



Estudio sobre la disponibilidad y asignación de  
espectro electromagnético de uso exclusivo de la  
fuerza pública para el despliegue de una red de  
comunicaciones inalámbricas de cuarta generación  
LTE

**Jose Miguel Borraez Alvarez**  
**Carlos Giovanni Corredor Gutierrez**

Trabajo de grado para optar al título profesional:  
**Curso de Información Militar (CIM)**

**Escuela Superior de Guerra "General Rafael Reyes Prieto"**  
Bogotá D.C., Colombia

2013

3677

ESTUDIO SOBRE LA DISPONIBILIDAD Y ASIGNACIÓN DE ESPECTRO  
ELECTROMAGNÉTICO DE USO EXCLUSIVO DE LA FUERZA PÚBLICA PARA  
EL DESPLIEGUE DE UNA RED DE COMUNICACIONES INALÁMBRICA DE  
CUARTA GENERACION (LTE)

MY. JOSE MIGUEL BORRAEZ ÁLVAREZ  
MY. CARLOS GIOVANNI CORREDOR GUTIÉRREZ  
MY. BRENDA JIMENA GRILLO MUÑOZ

ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA  
CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS SOBRE SEGURIDAD Y DEFENSA  
NACIONALES  
BOGOTÁ D. C.  
2013

ESTUDIO SOBRE LA DISPONIBILIDAD Y ASIGNACIÓN DE ESPECTRO  
ELECTROMAGNÉTICO DE USO EXCLUSIVO DE LA FUERZA PÚBLICA PARA  
EL DESPLIEGUE DE UNA RED DE COMUNICACIONES INALÁMBRICA DE  
CUARTA GENERACION (LTE)

MY. JOSE MIGUEL BORRAEZ ÁLVAREZ  
MY. CARLOS GIOVANNI CORREDOR GUTIÉRREZ  
MY. BRENDA JIMENA GRILLO MUÑOZ

DESARROLLO PROYECTO

TC. SERGIO LEONARDO MAHECHA FAJARDO  
DIRECTOR DE PROYECTO

ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA  
CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS SOBRE SEGURIDAD Y DEFENSA  
NACIONALES  
BOGOTÁ D. C.  
2013

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá 12 de agosto de 2013



## CONTENIDO

	Pág
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1 DESCRIPCIÓN	11
1.2 FORMULACIÓN	12
2. OBJETIVOS	12
2.1 GENERAL	12
2.2 ESPECÍFICOS	12
3. JUSTIFICACIÓN	13
3.1 BENEFICIOS DE LAS REDES DE BANDA ANCHA 4G PARA LAS FUERZAS MILITARES	13
3.1.1 Acceso a información en tiempo real	14
3.1.2 Conexión de datos de alta velocidad en cualquier momento y lugar	14
3.1.3 Mejor reconocimiento de la situación	14
3.1.4 Reducción de los tiempos de respuesta	14
3.1.5 Multiplicador de recursos	15
3.1.6 Más y mejor evidencia	15
3.1.7 Economía de escala e innovación en el desarrollo de aplicaciones	15
3.2 COMPARACIÓN DE LAS REDES 4G-LTE PRIVADAS FRENTE A LAS COMERCIALES	15
3.2.1 Motivación	16
3.2.2 Disponibilidad de la red	17

3.2.3	Capacidad	19
3.2.4	Control	20
3.2.5	Servicios de seguridad pública y atención de desastres	20
3.3	EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	21
4.	CRONOGRAMA DEL PROYECTO	22
5.	MARCO DE REFERENCIA	22
5.1	MARCO DE ANTECEDENTES TEMÁTICOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
5.1.1	Ejército de Brasil	26
5.1.2	Ejército de Estados Unidos de América	27
5.1.3	Armada de Estados Unidos de América	28
5.1.4	Colombia	29
5.2	MARCO CONCEPTUAL	30
5.3	MARCO LEGAL	32
5.3.1	Armonización internacional de bandas de frecuencias	33
5.3.2	Las bandas de frecuencias y el estándar tecnológico	35
5.3.3	Plan de frecuencias y segmentación de bandas	36
5.3.4	Alineación estratégica	36
5.3.4.1	Objetivos estratégicos de las Fuerzas Militares y líneas de acción 2011-2014	37
5.3.4.2	Políticas de comando	38
5.4	TEÓRICO CONCEPTUAL	39
5.4.1	El estándar LTE	39

5.4.2	Evolución	39
5.4.3	Interfaz de radio	40
5.4.4	Tasa de transmisión pico instantánea y eficiencia espectral	40
5.4.5	Capacidad de usuarios (voz)	41
5.4.6	Rango de cobertura y movilidad	42
5.4.7	Latencia del plano del usuario	42
5.4.8	Desempeño del modo de transmisión	42
5.4.9	Uso de múltiples antenas (MIMO)	42
5.4.10	Arquitectura del sistema	43
6.	TRABAJO DE CAMPO	46
6.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
6.2	DISEÑO METODOLÓGICO	46
6.2.1	Fase 1 FUNDAMENTACIÓN	46
6.2.2	Fase 2 TRABAJO DE CAMPO	46
6.2.3	Fase 3 DISEÑO DE LA PROPUESTA	47
6.3	POBLACIÓN U OBJETO DE ESTUDIO	48
6.4	INSTRUMENTOS PARA LA COLECTA DE DATOS	48
6.5	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	49
6.5.1	Encuesta de necesidades de las FF.MM y PONAL en comunicaciones de cuarta generación	49
6.5.2	Análisis de las bandas de frecuencia y el estándar tecnológico	53
6.5.2.1	Metodología de proyección de los requisitos espectrales terrenales	53

6.6 DIAGNÓSTICO	59
6.6.1 Resultado de la encuesta de necesidades de las FF.MM y PONAL en comunicaciones de cuarta generación	59
6.6.2 Resultado del estudio de las bandas de frecuencia y el estándar Tecnológico	60
7. DISEÑO DE LA PROPUESTA	61
7.1 DOCUMENTO PROPOSITIVO DIRIGIDO AL MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES	61
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
9. BIBLIOGRAFÍA	66
10. ANEXOS	71

## LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1 Comparación redes privadas comerciales	21
Tabla 2 Alcance de las redes existentes y necesidad a suplir con la red a implementar	31
Tabla 3 Ancho de banda frente a la máxima tasa de transmisión	40
Tabla 4 Distribución de usuarios de la red	55
Tabla 5 Ejemplo perfiles de tráfico informe PSWAC	56
Tabla 6 Análisis bandas LTE	58

## LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1 Árbol del problema: espectro electromagnético para seguridad pública y atención de desastres	12
Figura 2 Plan de canalización de Estados Unidos para la banda superior de 700 MHz	24
Figura 3 Arquitectura general de red	43
Figura 4 Red de radio E-Utran y detalle de los elementos del EPC	44
Figura 5 Fases diseño metodológico	47



## LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo A Cronograma del proyecto	68
Anexo B Formato encuesta de necesidades de las FF.MM y PONAL en comunicaciones de cuarta generación	68
Anexo C Calculo de requisitos espectrales metodología UIT-R M.1390	77

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 DESCRIPCIÓN

Las Fuerzas Militares y las agencias de seguridad pública enfrentan retos cada vez mayores en la lucha contra los grupos al margen de la ley, la delincuencia y la protección de la ciudadanía en el ámbito nacional. Estos esfuerzos requieren de nuevas herramientas tecnológicas que ayuden a mejorar el flujo de información, los tiempos de respuesta a incidentes, el conocimiento situacional, la toma de decisiones, la recopilación de evidencia y los procesos de investigación. La demanda de los usuarios de la Fuerza Pública por el acceso a los datos y el uso de contenidos multimedia con movilidad están creciendo apresuradamente y las tecnologías implementadas no son suficientes para cumplir con este requerimiento.

Actualmente se encuentran disponibles tecnologías de comunicaciones inalámbricas de banda ancha y aplicaciones de nueva generación conocidas como Long Term Evolution<sup>1</sup> (LTE, por su sigla en inglés), que pueden ser aplicadas en el ambiente de seguridad para ayudar a mejorar la eficiencia y la efectividad de la Fuerza Pública, tanto en situaciones cotidianas como en el desarrollo de operaciones militares conjuntas, combinadas, en la atención a desastres y la lucha contra el crimen organizado.

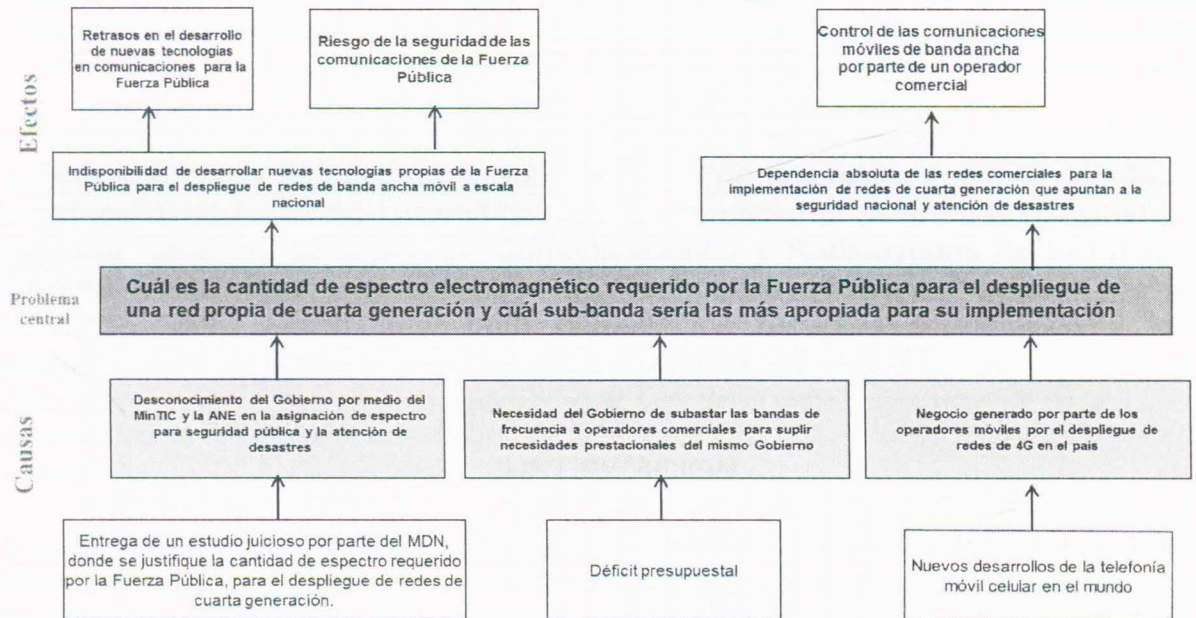
En estos momentos, el Gobierno nacional, por medio del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) y la Agencia Nacional del Espectro (ANE) están estructurando el proyecto para subastar el espectro electromagnético de 700 Mhz para el despliegue de redes de comunicaciones de cuarta generación (LTE) a operadores comerciales, sin considerar las necesidades que la Fuerza Pública tiene para el uso de esta nueva tecnología, condicionando así el desarrollo de soluciones inalámbricas de banda ancha para la Fuerza Pública mediante operadores comerciales, lo que pone en riesgo factores como la seguridad, disponibilidad y confidencialidad, que son características propias de las redes de comunicaciones de seguridad pública. En la figura 1 se detallan los efectos y las causas que sustentan la necesidad expuesta en el presente trabajo de investigación.

---

<sup>1</sup>GARCÍA, Félix. LTE-Long Term Evolution [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <<http://www.networkworld.es/movilidad/lte-el-estandar-esperado>>



Figura 1. Árbol del problema: espectro electromagnético para seguridad pública y atención de desastres



Fuente: elaboración propia

## 1.2 FORMULACIÓN

¿Cuál es la cantidad de espectro electromagnético requerido por la Fuerza Pública para el despliegue de una red propia de cuarta generación y cuál sub-banda sería la más apropiada para su implementación?

## 2. 2. OBJETIVOS

### 2.1 GENERAL

Determinar la cantidad de espectro electromagnético requerido para uso exclusivo de la Fuerza Pública para la implementación de una red de cuarta generación.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- a) Determinar la cantidad de usuarios y la demanda de tráfico que se genera desde la Fuerza Pública.
- b) Determinar la sub-banda más apropiada para el despliegue de la red de cuarta generación de la Fuerza Pública.
- c) Socializar el proyecto “Red de comunicaciones móvil inalámbrica de cuarta generación para seguridad pública y atención de desastres a escala nacional” con las Direcciones de Telemática del Ejército nacional, la Armada nacional, la Policía nacional, Dirección de Comunicaciones y Radioayudas de la Fuerza Aérea Colombiana y la Dirección de Tecnologías de la Información de la Fuerza Aérea Colombiana para planear los recursos económicos y las necesidades de comunicaciones para el cuatrienio 2014-2017.

### 3. JUSTIFICACIÓN

#### 3.1 BENEFICIOS DE LAS REDES DE BANDA ANCHA 4G PARA LAS FUERZAS MILITARES

El pueblo colombiano espera mucho de sus Fuerzas Militares y de su Policía, encargadas por mandato constitucional de la defensa de la soberanía, la independencia, la integridad del territorio nacional y del orden constitucional<sup>2</sup>, así como del mantenimiento de las condiciones necesarias para el ejercicio de los derechos y las libertades públicas y para asegurar que los habitantes de Colombia convivan en paz<sup>3</sup>. Esto conlleva inherentemente el reto de que nuestras organizaciones cuenten con los medios de última tecnología que les permita cumplir la misión encomendada con eficiencia.

El uso de sistemas de comando y control, por medio de redes inalámbricas de banda ancha 4G-LTE, va a transformar y revolucionar las comunicaciones para seguridad pública y atención de desastres, permitiendo aumentar la eficiencia y efectividad de la lucha contra los grupos subversivos, el crimen organizado y la atención de desastres y, en consecuencia, brindar mayor bienestar a los ciudadanos de Colombia.

La combinación de comando y control avanzado, redes 4G y dispositivos de nueva

---

<sup>2</sup>COLOMBIA. Constitución Política [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.banrep.gov.co/regimen/resoluciones/cp91.pdf>. Artículo 217, p. 53.

<sup>3</sup> *Ibid.*, p. 53.



generación facilitarán la implementación de potentes e innovadoras aplicaciones orientadas a mejorar los servicios que presta el personal militar y policial, tras brindarles más y mejor información en tiempo real, control, confiabilidad y seguridad, elementos esenciales de las tecnologías para la seguridad pública y atención de desastres.

Dentro de los beneficios concretos de estas nuevas tecnologías se encuentran:

3.1.1. Acceso a información en tiempo real. Gracias al incremento en el ancho de banda de las redes 4G, será más fácil extender las comunicaciones que están concentradas en las unidades de nivel superior y llevarlas al campo de operaciones mediante equipos móviles (montados en aeronaves, vehículos terrestres, unidades a flote) o incluso por medio del equipo portátil cargado por cada persona. Las nuevas y avanzadas aplicaciones de productividad y movilidad harán posible la búsqueda en bases de datos y la toma de decisiones en los campos de operación en tiempo real, logrando así un incremento en la productividad y menor dependencia de las redes comerciales.

3.1.2. Conexión de datos de alta velocidad en cualquier momento y lugar. Al utilizar sistemas 4G, la Fuerza Pública tendrá acceso a conectividad de alta velocidad, independientemente de dónde se encuentre, ya sea en la calle, sitios rurales, en movimiento o en el lugar de los hechos. El personal de operaciones tácticas podrá contar con datos de banda ancha de alta velocidad y con nuevos servicios de localización crítica que los mantendrán conectados en todo momento.

3.1.3. Mejor reconocimiento de la situación. Con la llegada de 4G, la Fuerza Pública podrá transmitir datos de manera masiva desde y hacia el centro de comando y control o directamente entre unidades móviles (aeronaves-vehículos terrestres-unidades a flote). Esto posibilitará que el personal de campo tenga acceso a información multimedia completa y a funcionalidades de colaboración considerablemente superiores, además de las ya conocidas comunicaciones de voz de gran potencia de las que dependen actualmente para desempeñar su labor. La Fuerza Pública tendrá acceso al video de cámaras encubiertas, de aeronaves tripuladas o no tripuladas, filmando el movimiento de grupos subversivos o mostrando las escenas de zonas de desastre. Las unidades tácticas podrán verificar mapas y recibir actualizaciones de planos para determinar la manera más conveniente de acercarse a un edificio sin ser vistos, lo cual les brinda acceso a información vital para el desarrollo de una operación o misión.

3.1.4. Reducción de los tiempos de respuesta. La tecnología LTE permitirá tener mejor información sobre los incidentes, la localización y la disponibilidad de recursos, logrando reducir los tiempos de respuesta a incidentes y mejorar la efectividad de las operaciones.



3.1.5. Multiplicador de recursos. Las redes de banda ancha LTE podrán acceder a cualquier cámara de videovigilancia pública o privada desde un vehículo o terminal de mano, aumentando la efectividad y la capacidad disuasiva de los sistemas de videovigilancia y ofreciendo mayor protección con menos recursos.

3.1.6. Más y mejor evidencia. LTE posibilita capturar más y mejor evidencia multimedia en forma de imágenes, gráficos, reportes electrónicos y videos, asociándolos automáticamente con un expediente electrónico de un incidente en particular, para mejorar los procesos investigativos y aumentar la efectividad del sistema judicial del país.

3.1.7. Economías de escala e innovación en el desarrollo de aplicaciones. El uso de una tecnología estándar con implementación en el mundo traerá economías de escala al sector militar, permitiendo reducción de costos y una mayor innovación en el desarrollo de dispositivos y aplicaciones.

La inversión en una red de banda ancha 4G-LTE para seguridad pública traerá mayor seguridad y efectividad a las instituciones del Estado que están dedicadas a la seguridad nacional, poniendo a su disposición un sinnúmero de nuevos dispositivos, aplicaciones y otras tecnologías de nueva generación. Estas tecnologías ayudarán a aumentar la eficacia en la lucha contra los grupos subversivos, a mejorar los tiempos de respuesta a emergencias y a reducir el crimen, apoyando el crecimiento económico hacia el bienestar de los ciudadanos de Colombia, en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, "Prosperidad para todos"<sup>4</sup>.

## 3.2 COMPARACIÓN DE LAS REDES 4G-LTE PRIVADAS FRENTE A LAS COMERCIALES

Actualmente, los operadores comerciales participan de un proceso de subasta del espectro electromagnético para el despliegue de redes 4G, en tanto los organismos de seguridad pública del país aún no cuentan con asignación de espectro para el desarrollo de este tipo de redes.

El estándar LTE se ha convertido en la elección de facto de las redes comerciales de banda ancha a escala mundial. Hasta abril de 2013 se habían implementado 168 redes LTE comerciales en el mundo y se espera que ese número continúe en

---

<sup>4</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1450 de 2011. (16, junio, 2011). Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014. Bogotá: *Diario Oficial* No. 48.102 de 16 de junio de 2011.

aumento<sup>5</sup>. Es evidente el interés de muchos países en asignar espectro y recursos e invertir en redes privadas para el uso exclusivo de las Fuerzas Militares y de seguridad pública. Este es el caso de Estados Unidos, algunos países en el Medio Oriente y Asia-Pacífico<sup>6</sup>.

A continuación se incluyen varios criterios para facilitar la comparación entre el uso de redes privadas y redes comerciales para servicios de banda ancha para la Fuerza Pública.

3.2.1. Motivación. Los operadores comerciales toman decisiones de negocio basados en el potencial retorno de la inversión. La principal responsabilidad de los operadores comerciales es con sus accionistas y su prioridad y motivación principal es generar ganancias para la empresa.

Todas las decisiones relacionadas con la inversión en redes de banda ancha son analizadas desde el punto de vista monetario. Un operador comercial decide invertir en espectro, infraestructura, adecuación de sitios, enlaces de conectividad, aplicaciones y servicios sobre la red solo si el análisis de retorno de la inversión justifica la decisión.

Las Fuerzas Militares y las agencias de seguridad pública son entidades sin fines de lucro. La motivación principal y la prioridad es la seguridad nacional. Las decisiones de inversión tecnológica en entidades gubernamentales de defensa y seguridad pública toman en cuenta, lógicamente, el presupuesto disponible, pero, para hacerlo, se basan en un análisis que prioriza las áreas sobre las cuales se desarrollan las operaciones militares y policiales, que generalmente resultan ser lugares donde habita población vulnerable y con poca inversión privada, evidenciándose el atraso tecnológico de esas zonas.

