

# Calidad del Servicio en Redes LTE Advanced



*Long Term Evolution-Advanced*



**Cintel**  
Proyectos TIC innovadores

# **Calidad de Servicio en Redes LTE-Advanced (*Long Term Evolution-Advanced*)**

Diego Fernando Rueda Pepinosa, M.Sc (c)  
*Universidad Nacional de Colombia*  
[dfruedap@unal.edu.co](mailto:dfruedap@unal.edu.co)

Mauricio Alexander Vargas Rodríguez, M.Sc (c)  
*Profesional de Proyectos, CINTEL*  
[mvargas@cintel.org.co](mailto:mvargas@cintel.org.co)

## **Abstract**

*Los sistemas de telecomunicaciones móviles internacionales avanzadas (IMT-Advanced, International Mobile Telecommunications - Advanced) definen las características de las redes móviles celulares de cuarta generación (4G) para soportar una amplia gama de servicios y aplicaciones que requieran de una infraestructura de red con capacidades banda ancha y calidad de servicio (QoS, Quality of Service) de extremo a extremo. Por lo cual, en este artículo se realiza una revisión de los parámetros de QoS y los mecanismos de QoS que ofrecen las redes móviles celulares LTE-Advanced para la prestación de próximas generaciones de servicios móviles interactivos.*

## **1 Introducción**

Los usuarios de las redes móviles celulares continuamente están en la búsqueda de nuevos servicios y aplicaciones para satisfacer sus necesidades productivas, comerciales, informacionales, de entretenimiento y de comunicación, situación que debe impulsar el crecimiento y la evolución de este tipo de redes hacia redes de banda ancha y capaces ofrecer QoS de extremo a extremo para soportar los diferentes tipos de tráfico que circularán por la red. En consecuencia, la Unión Internacional de las Telecomunicaciones

(UIT) definió en los sistemas de *IMT-Advanced* [1] las características para las redes móviles celulares de 4G.

En *ITU Paves the Way for Next-Generation 4G Mobile Broadband Technologies* [2] la UIT presentó a *LTE-Advanced*<sup>1</sup> como la primera versión de los sistemas de *IMT-Advanced* puesto que incluye los requisitos definidos en *Requirements for further advancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA)* [1].

De esta manera, *LTE-Advanced* marcará el comienzo de una nueva era en las comunicaciones móviles de banda ancha al ofrecer una plataforma global para el soporte de las próximas generaciones de servicios móviles interactivos [2]. *LTE-Advanced* constituye una tecnología de acceso inalámbrico completamente IP (*All-IP*), capaz de ofrecer altas velocidades de acceso (1 Gbps en el enlace ascendente y 500 Mbps en el enlace descendente), mejorar la eficiencia espectral y reducir el retardo (50 ms) [3] con lo cual se logra una mejora significativa en la *QoS*<sup>2</sup> [5] para garantizar la entrega satisfactoria de servicios y aplicaciones a los usuarios finales.

Por lo anterior, en este artículo se realiza una revisión de los parámetros de *QoS* y los mecanismos de *QoS* que ofrecen las redes móviles celulares *LTE-Advanced* para la prestación de próximas generaciones de servicios móviles interactivos. Así, inicialmente se presentan algunas consideraciones sobre el crecimiento del tráfico de datos en las redes móviles celulares y la influencia que tienen los nuevos servicios móviles en las redes móviles, luego se hace descripción de los parámetros de *QoS* y los mecanismos de *QoS* que ofrecen las redes *LTE-Advanced* para la prestación de diversos servicios, y finalmente se presentan las conclusiones de este trabajo.

## 2 El crecimiento del tráfico en las redes móviles celulares

La forma en que los consumidores y las empresas utilizan los servicios de comunicaciones móviles está en constante evolución debido a la demanda de nuevos servicios y aplicaciones y al uso de nuevos dispositivos móviles para acceder a la red (*tablets*, *smartphones*, computadores portátiles, entre otros).

Según lo planteado en *Analysys Research Limited, "Global Mobile Broadband: Market potential for 3G LTE (Long Term Evolution)"* [6] las redes móviles celulares transportan principalmente tráfico generado por los servicios de telefonía móvil celular (TMC), de mensajería SMS (*Short Message Service*) y MMS (*Multimedia Messaging Service*) y de personalización (*ringtones*, *wallpapers*).

