

Propuesta de un protocolo de mediciones y pruebas técnicas a incluirse en el Proceso de Homologación de terminales HSPA+

Santiago López*, Luis Molina*, Iván Bernal* y Rafael Matute**

*Escuela Politécnica Nacional (EPN), Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

**Superintendencia de Telecomunicaciones SUPERTEL

Quito - Ecuador

Resumen. Este trabajo propone agregar al Proceso de Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones que realiza la SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones), un protocolo de mediciones y pruebas técnicas para terminales HSPA+ basadas en el estándar 3GPP TS 34.121-1 versión 9.3.0. Las pruebas planteadas se realizan empleando los equipos disponibles en el laboratorio de la SUPERTEL y las mediciones obtenidas se presentarán en un reporte técnico completo.

Términos para indexación—HSPA+, Terminales HSPA+, Homologación de Equipos Terminales.

I. INTRODUCCIÓN

Todo equipo que utilice el espectro radioeléctrico debe funcionar adecuadamente sin perturbar a otras redes de telecomunicaciones y demás equipos que también lo utilicen, para lo cual se debe considerar todos los parámetros técnicos, funcionales y operativos que demande el uso del mismo.

Es por ello que es indispensable que los equipos terminales utilizados en el país deban ser debidamente homologados, con el fin de comprobar su funcionamiento y que el usuario final disfrute de un servicio de calidad por medio de equipos que le permitan acceder al mismo sin ningún problema y sin provocar interferencia hacia los demás.

Este documento presenta las pruebas y mediciones que se proponen realizar como parte del Proceso de Homologación, permitiendo, de manera particular, verificar que un terminal HSPA+ funcione correctamente, basándose en el estándar 3GPP TS 34.121-1 versión 9.3.0. Las pruebas son realizadas con los equipos disponibles en el laboratorio de la SUPERTEL, de las cuales se obtienen mediciones que posteriormente se presentan en un reporte técnico completo.

II. PROCESO DE HOMOLOGACIÓN

La homologación de equipos terminales se encuentra tipificada en el Artículo 146 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada [8], por lo que el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) emitió el Reglamento para Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones. La SUPERTEL es la encargada de realizar la Homologación de los Equipos Terminales de Telecomunicaciones y el 15 de Abril de 2013 suscribió la Resolución N° ST-2013-0205 mediante la cual resuelve: “Actualizar el procedimiento correspondiente al Proceso Certificar Equipos de Telecomunicaciones y sus Anexos, e incluirlo en el Manual de Procedimientos de la Superintendencia de Telecomunicaciones”, con el fin de llevar a cabo la labor que tiene a cargo.

La Dirección Nacional de Certificación de Equipos de Telecomunicaciones e Investigación (DCI) de la SUPERTEL es la encargada de la homologación de toda clase de equipos terminales de telecomunicaciones, dentro de estos, los terminales HSPA+. La DCI es la encargada del Laboratorio de Homologación, el cual cuenta recientemente con equipos de medición que pueden emplearse para realizar la verificación técnica de algunos terminales.

El proceso de homologación se divide en dos partes fundamentales [11]:

- Revisión de la documentación requerida para la homologación: manuales técnicos, características de funcionamiento y certificado emitido por un Organismo Internacional sobre las características técnicas de los equipos.
- Verificación técnica del equipo terminal.

A. Revisión de la documentación requerida para la homologación

Como primer paso ante el requerimiento de una homologación de cierto equipo terminal de telecomunicaciones, la DCI revisa y analiza si el solicitante adjunta todos los requisitos, además que la información sea

la correcta y que corresponda en marca y modelo al solicitado.

Los requisitos para la homologación de un equipo terminal se encuentran establecidos en el Artículo 12 del Reglamento para Homologación de Equipos Terminales que indica [7]:

- a. Para equipos de telecomunicaciones fabricados o ensamblados fuera del Ecuador:
 - Solicitud escrita dirigida al Superintendente de Telecomunicaciones.
 - Manuales técnicos.
 - Características de funcionamiento.
 - Un certificado o un documento de características técnicas de los equipos cuya clase, marca y modelo se quiere homologar, emitido por un organismo internacional reconocido por el CONATEL.
- b. Para equipos de telecomunicaciones fabricados o ensamblados en el Ecuador:
 - Solicitud escrita dirigida al Superintendente de Telecomunicaciones.
 - Manuales técnicos.
 - Características de funcionamiento.
 - Un certificado o un documento de características técnicas emitido por un laboratorio calificado por el CONATEL u organismo internacional de que los equipos cuya clase, marca y modelo se solicita homologar cumplen con las especificaciones de la norma técnica correspondiente.

