MHz.

Estos terminales deberán ser multi-banda/multi-modo, capaces de operar en las tecnologías celulares existentes (GSM-UMTS-LTE) para garantizar el mayor cubrimiento de la red celular actual, mientras que el cubrimiento de la red de LTE alcance un alto porcentaje.



Para lograr el éxito de esta fase, el Estado colombiano reconocerá que el espectro utilizado por el operador seleccionado tiene un costo menor que el espectro de uso exclusivo para operaciones comerciales.

b. Banda de 800 MHz

El diseño propuesto para la banda de 700 MHz, a grosso modo y con pequeños cambios, también puede ser aplicable para banda de 800 MHz, la cual puede disponerse bajo el mismo principio anterior para negociación con cualquier operador al que se le asigne esta banda para la comercialización de LTE, con las condiciones que se especifican en el diseño de la red para la implementación, operación y mantenimiento de la RNTE.

c. Implementación propia

Como última opción el estado puede optar por la implementación de esta red con recursos propios en la banda que se asigne, en 700 u 800 MHz, pero esta no es una opción que el Grupo Consultor considera viable por la inversión inicial que implica y los recursos requeridos para asegurar la sostenibilidad de la RNTE en el tiempo.

1.5. USUARIOS

La estimación del número de usuarios que dispondrán de equipos terminales es una aproximación ya que realmente el número de usuarios en cada una de las áreas de cobertura de las soluciones propuestas en el diseño será determinado por las necesidades particulares de la UNGRD, los CDGRD y los CMGRD, teniendo en cuenta entre otras cosas el nivel de riesgo, el número de multi-amenazas en cada cabecera municipal, los modelos disponibles y los costos.

Para el cálculo del número de usuarios de la RNTE se tratará en forma diferente los usuarios del servicio PoC, los usuarios de la RNTE en LTE y los usuarios de la red de radio en banda VHF.

El número de usuarios para la RNTE se calcula teniendo en cuenta las siguientes premisas:

- De las 1.122 cabeceras municipales incluidas en la proyección del DANE para el año 2012¹³, se excluyeron 20 cabeceras municipales que se definen como Áreas No Municipalizadas en la misma proyección, por esto no se dispone de información acerca del área geográfica, número de habitantes y estructura de Gobierno para estas localidades. Adicionalmente, se tuvo en cuenta la cabecera municipal Belén de Bajirá, del departamento de Antioquia, según una determinación del Consejo de

¹³ Proyección de población 1985-2020. DANE.



Estado del 2007¹⁴. Teniendo en cuenta lo anterior, se considera para el diseño de la RNTE un total de 1.103 cabeceras municipales.

- Se tiene que en 1044 cabeceras municipales se podrá implementar el servicio de PoC debido a que en ellas se encuentran disponibles actualmente las redes de 2G y 3G. De las 1044 cabeceras municipales, 32 son capitales de departamento y se consideran de forma diferente en el cálculo de número de usuarios.
- Para la implementación del servicio de PoC en los CDGRD se asumió que en cada una de las capitales de departamento, se dispondrá de 10 equipos terminales, disponibles para gobernador, alcalde, el director del CDGRD y los representantes de las entidades de socorro (Defensa Civil Colombiana, Cruz Roja Colombiana y Dirección Nacional de Bomberos) y otros que se designen en cada departamento.
- Para la implementación del servicio de PoC en los CMGRD se asumió que en cada una de las 1071 cabeceras municipales, se dispondrá de 8 equipos terminales, disponibles para alcalde, el director del CMGRD y los representantes de las entidades de socorro (Defensa Civil Colombiana, Cruz Roja colombiana y Dirección Nacional de Bomberos) y otros que se designen en cada cabecera municipal.
- Para el cálculo de usuarios de la RNTE en LTE se consideran las 1103 cabeceras municipales. Para este caso se aplican los mismos criterios en número de equipos terminales que se describieron anteriormente, tanto para los CDGRD como para los CMGRD.

En la tabla siguiente se puede observar el número total de usuarios para el servicio PoC y de la RNTE en LTE, según se describió arriba:

	Dptos/Mcipios	Usuarios	Total usuarios PoC/ LTE
CDGRD	32	10	320
CMGRD PoC	1044	8	8352
CMGRD LTE	1071	8	8568
Total Usuarios PoC			8672
Total Usuarios LTE			8888

Tabla 3 Número de Usuarios servicio PoC

Fuente: Grupo Consultor

Para el cálculo del número de usuarios de la Red de Radio en Banda VHF Fortalecida se asumió que en el área de cobertura de cada uno de los repetidores adicionales diseñados se dispondrá de 5 terminales para las autoridades correspondientes. El cálculo del número de usuarios de la red de radio en banda VHF fortalecida se ilustra en la siguiente tabla:

¹⁴ <http://www.caracol.com.co/noticias/judicial/belen-de-bajira-es-antioqueno-segun-el-consejo-de-estado/20071127/nota/512481.aspx>



Concepto	Cantidad	Usuarios	Total
Repetidores nuevos A/D IP	96	5	480

Tabla 4 Número de usuarios Red de Radio en banda VHF Fortalecida

Fuente: Grupo Consultor

1.6. COSTOS DE LA RNTE

Los costos estimados para cada una de las implementaciones de la RNTE se desarrollarán en este documento, como se presenta a continuación:

- CAPEX y OPEX para la implementación de la RNTE sobre las redes de telefonía pública fija y móvil y sobre la red de radio VHF, en el capítulo 2.
 - Los costos de CAPEX y OPEX para el fortalecimiento de la red en banda VHF de la UNGRD, CDGRD y CMGRD, se presentan en la sección 2.1.
 - Los costos de CAPEX y OPEX para la solución de Interconexión IP para las redes de radio en banda VHF de la UNGRD, CDGRD y CMGRD, se presentan en la sección 2.2.
 - Los costos de CAPEX y OPEX para la solución de PoC para los PRST Móviles se presentan en la sección 2.3.
 - Los costos de CAPEX y OPEX para la solución de teléfonos móviles que soportan PoC se presentan en la sección 2.3.1.
- CAPEX y OPEX de la RNTE en LTE en banda de 700 MHz, de acuerdo al diseño realizado en el documento Diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia – RNTE, se presenta en el capítulo 3.



2. CAPEX Y OPEX PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RNTE SOBRE LAS REDES DE TELEFONÍA PÚBLICA FIJA Y MÓVIL Y SOBRE LA RED DE RADIO HF Y VHF

En este capítulo se ilustran los costos para el fortalecimiento de la Red de Radio en Banda VHF y para la implementación del servicio PoC en las redes de 2G y 3G. Para el fortalecimiento de la red de radio en banda VHF se incluye el valor de CAPEX y OPEX necesarios para la implementación, operación y mantenimiento de los repetidores adicionales diseñados y para la migración de los repetidores existentes. Para PoC se incluye el costo del hardware adicional necesario y las licencias requeridas para garantizar el funcionamiento de los grupos de trabajo definidos.

2.1. FORTALECIMIENTO DE LA RED VHF

2.1.1. Resultados del diseño del fortalecimiento de la Red de Radio en Banda VHF

En la tabla a continuación se resume el resultado del diseño de la Red de Radio en Banda VHF Fortalecida los cuales son tomados del documento Diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia-RNTE.

Elemento	Total
Repetidores nuevos A/D IP	96
Repetidores existentes a migrar a tecnología A/D con IP	51
Equipos Radio Base	97
Modem IP (Interconexión)	147
Equipos Cross Connect (Interoperabilidad) 6 módulos	31
Equipos Cross Connect (Interoperabilidad) 8 módulos	1

Tabla 5 Resumen Elementos integrantes Red de Radio en Banda VHF Fortalecida.
Fuente: Grupo Consultor

La anterior información se utiliza como base para los cálculos de costos que se presentan a continuación.



2.1.2. Estimación de costos para los elementos de Acceso e Interconexión de la Red de radio en banda VHF fortalecida

2.1.2.1. Costos de Equipos Repetidores

El diseño de la RNTE VHF fortalecida considera el uso de 96 equipos repetidores nuevos y la migración de 51 equipos existentes a la nueva tecnología Análogo Digital con capacidad IP.

Para la implementación de estas soluciones se requieren antenas con patrón de radiación omnidireccional, cables tipo coaxial de 1/2" y los accesorios necesarios para el montaje. Estos elementos están incluidos en los precios de referencia para equipos Repetidores listados en la tabla siguiente.

El costo referencial total antes de IVA de estos equipos se muestra en la tabla siguiente:

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Total
Repetidores nuevos A/D IP	96	US\$ 5000	US\$ 480.000
Repetidores existentes a migrar a tecnología A/D con IP	51	US\$ 5000	US\$ 255.000
Total	147		US\$ 735.000

Tabla 6 Costo Repetidores Red de Radio en Banda VHF

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

El cálculo del costo de las visitas para realizar instalaciones o mantenimientos en los sitios escogidos para ubicar los repetidores se estimó teniendo en cuenta los gastos por desplazamiento del técnico, su manutención y alojamiento, dependiendo de la zona. Además se contemplaron gastos adicionales cuando el punto está localizado en un cerro, ya que se deben realizar desplazamientos terrestres en condiciones especiales.

Considerando que el 35% de los 147 repetidores que se incluyen en la RNTE en VHF fortalecida se encuentran ubicados en la cima de cerros, el Grupo Consultor con su experiencia en este tipo de operaciones estima que el precio promedio de la visita es de 1'.600.000 pesos y el costo del trabajo de instalación o mantenimiento es de 300.000 pesos.

En la siguiente tabla se muestran los precios de implementación antes de IVA de los equipos repetidores.



Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Total
Repetidores nuevos A/D IP	96	\$ 1'900.000	\$ 182.400.000
Migración a A/D IP Repetidores Existentes	51	\$ 1'900.000	\$ 96.900.000
Total	147		\$ 279.300.000

Tabla 7 Costo Implementación de Repetidores

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Teniendo en cuenta que estos equipos nuevos se instalaran en infraestructura existente, se recomienda alquilar la infraestructura pasiva a los operadores móviles establecidos o a American Tower, quien comercializa el servicio de colocación en torres, en razón que adquirió gran parte de estos elementos de los operadores Movistar y TIGO. Para efectos del costeo el Grupo Consultor sostuvo reuniones con American Tower y conversaciones con operadores móviles de las cuales se dedujo que un precio promedio de colocación en torres, arriendo de piso y suministro de energía AC, alcanza la suma de \$2.600.000 antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Precio total Mensual	Precio Total Anual
Servicio de Colocación	96	\$2.600.000	\$ 249.600.000	2.995.200.000

Tabla 8 Costo Colocación en Torre Equipos Repetidores de VHF

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

2.1.2.2. Costos Equipos Radio Base

El diseño de la Red de radio en banda VHF fortalecida incluyó la implementación en campo de 97 equipos radio base en cabeceras municipales específicas como soluciones de extensión de cobertura. Para la estimación del costo de los equipos radio base se contempló los radios, antenas direccionales, cables tipo coaxial de ½" y accesorios de montaje; dado que las condiciones de cada sitio modifican las especificaciones de instalación, se asume un valor promedio para estas soluciones.

Este costo referencial total antes de IVA se muestra en la siguiente tabla:

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Total
Radio Base	97	US\$ 1600	US\$ 155.200

Tabla 9 Costo Equipos Radio Base

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Teniendo en cuenta que estas implementaciones requieren diseño en campo, para definir por ejemplo dirección y altura de la antena, el Grupo Consultor estima un costo de instalación de \$800.000 y un costo promedio para desplazamientos, manutención y alojamiento de \$1.000.000.



Este costo total de implementación antes de IVA se muestra en la siguiente tabla:

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Total
Radio Base A/D IP	97	\$ 1.800.000	\$ 174.600.000

Tabla 10 Precio Implementación Equipos Radio Base

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

2.1.3. Estimación de costos para el Mantenimiento de elementos de Acceso e Interconexión de la RNTE VHF fortalecida

2.1.3.1. Costos de Mantenimiento para Equipos Repetidores

Para determinar el precio del mantenimiento de los equipos repetidores y los equipos radio bases, calculamos primero el número de visitas requeridas al mes para este tipo de servicio, luego el precio de los repuestos y equipo en almacén necesario y por último se tiene en cuenta el valor del soporte técnico y las actualizaciones de software que eventualmente se requieren.

El MTBF para los equipos repetidores cuyo funcionamiento se realice en condiciones normales es igual o superior a 50.000 horas; el cálculo del número de fallas esperadas por mes es el siguiente:

$$\text{Fallas al mes de un elemento} = \frac{\text{Cantidad de horas mes}}{\text{MTBF del elemento}}$$

$$\text{Fallas al mes de un elemento} = \frac{720}{50.000} = 0,014$$

$$\text{Fallas al mes del total de elementos} = \frac{\text{Cantidad de horas mes}}{\text{MTBF del elemento}} \times \text{Cantidad de elementos}$$

$$\text{Fallas al mes del total de elementos} = \frac{720}{50.000} \times 147 = 0,014 \times 147 \approx 2$$

Lo que significa 2 visitas al mes, para las que se debe considerar el desplazamiento del técnico, su manutención y alojamiento.

Considerando los precios promedio de instalación y visita mencionados anteriormente, tenemos que el costo de cubrir las fallas de los equipos de acceso e interconexión sería de \$4.400.000 al mes o lo que significa un valor de mantenimiento para cada equipo repetidor (147) de \$30.000 mensuales. Suma a la cual se le agrega un margen de seguridad adicional del 20%, por tanto asumiremos que el mantenimiento mensual de los repetidores asciende a \$36.000 por cada uno sin incluir repuestos y antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario Mensual	Total anual
Mantenimiento Equipos Repetidores	147	\$ 36.000	\$ 63.504.000

Tabla 11 Costo Anual Mantenimiento Equipos Repetidores

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Para la adquisición de los repuestos para este tipo de equipos se recomienda la compra anual de garantía extendida para el total de los equipos instalados. Esta recomendación se hace teniendo en cuenta que para el mantenimiento de este tipo de equipos el mayor costo está representado por la visita de los técnicos capacitados para realizar el trabajo. Esta garantía extendida se estima con un costo de 12% del valor del CAPEX según la experiencia del Grupo Consultor.

En la tabla siguiente se muestra el costo total anual antes de IVA que representa este concepto, incluyendo soporte técnico remoto por parte del fabricante y las actualizaciones de software que se requieran:

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	CAPEX	Precio Anual
Asistencia Remota de fábrica y Upgrade de Software y Banco de Repuestos y reparaciones.	1	12% del CAPEX	US\$ 735.000	US\$ 88.200

Tabla 12 Costo Garantía Extendida para el Total de Equipos Repetidores

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

2.1.3.2. Costos de Mantenimiento para Equipos Radio Base

En los equipos radio base para los que el MTBF en condiciones normales de funcionamiento es igual o superior a 50.000 horas; el cálculo del número de fallas esperadas por mes es el siguiente:

$$Fallas\ al\ mes\ de\ un\ elemento = \frac{Cantidad\ de\ horas\ mes}{MTBF\ del\ elemento}$$

$$Fallas\ al\ mes\ de\ un\ elemento = \frac{720}{50.000} = 0,014$$

$$Fallas\ al\ mes\ del\ total\ de\ elementos = \frac{Cantidad\ de\ horas\ mes}{MTBF\ del\ elemento} \times Cantidad\ de\ elementos$$

$$Fallas\ al\ mes\ del\ total\ de\ elementos = \frac{720}{50.000} \times 97 = 0,014 \times 97 \approx 2$$

Lo que significa 2 visitas al mes, para las que se debe considerar el desplazamiento del técnico, su manutención y alojamiento.

Considerando que estos equipos se encuentran en cabeceras municipales alejadas, el costo de visita promedio es de \$1.000.000 y el precio del trabajo técnico promedio es de \$700.000. El costo de cubrir las fallas de los equipos radio base sería de \$3.400.000. Esto significa un valor de mantenimiento para cada equipo radio base (97) de \$35.000 mensuales. Suma a la cual se le agrega un margen de seguridad adicional del 20%, por tanto asumiremos que el mantenimiento mensual de los repetidores asciende a \$42.000 por cada uno. El costo total para el mantenimiento de estos elementos antes de IVA se muestra en la tabla siguiente:

Concepto	Cantidad	Precio Unitario Mensual	Total anual
Mantenimiento Equipos Radio Base	97	\$ 42.000	\$ 48.888.000

Tabla 13 Costo Mantenimiento Equipos Radio Base

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

En cuanto a los repuestos para esto equipos radio base, se tienen en cuenta las mismas consideraciones que para los equipos repetidores; por lo tanto la recomendación del Grupo Consultor es la adquisición de garantía extendida para todos los equipos.

En la tabla siguiente se muestra el costo antes de IVA correspondiente al banco de repuestos, el soporte remoto del fabricante y las actualizaciones de software necesarias:

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	CAPEX	Precio Anual
Asistencia Remota de fábrica y Upgrade de Software y Banco de Repuestos y reparaciones.	1	12% del CAPEX	US\$ 155.200	US\$ 18.624

Tabla 14 Costo Garantía Extendida para el Total de equipos Radio Base

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

2.2. INTERCONEXIÓN IP Y CONSOLA DE CROSS-CONNECT

Para garantizar la interconexión IP entre los repetidores a nivel departamental de la Red de radio en banda VHF fortalecida se debe garantizar el modem 3G y el plan de datos correspondiente.

La siguiente tabla muestra los costos antes de IVA estimados para este concepto:

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Modem 3G con puerto Ethernet	147	US\$ 350	US\$ 51.450
Plan de Datos (mínimo 1 Mb)	147	US\$ 15 Mensual	US\$ 26.460 Anual

Tabla 15 Costo de garantizar la Interconexión IP

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Para el mantenimiento de estos modem se asume un costo anual equivalente al 5% del valor total de los equipos.



La siguiente tabla muestra estos costos antes de IVA:

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	CAPEX	Precio Total
Mantenimiento Modem 3G con puerto Ethernet	1	5% del CAPEX	US\$ 51.450	US\$ 2.572,5

Tabla 16 Costo mantenimiento Modem IP

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

2.2.1. Equipos Cross-Connect para garantizar interoperabilidad

Para que la RNTE en VHF fortalecida garantice la interoperabilidad entre las redes públicas y privadas existentes el Grupo Consultor recomendó la instalación de equipos cross connect de acuerdo con las siguientes especificaciones:

Se debe instalar uno de estos equipos en Bogotá D.C. con ocho módulos, los que brindarán la posibilidad de interoperabilidad de la Red de Radio en Banda VHF en la capital del país con las tres redes de las entidades de socorro (Cruz Roja Colombiana, Defensa Civil Colombiana, Dirección Nacional de Bomberos de Colombia), con la red HF de la UNGRD, con redes de telecomunicaciones móviles, la red de comunicaciones fija y un módulo que brinde la posibilidad de interconexión con terminales satelitales.