---

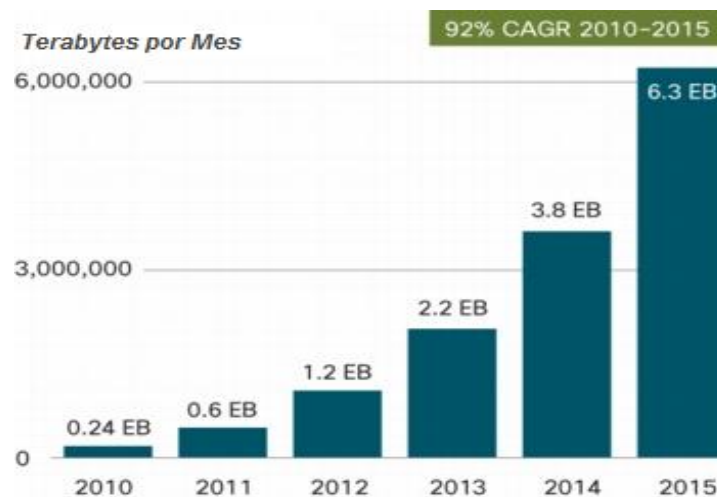
<sup>1</sup> *LTE-Advanced* es estandarizado por el 3GPP (3rd Generation Partnership Project) por medio de la especificación 3GPP Release 10 donde se definen la Interfaz de Acceso Radio Evolucionada E-UTRAN/E-UTRA (*Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network/ Evolved-Universal Terrestrial Radio Access*) y el Núcleo de Paquetes Evolucionado (EPC, *Evolved Packet Core*) [3].

<sup>2</sup> Según la recomendación ITU-T E.800 [4] la *QoS* se define como "la totalidad de las características de un servicio de telecomunicaciones que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas del usuario del servicio".

No obstante, con el despliegue de las redes de 3G los operadores móviles celulares en todo el mundo han visto un rápido crecimiento de los suscriptores de Internet móvil, lo cual ha generado el crecimiento del volumen de tráfico generado por los usuarios, debido principalmente al aumento del uso de servicios multimedia, aplicaciones empresariales y el acceso a redes corporativas [6].

En el estudio realizado en *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2009-2014* [7], se puede observar que durante los próximos años el crecimiento de tráfico sobre las redes móviles celulares será generado por el aumento en el número de suscriptores y por el consumo de servicios de video y datos en múltiples dispositivos móviles, toda vez que este tipo de servicios se están convirtiendo en una parte esencial de la vida de los usuarios.

Es así que de los 6.3 Exabytes de tráfico por mes que circulará en las redes móviles en 2015 (Figura 1), el 64.4% de este tráfico será generado por contenidos de video, puesto que este servicio demanda más ancho de banda que otros servicios móviles [7].



**Figura 1. Crecimiento de tráfico de datos por redes móviles. Fuente: [7]**

Esto conlleva a que las redes móviles celulares deben ser eficientes en el uso del espectro, altamente confiables y proporcionar la velocidad de acceso suficiente para manejar las diferentes clases de tráfico con diferentes grados de movilidad de los usuarios [8].

Analysys Research Limited [6], plantea que para apoyar estas necesidades de cambio y ofrecer nuevos servicios, los operadores móviles necesitan invertir en la ampliación de las capacidades de sus propias redes, para de esta manera y como se expone en *Quality of service in WiMAX and LTE networks* [9], evitar la congestión de sus redes y por ende, la degradación en la prestación de los servicios. Una de las formas de lograr esto es controlando la QoS, puesto que es uno de los factores fundamentales de las redes de 4G

para la gestión de los recursos de red y para garantizar la entrega satisfactoria de servicios y aplicaciones a los usuarios finales [9].