Las redes privadas de seguridad pública son diseñadas tomando en cuenta el peor escenario en términos de tráfico, confiabilidad y cobertura. Los criterios de selección del número de sitios de transmisión y su localización se basan en la necesidad de cubrir las zonas de conflicto o áreas de incidencia criminal y no solo áreas de alta densidad poblacional, que sería la principal consideración de los operadores comerciales. A diferencia de las redes comerciales, una red de datos de alta disponibilidad para uso exclusivo de la Fuerza Pública requiere de una cobertura extendida a lo largo y ancho de la geografía nacional para suplir las necesidades de comunicación, en contraste con la necesidad de obtener una

---

<sup>5</sup> TELECO. LTE [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.teleco.com.br/lte.asp>

<sup>6</sup> Computerworld México. Implementación global de LTE se acelerará para 2015 [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.computerworldmexico.mx/Articulos/20207.htm>



ganancia económica típica de las redes comerciales.

No solo es crítica la cobertura; también es de gran importancia la capacidad de la red. Los sistemas privados se diseñan para operar en la hora pico de mayor tráfico, con capacidad adicional, incluso para situaciones de emergencia que requieren recursos adicionales a los que generalmente operan en un turno de trabajo. En la mayoría de las operaciones de seguridad pública de gran escala, como el desarrollo de las operaciones conjuntas, operaciones de rescate y atención de emergencias, entre otras, existen grandes concentraciones de usuarios en áreas pequeñas, generalmente del orden de varios cientos de personal uniformado en menos de un kilómetro cuadrado, todos estos con una alta demanda simultánea de tráfico.

Por otro lado, durante un momento crítico, las funciones que desempeña la Fuerza Pública no son todas iguales. Algunos usuarios, aplicaciones y situaciones requieren acceso diferenciado, dependiendo de varios factores de clasificación. Por lo tanto, las redes de seguridad pública requieren mecanismos robustos de priorización a partir de esquemas de jerarquía definidos, como fuerza, agencia o ámbito global. Algunas situaciones requieren del desalojo de tráfico de menor importancia para dar prelación al tráfico de importancia crítica.

En contraste, las redes celulares no se diseñan para satisfacer todas estas necesidades, porque esto no se justifica en el análisis de retorno de inversión. Una agencia de Gobierno que utilice el servicio de comunicación de una red comercial tiene que depender de la cobertura, capacidad, confiabilidad, disponibilidad y seguridad que el operador comercial decida ofrecer basado en sus análisis de costo-beneficio.

3.2.2. Disponibilidad de la red. Las redes de comunicaciones privadas para seguridad pública y atención de desastres se diseñan con un alto grado de disponibilidad aun en situaciones de desastre o emergencias mayores, que es el momento cuando más se requieren las comunicaciones. Los sistemas privados cuentan con elementos redundantes y equipo de respaldo de energía para mantener la red operando cuando ocurran fallas del servicio de energía eléctrica por largo tiempo; además, estos sistemas dedicados también cuentan con mecanismos de recuperación rápida en caso de desastre (por ejemplo, transmisores sobre ruedas), capacidades de autorrecuperación o establecimiento de relevos en la red.

Por el contrario, las redes inalámbricas comerciales no tienen la misma consistencia en su diseño y operación. Al tomar en cuenta en primer lugar el aspecto del costo, las redes comerciales no se diseñan para el peor escenario en



términos de robustez y disponibilidad. Adicionalmente, al ser una red de uso masivo las redes comerciales tienden a colapsar en situaciones de desastre o emergencias mayores por el aumento exponencial en el tráfico del sistema y la falta de redundancia en su diseño. Existen muchos ejemplos en el mundo de redes comerciales que colapsan luego de desastres o emergencias mayores, como terremotos, tormentas, inundaciones o apagones masivos; para contextualizar esta situación, se citan los siguientes ejemplos nacionales e internacionales que demuestran la importancia de que la Fuerza Pública no dependa de las redes comerciales en casos de desastre o emergencia:

Atentados en la maratón de Boston: “A medida que el servicio celular se atoró bajo una oleada de llamadas, los maratonistas se quedaron en la oscuridad, las familias no pudieron hablar con sus seres queridos, e incluso los investigadores estuvieron impedidos en la realización de llamadas relacionadas con la persecución de los sospechosos”<sup>7</sup>.

Ataques del 11 de septiembre de 2001:

Tras el ataque, la red de telefonía celular de la ciudad de Nueva York se sobrecargó con rapidez ya que el tráfico se duplicó respecto a los niveles normales. El tráfico telefónico celular también se sobrecargó en la costa este, lo que llevó a caídas de la red de telefonía celular. Dado que tres de las principales compañías tenían las torres de transmisión de la cima de la Torre Norte (One World Trade Center), la cobertura estuvo limitada tras el colapso de la torre<sup>8</sup>.

Fallas en redes celulares en Colombia, aun en estado de no emergencia: “Todo se resume a que los requerimientos de los usuarios de telefonía móvil hoy son distintos a los de hace unos años. Con los teléfonos inteligentes las personas hacen muchísimas más cosas y se desborda la capacidad de las redes, lo que genera intermitencias en el servicio”<sup>9</sup>.

De estos ejemplos podemos concluir que la Fuerza Pública no se puede permitir perder la comunicación y la capacidad de coordinación de labores de rescate y

---

<sup>7</sup>TOWNSEND, Anthony. The Shame of Boston's Wireless Woes [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.theatlanticcities.com/technology/2013/04/shame-bostons-wireless-woes/5320/>

<sup>8</sup> GUERNSEY, Lisa. An unimaginable emergency put communications to the test. En: The New York Times. 20, septiembre, 2001. Sec. Technology. [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.nytimes.com/2001/09/20/technology/circuits/20INFR.html>

<sup>9</sup> SILVA, Javier. Fallas en Claro, por redes saturadas. En: El Universal. 15, mayo, 2013. Sec. Cartera [En línea]. [Citado el 15 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/102414.html>

atención durante estos momentos de crisis.

En una audiencia pública del Congreso de Estados Unidos de América en febrero de 2011, el comisionado de la Policía de Nueva York, Raymond W. Kelly, expresó claramente la importancia de una red privada de banda ancha para seguridad pública<sup>10</sup>:

No podremos lograr los objetivos sin una red de banda ancha protegida, segura y efectiva sobre la cual enviar información confiable y efectiva para seguridad pública y atención de desastres, una que sea construida y operada utilizando especificaciones de seguridad pública y una que nosotros podamos controlar. Sabemos por experiencia pasada que no podemos depender de sistemas operados por el sector privado. Estos son muy susceptibles a fallas durante una crisis. Durante el 11 de septiembre y luego del accidente del avión comercial en el río Hudson, las redes celulares se congestionaron y fue virtualmente imposible la comunicación de la Policía y los bomberos sobre ellas.

3.2.3. Capacidad. Uno de los principales beneficios del uso de una red privada es que el sistema está enteramente dedicado al personal de la Fuerza Pública, permitiendo que la capacidad completa del sistema esté destinada a atender las situaciones de seguridad pública y atención de desastres.

Si bien es cierto que las redes comerciales 4G-LTE tienen una gran capacidad de transmisión de datos y que esa capacidad va en aumento a medida que nuevas versiones del estándar son lanzadas por la organización 3GPP (3rd Generation Partnership Project), la proliferación de dispositivos como teléfonos inteligentes y tabletas y el uso de aplicaciones de transmisión de datos, imágenes y video por el mercado de consumo masivo también va en aumento. Estudios recientes predicen que para el año 2014 el crecimiento del tráfico de datos se multiplicará por 39; este tráfico de datos alcanzará los 40 exabytes anuales<sup>11</sup>.

Aunque muchas organizaciones de seguridad pública utilizan actualmente redes 3G comerciales para la transmisión de datos (principalmente para el acceso a bases de datos), el principal medio de comunicación para su operación es su respectiva red privada de radiocomunicación, ya que se conoce la falta de confiabilidad de las redes comerciales. A medida que las comunicaciones de

---

<sup>10</sup> DISPATCH MAGAZINE ON-LINE. Police commissioner Raymond W. Kelly testimony on safeguarding our future: building a nationwide network for first responders U.S. senate committee on commerce, science, & transportation [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://pdf.911dispatch.com.s3.amazonaws.com/senate\\_hearing\\_d-block\\_feb2011.pdf](http://pdf.911dispatch.com.s3.amazonaws.com/senate_hearing_d-block_feb2011.pdf)

<sup>11</sup> LOGICALIS NOW. El auge de los datos inalámbricos [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.la.logicalis.com/pdf/10Cisco\\_2.pdf](http://www.la.logicalis.com/pdf/10Cisco_2.pdf)



datos, imágenes y videos se vuelven primordiales, la necesidad de tener una red dedicada con capacidad garantizada se hace más imperativa.

3.2.4. Control. Uno de los aspectos principales por los que las organizaciones militares y de seguridad pública han preferido el modelo de red privada es el aspecto de control. En una red privada se tiene completo control del diseño, de la operación, de los servicios y de las capacidades de la red. Las decisiones de agregar sitios de transmisión o estaciones de repetición para cubrir deficiencias en cobertura y capacidad de la red privada están bajo el control de los usuarios de seguridad pública. En una red comercial, estas decisiones requieren una justificación enteramente económica por parte del operador. Lo mismo aplica a las decisiones de agregar servicios sobre la red, los cuales pudieran estar relacionados con la seguridad de las comunicaciones, la robustez y la confiabilidad de la red, prioridad de acceso o funcionalidades como transmisión de voz sobre IP o video. Incluso el reparar una falla o hacerle mantenimiento al sistema son aspectos de control que son altamente valorados por la Fuerza Pública.

Finalmente, en materia de seguridad nacional y seguridad ciudadana, el aspecto de protección y confidencialidad en las comunicaciones es primordial. La información de las operaciones de la Fuerza Pública es sensible y debe permanecer protegida mediante mecanismos de seguridad que garanticen su integridad y confidencialidad. Una red de seguridad pública debe, entonces, estar protegida contra ataques virtuales y físicos. La Fuerza Pública no tendría ningún control sobre la seguridad de las comunicaciones y la integridad de una red comercial. El operador comercial tampoco tendría mucha motivación en mejorar la seguridad de la red sin una justificación económica.

3.2.5. Servicios de seguridad pública y atención de desastres. Además de los aspectos de seguridad en las comunicaciones, las redes privadas gozan de completa flexibilidad para agregar servicios especializados que están siendo desarrollados por la industria para este mercado, entre ellos, servicios de comunicaciones de voz PTT y voz sobre IP (VoIP) con encriptación, servicios de calidad de servicio y prioridad dinámica para garantizar el acceso a usuarios, atendiendo un conflicto o emergencia, aplicaciones de colaboración táctica.

Además de estos servicios, empresas dedicadas al mercado de la seguridad pública están elaborando elementos de red para permitir interoperabilidad con otras redes, incluyendo redes existentes P25, redes WiFi o incluso redes 3G y 4G. En una red, privada los usuarios tendrían completo control en la decisión de agregar estos servicios.

La tabla 1 compara las ventajas entre una red 4G-LTE privada y una red comercial.

Tabla 1. Comparación redes privadas y comerciales

TIPO DE RED	VENTAJAS
<b>Red 4G-LTE Privada para seguridad pública y atención de desastres</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad completa dedicada a seguridad pública.</li> <li>• Control de cobertura en lugares estratégicos y flexibilidad para agregar cobertura.</li> <li>• Control y garantía en redundancia y disponibilidad.</li> <li>• Control de prioridad y calidad de servicio.</li> <li>• Flexibilidad para agregar servicios de seguridad en las comunicaciones (VPN, encriptación, etc.).</li> <li>• Flexibilidad para agregar servicios de seguridad pública (video móvil, aplicaciones de colaboración táctica, voz PTT, etc.).</li> <li>• Flexibilidad para agregar interoperabilidad con sistemas de radio existentes (P25).</li> <li>• Disponibilidad de la red aun durante desastres o emergencias mayores.</li> <li>• Flexibilidad en interconexión con centros de comando y control.</li> <li>• Control sobre la seguridad de la red.</li> </ul>
<b>Red 4G-LTE comercial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor gasto de capital</li> <li>• Cobertura extendida</li> <li>• No se requiere operación ni mantenimiento de la red</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

Cuando se trata de la seguridad nacional y de proteger vidas, no es suficiente hacer el mejor esfuerzo ni depender del mayor empeño de empresas privadas. La Fuerza Pública necesita tener la capacidad de decidir sobre el diseño de la red, el grado de confiabilidad, la ampliación de cobertura y la capacidad, la reparación de fallas y la adición de servicios y aplicaciones.

### 3.3 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Los argumentos expuestos anteriormente demuestran claramente la necesidad de que la Fuerza Pública cuente con una red privada de 4G; sin embargo, el primer paso que se debe realizar para acometer semejante proyecto corresponde, sin duda, a la asignación a título primario de una porción del espectro electromagnético que se ha dispuesto para estas aplicaciones por parte del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.



Determinar la cantidad de espectro y la sub-banda sobre la cual se realizará la implementación de la nueva red constituye el objetivo principal de este documento, de tal suerte que se puedan efectuar gestiones en los dos ministerios, para asignar en forma definitiva el recurso requerido y permitir con ello que Colombia ingrese a la lista de países cuya Fuerza Pública cuenta con una red capaz de soportar la necesidades que las operaciones demandan.

#### 4. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

En el Anexo 1 del documento se detalla las diferentes etapas e hitos principales en los cuales se desarrollará el proyecto.

#### 5. MARCO DE REFERENCIA

##### 5.1 MARCO DE ANTECEDENTES TEMÁTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

En su forma más básica, las comunicaciones de voz por radio de dos vías representan la línea de vida que conecta a los usuarios de la Fuerza Pública en campo con los centros de despacho, comando y control, que entregan información operacional e instrucciones para el desarrollo de las operaciones.

Los sistemas de radio permiten que los despachadores ubicados en los centros de emergencia puedan enviar unidades móviles a determinadas zonas donde está ocurriendo un suceso, coordinar con otras agencias y solicitar servicios adicionales. De igual forma, las comunicaciones de voz facilitan a la Fuerza Pública coordinar el desarrollo de una operación o pedir refuerzos.

No obstante, con el paso del tiempo y el avance tecnológico, las expectativas de la sociedad han aumentado, hasta el punto que las actividades rutinarias exigen a la Fuerza Pública tener acceso a bases de datos multimedia para consulta de antecedentes, matrículas de vehículos, acceder a los sistemas de videovigilancia antes de su llegada a la escena de un incidente, mejorar las capacidades de monitoreo y rastreo del personal y de los recursos; en resumen, esta información no solo pudiera salvar vidas, sino que también contribuiría a mitigar las acciones al margen de la ley.

Durante los últimos años, muchas agencias de seguridad pública han avanzado en equipar sus centros de atención a incidentes y centros de comando y control con modernas tecnologías de informática para registrar y atender sucesos, acceder y alimentar bases de datos, manejar expedientes digitales e ingresar a redes de videovigilancia inteligente. Por ejemplo, la Policía de la ciudad de Nueva York cuenta con un centro de análisis criminal en tiempo real con equipo de cómputo de última tecnología.

Esta facilidad es apoyada por una inmensa base de datos con millones de archivos públicos y privados. El centro opera las veinticuatro horas y cuenta con analistas de información criminal que continuamente reciben llamadas de personal de seguridad pública en campo, quienes hacen seguimiento a investigaciones criminales o buscan pistas. El personal de campo comunica números de placas incompletos, números de teléfonos celulares que no se pueden rastrear, un apodo o un tatuaje y los analistas hacen indagaciones al instante y comunican al campo la información obtenida.

Este centro también ha lanzado una aplicación de reconocimiento facial que utiliza tecnología digital para hacer una comparación de una imagen de video de personas en la escena de un crimen con las fotos de personas arrestadas en la base de datos de la Policía. La intención de la Policía de Nueva York es tener acceso a una red inalámbrica de banda ancha dedicada para agilizar el proceso de búsqueda en la base de datos, para que los investigadores puedan acceder a la base de datos desde el campo y reciban mayor cantidad de información multimedia al instante.

“Esto fue presentado por el jefe de la policía de Nueva York, Raymond Kelly el 16 de febrero de 2011 en una audiencia pública del Comité de Comercio del Senado de los Estados Unidos para apoyar la asignación de más espectro en 700 MHz para una red dedicada de banda ancha para seguridad pública”<sup>12</sup>.

El 17 de febrero de 2012, el Congreso y el presidente de Estados Unidos aprobaron la otorgación de espectro adicional en 700 MHz para seguridad pública y la asignación de 7.000 millones de dólares para implementar una red LTE de banda ancha para la seguridad pública en todo el país.

Por medio de organizaciones como APCO y la Asociación de Tetra, la comunidad de seguridad pública internacional ha decidido adoptar la tecnología de banda ancha móvil de nueva generación LTE para complementar sus servicios de voz y

---

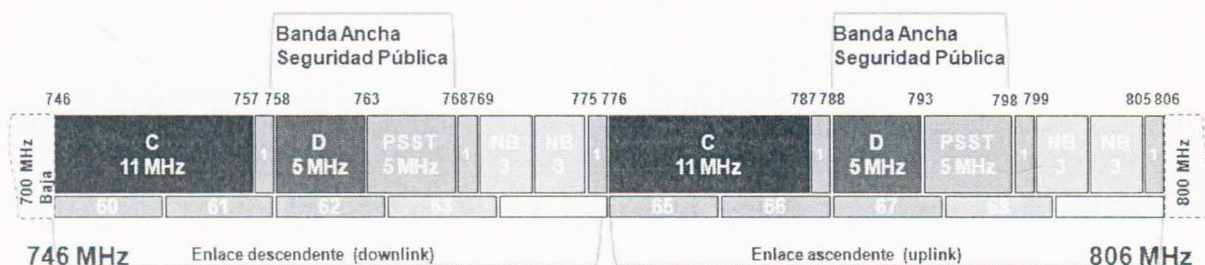
<sup>12</sup> DISPATCH MAGAZINE ON-LINE, Op. cit.



datos para seguridad pública y atención de desastres, con aplicaciones multimedia mejoradas, incluyendo la capacidad de acceder a bases de datos, redes de intranet e Internet y de transmitir y recibir video en tiempo real en computadoras portátiles o tabletas dentro de vehículos o terminales de mano inteligentes.

En el caso específico de Estados Unidos ver figura 2, se asignaron los segmentos 763-768/793-798 MHz y 758-763 MHz / 788-793 MHz para el despliegue de redes de seguridad pública de banda ancha<sup>13</sup>.

Figura 2. Plan de canalización de Estados Unidos para la banda superior de 700 MHz



Fuente: FCC 2007

El Gobierno federal de Estados Unidos creó una entidad nacional independiente que se encarga del despliegue y operación de la red nacional, denominada First Responder Network Authority (FirstNet), conformada por la National Telecommunication and Information Administration (NTIA, por su sigla en inglés).

FirstNet es la entidad que cuenta con la asignación de la licencia para operar una red nacional de seguridad pública y debe establecer una red interoperable de banda ancha bajo una arquitectura única para todo el país.

Antes de la creación de FirstNet, más de veintidós ciudades o estados de Estados Unidos habían solicitado espectro a la Comisión Federal de Comunicaciones

<sup>13</sup> MÉXICO. COMISIÓN FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES. Acuerdo mediante el cual el pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones recomienda que los Estados Unidos Mexicanos adopte la opción de segmentación A5 para la banda de frecuencias 698/806 MHz (Banda 700 MHz), incluida la recomendación UIT-R M.1036, en el ámbito de sus atribuciones de espectro a los usos futuros de la banda. [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://sictet.cft.gob.mx/publicdata/P\\_190912\\_502Banda700completo.pdf](http://sictet.cft.gob.mx/publicdata/P_190912_502Banda700completo.pdf)

(FCC) para implementar redes de banda ancha 4G para seguridad pública. Varias de estas ciudades ya habían comenzado a trabajar proyectos de planeación, obtención e incluso implementación de redes LTE para seguridad pública. Este es el caso de regiones como la Bahía de San Francisco, las ciudades de Charlotte y Los Ángeles, los condados de Harris, Texas y Adams, Colorado y los estados de Mississippi y New Jersey, entre otros.