Para cada una de las 31 capitales de departamento restantes se recomendó la instalación de uno de estos equipos cross connect con seis módulos para garantizar interoperabilidad de la Red de Radio en Banda VHF con las tres redes de las entidades de socorro Cruz Roja Colombiana, Defensa Civil Colombiana, Dirección Nacional de Bomberos de Colombia, las redes telecomunicaciones móviles y la red de comunicaciones fija.

En la tabla siguiente se muestra el costo total antes de IVA de estos equipos:

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio total (USD)
1	Cross Connect 8 Módulos	1	US\$ 24.000	US\$ 24.000
1	Cross Connect 6 Módulos	31	US\$ 21.000	US\$ 651.000
	TOTAL	32		US\$ 675.000

Tabla 17 Costo equipos Cross Connect para Garantizar Interoperabilidad.

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

La tabla siguiente muestra el costo de instalación antes de IVA de estos equipos, precio promedio estimado a partir de los valores que se manejan entre los proveedores de este tipo de servicios:

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Instalación Cross Connect	32	\$ 1.800.000	\$ 57.600.000

Tabla 18 Costo Instalación Equipos Cross-Connect

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

2.2.1.1. Mantenimiento equipos-Cross Connect

En estos equipos, el mantenimiento se realiza sobre los módulos, los que, en condiciones normales de funcionamiento tienen un MTBF de 40.000 horas. El número total de módulos requeridos para los equipos cross connect se muestra en la siguiente tabla:

Elemento	Cantidad de Módulos	Cantidad de Elementos	Total Módulos
Equipo Cross-Connect a nivel departamental.	6 módulos. Interopera RNTE en VHF con las 3 entidades de socorro, Red Fija y Red Móvil.32	31	186
Equipo Cross Connect en Bogotá,	8 módulos. Interopera RNTE en VHF con HF, las 3 entidades de socorro, Red Fija y Red Móvil, radio satelital.	1	8
Total		32	194

Tabla 19 Total de módulos requeridos para los equipos Cross Connect.

Fuente: Equipo Consultor

El cálculo del número de fallas esperadas por mes es el siguiente:

$$Fallas \text{ al mes de un elemento} = \frac{Cantidad \text{ de horas mes}}{MTBF \text{ del elemento}}$$

$$Fallas \text{ al mes de un elemento} = \frac{720}{40.000} = 0,018$$

$$Fallas \text{ al mes del total de elementos} = \frac{Cantidad \text{ de horas mes}}{MTBF \text{ del elemento}} \times Cantidad \text{ de elementos}$$

$$Fallas \text{ al mes del total de elementos} = \frac{720}{40.000} \times 194 = 0,018 \times 194 \approx 4$$

Lo que significa 4 visitas al mes, para las que se debe considerar el desplazamiento del técnico, su manutención y alojamiento.

Considerando que estos equipos se encuentran en ciudades capitales de departamento se estima que el costo de desplazamientos y viáticos promedio es \$800.000 y el costo del trabajo técnico es de \$ 250.000; esto equivale a un costo por visita de \$1.050.000, o sea que el valor del mantenimiento correctivo para todos los equipos es de \$4.200.000 mensuales.



Asumiendo un porcentaje de seguridad del 20% tenemos un valor de \$5.040.000 mensuales para el mantenimiento de todos los equipos, o \$157.500 mensuales para cada uno de ellos.

En la tabla siguiente se muestra el costo de este servicio antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario mensual	Precio Total Anual
Mantenimiento Equipos Cross Connect	32	\$ 157.500	\$ 60.480.000

Tabla 20 Costo Mantenimiento anual Equipos Cross-Connect

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Para la adquisición de los repuestos, actualizaciones de software, mantenimiento preventivo y soporte remoto del fabricante, el Grupo Consultor recomienda, a partir de que el número de equipos requeridos es bajo, la adquisición de Garantía Extendida Anual para el total de estos equipos.

La tabla abajo muestra el valor de este servicio de Garantía Extendida antes de IVA, conociendo que se considera un valor promedio anual de 12% del CAPEX.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	CAPEX	Precio Anual
Asistencia Remota de fábrica, mantenimiento preventivo, Actualización de Software, Banco de Repuestos y reparaciones.	1	12% del CAPEX	US\$ 675.000	US\$ 81.000

Tabla 21 Costo Garantía Extendida Anual para el Total de Equipos Cross-Connect

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

2.3. SOLUCIÓN PoC (PUSH TO TALK over CELLULAR)

Teniendo en cuenta que la propuesta del Grupo Consultor para soportar la RNTE en las redes 2G y 3G de las operadoras celulares implicará para estas últimas la actualización y/o la instalación del sistema (Hardware/Software) PoC en la versión 2 del OMA; a continuación presentamos un estimado de los costos de la inversión para estas empresas.

2.3.1. Equipos PoC

La solución de PoC, es una solución centralizada que cada operador móvil debería implementar en su red, el costo referencial del Sistema PoC incluye el hardware, representado en servidores dedicados con la instalación y puesta en servicio y el software que habilita el servicio para los 8.672 usuarios definidos en el aparte 1.5 Usuarios, esto es la el aprovisionamiento de abonados y grupos.

Las licencias requeridas son de dos clases, una para la habilitación del servicio para los usuarios y está disponible para paquetes de mil usuarios y la otra es la que habilita el



funcionamiento de la consola de despacho. Los costos de estas licencias que se pagan una vez se incluyen en la tabla resumen de CAPEX.

Considerando el número de usuarios calculado para la RNTE se costean 9 licencias de mil usuarios cada una para habilitación del servicio y se costea una licencia para el funcionamiento de la consola de despacho, esta permite administrar usuarios de diez entidades diferentes.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
Sistema PoC	1	US\$1.500.000	US\$1.500.000
Licencias cliente PoC (Bloques mil usuarios/año)	9	US\$14.000	US\$126.000
Licencias consola Despacho (bloques 10 usuarios/año)	1	US\$30.000	US\$ 30.000
Total (USD)			USD\$ 1.566.000

Tabla 22. Costos Referenciales Implementación Solución PoC por Operador

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

2.3.1.1. Mantenimiento Solución PoC

Para el mantenimiento de estos servidores se estima un costo anual del 5% del total del costo del servidor del sistema PoC.

En la tabla siguiente se ilustran los costos referenciales antes de IVA de la implementación y mantenimiento del servicio PoC.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
Mantenimiento anual	1	5% de Sistema PoC	US\$ 75.000

Tabla 23 Costos Mantenimiento Solución PoC por Operador

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores



2.4. COSTOS DE TERMINALES

A continuación se muestra un estimado del costo de los terminales tanto para la red de radio en banda VHF, como para el servicio PoC. Se toma el número de usuarios calculado en el aparte 1.5 Usuarios para hacer un aproximado total del costo de equipos terminales.

Para los usuarios del servicio PoC integrantes de la Dirección Nacional de Bomberos se recomienda el uso de terminales intrínsecamente seguros, cuyas características se definen en la norma IEC60529. Partiendo de la distribución actual de usuarios de las entidades de socorro, asumimos que el 15% de los usuarios del servicio PoC serán integrantes de la Dirección Nacional de Bomberos, o sea se asumen 1.300 usuarios con terminales intrínsecamente seguros. Para los 7.362 restantes usuarios se recomienda el uso de terminales ruggedizados, que se caracterizan por su robustez, pero no son intrínsecamente seguros.

En la tabla siguiente se ilustran los costos antes de IVA para los diferentes tipos de terminales.

Tipo de Terminal	Número de Usuarios	Valor Unitario (US\$)	Total (US\$)
VHF Portátiles	480	775	372.000
PoC Ruggedizados	7.362	400	2.944.800
PoC Intrínsecamente Seguro	1.300	1.500	1.950.000

Tabla 24 Costos terminales red de radio en banda VHF y Servicio PoC

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

2.5. RESUMEN DE CAPEX Y OPEX DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RNTE SOBRE REDES EXISTENTES

En el Anexo 1 Costos de RNTE para redes existentes, se encuentra la tabla de Excel detallada con los costos de CAPEX y OPEX para la implementación de la RNTE sobre las redes existentes:

- 1) Fortalecimiento de las redes de radio en banda VHF de la UNGRD.
- 2) Interconexión de las redes en banda VHF de la UNGRD sobre protocolo IP.
- 3) Solución Cross Connect para lograr la interoperabilidad de las diferentes redes de socorro y atención de emergencia con diferentes redes en otras tecnologías como HF, VHF, LTE, PoC.
- 4) Solución de PoC para redes móviles existentes.



Costos de los terminales.

El resumen de costos de CAPEX y OPEX, incluyendo IVA, se encuentra en las siguientes tablas:

Concepto	CAPEX					
	US\$	IVA (16%)	TOTAL US\$	COL \$	IVA (16%)	TOTAL COL\$
Fortalecimiento redes de radio en banda VHF de la UNGRD						
Equipos Repetidores A/D IP	480.000	76.800	556.800			0
Repetidores existentes a migrar a tecnología A/D con IP	255.000	40.800	295.800			0
Instalación Repetidores A/D IP			0	182.400.000	29.184.000	211.584.000
Instalación Repetidores existentes a migrar a tecnología A/D con IP			0	96.900.000	15.504.000	112.404.000
Equipos Radio Base	155.200	24.832	180.032			0
Instalación Equipos Radio Base			0	174.600.000	27.936.000	202.536.000
Garantía Extendida Repetidores	88.200	14.112	102.312			0
Garantía Extendida Radio Bases	18.624	2.980	21.604			0
Total Fortalecimiento VHF			1.156.548			526.524.000
Interconexión de las redes en banda VHF de la UNGRD sobre protocolo IP						
(Modem 3G)	51.450	8.232	59.682			
Total Interconexión VHF			59.682			
Solución Cross Connet						
Equipos Cross Connect	675.000	108.000	783.000			
Instalación Cross Connect				57.600.000	9.216.000	66.816.000
Garantía Extendida Cross Connect	81.000	12.960	93.960			
Total Interoperabilidad VHF			876.960			66.816.000
Solución PoC						
Servidor Central	1.500.000	240.000	1.740.000			
Licencias Grupos de Trabajo	136.000	21.760	157.760			
Licencia Consola de Despacho	30.000	4.800	34.800			
Total PoC			1.932.560			

Tabla 25 Resumen Costos CAPEX Implementación sobre Redes Existentes

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores



Concepto	OPEX					
	US\$	IVA (16%)	TOTAL	\$ ANUAL	IVA (16%)	TOTAL
Fortalecimiento redes de radio en banda VHF de la UNGRD						
Servicio Colocación				2.995.200.000	479.232.000	3.474.432.000
Mantenimiento Repetidores				63.504.000	10.160.640	73.664.640
Mantenimiento Radio Bases				48.888.000	7.822.080	56.710.080
Total Fortalecimiento VHF						3.604.806.720
Interconexión de las redes en banda VHF de la UNGRD sobre protocolo IP						
(Planes de datos)	26.460	4.234	30.694			
Mantenimiento Modems	2.573	412	2.984			
Total Interconexión VHF			33.678			
Solución Cross Connet						
Mantenimiento Cross Connect				60.480.000	9.676.800	70.156.800
Total Interoperabilidad VHF						70.156.800
Solución PoC						
Mantenimiento PoC	75.000	12.000	87.000			
Total PoC			87.000			

Tabla 26 Resumen Costos OPEX Implementación sobre Redes Existentes

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

A continuación se ilustran las tablas con el total de costos en una sola moneda (dólares), tanto de CAPEX como de OPEX, para el Fortalecimiento de la Red de Radio en Banda VHF, la solución para la interconexión de la red y de interoperabilidad de la misma. Es de aclarar que los costos que se encontraban en pesos colombianos se convirtieron en dólares, utilizando la TRM promedio del mes de abril de 2013.

Concepto	CAPEX		
	Total parcial US\$	Total Parcial COL\$ Convertido a US\$	Total US\$
Total Fortalecimiento VHF	1.156.548	287.724	1.444.272
Total Interconexión VHF	59.682		59.682
Total Interoperabilidad VHF	876.960	36.512	913.472
TOTAL	2.093.190	324.237	2.417.426

Tabla 27 Resumen CAPEX Fortalecimiento Red de Radio en Banda VHF

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Concepto	OPEX
----------	------



	Total parcial US\$	Total Parcial COL\$ Convertido a US\$	Total US\$
Total Fortalecimiento VHF		1.969.883	1.969.883
Total Interconexión VHF	33.678		33.678
Total Interoperabilidad VHF		38.338	38.338
TOTAL	33.678	2.008.221	2.041.898

Tabla 28 Resumen OPEX Fortalecimiento Red de Radio en Banda VHF

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

A continuación se ilustran las tablas con el total de los costos en una sola moneda (dólares), tanto de CAPEX como de OPEX, para la implementación de la solución PoC.

Concepto	CAPEX		
	Total parcial US\$	Total Parcial COL\$ Convertido a US\$	Total US\$
Solución PoC	1.932.560		1.932.560
TOTAL			1.932.560

Tabla 29 Resumen CAPEX Implementación Solución PoC

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Concepto	OPEX		
	Total parcial US\$	Total Parcial COL\$ Convertido a US\$	Total US\$
Solución PoC	87.000		87.000
TOTAL			87.000

Tabla 30 Resumen OPEX Implementación Solución PoC

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

En la siguiente tabla se muestran los costos estimados incluyendo IVA, de los terminales que se requerirían para el número de usuarios de las soluciones sobre las redes existentes, resultado del análisis preliminar incluido en el aparte 1.5 Usuarios.

Tipo de Terminal	Número de Usuarios	Valor Unitario US\$	IVA (16%)	Valor Total Unitario	Total US\$
VHF Portátiles	480	775	124	899	431.520
Total Terminales VHF					431.520

Tabla 31 Costos terminales VHF para redes existentes

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores



Tipo de Terminal	Número de Usuarios	Valor Unitario US\$	IVA (16%)	Valor Total Unitario	Total US\$
PoC Rugerizados	7.362	400	64	464	3.415.968
PoC Intrínsecamente Seguro	1.300	1.500	240	1.740	2.262.000
Total Terminales PoC					5.677.968

Tabla 32 Costos terminales PoC para redes existentes

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores



3. VALORACIÓN DE LA NUEVA RNTE EN TECNOLOGIA LTE

En el contenido de este capítulo se realizará un análisis de las diferentes alternativas del uso del espectro y algunos de los costos asociados a este. También se realizará el costeo de los diferentes elementos que componen la RNTE sobre LTE.

Como se menciona en el documento Diseño de la RNTE, presentado en esta consultoría, los sistemas actuales de banda estrecha de las redes de emergencia no pueden proporcionar las características avanzadas de datos y multimedia y la capacidad que otras tecnologías móviles más evolucionadas pueden proporcionar. Las tecnologías LTE pueden beneficiar a las organizaciones de atención de emergencias en términos de capacidad operativa, innovación tecnológica y economía de escala, especialmente en el área de datos y video para aumentar sus servicios de comunicación con capacidad de banda ancha¹⁵.

3.1. EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

En razón a que el espectro es un criterio de alta relevancia para el desarrollo y sostenibilidad de la RNTE, a continuación se presentan diferentes alternativas para el uso del espectro, se ilustran ejemplos de costos asociados a la reasignación de espectro y los beneficios sociales que puede traer la asignación de espectro a las redes de emergencia en frecuencias inferiores a 1 GHz, de manera tal, que sirvan como ejercicio de aproximación de los criterios que deben ser tenidos en cuenta en el momento de valorar económicamente, el espectro requerido para la RNTE.

3.1.1. Alternativas de Uso del Espectro

Dentro de los enfoques de uso de espectro, se evaluaron los siguientes:

1. El uso de servicios comerciales que ya tienen espectro asignado.
2. El uso compartido con otras aplicaciones.
3. Asignaciones exclusivas, ya sea en una sola banda de espectro o en múltiples bandas.

El uso de los servicios comerciales que ya tienen espectro asignado

Un enfoque alternativo (o complementario) para el despliegue de la RNTE, es que las entidades que utilizan esta red, usen los servicios IMT comerciales como un grupo "especial"

¹⁵ PDDR Applications Using IMT-Based Technologies and Networks. APT Report: APT/AWG/REP-27. Abril 2012.



de abonados, haciendo uso de la red comercial sin compartir su infraestructura de acceso. Sin embargo, para que las redes comerciales actuales puedan satisfacer las necesidades específicas de los usuarios de la RNTE, se requiere que el PRST móvil cumpla con las siguientes condiciones comerciales:

- Derechos de acceso prioritario - sobre todo en casos de emergencias y desastres;
- Acuerdos de cobertura extendida, que puede ir más allá de las zonas normalmente consideradas viables para los servicios comerciales;
- Grado de Servicio (GoS) de la red mínimo, con altas características de fiabilidad y robustez, en el contexto de posibles fallas en los equipos, falta de energía y escenarios de desastres naturales;
- Funciones de llamada de grupo (Push-To-Talk) reconfigurable de forma dinámica, para facilitar la de coordinación y respuesta eficiente y eficaz de múltiples autoridades a los acontecimientos, y
- Características de autenticación/seguridad y cifrado especial, para garantizar un nivel adecuado de la integridad del tráfico de red que permita proteger las comunicaciones operativas de la red de emergencia.

Estos requisitos no son plenamente satisfechos por las redes públicas de hoy, y no se prevé que en el corto plazo puedan ser cumplidos por los PRST, en razón a que las redes comerciales funcionan sobre una base de maximización de beneficios económicos.

Adicionalmente, las redes móviles comerciales tienden a estar sobrecargadas en tráfico de forma masiva cada vez que se produce un evento o desastre, por lo tanto es probable que si no existe una solución de priorización de llamadas, la red comercial no esté disponible para las entidades que participan en la atención de emergencias, en los momentos que más se necesitan.

Por otro lado, esta opción proporcionaría cierto grado de armonización de los recursos del espectro y compatibilidad tecnológica entre las entidades que participan en la atención de emergencias y, dependiendo de los acuerdos realizados entre estas entidades y los operadores comerciales (PRST), podría dar lugar a una interoperabilidad entre las autoridades.

En principio, el costo del suministro de tales características para satisfacer las necesidades de las entidades de atención de emergencias sería menor que el costo de la implementación de una red de emergencia dedicada, ya que una gran proporción de la red subyacente y su funcionalidad sería casi totalmente subsidiada por la base de los usuarios comerciales. Adicionalmente, muchos de los costos adicionales, tales como la cobertura extendida,



proporcionaría a los PRST, beneficios indirectos pero tangibles como una base de clientes más amplia.

Por lo tanto, esta opción puede presentar un capital y una carga de los costos operativos mucho menor para los gobiernos nacionales/locales en comparación con el despliegue de una red propia y los ahorros conseguidos podrían ser dirigidos a ampliar aún más la cobertura y aumentar la funcionalidad a un grado mucho mayor de lo que sería posible bajo un enfoque de red dedicada. Además, esta opción elimina la necesidad de asignar espectro dedicado para la red de emergencia de banda ancha, lo que podría resultar en un ahorro de costes de licencia de uso de espectro para las entidades de atención de emergencias, si el Gobierno Nacional no asigna los recursos de espectro a dichos organismos.