Para ello, LTE-Advanced y como evolución de las actuales redes móviles celulares de 3G proporciona los mecanismos de QoS necesarios para reducir el retardo, la variación del retardo (*jitter*) y la pérdida de paquetes que según la recomendación UIT-T G.1010 [10] son los factores que determinan la QoS para los diferentes tipos de servicios y aplicaciones definidos en la Recomendación UIT-R M.1822 [8] y 3GPP TS 23.107 [11]. De este modo, LTE-Advanced tiene el potencial de transformar cómo los usuarios reciben, consumen e interactúan con la información y contenidos distribuidos a través de redes móviles [12].

### 3 QoS en redes LTE-Advanced

El concepto de QoS toma importancia cuando es necesaria la diferenciación servicios y usuarios como se lo expresa en *QoS Control in the 3GPP Evolved Packet System* [13]. En este sentido, los mecanismos de QoS deben permitir al operador ofrecer, por un lado, un acceso diferenciado a cada uno de los servicios, puesto que estos tienen diferentes requisitos de desempeño, como ancho de banda y retardo, y por otro lado, una diferenciación de usuarios, es decir, diferenciar el trato por grupos de usuarios para el mismo servicio, como por ejemplo diferenciar usuarios pre-pago de los usuarios post-pago en el acceso a Internet (Figura 2) [13].

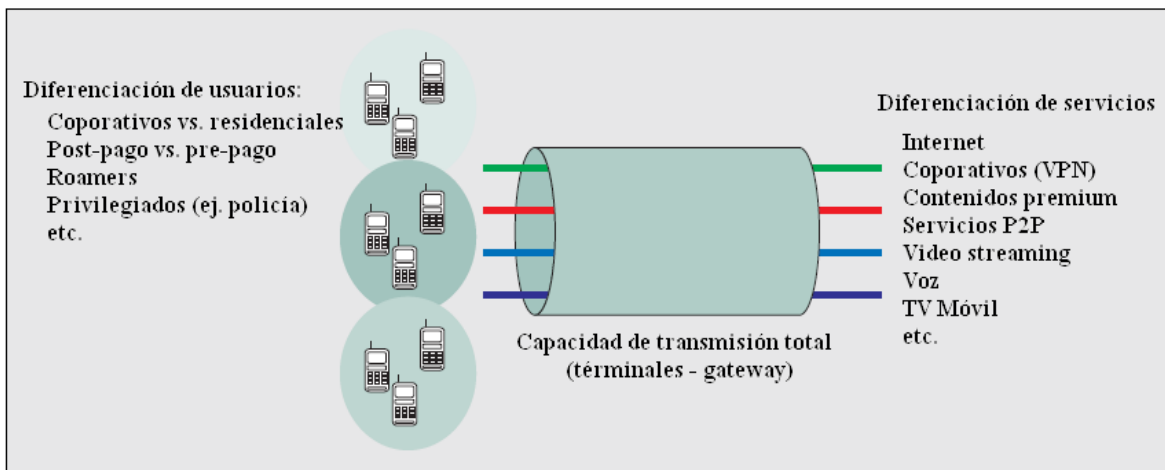


Figura 2. Diferenciación de servicios y usuarios. Fuente: [13]

A los usuarios les interesan aquellos aspectos de calidad que pueden ser percibido por ellos y dependen del servicio que se trate [8]. Por ejemplo, un usuario que navega por Internet percibe la QoS principalmente por el tiempo que transcurre para que una página web se despliegue totalmente después de hacer la petición.

Técnicamente, esta duración depende de una compleja interacción de factores tales como el ancho de banda, el retardo y la tasa de error de bits (BER, *Bit Error Rate*) [8]. Por lo tanto,

uno de los conceptos clave asociados con QoS en las redes *LTE-Advanced* es la clasificación de servicios en clases.

Cada una de las clases de servicios forma un flujo de paquetes, al cual se le asignarán los recursos de la red según las exigencias del servicio [14]. Desde la perspectiva del usuario, la clasificación de la QoS para los servicios se realiza en conversacional, interactiva, *streaming* y *background* (ver Tabla 1) [14].

La clase de servicio conversacional agrupa los servicios cuyos requisitos de QoS son más estrictos y rigurosos puesto que dependen directamente de la percepción humana como por ejemplo una llamada por voz sobre IP (VoIP, *Voice over IP*). Mientras que la clase de servicio *background* reúne servicios con requisitos de QoS menores puesto que usuario envía y recibe datos en un segundo plano como por ejemplo al realizar una transferencia de archivos.