Otros países de la región de América ya han otorgado espectro para redes de banda ancha para seguridad pública, como es el caso de Canadá y Panamá. Ambos países reservaron espectro en la banda de 700 MHz. Otros países de la región también están considerando la otorgación de espectro dedicado a redes de banda ancha 4G para seguridad pública y el sector militar. En Brasil, el Ejército ha implementado una red de pruebas LTE en la banda de 700MHz para analizar las capacidades de LTE en aplicaciones militares. Además, la Policía de la ciudad de São Paulo implementó una red similar LTE de pruebas en 2012 para demostrar las capacidades de la red en aplicaciones de seguridad pública<sup>14</sup>.

Países del Medio Oriente ya han comenzado a definir proyectos de redes LTE para seguridad pública y defensa incluyendo Omán y Qatar. En el emirato de Abu Dhabi se ha implementado una red de pruebas LTE para seguridad pública. Abu Dhabi fue uno de los primeros lugares en implementar banda ancha inalámbrica para seguridad pública. La Policía de la ciudad transmite video en tiempo real desde las patrullas y desde cámaras en la solapa de los policías; cada vez que un policía detiene un vehículo por sospecha o infracción, el centro de comando y control sigue de cerca la actividad desde sus monitores de video.

En países de Asia y Oceanía también se están definiendo proyectos de LTE para seguridad pública, entre ellos, China, Singapur y Australia. En el caso de China y Australia, estos implementaron redes LTE de prueba para aplicaciones de seguridad pública.

Según estudios de mercado de firmas independientes<sup>15</sup>, el mercado de LTE para seguridad pública deberá ser aproximadamente de 720 millones de dólares para el

---

<sup>14</sup> LARA, Paul. Brasil crea sus tecnosoldados. En: Excélsior. México D. F. 17, mayo, 2012. Sec. Dinero. p. 14 [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.intermediamexico.com/lib/cntc\\_grande2.php?clipping2=170512motorola800.jpg&clave=2673598&abrir=2](http://www.intermediamexico.com/lib/cntc_grande2.php?clipping2=170512motorola800.jpg&clave=2673598&abrir=2)

<sup>15</sup> MARKETRESEARCH.COM. Public Safety LTE: Contracts, Revenue, Market Share, Subscriptions and Forecasts by Vendor, Country and Spectrum Database 2011-2015 [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.marketresearch.com/Signals-and-Systems-Telecom-v3882/Public-Safety-LTE-Contracts-Revenue-6641140/>



año 2015. Se espera que, para ese entonces, esta tecnología sea utilizada por más de cuatro millones de profesionales de seguridad pública en cerca de 36 países.

A continuación se presentan algunos ejemplos de la experiencia internacional en el uso de LTE para comunicaciones de seguridad pública. El propósito no es realizar una documentación exhaustiva de todos los casos de éxito alrededor del mundo, sino presentar las tendencias que se están adoptando en algunos países con escenarios similares al colombiano.

5.1.1. Ejército de Brasil. El siguiente es un fragmento de un reportaje publicado por el diario *Excélsior* de México:

Antenas de cuarta generación para redes LTE, cámaras en varias zonas de la ciudad, patrullas con computadoras conectadas a un centro de comando y soldados con lentes que envían video, voz y datos en tiempo real a diversos dispositivos móviles y fijos, son parte de las herramientas tecnológicas [...] en una prueba piloto de seis meses para mostrar que el actuar inmediatamente contra la inseguridad dejó de ser parte de la ciencia ficción.

Son las diez de la mañana de un día lluvioso. Desde el Centro de Comunicaciones y Guerra Electrónica del Ejército (CCOMGEX) en Brasilia, el general Santos Guerra y su equipo se disponen a atender un llamado por una trifulca en un estadio de fútbol. Un dispositivo de video permite enviar las imágenes en tiempo real desde el campo de operaciones a un centro de mando. Hay fuego y varios hinchas comienzan a lanzar bengalas y botellas. En segundos, el equipo militar detecta los rostros de los alborotadores y los ingresa en su base de datos para comprobar nombres, direcciones y si tienen antecedentes penales. Los uniformados envían de inmediato un video desde el estadio, datos de salidas probables, geo-localización satelital y por medio de tablets ven el interior del estadio. La gente comienza a salir en orden; el incidente no pasa a mayores. Según datos del Ejército, 89 por ciento de las decisiones en un caso de emergencia se toman dependiendo de la información de voz y datos que se reciben. Los detenidos son identificados con videos, se les somete a un escáner biométrico de retina y rostro, y se les lleva al departamento de policía de Brasilia. En menos de diez minutos todo termina.

Según Santos Guerra, esto puede ayudar además en operaciones críticas, como catástrofes naturales, terrorismo o manifestaciones ilegales. Este proyecto piloto [...] usa el rango de 700 MHz y debe ser aprobado por el gobierno de la presidenta Dilma Rousseff para garantizar la seguridad durante eventos próximos, como el Mundial de Fútbol, la Copa Confederaciones y los Juegos Olímpicos.

Nuestro objetivo es promover el cambio de movilidad. Vamos a ofrecer, por ejemplo, para el equipo en campo, video en vivo. Tratamos de mejorar y entrenar a las fuerzas para combatir eficazmente la delincuencia. Dispositivos digitales de radio, video y GPS brindan datos precisos de lo que sucede a uniformados que hasta hace poco sólo tenían acceso a información vía voz. También es posible ubicar a posibles cómplices cercanos y pedir refuerzos.

La identificación de los sospechosos se puede hacer a través de datos biométricos desde un dispositivo móvil [...]. Las cámaras fijas pueden también ayudar en la acción. Incluso una cámara montada en un helicóptero de una cadena de televisión será parte importante de la estructura de seguridad<sup>16</sup>.

5.1.2. Ejército de Estados Unidos de América. El siguiente contenido forma parte de un reporte publicado por el Centro en Soporte de Adquisiciones del Ejército de Estados Unidos.

El Ejército empleó una red celular 4G este verano en su banco de pruebas de capacidades integradas en Fort Dix, Nueva Jersey, para enfocarse en la integración con los diseños actuales de la red y para entregar inteligencia procesable a escuadrones desmontados.

El centro de Investigación, Desarrollo e Ingeniería de Comandos (RDECOM y CERDEC) del Ejército de los EE.UU puso en funcionamiento un entorno de cómputo móvil / portátil que permitía la difusión de los datos del comando de la misión, imágenes, video streaming y voz entre los soldados desmontados y puestos fijos de mando.

Esto se logró mediante la integración de la tecnología LTE de 4G con una red de transporte de varios niveles, aprovechando los componentes de diseño *Capability Set 13*<sup>17</sup>, [...] las comunicaciones terrestres, y [...] comunicaciones por satélite.

"Con base en experiencias personales o comerciales que ven, muchas personas reconocen que las redes 4G introducen una mayor capacidad, lo que le permite empujar más datos, imágenes más grandes, video, etcétera", dijo R. J. Regars, líder de desarrollo de software para [...] comando, control, comunicaciones, computadoras, inteligencia, vigilancia y reconocimiento (C4ISR) y Modernización

---

<sup>16</sup> LARA, Op. cit.

<sup>17</sup> Capability Set 13 CS 13 es el primer conjunto de elementos de red totalmente integrados que permite una solución de red capaz de integrar voz y datos por medio de todas las formaciones de brigada de combate. U.S. Army. Networking the soldier [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.bctmod.army.mil/CS13/index.html>



de Redes.

C4ISR y Modernización de Redes es un programa de investigación y desarrollo dentro de RDECOM CERDEC que se enfoca en la red de futuro a corto plazo y de los próximos años, que le permite al Ejército evaluar la próxima generación de tecnologías y facilitar la maduración de la tecnología.

“La configuración y el rendimiento de la red va a determinar lo que se puede transmitir al soldado y lo que podemos hacer en términos de representación de la información”, dijo David Darkow, líder de integración y experimentación para Soldier Systems. “Vamos a adaptar nuestro trabajo para adaptarse a los diferentes tipos de redes para que podamos dar al soldado de la capacidad máxima que vendrá con esa red”.

El uso de tecnologías para redes comerciales fue explorado por primer vez en 2010 como una prueba de concepto combinando tecnologías 3G y dispositivos de mano con sistemas de comunicaciones tácticas para transmitir datos biométricos y datos de las misiones de comando, imágenes de acción, enviar alertas, avisar incendios, y para ejecutar [...] funcionalidades de conjuntas. Los datos se enviaban de ida y vuelta entre el soldado a pie y el centro de operaciones tácticas<sup>18</sup>.

5.1.3. Armada de Estados Unidos de América. El siguiente es un fragmento del artículo publicado por el medio especializado *Daily Tech* en mayo de 2012:

La Armada de EE.UU. está entrando en el siglo 21 con la primer red inalámbrica 4G LTE que se está siendo instalada en tres naves.

En la actualidad, la Armada utiliza satélites para la conectividad a lo largo de los océanos. El ancho de banda es un recurso costoso y escaso, y cuando los marineros usan las computadoras, por lo general están limitados a velocidades de tipo dial-up.

Sin embargo, todo esto está a punto de cambiar debido a que la Armada tiene previsto desplegar una red basada en microondas de área amplia inalámbrica (WWAN) en tres naves diferentes. La red 4G LTE será colocada en el USS Kearsarge, el USS San Antonio y el USS Whidbey Island.

La red permitirá a los navegantes enviar datos en tiempo real, como texto, fotos y videos fácilmente. Mientras que la red tiene una velocidad de datos mayor a 300 megabits por segundo, no puede sustituir a los satélites ya que sólo funciona a distancias de hasta 20 millas náuticas. Si bien esto no puede mantener una flota conectada, sí puede mantener una fuerza de tarea naval conectada.

[...] La idea detrás de la red es permitir a los oficiales de marina, a bordo de un buque secuestrado por piratas, enviar datos en tiempo real de nuevo a la “nave nodriza”.

“Lo que hemos desarrollado es una red LTE robusta de alta mar, similar a lo que se encontraría con los proveedores de telecomunicaciones como Verizon o AT&T”, dijo Phillip Cramer [...]. La principal diferencia es que se puede expandir, contraer, y mover sin problemas, entregando los datos críticos y comunicaciones a los soldados que más lo necesitan”.

Además de la WWAN, los marinos recibirán smartphones Android para acceder a la información crítica en la red. La Armada se fue con dispositivos de la tecnología de Android de Google, ya que son más baratos que otras opciones y se puede asegurar la transferencia de información clasificada. El Ejército de EE.UU. utiliza dispositivos Android también.

Esta es la primera inmersión marina de guerra en el mundo móvil. Habrá una prueba de mar para la nueva red en una fecha no revelada<sup>19</sup>.

5.1.4. Colombia. En el país se están subastando las primeras porciones del espectro electromagnético que comprende las bandas de 1.850 MHz a 1.990 MHz, 1.710 MHz a 1.755 MHz, 1.110 MHz a 2.155 MHz y 2.500 MHz a 2.690 MHz para la operación y prestación de servicios de redes de 4G a operadores comerciales<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> El contenido forma parte de un reporte publicado por el Centro en Soporte de Adquisiciones del Ejército de Estados Unidos. THOMPSON, Edric. Army examines feasibility of integrating 4G LTE with tactical network [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.army.mil/article/87875/>

<sup>19</sup> KAISER, Tiffany. U.S. Navy to deploy 4G LTE network on three ships [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.dailytech.com/US+Navy+to+Deploy+4G+LTE+Network+on+Three+Ships/article24765.htm>

<sup>20</sup> COMUNIDAD OLA|TIGO. MinTIC explica cómo será el proceso de subasta de 4G en Colombia [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.comunidad-ola.com/portal/index.php/noticias-/otras-empresas/5701-MinTIC-explica-como-sera-proceso-de-subasta-de-4g-en-colombia>



Asimismo, el 12 de diciembre de 2012, el Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación expidió la Resolución No. 668<sup>21</sup>, por la cual designa la banda de 700 MHz, conocida como dividendo digital para el despliegue de redes de comunicaciones de tecnología IMT de 4G.

Esta banda corresponde al máximo interés de la Fuerza Pública, debido a su versatilidad y eficiencia espectral. A la fecha, el MinTIC no ha emitido las pautas de asignación de esa sub-banda, mientras no se concluya el proceso en curso.

## 5.2 MARCO CONCEPTUAL

La investigación está enmarcada dentro del ámbito del sector defensa, puesto que se trata de una red que impactará a las Fuerzas Militares y la Policía nacional en todo el territorio nacional.

La Jefatura Control de Comunicaciones y Sistemas del Comando General de las Fuerzas Militares (J8) opera y mantiene las redes que proveen los servicios de comunicación e intercambio de información estratégica, vitales para el desarrollo de las operaciones militares conjuntas a escala nacional.

La Red Integrada de Comunicaciones (RIC)<sup>22</sup>, que suministra servicios fijos de voz, datos y video a las diferentes unidades militares y de Policía nacional a lo largo y ancho del país, utiliza una infraestructura de transporte IP, con tecnología de punta en los enlaces de microondas por medio de los repetidores militares y usa la red satelital propia de las Fuerzas Militares en aquellos puntos donde la geografía no permite el uso de otro tipo de tecnología.

Mediante la RIC se coordinan operaciones tácticas en todo el territorio y se realiza el intercambio de información estratégica entre la cúpula militar, Jefaturas de Estado Mayor Conjunto y diversas direcciones. Entre los servicios de la RIC se hallan la telefonía fija IP, la videoconferencia, la transmisión de video prealmacenado, la mensajería instantánea, el correo electrónico y el transporte de las redes de radio de dos vías.

---

<sup>21</sup> AGENCIA NACIONAL DEL ESPECTRO. Resolución No. 668 (12, diciembre, 2012). Por la cual se modifica la resolución 37 del 20 de enero de 2012. Bogotá ANE, 2012. 3 p.

<sup>22</sup> COMANDO GENERAL FUERZAS MILITARES. Guía de planeamiento estratégico. 2012-2014. Bogotá: C.G.F.M., 2012. p. 36-37.

Por otro lado, J8 también opera y mantiene la red de radio de dos vías basada en el estándar de seguridad pública APCO P25<sup>23</sup>. Esta red está compuesta por redes troncalizadas, convencionales y de comunicación directa (radio a radio) con una extensión de más de 350.000 kilómetros cuadrados sobre el territorio nacional. Las mencionadas redes de radio proveen los servicios de comunicación inmediata de seguridad pública y movilidad a la totalidad del rango de la jerarquía de las Fuerzas Militares.

En la tabla 2 se evidencia la carencia que existe hoy en día en las comunicaciones militares: mientras la RIC proporciona el acceso a aplicaciones de banda ancha fija y las redes Trunking y Aire-Tierra proveen la comunicación inmediata de voz y los servicios de movilidad de banda angosta, no existe una red capaz de entregar el acceso a datos y multimedia de banda ancha móvil en todos los grados de la jerarquía militar.

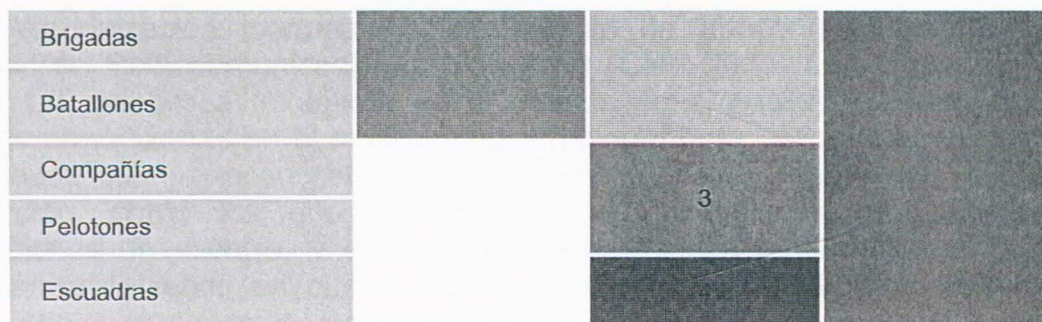
Por lo anterior, se requiere implementar nuevas tecnologías con el propósito de cubrir esta necesidad y garantizar la efectividad, eficiencia y eficacia de las comunicaciones tácticas y estratégicas, para el cumplimiento de la misión encomendada dentro de las políticas de seguridad y prosperidad emanadas del Gobierno nacional.

Tabla 2. Alcance de las redes existentes y necesidad a suplir con la red a implementar

Jerarquía	Banda ancha fija	Banda angosta (voz) móvil	Banda ancha móvil
Comandante general	1	2	5
Jefe de Estado Mayor Fuerzas Militares			
Jefaturas y Direcciones			
Comandos de Fuerza			
Comandos Conjuntos			
Fuerzas de Tarea			
División - Comandos Aéreos Fuerzas Navales			

<sup>23</sup> Para mayor información puede consultarse [www.project25.org](http://www.project25.org)





Fuente: elaboración propia

### 5.3 MARCO LEGAL

Ante la necesidad creciente de acceder in situ a redes de cuarta generación, las entidades de seguridad pública en diferentes partes del mundo están desplegando o planeando el despliegue de redes dedicadas para satisfacer los requerimientos de banda ancha y la Fuerza Pública colombiana no es la excepción.

Las necesidades de la Fuerza Pública imponen una demanda especial en el diseño de la red para soportar cualquier emergencia, como el caso de inundaciones o cortes de energía eléctrica.

Este tipo de redes están construidas de manera tal que garanticen cierto grado de cobertura para que el personal nunca se vea imposibilitado de comunicarse. Como el personal que se encuentra operando en campo debe estar preparado para desplegar un operativo en cualquier lugar que se requiera e igualmente nunca sabe cuándo o dónde puede desatarse una situación de emergencia, la red debe soportar picos repentinos e inesperados de alto tráfico y disponibilidad en cualquier parte de la red o de la geografía nacional.

Para la construcción de dichas redes dedicadas, la comunidad internacional de seguridad pública ha venido discutiendo en los foros especializados las bandas de frecuencias armonizadas más adecuadas para el despliegue de las mismas.

En ese numeral se abordan las bandas de frecuencias de operación de estas redes, con miras a que dicho espectro se asigne a la Fuerza Pública en Colombia para ejecutar el proyecto de banda ancha 4G LTE, materia de este documento.



5.3.1. Armonización internacional de bandas de frecuencias. La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones<sup>24</sup> de 2003 (CMR-2003) tuvo en su agenda el punto 1.3, relativo a “examinar en la medida de lo posible la identificación de bandas armonizadas en el plano mundial/regional para aplicar futuras soluciones avanzadas que permitan satisfacer las necesidades de organismos públicos de protección, como los que se encargan de situaciones de emergencia y operaciones de socorro, y elaborar las disposiciones reglamentarias que sean necesarias, teniendo en cuenta la Resolución 645 (CMR-2000)”. Para atender dicho punto, la comisión respectiva del UIT-R confirmó, durante el período de estudio 2000-2003, que era necesario armonizar frecuencias para PPDR<sup>25</sup>.

La posición de Colombia hacia la Conferencia quedó manifiesta por medio del apoyo a la Propuesta Común Interamericana IAP/5/47, consistente en una nueva resolución para alentar “a las administraciones a que consideren la utilización de frecuencias en las gamas de 746-80, 6 MHz, 806-869 MHz y 4940-4990 MHz para soluciones futuras avanzadas para la protección pública y operaciones de socorro, teniendo en cuenta sus necesidades nacionales<sup>26</sup>.”

El resultado de los debates de la Conferencia quedó plasmado en la Resolución 646 (CMR-03), por medio de la cual se identifican bandas de frecuencias armonizadas regionales para PPDR, en particular para la Región 2, a la que pertenece nuestro país; se identificaron las bandas de 746-806 MHz, 806-869 MHz y 4940-4990 MHz, lo que representa un éxito para la armonización de las comunicaciones de seguridad pública y socorro en casos de desastre<sup>27</sup>.

En atención a la Resolución 646, el UIT-R ha aprobado recomendaciones específicas para el uso de las bandas de frecuencias PPDR identificadas en dicha resolución.