En lo que respecta a los requisitos de terminales de usuario especiales que requieren las entidades que intervienen en la atención de emergencias, pueden ser administrados a través del PRST (quien tiene la responsabilidad de autenticación del terminal) o directamente por las entidades de emergencias correspondientes.

Uso compartido con otras aplicaciones

Bajo este modelo, las organizaciones de atención de emergencias comparten una infraestructura común de Red de Acceso de Radio (RAN) con un PRST móvil que esté dispuesto a implementar las condiciones especiales de la red de emergencia o una entidad que también requiera el despliegue de una red con características de seguridad similares a la red de emergencia. En este modelo se comparten los costos de implementación de la red entre las organizaciones de atención de emergencias y el PRST móvil o la entidad que esté interesada en el despliegue de una red de estas características, en lugar de poseer y ser responsable de la operación de sus propios nodos de conmutación, nodos de autenticación, gateway y centros de gestión de usuarios, entre otros.

Los acuerdos de compartición de infraestructura son cada vez más comunes en todo el mundo, incluido Colombia (cubicación de equipamiento en las redes de acceso de los PRST Móviles) y están destinados específicamente a evitar el gasto innecesario y la duplicación de la porción de red de radio de los sistemas IMT – así como el uso comunitario de los escasos recursos del espectro radioeléctrico.

En una red de emergencia, el acceso al espectro no debe estar comprometido, por lo tanto, se requiere que este espectro sea priorizado para esta red. Adicionalmente, esta alternativa de uso de espectro permite a los organismos de atención de emergencias tener un mayor control de la gestión operacional de la red y de sus usuarios, ya que compartirían la propiedad del sistema, o en su defecto llegar a un acuerdo contractual que permita obtener el control de



alguna manera para que tengan el nivel necesario de control sobre el sistema en tiempos de crisis.

Es indispensable que la infraestructura del sistema se construya con las funciones y características requeridas por las organizaciones de atención de emergencias. También es necesario establecer acuerdos en lo que se refiere a los tiempos de respuesta a interrupciones del servicio, el mantenimiento regular, actualizaciones tecnológicas, expansiones de capacidad e incluso el cambio de propiedad.

Un enfoque integrado de la red comercial diseñada para soportar las necesidades de la red de emergencia podría reducir los costos operativos y de capital para el gobierno y las comunidades de manera que se puedan garantizar servicios de atención de emergencias eficaces y aprovechar el poder de mercado comercial que permita apoyar en gran medida el despliegue de sistemas digitales con funciones completas, fiables y sólidas con servicios multimedia y equipos de atención de emergencia esenciales sin costo para las autoridades. También habría un ahorro adicional para los organismos de atención de emergencias a través de la eliminación de la necesidad de una asignación de espectro dedicado (y los costos asociados de licencia de uso de espectro si no hay asignación de espectro por parte del Gobierno Nacional).

En la evaluación de los costos y beneficios económicos de una banda para redes de emergencia compartida con uno o más usuarios, debemos tener en cuenta cualquier impacto adverso que la compartición de la banda tendría en:

- La función de la red de emergencia en sí misma.
- En el otro usuario, que puede o no ser una entidad del sector público.

Desafortunadamente, si los PRST comerciales no encuentran incentivos suficientes para desplegar una red comercial con las características especiales de una red de emergencias puede presentarse el caso de que este tipo de iniciativas falle. Por ejemplo, cuando Estados Unidos pretendió ofrecer una banda de espectro preferencial para PPDR como parte de la subasta de su Bloque D, ninguno de los oferentes privados se presentó porque no encontraron razones de interés para participar por esta banda de espectro.

Asignaciones exclusivas de espectro

El mecanismo más simple para la adquisición de espectro disponible para uso en redes de emergencia es hacer atribuciones y asignaciones exclusivas, o por lo menos primarias, sin embargo, este también es el enfoque más costoso. La cesión exclusiva proporciona a las redes de emergencia un control total sobre el recurso; una atribución primaria significaría que otros



usos secundarios fueran permitidos, pero no se les permitiría interferir con el uso de la red de emergencia primaria.

En el ámbito de la gestión del espectro, hay dos costos principales asociados con una asignación exclusiva de PPDR:

- El costo de oportunidad de no utilizar la misma banda de alguna otra manera.
- Los costos de limpieza de la banda de cualquier aplicación que actualmente lo esté utilizando.

Algunas bandas son más valiosas para redes de emergencia que otras, ya sea porque pueden transmitir más información, o porque los costos unitarios para brindar cobertura son menores, o porque son capaces de penetrar con mayor profundidad en los edificios, de especial importancia para los socorristas que intervienen en la atención.

Características para determinar el uso de una banda exclusiva o varias bandas para la RNTE

Hay varios factores que interactúan para determinar si debe haber una banda exclusiva o varias bandas para redes de emergencia. Estos incluyen:

- El costo de lograr cobertura sobre el territorio nacional completo del país:

El espectro en frecuencias de menos de 1 GHz es ideal para lograr la cobertura propuesta, es por esta razón que el espectro en estas bandas se solicita en gran medida por los operadores de la red móvil y las emisoras terrestres. Estas frecuencias permiten un espaciamiento ideal entre estaciones base, y permite así la cobertura a un costo más bajo.

- La necesidad de penetración en edificios:

A pesar de que una buena penetración en edificios no es necesaria para todas las aplicaciones de las redes de emergencia, es absolutamente esencial para la intervención de las autoridades durante los eventos de desastres. Para una buena penetración en edificios, es necesario que el espectro esté por debajo de 1 GHz debido a las limitaciones físicas. Al mismo tiempo, el coste de oportunidad de la utilización de espectro por debajo de 1 GHz es mucho más alto que la de otras bandas, porque al requerir menos inversión en infraestructura para alcanzar una amplia cobertura y mayor penetración en edificios, los PRST están dispuestos a pagar más por MHz. Esto sugiere que cualquier asignación debajo de 1 GHz no debe ser mayor que la absolutamente necesaria.

- Los requisitos de capacidad adicional para eventos de emergencia y desastres



Los desastres no son predecibles, por lo menos en términos de tiempo o lugar; pero los requisitos de capacidad deben ser precisos para superar cualquier capacidad de las operaciones del día a día, en cualquier caso, por lo que algún tipo de aumento de capacidad es inevitable. Sin embargo, es factible y rentable desplegar unidades transmisoras montadas en vehículos con antenas direccionales en sitios cercanos al incidente, para proporcionar una mayor cobertura y capacidad donde se necesita.

- Las características de funcionamiento de los equipos, sobre todo en materia de diseño de la antena.

Para equipos que operan a frecuencias inferiores a 1 GHz, las consideraciones de eficiencia de antena sugieren el uso de una sola banda, dentro de un rango de sintonización de no más de 10% del punto central de la banda. Por lo tanto, una extensión de la banda o la sintonía centrada a 800 MHz, por ejemplo, podría extenderse a 80 MHz, de 760 MHz a 840 MHz.

El diseño de la antena es un poco menos crítico en las frecuencias más altas debido al menor tamaño físico y a que se puede lograr una mayor eficiencia, pero esto no supera la propagación de la señal inferior en tales frecuencias, lo que limita su utilidad para la cobertura de áreas extensas.

- Densidad de los usuarios de la red.

Existen diferencias significativas en la densidad de usuarios entre redes de emergencia dedicadas y redes comerciales. En general, los usuarios de las redes de emergencia se distribuyen más uniformemente y de manera menos densa dentro de un área de servicio dada. Esto afecta la cantidad de inversión que se requiere para alcanzar una determinada cobertura geográfica. Por ejemplo, en zonas de alta población, las redes comerciales son mucho más propensas a ser dimensionadas para alcanzar una cierta capacidad en lugar de cobertura, mientras que una red de emergencia se preocupa más por la cobertura (con un requisito mínimo de capacidad en el área de servicio).

Aunque las organizaciones PPDR han preferido contar con su propia infraestructura, las consideraciones presupuestarias crecientes de los costos de capital y los gastos operativos de la red están obligando a reconsiderar la forma en que se construyen y financian en muchos países del mundo las redes PPDR futuras¹⁶. También hay otros beneficios de la armonización mundial o regional que se suman, incluidos las economías de escala para reducir los costos a

¹⁶ Actualmente la Unión Europea adelanta un estudio con la CEPT para determinar el roadmap de las redes PPDR para los países que la conforman: "User requirements and spectrum needs for future European broadband PPDR systems (Wide Area Networks)". Al igual que Estados Unidos, Canadá y Australia.



los distintos organismos, la disponibilidad de los productos de múltiples proveedores, así como permitir la interoperabilidad transfronteriza e interinstitucional¹⁷.

Por lo general, la inversión de la red comercial es significativamente mayor que la de las redes de emergencia, en razón a que la recuperación de costos de sus redes es mucho mayor por la base de usuarios que poseen, y las redes de emergencia pueden no cumplir con sus objetivos de GoS y fiabilidad propuestos en zonas menos pobladas debido a limitaciones de presupuesto de capital y operación. Por otra parte, la capacidad de las redes de emergencia puede estar subutilizada y casi inactiva durante períodos prolongados de tiempo entre la ocurrencia de grandes eventos.

Incluso, las comunicaciones de datos de seguridad media o no crítica y los objetivos de integridad de la red buscados por los organismos de atención de emergencias se pueden implementar actualmente de manera más fácil por las arquitecturas de conectividad de extremo a extremo IP de las nuevas redes, a través de mecanismos como protocolos de enrutamiento IP-SEC, servidores proxy seguros y los enlaces inter-nodo en malla.

De particular relevancia, la decisión de 2011 Gobierno de los EE.UU. de enero al adoptar la tecnología LTE para satisfacer las futuras necesidades operativas de Seguridad Pública está impulsando un renovado interés mundial en la adecuación de los requisitos funcionales PPDR: fiabilidad, capacidad, GoS y necesidades de cobertura eficaces.

Los costos de despliegue y de explotación se pueden influenciar de manera significativa dependiendo de la frecuencia seleccionada, por lo que habría una gran diferencia en el costo de alcanzar la cobertura esperada dependiendo si el espectro se asigna en 800 MHz comparado con 5.150 MHz. Por ejemplo, pequeñas diferencias en las frecuencias seleccionadas generan sólo pequeñas diferencias en el costo. La diferencia en los costos de cobertura de 700 MHz frente a 800 MHz es lo suficientemente pequeño como para ignorarlos en el estudio; en caso contrario, si el espectro se asigna en 800 MHz comparado con 5.150 MHz, se tendría una gran diferencia en el costo de alcanzar la cobertura esperada.

3.1.1.1. Consideraciones del Grupo Consultor con respecto al Uso del Espectro

El Grupo Consultor considera que la mejor alternativa de uso del espectro para la RNTE es, el uso compartido con otras aplicaciones, en razón a que esta opción proporciona, potencialmente, los beneficios para las organizaciones que atienden las emergencias, de mejor cobertura y capacidad y funcionalidad extendida que se encuentran en las redes públicas modernas todo-IP, sin incurrir en los altos costos de una asignación exclusiva de espectro y con las características requeridas para la RNTE.

¹⁷ PPDR Applications Using IMT-Based Technologies and Networks. APT Report: APT/AWG/REP-27. Abril 2012.



3.1.2. Costos de Reasignación Asociados con el Uso del Espectro para la RNTE

Los beneficios del uso de una banda (o bandas) reasignada no son diferentes de los de usar una banda que de otra manera estuviera libre, sin embargo, los beneficios deben considerarse netos de los costos de la reubicación de la aplicación existente (suponiendo que el usuario actual no puede compartir el espectro con la utilización de la red de emergencia) y de cualquier otro gasto asociado con la reasignación de la banda. El costo principal que surge de la reasignación es el costo de oportunidad de los usos actuales y futuros del espectro que será desplazado para el uso de la red de emergencia. Con el fin de evaluar esos costos de oportunidad, es necesario identificar y predecir los usos alternativos que se impedirían por la asignación exclusiva de una banda para la red de emergencia.

Si se desea reasignar cualquier banda de frecuencias a un nuevo uso o a un nuevo usuario, es necesario primero limpiar la banda de espectro del usuario titular que la tiene asignada en ese momento. Este proceso de reasignación puede implicar la reubicación del usuario correspondiente a una nueva banda de frecuencias, proporcionándole facilidades de red equivalentes o incluso compartir la banda con nuevos usuarios pero sin eliminar la necesidad de espectro del titular.

En este proceso de reasignación, hay una serie de costos tangibles asociados con la reubicación de una aplicación existente, que pueden cuantificarse. Algunos de esos costos se presentan a continuación:

- Los costos de actualización del equipo/sistema original. Es posible que en algunas circunstancias se requiera actualizar los equipos que tienen los usuarios.
- Los costos de reemplazar equipos/sistemas.
- Costo del número de asignaciones, transmisores y receptores adicionales que se puedan requerir como producto de la reubicación en una banda nueva menos conveniente que la anterior, en razón a que se puede perder cobertura, capacidad del sistema, alcance en penetración de edificios o puede existir un aumento de la interferencia.
- Los costos de reubicación del equipo/sistema original que se pueda reutilizar o equipos adicionales (incluyendo costos operacionales asociados con la operación paralela de equipos existentes o nuevos durante el periodo de transición y la capacitación del personal que utilizará los equipos ajustados a la nueva banda).
- Costos de negociación del tiempo de transición. Pueden incurrirse en acuerdos de financiación que compensen al titular actual de la banda como medio para acelerar la limpieza de la banda.



Con el fin de obtener una estimación aproximada de los costos de reasignación, se pueden observar los costos del espectro medido en MHz por población de reasignaciones completadas en Estados Unidos y Francia. Se expresa el costo en términos de MHz/Pop para poder factorizar una forma apropiada para las bandas más grandes o más pequeñas, y para los países más grandes o más pequeños.

En Estados Unidos en el año 2001, la Administración Nacional de Telecomunicaciones e Infraestructura (NTIA) comenzó a planear para reubicar los usuarios militares y civiles federales en la banda 1710 MHz a la banda de 1850 MHz. La NTIA determinó el costo total de la reubicación de las 12 agencias federales y el Departamento de Defensa que utilizaban la banda en 1.008,5 millones de dólares¹⁸.

En seis casos de referencia disponibles de reasignación de frecuencias, se puede observar que el costo de la limpieza de una banda estaba en el rango de USD 0,001 a USD 0,0655 por MHz/POP. Se expresa el costo en términos de MHz/POP para poder factorizar una forma apropiada para las bandas más grandes o más pequeñas, y para los países más grandes o más pequeños.

País	Año(s)	Banda	Cantidad de espectro en MHz	Transferido de	Costos de reubicación en miles de euros	Población afectada en miles	Costo MHz/POP
US	2007-2010	1710 MHz	45	12 Agencias Federales y DoD	737.288	301.290	0.05438
FR	2001	1800 MHz	150	Defensa	7.000	59.476	0.00078
FR	2001	2 GHz	140	Defensa y FT	38.000	59.476	0.00456
FR	2001	2.4 GHz	83,5	Defensa	8.000	59.476	0.00161
FR	2002-2010	DTT	320	Radiodifusión análoga	57.000	61.181	0.00291
FR	2001	PMR446	0.1	SNCF y RRs	120	59.476	0.02018

Tabla 33 Ejemplos de Costos de Reasignación de Frecuencias
Fuente: NTIA, ANFR y estimados de WIK¹⁹

3.1.3. Beneficios Sociales Asociadas al Uso de Espectro

El despliegue de nuevos servicios para la red de emergencia de banda ancha depende de la implementación de una nueva red. En general, los beneficios de los nuevos servicios deben ser considerados netos de los costos de operación de esa red. Con el fin de proporcionar una

¹⁸ Commercial Spectrum Enhancement Act: Report to Congress on Agency Plans for Spectrum Relocating Funds. US Office of Management and Budget, 16 February 2007. Disponible en: http://www.ntia.doc.gov/reports/2007/OMBSpectrumRelocationCongressionalNotification_final.pdf.

¹⁹ Scott, J., Burns, J., Jervis, V., Wählen, R., Carter, K., Philbeck, I y Vary, P. (2010, Diciembre). PPDR Spectrum Harmonisation in Germany, Europe and Globally. Alemania. Disponible en: <http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/ppdr-spectrum-harmonisation-germany-europe-globally,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=en,rwb=true.pdf>



cobertura óptima y mantener el número necesario de celdas a un nivel manejable (y permitir la penetración edificio cuando sea necesario), se debe utilizar las frecuencias por debajo 1 GHz.

Beneficios sociales de implementar la RNTE

Como suele suceder, los costos son más fáciles de cuantificar que los beneficios. Los beneficios son, sin embargo, significativos, y en la opinión del Grupo Consultor sobrepasan los costos por un margen considerable.

Los beneficios pueden surgir de múltiples factores:

- Reducción del riesgo de pérdida de la vida: Basado en una extensa literatura, se puede afirmar que salvar una vida tiene un valor monetario de al menos 2,62 a 13,09 millones de dólares²⁰, dejando de lado, los beneficios sociales evidentes. La mejora de las comunicaciones de las redes de emergencia contribuye indudablemente a salvar vidas, en las operaciones del día a día y en los desastres. Estadísticas disponibles²¹ sugieren que una mejor preparación ante los desastres ha jugado un papel muy importante en la reducción de la pérdida de vidas en el último siglo, y continuará haciéndolo, por lo que es razonable suponer que este ahorro es real y sustancial.
- Mejoras en la productividad de la actividad de los organismos que atienden emergencias: Los proveedores de las redes de emergencia deben ser capaces de lograr una mejor protección al mismo precio, o una protección comparable al precio más bajo. Si los organismos que atienden emergencias disponen de una RNTE con los servicios y funcionalidades requeridos para atender estas necesidades, conllevará a que estas autoridades mejoren su productividad en las actividades del día a día y en las actividades que adelanten en el momento de un desastre; por ejemplo en la propagación de un incendio, es posible comunicar a las demás entidades que pueden intervenir en este evento para evitar que más municipios se vean afectados..
- Reducción del riesgo de lesiones o muerte por las fuerzas de emergencia: Una mejora de las herramientas puede reducir el riesgo del personal de las entidades de atención de emergencias.

Realizando un análisis de lo anteriormente mencionado, el Grupo Consultor en busca de soluciones que excedan el bienestar socioeconómico de la sociedad en las cuales los

²⁰Analysis of the Love Parade Tragedy: The Facts Behind the Duisburg Disaster, 28 July 2010, Disponible en:

<http://www.spiegel.de/international/germany/0,1518,708876,00.html>.

Murder by the Numbers, Matt DeLisi et al., Iowa State University. 2010

²¹The Sendai Report: Mainstreaming Disaster Risk Management for Sustainable Development Managing Disaster Risks for a Resilient Future 2012.

Disponible

<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTURBANDEVELOPMENT/EXTDISMGMT/0,,menuPK:341021~pagePK:149018~piPK:149093~theSitePK:341015,00.html>



beneficios superen los costos mayoritariamente, ha propuesto el uso de 30 MHz de espectro, luego de un análisis detallado de los aplicativos a usar en las operaciones día a día y en eventos de emergencia, en la banda del Dividendo Digital de 700 MHz, por un operador que en la misma infraestructura y en el mismo espectro despliegue una red para su uso comercial y simultáneamente desarrolle la RNTE.