B. Verificación técnica del equipo terminal

La verificación técnica del equipo terminal permite comprobar aspectos generales de radiofrecuencia, conjuntamente el equipo debe contar con un certificado o un documento de características técnicas emitido por un laboratorio calificado por el CONATEL u organismo internacional y a su vez cumplen con las especificaciones de la norma técnica correspondiente, por lo que se pueden tomar medidas por ejemplo de potencia y ancho de banda de un solo canal (bajo, medio o alto) o envío y recepción de mensajes de texto desde el equipo terminal hacia el emulador de radio base, etc., sin realizar la totalidad de pruebas posibles a los equipos.

III. TERMINALES HSPA+

HSPA+ (*High Speed Packet Access Evolved*) es la mejora al estándar UMTS de telefonía móvil celular 3G. Las características de HSPA+ fueron estandarizadas a

partir del *Release 7* (R7) en adelante. HSPA+ incluye una serie de mejoras para la interfaz de radio tales como modulación de orden superior, doble portadora, etc. Cada *Release* que se ha lanzado se refiere no solo a la interfaz de radio sino que muchas de las mejoras que se introducen tienen que ver con la arquitectura de red [1].

El R7 introduce MIMO, pero no se lo puede utilizar en combinación con 64QAM, lo que es posible en el R8. Al utilizar MIMO aumentan las tasas de datos máximas a 28 Mbps en combinación con 16QAM (R7) y 42 Mbps cuando se utiliza con 64QAM (R8) [3].

Otras funciones se han añadido a HSPA+ en versiones posteriores; por ejemplo, en el R8 se incluye el concepto de Doble Portadora-HSDPA (también referido como *Dual-Carrier* HSDPA, DC-HSDPA), con lo que es posible la agregación de portadoras de dos bandas adyacentes de 5 MHz; este concepto es utilizado para incrementar el rendimiento [2].

En las versiones posteriores al R8, el *Dual-Carrier* HSDPA también se introduce para el enlace de subida (UL, *Up Link*) mejorado y también se incrementa el número de portadoras, lo que conduce al denominado *Multi Carrier*-HSPA.

HSPA+ es una versión mejorada de HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*) y HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*), con velocidades comparables a las nuevas redes de LTE. Son posibles velocidades teóricas de descarga de hasta 168 Mbps y 22 Mbps de subida. Pero la velocidad real disponible para los usuarios es mucho menor, la mayoría de las redes HSPA+ cuentan con 21 Mbps teóricos (DL) de velocidad [3].

Algunas de las mejoras se discuten a continuación.

A. MIMO

MIMO es el acrónimo de múltiples entradas y múltiples salidas, y generalmente se refiere a sistemas inalámbricos con múltiples antenas tanto en la transmisión así como en la recepción. MIMO es una de las principales novedades en el R7, introducido para incrementar las tasas pico de transmisión mediante varios flujos en paralelo [6].

El esquema MIMO (Figura 1) se diseña para explotar ciertas propiedades en el entorno de radiopropagación, como las señales multi-trayectoria, para obtener altas tasas de transmisión.

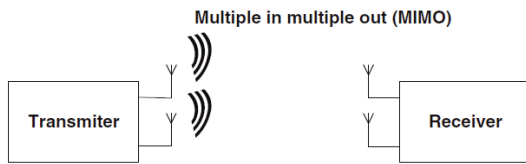


Fig. 1 Combinación típica de antenas transmisoras y receptoras.

B. Modulación de orden superior

La modulación de orden superior permite aumentar las tasas de datos porque utiliza mayor cantidad de bits de información por símbolo. Por otro lado, uno de los inconvenientes de usar técnicas de modulación de orden superior, tal como 64QAM, es que éstas requieren señales extremadamente limpias y fuertes, lo cual no se puede conseguir si las señales tienen que cruzar toda el área de cobertura de la celda [9].

Añadiendo modulación de orden superior se aumenta el rendimiento máximo de un sistema UMTS/HSPA. Sin embargo, ya que esta característica requiere mucho más alta SNR (*Signal to Noise Ratio*), los tipos de entornos de radio que cumplen ésta condición son limitados.

En el R7 es posible que HSPA+ utilice modulación de orden superior 64QAM para el DL y 16QAM para el UL. 64QAM puede incrementar la tasa de bits hasta en 35% en el mejor de los casos (dependiendo del número de bits de información), pero solamente un poco (alrededor de 10%) para un perfil urbano típico. La ganancia en las tasas no es considerable: alrededor de 5% para celdas completamente cargadas, y entre 10% y 20% para celdas parcialmente cargadas [9], por lo que se requieren técnicas complementarias para incrementar las tasas de bits.