Técnicamente, antes que los paquetes de datos de un servicio sean transmitidos, un filtro de paquetes se encarga de asociar los flujos de paquetes con una portadora (*bearer*), la cual recibirá el tratamiento de QoS acorde a la clase de servicio que pertenezca [15]. Cada paquete IP se provee de un encabezado de túnel (*tunnel header*) compuesto de un identificador de portadora (*bearer identifier*) y de un valor DSCP (*DiffServ Code Point*).

El concepto de portadora y el procedimiento de señalización asociado permiten habilitar la reserva de recursos antes que los flujos de paquetes que se asignan a esa portadora sean admitidos en la red, esto último se realiza a través de una función de control de admisión que opera en un nivel por portadora.

**Tabla 1. Clases de QoS desde la perspectiva del usuario Fuente: [14]**

Clase de servicio de QoS	Conversacional	Interactiva	<i>Streaming</i>	<i>Background</i>
	Conversación en tiempo real	Clase interactiva al mejor nivel posible	Clase <i>streaming</i> en tiempo real	Clase de <i>background</i> al mejor nivel posible
<b>Características desde la perspectiva del usuario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Preserva la relación (variación) de tiempo entre las entidades de información del flujo de bits</li> <li>– Modelo conversacional (estricto y con bajo retardo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Patrón de respuesta a peticiones</li> <li>– Preserva el contenido útil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Preserva la relación (variación) de tiempo entre las entidades de información del flujo de bits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– El destino no espera los datos dentro de un tiempo limitado</li> <li>– Preserva el contenido útil</li> </ul>
<b>Ejemplo de la aplicación</b>	– Voz	– Navegación en la web	– Vídeo <i>streaming</i>	– Correo electrónico

Las portadoras pueden ser de dos tipos: portadora de tasa de bit garantizada (GBR, *Guaranteed Bit-Rate*) y portadora de tasa de bit no garantizada (non-GBR, *Non-Guaranteed Bit-Rate*). Los servicios que utilicen una portadora GBR pueden asumir que no

ocurrirá una pérdida de paquetes asociada con congestión, mientras que los servicios que utilicen una portadora non-GBR deben estar preparados para experimentar la pérdida de paquetes relacionada con la congestión. Una portadora GBR se establece por demanda, puesto que bloquea los recursos de transmisión al reservarlos en la función de control de admisión. No obstante, una portadora non-GBR puede asignarse por largos períodos de tiempo, ya que no bloquea los recursos de transmisión. La elección de una portadora GBR o non-GBR dependen de las políticas de decisión del operador.

Ahora bien una portadora GBR o non-GBR puede ser a su vez una portadora por defecto (*default bearer*) o una portadora dedicada (*dedicated bearer*). La portadora por defecto se establece cuando un terminal se enlaza con la red proporcionando una conectividad básica. Una portadora por defecto puede permanecer por largos periodos de tiempo, por lo cual generalmente se asocia con una portadora non-GBR.

El nivel de QoS de la portadora por defecto se asigna sobre los datos de suscripción. Entre tanto, una portadora dedicada puede ser una portadora GBR o non-GBR dependiendo de la asignación del operador para proporcionar QoS acorde a la política y función de carga de recursos (PCRF, *Policy and Charging Resource Function*) [16]. Para proveer diferente QoS a uno o más flujos de paquetes de un mismo terminal, se necesitan una o más portadoras dedicadas.

### 3.1 Parámetros de QoS

Como se mencionó en párrafos anteriores, a cada paquete IP de un flujo de paquetes se le agrega un encabezado de túnel. Éste encabezado contiene los parámetros de QoS que permiten a los elementos de la red dar el tratamiento adecuado a los paquetes transportados por las portadoras con el fin de garantizar los recursos necesarios para su transmisión [15]. Estos parámetros son [15]: el identificador de la clase de QoS (QCI, *QoS Class Identifier*), asignación prioritaria de retención (ARP, *Allocation Retention Priority*), tasa de bits Máximas (MBR/AMBR, *Maximum Bit Rate/Aggregate Maximum Bit Rate*) y opcionalmente GBR.