3.1.4. Evaluación del costo de oportunidad

Para un economista, el costo de oportunidad es el costo de no hacer algo que se podría haber hecho de otra manera²². Sin embargo, el costo de oportunidad asociado con la asignación de espectro para el uso en redes de emergencia, puede ser tomado como el valor social que podría haberse ganado con una asignación de espectro, en vez de utilizar dicho espectro para los servicios móviles o televisión de difusión, o algún otro propósito socialmente meritorio²³.

Una forma de evaluar el costo de oportunidad es, señalar lo máximo que un comprador bien informado habría estado dispuesto a pagar por el uso de un bloque similar de espectro para un uso alternativo más prometedor que el asignado. Por lo tanto, el costo de oportunidad depende del uso potencial de más alto valor para el espectro en cuestión, no del uso que se esté haciendo del espectro en ese momento²⁴. Es decir, en términos de costo de oportunidad, es irrelevante si el espectro se utiliza actualmente para la telefonía móvil o la radiodifusión, o por los militares.

Las asignaciones actuales de espectro comercial a una sola organización se llevan a cabo por parte de los reguladores mediante el uso de mecanismos comerciales como subastas o arrendamientos. Estos mecanismos comerciales están destinados a garantizar que los usuarios comerciales se enfrenten constantemente por la asignación de su espectro con el costo de oportunidad asociado y que estén motivados a poner el espectro en su potencial de uso de más alto valor. El precio pagado en una subasta por lo general, es una buena indicación del valor real de un bloque de espectro, suponiendo que los compradores están bien informados y que la subasta no está sujeta a limitaciones arbitrarias.

²² Scott, J., Burns, J., Jervis, V., Wählen, R., Carter, K., Philbeck, I y Vary, P, (2010, Diciembre). PPDR Spectrum Harmonisation in Germany, Europe and Globally. Alemania. Disponible en; <http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/ppdr-spectrum-harmonisation-germany-europe-globally,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=en,rwb=true.pdf>

²³ Scott, J., Burns, J., Jervis, V., Wählen, R., Carter, K., Philbeck, I y Vary, P, (2010, Diciembre). PPDR Spectrum Harmonisation in Germany, Europe and Globally. Alemania. Disponible en; <http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/ppdr-spectrum-harmonisation-germany-europe-globally,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=en,rwb=true.pdf>

²⁴ Scott, J., Burns, J., Jervis, V., Wählen, R., Carter, K., Philbeck, I y Vary, P, (2010, Diciembre). PPDR Spectrum Harmonisation in Germany, Europe and Globally. Alemania. Disponible en; <http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/ppdr-spectrum-harmonisation-germany-europe-globally,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=en,rwb=true.pdf>



Los PRST móviles han estado siempre dispuestos a gastar más que otros oferentes en licitaciones de espectro, lo que tiende a confirmar que la voz y los datos móviles tienden a ser el uso del espectro que proporcione un valor más alto que el esperado normalmente.

En la subasta reciente del Reino Unido, Telefónica se hizo a un espectro de 2 x 10 MHz en el Dividendo Digital en ese país, que opera en la banda de 800 MHz, por la suma de 550 millones de libras después de 50 rounds²⁵, equivalente a 856 millones de dólares. Lo anterior indica que el MHz alcanzó el precio de 42,8 millones de dólares. La licencia de uso se concedió por un tiempo indefinido; durante los primeros 20 años la revocación de la licencia sólo se hará por circunstancias específicas y no incluirá razones de administración de espectro. Después de ese periodo podría haber revocaciones de espectro invocando gestión del mismo y se les dará un preaviso a los operadores de cinco años.

En Alemania, el operador O2 en una subasta pública en mayo de 2010, pagó 1.221 millones de euros por 20 MHz, en la banda de 800 MHz²⁶, en cuyo caso el MHz alcanzó un valor promedio de 60 millones de euros. Las licencias asignadas fueron concedidas por un periodo de 15 años.

Actualmente en Colombia, se realiza la subasta 4G, en la cual los precios base por MHz fueron establecidos como se muestra a continuación:

Banda de frecuencia	Cantidad de espectro	Precio Base	Ajuste	Total	Precio del MHz (\$pesos)	Precio del MHz (\$dólares)
		Cifras en \$ millones				
AWS sin licencia previa	10 MHz pareados	35.119	19.353,30	54.472,3	2.723,62	1,49
AWS con licencia previa			29.428,60	64.547,6	3.227,38	1,76
1900 MHz	5 pareados	43.988,30	0	43.988,3	4.398,83	2,41
2500 sin licencia previa	10 MHz pareados	19.011,10	4.560,80	23.571,9	1.178,60	0,64
2500 con licencia previa			20.607,30	39.618,4	1.980,92	1,08

Tabla 34 Precios Base por MHz en la Subasta 4G en Colombia
Fuente: Elaboración Propia de acuerdo al proceso de subasta 4G del MinTIC²⁷

Si se ajusta la cifra del valor de MHz pagado en Reino Unido por la razón de PIB per cápita y la razón de población del país, se puede esperar que el MHz en Colombia en el Dividendo Digital, sea aproximadamente de 5 millones de dólares y los 30 MHz asciendan a la suma de 150 millones de dólares. Por el contrario, si se ajusta de la misma manera, el valor del MHz que se pagó en Alemania, en Colombia el precio por MHz sería equivalente a 6,06 millones de dólares, lo que correspondería a que los 30 MHz en Colombia costarían cerca de 182 millones de dólares. Sin embargo, el precio final del espectro en Colombia, lo determinará el resultado final

²⁵Ofcom, Reporte noticioso del 20 de febrero de 2013. Recuperado el 28 de febrero de 2013. Disponible en :www.ofcom.org.uk

²⁶Outcomes of Germany's Mega Spectrum Auction. Septiembre de 2010. Disponible en: <http://www.tolaga.com/pdfReports/GermanyMegaAuction.pdf>

²⁷ MinTIC, Marzo 2013, Resolución 449 de 2013. Disponible en: <http://www.mintic.gov.co/index.php/docs-normatividad?pid=57&sid=1124:449>



de la subasta, y será la Agencia Nacional del Espectro y el MinTIC quien fije el precio base por MHz de la subasta del Dividendo Digital.

Los valores presentados anteriormente, son sólo un ejercicio de aproximación de los criterios que pueden ser tenidos en cuenta para estimar el costo de oportunidad de la banda de espectro del Dividendo Digital para su uso en la RNTE, de acuerdo a la propuesta del Grupo Consultor presentada en el documento “Diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia - RNTE”. En razón, a que estimar el valor de los beneficios sociales y el valor de las vidas que pueden ser salvadas con la implementación de la RNTE y su impacto en el costo del espectro, el Grupo Consultor considera conveniente que la Agencia Nacional del Espectro contrate una consultoría o realice un estudio específico para valorar económicamente el espectro para la RNTE.

3.2. CAPEX y OPEX de la RNTE en LTE

En este numeral se determina los costos de inversión o CAPEX y los costos de operación u OPEX de desplegar la RNTE a nivel nacional por un operador comercial quien en un mismo espectro del Dividendo Digital y en el mismo hardware de la red opere su red comercial. Es decir, el operador comercial despliega su red comercial con unas características adicionales que sean el soporte de la RNTE de banda ancha.

3.2.1. Estructura de los Precios de un PRST Móvil

En general, un PRST de servicios móviles al desplegar y operar su red incurre en unos precios de inversión, los cuales hacen referencia a la compra de toda clase de equipamiento, entre otros a: eNodeB, switches enrutadores de las redes de backhaul, switches de agregación, enrutadores de las redes de Backbone, Core de la red, plataformas de gestión y de aplicación, facturación, ERP, BackOffice, CRM, subsistemas de energía y por supuesto, espectro radioeléctrico.

De igual manera, el operador incurre en unos gastos iniciales que hacen referencia a los servicios profesionales de diseñar la red que requieren de simulaciones en plataformas de software, de servicios de comisionamiento e instalación, puesta a punto, etc. y en general, la instalación de todos los componentes de la red tanto en el acceso como en el Backbone y el Core de la misma.

Una vez, la red esté desplegada, la red incurre en gastos de operación, que hacen referencia al costo de los arriendos de infraestructura pasiva como torres, arriendo de pisos, costo del arriendo de los enlaces que configuran la red de Backhaul Metropolitana, servicios de colocación de equipamiento de agregación de las redes Metropolitanas, costos de los arriendos de los enlaces que transportan el tráfico de las cabeceras municipales a las capitales de



departamento, costos de servicios de colocación en las capitales de departamento para alojar enrutadores de la red, costos de suministro de energía para todo el equipamiento activo de la red, costos de mantenimiento de todo el equipamiento (acceso, core, agregación, grupos electrógenos, plataformas, etc.), costos de upgrade del software de todo el equipamiento y de las plataformas de aplicación. Todos estos gastos son clasificados como gastos de operación u OPEX.

3.2.2. Derecho Irrevocable de Uso

El Derecho irrevocable de uso (IRU, Indefeasible Right of Use), nació como un acuerdo contractual entre los operadores de cable submarino y los operadores de telecomunicaciones que venden servicios al detal. En este tipo de acuerdo se le concede el derecho de uso irrevocable al cliente, de una capacidad fija típicamente expresada en Mbps o en lambdas de 2.5 o 10 Gbps, por un período de tiempo determinado.

Esta modalidad de contratación, se ha extendido también en Colombia a enlaces terrestres, particularmente a las redes de backhaul y de Backbone. Con frecuencia, no se contempla el uso de una capacidad sino el uso de una fibra oscura. En general, los contratos de IRU tienen las siguientes características que los tipifican:

- No se transfiere el activo, se da un derecho de uso.
- Los tiempos típicos son entre 10 y 20 años.
- Se transfiere uso de una capacidad que en algunos contratos tiene pactada una fórmula de crecimiento o se transfiere el uso de una fibra oscura.
- Todo contrato de IRU contempla un costo de mantenimiento anual, típicamente entre el 5 y el 10% del valor de IRU.
- El IRU se paga de contado a la firma del contrato; En algunos casos especiales, se financia ese pago a máximo 6 meses.
- Contablemente los operadores, lo contabilizan como un activo que deprecian año a año.
- Se establece un SLA que contempla disponibilidad del servicio, tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio de reparación de fallas (MTTR).

Los contratos por capacidad se usan en su mayoría para atender el mercado empresarial y es una práctica común entre operadores de telecomunicaciones; es decir, un operador como ETB que debe atender sus clientes en la ciudad de Barranquilla, donde este no tiene red, alquila a un operador como Promitel la capacidad solicitada por su cliente, por un periodo contractual comprendido entre uno, dos y tres años. El costo mensual de dicha capacidad está modulado por la velocidad de acceso y el periodo contractual.



Sin embargo, hay operadores que acceden al uso de anillos de fibra óptica mediante contratos de IRU, sobre los cuales montan su red de backbone. El acceso a sus clientes lo contratan con un tercero o lo desarrollan ellos mismos.

Los PRST desarrollan una operación a largo plazo con grandes crecimientos de ancho de banda, por lo que la modalidad de IRU es la más usada actualmente en el país. Por ello el Grupo Consultor ha realizado el costeo del Backbone de la red utilizando esta modalidad.

3.2.3. Resultados del Diseño de la RNTE en LTE

En la tabla a continuación, se resume el resultado del diseño de la Red de RNTE en LTE, los cuales son tomados del documento Diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia-RNTE.

ÍTEM	Cantidad
Elementos del Nivel de Acceso	
eNodeB	
eNodeB Mediano Trafico	1.025
eNodeB Alto Trafico	305
Switches eNodeB	
Switch de eNodeB de 1Gbps con 2 interfaces ópticas	1.216
Switch de eNodeB de 10 Gbps con 2 interfaces ópticas	114
Elementos del Nivel de Transporte	
Kit Transportables	
Celda transportable con interface de aire HSPA+ (Instalada)	4
Mástil	4
Switch de acceso Satelital	4
Planta y Sistema Cargador - Rectificador	4
Switches Agregadores Metropolitanos	
Switch de Agregación Tipo A de 1Gbps	1.050
Switch de Agregación Tipo B de 1 - 10 Gbps	16
Switch de Agregación Tipo C de 10 Gbps	7
Switches Agregadores de Ciudades Capitales	
Switch Agregador de Red	32
Enrutador Agregador de Municipios	20
Enrutador hacia WAN	27
Fibra Óptica	
Longitud medida Fibra Aerea en Kilometros	1.325,47
Longitud medida Fibra Subductada medida en Kilometros	574,28



ÍTEM	Cantidad
Postes/Km	1.303
Fibra aérea en KM	1.946
Tráfico de datos en Mbps	
Tráfico total de municipios hacia capital de departamento (exceptuando San Andrés y Providencia)	38.690
Tráfico total de San Andrés y Providencia hacia la capital de departamento	219,09
Velocidad Agregada de las capitales de departamento en Bogotá	40.050
Velocidad agregada en San Andrés	181,82
Core de la RNTE	
Core Comercial	
Plataforma de Gestión	1
EPC	1
IMS	1
Core Comercial de Respaldo	
Plataforma de Gestión	1
EPC	1
IMS	1
Core de Emergencia	
EPC	1
IMS	1
Elementos Electrógenos	
Cargador / Rectificador para cada eNodeB con seis horas de autonomía	1.330
Planta de emergencia y Sistema de Transferencia Automática	1.085
Planta de Emergencia Móvil para Catástrofe	24

Tabla 35 Resumen de Elementos utilizados para el Costo de la RNTE de LTE

Fuente: Grupo Consultor

La anterior información se utiliza como base para los cálculos de costos que se presentan a continuación.

3.2.4. Costos para los Elementos de la Red de Acceso de la RNTE

3.2.4.1. Costos de Implementación de la Red de Acceso

Costos de eNodeB

En el diseño de la RNTE se consideró el uso de dos tipos de eNodeB, uno de tráfico mediano para ubicarlos en localidades que tienen un único anillo de 1 Gbps y un solo eNodeB y otro de



tráfico alto para localidades que tienen un anillo de 1 Gbps y más de 2 eNodeB así como las localidades que tienen anillos de 10 Gbps y más de un anillo de 1 Gbps. En la siguiente tabla se muestran los precios referenciales antes de IVA, para los eNodeB de tráfico medio y Alto, incluidos los costos de instalación y software, de cada uno de ellos.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
eNodeB de Tráfico Medio (incluida instalación)	1025	USD 35.000,00	USD 35.875.000,00
eNodeB de Alto Tráfico (incluida instalación)	305	USD 41.000,00	USD 12.505.000,00
Totales	1330		USD 48.380.000,00

Tabla 36 CAPEX de los eNodeB que componen la red de acceso de la RNTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Costos de Switches de eNodeB

Estos son los switches que se instalan en la base de los eNodeB y forman los anillos de transporte metropolitano. En el diseño se consideraron dos tipos de switches enrutadores, uno con interfaces de 1 Gbps, los cuales se utilizan para transportar el tráfico de los eNodeB sobre anillos de 1 Gbps y los de 10 Gbps para transportar el tráfico sobre anillos de 10 Gbps. Las funcionalidades son exactamente iguales pero con interfaces ópticas Este – Oeste diferentes. Ambos tipos de Switches tienen un conjunto grande de interfaces eléctricas para conexión de los eNodeB.

En la siguiente tabla se resumen los costos, antes de IVA.

	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Switch de eNodeB de 1Gbps con 2 interfaces ópticas	1216	USD 3.410,00	USD 4.146.560,00
Switch de eNodeB de 10 Gbps con 2 interfaces ópticas	114	USD 7.250,00	USD 826.500,00
Totales	1330		USD 4.973.060,00

Tabla 37 Costos de Switches de eNodeB de 1 Gbps y 10 Gbps para la red de acceso de la RNTE.

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

3.2.4.2. Costos de Operación y Mantenimiento de la Red Acceso

Costos de Colocación en torres de los eNodeB

El Grupo Consultor ha considerado en el diseño de la RNTE que el operador de esta red no construirá nuevos sitios para la instalación de eNodeB para ello arrendará la infraestructura pasiva a los operadores móviles establecidos o a American Tower, quien comercializa el servicio de colocación en torres, en razón que adquirió gran parte de estos elementos de los operadores Movistar y TIGO. Para efectos del costeo, el Grupo Consultor sostuvo reuniones



con American Tower y conversaciones con operadores móviles de las cuales se dedujo que un precio promedio de colocación en torres y el arriendo de piso correspondiente, alcanza la suma de 2.200.000 pesos mensuales, antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario Mes	Precio Total Año
Colocación de Torres	1.330	\$2.200.000	\$ 35.112.000.000,00

Tabla 38 Costos de Alquiler de Torres y Piso

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Costo de la Energía en eNodeB

El Grupo Consultor ha considerado que el costo promedio de consumo de energía comercial por eNodeB asciende a la suma de 400.000²⁸ pesos mensuales, por lo cual para 1.330 eNodeB, el precio total mes asciende a 532.000.000 de pesos mensuales en consumo de energía comercial, antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario Mes	Precio Total Año
Consumo de energía comercial	1330	\$ 400.000	\$ 6.384.000.000,00

Tabla 39 Costo de la Energía Comercial en los eNodeB de la RNTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Costos del Mantenimiento de las radio bases

El mantenimiento, es decir la asistencia en sitio de los eNodeB incluye: no sólo el mantenimiento sobre el equipamiento de eNodeB sino que incluye el switch de transporte, los subsistemas electrógenos, las antenas, las limpiezas y obras civiles. Este rubro normalmente está dado por un precio unitario por radio base, que en las últimas negociaciones en Colombia es del orden de USD 250,00 por radio base antes de IVA. En este costo no se incluyen repuestos de ninguna naturaleza.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Mantenimiento Sitio eNodeB (RF, energía, locación)	1330	USD 250,00	USD 332.500,00

Tabla 40 Costos de la Red de Acceso.

Fuente Grupo Consultor

En cuanto a los repuestos, lo típico es que el operador adquiera un banco de repuestos que sirve para el reemplazo de partes averiadas, las cuales se envían a fábrica para su reparación.

²⁸ Precio de referencia suministrado por American Tower



Se estima que es un 2% del CAPEX del equipamiento más el 3% del CAPEX para cubrir la asistencia remota y los Upgrade anuales de software. Estos precios son antes de IVA.