- Recomendación UIT-R M.2015, “Disposición de frecuencias para sistemas de radiocomunicaciones de protección pública y operaciones de socorro en caso de catástrofe en las bandas de ondas decimétricas con arreglo a la Resolución

---

<sup>24</sup> UNIÓN INTERNACIONAL DE COMUNICACIONES. Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones CMR 2003 [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=conferences&mlink=wrc-03&lang=es>

<sup>25</sup> UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Informe UIT M. 2033 Objetivo y requisitos de las telecomunicaciones de protección pública y socorro [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2033-2003-PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2033-2003-PDF-S.pdf)

<sup>26</sup> UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Conferencia mundial de radiocomunicaciones [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.itu.int/md/dologin\\_md.asp?lang=en&id=R03-WRC03-C-0005!!MSW-S](http://www.itu.int/md/dologin_md.asp?lang=en&id=R03-WRC03-C-0005!!MSW-S)

<sup>27</sup> UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Actas finales CMR-03 Conferencia mundial de radiocomunicaciones [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-s/oth/02/01/S020100002D4002PDFS.pdf](http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/01/S020100002D4002PDFS.pdf)



646 (Rev. CMR-12)”, la cual contempla arreglos de frecuencias para banda ancha y amplia en 700 MHz, así como arreglos de frecuencias para banda angosta en 800 MHz<sup>28</sup>.

Desde la adopción de la Resolución 646 (CMR 03) se han observado importantes avances tecnológicos. También, el uso de las aplicaciones de datos en ciertos países ha sobrepasado las aplicaciones de voz y la tendencia sigue aumentando. Han surgido nuevas tecnologías móviles de banda ancha, como las IMT, para las cuales hoy en día ya disponen de aplicaciones prácticas y las agencias PPDR reconocen cada vez más la importancia del video y la banda ancha para realizar el despliegue de sus actividades de forma más eficaz.

Es importante tener en cuenta que, durante una catástrofe, el despliegue de los sistemas inalámbricos de video es más rápido que el de las redes de fibra o cable. En diversas partes del mundo, gobiernos y entidades de PPDR están usando redes de video inalámbricas de alta velocidad para aumentar la seguridad de los funcionarios, incrementar su eficacia y salvar vidas humanas<sup>29</sup>.

En este contexto, se han generado nuevos escenarios de aplicaciones y demanda no previstos para las comunicaciones de seguridad pública. Esta situación se puso de manifiesto mediante contribuciones de varios países, todos ellos coincidentes en la necesidad de revisar la Resolución 646 CMR 2003 para considerar la futura orientación de las necesidades de espectro para las actividades de protección pública y las operaciones de socorro<sup>30</sup>.

Para atender esta preocupación, se convino incluir un punto en la agenda de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2015 (Resolución 1343 del Consejo, C12) y aprobar la Resolución 648 (CMR-12), misma que está guiando los estudios del UIT-R con miras a la toma de decisiones por parte de la CMR-15:

“1.3 Examinar y revisar la Resolución 646 (Rev. CMR-12) sobre aplicaciones de banda ancha para protección pública y operaciones de socorro en caso de catástrofe (PPDR), de conformidad con la Resolución 648 (CMR-12)”<sup>31</sup>.

---

<sup>28</sup> UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Frequency arrangements for public protection disaster and relief radiocommunications systems in UHF bands in accordance with Resolution 646 [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2015-0-201203-I!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2015-0-201203-I!!PDF-E.pdf)

<sup>29</sup> ARIGOS, Emilio. Gracias a las cámaras de video vigilancia se salva una vida [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <https://www.facebook.com/notes/emilio-arigos/gracias-a-las-c%C3%A1maras-de-video-vigilancia-se-salv%C3%B3-una-vida/107383049401383>

<sup>30</sup> UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Actas finales, Op. cit.

<sup>31</sup> *Ibid.*



Tras la revisión de la Resolución 646 será posible destacar muchas de las nuevas aplicaciones PPDR<sup>32</sup> y, en particular, la necesidad creciente de banda ancha y video móviles. Sin duda se abordarán temas de espectro para confirmar que el espectro contenido en la Resolución 646 es suficiente o se requiere de la identificación de nuevas bandas, pero se espera que se aborden los retos asociados con la utilización de redes móviles comerciales de banda ancha cuando las agencias PPDR utilizan la itinerancia entre redes privadas especializadas y redes públicas comerciales.

5.3.2. Las bandas de frecuencias y el estándar tecnológico. La atención mundial ha crecido sobre el uso de las tecnologías IMT para resolver las necesidades de banda ancha de protección pública y socorro en casos de desastre (PPDR).

La tendencia entre las empresas de comunicaciones inalámbricas para PPDR es invertir en el desarrollo de tecnologías 4G-LTE para aplicaciones de PPDR, por su gran capacidad de transmisión de datos, bajo retardo y las economías de escala que se derivan de una tecnología que se ha convertido en el estándar de facto de redes 4G a escala mundial.

Aunque LTE fue desarrollado como una evolución para los sistemas celulares existentes, este ya ha sido adoptado por las organizaciones que representan las agencias de PPDR alrededor del mundo. En junio de 2009, la Asociación de Oficiales de seguridad pública (APCO), la Asociación de Número de Emergencia Nacional (NENA) y las agencias pertenecientes al Consejo Nacional de las Telecomunicaciones de seguridad pública (NPSTC) de Estados Unidos anunciaron su apoyo a LTE como la tecnología estándar a ser usada en la construcción de una red nacional de banda ancha interoperable en la banda de 700 MHz.

Este estándar de tecnología fue escogido por sus capacidades para soportar los requerimientos de banda ancha móvil del personal de emergencia, reduciendo, a su vez, los costos globales de infraestructura y suscriptores y permitiéndole a la comunidad de seguridad pública aprovechar las economías de escala, al beneficiarse de las actividades de investigación y el desarrollo financiado por los operadores comerciales y fabricantes de equipo.

---

<sup>32</sup> JAMIESON, Allan. Radiocomunicaciones para protección pública y operaciones de socorro. [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2006&issue=03&ipage=publicProtection&ext=html>



En línea con tales hechos, el UIT-R aprobó la recomendación UIT-R M.2009 (03/12) “Normas de interfaz radioeléctrica para las actividades de PPDR en algunas partes de la banda de ondas decimétricas, de conformidad con la Resolución 646 (CMR-03)”, la cual establece que los estándares para banda ancha de PPDR son precisamente las normas IMT y así reflejar que la tendencia mundial es la adopción de LTE como estándar para banda ancha de PPDR<sup>33</sup>.

5.3.3. Plan de frecuencias y segmentación de bandas. En las especificaciones LTE del 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) se presenta un listado de bandas de frecuencias de operación LTE, que incluye bandas y segmentos de uplink y downlink respectivos. Asimismo, para mejor referencia, cada banda ha recibido un número como identificador<sup>34</sup>.

5.3.4. Alineación estratégica. En esta sección se establece un hilo conductor entre la estrategia nacional y la estrategia militar general y los objetivos estratégicos del Comando General de las Fuerzas Militares, para un lapso que corresponde al periodo del actual Gobierno nacional, 2011-2014.

Este análisis es el resultado de la revisión de dos documentos: el Plan Nacional de Desarrollo y la Política Integral de Seguridad y Defensa para la Prosperidad<sup>35</sup>, dentro de un proceso de planeación estratégica que permitió establecer y formular los objetivos estratégicos de la Guía de Planeamiento Estratégico 2011-2014 para las Fuerzas Militares. Para esta alineación, contamos con los siguientes pilares:

- Política integral de seguridad y defensa para la prosperidad en el Plan Nacional de Desarrollo (PND).
- Consolidación de la paz.
- Objetivos estratégicos de la Política Integral de Seguridad y Defensa para la Prosperidad (PISDP).

---

<sup>33</sup> UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Radio Interface Standards for Use by Public Protection Disaster and Relief Radiocommunications Systems in Some Parts of the UHF Bands in Accordance with Resolution 646 [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2009-0-201203-1!!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2009-0-201203-1!!!PDF-E.pdf)

<sup>34</sup> 3rd. GENERATION PARTNERSHIP PROJECT. TS 36.101. Technical Specification Group Radio Access Network Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and Evolved UTRAN (E-UTRAN) user equipment radio transmission and reception. [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36\\_series/36.101/36101-b20.zip](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36_series/36.101/36101-b20.zip)

<sup>35</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA, Op. cit.

5.3.4.1. Objetivos estratégicos de las Fuerzas Militares y líneas de acción 2011-2014. "Las Fuerzas Militares defenderán la soberanía e integridad territorial mediante el desarrollo de sistemas integrados de defensa, igualmente quebrantarán la voluntad de lucha de los GAML, a través de la neutralización y desarticulación de las estructuras armadas ilegales, para contribuir al logro de la paz"<sup>36</sup>.

A continuación se presentan resaltados los objetivos principales, para los cuales la construcción de una red de banda ancha móvil para la Fuerza Pública se establece como un recurso indispensable para la consecución de los mismos.

Objetivos estratégicos:

- a) "Objetivo No. 2. Potenciar las capacidades estratégicas de las FF.MM para alcanzar una disuasión creíble"<sup>37</sup>.

Líneas de acción estratégica:

- Control efectivo de fronteras terrestres, marítimas y aéreas.
- Desarrollo capacidades de defensa cibernética.
- Desarrollo de ejercicios operacionales conjuntos, coordinados y combinados.

- b) "Objetivo No. 6. Apoyar la atención oportuna de desastres naturales y catástrofes"<sup>38</sup>.

Líneas de acción estratégica:

- Desarrollar doctrina conjunta para la atención de desastres y catástrofes.
- c) "Objetivo No. 9. Estandarizar e integrar las tecnologías de comunicación e información y fomentar los desarrollos tecnológicos y la investigación científica"<sup>39</sup>.

Líneas de acción estratégica:

---

<sup>36</sup> COMANDO GENERAL FUERZAS MILITARES, Op. cit., p. 49.

<sup>37</sup> *Ibíd.*, p. 52.

<sup>38</sup> *Ibíd.*, p. 55.

<sup>39</sup> *Ibíd.*, p. 59.



- Integración, estandarización y complementación de los sistemas y redes de comunicación e información de las Fuerzas Militares.
- Fortalecimiento de la capacitación técnica y táctica del personal especializado en comunicaciones e informática.
- Articulación de procesos de investigación, desarrollo e innovación tecnológica.
- Implementar sistemas de seguridad electrónica e informática.
- Formular e implementar proyectos de investigación, ciencia y tecnología.

5.3.4.2 Políticas de comando. Las políticas de comando actúan como guías inviolables de planeamiento y ejecución de todos los planes y programas que se establezcan en cada una de las Fuerzas y al interior de sus unidades. Contribuyen a generar sinergia y efecto multiplicador durante la realización de las actividades, tareas y procedimientos de quienes participan en los diferentes procesos de la organización. Asimismo, desarrollan los macroprocesos que describen las áreas funcionales del Sistema de Gestión Integrado del Comando General de las Fuerzas Militares<sup>40</sup>.

En el área de las comunicaciones e informática dicha política está encaminada a:

Los sistemas de comunicaciones, redes e infraestructura que han desarrollado las Fuerzas Militares durante su existencia, son considerados como activos estratégicos de gran importancia, los cuales deberán ser fortalecidos en forma permanente. Su operación no será cedida, vendida o tercerizada, ya que su funcionamiento y mantenimiento propio favorece el secreto y confidencialidad de la comunicación y la información para el éxito operacional.

El uso adecuado, racional, oportuno y el mantenimiento de las tecnologías de las comunicaciones militares, será parte fundamental de los factores claves para que existan las condiciones del éxito operacional y logístico a nuestro favor, lo cual será imperativo en todos los niveles del Mando Militar garantizarlas y fortalecerlas<sup>41</sup>.

## 5.4 TEÓRICO CONCEPTUAL

5.4.1 El estándar LTE. El estándar de Evolución a Largo Término, mejor conocido como LTE, por su sigla en inglés, es el proyecto definido por el 3rd Generation Partnership Project (3GPP) del Instituto Europeo de Estándares para las Telecomunicaciones (ETSI) como un paso importante hacia las redes móviles de

<sup>40</sup> *Ibíd.*, p. 62.

<sup>41</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. Directiva Ministerial 001 de 2013. Bogotá: MDN, 2013. 23 p.

cuarta generación (4G) diseñadas para mejorar la eficiencia espectral, incrementar las tasas de transmisión de datos mediante técnicas avanzadas de modulación y codificación y, a la vez, mantener la cobertura con el uso de múltiples antenas.

5.4.2 Evolución. Desde la aparición de las redes móviles de primera (AMPS, NAMPS, TACS, etc.), segunda (TDMA/IS-136, GSM, CDMA) y tercera generación (UMTS/HSPA, CDMA-2000) a escala mundial, se ha contado con tecnologías/estándares disímiles que fueron implementadas en distintas regiones. Con LTE se ha buscado la evolución e implementación hacia un estándar realmente global; es por ello que la colaboración dentro de ETSI se ha expandido a organizaciones regionales de desarrollo de estándares como ARIB y TTC en Japón, TTA en Corea, ATIS en Norteamérica y CCSA en China.

Como tecnología de acceso móvil, LTE fue diseñada desde el principio con el objetivo de ser flexible, de apoyar múltiples servicios y operar utilizando conmutación por paquetes (*packet-based*), en vez de seguir el modelo de conmutación por circuitos (*circuit-base*) de las tecnologías anteriores.

Las ventajas de una red LTE<sup>42</sup> se pueden resumir de la siguiente manera:

- Reducción en los retardos relacionados con el establecimiento de la conexión de una sesión y en la reducción de la latencia de transmisión.
- Aumento en la tasa/velocidad de datos (*bit-rate*) de los usuarios.
- Incremento en la velocidad de datos al borde del área de cobertura (*cell-edge bit-rate*), lo cual permite una mayor uniformidad en la disponibilidad de servicios.
- Mejoras en la eficiencia espectral, al generarse una disminución del “costo por bit” (*bit-cost*).
- Mayor flexibilidad en el uso del espectro/banda de frecuencias, tanto en bandas nuevas como en las preexistentes.
- Simplificación en la arquitectura de la red.
- Movilidad entre diferentes de tecnologías.
- Consumo de energía eficiente para el terminal móvil.

5.4.3 Interfaz de radio. LTE utiliza OFDM/OFDMA (Orthogonal Frequency

---

<sup>42</sup> PERALTA, Josermando y PÉREZ, Eduardo. LTE y 3G. [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://prezi.com/lhdy3j-k081r/lte-y-3g/>



Division Multiplexing)<sup>43</sup> para las transmisiones en el enlace descendente. OFDM es una técnica bastante popular por su eficiencia, que divide el ancho de banda en varias subportadoras de banda angosta. En contraste, para el enlace ascendente el esquema de transmisiones de LTE está basado en SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access). Este esquema incrementa la potencia de transmisión y ahorra energía en los terminales de suscriptor, por lo tanto, permite unas terminales de mayor potencia y mejor cobertura. La interfaz de radio de LTE fue diseñada para cumplir con requerimientos específicos de desempeño, tales como incrementar significativamente las tasas de transmisión en el borde de la celda y acrecentar la eficiencia espectral por encima de las redes celulares existentes, entre otros.

5.4.4 Tasa de transmisión pico instantánea y eficiencia espectral<sup>44</sup>. La tasa de transmisión (bps) de un sistema puede ser definido en la capa física, capa de acceso al medio o capa de transporte. Para efectos de comparación de capacidad entre tecnologías, generalmente se usa la tasa de transmisión de la capa física. En esta sección se presentarán los valores de tasa de transmisión pico instantánea para LTE (tabla 3). Los valores acá presentados asumen el uso completo del canal.

Por definición, la tasa de transmisión pico instantánea representa una cota superior sobre la capacidad que puede ser alcanzada por el sistema y es el caso ideal en el que se asume que no hay retransmisiones. La tasa de transmisión pico instantánea no debe ser considerado como una tasa de transmisión sostenible, ya que este representa valores pico que pueden ser disfrutados solo durante períodos de corta duración, a diferencia de las tasas de transmisión sostenibles que reflejarían el impacto de las condiciones imperfectas del canal de radio y la necesidad de retransmitir algunas tramas.

Tabla 3. Ancho de banda frente a la máxima tasa de transmisión

Ancho de banda (BW+BW)/(2*BW)	Max. tasa DL/UL LTE FDD
5+5 / 10 MHz	15.9 / 12.5 Mbps
10+10/ 20 MHz	32.5 / 25.3 Mbps
20+20/ 40 MHz	65.9 / 54.6 Mbps

Fuente: PERALTA. cálculo de requisitos espectrales según metodología UIT-R

<sup>43</sup> 4G AMERICAS. OFDM/OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiplexing/Orthogonal Frequency Division Multiple Access [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page&sectionid=253>

<sup>44</sup> PERALTA y PÉREZ, Op. cit.

Para LTE existen veintinueve esquemas de modulación y codificación especificados de forma independiente para el enlace descendente y el enlace ascendente. El producto del orden de modulación y la ganancia de codificación representa la eficiencia espectral en bits por cada uso del canal. Este esquema flexible de codificación que permite adaptarse a las condiciones del canal refleja una mayor granularidad de grados de modulación y codificación, lo cual incrementa significativamente la eficiencia espectral de LTE. Para LTE el esquema con mayor eficiencia espectral es 64QAM 0.93 (5.5 bits por uso de canal).

Una diferencia importante de LTE comparado con tecnologías anteriores es la fina granularidad para realizar una adaptación de modulación que se acomodan a las condiciones del canal de radio.

5.4.5 Capacidad de usuarios (voz)<sup>45</sup>. A diferencia del tráfico de datos asociados con la descarga de archivos (*file download-full queue traffic*) que permite retardos y no se requiere garantizar una velocidad de datos o tasa de transmisión, en el caso de aplicaciones en tiempo real como voz sobre IP (VoIP) —al tomar en cuenta que LTE es un sistema de conmutación de paquetes (*packet-base*) y que tiene que adaptarse a las condiciones del canal— es necesario mantener un estricto control de los retardos y latencia de los paquetes y definir la capacidad del sistema para este tipo de servicio.

Por ende, la capacidad del sistema en cuanto a voz se define como el número máximo de usuarios VoIP utilizando un modelo de tráfico en particular y a las limitaciones asociadas con retardos (*delay*) del sistema. Debido a esto, es necesario operar en condiciones en las cuales los paquetes no lleguen al móvil con un retardo mayor a 50 ms o con más de 2% de errores en el número de paquetes enviados y que el retardo de móvil a móvil (*end to end*) nunca supere los 200 ms.

5.4.6 Rango de cobertura y movilidad<sup>46</sup>. Diversos factores, como el ambiente de propagación, el desvanecimiento, la altura de las antenas y las pérdidas de trayecto, tienen un efecto limitante en la cobertura. Adicionalmente, el alcance máximo en las tecnologías de banda ancha puede ser limitado por ciertas consideraciones de sincronismo, entre las que se encuentra el período de guarda característico de los sistemas TDD. Para LTE, la limitación de cobertura por

---

<sup>45</sup> Ibid.

<sup>46</sup> Ibid.



razones de sincronismo puede ser configurada para terminales operando a velocidades de 350 Km/h. En el escenario relacionado con velocidad es necesario que el *handover* entre sitios se realice sin interrupción; esto implica retardos y pérdidas de paquetes de voz imperceptibles y transmisión de datos confiables.

5.4.7 Latencia del plano del usuario<sup>47</sup>. Esta es una métrica importante para determinar el desempeño de servicios en tiempo real. Se mide inicialmente en un sistema con poco tráfico y se define como el tiempo promedio entre la primera transmisión de un paquete y la recepción del mismo en la capa física. En el caso de LTE, se requiere que la latencia de usuario en un sentido no sea de más de 5 ms en condiciones óptimas aunque se entiende que el retardo final dependerá de la carga/tráfico del sistema y la propagación RF del sistema.

5.4.8 Desempeño del modo de transmisión de servicios de multimedia<sup>48</sup>. Los requisitos de LTE establecen la necesidad de integrar de una manera eficiente la transmisión de servicios de multimedia de alta velocidad (MBMS), como televisión o video en tiempo real y durante movilidad del terminal/usuario. Por tal motivo, estos requisitos fueron fijados de manera que garanticen su transmisión en el área nominal de cobertura definida durante el diseño del sistema.