C. Operación con doble portadora

La característica multiportadora agrega múltiples portadoras HSPA de 5 MHz, creando una tubería con mayor capacidad para transportar datos y proporcionar así una mejor experiencia de banda ancha móvil para todos los usuarios en la celda, tal como se representa en la Figura 2. Dado que se pueden asignar a un mismo usuario múltiples portadoras, se puede esperar mayor rendimiento y menor latencia [3].

Para observar la evolución de HSPA+ a través de cada Release, se presentan la Tabla 1 y la Figura 2, en las cuales se puede observar que para alcanzar las velocidades especificadas, cada Release utiliza distintos parámetros tales como: número de portadoras, tipo de modulación y el tipo de MIMO [3].

TABLA I
VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN EN CADA RELEASE DL Y UL

Release	DOWNLINK (DL)		UPLINK (UL)		Tecnología
	Descripción	Velocidad	Descripción	Velocidad	
5	16QAM	14.4 Mbps	-	-	HSDPA
6	-	-	QPSK	5.76 Mbps	HSUPA
7	64QAM	21 Mbps	16QAM	11.5 Mbps	HSPA+
	2x2 MIMO	28 Mbps			
8	Dual Carrier + 64QAM	42 Mbps	-	-	
	2x2 MIMO + 64QAM				
9	Dual Carrier + 2x2 MIMO + 64QAM	84 Mbps	Dual Carrier	24 Mbps	
10	4 Carriers + 2x2 MIMO + 64QAM	168 Mbps	-	-	
11	8 Carriers + 64QAM	336 Mbps	MIMO+ 64QAM	72 Mbps	
	4x4 MIMO + 64QAM				

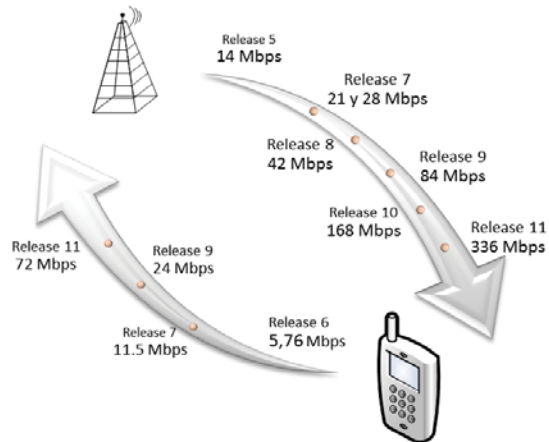


Fig. 2 Evolución de HSPA – Velocidades máximas de transmisión

IV. PRUEBAS TÉCNICAS

La norma 3GPP TS 34.121-1 versión 9.3.0 Release 9 establece las características de funcionamiento de equipos terminales, define las bandas de frecuencias y canales de operación para UMTS, además incluye los lineamientos generales para pruebas técnicas aplicables a terminales HSPA+ [12].

A. Potencia de Salida Máxima con HS-DPCCH (Release 6 y posteriores)

La potencia de salida máxima es una medida de la potencia máxima que el UE (*User Equipment*) puede transmitir; es decir, la potencia real en un ancho de banda de al menos $(1 + \alpha)$ veces la velocidad de chips que se emplea en el acceso de radio, donde α es el *roll-off* de la forma de onda de una ranura de tiempo definido en 0.22.

El período de la medición deberá ser de al menos una ranura de tiempo (*time slot*) que es 0,667 μ s.

Esta prueba permite comprobar que el error de la potencia de salida máxima del UE con el *High Speed Dedicated Physical Control Channel* (HS-DPCCH) no exceda el rango establecido por la potencia de salida máxima y la tolerancia, según lo indicado en la Tabla II.

TABLA II
POTENCIA DE SALIDA MÁXIMA CON EL HS-DPCCH PARA LAS PRUEBAS

Sub-test Tabla 2.12.	Power Class 3		Power Class 4	
	Potencia (dBm)	Tol (dBm)	Potencia (dBm)	Tol (dBm)
1	+24	+1,7/-3,7	+21	+2,7/- 2,7
2	+24	+1,7/-3,7	+21	+2,7/- 2,7
3	+23,5	+2,2/-3,7	+20,5	+3,2/- 2,7
4	+23,5	+2,2/-3,7	+20,5	+3,2/- 2,7

B. Error de Frecuencia

El error de frecuencia es aquella diferencia que existe entre la frecuencia teórica de la portadora asignada y la frecuencia de portadora que el UE transmite.