Concepto	Unidad	Capex	Precio Unitario	Precio Anual
Asistencia Remota de fábrica y Upgrade de Software	Global Anual	48.380.000,00	3% del CAPEX	USD 1.451.400,00
Banco de Repuestos y reparaciones	Global Anual	48.380.000,00	2% del CAPEX	USD 967.600,00
Totales				USD 2.419.000,00

Tabla 41 Costos del banco de repuestos de la Red de Acceso

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

3.2.5. Costos para Elementos del Nivel de Transporte de la RNTE

En la estructura de precios de la RNTE hemos planteado la siguiente estrategia en lo que hace relación a los enlaces de backhaul metropolitano, los enlaces que transportan el tráfico agregado de cada municipio a la capital del departamento y el tráfico del Backbone que es el tráfico entre la capital del departamento y el Core de la red en Bogotá, así:

3.2.5.1. Costos de Implementación de la Red de Backhaul de la RNTE

Costos de la Red de Backhaul Metropolitano

En las localidades pequeñas que tienen un solo eNodeB, la red de backhaul de fibra óptica se construye haciendo un tendido aéreo sobre la postería del operador de distribución eléctrica de la localidad. Hemos estimado que en estas localidades, el precio del Km aéreo construido con fibra de 12 pares es de 10 millones de pesos. Adicionalmente, calculamos el número de postes usados en el tendido y con ellos calculamos el costo anual del arriendo de dichos postes. En aquellos sitios, donde el Grupo Consultor tiene conocimiento de la existencia de fibras metropolitanas, se adquieren dos pares de fibra en la modalidad de IRU para cablear la red de Backhaul del municipio.

En la tabla siguiente se muestra lo anteriormente expresado, antes del impuesto de IVA:

Concepto	Km	Precio Unitario	Precio Total
Fibra Aérea (Km) construido	1.325,47	\$ 10.000.000,00	\$ 13.221.678.933,70
Tres Pares Km Fibra Canalizada (IRU 10 años)	574,28	\$ 22.000.000,00	\$ 12.530.707.908,66
Totales	1.945,81		\$ 25.752.386.842,36

Tabla 42 Costo de la Red de Backhaul Metropolitano

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores



Costos de la Red de Conectividad de Municipios

Para transportar todo el tráfico de la red desde las cabeceras municipales hasta la capital de departamento, el Grupo Consultor entabló conversaciones con Azteca Comunicaciones para obtener una cotización referencial de un IRU a 10 años por la capacidad total transportada de los 1.103 municipios. El tráfico total de municipios es de 38.909,9 Mbps, como se observa en la hoja Costos por Municipio incluida en el Anexo 2 “Costos de RNTE para LTE”, sin embargo el tráfico que sería transportado por el operador Azteca Comunicaciones es de 38.690 Mbps en razón a que se debe excluir el tráfico de las localidades de San Andrés y Providencia que se transportará por cable submarino y un enlace de radio respectivamente. Adicionalmente Azteca Comunicaciones referenció que el valor del Mbps transportado en la modalidad de IRU a 10 años, está estimado en 26,5 dólares, antes de IVA.

De conformidad con lo anterior el costo total estimado, antes de IVA, para la conectividad de los municipios está ilustrado en la siguiente tabla.

Concepto	Total Mbps de Cabeceras Municipales	Precio Unitario / Mbps	Precio Total
Conectividad por Mbps del Municipio a la capital del Dpto. IRU 10 Años	38.690	26,5	USD 1.025.309,09

Tabla 43 Costos de Conectividad de los Municipios de la RNTE LTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Costos del Transporte de San Andrés y Providencia

El transporte del tráfico de la Isla de Providencia en el diseño, el Grupo Consultor consideró la compra de un enlace de radio con capacidad de 100 Mbps, el cual permitiría comunicar a esta isla con San Andrés, localidad desde la cual la señal se transportará vía cable submarino a Colombia Continental. Este enlace tiene un componente de CAPEX que es la adquisición del radio enlace.

Para costear el enlace San Andrés con la capital, asumimos que se adquiere un IRU a 10 años para el transporte de 181,82 Mbps, que es el tráfico de agregación estimado para el archipiélago, tal como se observa en la hoja Costos por Municipio incluida en el Anexo 2 “Costos de RNTE para LTE”. El Grupo Consultor no pudo establecer contacto con la empresa que comercializa los servicios de Cable Submarino por lo que asumimos el costo del IRU por Mbps a 10 años igual al que cotiza Internexa en el enlace Pasto - Bogotá.

En la siguiente tabla se muestran los precios de conectividad para San Andrés y Providencia, antes de IVA.



Concepto	Unidad	Precio Unitario del Mbps	Precio Total
Radio Enlace San Andrés y Providencia incluido servicio de instalación	100 Mbps	USD 420,00	USD 42.000
Conectividad a la Capital por Mbps. IRU de 10 años	181,82 Mbps	USD 855,00	USD 155.454,55
Total			USD 197.454,55

Tabla 44 Costo de la Conectividad de la Isla de San Andrés y Providencia.

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Costos del Transporte de Tráfico Ocasional desde Zonas Impactadas Vía Satélite

El Grupo Consultor consideró que en caso de que algún desastre impacte todo el sistema de comunicaciones de una localidad, el operador de la RNTE debe tener un contrato suscrito con un operador de servicios satelitales terrestres para que se active bajo demanda un enlace en modalidad SCPC de 2 Mbps desde la localidad impactada hasta la ciudad de Bogotá. Para tal efecto el operador de la RNTE debe adquirir celdas transportables que puedan ser ubicadas en el sitio desastre.

El precio aquí indicado es una cotización referencial, sin IVA, para un CAPEX que hace referencia a lo siguiente:

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Celda transportable con interface de aire HSPA+ (Instalada)	4	USD 10.000,00	USD 40.000,00
Mástil	4	USD 600,00	USD 2.400,00
Switch de acceso Satelital	4	USD 2.000,00	USD 8.000,00
Planta y Sistema Cargador – Rectificador	4	USD 23.000,00	USD 92.000,00
TOTAL		USD 35.600,00	USD 142.400,00

Tabla 45 Costos de las Celdas Transportables

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

El Grupo Consultor considera que se deberían adquirir al menos 4 de estos sistemas y ubicarlos en diferentes zonas del país que permitan su desplazamiento en caso de necesidad.

Costos de los Switches Agregadores Metropolitanos

Los Switches Agregadores Metropolitanos ubicados en las cabeceras municipales agregan todos los anillos metropolitanos y que están incluidos en el diseño de la RNTE son de tres tipos:

- Switch Agregador tipo A que recibe anillos de 1 Gbps, los cuales están localizados en 8 ciudades capitales



- Switch Agregador Tipo B que recibe un anillo de 1 a 10 Gbps, los cuales están localizados en 16 ciudades capitales.
- Switch Agregador tipo C que recibe anillos de 10 Gbps, los cuales están localizados en 4 ciudades capitales.

En la siguiente tabla se muestran los costos estimados para los switches agregadores metropolitanos, antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Switch de Agregador Tipo A de 1Gbps	1050	USD 3.410,00	USD 3.580.500,00
Switch de Agregador Tipo B de 1 - 10 Gbps	16	USD 7.444,25	USD 119.108,00
Switch de Agregador Tipo C de 10 Gbps	7	USD 8.309,71	USD 58.168,00
Totales	1073		USD 3.757.776,00

Tabla 46 Precio Referencial de los Switches Agregadores de la RNTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

3.2.5.2. Costos de Implementación de la Red de Backbone de la RNTE

Costos de la Red de Backbone

En este apartado, el Backbone hace referencia a la red de transporte que existiría entre las cabeceras municipales donde tiene presencia la RNTE y la capital del departamento. Otra parte de la red de Backbone hace referencia a la red de transporte que hay entre las capitales de departamento y Bogotá, donde se encuentra el Core de la red. La modalidad de contratación que proponemos para los servicios de esta red es también la de IRU a 10 años, para ello el Grupo Consultor solicitó cotizaciones a Internexa y Azteca Comunicaciones.

Para estimar el costo total del tráfico que se cursa en la red desde las ciudades capitales hacia Bogotá se tuvo en cuenta el costo en la modalidad de contratación de IRU a 10 años para cada una de las ciudades y el tráfico propio que agrega cada una de ellas. El resultado final de este costeo es de 29'571.229 dólares, antes de IVA, como se observa en la siguiente tabla.

Capital	Departamento	Tráfico Agregado en Mbps	Vr. Mbps de la capital a Bogotá IRU 10 años (USD)	Vr. Total en Mbps
Medellín	Antioquia	4.515	659	2.975.774
Arauca	Arauca	182	1.024	186.192
Barranquilla	Atlántico	1.061	903	957.397
Cartagena De Indias	Bolívar	1.697	889	1.508.300
Tunja	Boyacá	3.909	952	3.239.299
Manizales	Caldas	1.152	922	1.061.545



Capital	Departamento	Tráfico Agregado en Mbps	Vr. Mbps de la capital a Bogotá IRU 10 años (USD)	Vr. Total en Mbps
Florencia	Caquetá	545	910	496.364
Yopal	Casanare	697	970	676.061
Popayán	Cauca	1.455	849	1.234.638
Valledupar	Cesar	939	928	871.442
Quibdó	Choco	576	659	379.424
Montería	Córdoba	1.030	863	889.589
San José Del Guaviare	Guaviare	91	970	88.182
Neiva	Huila	1.394	910	1.269.004
Riohacha	La Guajira	576	941	541.808
Santa Marta	Magdalena	1.303	885	1.152.719
Villavicencio	Meta	1.061	970	1.028.286
San Juan De Pasto	Nariño	2.303	855	1.969.300
San José De Cúcuta	Norte Santander	1.364	952	1.298.837
Mocoa	Putumayo	364	855	310.909
Armenia	Quindío	424	966	409.614
Pereira	Risaralda	636	960	610.817
Bucaramanga	Santander	3.000	855	2.565.225
Sincelejo	Sucre	909	955	868.105
Ibagué	Tolima	1.727	882	1.523.816
Santiago De Cali	Valle	2.030	642	1.303.126
Totales		35.121		29.571.229

Tabla 47 Costo del Mbps Transportado de la Capital de Departamento a Bogotá IRU 10 años

Fuente: Elaborado por el Grupo Consultor

Sin embargo, existe un descuento por el total de capacidad cerca al 16% que típicamente es aplicado por Internexa, en cuyo caso el valor del servicio de transporte de Backbone durante los primeros diez años es de 24.839.832 dólares antes de IVA, tal como se observa en la siguiente tabla.

Transporte Nacional	USD	24.839.832
---------------------	-----	------------

Tabla 48 Costos del Servicio de Transporte para el Backbone Nacional de la RNTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores



Costos de Switches Agregadores de Ciudades Capitales

- **Costos de Switch Agregador de Red**

En el diseño de la RNTE se ha considerado tres tipos de switches agregadores de red ubicados en las ciudades capitales de departamento y que agrega el tráfico proveniente de los municipios:

- Tipo A: Switch enrutador agregador no redundante que cuenta con sólo una interface de nx1Gbps. Localizados en siete ciudades capitales.
- Tipo B: Switch enrutador agregador no redundante que cuenta con interfaces de nx1Gbps y de 2x10Gbps. Un Switch localizado en el Rodadero, Santa Marta.
- Tipo C: Switch enrutador agregador que tiene redundancia en fuente y controladora que soporta gran cantidad de interfaces nx1Gbps, nx10Gbps e incluso interfaces de 40 Gbps y 100 Gbps. El diseño prevé el uso de 24 switches tipo C, localizados en 21 ciudades capitales. En razón a que aún las interfaces de 40 Gbps y 100 Gbps son muy costosas el diseño se realiza con interfaces de 10 Gbps utilizando la funcionalidad “*Line Aggregation*”; es decir si se requiere un enlace de 25 Gbps se utilizan tres interfaces de 10 Gbps, que al agregar tráfico soportan 30 Gbps

En la tabla siguiente se muestra lo anteriormente expresado, antes del impuesto de IVA:

Concepto	Cantidad	Precio
Switch Agregador de Red	32	USD 1.647.976,00

Tabla 49 Costos de los Switches Agregadores de las Capitales que componen la RNTE
Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

En la anterior tabla se coloca el costo total de los switches, el cual se determinó de acuerdo a los precios de referencia estimados por el tráfico agregado para cada una de las ciudades capitales, tal como se muestra en el Anexo 2 Costos de la RNTE para LTE, hoja “CAPEX Agregadores”.

- **Costos de los Enrutadores Agregadores de Municipios**

En las ciudades capitales de departamento se establecerá un anillo entre en el switch agregador de los anillos metropolitanos de la ciudad y el POP del operador que suministra la conectividad y agregación del tráfico de los municipios. En consecuencia en cada capital, con algunas excepciones, se ubica un switch enrutador en el POP del operador, llamado enrutador agregador de municipios. Dichos switch se ubicaran en 20 ciudades capitales.

En la siguiente tabla se muestran los costos de los enrutadores agregadores para 20 ciudades capitales, dichos precios no incluyen IVA.



Concepto	Cantidad	Precio
Enrutador agregador de municipios	20	USD 874.076,00

Tabla 50 Costos de los Enrutadores Agregadores de Municipios que componen la RNTE
Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

En la anterior tabla se coloca el costo total de los enrutadores agregadores de municipios, el cual se determinó de acuerdo a los precios de referencia estimados por el tráfico agregado para cada una de las ciudades capitales, tal como se muestra en el Anexo 2 Costos de la RNTE para LTE, hoja “CAPEX Agregadores”.

- **Costos de los Enrutadores hacia WAN**

En todas las capitales de departamento, se forma una anillo entre el switch agregador metropolitano y otro enrutador co-localizado en las instalaciones del operador de la red WAN, encargado de transportar el tráfico hacia el Core de la red en Bogotá, llamado *enrutador hacia la WAN*.

En la siguiente tabla se muestran los costos antes de IVA de los 27 enrutadores hacia WAN ubicados en 27 ciudades capitales, incluida Bogotá.

Concepto	Cantidad	Precio
Enrutador hacia WAN	27	USD 647.624,00

Tabla 51 Costos de los Switches Enrutadores hacia WAN que componen la RNTE
Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

En la anterior tabla se coloca el costo total de los enrutadores hacia WAN, el cual se determinó de acuerdo a los precios de referencia estimados por el tráfico agregado para cada una de las ciudades capitales, tal como se muestra en el Anexo 2 Costos de la RNTE para LTE, hoja “CAPEX Agregadores”.

3.2.5.3. Costos Instalación de los diferentes tipos de Switches y Enrutadores que tiene la red

Los costos antes presentados no incluyen la configuración, ni la instalación del equipamiento de los switches enrutadores que requiere la red. El Grupo Consultor, usando su conocimiento en este campo ha fijado los precios de acuerdo al tipo de Switch y enrutadores. Adicionalmente en este tipo de actividad hay que tener en cuenta los desplazamientos del personal técnico especializado a los sitios, su manutención, y alojamiento.



Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Anual
Switches enrutadores de la red	Global Anual	2482	\$ 1.591.703.333,33

Tabla 52 Costos de la Instalación de Switches de la Red

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Los costos anteriormente mencionados incluyen la instalación de los 1330 Switches de eNodeB, 1073 Switches Agregadores Metropolitanos, 32 Switches Agregadores de Red, 20 Switches Enrutadores Agregadores de Municipios y 27 Enrutadores hacia WAN. Dichos costos se calcularon de acuerdo al tráfico de cada una de las cabeceras municipales, conforme se puede ver en la hoja de “Costos por Municipio” del Anexo 2 Costos de la RNTE para LTE.

3.2.5.4. Costos para la Operación y Mantenimiento de la Red de Backhaul de la RNTE

Costos de OPEX de la Red de Backhaul Metropolitana

Para determinar el Opex de la red de backhaul metropolitana, el Grupo Consultor calculó el número de postes usados en el tendido y con ellos se calculó el costo anual del arriendo de dichos postes. En aquellos sitios, donde el Grupo Consultor tiene conocimiento de la existencia de fibras metropolitanas, se adquieren dos pares de fibra en la modalidad de IRU para cablear la red de Backhaul del municipio.

En la siguiente tabla se muestran los precios de referencia, antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario Promedio	Precio Total
Arriendo Poste Km/año	1.302,6	\$ 467.999,04	\$ 609.615.555,80
Mantenimiento de fibra Km/año	1.946	\$ 1.259.879,49	\$ 2.451.725.497,08
Total			\$ 3.061.341.052,87

Tabla 53 OPEX red de Backhaul Metropolitano

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Costos de mantenimiento de la Red de Conectividad de Municipios

Para la red de conectividad de municipios se pagará anualmente un valor de 5,0% del contrato del IRU para el mantenimiento de la red, antes de IVA.



Concepto	Unidad	Valor del IRU	Precio Total
Mantenimiento Anual de la conectividad	5%	USD 1.025.309,09	USD 51.265,45

Tabla 54 Costos de mantenimiento de la Red de conectividad de municipios

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Costos de OPEX del Transporte de San Andrés y Providencia

Este enlace tiene un componente de OPEX que representa el costo de traer al continente la señal agregada a la ciudad de Bogotá. Por supuesto que el enlace de Providencia tiene unos costos de operación los cuales hemos fijado en el 12% anual de la inversión antes de IVA, cantidad que incluye los repuestos del enlace, para el mantenimiento del enlace de fibra a Colombia continental se estima un 5,2% de la inversión antes de IVA.

Concepto	Unidad	Valor del IRU	Precio Total
Mantenimiento anual radio incluido repuestos	12%	USD 155.454,55	USD 18.654,55
Mantenimiento enlace de Fibra a Colombia continental (Año)	5,2%	USD 155.454,55	USD 8.083,64
Total			USD 26.738,18

Tabla 55 OPEX de la Conectividad de la Isla de San Andrés y Providencia.

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Costos de OPEX del Transporte de Tráfico Ocasional desde Zonas Impactadas Vía Satélite

Se ha cotizado el servicio ocasional por mes o fracción de mes que incluya: la antena satelital con su modem, el acceso satelital, la instalación de la misma en el sitio indicado, el almacenamiento y mantenimiento adecuado de los equipos de propiedad de la RNTE, por la suma de USD 11.150 antes de IVA. Lo cual incluye el proveer por parte del operador satelital lo siguiente: VSAT instalada en el sitio, enlace entre la VSAT y la estación central del operador satelital y el enlace entre la estación central y el operador de la RNTE.

El operador satelital entregaría el tráfico en el punto de interconexión que la operación de la RNTE le indique. Se considera en el OPEX el uso de este servicio 2 veces por año, por tanto dicho costo se pagara cuando el servicio sea requerido.



Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Servicio de Conectividad Satelital	2	USD 11.150,00	USD 22.300,00

Tabla 56 OPEX de Transporte Ocasional de zonas impactadas.

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Costos de Colocación de Switches de Agregación

En el costeo de la RNTE se considera que en todos los sitios se arriendan servicios de colocación para alojar en ellos los switches enrutadores de agregación en las localidades. El Grupo Consultor ha considerado que si Azteca Comunicaciones provee la conectividad del municipio con la capital de departamento es factible que también ellos alojen ese Switch en la cabecera municipal. Se han considerado dos precios de tipos de co-localización: uno de 600.000 pesos mensuales sin IVA para la colocación de los pequeños switches de agregación en ciudades no capitales y en ciudades capitales pequeñas, y otro de 1.500.000 pesos mensuales sin IVA para los switches de agregación ubicados en ciudades capitales grandes. Es de aclarar que en los precios de Colocación de Switches está incluida la energía comercial.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario Mes	Precio Total Año
Colocación Switch de Agregación Tipo A en ciudades no capitales	1.041	\$ 600.000	\$ 7.495.200.000
Colocación Switch de Agregación Tipo A en ciudades capitales	8	\$ 600.000	\$ 57.600.000
Colocación Switch de Agregación Tipo A en ciudades capitales	1	\$ 1.500.000	\$ 18.000.000
Colocación Switch de Agregación Tipo B en ciudades capitales	16	\$ 1.500.000	\$ 288.000.000
Colocación Switch de Agregación Tipo C en ciudades capitales	7	\$ 1.500.000	\$ 126.000.000
	1073		\$ 7.984.800.000

Tabla 57 Costos de Colocación Switches

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

3.2.5.5. Costos para la Operación y Mantenimiento de la Red de Backbone de la RNTE

Costos de mantenimiento de la Red de Backbone

Para la red de Backbone se debe pagar anualmente el 5,2% del valor del IRU para efectos del mantenimiento de la red. Se recibió cotización en dólares americanos y sin incluir IVA.