5.4.9 Uso de múltiples antenas (MIMO)<sup>49</sup>. Mediante el uso de múltiples antenas MIMO (Multiple Input, Multiple Output), LTE puede mejorar significativamente su capacidad en escenarios donde las condiciones del canal de radio son buenas o mejorar la cobertura en escenarios donde las condiciones del canal de radio son desfavorables. En estos sistemas, las ganancias en capacidad pueden convertirse en ganancia en capacidad y calidad de las comunicaciones. A estas dos técnicas se les conoce como multiplexación espacial y diversidad en transmisión y recepción, respectivamente.

El uso de múltiples antenas, combinado con técnicas avanzadas de codificación o precodificación —en terminología de MIMO— y algoritmos de procesamiento de señal, le permiten a LTE alcanzar capacidades efectivas que no eran posibles en ninguna tecnología anterior. Las especificaciones 3GPP incluyen las técnicas más sofisticadas de transmisión MIMO en cualquier estándar de la industria hasta el momento. Las técnicas especificadas para LTE incluyen diversidad en transmisión, multiplexación espacial y *beamforming*. En el caso de LTE existen siete esquemas diferentes de MIMO, que pueden ser utilizados en diferentes

---

<sup>47</sup> *Ibid.*

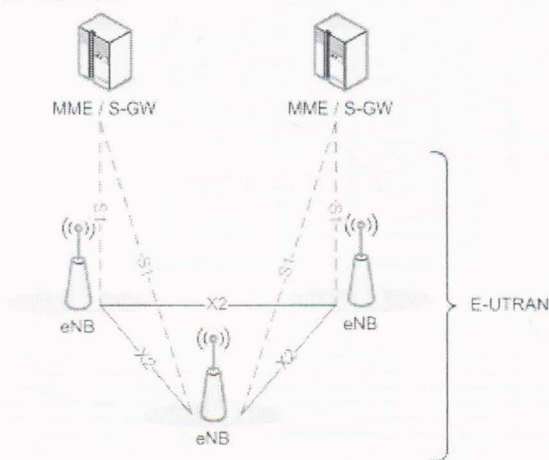
<sup>48</sup> *Ibid.*

<sup>49</sup> LOZANO, Ángel. Transmit diversity vs. spatial multiplexing in modern MIMO systems [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.dtic.upf.edu/~alozano/papers/Diversity.pdf>

condiciones no solo del canal de radio, sino también de velocidad del suscriptor. Varios de estos esquemas funcionan mediante la realimentación de información que los terminales suscriptores transmiten sobre las condiciones del canal de radio a la estación base, para que esta pueda adaptarse dinámicamente. Esta técnica se conoce como lazo cerrado (*closed-loop*) y no estaba disponible en tecnologías anteriores.

5.4.10 Arquitectura del sistema<sup>50</sup>. La figura 3 muestra un ejemplo de una red genérica LTE extraído de la especificación técnica 3GPP. La red de acceso, denominada E-Utran, consiste de estaciones base o eNodeBs, las cuales entregan la conectividad e interfaces de radio hasta los equipos suscriptores o UE. Los eNodeB están conectados entre sí para facilitar las funciones relacionadas con la movilidad (*handover*, etc). Estos, de igual forma, están conectados al núcleo del sistema, también conocido como EPC (Evolved Packet Core) por medio de dos componentes: la entidad de administración de movilidad MME (Mobility Management Entity) y el *gateway* de servicio S-GW (Serving Gateway).

Figura 3. Arquitectura general de red



Fuente: Restrepo<sup>51</sup>

La figura 4 presenta un punto de vista extendido incluyendo otros componentes que conforman el EPC, la conectividad con la red de acceso LTE, los equipos de usuario y las redes externas IP.

<sup>50</sup> CHARRY, Norman. Arquitectura del sistema LTE [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://prezi.com/zl\\_ks08rc4hx/1-arquitectura-del-sistema-lte/?utm\\_source=website&utm\\_medium=prezi\\_landing\\_related\\_solr&utm\\_campaign=prezi\\_landing\\_related\\_author](http://prezi.com/zl_ks08rc4hx/1-arquitectura-del-sistema-lte/?utm_source=website&utm_medium=prezi_landing_related_solr&utm_campaign=prezi_landing_related_author)

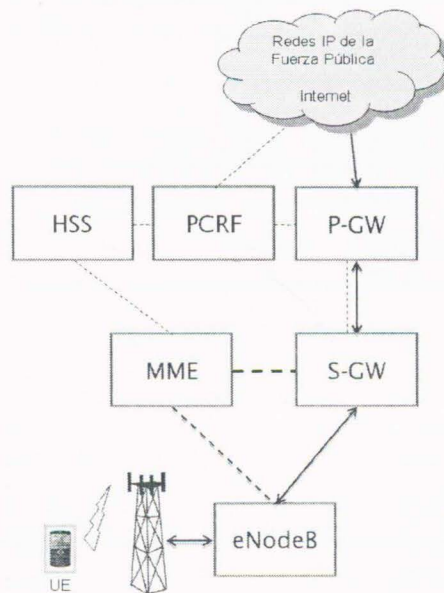
<sup>51</sup> RESTREPO, José. Características del sistema LTE [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4836/3/josefernandorestrepopedrahita.2011.parte3.pdf>



Entre los elementos que conforman el EPC se encuentran: el *gateway* de servicio (S-GW), el *gateway* de la red de datos (PDN-GW), la entidad de administración de movilidad (MME) y el servidor de suscriptores (HSS, Home Subscriber Server). El EPC se puede conectar a cualquier red externa basada en IP, lo cual facilita la interoperabilidad con sistemas fijos y móviles existentes.

HSS<sup>52</sup>: principalmente, el HSS es una base de datos que contiene información relacionada con los usuarios o suscriptores. De igual forma, permite las funciones de soporte para movilidad, establecimiento de llamadas y sesiones y autorización de acceso y autenticación.

Figura 4. Red de radio E-Utran y detalle de los elementos del EPC



Fuente: Restrepo<sup>53</sup>

S-GW<sup>54</sup>: los *gateways* (S-GW and PDN-GW) se encargan del plano de usuario transportando el tráfico de datos IP entre el suscriptor (UE) y las redes externas. El S-GW es el punto de interconexión entre el ambiente de radio y el EPC. Como su nombre lo indica, es el encargado de enrutar los paquetes IP provenientes del UE, siendo así el punto de anclaje de la movilidad dentro del sistema LTE en caso de *handover* entre eNodeBs. Está conectado lógicamente al otro *gateway*, el PDN-

<sup>52</sup> 3rd GENERATION PARTNERSHIP PROJECT. TS 33.401 System Architecture Evolution. [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/33401.htm>

<sup>53</sup> Restrepo, Op. cit.

<sup>54</sup> 3rd GENERATION PARTNERSHIP PROJECT. TS 33.401, Op. cit.

GW.

PDN-GW<sup>55</sup>: el PDN-GW es el punto de interconexión entre el EPC y las redes IP externas, llamadas redes de datos (Packet Data Networks) y de ahí su nombre. El PDN-GW enruta paquetes desde y hacia las PDN. También realiza varias funciones como la asignación de direcciones IP, control de políticas y cobro. 3GPP especifica los dos *gateways* como entidades separadas, pero, en la práctica, pueden ser combinadas en un solo equipo.

MME<sup>56</sup>: el MME se encarga de la información en el plano de control, manejando toda la información relacionada con la movilidad, seguridad y acceso a la red de radio LTE. Es el responsable de hacer el rastreo y *paging* de los UE que están en modo de espera (idle).

---

<sup>55</sup> Ibíd.

<sup>56</sup> Ibíd.



## 6. TRABAJO DE CAMPO

### 6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto se concibió para resolver el problema de estudio a través de una investigación CUALITATIVA DESCRIPTIVA CON ENFOQUE DOCUMENTAL Y PROPOSITIVA.

### 6.2 DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de la investigación se establecieron tres fases, las cuales se explican brevemente a continuación:

6.2.1. Fase 1 FUNDAMENTACIÓN. En esta fase se hace la descripción de la forma como se estructuró el proyecto, iniciando con el anteproyecto que describe el problema a resolver, los objetivos propuestos para el desarrollo del proyecto y la justificación del porqué la necesidad de requerir espectro electromagnético exclusivo para la Fuerza Pública para el despliegue de una red de comunicaciones de cuarta generación.

En la justificación se hace énfasis en los beneficios que ello conlleva para las Fuerzas Militares y la Policía Nacional, mediante una comparación entre las redes de tipo comercial y las redes de propias o de uso exclusivo, así como la importancia del espectro electromagnético como un recurso estratégico de interés nacional.

Para terminar esta fase, se incluye un marco de referencia donde se relacionan los antecedentes temáticos, conceptos y el marco legal entorno al espectro electromagnético y al despliegue de redes de comunicaciones de cuarta generación.

6.2.2. Fase 2 TRABAJO DE CAMPO. Esta fase identifica la población u objeto del estudio, se realiza un análisis de la información actual con que se cuenta para justificar la necesidad de la solicitud de espectro electromagnético dedicado para la Fuerza Pública para el despliegue de una red de 4G, tomando como base una encuesta efectuada al interior de las FF.MM y Policía Nacional y haciendo un análisis de las diferentes posibilidades de bandas dedicadas para el desarrollo de

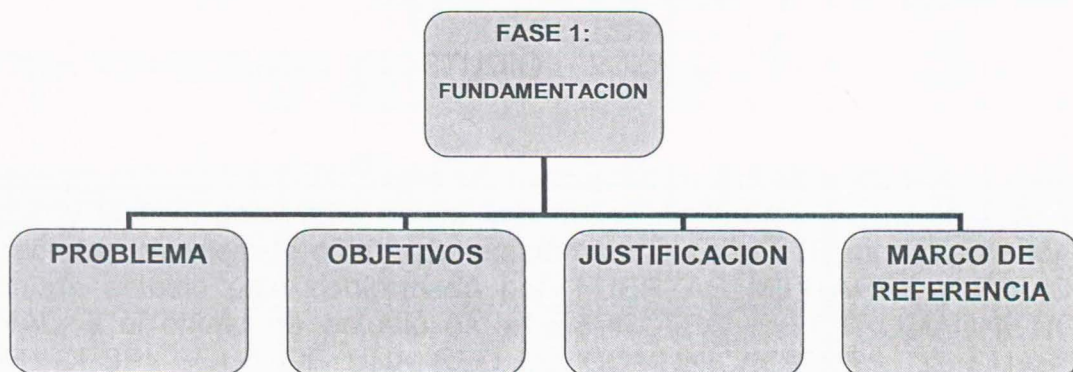
este tipo de redes.

Finalmente se lleva a cabo un diagnóstico de los resultados de las encuestas y un cuadro comparativo de las diferentes bandas de frecuencia disponibles en Colombia para el despliegue de redes de comunicaciones LTE 4G.

6.2.3. Fase 3 DISEÑO DE LA PROPUESTA. En esta fase se consolida en un documento de tipo propositivo la necesidad de que las FF.MM y Policía Nacional de Colombia cuenten con una parte del espectro electromagnético en la banda de 700 Mhz, para su uso exclusivo con fines de seguridad pública y atención de desastres. Esta propuesta estará dirigida desde luego a la autoridad en Colombia para su respectivo estudio que es el señor Ministro de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones<sup>57</sup>.

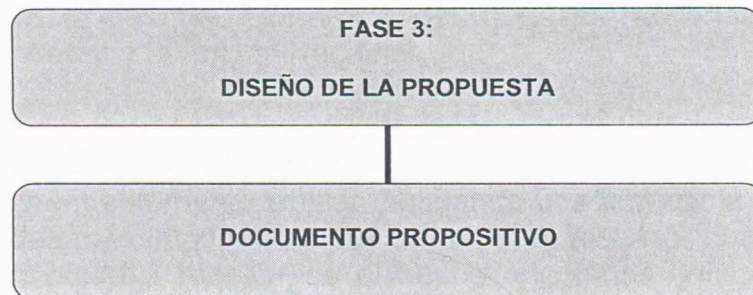
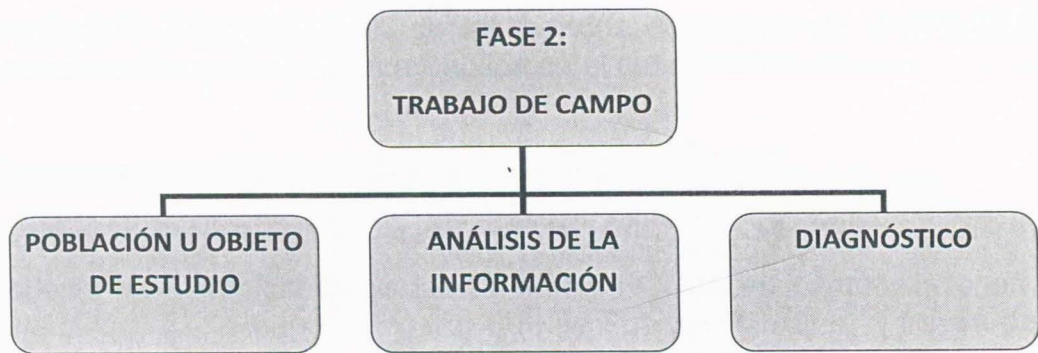
En la figura 5 de muestra las diferentes fases que componen este proyecto de investigación y que se comentaron anteriormente.

Figura 5. Fases diseño metodológico.



<sup>57</sup> MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (MinTic) . [En línea]. [Citado el 01 de julio de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.mintic.gov.co>





Fuente: elaboración propia

### 6.3 POBLACION U OBJETO DE ESTUDIO

Este proyecto está orientado a suplir las necesidades de comunicaciones a nivel estratégico y táctico, pero visto desde una óptica de las nuevas tecnologías de comunicaciones móviles de cuarta generación como es el LTE, por lo anterior la población de estudio está conformada por: FUERZAS MILITARES y POLICÍA NACIONAL, y el objeto de estudio es: el ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED DE COMUNICACIONES DE CUARTA GENERACIÓN.

### 6.4 INSTRUMENTOS PARA LA COLECTA DE DATOS

Los instrumentos que se aplicaron para la colecta de los datos y que darán origen al documento propositivo que se presentará al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones son: ENCUESTA DE NECESIDADES DE LAS FF.MM y PONAL EN COMUNICACIONES DE CUARTA GENERACION ver Anexo

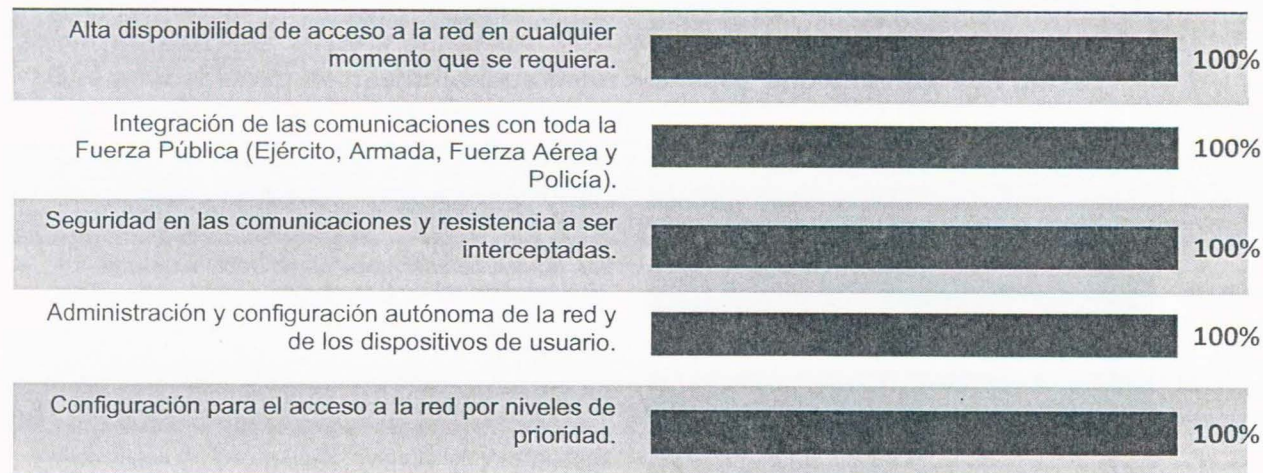
2, y un ANÁLISIS DOCUMENTAL de las bandas de frecuencia y el estándar tecnológico que aplica para la Fuerza Pública en el caso colombiano.

## 6.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.5.1. Encuesta de necesidades de las FF.MM y PONAL en comunicaciones de cuarta generación. El Comando General de Las Fuerzas Militares a través de la Jefatura Control comunicaciones y Sistemas J8 el pasado mes de enero de 2013, condujo un estudio sobre las necesidades y expectativas de comunicaciones en el contexto tecnológico de la Fuerza Pública en lo concerniente a las redes de 4G, para lo cual se llevó a cabo una encuesta (ver formato Anexo 2), en la que participaron las Direcciones de Telemática del: Ejército Nacional, la Armada Nacional, la Fuerza Aérea y la Policía Nacional.

Las entidades encuestadas exhibieron una visión del futuro de las comunicaciones de sus Fuerzas sorprendentemente similar, revelando una tendencia generalizada sobre las capacidades más importantes que se esperan alcanzar con el uso de la tecnología LTE. Un punto a resaltar es el hecho que todas coincidieron en la importancia de contar con alta disponibilidad de acceso, interoperabilidad entre agencias, seguridad y prioridad en las comunicaciones, así como autonomía en la administración de la red.

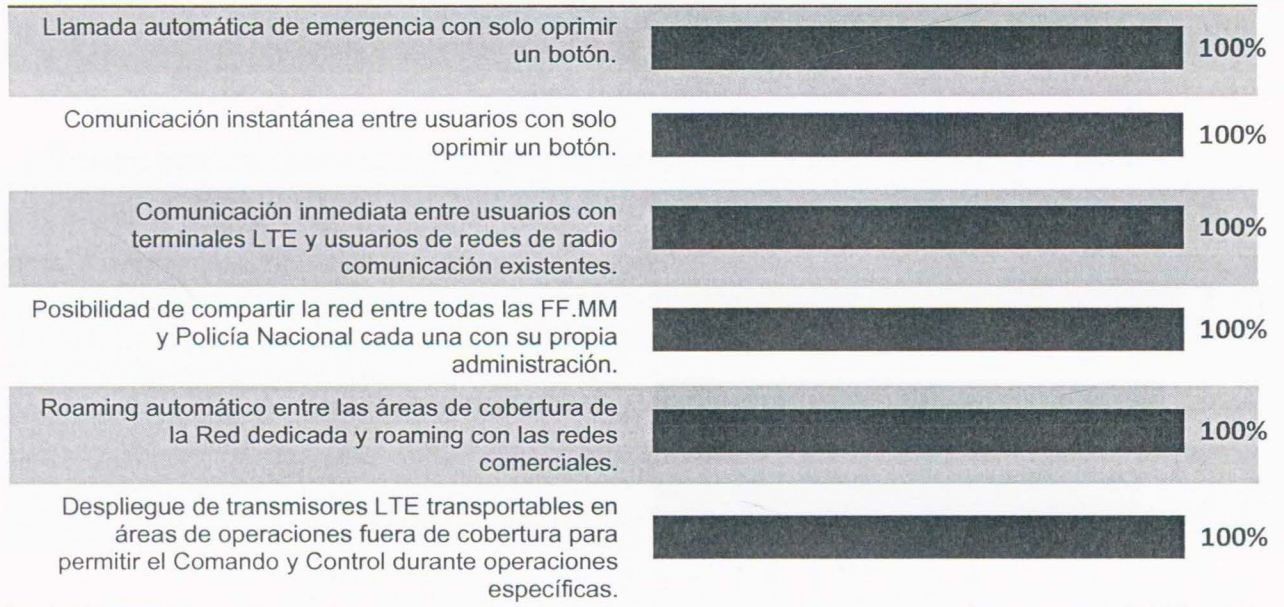
### ¿Qué capacidades de misión crítica requiere su Fuerza?