Con esta prueba se verifica que el error de frecuencia de la portadora del UE no supere a $\pm 0,1$ ppm. Éste requisito se prueba con el receptor del UE en la sensibilidad de referencia.

C. Ancho de Banda Ocupado

El ancho de banda ocupado es una medida del ancho de banda que contiene el 99% del total de la energía integrada del espectro transmitido, centrada en la frecuencia del canal asignado.

Con esta prueba se verifica que el ancho de banda de canal ocupado por el UE sea inferior a 5 MHz, ya que si existe un exceso en el ancho de banda, aumentaría la interferencia a otros canales o a otros sistemas.

D. Máscara de Emisión Espectral con HS-DPCCH

El estándar indica que la máscara de emisión espectral del UE se aplica a las frecuencias, que estén en el rango de frecuencias (Δf) de $\pm 2,5$ MHz a $\pm 12,5$ MHz de distancia de la frecuencia central del canal.

Para el funcionamiento en las bandas II (1900 MHz) y V (850 MHz), el UE debe cumplir el requisito mínimo presentado en la Tabla III.

TABLA III
REQUERIMIENTOS DE MÁSCARA DE EMISIÓN ESPECTRAL

Δf en MHz (Nota 1)	Requerimiento mínimo		Ancho de banda medido
	Requerimiento relativo	Requerimiento absoluto	
2.5 – 3.5	$\left\{ -33.5 - 15 * \left(\frac{\Delta f}{MHz} - 2.5 \right) \right\} dBc$	-69.6 dBm	30 KHz (Nota 2)
3.5 – 7.5	$\left\{ -33.5 - 1 * \left(\frac{\Delta f}{MHz} - 3.5 \right) \right\} dBc$	-54.3 dBm	1 MHz (Nota 3)
7.5 – 8.5	$\left\{ -37.5 - 10 * \left(\frac{\Delta f}{MHz} - 7.5 \right) \right\} dBc$	-54.3 dBm	1 MHz (Nota 3)
8.5 – 12.5	-47.5 dBc	-54.3 dBm	1 MHz (Nota 3)
Nota 1:	Δf es la separación entre la frecuencia portadora y el centro del ancho de banda medido		
Nota 2:	La primera y última posición de medición con un filtro de 30 KHz es con Δf igual a 2.515 MHz y 3.485 MHz		
Nota 3:	La primera y última posición de medición con un filtro de 1 MHz es con Δf igual a 4 MHz y 12 MHz		

E. Tasa de Potencia Interferente en el Canal Adyacente con HS-DPCCH

La tasa de potencia interferente en el canal adyacente ACLR (*Adjacent Channel Leakage Power Ratio*) es la relación entre la potencia media del canal filtrada con un filtro *Root Raised Cosine* (RRC) centrado en la frecuencia asignada y la potencia media del canal filtrada con un filtro RRC centrado en la frecuencia del canal adyacente. El filtro tiene un ancho de banda de 3,84 MHz.

El ACLR medido deberá ser más grande que el límite indicado en la Tabla IV.

TABLA IV
ACLR DEL UE

Power Class	Canal UE	Límite ACLR
3	+5 MHz o -5 MHz	32.2 dB
3	+10 MHz o -10 MHz	42.2 dB
4	+5 MHz o -5 MHz	32.2 dB
4	+10 MHz o -10 MHz	42.2 dB

F. Emisiones Espurias

Las emisiones espurias son emisiones causadas por efectos de transmisión no deseados tales como emisiones de armónicos, emisiones parásitas, efectos de intermodulación y efectos de conversión de frecuencias, pero fuera de las bandas de emisión asignadas.

La potencia promedio de las emisiones espurias medida no deberá exceder el valor descrito en las Tablas V y VI.

Estos requisitos son sólo aplicables para las frecuencias que estén bajo y sobre 12,5 MHz de distancia de la frecuencia central del canal de emisión del UE.

TABLA V
REQUERIMIENTOS GENERALES DE LA PRUEBA DE EMISIONES ESPURIAS

Rango de frecuencia	Ancho de banda medido	Requerimiento mínimo
$9 \text{ KHz} \leq f < 150 \text{ KHz}$	1 KHz	-36 dBm
$150 \text{ KHz} \leq f < 30 \text{ MHz}$	10 KHz	-36 dBm
$30 \text{ MHz} \leq f < 1000 \text{ MHz}$	100 KHz	-36 dBm
$1 \text{ GHz} \leq f < 12,75 \text{ GHz}$	1 MHz	-30 dBm