El primer parámetro se basa en la clase de servicio, así la red a cada portadora le asigna a uno y solo un identificador de clase de QoS (QCI). El QCI es un número que se utiliza dentro de la red de acceso como referencia a los parámetros específicos del nodo que controla el reenvío de paquetes (por ejemplo la programación de pesos, los umbrales de admisión, los umbrales de gestión de colas, la configuración del protocolos de la capa de enlace, etc.) y que fueron configurados por el operador (por ejemplo en la estación base). Cada QCI está asociada a con las características estandarizadas de la QCI, las cuales describen el tratamiento de reenvío de paquetes que recibe el tráfico de la portadora de extremo a extremo entre el terminal y la *gateway* de la red en términos del tipo del portador (GBR o non-GBR), la prioridad, el retardo de paquetes y la BER [16].

El segundo parámetro permite diferenciar el tratamiento del plano control relacionado con el establecimiento y conservación de las portadoras. Es decir, ARP se usa para decidir si un establecimiento de portadora o solicitud de modificación puede ser aceptada o debe ser rechazada debido a las restricciones de recursos. Además, ARP se puede utilizar para decidir que portadora liberar durante las limitaciones de recursos excepcionales [16].

El tercer parámetro es la tasa máxima de bits (MBR), que corresponde a la tasa de bits que el tráfico sobre una portadora no puede exceder. La MBR se define únicamente para portadoras GBR. Así mismo se ha definido la tasa máxima de bits agregada (AMBR), la cual permite a los operadores limitar la cantidad total de la tasa de bits consumida por un usuario único. Como tal, no está definida por la portadora, sin por grupos de portadoras non-GBR [16]. La AMBR proporciona a los operadores las herramientas necesarias para ofrecer suscripciones diferenciadas. La AMBR define dos parámetros diferentes. El primero, APN-AMBR que es definido por el usuario y un punto de acceso de red (APN, *Access Point Network*) y es conocido únicamente por la *gateway*.

El segundo, *terminal*-AMBR definido por el usuario y conocido tanto por el Gateway como por la red de acceso radio (RAN, *Radio Access Network*). Cabe señalar que cada uno de estos valores de AMBR se definen por separado para el enlace ascendente (UL, *uplink*) y el enlace descendente (DL, *downlink*). Un escenario donde aplica la AMBR es cuando un operador ofrece dos servicios diferentes: acceso a redes privadas virtuales (VPN) para empresas y acceso a Internet para los usuarios residenciales. El operador proporciona estos servicios a través APN separados [16].

## 3.2 Mecanismos de QoS

Los mecanismos que se utilizan para proporcionar QoS se pueden dividir en procedimientos de señalización del plano de control y funciones del plano de usuario.

### 3.2.1 Procedimientos de señalización del plano de control

El controlador de las políticas en la red determina como cada flujo de paquetes para cada usuario debe manipularse en términos de los parámetros de QoS asociados con el manejo del ese flujo de paquetes. El controlador de políticas puede emitir reglas de políticas y control de carga (PCC, *Policy and Charging Control*) al *gateway*, que a su vez son utilizadas como disparadores para establecer nuevas portadoras o modificar una portadora existente para manejar un flujo de paquetes específicos o modificar el manejo de un flujo de paquetes.

El flujo de paquetes es descrito por el filtro de paquetes en el UL o DL. La solicitud de nivel de portadora es enviada a la LTE RAN y si es admitido por todos los nodos de la red al terminal [16].



### 3.2.2 Funciones del plano de usuario

La configuración de los nodos de la red (tanto a través de procedimientos de señalización y mediante un sistema de operación y mantenimiento del operador) les permite llevar a cabo funciones de QoS. Estas funciones pueden ser asignadas a los diferentes nodos y clasificadas en funciones que operan por flujo de paquetes, por portadora (o grupo de ellas), o por DSCP [16].

## 4 Conclusión

La adecuada elección de los parámetros de QoS en las redes *LTE-Advanced* permitirá la prestación diferenciada de servicios como voz, video y datos con los requisitos de desempeño de cada uno de ellos.