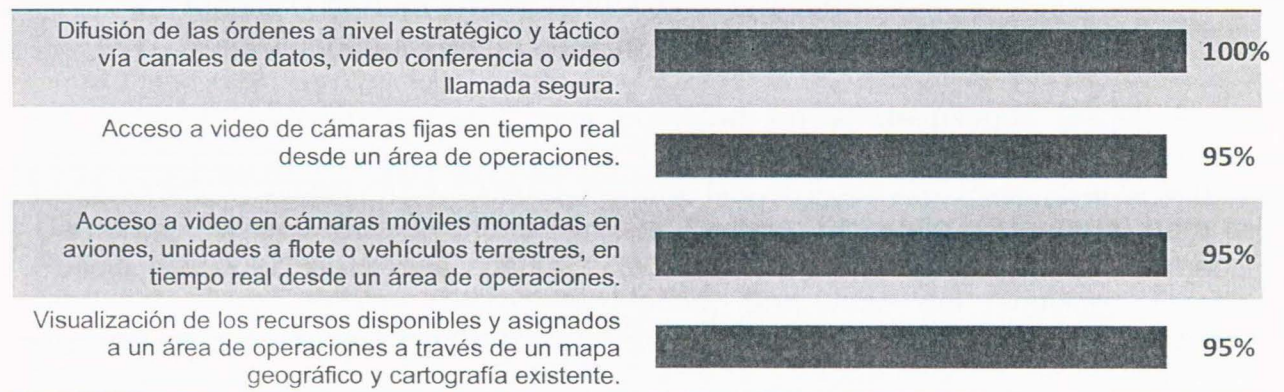
De la misma forma, las entidades encuestadas estuvieron de acuerdo en los servicios que esperan estén disponibles en la red de banda ancha móvil.

### ¿Qué servicios de misión crítica requiere su Fuerza?



Una amplia mayoría de encuestados reconoció la importancia del acceso a la información en tiempo real proveniente de las áreas de operaciones y de las aplicaciones de video.

### ¿Qué aplicaciones de misión crítica tiene planeada implementar su Fuerza?





Consulta en tiempo real de bases de datos distribuidas o centralizadas desde el campo y desde el comando central para toma de decisiones con alta velocidad.		95%
Acceso a video de cámaras fijas en tiempo real desde un centro de comando.		90%
Acceso a video en cámaras móviles montadas en aviones, unidades a flote o vehículos terrestres, en tiempo real desde el centro de comando.		90%

### ¿Cuáles son los requerimientos para los dispositivos de usuario de su Fuerza?

Dispositivos inteligentes LTE con características militares de uso pesado en campo y batería de alta capacidad.		100%
Comunicación inmediata entre usuarios con dispositivos inteligentes LTE.		95%
Capacidad de comunicación desde el mismo dispositivo con otras redes a través de WiFi y redes LTE comerciales.		90%

Cuando se consultaron las necesidades de cobertura para tener acceso a los servicios de banda ancha móvil, la encuesta identificó los siguientes puntos:

- Amplia cobertura en ciudades principales
- Amplia cobertura en ciudades intermedias
- Amplia cobertura en pequeñas poblaciones
- Amplia cobertura en carreteras principales
- Amplia cobertura en carreteras secundarias
- Amplia cobertura en zonas rurales apartadas
- Amplia cobertura en un área de operaciones específica.

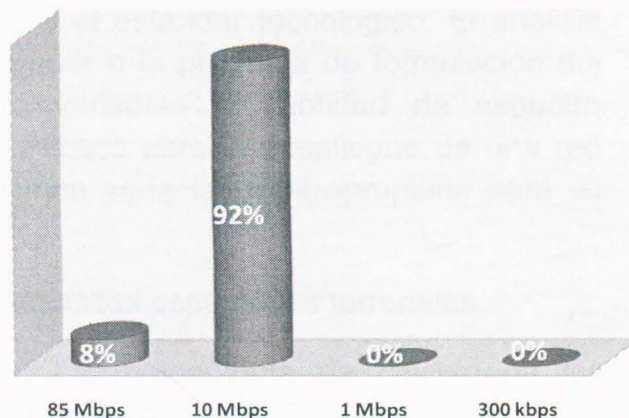
La encuesta también encontró una prioridad en el despliegue inicial de la cobertura en zonas urbanas (Bogotá, Cali, Medellín, Barranquilla, Cartagena, Bucaramanga, Villavicencio, Cúcuta, Pereira, Neiva, Popayán, Pasto, Santa Marta, Cauca, Tumaco, Buenaventura, Arauca, Quibdó, Sincelejo y Montería) para la Policía Nacional; las zonas costeras del Pacífico y del Caribe para la Armada Nacional; zonas rurales (Florencia, Mocoa, San José del Guaviare, Puerto Carreño, Yopal, Puerto Inírida, Mitú, Miranda, Pradera, Corinto, Jámalo, Ituango, Montelíbano, Montañita, Planadas, Tibú y Puerto Jordán) y carreteras secundarias para el Ejército Nacional; y la región Pacífica para la Fuerza Aérea.



Cuando se pidió considerar la de velocidad en transmisión de la red, mas del 90% de los encuestados estuvieron de acuerdo en definir una tasa de transmisión promedio aceptable de 10 megabits por segundo (10 Mbps). Solo un 8% manifestó un requerimiento de un throughput mayor a este valor, mientras que el 100% de los encuestados reconoció que un throughput de 1 Mbps o menor no es aceptable.

**¿Qué tan importante es el acceso en tiempo real y tiempo de descarga de la información?**

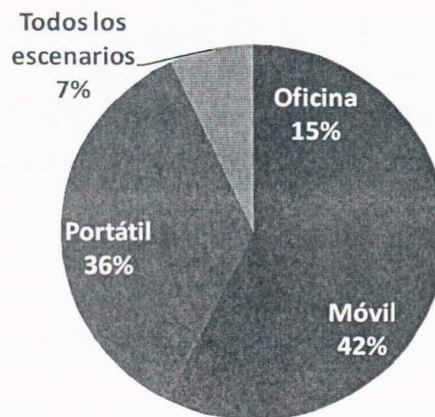
Descarga de un archivo de 100 MB en menos de 10 segundos.	8%
Descarga de un archivo de 100 MB en menos de 1.5 minutos.	92%
Descarga de un archivo de 100 MB en menos de 15 minutos.	0%
Descarga de un archivo de 100 MB en menos de 1 hora.	0%



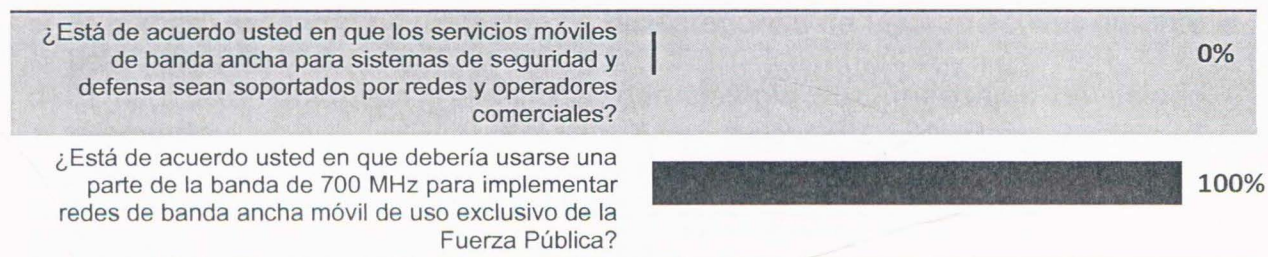
Cuando se preguntó sobre los tipos de dispositivos y cantidades de usuarios que harán uso de la red de banda ancha móvil, los encuestados respondieron de la siguiente forma:

**TOTAL 129.017**

Usuarios en cuarteles u oficinas usando principalmente un computador personal.	15%
Usuarios en el campo de operaciones usando principalmente un suscriptor móvil montado en un vehículo, unidad a flote ó aeronave.	42%
Usuarios en el campo de operaciones usando principalmente un suscriptor portátil (tipo teléfono inteligente).	36%
Usuarios que operan en todos los anteriores escenarios.	7%



Finalmente se consultó acerca del tipo de nivel de control sobre la red de banda ancha móvil requerido por las Fuerzas:



6.5.2 Análisis de las bandas de frecuencia y el estándar tecnológico. El análisis realizado en este apartado pretende responder a la pregunta de formulación del proyecto, en la que se plantean como variables la cantidad de espectro electromagnético requerido por la Fuerza Pública para el despliegue de una red propia de cuarta generación y cuál sub-banda sería las más apropiada para su implementación.

#### 6.5.2.1 Metodología de proyección de los requisitos espectrales terrenales

6.5.2.1.1 Descripción de la metodología. La metodología de cálculo de los requisitos espectrales terrenales considerada para un red LTE destinada para a la seguridad pública y atención de desastres se ajusta al formato de la metodología genérica utilizada para el cálculo de los requisitos espectrales terrenales de las IMT-2000 según la recomendación UIT-RM.1390<sup>58</sup>. La utilización de esta metodología puede adaptarse a aplicaciones específicas seleccionando los oportunos valores para la aplicación móvil terrenal de que se trate.

6.5.2.1.2 Datos de entrada necesarios. El modelo basado en la recomendación UIT-R M.1390 y el modelo urbano genérico requieren una serie de valores de entrada que pueden clasificarse como de entorno, tráfico o sistemas de red. Al aplicar un modelo al tipo de red que se pretende implementar, los principales elementos de datos requeridos son:

- a) La identificación de las categorías de usuario, por ejemplo: el ejército, la policía, los bomberos y las ambulancias;

<sup>58</sup> UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES . Recomendación UIT-RM.1390 Methodology for the calculation of IMT-2000 terrestrial spectrum requirement. [En línea]. [Citado el 12 de julio de 2013]. Disponible en internet: <http://www.itu.int/rec/R-REC-M.1390/en>



- b) El número de usuarios de cada categoría;
- c) El número estimado de cada una de las categorías de usuario activas durante la hora cargada;
- d) El tipo de información transmitida, por ejemplo voz, mensajes de estado y telemetría;
- e) La superficie típica que ha de cubrir el sistema en estudio;
- f) El tamaño medio de la célula de las estaciones de base de la zona;
- g) El patrón de reutilización de frecuencias;
- h) Grado de servicio;
- i) La tecnología utilizada en la anchura de banda del canal de RF;
- j) El número de habitantes de la ciudad.

6.5.2.2 Modelo de predicción del espectro. Este modelo de predicción del espectro se ajusta a la metodología de predicción de los requisitos espectrales de las IMT-2000 (Recomendación UIT-R M.1390). Según el cual los pasos a seguir son los siguientes:

Paso 1: Identificar el área geográfica en la que se aplicará el modelo.

Paso 2: Identificar el número de personas usuarias de la red.

Paso 3: Identificar los servicios avanzados a implementar en la red.

Paso 4: Cuantificar los parámetros técnicos aplicables a cada uno de los servicios avanzados.

Paso 5: Predecir las necesidades espectrales de cada uno de los servicios avanzados.

Paso 6: Predecir las necesidades espectrales de la red.

A continuación se realizará una breve descripción de los aspectos mas relevantes de los pasos de la metodología sin adentrarse en profundidad en aspectos técnicos que no forman parte del alcance de este proyecto.

6.5.2.2.1 Área Geográfica. Se consideran los tres entornos típicos con distintas densidades de usuarios: zona urbana e interiores de edificios, usuarios peatones y usuarios a bordo de vehículos.

Se debe determinar el área de la célula representativa (radio, geometría) para cada uno de los entornos operativos del área geográfica en estudio. Ésta depende de la densidad de población, del diseño de la red y de la tecnología de la red. Las redes de seguridad pública y atención de desastres tienden a utilizar dispositivos de mayor potencia y células de mayor radio que los sistemas comerciales.

El área considerada para el despliegue de la red abarca una superficie de 250.000 Km<sup>2</sup>, correspondiente al estimado del área de operación de la Fuerza Pública en el territorio Colombiano.

6.5.2.2.2 La población de usuarios. Se ha estimado que la población de usuarios de la red, de acuerdo con los datos suministrados por las diferentes Direcciones de Telemática de las Fuerzas, puede alcanzar los 129.059 distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 4. Distribución de usuarios de la red.

<b>Fuerza</b>	<b>Usuarios</b>
Ejército	42.679
Armada	33.380
Fuerza Aérea	3.000
Policía	50.000
Total	129.059

Fuente: Elaboración propia

6.5.2.2.3 Servicios avanzados. Los servicios avanzados que se consideran disponibles en una futura red LTE son los siguientes:

- a) Despacho de voz;
- b) Interconexión telefónica;
- c) Mensajes simples;
- d) proceso de transacciones;
- e) Imágenes simples (facsimil, instantáneas);
- f) Acceso remoto a ficheros para procesos de decisión;
- g) Acceso a Internet/Intranet;



- h) Vídeo lento;
- i) Vídeo de movimiento completo;
- j) Servicios multimedia como la videoconferencia.

6.5.2.2.4 Parámetros de los servicios avanzados. Las necesidades espectrales de los servicios descritos anteriormente se determinaron previamente en la PSWAC<sup>59</sup> y estos datos de tráfico de hora cargada se utilizarán en para adelantar los cálculos de este proyecto.

Tabla 5 Ejemplo perfiles de tráfico informe PSWAC

PSWAC Resumen de los perfiles de tráfico		Entrada (E)	Salida (E)	Total (E)	(s)	Relación de hora cargada a hora normal	Flujo continuo de bit/s (4 800 bit/s)
Voz	Hora cargada actual	0,0073484	0,0462886	0,0536370	193,1	4,00	85,8
	Hora normal actual	0,0018371	0,0115722	0,0134093	48,3		21,5
	Hora cargada futura	0,0077384	0,0463105	0,0540489	194,6	4,03	86,5
	Hora normal futura	0,0018321	0,0115776	0,0134097	48,3		21,5
Datos	Hora	0,0004856	0,0013018	0,0017874	6,4	4,00	2,9

<sup>59</sup> United States Public Safety Wireless Advisory Committee (Comité Asesor de las Comunicaciones Inalámbricas de Seguridad Pública de los Estados Unidos de América), Adjunto D, Spectrum Requirements Subcommittee Report (Informe del Subcomité de Requisitos Espectrales) septiembre de 1996.

	cargada actual						
	Hora normal actual	0,0001214	0,0003254	0,0004468	1,6		0,7
	Hora cargada futura	0,0030201	0,0057000	0,0087201	31,4	4,00	14,0
	Hora normal futura	0,0007550	0,0014250	0,0021800	7,8		3,5
Estado	Hora cargada actual	0,0000357	0,0000232	0,0000589	0,2	4,01	0,1
	Hora normal actual	0,0000089	0,0000058	0,0000147	0,1		0,0
	Hora cargada futura	0,0001540	0,0002223	0,0003763	1,4	3,96	0,6
	Hora normal futura	0,00	0,00	0,00	0,34		0,15
Imágenes	Hora cargada futura	0,0268314	0,0266667	0,0534981	192,6	4,00	85,6
	Hora normal futura	0,0067078	0,0066670	0,0133748	48,1		21,4

Fuente: Informe UIT-R M.2033



6.5.2.2.5 Necesidades espectrales de la red. Con base en los datos de entrada descritos anteriormente, se procede a la realización de los cálculos finales de la red en cuanto a los requerimientos individuales de cada uno de los servicios para posteriormente obtener el requerimiento total de la red. Estos cálculos se realizan a través de la metodología provista por la Recomendación UIT-R M.1390.

El anexo C presenta un resumen de los datos de entrada y el resultado final del requisito espectral, el cual requiere de un canal de 10 + 10 MHz (modo FDD).

6.5.2.3 Determinación de la banda de operación. Con base en el monto de espectro requerido y articulando este proyecto a la disponibilidad de las bandas LTE 14, 26, 27 y 28, la tabla 6 presenta un análisis de factibilidad de asignación de estas bandas, teniendo en cuenta el uso actual del espectro en Colombia y los tiempos requeridos por el CGFM para la implementación del proyecto.

Tabla 6 Análisis bandas LTE.

CARACTERÍSTICAS	BANDA LTE			
	Banda 14	Banda 26	Banda 27	Banda 28
<b>Segmentos</b>	758-768 / 788-798 MHz	814-849 / 859-894 MHz	807-824 / 852-869 MHz	703-713 / 758-768 MHz
<b>Atribución</b>	Móvil para IMT	Móvil	Móvil	Móvil para IMT
<b>Usuarios actuales</b>	Algunas estaciones de TV	Muy utilizada por trunking de gobierno y comercial. Servicio móvil celular	Muy utilizada por trunking de gobierno y comercial.	Algunas estaciones de TV
<b>¿Requiere desplazamiento de usuarios?</b>	En proceso desde 2009	Si	Si	En proceso desde 2009
<b>Tiempo estimado para liberación</b>	2013/2014  (Estimado a partir de la intención de ANE de licitar este espectro en 2013)	En un estimado internacional una migración de banda tomaría no menos de 5 años (Ver Rec. UIT-R SM.1603 "Reorganización del espectro como método de gestión nacional del	En un estimado internacional una migración de banda tomaría no menos de 5 años (Ver Rec. UIT-R SM.1603 "Reorganización del espectro como método de gestión nacional del	2013/2014  (Estimado a partir de la intención de ANE de licitar este espectro en 2013)

		espectro) <sup>60</sup>	espectro)	
<b>Recursos de indemnización a usuarios</b>	Provenientes de licitaciones de espectro	No definida	No definida	Provenientes de licitaciones de espectro
<b>Disponibilidad de equipo LTE</b>	Inmediata	No definida	No definida	2013/2014
<b>Observaciones</b>	Es congruente con los tiempos planeados para el proyecto que requiere la Fuerza Pública, sin embargo, no es acorde con el plan APT, el cual es de preferencia de la ANE	No es congruente con los tiempos planeados de implementación del proyecto que requiere la Fuerza Pública. Asimismo, no hay certidumbre en plazos de disponibilidad de producto	No es congruente con los tiempos planeados de implementación del proyecto que requiere la Fuerza Pública. Asimismo, no hay certidumbre en plazos de disponibilidad de producto	Es congruente con los tiempos planeados para el proyecto que requiere la Fuerza Pública y es acorde con el plan APT, el cual es de preferencia de la ANE

Fuente: elaboración propia.

## 6.6 DIAGNÓSTICO

6.6.1. Resultado de la encuesta de necesidades de las FF.MM. y PONAL en comunicaciones de cuarta generación. La encuesta reveló un número importante de beneficios que la Fuerza Pública espera obtener de la tecnología de banda ancha móvil LTE. La posibilidad de permitir la interoperabilidad entre agencias es extremadamente importante y la necesidad de acceder a información en tiempo real desde el campo y desde el centro de Comando y Control es fundamental.

Mediante la encuesta fue confirmado el alcance que se esperaba para la cobertura de la red; la Fuerza Pública requiere acceso a las comunicaciones a lo largo y ancho de la geografía nacional y no únicamente en las zonas de gran concentración de usuarios.

Esta cobertura debe ser provista mediante el despliegue de estaciones base o mediante la disponibilidad de transmisores móviles transportables. De igual

<sup>60</sup> La Recomendación UIT-R SM.1603 "Reorganización del espectro como método de gestión nacional del espectro) puede consultarse en [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1603-0-200302-S!!PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1603-0-200302-S!!PDF-S.pdf).



manera, el estudio permitió cuantificar el requerimiento de throughput referente a la velocidad de transmisión de la información y acceso a esta en tiempo real. Esta información será muy útil para una fase siguiente que no es parte de este proyecto y es la del dimensionamiento y diseño de la red propiamente dicha para uso exclusivo de la Fuerza Pública y entidades del Estado en aras de cumplir con los objetivos de Seguridad pública y atención y prevención de desastres.

Finalmente, los resultados demostraron la unanimidad que existe en las Fuerzas Militares y en la Policía Nacional sobre el control que deben tener éstas sobre sus comunicaciones. La totalidad de los encuestados estuvo de acuerdo en que se debería utilizar una porción reservada de espectro para uso exclusivo en la implementación de la red dedicada de banda ancha móvil para la Fuerza Pública en la banda de 700 Mhz.

6.6.2. Resultado del estudio de las bandas de frecuencia y el estándar tecnológico. Para la implementación de una red 4G en la fuerza pública se requiere de 10 + 10 MHz de espectro en una de las bandas de frecuencias siguientes, mismas que estarían alineadas a las Resoluciones de la UIT sobre Protección Pública y Socorro en Casos de Desastre, y a los tiempos de implementación requeridos por la Fuerza Pública, permitiendo con ello a las Fuerzas Militares acceder a los beneficios inherentes a la armonización de espectro, como lo es economías de escala, interoperabilidad y cooperación internacional en el corto plazo:

- Banda LTE 14: 758-768 / 788-798 MHz
- Banda LTE 28: 703-713 / 758-768 MHz

Teniendo en cuenta que uno de los cuatro pilares, sobre los cuales está sustentado el marco de política para el uso eficiente del espectro radioeléctrico, es la seguridad nacional, la asignación de la banda de 700 MHz o Dividendo Digital se establece así como una oportunidad histórica de que Colombia cuente con una Fuerza Pública provista de los recursos necesarios para cumplir con su función constitucional y con los objetivos estratégicos trazados por el gobierno nacional.