TABLA VI
REQUERIMIENTOS ADICIONALES DE LA PRUEBA DE EMISIONES ESPURIAS

Banda de operación	Rango de frecuencia (MHz)	Ancho de banda medido	Requerimiento mínimo
II	$869 \leq f \leq 894$	3.84 MHz	- 60 dBm
	$1930 \leq f \leq 1990$	3.84 MHz	- 60 dBm
	$2110 \leq f \leq 2170$	3.84 MHz	- 60 dBm
V	$869 \leq f \leq 894$	3.84 MHz	- 60 dBm
	$1930 \leq f \leq 1990$	3.84 MHz	- 60 dBm
	$2110 \leq f \leq 2170$	3.84 MHz	- 60 dBm

V. PROTOCOLO DE MEDICIONES Y PRUEBAS

El laboratorio de homologación de la SUPERTEL cuenta con equipos de medición para realizar pruebas a terminales HSPA+, los cuales se indican a continuación:

- *Wireless Communications Test Set*. Emulador de estación base transceptora (GSM, GPRS, EDGE, WCDMA, HSDPA, HSUPA Y HSPA+).
- *EXA Signal Analyzer*. Analizador de Espectros Hasta 13,6 GHz.
- *RF Shielded Box*, Jaula de Faraday.

También cuenta con accesorios adicionales, como: *Power Splitters*, cables, adaptadores y atenuadores.

El protocolo define todos los aspectos y condiciones necesarias para llevar a cabo las distintas pruebas y mediciones, así como diagramas de conexión para el equipo terminal, las configuraciones que se deben realizar en los equipos de medición para establecer una conexión así como las consideraciones para obtener todas las mediciones.

A. *Bandas de Frecuencias, Frecuencias Centrales y Canales*

En el país, las bandas de frecuencias, hasta la fecha de escritura de este artículo, asignadas para el Servicio de Telefonía Móvil son:

- 850 MHz (Banda V)
UL: 824 MHz a 849 MHz
DL: 869 MHz a 894 MHz)
- 1900MHz (Banda II)
UL: 1850 MHz a 1910 MHz
DL: 1930 MHz a 1990 MHz)

Por lo que el Equipo Bajo Pruebas (EBP), al menos, deberá soportar estas bandas

Las frecuencias centrales de prueba en el canal respectivo, para cada banda de operación, se definen en las Tablas VII y VIII.

TABLA VII
FRECUENCIAS CENTRALES DE PRUEBA PARA LA BANDA II

Canal		Frecuencia central de bajada	Canal		Frecuencia central de subida
Bajo	9262	1852.4 MHz	Bajo	9662	1932.4 MHz
Medio	9400	1880.0 MHz	Medio	9800	1960.0 MHz
Alto	9538	1907.6 MHz	Alto	9938	1987.6 MHz

TABLA VIII
FRECUENCIAS CENTRALES DE PRUEBA PARA LA BANDA V

Canal		Frecuencia central de bajada	Canal		Frecuencia central de subida
Bajo	4132	826.4 MHz	Bajo	4357	871.4 MHz
Medio	4182	836.4 MHz	Medio	4407	881.4 MHz
Alto	4233	846.6 MHz	Alto	4458	891.6 MHz

B. *Potencia de la Celda (Cell Power)*

En el 3GPP, \hat{P}_o es el símbolo definido como la densidad de potencia espectral del enlace de bajada recibida por la antena del EBP. El enlace de bajada contiene uno o más canales físicos. En el equipo *Wireless Communications Test Set*, el parámetro *Cell Power* configura el nivel de potencia absoluta (en dBm) de los canales físicos, siendo posible también configurar cada canal físico individualmente en dB respecto a la potencia de la celda [4].

En el estándar del 3GPP, para cada prueba aplicada, se definen niveles de potencia para cada canal físico y la facilidad que presta el emulador de radio base es que estos niveles se encuentran preconfigurados. Cuando se aumenta o disminuye la potencia de la celda, por la preconfiguración que existe, la potencia de los canales que intervienen en la

medición no cambia y se distribuye en los canales que permiten iniciar la conexión, por ejemplo el DPCCCH.

La potencia que entrega la celda (potencia que entrega el emulador de radio base al EBP que está dentro de la Jaula de Faraday) está en el rango de -13 dBm/3.84 MHz a -115 dBm/3.84 MHz.

La potencia para el correcto enganche y operación del EBP durante la realización de las mediciones y pruebas es -50 dBm/3.84 MHz; este valor se sustenta en la experiencia adquirida durante los ensayos y pruebas realizadas en el laboratorio de la SUPERTEL, además, con este valor no se exige al equipo que transmita a la máxima potencia, ni que se pierda la conexión con el EBP al transmitir con la potencia mínima.