Concepto	Unidad	Valor del IRU	Precio Total
Mantenimiento Anual	5.2%	USD 24.839.832,12	USD 1.291.671

Tabla 58 Costos del mantenimiento de Red Backbone

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores



3.2.5.6. Costos para la Operación y Mantenimiento de los Switches de Backhaul y Backbone

Para determinar el precio del mantenimiento del equipamiento de networking, determinamos primero el número de switches enrutadores en toda la red, 2.418 entre tipo A y B, es decir switches enrutadores pequeños co-localizados en los eNodeB y en los sitios de agregación de las localidades y 64 nodos robustos y grandes que son los que típicamente se instalan en ciudades como Cali, Medellín y Bogotá, entre otras.

El MTBF para los equipos cuyo funcionamiento se realice en condiciones normales es igual o superior a 39.996 horas; el cálculo del número de fallas esperadas por mes es el siguiente:

$$\text{Fallas al mes de un elemento} = \frac{\text{Cantidad de horas mes}}{\text{MTBF del elemento}}$$

$$\text{Fallas al mes de un elemento} = \frac{720}{39996} = 0,018$$

$$\text{Fallas al mes del total de elementos} = \frac{\text{Cantidad de horas mes}}{\text{MTBF del elemento}} \times \text{Cantidad de elementos}$$

$$\text{Fallas al mes del total de elementos} = \frac{720}{39996} \times 2418 = 0,018 \times 2418 \approx 44$$

Lo que significa que se requieren 44 visitas para atender las fallas presentadas en dichos switches. Estas visitas deben considerar el desplazamiento del técnico su manutención y alojamiento dependiendo de la zona.

El Grupo Consultor en su experiencia en este tipo de operaciones estima que el precio promedio de la visita es de 1.700.000 pesos, antes de IVA, lo que es igual que en el mes para atender la falla de estos switches se incurriría un gasto de 74.800.000 pesos mensuales, antes de IVA, sin incluir repuestos. Cuando este valor mensual se divide por el número total de switches (2.418) el resultado es de 30.934,6 pesos por switch, antes de IVA. Suma a la cual se le agrega un margen de seguridad adicional del 20%, por tanto asumiremos que el mantenimiento mensual de los switches pequeños asciende a la suma de 37.121,59 pesos por switch sin incluir repuestos, precio sin IVA.

Un razonamiento similar para los 64 switches grandes y robustos de la red indican que estos tendrá una visita mensual para reparaciones, visitas que se estiman son de 4.000.000 pesos antes de IVA porque requieren de ingenieros altamente capacitados y certificados por el fabricante en razón a que estos switches no se cambian si no que se reparan. Por lo tanto el



mantenimiento mensual por switch, asumiendo el 20% de margen de seguridad, es de 75.000 pesos, antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Precio Mensual	Precio Anual
Mantenimiento Switches enrutadores Tipo A y B	2.418	\$ 37.121,59	\$ 74.800.000,00	\$ 1.077.120.000,00
Mantenimiento Switches Enrutadores Tipo C	64	\$ 75.000	\$ 4.800.000,00	\$ 57.600.000,00
Totales	2.482			\$ 1.134.720,00

Tabla 59 Costo de mantenimiento de los switches de la RNTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Las cifras de mantenimiento de los switches no incluyen repuestos, ni el soporte técnico del fabricante cuando existen fallas que requieren ser escaladas a él. Típicamente el servicio de soporte remoto a los expertos del fabricante incluye los Upgrade de software de todo el equipamiento. Este precio típicamente está entre el 2% y el 3% del costo total de los elementos de Networking al año, para el caso del coste del mantenimiento de la RNTE el Grupo Consultor asumirá el 3% por este rubro.

En cuanto a los repuestos, lo típico es que el operador adquiera un banco de repuestos que sirve para el reemplazo de partes averiadas, las cuales se envían a fábrica para su reparación. Los operadores clientes del Grupo Consultor presupuestan este rubro representado en el 2% del CAPEX de los elementos de networking e incluye el costo del banco de repuestos, sus envíos y reparaciones en fábrica.

En la siguiente tabla se muestran los precios de asistencia remota y banco de repuestos, dichos precios no incluyen IVA.

Concepto	Cantidad	CAPEX	Precio Unitario	Precio Anual
Asistencia Remota de fábrica y Upgrade de Software	Global	USD 11.900.512,00	3% del CAPEX	USD 357.015,36
Banco de Repuestos y reparaciones	Global	USD 11.900.512,00	2% del CAPEX	USD 238.010,24
Total				USD 595.025,60

Tabla 60 Costo Asistencia Networking

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores



3.2.6. Costos de Elementos del Core y Gestión de la RNTE

3.2.6.1. Costos de Implementación del Core y Gestión de la RNTE

Costos de Elementos del Core Comercial de la RNTE

Dentro de los elementos del Core de la RNTE, el Grupo Consultor considera lo siguiente:

- Plataforma de Gestión
- EPC (Evolved Packet Core):
 - S-GW (Serving Gateway)
 - P-GW (Packet Data Network Gateway)
 - MME (Mobility Management Entity)
 - PCRF (Policy Charging and Rules Function)
 - HSS (Home Subscriber server)
- IMS (IP Multimedia Subsystem)

El Precio del EPC, se considera en promedio y es del orden de USD 1'700.000 (sin IVA) cuando se inicia con un HSS de 10.000 usuarios más USD 1,70 por suscriptor adicional, sin incluir IVA.

El Subsistema IMS tiene un precio que dependerá del número de usuarios de la red; en este caso se estiman 10.000 usuarios para iniciar, con un precio promedio de 1,5 millones de dólares, antes de IVA.

La plataforma de gestión se estima en un precio de 80 mil dólares, antes de IVA. El valor de los agentes que deben estar presentes en los equipos para permitir su gestión está incluido en el precio de los equipos: eNodeB, Switches, etc.

Concepto	Precio
Plataforma de Gestión	USD 80.000
EPC	USD 1.700.000
IMS	USD 1.500.000
Total Core	USD 3.280.000,00

Tabla 61 Costo Referencial Core de la RNTE.

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores



Los servicios profesionales de instalación e ingeniería, inicialización, diseño e integración se estima del orden de USD 75.000 en el Core, antes de IVA.

Concepto	Precio
Integración del Core	USD 35.000
Diseño Core	USD 20.000
Ingeniería e Instalación	USD 5.000
Inicialización	USD 15.000
Total servicios de Instalación Core	USD 75.000

Tabla 62 Costo de Instalación e Ingeniería del Core de la RNTE.

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

El Grupo Consultor considera que un operador comercial no inicia una operación de despliegue de red con un Core duplicado, por ejemplo UNE al desplegar su red LTE aún no ha duplicado el Core en dos años de operación. Sin embargo, tratándose de la RNTE se hace necesario duplicar el Core en otro punto geográfico; el Grupo Consultor sugiere Barranquilla, por tener menor riesgo de afectación volcánica o sísmica.

Para la implementación del Core de respaldo se asume un 5% adicional del costo del Core comercial, debido a que es necesario adquirir elementos para mantener sincronizados los dos Core, los cuales estarán operando en modo balanceado, es decir, cuando falla uno el otro asume la carga.

El costo total del Core de respaldo es de 3.444.000,00 dólares antes de IVA, como se indica en la siguiente tabla.

Concepto	Precio Año
Core de Respaldo	USD 3.444.000,00

Tabla 63 Costo Total del Core de Respaldo

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Costos de los Elementos del Core de Emergencia de la RNTE

El Grupo Consultor ha considerado que adicionalmente al Core Comercial, la RNTE requiere de un Core específico de emergencia el cual debe ser operado por la UNGRD, a través de un contrato de outsourcing. Específicamente este Core tendrá dentro del HSS, los suscriptores de la red de emergencia y donde se asignan las prioridades de tráfico de cada uno de los usuarios de la red de emergencia en línea, de forma estática y dinámica.

El Core de emergencia está constituido por:

- HSS/PCRF.
- MME.



- CPG (S-GW/P-GW)
- Console Server.
- DHCP/DNS Server.
- NTP Server.

El precio de referencia estimado, de acuerdo con las consultas adelantadas por el Grupo Consultor a los fabricantes, es del orden de USD 4'000.000,00. antes de IVA.

Concepto	Precio Año
Core de Emergencia	USD 4.000.000,00

Tabla 64 Precio Referencial Core de Emergencia de la RNTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Asumiendo la misma proporción de los servicios de instalación del Core comercial para el Core de emergencia, estos servicios representan el 2% del CAPEX, en cuyo caso el costo de instalación e ingeniería, inicialización, diseño e integración se estima en USD 80.000,00, antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	CAPEX	Precio Anual
Servicio de instalación del Core de Emergencia	1	2% del CAPEX	US\$ 4.000.000	US\$ 80.000

Tabla 65 Costos Instalación Core de Emergencias

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

3.2.6.2. Costos de Operación y Mantenimiento del Core y Gestión de la RNTE

Costos del Mantenimiento del Core Comercial

El mantenimiento del Core comercial de la RNTE y la plataforma de Gestión corresponde al 12% anual del costo total de implementación de este Core, el cual incluye repuestos, labores de mantenimiento, upgrade de software y soporte remoto de fábrica. En la siguiente tabla se muestra el OPEX del mantenimiento del Core antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	CAPEX	Precio Anual
Mantenimiento Core y Plataforma de Gestión	1	12% del CAPEX	US\$ 3.280.000	US\$ 393.600

Tabla 66 Costos de mantenimiento del Core Comercial

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores



Para el mantenimiento del Core de respaldo de la RNTE y la plataforma de Gestión corresponde al 12% anual del costo total de implementación de este Core, el cual incluye repuestos, labores de mantenimiento, upgrade de software y soporte remoto de fábrica. En la siguiente tabla se muestra el OPEX del mantenimiento del Core antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	CAPEX	Precio Anual
Mantenimiento Core y Plataforma de Gestión	1	12% del CAPEX	US\$ 3.444.000	US\$ 413.280

Tabla 67 Costos de mantenimiento del Core Comercial

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Costos del Mantenimiento del Core de Emergencia

Para el mantenimiento el Grupo consultor asumirá que el costo es de 12% de la implementación del Core de Emergencia; este valor incluye repuestos, labores de mantenimiento, upgrade de software, soporte remoto a fábrica y personal en sitio. En la siguiente tabla se muestra este costo, antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	CAPEX	Precio Anual
Mantenimiento Core, Plataforma de Gestión, upgrade de software	1	12% del CAPEX	US\$ 4.000.000	US\$ 480.000

Tabla 68 Costos de Mantenimiento del Core de Emergencias

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Costos de Colocación del Core Comercial y del Core de Emergencias

Entendemos que el operador comercial dispondrá de una sede principal de su red, y en dicha sede instalará todo el equipamiento de Bogotá, especialmente el del Core y el centro de operaciones de toda la red que en todos los casos está constituido por un data center y por una sala con pantallas donde se ubican los ingenieros de gestión de la red. Las características y costos de esta facilidad se encuentran fuera del alcance de este documento.

Costo del recurso humano necesario para la gestión del NOC

En el centro de operaciones de la red o NOC (Network Operator Center), se debe monitorear todos los subsistemas de la red específicamente los subsistemas de: Core, eNodeB, energía, networking y conectividad backbone de la red. Para la gestión del NOC se requiere contar con



un grupo de expertos para cada subsistema y tener en cuenta que las actividades de monitoreo y gestión de la red deben ser de una disponibilidad 7 x 24, los 365 días del año.

El Grupo Consultor considera que debe haber cuatro puestos de trabajo las 24 horas del día, ocupados por cuatro técnicos que monitorean permanentemente la red y realizan operaciones de nivel 1. Estos técnicos escalan los problemas de los eventos a los ingenieros de segundo y tercer nivel que a su vez, cuando se requiere, escalan los problemas a los fabricantes de las plataformas. A continuación se listan perfiles del personal de segundo y tercer nivel:

- 1 Gerente de NOC.
- 2 Coordinadores Backbone.
- 2 Expertos Core.
- 2 Expertos eNodeB.
- 2 Expertos Networking.
- 2 Expertos Energía.

Por tanto el precio del recurso humano necesario para la gestión del NOC de la RNTE asciende a 1.476.287.340 de pesos anuales, sin incluir hora extras. Conforme se detalla a continuación, antes de IVA:

Concepto	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Mensual	Vr. Total Anual
Gerente NOC	1	\$ 18.511.440,00	\$ 18.511.440,00	\$ 222.137.280,00
Coordinador Backbone	2	\$ 7.713.100,00	\$ 15.426.200,00	\$ 185.114.400,00
Experto Core	2	\$ 8.098.755,00	\$ 16.197.510,00	\$ 194.370.120,00
Experto eNodeB	2	\$ 8.098.755,00	\$ 16.197.510,00	\$ 194.370.120,00
Experto Networking	2	\$ 8.098.755,00	\$ 16.197.510,00	\$ 194.370.120,00
Experto Energía	2	\$ 8.098.755,00	\$ 16.197.510,00	\$ 194.370.120,00
Técnico de Monitoreo	10	\$ 2.429.626,50	\$ 24.296.265,00	\$ 291.555.180,00
Subtotal Costos Directos				\$ 1.476.287.340,00
Costo Financiero (7,53%)				\$ 111.164.436,70
Subtotal				\$ 1.587.451.776,70
AIU (30%)				\$ 476.235.533,01
Total				\$ 2.063.687.309,71,60

Tabla 69 Profesionales Gestión de Red

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Adicionalmente el Grupo Consultor estima que los costos financieros representan un 7,53% de los costos directos y una ganancia ocasional - AIU del 30%.

3.2.7. Costos de Subsistemas Electrógenos

3.2.7.1. Costos de Implementación de Subsistemas Electrógenos



El Grupo Consultor asume que en todos los eNodeB habrá un cargador rectificador con su banco de baterías para respaldar la continuidad del servicio durante ocho horas máximo sin energía comercial, para un total de 1330 cargadores/rectificadores.

Así mismo, en aquellos sitios donde hay uno, dos y tres eNodeB, coincide que son sitios con energía poco fiable, por lo que en estos sitios se instalará un generador con transferencia automática que entraría a operar en caso que la falta de energía supere las ocho horas. Para lo cual se requiere 1082 plantas de emergencia, como se referencia en la siguiente tabla.

	No. Cabeceras Municipales	No. De Plantas de Emergencia
Cabeceras Municipales con 1 eNodeB	1024	1024
Cabeceras Municipales con 2 eNodeB	17	34
Cabeceras Municipales con 3 eNodeB	6	18
Bogotá D.C	1	5
Totales	1049	1082

Tabla 70 Costo de los Subsistemas Electrógenos

Fuente: Grupo Consultor

También en razón a que un evento de emergencia interrumpa el fluido eléctrico en la zona afectada, se está incluyendo en las capitales de departamento 24 plantas móviles que se podrían desplazar con facilidad al sitio afectado para suministrar la energía requerida.

Teniendo en cuenta los costos de referencia obtenidos por el Grupo Consultor para la implementación del grupo de electrógenos, en la siguiente tabla se muestran los resultados de los costos estimados para estos elementos, antes de IVA.

Concepto	Cantidad	Precio Unitario/mes	Precio Total/ Año
Cargador / Rectificador para cada eNodeB con seis horas de autonomía	1.330	USD 11.000,00	USD 14.630.000,00
Planta de emergencia y Sistema de Transferencia Automática	1.085	USD 13.700,00	USD 14.823.400,00
Planta de Emergencia Móvil para Catástrofe	24	USD 15.700,00	USD 376.800,00
Total	2.439		USD 29.830.200,00

Tabla 71 Precios de Referencia de los Elementos Electrógenos

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

3.2.7.2. Costos de Mantenimiento de Subsistemas Electrógenos

En cuanto al mantenimiento del grupo electrógeno, este se encuentra incluido en los USD 250, antes de IVA, que mensualmente se paga por eNodeB, solo falta incluir los repuestos y el Upgrade de software de los rectificadores, lo anterior se encuentra referenciado en el numeral 3.2.4.2, apartado “Costos de Mantenimiento de las Radio Bases”.



3.3. COSTOS DE TERMINALES

A continuación se muestra un estimado del costo de los terminales para LTE. Se toma el número de usuarios calculado en el aparte 1.5 Usuarios para hacer un aproximado total del costo de equipos terminales.

Para los usuarios del servicio LTE integrantes de la Dirección Nacional de Bomberos se recomienda el uso de terminales intrínsecamente seguros, cuyas características se definen en la norma IEC60529. Partiendo de la distribución actual de usuarios de las entidades de socorro, asumimos que el 15% de los usuarios del servicio LTE serán integrantes de la Dirección Nacional de Bomberos, o sea se asumen 1.333 usuarios con terminales intrínsecamente seguros. Para los 7.555 restantes usuarios se recomienda el uso de terminales ruggedizados, que se caracterizan por su robustez, pero no son intrínsecamente seguros.

En la tabla siguiente se ilustran los costos para los diferentes tipos de terminales, obtenidos por el Grupo Consultor mediante consulta a los proveedores. Los precios que se muestran a continuación no incluyen IVA.

Tipo de Terminal	Número de Usuarios	Valor Unitario (US\$)	Total US\$
Terminales LTE Ruggedizados	7.555	800	6.044.000
Intrínsecamente Seguro	1.333	2.295	3.059.235
Totales	8.888		9.103.235

Tabla 72 Costos terminales red LTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

3.4. RESUMEN DE CAPEX Y OPEX DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RNTE SOBRE LTE

En el Anexo 2 Costos de RNTE para LTE, se encuentra la tabla de Excel detallada con los costos de CAPEX y OPEX para la implementación de la RNTE sobre las redes existentes:

- Elementos de Nivel de Acceso
- Elementos de Nivel de Transporte
- Elementos de Core
- Recurso Humano para la Gestión del NOC
- Subsistemas Electrónicos
- Costos de los terminales.