## 7. DISEÑO DE LA PROPUESTA

Una vez efectuado el análisis de la información y su respectivo diagnóstico con base en la encuesta realizada al interior de las FF.MM y la Policía Nacional y el análisis documental de las bandas de frecuencia, la propuesta final se describe a continuación como un documento estratégico que explica la importancia de la asignación de espectro electromagnético de uso exclusivo para la Fuerza Pública, resultado de una metodología de investigación aplicada para el problema planteado en el desarrollo de este proyecto, el cual fue definido como: ¿Cuál es la cantidad de espectro electromagnético requerido por la Fuerza Pública para el despliegue de una red propia de cuarta generación y cuál sub-banda sería las más apropiada para su implementación?

El resultado de esta propuesta una vez aprobada, será socializado en reunión de los Directores de Telemática y Comunicaciones de cada una de las fuerzas y la Policía Nacional para seguir el conducto regular antes que pueda ser tramitada por el Ministerio de Defensa al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

### 7.1 DOCUMENTO PROPOSITIVO DIRIGIDO AL MINISTERIO DE TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES

Señor

**DIEGO MOLANO VEGA**

Ministro de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

Bogotá, D. C.

**Asunto:** Asignación de espectro electromagnético de uso exclusivo de la fuerza pública para el despliegue de una red de comunicaciones inalámbrica de cuarta generación

Con referencia a la resolución No. 668 emitida por la Agencia Nacional del Espectro y por la cual se modifica la resolución 37 del 20 de enero del 2012, se establece en esta resolución “ **Al vencimiento de los plazos establecidos en la presente resolución, se atribuye y reserva dentro del territorio nacional, a título primario, la banda de frecuencias de 698 a 806 al servicio móvil terrestre para proveer redes y servicios de telecomunicaciones que utilicen o lleguen a utilizar las Telecomunicaciones Móviles Internacionales, IMT**”, y teniendo en cuenta que el pasado 26 de junio de 2013 se llevó a cabo la primera subasta de bandas de frecuencia para el despliegue de redes comerciales de 4G LTE, con toda atención me permito poner en consideración del señor Ministro de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, los siguientes puntos de vista con respecto al desarrollo de este tipo de tecnologías en nuestro país y que son de vital importancia para el desarrollo de los sistemas de comunicaciones móviles que



requieren las FF.MM de Colombia y la Policía Nacional a nivel estratégico y/o táctico para el cumplimiento de la misión constitucional, y que suponen el uso del espectro electromagnético en bandas de frecuencia de uso exclusivo como lo es la banda de 700 Mhz, así:

- Las FF.MM de Colombia y la Policía Nacional para cumplir con los objetivos estratégicos trazados por el Gobierno Nacional de salvaguardar la seguridad nacional, requieren contar con tecnologías de comunicaciones propias en el desarrollo de las operaciones militares conjuntas y policiales a lo largo y ancho de la geografía nacional, con sus respectivos esquemas de seguridad y disponibilidad como lo son las redes de seguridad pública desarrolladas en otros países que ya cuentan con esta tecnología.
- Las nuevas redes 4G LTE aplicadas a seguridad pública, permitirán la aplicación de poderosas e innovadoras soluciones orientadas a proteger y a hacer más eficiente el desarrollo de las operaciones militares conjuntas, y policiales permitiendo la transmisión de información en tiempo real, control, confiabilidad, seguridad y rendimiento, que son pilares fundamentales de las tecnologías para seguridad pública y que no se puede obtener con las actuales redes de comunicaciones de los operadores privados y/o comerciales.
- Las redes de las Fuerzas Militares y la Policía Nacional de aplicaciones para seguridad pública, hoy en día operan principalmente en bandas de frecuencias de VHF y 800 MHz en nuestro país y continuarán ofreciendo servicios para aplicaciones críticas de voz y datos de dos vías, ofreciendo el rendimiento, la cobertura, la fiabilidad y las exclusivas funciones de llamada requeridas para la seguridad pública. Pero con la incorporación de las redes 4G, los sistemas de comunicaciones de seguridad pública tendrán la oportunidad de complementar sus servicios de voz y datos con aplicaciones multimedia mejoradas, incluyendo la capacidad de acceder a bases de datos, redes de intranet e Internet y de transmitir y recibir video en tiempo real en computadoras portátiles o tablets dentro de unidades móviles o terminales de mano inteligentes.
- Los organismos gubernamentales y de seguridad pública a nivel mundial están considerando a LTE como el estándar tecnológico para la implementación de aplicaciones de banda ancha móviles. LTE es un sistema 4G basado en estándares que le puede permitir a la Fuerza Pública satisfacer las necesidades de comunicaciones de banda ancha móvil de manera más rentable y con una mayor disponibilidad de equipos y aplicaciones.
- Las necesidades para seguridad pública que requieren las Fuerzas Militares de Colombia y su Policía Nacional imponen una demanda de recursos exclusivos sobre cualquier red de comunicaciones, demanda que debe ser considerada significativamente a la hora de diseñar e implementar una red. Los requerimientos de la Fuerza Pública son de tal magnitud que requieren de espectro dedicado, capacidad de dar prioridad a usuarios, seguridad, disponibilidad y confiabilidad en las comunicaciones, interoperabilidad con redes de radio existentes, terminales robustos, entre otras capacidades. Es por esto que la banda de 700 MHz está



siendo considerada y en algunos países ya ha sido seleccionada para brindar servicios de comunicación móviles sobre redes 4G LTE dedicadas a las agencias de seguridad del Gobierno.

- La banda de 700 MHz ofrece mayor rango de cobertura comparada con otras bandas consideradas como es el caso de las bandas superiores a 1 GHz, lo que resulta en la necesidad de menos sitios de comunicaciones y menores costos para la implementación de la red, por lo que una asignación exclusiva para las Fuerzas Militares y Policía Nacional en dicha banda es altamente conveniente para garantizar el cubrimiento requerido por la Fuerza Pública a fin de garantizar las condiciones de seguridad en el territorio aprovechando la Red Integrada de Comunicaciones (RIC), sobre cuyas estaciones es viable la implementación de soluciones en la banda de 700 MHz para los servicios de comunicaciones móviles LTE con características militares.
- Si bien es cierto que los operadores comerciales están invirtiendo activamente en tecnología LTE. El estándar LTE se ha convertido en la elección de-facto de las redes de banda ancha comerciales a nivel mundial. Por otro lado vemos el interés de muchos países en asignar espectro y recursos e invertir en redes privadas para el uso exclusivo de las Fuerzas Militares y de seguridad pública. Este es el caso de Estados Unidos, Canadá y otros países en el Medio Oriente, Asia y Oceanía. La innovación en dispositivos multi-banda, multi-tecnología y de componentes de interoperabilidad entre redes, permitirá la selección de un modelo híbrido, haciendo posible la construcción de redes privadas en zonas estratégicas (zonas de conflicto, urbanas, industriales, comerciales, de alta incidencia criminal, puertos, aeropuertos, etc.) y por otro lado, permitiendo el uso de redes comerciales en el resto del país. Esto brinda la flexibilidad de tener más control, capacidad, confiabilidad y seguridad en las áreas de mayor riesgo donde esta tecnología se convierte en la solución ideal.
- Los estudios realizados por diferentes países en la asignación de espectro para Seguridad pública ha mostrado que se requieren múltiplos de 5 + 5 MHz para la implementación de redes de banda ancha móvil de seguridad pública. Es así, como la propuesta más recomendable para Colombia es que se asignen para la Fuerza Pública un monto de 10 + 10 MHz de espectro, teniendo en cuenta la capacidad de una red LTE en condiciones reales de operación, la cual difiere considerablemente de la capacidad máxima que se puede obtener en condiciones de laboratorio controladas. También es importante anotar que la red a desplegar debe estar en condiciones de suministrar la capacidad requerida para las aplicaciones utilizadas en la atención de las situaciones de seguridad y emergencia en toda su área de cobertura, incluyendo las zonas más alejadas que cubre cada celda. (Se cuenta con encuestas y estudios teóricos que justifican la banda y la cantidad de espectro requerido para la Fuerza Pública en Colombia).
- Los documentos preparados y las presentaciones efectuadas en diferentes escenarios por el MINTIC y la ANE han recogido las proyecciones de demanda de espectro para servicios móviles de datos; también han destacado los beneficios económicos y sociales que se logran cuando aumenta la penetración de los



servicios móviles y han hecho énfasis en la necesidad de reservar más espectro para estos servicios, pero por otra parte, aunque se reconoce la necesidad de reservar espectro para actividades de seguridad, socorro y mitigación de desastres, no parece que se esté tratando esta necesidad con el mismo nivel de prioridad que se le ha dado a las necesidades comerciales. ***Estas afirmaciones se hacen porque es entendido que en los próximos meses se iniciará un proceso para subastar la banda de 700 Mhz, y hasta el momento no se ha permitido ni siquiera la opción de discusión de reserva de espectro en la banda de 700 MHz para seguridad pública.***

Finalmente, teniendo en cuenta que uno de los cuatro pilares, sobre los cuales está sustentado el marco de política para el uso eficiente del espectro radioeléctrico, es la **Seguridad Nacional**, le solicito respetuosamente para que a través de su Despacho se considere atribuir en la banda del Dividendo Digital, la prioridad para que las Fuerzas Militares de Colombia y su Policía Nacional puedan desarrollar sus soluciones de comunicaciones, de forma tal que sea posible acceder a una porción del espectro dedicado y suficiente en **700 MHz** que permita implementar **redes propias de LTE para seguridad pública** que permita garantizar el desarrollo de las operaciones de forma conjunta y coordinada a nivel estratégico y táctico en el territorio nacional donde sea viable su implementación.

Agradezco de antemano, la atención que usted tenga a la presente solicitud y estamos atentos a cualquier aclaración e información adicional que se requiera, para que la Fuerza Pública cuente con la porción de espectro requerido en la banda de 700 Mhz y de esta manera dar los siguientes pasos necesarios para contar con una red de 4G con las características especiales y servicios vitales en el ambiente operacional.

Atentamente,

**Doctor JUAN CARLOS PINZÓN BUENO**  
Ministro de Defensa Nacional

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 El espectro electromagnético es un recurso muy valioso y estratégico en cualquier nación, y este estudio nos ha demostrado que la Fuerza Pública en Colombia debe tener espectro electromagnético propio para el despliegue de las nuevas redes de comunicaciones móviles como lo es el estándar LTE.

8.2 El resultado del estudio durante el presente proyecto, ha evidenciado que las Fuerzas Militares y la Policía Nacional no pueden estar supeditadas a las soluciones comerciales para el despliegue de redes de comunicaciones, es necesario desarrollar infraestructura propia y con estándares militares que garanticen la seguridad de la información y el desempeño confiable de la red sin depender de un tercero.

8.3 El sistema de banda ancha móvil LTE dedicado al uso exclusivo de la Fuerza Pública permitirá mantener a Colombia a la vanguardia en el uso de tecnología para Seguridad Pública y Atención de desastres, y será un modelo a seguir para los demás países de la región.

8.4 Es importante que el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia entienda la verdadera necesidad de contar con espectro dedicado para la Fuerza Pública en la banda de 700 Mhz, como ha sucedido en otros países donde las políticas de gobierno de los mismos, han reservado este espectro para el despliegue de redes para su seguridad pública y atención de desastres.

8.5 En Colombia se adelantará un proceso de subasta para una segunda fase de despliegue de redes de comunicaciones móviles de cuarta generación LTE para los operadores comerciales, y se requiere que por lo menos 20 Mhz (10+10) de esta porción del espectro en esta banda sea reservada para uso exclusivo de las Fuerzas Militares y la Policía Nacional.

8.7 El resultado de este trabajo y una respuesta positiva por parte del MinTic para la asignación del espectro requerido, servirá como punto de partida de un proyecto futuro de despliegue de una red de comunicaciones nacional de 4G para seguridad pública y atención de desastres, cuyo proyecto deberá ser matriculado en el banco de proyectos de Inversión del sector Defensa para su desarrollo en el próximo cuatrienio. (2014-2018).



## 9. BIBLIOGRAFÍA.

AGENCIA NACIONAL DEL ESPECTRO. Resolución No. 668 (12, diciembre, 2012). Por la cual se modifica la resolución 37 del 20 de enero de 2012. Bogotá ANE, 2012. 3 p.

ARIGOS, Emilio. Gracias a las cámaras de video vigilancia se salva una vida [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <https://www.facebook.com/notes/emilio-arigos/gracias-a-las-c%C3%A1maras-de-video-vigilancia-se-salv%C3%B3-una-vida/107383049401383>

CHARRY, Norman. Arquitectura del sistema LTE [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://prezi.com/zl\\_kso8rc4hx/1-arquitectura-del-sistema-lte/?utm\\_source=website&utm\\_medium=prezi\\_landing\\_related\\_solr&utm\\_campaign=prezi\\_landing\\_related\\_author](http://prezi.com/zl_kso8rc4hx/1-arquitectura-del-sistema-lte/?utm_source=website&utm_medium=prezi_landing_related_solr&utm_campaign=prezi_landing_related_author)

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1450 de 2011. (16, junio, 2011). Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014. Bogotá: *Diario Oficial* No. 48.102 de 16 de junio de 2011.

COLOMBIA. Constitución Política [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.banrep.gov.co/regimen/resoluciones/cp91.pdf>

COLOMBIA. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. Directiva Ministerial 001 de 2013. Bogotá: MDN, 2013. 23 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. Directiva Ministerial 001 de 2013. Bogotá: MDN, 2013. 23 p.

COMANDO GENERAL FUERZAS MILITARES. Guía de planeamiento estratégico. 2012-2014. Bogotá: C.G.F.M., 2012. 45 p.

Computerworld México. Implementación global de LTE se acelerará para 2015 [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.computerworldmexico.mx/Articulos/20207.htm>

COMUNIDAD OLA|TIGO. MinTIC explica cómo será el proceso de subasta de 4G en Colombia [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.comunidad-ola.com/portal/index.php/noticias-/otras-empresas/5701-MinTIC-explica-como-sera-proceso-de-subasta-de-4g-en-colombia>

DISPATCH MAGAZINE ON-LINE. Police commissioner Raymond W. Kelly testimony on safeguarding our future: building a nationwide network for first responders U.S. senate committee on commerce, science, & transportation [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://pdf.911dispatch.com.s3.amazonaws.com/senate\\_hearing\\_d-block\\_feb2011.pdf](http://pdf.911dispatch.com.s3.amazonaws.com/senate_hearing_d-block_feb2011.pdf)

Evolved UTRAN (E-UTRAN). Valbonne: 3GPP, 2012. 18 p.

GARCÍA, Félix. LTE-Long Term Evolution [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <<http://www.networkworld.es/movilidad/lte-el-estandar-esperado>>

GUERNSEY, Lisa. An unimaginable emergency put communications to the test. En: The New York Times. 20, septiembre, 2001. Sec. Technology. [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.nytimes.com/2001/09/20/technology/circuits/20INFR.html>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Presentación de trabajos escritos. Bogotá: Icontec, 2010. 42 p.

JAMIESON, Allan. Radiocomunicaciones para protección pública y operaciones de socorro. [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.itu.int/itunews/manager/display.asp?lang=es&year=2006&issue=03&ipage=publicProtection&ext=html>

KAISER, Tiffany. U.S. Navy to deploy 4G LTE network on three ships [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.dailytech.com/US+Navy+to+Deploy+4G+LTE+Network+on+Three+Ships/article24765.htm>

LARA, Paul. Brasil crea sus tecnosoldados. En: Excélsior. México D. F. 17, mayo, 2012. Sec. Dinero. p. 14 [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.intermediamexico.com/lib/cntc\\_grande2.php?clipping2=170512motorola800.jpg&clave=2673598&abrir=2](http://www.intermediamexico.com/lib/cntc_grande2.php?clipping2=170512motorola800.jpg&clave=2673598&abrir=2)

LOGICALIS NOW. El auge de los datos inalámbricos [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.la.logicalis.com/pdf/10Cisco\\_2.pdf](http://www.la.logicalis.com/pdf/10Cisco_2.pdf)

LOZANO, Ángel. Transmit diversity vs. spatial multiplexing in modern MIMO systems [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.dtic.upf.edu/~alozano/papers/Diversity.pdf>



MARKETRESEARCH.COM. Public Safety LTE: Contracts, Revenue, Market Share, Subscriptions and Forecasts by Vendor, Country and Spectrum Database 2011-2015 [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.marketresearch.com/Signals-and-Systems-Telecom-v3882/Public-Safety-LTE-Contracts-Revenue-6641140/>

MÉXICO. COMISIÓN FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES. Acuerdo mediante el cual el pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones recomienda que los Estados Unidos Mexicanos adopte la opción de segmentación A5 para la banda de frecuencias 698/806 MHz (Banda 700 MHz), incluida la recomendación UIT-R M.1036, en el ámbito de sus atribuciones de espectro a los usos futuros de la banda. [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://sictet.cft.gob.mx/publicdata/P\\_190912\\_502Banda700completo.pdf](http://sictet.cft.gob.mx/publicdata/P_190912_502Banda700completo.pdf)  
SILVA, Javier. Fallas en Claro, por redes saturadas. En: El Universal. 15, mayo, 2013. Sec. Cartera [En línea]. [Citado el 15 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/102414.html>

MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (MinTic) . [En línea]. [Citado el 01 de julio de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.mintic.gov.co>

PERALTA, Jose Armando y PÉREZ, Eduardo. LTE y 3G. [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://prezi.com/lhdy3j-k081r/lte-y-3g/>

RESTREPO, José. Características del sistema LTE [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4836/3/josefernandorestrepopedrahita.2011.parte3.pdf>

TELECO. LTE [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.teleco.com.br/lte.asp>

THOMPSON, Edric. Army examines feasibility of integrating 4G LTE with tactical network [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.army.mil/article/87875/>

TOWNSEND, Anthony. The Shame of Boston's Wireless Woes [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.theatlanticcities.com/technology/2013/04/shame-bostons-wireless-woes/5320/>

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Conferencia mundial de radiocomunicaciones [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.itu.int/md/dologin\\_md.asp?lang=en&id=R03-WRC03-C-0005!!MSW-S](http://www.itu.int/md/dologin_md.asp?lang=en&id=R03-WRC03-C-0005!!MSW-S)

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Actas finales CMR-03 Conferencia mundial de radiocomunicaciones [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-s/oth/02/01/S020100002D4002PDFS.pdf](http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/01/S020100002D4002PDFS.pdf)

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Frequency arrangements for public protection disaster and relief radiocommunications systems in UHF bands in accordance with Resolution 646 [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2015-0-201203-I!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2015-0-201203-I!!PDF-E.pdf)

UNIÓN INTERNACIONAL DE COMUNICACIONES. Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones CMR 2003 [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=conferences&rlink=wrc-03&lang=es>

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Informe UIT M. 2033 Objetivo y requisitos de las telecomunicaciones de protección pública y socorro [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2033-2003-PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2033-2003-PDF-S.pdf)

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. Radio Interface Standards for Use by Public Protection Disaster and Relief Radiocommunications Systems in Some Parts of the UHF Bands in Accordance with Resolution 646 [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2009-0-201203-I!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2009-0-201203-I!!PDF-E.pdf)

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, UIT-R SM.1603 Reorganización del espectro como método de gestión nacional del espectro, [Citado el 4 de julio de 2013]. Disponible en internet: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1603-0-200302-S!!PDF-S.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1603-0-200302-S!!PDF-S.pdf).