C. Diagrama de Conexión

A continuación se presentan los diagramas de conexión utilizados para las distintas mediciones de prueba realizadas.

a. Diagrama básico de conexión

Este diagrama se basa en la conexión del EBP al equipo “Wireless Communications Test Set”, mediante la Jaula de Faraday; dicha conexión se muestra en la Figura 3.

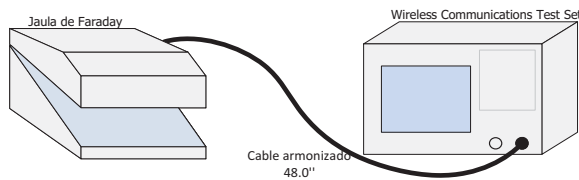


Fig. 3 Diagrama básico de conexión

b. Diagrama conjunto de conexión

A diferencia del anterior, este diagrama se basa en la conexión del EBP al equipo “Wireless Communications Test Set” y al equipo “EXA Signal Analyzer”, mediante la Jaula de Faraday, a través de un “Power Splitter”, el cual hace que la señal llegue a los dos equipos de medición.

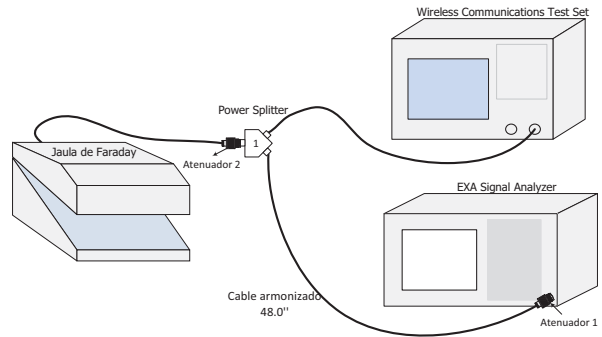


Fig. 4 Diagrama conjunto de conexión

D. Pérdidas por Caracterización

El uso de cables y adaptadores introduce pérdidas que se tendrán que compensar en el momento de realizar cada prueba. Para cada diagrama de conexión, se han calculado las pérdidas totales del sistema: cables, adaptadores, atenuadores, e incluso, en el caso del diagrama conjunto, el uso del “Power Splitter”.

Dependiendo del diagrama utilizado, el valor a compensar para cada prueba se obtiene sumando las pérdidas y atenuaciones, como se indica en la Tabla IX.

TABLA IX
VALOR A COMPENSAR POR DIAGRAMA A UTILIZAR

Diagrama	Sistema	Atenuación (dB)	
		Banda II	Banda V
Básico	Adaptador + Cable	0.54	0.41
Conjunto	Adaptador + Cable + Atenuador 2 + Power Splitter (1-2) + Cable + Atenuador 1	47.08	46.83

E. Configuración de los equipos para las pruebas

Se debe realizar una conexión HSPA+ de datos entre la radio base transceptora con el equipo terminal transmitiendo a máxima potencia para las diferentes pruebas. Como se considera que HSPA+ inicia en el Release 7, la tasa de datos del HSDPA debe ser 21 Mbps.

VI. REPORTE TÉCNICO

La presentación de los resultados de las distintas mediciones se enmarca en un reporte técnico de pruebas.

El reporte técnico será único por clase, marca y modelo, y será emitido por el laboratorio de la SUPERTEL, previo a la entrega del respectivo certificado de homologación. Al inicio presenta la información básica del EBP, luego información de identificación del laboratorio y del solicitante; continua con una descripción técnica del equipo terminal y un resumen de los resultados de las

pruebas; además indica de forma entendible todas las mediciones realizadas con sus respectivas metodologías, diagramas, equipos de prueba utilizados, presentación de todos los resultados, tanto de forma numérica, como gráfica (de ser el caso); y finaliza con las fotografías del EBP.

El reporte técnico presenta como parte relevante las distintas pruebas realizadas. Para cada prueba se hace la descripción de la prueba, los equipos utilizados, los diagramas utilizados y los resultados de las pruebas, lo cual se describe a continuación:

A. Tasa de datos efectiva (*throughput*)

a. Descripción de la prueba

La tasa efectiva de datos es la medida de los bits de información efectivos que el EBP puede transmitir por unidad de tiempo.

b. Equipos utilizados en las mediciones

Los equipos utilizados se indican en la Tabla X.