Del mismo modo y gracias a la QoS se podrá hacer la diferenciación de usuarios que acceden a la red. Con ello se posible que los diferentes servicios que circularán por las redes móviles de 4G sean entregados satisfactoriamente a los usuarios finales.

## 5 Referencias

- [1] 3GPP TR 36.913, "Requirements for further advancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) (LTE-Advanced)", Abril de 2011.
- [2] "ITU Paves the Way for Next-Generation 4G Mobile Broadband Technologies", ITU, Octubre de 2010. Artículo disponible en: [http://www.itu.int/net/pressoffice/press\\_releases/2010/40.aspx](http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2010/40.aspx)
- [3] 4G Americas, "4G Mobile Broadband Evolution: 3GPP Release 10 and Beyond - HSPA+, SAE/LTE and LTE-Advanced", Febrero de 2011.
- [4] Recomendación ITU-T E.800 (2008). "Definiciones de términos relativos a la calidad de servicio". Septiembre de 2008.
- [5] I. Siomina, S. Wanstedt, "The Impact of QoS Support on the End User Satisfaction in LTE Networks with Mixed Traffic". Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2008. PIMRC 2008. IEEE 19th International Symposium on. Septiembre de 2008
- [6] Analysys Research Limited, "Global Mobile Broadband: Market potential for 3G LTE (Long Term Evolution)", Enero de 2008
- [7] "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2009-2014", Cisco, Febrero de 2010.
- [8] Recomendación UIT-R M.1822 (2007), "Marco para los servicios soportados por las IMT". Octubre de 2008.
- [9] M. Alasti, B. Neekzad, Hui J., R. Vannithamby, "Quality of service in WiMAX and LTE networks". Communications Magazine, IEEE, Mayo de 2010. pp. 104 - 111.
- [10] Recomendación ITU-T G.1010 (2001), "Categorías de calidad de servicio para los usuarios de extremo de servicios multimedios".
- [11] 3GPP TS 23.107, "Quality of Service (QoS) concept and architecture (Release 10)". Abril de 2011.
- [12] UMTS Forum, "Recognising the Promise of Mobile Broadband". Julio de 2010.

- [13] H. Ekström, "QoS Control in the 3GPP Evolved Packet System". Communications Magazine, IEEE, Febrero de 2009. pp. 76 – 83
- [14] Recomendación UIT-R M.1079-2 (2003), "Requisitos relativos a la calidad de funcionamiento y servicio en las redes de acceso a las telecomunicaciones móviles internacionales 2000 (IMT 2000)". Junio de 2003.
- [15] 3GPP TS. 23.401, "General Packet Radio Service (GPRS) Enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) Access". Abril de 2011
- [16] 3GPP TS. 23.203, "Policy and Charging Control Architecture". Abril de 2011.



**Diego Fernando Rueda Pepinosa** es Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones graduado de la Universidad del Cauca (Colombia), y actualmente es candidato a Magister en Ingeniería – Telecomunicaciones en la Universidad Nacional de Colombia. Ha participado en diferentes proyectos de I+D+i en la Universidad del Cauca, el Centro de Investigación de las Telecomunicaciones de Colombia (CINTEL) y la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial (COTECMAR). Entre sus áreas de interés se destacan las Redes y Servicios de Nueva Generación, los Sistemas de Comunicaciones Inalámbricos, la Calidad de Servicio (QoS) y los Sistemas de Televisión Digital Interactiva.



**Mauricio Alexander Vargas Rodríguez** es Ingeniero Electrónico graduado de la Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito” y actualmente es candidato a Magister en Ingeniería – Telecomunicaciones en la Universidad Nacional de Colombia, está certificado en CCNA v.4, ITIL Foundations v.3 y es auditor interno en ISO 27001 certificado por SGS Colombia. Profesional de proyectos en el Centro de Investigación de las Telecomunicaciones de Colombia (CINTEL) donde ha participado de los proyectos ANKLA y SIC2 de la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial (COTECMAR). Entre sus áreas de interés se destacan la seguridad en redes, diseño de servicios en redes de próxima generación y Calidad de Servicio (QoS).