U.S. Army. Networking the soldier [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.bctmod.army.mil/CS13/index.html>

3rd. GENERATION PARTNERSHIP PROJECT TR 25.913. Technical Specification Group Radio Access Network Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and

3rd. GENERATION PARTNERSHIP PROJECT. TS 36.101. Technical Specification Group Radio Access Network Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and Evolved UTRAN (E-UTRAN) user equipment radio transmission and reception. [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36\\_series/36.101/36101-b20.zip](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36_series/36.101/36101-b20.zip)



3rd GENERATION PARTNERSHIP PROJECT. TS 33.401 System Architecture Evolution. [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/33401.htm>

4G AMERICAS. OFDM/OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiplexing/Orthogonal Frequency Division Multiple Access [En línea]. [Citado el 13 de mayo de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page&sectionid=253>

## 10. ANEXOS.

### ANEXO A. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

No.	ACTIVIDADES	2014				2015				2016				2017				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Elaboración anteproyecto																	
2	Informe avance trabajo de grado																	
3	Recopilar información para análisis																	
4	Análisis de datos para determinar la cantidad de usuarios y la demanda de tráfico que se genera desde la Fuerza Pública.																	
5	Socializar el proyecto "Red móvil inalámbrica de comunicaciones de cuarta generación para seguridad pública y atención de desastres a escala nacional" con las Direcciones de Telemática del Ejército nacional, de la Armada nacional, de la Policía nacional, de la Dirección de Comunicaciones y Radiayudas FAC y de la Dirección de Tecnologías de la Información de la FAC para planear los recursos económicos y necesidades de comunicaciones para el cuatrienio 2014-2017.																	
6	Consolidación informe final de la investigación.																	
7	Entrega final y sustentación																	
8	Recomendar al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y a la Agencia Nacional del Espectro la porción del espectro requerido por la Fuerza Pública para la implementación de una red móvil inalámbrica de comunicaciones de cuarta generación.																	

Fuente: elaboración propia



**ANEXO B. FORMATO ENCUESTA DE NECESIDADES DE LAS FF.MM y PONAL  
EN COMUNICACIONES DE CUARTA GENERACION.**

FUERZA: _____	Fecha: _____
DEPENDENCIA: _____	

**Introducción**

Las nuevas redes 4G-LTE permitirán la aplicación de soluciones potentes e innovadoras orientadas a brindar un mejor servicio de información en tiempo real, control, confiabilidad, seguridad y rendimiento; elementos esenciales de la tecnología para la toma de decisiones que requieren las entidades del sector Defensa. La tecnología LTE permitirá que la velocidad de transferencia de datos, actualmente limitada con las redes existentes de banda angosta, alcance velocidades de banda ancha. Eso significa que aplicaciones tan simples como la mensajería de texto, darán paso a una amplia gama de aplicaciones multimedia, que ofrecerán acceso mejorado a información en tiempo real, conexiones en cualquier momento y en cualquier lugar, y reconocimiento más claro de la situación. Adicionalmente, LTE es la principal tecnología que los organismos gubernamentales y de seguridad pública están considerando para las aplicaciones de banda ancha móvil en todo el mundo. LTE es un sistema basado en estándares que ofrece algo que muchos organismos gubernamentales y de seguridad pública han estado buscando durante años: satisfacer sus necesidades de comunicaciones de banda ancha móvil de manera más rentable y con una mayor disponibilidad de dispositivos y aplicaciones.

**Que servicios de comunicación requiere su Fuerza?**

1.- Por favor califique la importancia de los siguientes servicios de misión crítica para su operación (1 siendo la menor importancia, 5 siendo la mayor importancia)

- a. Acceso a video de cámaras fijas en tiempo real desde un centro de comando.
- b. Acceso a video en cámaras móviles montadas en aviones, unidades a flote o vehículos terrestres, en tiempo real desde el centro de comando.
- c. Acceso a video de cámaras fijas en tiempo real desde un área de operaciones.
- d. Acceso a video en cámaras móviles montadas en aviones, unidades a flote o vehículos terrestres, en tiempo real desde un área de operaciones.
- e. Comunicación instantánea de voz entre usuarios con solo oprimir un botón.
- f. Llamada automática de emergencia con solo oprimir un botón.
- g. Comunicación inmediata entre usuarios con terminales pequeñas.
- h. Comunicación inmediata entre usuarios con terminales pequeñas e

1	2	3	4	5





- Amplia cobertura en pequeñas poblaciones
- Amplia cobertura en carreteras principales
- Amplia cobertura en carreteras secundarias
- Amplia cobertura en zonas rurales apartadas
- Amplia cobertura en un área de operaciones específica.

Otra (por favor, especifique)

4.- Por favor indique en que zonas de la geografía nacional (Ciudades Principales y Municipios) se debería iniciar con la implementación de una red de comunicaciones de banda ancha móvil de cuarta generación que soporte la operación de su Fuerza

Relación de ciudades principales

Relación de municipios o áreas de operaciones específicas

5.- Por favor indique el parámetro de velocidad efectiva para definir el alcance de una red de comunicaciones de banda ancha móvil de cuarta generación que soportaría la operación de su Fuerza (seleccione solo la opción de desempeño que considere aceptable)

- Descarga de un archivo de 100 MB en menos de 10 segundos
- Descarga de un archivo de 100 MB en menos de 1.5 minutos
- Descarga de un archivo de 100 MB en menos de 15 minutos
- Descarga de un archivo de 100 en menos de 1 hora

6.- Por favor indique el número de usuarios de su Fuerza que harían uso de una red de banda ancha móvil y de los servicios anteriormente mencionados. (Anexar los cálculos detallados realizados para llegar al resultado).

Cantidad total de Usuarios

7.- Por favor indique la distribución de los usuarios (porcentajes) en su Fuerza, así:

Usuarios en cuarteles u oficinas usando principalmente un computador portátil

 %

Usuarios en el campo de operaciones usando principalmente un subscritor móvil montado en un vehículo, unidad a flote ó aeronave.

  
%

Usuarios en el campo de operaciones usando principalmente un subscritor portátil (tipo teléfono inteligente)

  
%

Usuarios que operan en todos los escenarios anteriores.

  
%

## Espectro radioeléctrico

El momento en que cese la difusión analógica de televisión y sea sustituida por la televisión digital se ocasionará el apagón analógico. Cuando eso ocurra, las bandas que actualmente están siendo ocupadas por la televisión analógica convencional quedarán libres en gran parte, puesto que la televisión digital es del orden de seis veces más eficaz en cuanto al uso del espectro, pudiendo entonces ser asignadas a otros servicios. Esta "liberación de ocupantes" de las frecuencias de difusión actuales en la banda de 700 MHz se conoce como "dividendo digital".

La Agencia Nacional del Espectro ANE ha designado la banda de 700MHz, también conocida como Dividendo Digital, para uso exclusivo de servicios de telecomunicaciones móviles terrestres 4G, teniendo en cuenta que esta porción de espectro permite llegar con cobertura de Internet de alta velocidad a zonas rurales y apartadas del territorio nacional, así como la implementación de redes y servicios de telecomunicaciones eficientes a bajo costo. No solo la banda de 700 MHz ofrece mejores condiciones de propagación, lo que resulta en la necesidad de menos sitios de comunicación y menores costos de la red tanto en la ciudad como en el campo si no que también, estará disponible en un corto plazo debido al apagón analógico.

Es por este motivo que la banda de 700 MHz es de vital importancia para poder suplir los requerimientos tanto de cobertura como de capacidad que ningún sistema comercial estaría en capacidad de satisfacer con el grado de servicio, cobertura y disponibilidad exclusivos de la Fuerza Pública.

8.- Está de acuerdo usted en que debería usarse una parte de la banda de 700 MHz para implementar redes de banda ancha móvil de uso exclusivo de la Fuerza Pública?

- De acuerdo
- En desacuerdo
- No lo sé

9.- Está de acuerdo usted en que los servicios móviles de banda ancha para sistemas de seguridad y defensa sean soportados por redes y operadores comerciales?

- De acuerdo
- En desacuerdo
- No lo sé



10.- Conoce alguna otra banda de frecuencias por debajo de 1 GHz que pueda ser atribuida para redes de banda ancha móvil de uso exclusivo de la Fuerza Pública?

11.- ¿Tiene algún comentario o sugerencia?

**Nota:** se podrán usar hojas anexas a éste formato para ampliar sus respuestas.

Muchas gracias por su amabilidad y por el tiempo dedicado a contestar esta encuesta

Fuente: elaboración propia

ANEXO C. CALCULO DE REQUISITOS ESPECTRALES METODOLOGÍA UIT-R  
M. 1390

Metodología de las IMT-2000 (Rec. UIT-R M.1390)		Colombia LTE Banda Ancha móvil PPDR			
<b>A</b>	Consideraciones Geográficas				
<b>A1</b>	Seleccionar tipo de entorno operacional Cada tipo de entorno forma esencialmente una columna de la hoja de cálculo. No es necesario considerar todos los entornos, sino sólo los contribuyentes más importantes a los requisitos espectrales. Los entornos pueden estar solapados geográficamente. Los usuarios no deben ocupar dos entornos operacionales simultáneamente	Entorno = «e»  Combinación de densidad de usuarios y movilidad de usuarios: densidad: urbana densa, urbana, suburbana, rural; movilidad: de interior de edificio, peatonal, de vehículo. Determinar cuál de los entornos posible de densidad/ movilidad coexisten Y crean la mayor demanda espectral		Peatonal urbano y móvil	Peatonal urbano y móvil
<b>A2</b>	Seleccionar el sentido de los cálculo, enlace ascendente, enlace descendente, o combinado	Normalmente separar los cálculos de enlace ascendente y del enlace descendente por la asimetría propia de ciertos servicios		Enlace ascendente	Enlace descendente
<b>A3</b>	Áreas de célula representativa y geométrica para cada tipo de entorno operacional	Geometría celular media/típica (km): radio de las células omnidireccionales; radio del vértice para las células hexagonales por sectores			8
<b>A4</b>	Calcular el área de la célula representativa	Células omnidireccionales: circular = $\pi \cdot R^2$ ; hexagonal = $2,6 \cdot R^2$ ; hexagonal 3 sectores = $2,6 \cdot R^2/3$ km <sup>2</sup>			55
<b>B</b>	Consideraciones relativas al mercado y al tráfico				
<b>B1</b>	Servicios de telecomunicación ofrecido	Velocidad binaria neta de usuario		2250	5000



Metodología de las IMT-2000 (Rec. UIT-R M.1390)		Colombia LTE Banda Ancha móvil PPDR		
		correspondiente (kbit/s)		
B2	Densidad de población	Población total = sum (habitantes por categoría)	129059	Total de población PPDR en la superficie considerada
			Población (POB) por categoría PPDR	Índice de penetración (PEN) en la categoría PPDR
				Datos en banda ancha
		EJC	42679	1,00
		FAC	3000	1,00
		ARC	33380	1,00
		PONAL	50000	1,00
		Otra policía	0	0,10
		Refuerzo civil de la policía	0	0,10
		Bomberos	0	0,10
		Bomberos a tiempo parcial	0	0,10
		Refuerzo civil de los bomberos	0	0,10

Metodología de las IMT-2000 (Rec. UIT-R M.1390)		Colombia LTE Banda Ancha móvil PPDR		
		Servicios médicos de urgencia	0	0,10
		Refuerzo civil de los servicios médicos de urgencia	0	0,10
		Administración general	0	0,10
		Otros usuarios PPDR	0	0,10
	= SUM (POP × PEN)		129059	Población PPDR que utiliza el servicio de datos BA
	<b>Superficie considerada</b>		250000	km2
	Número de personas por unidad de superficie en el entorno considerado. La densidad de población puede variar con la movilidad	Usuarios potenciales/km2	0,516236	Total de población/km2
B3	Índice de penetración  Porcentaje de personas abonadas a un servicio en un entorno. Una persona puede estar abonada a varios servicios, por consiguiente, el índice total de penetración de todos los servicios en el entorno puede superar 100%		= PEN en la categoría PPDR × POB categoría PPDR/POB total PPDR	Por categoría (policía = PEN policía × POB policía)  (Por categoría policía = PEN policía × POB policía)/POB total PPDR
		EJC	42679	0,33



Metodología de las IMT-2000 (Rec. UIT-R M.1390)		Colombia LTE Banda Ancha móvil PPDR			
			FAC	3000	0,02
			ARC	33380	0,26
			PONAL	50000	0,39
			Otra policía	0,00	0,00
			Refuerzo civil de la policía	0,00	0,00
			Bomberos	0,00	0,00
			Bomberos a tiempo parcial	0,00	0,00
			Refuerzo civil de los bomberos	0,00	0,00
			Servicios médicos de urgencia	0,00	0,00
			Refuerzo civil de los servicios médicos de urgencia	0,00	0,00
			Administración general	0,00	0,00
			Otros usuarios PPDR	0,00	0,00
		= % de la POB total PPDR	<b>Penetración PPDR total</b>	<b>100%</b>	<b>% que utiliza voz BA</b>
B4	Usuarios/célula representa el número de personas realmente abonadas al servicio «s» dentro de una célula en un entorno «e»	Usuarios/célula = densidad POB × índice PEN × área célula Depende de la densidad de población, del área de la célula y del índice de penetración del servicio en cada			Usuarios de datos BA PPDR por 29 célula

Metodología de las IMT-2000 (Rec. UIT-R M.1390)		Colombia LTE Banda Ancha móvil PPDR			
		entorno			
<b>B5</b>	Parámetros de tráfico			Enlace ascendente	Enlace descendente
	Número medio de llamadas/sesiones intentadas a/de abonado medio durante hora cargada		Por usuario de datos BA PPDR	0,9	7
	Duración efectiva de la llamada Duración de la llamada/sesión media durante la hora cargada	Segundos/llamada	Por usuario de datos BA PPDR	270	44
	Factor de actividad Porcentaje de tiempo en el que el recurso se utiliza realmente durante una conversación/sesión. Los paquetes de datos pueden venir en ráfagas y el recurso sólo se utiliza una pequeña fracción del tiempo en el que la sesión está activa. Si la voz sólo se transmite cuando el usuario habla no acapara el recurso durante las pausas vocales ni cuando está escuchando		Por usuario de datos BA PPDR	0,9	0,5
<b>B6</b>	Tráfico/usuario	Segundo de llamadas por usuario			
	Tráfico medio en segundos de llamada generado por cada usuario durante la hora cargada	= intentos horas cargadas × duración llamada × actividad	Tráfico/usuario de datos BA PPDR	218,7	154



Metodología de las IMT-2000 (Rec. UIT-R M.1390)		Colombia LTE Banda Ancha móvil PPDR			
B7	Tráfico/célula ofrecido Tráfico medio generado por todos los usuarios de una célula durante la hora cargada (3 600 s)	$E = \text{tráfico/usuario} \times \text{usuario/célula}/3\ 600$	Tráfico/usuario de datos BA PPDR	1,740	1,225
B8	Establecer los parámetros de la función de calidad de servicio (QoS)			Enlace ascendente	Enlace descendente
	Tamaño de grupo  Número de células de un grupo. Como el despliegue y las tecnologías de los sistemas celulares proporcionan cierta medida de la «compartición» de tráfico entre células adyacentes, se considera el tráfico en función de la calidad de servicio dentro de una agrupación de células	12 (sólo portátiles) o 21 (portátiles + móviles)  La agrupación célula típica es de 1 célula. El tráfico/célula se multiplica por el tamaño del grupo y se aplica a la agrupación la calidad de servicio (o función de bloqueo). El resultado se divide por el tamaño del grupo para restaurar la valoración por célula		1	1
	Tráfico por grupo	$= \text{tráfico/célula (E)} \times \text{tamaño del grupo}$	Tráfico de datos BA PPDR por grupo	1,740	1,225
	Tasa de transmisión requerida (Mbps)		De encuesta FF.MM y PONAL	4,0	10,0
	Canales de servicios por grupo  Determinar el número de canales necesarios para soportar el tráfico de cada servicio, redondeándolo al número entero superior más próximo	$= \text{aplicar fórmulas del grado de servicio a todo el grupo usando la eficiencia espectral por canal}$		30,252	41,663
			Tráfico de datos BA PPDR por grupo	52,624	51,033

Metodología de las IMT-2000 (Rec. UIT-R M.1390)		Colombia LTE Banda Ancha móvil PPDR		
C	Consideraciones técnicas y del sistema		Enlace ascendente	Enlace descendente
C1	<p>Canales de servicios por células necesarios para transportar la carga ofrecida</p> <p>Número real de «canales» que deben suministrarse en cada célula para cursar el tráfico previsto</p>	= canales de servicio por grupo/tamaño del grupo de sistemas	<p>Canales de servicio de datos BA PPDR por célula</p> <p>52,624</p>	<p>51,033</p>
C2	<p>Velocidad binaria del canal de servicio (kbit/s)</p> <p>La velocidad binaria del canal de servicio es igual a la velocidad binaria neta de usuario más los eventuales aumentos adicionales de la velocidad binaria debidos a los factores de codificación y/o la señalización de tara</p>	<p>= velocidad binaria neta de usuario × factor de tara × factor de codificación</p> <p>Cuando se incluyen los factores de codificación y de tara</p> <p>Para un factor de codificación = 1 y factor de tara = 1,</p> <p>= <math>B1 \times 1 \times 1</math> o sea = velocidad binaria neta de usuario</p>	<p>294/230 kbit/s incluye codificación y tara</p> <p>Velocidad binaria de canal de servicio de datos BA PPDR</p> <p>230</p>	<p>294</p>
C3	<p>Calcular el tráfico (Mbit/s)</p> <p>Tráfico total a transmitir en el área estudiada incluye todos los factores; tráfico de usuario (duración de la llamada, intentos de llamada en hora cargada, factor de actividad, velocidad binaria neta del canal), entorno, tipo de servicio, sentido de transmisión (enlace ascendente/descendente), geometría de la célula, calidad de servicio, eficacia del tráfico (calculada sobre un grupo de células), y velocidad binaria del canal de servicios (incluidos los factores de codificación y tara)</p>	= canales de servicio/célula × velocidad binaria del canal de servicio	<p>Tráfico de datos BA PPDR (Mbit/s)</p> <p>12,10</p>	<p>15,00</p>



Metodología de las IMT-2000 (Rec. UIT-R M.1390)		Colombia LTE Banda Ancha móvil PPDR			
C4	Capacidad neta del sistema Medir la capacidad del sistema para una tecnología específica. Guarda relación con la eficacia espectral. Requiere cálculo complejo o simulación para la determinación de la capacidad neta del sistema correspondiente a una tecnología específica desplegada en una configuración de red específica	Compromiso entre capacidad neta del sistema y calidad de servicio. Se pueden incluir los siguientes factores; eficacia espectral de la tecnología, requisitos Eb /N0, requisitos C/I, plan de reutilización de frecuencias, factores de codificación/señalización de la tecnología de transmisión de radiocomunicaciones, entorno, modelo de despliegue			
C5	Cálculos para el modelo GSM	Cálculos para LTE DDF utilizando canales de 180 kHz de anchura de banda, reutilización de células 1, incluyendo sub-portadoras nulas y de señalización. Capacidad neta del sistema para LTE FDD = 1,47 Mbit/s/MHz/célula	LTE	1,15	1,47
D	Resultados espectrales			Enlace ascendente	Enlace ascendente
D1-D4	Cálculo de componentes individuales	Frecuencia = tráfico/capacidad neta del sistema	Datos BA PPDR (MHz)	10,525	10,207
D5	Factor de ponderación para cada entorno (alfa) Ponderación de cada entorno en relación con los otros entornos alfa puede variar entre 0 y 1, corrección para horas cargadas no simultáneas, corrección para diferencias geográficas	= frecuencia × alfa  Si todos los entornos tienen horas cargadas coincidentes y los tres entornos están en la misma ubicación entonces alfa = 1	Alpha = 1	1	1
			Datos BA PPDR (MHz)	10,525	10,207
D6	Factor de ajuste (beta)	Frecuencia (total = beta × sum (alfa ×			

Metodología de las IMT-2000 (Rec. UIT-R M.1390)		Colombia LTE Banda Ancha móvil PPDR		
		frecuencia)		
	Ajuste de todos los entornos a los efectos exteriores varios operadores/usuarios (menor concentración de enlaces o eficacia espectral), bandas de guarda, compartición con otros servicios dentro de la banda, modularidad, etc.	Para el modelo de despacho de voz, suponiendo un sistema y las bandas de guarda incluidas en C5, entonces $\beta = 1$ . Varios sistemas, tales como uno para la policía y uno para bomberos/urgencias médicas puede disminuir la eficiencia y $\beta$ sería $> 1$	<b>Beta = 1</b>	1
D7	Cálculo del espectro total		<b>Total datos PPDR (MHz)</b>	<b>20,731</b>





057206