TABLA X
EQUIPOS UTILIZADOS EN ESTA PRUEBA

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	MODELO	SERIE
WIRELESS COMMUNICATION TEST SET	E5515C 8960 SERIES 10	MY50267072
RF SHIELD BOX	EC5010CE	EC5010CE-0022

c. Procedimiento para la prueba

1. El EBP se conecta a la Jaula de Faraday a través del cable RF con su respectivo conector.
2. El puerto de salida de transmisión de la Jaula de Faraday se conecta al equipo “Wireless Communications Test Set”.
3. Establecer en el EBP la máxima potencia a través del equipo “Wireless Communications Test Set”.
4. Establecer la conexión HSDPA y obtener las mediciones de tasa de datos efectiva.

d. Diagrama de la prueba

Para esta prueba se utiliza el diagrama básico de conexión, como se muestra en la Figura 3.

e. Resultados de la prueba

Los resultados de esta prueba para la Banda II para canal bajo, medio y alto se muestran en la Tabla XI. Como

ejemplo en la Figura 5 se presenta una captura de pantalla para canal medio en Banda II

TABLA XI
RESULTADOS DE LA PRUEBA PARA BANDA II

TASA DE DATOS EFECTIVA (THROUGHPUT)		
CATEGORÍA DEL EBP: 14		
CANAL	THROUGHPUT MEDIDO (Kbps)	TASA DE BLOQUES ERRADOS MEDIDA (%)
9262	19478	0
9400	19518	0
9538	19537	0

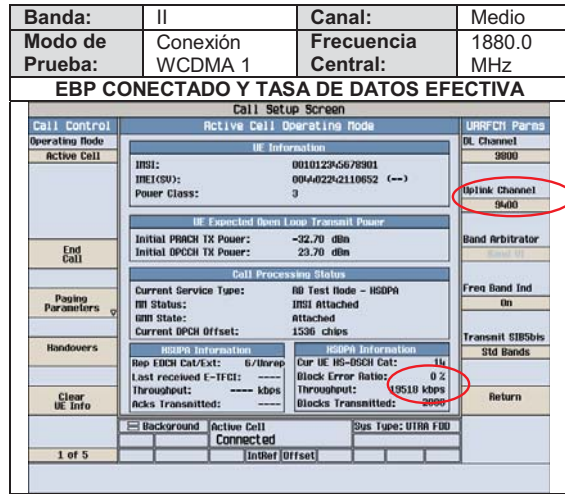


Fig. 5 Pantalla: Resultado para canal medio en la Banda II

B. Potencia de salida máxima con HS-DPCCH (Release 6 y posteriores)

a. Descripción de la prueba

La potencia de salida máxima es la medida de la potencia máxima que el EBP puede transmitir.

b. Equipos utilizados en las mediciones

Los equipos utilizados son los mismos que se indican en la Tabla X.

c. Procedimiento para la prueba

1. El EBP se conecta a la Jaula de Faraday a través del cable RF con su respectivo conector.
2. El puerto de salida de transmisión de la Jaula de Faraday se conecta al equipo “Wireless Communications Test Set”.
3. Establecer en el EBP la máxima potencia a través del equipo “Wireless Communications Test Set”.

4. Se obtiene las mediciones de *Channel Power*.

d. Diagrama de la prueba

Para esta prueba se utiliza el diagrama básico de conexión, que es el mismo que se muestra en la Figura 5.

e. Resultados de la prueba

Los resultados de esta prueba para la Banda V para canal bajo, medio y alto se muestran en la Tabla XII. Como ejemplo en la Figura 6 se presenta una captura de pantalla para canal medio en Banda V.

TABLA XII
RESULTADOS DE LA PRUEBA PARA BANDA V

POTENCIA DE SALIDA MÁXIMA				
CLASE DE POTENCIA 3				
CANAL	MAX POT. MEDIDA (dBm)	POTENCIA REFERENCIAL (dBm)	TOLERANCIA (dBm)	RESULTADO
4132	21.28	+24	+1.7 / -3.7	PASA
4182	20.97	+24	+1.7 / -3.7	PASA
4233	21.19	+24	+1.7 / -3.7	PASA

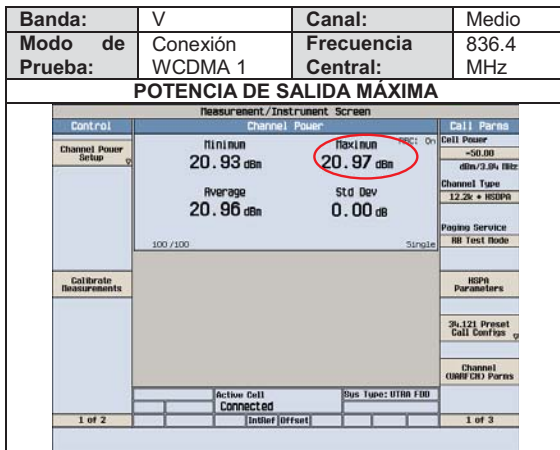


Fig. 6 Pantalla: Resultado para canal medio en la Banda V

C. Error de frecuencia

a. Descripción de la prueba

El error de frecuencia es aquella diferencia que existe entre la frecuencia portadora teórica asignada y la frecuencia de portadora que el EBP transmite.