El resumen de costos de CAPEX y OPEX, incluyendo IVA, se encuentra en las siguientes tablas:

Concepto	CAPEX					
	US\$	IVA (16%)	TOTAL US\$	COL\$	IVA (16%)	TOTAL COL\$
Elementos de Nivel de Acceso	53.353.060	8.536.490	61.889.550			
Elementos de Nivel de Transporte	33.132.448	5.301.192	38.433.639	27.344.090.176	4.375.054.428	31.719.144.604
Elementos de Core	10.879.000	1.740.640	12.619.640			
Elementos del Grupo Electrogeno	29.871.300	4.779.408	34.650.708			
TOTAL CAPEX	127.235.808	20.357.729	147.593.537	27.344.090.176	4.375.054.428	31.719.144.604

Tabla 73 Resumen Costos CAPEX Implementación Para LTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

Concepto	OPEX					
	US\$	IVA (16%)	TOTAL US\$	COL\$	IVA (16%)	TOTAL COL\$
Elementos de Nivel de Acceso	2.751.500	440.240	3.191.740	41.496.000.000	6.639.360.000	48.135.360.000
Elementos de Nivel de Transporte	1.987.001	317.920	2.304.921	12.180.861.053	1.948.937.768	14.129.798.821
Elementos de Core	873.600	139.776	1.013.376			
Recurso Humano Centro de Gestión				2.063.687.310	330.189.970	2.393.877.279
TOTAL OPEX	5.612.101	897.936	6.510.037	55.740.548.363	8.918.487.738	64.659.036.101

Tabla 74 Resumen Costos OPEX Implementación Para LTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

A continuación se muestran las tablas con el total de costos en una sola moneda (dólares), tanto de CAPEX como de OPEX, para la red LTE, la solución para la interconexión de la red y de interoperabilidad de la misma. Es de aclarar que los costos que se encontraban en pesos colombianos se convirtieron en dólares, utilizando la TRM promedio del mes de abril de 2013.



CAPEX			
Concepto	Total Parcial US\$	Total Parcial COL\$	Total US\$
Elementos de Nivel de Acceso	61.889.550		61.889.550
Elementos de Nivel de Transporte	38.433.639	17.333.245	55.766.884
Elementos de Core	12.619.640		12.619.640
Elementos del Grupo Electrogenero	34.650.708		34.650.708
TOTAL CAPEX	147.593.537	17.333.245	164.926.782

Tabla 75 Resumen CAPEX para LTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

OPEX			
Concepto	Total Parcial US\$	Total Parcial COL\$	Total US\$
Elementos de Nivel de Acceso	3.191.740	26.304.050	29.495.790
Elementos de Nivel de Transporte	2.304.921	7.721.370	10.026.291
Elementos de Core	1.013.376		1.013.376
Recurso Humano Centro de Gestión		1.308.158	1.308.158
TOTAL OPEX	6.510.037	35.333.579	41.843.616

Tabla 76 Resumen OPEX para LTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores

En la siguiente tabla se muestran los costos estimados incluyendo IVA, de los terminales que se requerirían para el número de usuarios de la red LTE, resultado del análisis preliminar incluido en el aparte 1.5 Usuarios.

Tipo de Terminal	Número de Usuarios	Valor Unitario US\$	IVA (16%)	Valor Total Unitario	Total US\$
Terminales LTE Ruggedizados	7.555	800	128	928	7.011.040
Intrínsecamente Seguro	1.333	2.295	367	2.662	3.548.713
Totales	8.888			3.590	10.559.753

Tabla 77 Costos terminales red LTE

Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por los proveedores



4. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RNTE

En este capítulo se presentarán las estrategias y fases de implementación para el fortalecimiento de las redes existentes y la estrategia de implementación de la RNTE sobre LTE.

La implementación de la RNTE se propone mediante dos fases principales y varias sub fases contenidas dentro de ellas:

1) Implementación sobre redes existentes.

- Priorización de Trafico
- Implementación de PoC
- Fortalecimiento e interconexión de las redes de radio en banda VHF de la UNGRD, CDGRD, CMGRD.

2) Implementación de la RNTE – LTE.

- Despliegue de la RNTE en LTE
- Cubrimientos San Andrés y Providencia
- Condiciones de Infraestructura para el despliegue de red
- Condiciones de Servicio para el despliegue de red
- Solicitud de Cambio en la obligación de cobertura

4.1. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RNTE SOBRE REDES EXISTENTES

4.1.1. Fortalecimiento de la Red de Radio en banda VHF

Para el Fortalecimiento de la red de radio en banda VHF se proponen las siguientes fases:

Etapas Preliminares:

- Aprobación de la propuesta por parte del Estado

En este periodo se contemplan procesos como:

- Aprobación y promulgación del CONPES,
- Aprobación y consecución de los recursos económicos,
- Desarrollo de los procesos de contratación.



Etapa de Implementación:

Contempla las siguientes fases:

Fase 1: Implementación de los 96 sitios con equipos Repetidores nuevos diseñados para esta red, los que poseen tecnología DMR con capacidad A/D y facilidad IP.

Fase 2: Migración de los 51 sitios de repetición existentes en la red actual de UNGRD y de los CDGRD y de los GMGR hacia la tecnología DMR con capacidad A/D y facilidad IP para garantizar la interconexión intradepartamental.

Fase 3: Implementación de las soluciones de extensión de cobertura diseñadas, o sea instalación de equipos Radio Base, en 97 cabeceras municipales específicas.

Fase 4: Implementación de los 32 equipos cross connect a nivel de capitales de departamento para garantizar la interoperabilidad de la red de UNGRD y de los CDGRD y de los CMGRD.

Para cada una de estas fases se define un cronograma de implementación que está dirigido a garantizar la adecuada cobertura a nivel nacional de la Red de Radio en Banda VHF dando prioridad a los departamentos del país con mayor riesgo, definido este, como la combinación de amenaza y vulnerabilidad y a los departamentos con posibilidad de multi-amenaza.

La recomendación del equipo consultor es que las cuatro fases se desarrollen paralelamente en tiempo.

El cronograma de implementación se define así:

Etapa 1. Mes 0 a 6: Departamentos con mayor riesgo por amenaza volcánica y otras: Tolima, Nariño, Huila, Caldas, Cauca y Cundinamarca.

La implementación del equipo Cross Connect en Bogotá D.C. debe estar lista para el mes 2 de esta etapa.

Etapa 2. Mes 6 a 12: Departamentos con mayor riesgo por amenaza sísmica: Santander, Norte de Santander, Boyacá, Chocó, Valle del Cauca, Quindío y Risaralda.

Etapa 3. Mes 12 a 18: Departamentos del país con presencia de mayor número de amenazas pero que no tienen amenaza volcánica o sísmica, estos son: Córdoba, Antioquia, Arauca, Casanare, Meta, Caquetá, Putumayo y San Andrés y Providencia.

Etapa 4: Mes 18 a 30: Los demás 11 departamentos del país.



4.1.2. Implementación de la Priorización de Tráfico

La implementación de priorización de tráfico depende netamente de la exigencia normativa a los PRST, de la implementación de la solución y del seguimiento de su cumplimiento, desarrollado en el documento “Análisis técnico, financiero y normativo para propuestas de un Marco Normativo para el fortalecimiento del SNTE”.

Las fases de este proceso se ilustran a continuación:

- Resolución de la CRC para priorización de tráfico.
 - Publicación del proyecto regulatorio de la CRC para el SNTE
 - Comentarios de los PRST.
 - Ajustes al proyecto por parte de la CRC.
 - Expedición de la resolución.
- Tiempo de implementación.
- Seguimiento y control a los PRST.

4.1.3. Implementación de PoC sobre los PRST Móviles Existentes

El Grupo Consultor atendiendo lo sugerido por el MinTIC de usar de manera inmediata las redes 2G y 3G de los actuales PRST móviles en Colombia, ha propuesto que en la negociación de la continuidad del servicio que prestan los operadores Movistar y Claro a los cuales se les vence la concesión en el año 2014, se incluya como una contraprestación que los operadores implementen el servicio de Push to Talk sobre sus redes para que los usuarios de las entidades de emergencia del país usen dicho servicio de manera gratuita.

La propuesta del Grupo Consultor es que una vez se firme el contrato se dé un plazo de nueve meses como máximo para que esta facilidad quede implementada y disponible para los usuarios de las autoridades de emergencia. El Grupo Consultor estima que este es un plazo bastante prudencial para que los operadores estudien la tecnología, la seleccionen e implementen en sus redes.

Las autoridades por su parte una vez se haya legalizado el contrato de continuidad del servicio celular, deberán estudiar las ofertas del mercado de terminales móviles ruggedizados con las características indicadas en este estudio, para que los adquieran y estén disponibles una vez el servicio de PoC este habilitado por los PRST móviles.

Las actividades que se proponen para realizar son las siguientes:



Etapa Preliminar:

- Aprobación de la propuesta por parte del Estado.

Etapa de Implementación:

- Implementación por parte de los PRST Móviles.
- Definición de los grupos de trabajo por parte de la UNGRD, los CDGRD y los CMGRD.
- Instalación y puesta en servicio de los servidores.
- Activación de licencias y programación de grupos.
- Pruebas de aceptación.

En el numeral 5.1 Requerimientos específicos de los atributos de la RNTE sobre redes móviles 2G y 3G, se presentan los requerimientos específicos a cumplir por parte de los PRTS Móviles que estén interesados en la renovación o los nuevos permisos del uso de la banda de 850 MHz.

4.2. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RNTE - LTE

La implementación de la RNTE está vinculada al proceso de subasta de las bandas de frecuencia IMT del Dividendo Digital, el cual se estima se inicie después del segundo semestre del año 2013 y se asigne el espectro en el primer semestre del año 2014, tal como lo tiene previsto la Agencia Nacional del Espectro.

Se destaca que actualmente las bandas del Dividendo Digital están ocupadas por canales de servicios de radiodifusión de televisión análoga, con cobertura nacional y regional. Este proceso de migración está en su fase inicial en razón a que en el actual proceso de subasta de 4G que pretende “otorgar permisos para el uso de hasta 225 MHz de espectro radioeléctrico en las bandas de 1.850 MHz a 1.990 MHz, 1.710 MHz a 1.755 MHz pareada con 2.110 MHz a 2.155 MHz y 2.500 MHz a 2.690 MHz para la operación y prestación del servicio móvil terrestre”²⁹. Adicionalmente, se incluye la obligación que lo operadores asignatarios migren equipamiento que actualmente opera la Armada Nacional de Colombia, Policía Nacional de Colombia y el Comando General de las Fuerzas Militares, con el fin de liberar espectro donde entraría a operar la televisión digital que a su vez liberaría las bandas del Dividendo Digital.

Según el cronograma vigente de la actual subasta de 4G, el proceso inició el 26 de junio de 2013 y el contrato con los nuevos asignatarios del espectro debería firmarse a mediados del

²⁹ MinTIC, Marzo 2013, Resolución 449 de 2013. Disponible en: <http://www.mintic.gov.co/index.php/docs-normatividad?pid=57&sid=1124:449>



mes de agosto del año 2013. Lo que indica que el espectro que irá a ocupar la televisión digital estará liberado a más tardar en agosto del 2014.

Así mismo el Grupo Consultor estima que la fase de instalación por parte de los asignatarios de la banda del Dividendo Digital inicia a finales del segundo semestre del 2014 o en el primer semestre del 2015. Estas son estimaciones del Grupo Consultor porque no existe aún un cronograma oficial de la subasta del Dividendo Digital.

En el numeral 5.2 Requerimientos específicos de los atributos de la RNTE sobre 4G, se presentan los requerimientos específicos a cumplir por parte de los PRTS Móviles que estén interesados en las nuevas asignaciones de espectro del Dividendo Digital, en 700 MHz, para explotarlo comercialmente, al tiempo que desarrolla en la misma infraestructura la RNTE.

4.2.1. Despliegue de la RNTE en LTE

En el proceso de la subasta el Grupo Consultor recomienda se incluya las siguientes obligaciones de despliegue de red por parte del asignatario del bloque donde se implementará, tanto la red comercial, como la de emergencias - RNTE.

4.2.1.1. Despliegue de la RNTE para Asignatarios con Permiso Previo para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT

El asignatario deberá demostrar que tiene red de acceso instalada con las tecnologías que cumplan con las condiciones del servicio exigidas en el presente documento y poner en operación el servicio en todas las cabeceras municipales que le sean asignadas de acuerdo con el procedimiento descrito a continuación:

1. Las cabeceras municipales de Colombia se ordenaran de mayor a menor según la proyección de habitantes para el 2012 realizada por el Departamento Administrativo Nacional de estadística – DANE.
2. El asignatario de espectro para uso compartido, de su red comercial y de la RNTE, deberá desplegar la red en todas las cabeceras municipales en orden descendente, según el anterior numeral, hasta cubrir el 80% de la población en Colombia, lo que garantiza el cubrimiento de las poblaciones con alta vulnerabilidad del país. En estos sitios, el asignatario, deberá demostrar que tiene red de acceso instalada con tecnologías que cumplan con las condiciones de servicio exigidas y poner en operación el servicio antes del quinto año. Dicho porcentaje corresponde a un total de 278 cabeceras municipales, de las cuales, 38 cabeceras municipales tienen riesgo de erupción volcánica (7 de ellas tienen riesgo sísmico), 48 cabeceras municipales exclusivamente con riesgo sísmico, 15 ciudades capitales que presentan algún tipo de amenaza y 177 cabeceras municipales que presentan algún tipo de amenaza y cumplen

con el criterio de vulnerabilidad dado por el número de habitantes. Se adjunta listado la hoja “ a 5 años” del Anexo 5 Listado de cabeceras municipales por etapas para Asignatarios con Permiso Previo para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT

3. Contado a partir de la ejecutoria de la Resolución de asignación, deberá demostrar el cubrimiento de mínimo el 20% de la población el primer año más la implementación del core de la RNTE, el 40% de la población para el segundo año, 50% de la población, más el core de respaldo para el tercer año, 65% para el cuarto año y 80% para el quinto año.
4. Adicionalmente antes de finalizar el segundo año, el asignatario también se obliga a demostrar que tiene red de acceso instalada con tecnologías que cumplan con las condiciones de servicio exigidas y poner en operación el servicio, en las siguientes cabeceras municipales que tienen riesgo de erupciones volcánicas:

Cabecera Municipal	Departamento
SANDONA	Nariño
HONDA	Tolima
CAJAMARCA	Tolima
VENADILLO	Tolima
SAN LUIS	Tolima
ANZOATEGUI	Tolima
SALDAÑA	Tolima
CHACHAGUI	Nariño
EL TAMBO	Nariño
VILLA HERMOSA	Tolima
YACUANQUER	Nariño
LA FLORIDA	Nariño
CONSACA	Nariño
COELLO	Tolima
RICAURTE	Cundinamarca
HERVEO	Tolima
EL GUAMO	Tolima
ANCUYA	Nariño
AMBALEMA	Tolima
SANTA ISABEL	Tolima
VALLE DE SAN JUAN	Tolima
SUAREZ	Tolima
NARIÑO	Cundinamarca
BELTRÁN	Cundinamarca

Tabla 78 Centros Poblados con Riesgo de Erupciones Volcánicas

Fuente: Grupo Consultor



5. Antes del séptimo año el asignatario deberá demostrar que tiene red de acceso instalada con tecnologías que cumplan con las condiciones de servicio exigidas y poner en operación el servicio el contado a partir de la ejecutoria de la Resolución de asignación, en los municipios que se listan en la hoja “a 7 años” del Anexo 5 Listado de cabeceras municipales por etapas, para Asignatarios con Permiso Previo para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT. El acumulado de población servida al final del séptimo año debe ser de al menos el 86%.
6. Para el octavo año el asignatario deberá demostrar que tiene al menos el 93% con una red de acceso instalada con tecnologías que cumplan con las condiciones de servicio exigidas y poner en operación el servicio contado a partir de la ejecutoria de la Resolución de asignación. Para cumplir con al menos el 93% el asignatario deberá desplegar la red al menos en la mitad de las 504 cabeceras municipales que se listan en la hoja “a 10 años” del Anexo 5 Listado de cabeceras municipales por etapas para Asignatarios con Permiso Previo para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT.
7. Para cumplir con el 100% antes del décimo año el asignatario deberá demostrar que tiene red de acceso instalada con tecnologías que cumplan con las condiciones de servicio exigidas y poner en operación el servicio contado a partir de la ejecutoria de la Resolución de asignación, con la cobertura de los 252 cabeceras municipales restantes, listados en la hoja “a 10 años” del Anexo 5 Listado de cabeceras municipales por etapas para Asignatarios con Permiso Previo para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT.

4.2.1.2. Despliegue de la RNTE para Asignatarios sin Permiso Previos para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT

1. Las cabeceras municipales de Colombia se ordenaran de mayor a menor según la proyección de habitantes para el 2012 realizada por el Departamento Administrativo Nacional de estadística – DANE.
2. El asignatario de espectro para uso compartido, de su red comercial y de la RNTE, deberá desplegar la red en todas las cabeceras de municipales en orden descendente, según el anterior numeral, hasta cubrir el 60% de la población de Colombia. En estos sitios, el asignatario, deberá demostrar que tiene red de acceso instalada con tecnologías que cumplan con las condiciones de servicio exigidas y poner en operación el servicio antes del quinto año. Dicho porcentaje corresponde a un total de 93 cabeceras municipales de los cuales 38 cabeceras municipales tienen riesgo de erupción volcánica (7 de ellas tienen riesgo sísmico), 14 cabeceras municipales con riesgo sísmico, 16 ciudades capitales con algún grado de amenaza y 25 cabeceras municipales que presentan algún tipo de amenaza y cumplen con el criterio de vulnerabilidad dado por el número de habitantes. Se adjunta listado en la hoja “a 5



años” del Anexo 6 Listado de cabeceras municipales por etapas para Asignatarios sin Permiso Previos para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT.

3. Contado a partir de la ejecutoria de la Resolución de asignación, deberá demostrar el cubrimiento de mínimo el 20% de la población el primer año más la implementación del Core de la RNTE, el 30% de la población para el segundo año, 40% de la población, para el tercer año, 50% para el cuarto año y 60% más el Core de respaldo para el quinto año.
4. El asignatario deberá demostrar que tiene red de acceso instalada con tecnologías que cumplan con las condiciones de servicio exigidas y poner en operación el servicio para 185 cabeceras municipales adicionales antes de finalizar el séptimo año; el acumulado de población servida al final del séptimo año debe ser de al menos el 80%. De este grupo, 33 cabeceras municipales tienen alto riesgo de sismicidad. Se adjunta listado en la hoja “a 7 años” del Anexo 6 Listado de cabeceras municipales por etapas para Asignatarios sin Permiso Previos para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT.
5. Para el octavo año el asignatario deberá demostrar que tiene red de acceso instalada con tecnologías que cumplan con las condiciones de servicio exigidas y poner en operación el servicio para las 287 cabeceras municipales restantes que se han clasificado con alto riesgo sísmico; el acumulado de población servida al final del séptimo año debe ser de al menos el 86%. Las 287 cabeceras municipales se listan en la hoja “a 8 años” del Anexo 6 Listado de cabeceras municipales por etapas para Asignatarios sin Permiso Previos para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT.
6. El asignatario deberá demostrar que tiene red de acceso instalada con tecnologías que cumplan con las condiciones de servicio exigidas y poner en operación el servicio para 504 cabeceras municipales restantes hasta el décimo año para así lograr una cobertura del 100% del país. Se adjunta listado de cabeceras municipales en la hoja “a 10 años” Anexo 6 Listado de cabeceras municipales por etapas para Asignatarios sin Permiso Previos para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT.

4.2.2. Cubrimiento San Andrés y Providencia

El asignatario deberá garantizar la prestación del servicio con tecnologías de 4G en San Andrés y Providencia, finalizando el segundo año; teniendo en cuenta que deberá haber un radio enlace entre Providencia y San Andrés Islas y la conexión a la RNTE.

4.2.3. Condiciones de Infraestructura para Despliegue de red

En las cabeceras municipales en que se exige demostrar instalación de infraestructura para cada asignatario, éste debe a su cuenta, costo y riesgo, realizar las adecuaciones que sean necesarias para permitir la compartición de la misma.



4.2.4. Condiciones de Servicio para Despliegue de Red

El asignatario deberá desplegar tecnologías que ofrezcan velocidades pico teóricas de al menos 125 Mbps para el enlace descendente (Downlink) y 65 Mbps en el ascendente (Uplink) por cada eNodeB.

4.2.5. Solicitud de Cambio en la Obligación de Cobertura

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones tendrá la potestad de autorizar el cambio de la obligación de cobertura en cabeceras municipales por otros centros poblados que sean de interés del Ministerio, cuando se tenga como única alternativa transmisión satelital o en aquellos sitios en donde se demuestre plenamente la imposibilidad de cumplir con la obligación por razones ajenas al asignatario.

4.2.6. Actividades propuestas para implementación de la RNTE LTE

Las actividades que se proponen realizar son las siguientes:

Etapas Preliminares:

- Viabilidad tecnológica LTE para RNTE
 - Liberación del estándar Rel 12 LTE del 3GPP
 - Desarrollo comercial del Rel 12 LTE
 - Aprobación de la propuesta por parte del Estado
 - Aprobación y promulgación del CONPES
 - Aprobación y consecución de los recursos económicos
 - Desarrollo de los procesos de contratación

Etapas de Implementación:

- Contempla la fase del despliegue de la RNTE - LTE:

4.3. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

A continuación se muestra un resumen del cronograma en el cual se desarrollan estas fases y el cronograma detallado se presenta en el Anexo 7 Cronograma de Implementación RNTE:



5. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE LOS ATRIBUTOS DE LA RNTE

En este capítulo se presentan los requerimientos específicos que deben cumplirse por parte de los PRST Móviles, tanto para la solución PoC sobre redes móviles existentes en tecnologías 2G y 3G, como para la RNTE soportada sobre LTE.

5.1. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE LOS ATRIBUTOS DE LA RNTE SOBRE REDES MÓVILES 2G Y 3G

En la negociación con los PRST móviles que estén interesados en la renovación o los nuevos permisos de uso de la banda de 850 Mhz, se incluirá como obligación la implementación de la solución PoC descrita en el documento “Diseño de la RNTE”. Esta solución no será exclusiva para los usuarios de la RNTE pero deberá incluirlos prioritariamente y para su puesta en servicio se utilizará la información de UNGRD, CDGR y CMGR concerniente a grupos de trabajo y jerarquías dentro de ellos.

En el Anexo 3 Requerimientos RNTE sobre redes móviles 2G y 3G, se presentan Los requerimientos específicos a cumplir por parte de los PRTS Móviles que estén interesados en la renovación o los nuevos permisos del uso de la banda de 850 MHz.

5.1.1. Disponibilidad

La plataforma PoC debe ser Carrier Class es decir debe tener una disponibilidad mínima de 99,999% lo que se garantiza con servidores con partes redundantes tales como fuente, procesadores, discos y tarjetas de comunicaciones.

5.1.2. Estandarización

La solución PoC debe cumplir con el estándar OMA (Open Mobile Alliance) Versión 2 o una versión posterior vigente a la compra de este sistema.

5.1.3. Latencia

Para la solución PoC, la latencia debe estar por debajo de 1 segundo, como está establecido por OMA v.2.

5.1.4. Terminales

Disponer de teléfonos móviles con características físicas propias de redes de emergencia tales como protección ante golpes, caídas, resistencia al agua, altas temperaturas, etc. a los



usuarios de las agencias que atienden las emergencias. Los terminales deben ser ruggedizados que cumplan con la norma IEC60529 y los intrínsecamente seguros deben cumplir con la norma ATEX-Zones.

5.2. REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE LOS ATRIBUTOS DE LA RNTE SOBRE 4G

De acuerdo a las investigaciones realizadas y la experiencia del Grupo Consultor, la RNTE LTE debe cumplir con los atributos de las redes de emergencia presentados en el capítulo 3 del documento “Diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia - RNTE”, que la diferencia de la red con propósito comercial. Estos atributos deben permitir que la RNTE LTE soporte aplicaciones de misión crítica que tienen requisitos técnica y operativamente únicos.

Los requerimientos específicos a cumplir por parte de los PRTS Móviles que estén interesados en las nuevas asignaciones de espectro del Dividendo Digital, en 700 MHz, para explotarlo comercialmente, al tiempo que desarrolla en la misma infraestructura la RNTE, se describen a continuación.

En el Anexo 4 Requerimientos RNTE sobre 4G se presentan los Requerimientos de red que el Grupo Consultor recomienda deben ser exigidos al operador mixto comercial y de emergencia, estos son atributos especiales que debe cumplir la red LTE, para operar una red de emergencia.

5.2.1. Cobertura

La RNTE requiere una amplia cobertura geográfica y la disponibilidad del mismo conjunto de aplicaciones en todo el territorio nacional. Para ello, el PRST Móvil debe realizar un análisis de Multi-amenaza y vulnerabilidad para todo el país, el cual permitirá definir el objetivo de cobertura de la RNTE en 4G. Partiendo del análisis de Riesgo presentado en este diseño, en el cual se utilizó la cartografía de las amenazas, Volcánica, Sísmica, Remoción de masas, Inundación, Tsunamis e Incendios, disponible a 2013 y suministrada por las entidades competentes. Este análisis, arrojó como resultado que la RNTE LTE debe cubrir las 1.103 cabeceras municipales del país definidas en el documento “Diseño de la Red Nacional de Telecomunicaciones de Emergencia - RNTE”.

Para la RNTE LTE, a diferencia de una red comercial, la cobertura debe cumplirse en la totalidad del área urbana de la cabecera municipal. Teniendo en cuenta el nivel de riesgo de las amenazas se definió una prioridad en la implementación de la RNTE LTE que se presenta en el Anexo 4. Requerimientos RNTE sobre redes 4G.



5.2.2. Disponibilidad

Según los estudios del Grupo Consultor, la disponibilidad en tiempo en una red comercial, está especificada típicamente como de tres o cuatro nueves, por ejemplo 99,98% o superior en todo momento³⁰. Sin embargo, para la RNTE LTE, el Grupo Consultor recomienda que todos los elementos incluidos en la implementación cumplan con las disponibilidades que se presentan a continuación:

Nivel de Acceso: Se debe utilizar equipos con disponibilidad mínima de 99,99% para instalarse en los eNodeB y en los switch enrutadores.

El Release 12 de LTE propuesto por el 3GPP, prevé dos facilidades que aumentan la disponibilidad del servicio en el nivel de acceso:

- Reconfiguración automática cuando un eNodeB deja de operar, esta facilidad es de importancia cuando hay más de un eNodeB de una localidad, en razón a que el eNodeB más cercano al eNodeB en falla, asume el tráfico de éste último. Sin embargo, no se puede garantizar la misma área de cobertura.
- Comunicación peer to peer que permite que varios terminales se comuniquen entre sí sin pasar por el eNodeB, equivalente al servicio DMO en redes troncalizadas. Se requiere que los terminales se encuentren dentro de un área de proximidad y es posible garantizar su servicio aún que el eNodeB esté fuera de operación.

Nivel de Transporte: En los sitios con bajo nivel de riesgo se requiere que los equipos de sitios de concentración cumplan con una disponibilidad de 99,99%. En los sitios de alta probabilidad de sismos y erupciones volcánicas se requiere equipamiento en el sitio de concentración con disponibilidad de 99,995%. Y en ciudades como Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla, donde se utilizan anillos de 10 Gbps, para los que se requiere el uso de equipos de concentración con 99,999% de disponibilidad, lo cual se logra con CPU y fuentes redundantes. Todos los equipos de comunicación de este nivel tienen recuperación subsegundo, es decir que máximo se demoran 50 mseg en que la parte redundante asume el servicio; esto significa, que en la práctica no se presenta falla en el servicio para el usuario.

³⁰ Experiencia Grupo Consultor



Para la Red Nacional de Fibra Óptica, la condición mínima es que esté completamente anillada y se pueda garantizar una disponibilidad de 99,98%.

Nivel de Core: Entendiendo que todas las redes LTE son del tipo “carrier class” los equipos componentes del Core deben tener una disponibilidad mínima de 99,999%, no tener un punto único de falla y presentar duplicidad tanto en fuentes de alimentación como en procesadores.

5.2.3. Resiliencia

La RNTE necesita tener la capacidad de funcionar aun cuando cualquier parte de la red esté indisponible por falla provocada por un desastre natural. La fiabilidad se logra con equipos de alta disponibilidad, redundantes, minimizando puntos de falla, repuestos y equipos de Backup transportables.

Nivel de Acceso: En el caso de los eNodeB, estos tienen una disponibilidad de 99.99%, que equivale a tener una falla aproximadamente cada 40.000 horas, es decir cada 4,5 años, por lo que en la práctica no se conocen sistemas redundantes de eNodeB.

Los eNodeB no deben ser ubicados en sitios con alto riesgo de amenaza volcánica o de remoción en masa. La infraestructura donde se ubiquen estos equipos debe cumplir con la norma de sismoresistencia NSR-10, actualizada en febrero de 2013.

Nivel de Transporte: Se debe utilizar una topología en anillo, combinada con el uso de equipamiento de alta disponibilidad, que permita una disponibilidad mínima de la red metropolitana de 99.98%, con una probabilidad de falla del 3.53% mensual, en el peor de los casos.

En las cabeceras municipales con alto grado de amenaza volcánica o número de multi-amenaza 3 y 4, se debe utilizar doble anillo de fibra óptica por trazados diferentes.

En los nodos de agregación ubicados en la capital departamento, el PRST Móvil debe disponer de tarjetas de puertos redundantes.

Nivel de Core: Se requiere que este sea redundante a nivel de todos los elementos. Adicionalmente, se requiere una redundancia geográfica con la instalación del Core en otra ciudad diferente a Bogotá preferiblemente con bajos niveles de riesgo, por ejemplo Barranquilla.

5.2.4. Baja latencia

Existen requisitos para tiempo de establecimiento de llamadas muy corto y retardo limitado de la transmisión de datos/voz de extremo a extremo (para aplicaciones de misión crítica).



Algunas especificaciones como la de la ETSI TR 102-022-1³¹, determinan que el tiempo de establecimiento de llamadas de voz debe ser menor a 200 milisegundos en aplicaciones de banda ancha de misión crítica y este valor debe ser aplicado en la RNTE LTE específicamente sobre el servicio de VoLTE.

5.2.5. Interoperabilidad

Hay una necesidad obligatoria para que las diferentes redes de comunicaciones de las entidades que hacen parte del SNGRD, pero que no están incluidas directamente en la RNTE, puedan interoperar con esta red.

Teniendo en cuenta lo anterior, el PRST Móvil debe contar con una interface Ethernet 10/100/1000 para cada una de las siguientes interconexiones. Estas interfaces deben estar ubicadas en los nodos de agregación de cada capital de departamento.

- Interoperabilidad entre la red de radio en banda VHF mediante un modem.
- Interconexión con los CAE.

Adicionalmente debe contar con una interface Ethernet 10/100/1000, en los sitios en los que se realice la interconexión con las siguientes redes:

- Fuerzas Militares y Policía Nacional que poseen infraestructura P.25 a través del protocolo SIP, en el equipo RFSS (Radio Frequency Subsystem) Controller existente en la red P.25.
- Redes públicas fijas y móviles y con internet; si la otra red, es una red IP, a través del protocolo SIP.

Si la otra red, es una red de conmutación de circuitos, se coloca un dispositivo de mediación, Media Gateway, que por un lado recibe una interface Ethernet con el protocolo SIP y por el otro lado entrega varias interfaces G.703 de 2 Mbps o E1. El número de E1 dependerá del tráfico que el operador espera enviar hacia la otra red.

5.2.6. Handover sin interrupciones

Para la RNTE LTE, la transferencia durante la transmisión de una llamada debe ser transparente a velocidades de hasta 300 Km/h. La transparencia se define como una interrupción menor a 300 milisegundos en la conexión.

5.2.7. Capacidad de soportar tráfico mixto

³¹ ETSI TR 102 022-1: Recomendación de la European Telecommunications Standards Institute- Mission Critical Broadband Communication Requirements - 08/2012



Para la RNTE – LTE, la red del PRST Móvil debe soportar el transporte de diferentes tipos de tráfico (voz, datos, imágenes), con el fin de utilizar la misma tecnología en todos los entornos, que van desde la respuesta de emergencia del día a día a los principales incidentes previstos y los grandes desastres / incidentes no planificados.

5.2.8. Terminales

Los equipos de usuario tienen requerimientos de diversos niveles sobre la robustez y seguridad que exceden aquellos de los dispositivos comerciales disponibles. Por ejemplo, se requiere de niveles de protección contra intrusos, protección ambiental (resistencia a caídas, lluvia, polvo, ambientes explosivos, entre otros), entre otros. También puede requerir una salida de audio alta (ambientes de alto ruido), así como accesorios únicos como micrófonos especiales, operación con guantes, entre otros. Los terminales deben ser ruggedizados que cumplan con la norma IEC60529 y los intrínsecamente seguros deben cumplir con la norma ATEX-Zones.

En términos generales, los dispositivos solicitados para las entidades de emergencia deben ser completamente compatibles con los servicios y aplicaciones descritas para este fin y deben ser capaces de: proveer una indicación cuando estos estén operando en *roaming*, soportar mecanismos de localización autónoma, operar a niveles de potencia según requerimientos de cobertura, tener botones dedicados típicos de la operación de emergencias (botón de emergencia y de pulsar para hablar PTT) y emplear un sistema operativo intuitivo que facilite las operaciones del oficial en campo en situaciones de estrés.

El PRST Móvil debe disponer de terminales que cumplan con las características específicas descritas anteriormente.

5.2.9. Seguridad

Es importante tener en cuenta este atributo en la RNTE en razón a que la información que eventualmente transite por la red puede ser información sensible que no debe ser interceptada por personas ociosas o malintencionadas. Se debe garantizar que en la RNTE LTE, los usuarios de alta prioridad pueden establecer conexiones con un alto nivel de seguridad relativa a los usuarios de baja prioridad.

5.2.10. Control

Es necesario un alto grado de control (por ejemplo, permitir el acceso priorizado o garantizar capacidad reservada cuando sea necesario). Los requerimientos de control también incluyen la habilidad para manejo, administración y actualización de colas en tiempo real.



Gestión de Configuración de la Red, Usuario y Administración de Dispositivos: Los encargados de la gestión de la red deben contar con los mecanismos de adición, modificación, eliminación de grupos y usuarios dentro del sistema. De igual forma, como parte de la configuración inicial, el administrador debe poder establecer los tipos de dispositivos que un usuario está autorizado a usar, así como los roles dentro de las aplicaciones de las entidades de emergencia. Estos roles podrán ser modificados, por ejemplo, después de que un incidente ha sido declarado.

Priorización: La priorización es la capacidad de la red de determinar los recursos que pueden ser accedidos por un usuario en un momento determinado. La RNTE debe tener la más alta prioridad en eventos de: respuesta inmediata de emergencia. En caso que la red de emergencias esté compartida con la red comercial, la red debe estar en capacidad de distinguir los dispositivos para darles la prioridad a los usuarios de la red de emergencias, principalmente en eventos de emergencias e implementar mecanismos manuales para restringir el acceso a los usuarios secundarios y evitar que se afecte el desempeño de la red.



BIBLIOGRAFIA

Alcatel Lucent, (2011), Banda Ancha Inalámbrica para Seguridad Publica. LTE– The Alcatel-Lucent Solution.

APT, (Abril 2012), PPDR Applications Using IMT-Based Technologies and Networks. APT Report: APT/AWG/REP-27

Banco Mundial, (2012), The Sendai Report: Mainstreaming Disaster Risk Management for Sustainable Development Managing Disaster Risks for a Resilient Future 2012. Washington. Disponible en: <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTURBANDEVELOPMENT/EXTDISMGMT/0,,menuPK:341021~pagePK:149018~piPK:149093~theSitePK:341015,00.html>.

Banco Mundial - Independent Evaluators Group (IEG), (2006), Hazards of Nature, Risks to Development: An IEG Evaluation of World Bank Assistance for Natural Disasters.

FCC, (Junio 2010), The Public Safety Nationwide Interoperable Broadband Network: A New Model for Capacity, Performance and Cost. Estados Unidos de América.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, (11 de Marzo de 2013), Resolución Número 000449 del 11 de Marzo de 2013. Colombia

Scott, J., Burns, J., Jervis, V., Wählen, R., Carter, K., Philbeck, I y Vary, P, (2010, Diciembre). PPDR Spectrum Harmonisation in Germany, Europe and Globally. Alemania. Disponible en; <http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/ppdr-spectrum-harmonisation-germany-europe-globally,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=en,rwb=true.pdf>

Sharp, I., (Enero 2013), Delivering Public Safety Communications with LTE. Disponible en http://www.3gpp.org/IMG/pdf/121218_lte_for_public_safety_rev3_-_cl.pdf.

The National Public Safety Telecommunications Council, (Junio 5, 2012), Public Safety Communications Assessment 2012-2022 Technology, Operations, & Spectrum Roadmap. Disponible en: www.NPSTC.org.

Tolaga Research, (Septiembre, 2010), Outcomes of Germany's Mega Spectrum Auction. United States of America.



LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Costos de RNTE para redes existentes formato Excel

Anexo 2: Costos de RNTE para LTE en formato Excel

Anexo 3: Requerimientos RNTE sobre redes móviles 2G y 3G

Anexo 4: Requerimientos RNTE sobre redes 4G

Anexo 5: Listado de cabeceras municipales por etapas para Asignatarios con Permiso Previo para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT

Anexo 6: Listado de cabeceras municipales por etapas para nuevos Asignatarios para Uso del Espectro en Bandas Destinadas a IMT

Anexo 7: Cronograma de Implementación RNTE



CONTROL DE VERSIONES			
Nombre del Documento	Tipo del Documento	Fecha de Versión y Entrega	Tipo de Cambio
Costos CAPEX y OPEX de la RNTE y estrategias de implementación	Word	20-mayo 2013	Para primera revisión
Costos CAPEX y OPEX de la RNTE y estrategias de implementación V.2	Word	28-junio 2013	Para primera revisión
Costos CAPEX y OPEX de la RNTE y estrategias de implementación V.3	Word	15-julio 2013	Versión Aprobada