b. Equipos utilizados en las mediciones

Los equipos utilizados son los mismos que se indican en la Tabla X.

c. Procedimiento para la prueba

1. El EBP se conecta a la Jaula de Faraday a través del cable RF con su respectivo conector.

2. El puerto de salida de transmisión de la Jaula de Faraday se conecta al equipo “*Wireless Communications Test Set*”.

3. Establecer en el EBP la máxima potencia a través del equipo “*Wireless Communications Test Set*”.

4. Se obtiene las mediciones de *Frequency Stability*.

d. Diagrama de la prueba

Para esta prueba se utiliza el diagrama básico de conexión, que es el mismo que se muestra en la Figura 5.

e. Resultados de la prueba

Los resultados de esta prueba para la Banda V para canal bajo, medio y alto se muestran en la Tabla XIII. Como ejemplo en la Figura 7 se presenta una captura de pantalla para canal alto en Banda V.

TABLA XIII
RESULTADOS DE LA PRUEBA PARA BANDA V

ERROR DE FRECUENCIA						
CANAL	MAX FREQ. MEDIDA (MHz)	MAX ERR. FREQ. MEDIDO (Hz)	ERROR DE FREQ. (ppm)	REFERENCIAL (dBm)	TOLERANCIA	RESULTADO
4132 (826.4 MHz)	826.417	16789	0.016789	No exc. ± 0.1 ppm	+ 10 Hz	PASA
4182 (836.4 MHz)	836.425	24762	0.024762	No exc. ± 0.1 ppm	+ 10 Hz	PASA
4233 (846.6 MHz)	846.616	16046	0.016046	No exc. ± 0.1 ppm	+ 10 Hz	PASA

Banda:	V	Canal:	Alto
Modo de Prueba:	Conexión WCDMA 1	Frecuencia Central:	846.6 MHz
ESTABILIDAD DE FRECUENCIA			

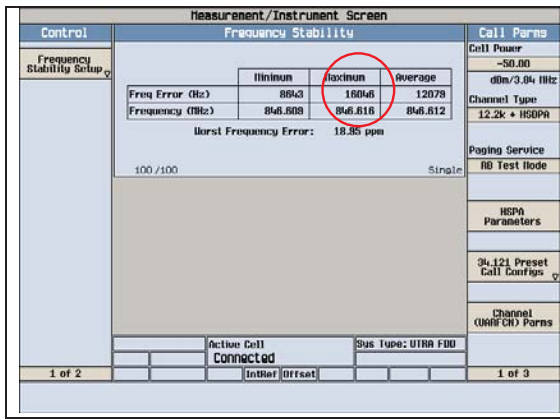


Fig. 7 Pantalla: Resultado para canal alto en la Banda V

D. Ancho de banda ocupado

a. Descripción de la prueba

El ancho de banda ocupado es una medida del ancho de banda que contiene el 99% del total de la energía del espectro transmitido, centrada en la frecuencia del canal asignado al EBP.

b. Equipos utilizados en las mediciones

Los equipos utilizados son los mismos que se indican en la Tabla X.

c. Procedimiento para la prueba

1. El EBP se conecta a la Jaula de Faraday a través del cable RF con su respectivo conector.
2. El puerto de salida de transmisión de la Jaula de Faraday se conecta al equipo “Wireless Communications Test Set”.
3. Establecer en el EBP la máxima potencia a través del equipo “Wireless Communications Test Set”.
4. Se obtiene las mediciones de *Occupied Bandwidth*.

d. Diagrama de la prueba

Para esta prueba se utiliza el diagrama básico de conexión, que es el mismo que se muestra en la Figura 5.

e. Resultados de la prueba

Los resultados de esta prueba para la Banda II para canal bajo, medio y alto se muestran en la Tabla XIV. Como ejemplo en la Figura 8 se presenta una captura de pantalla para canal bajo en Banda II.

ANCHO DE BANDA OCUPADO			
CANAL	MAX AB OCUPADO MEDIDO (MHz)	REFERENCIA	RESULTADO
9262	4.169	No exceda a 5 MHz	PASA
9400	4.172	No exceda a 5 MHz	PASA
9538	4.170	No exceda a 5 MHz	PASA

Banda:	II	Canal:	Bajo
Modo de Prueba:	Conexión WCDMA 1	Frecuencia Central:	1852.4 MHz

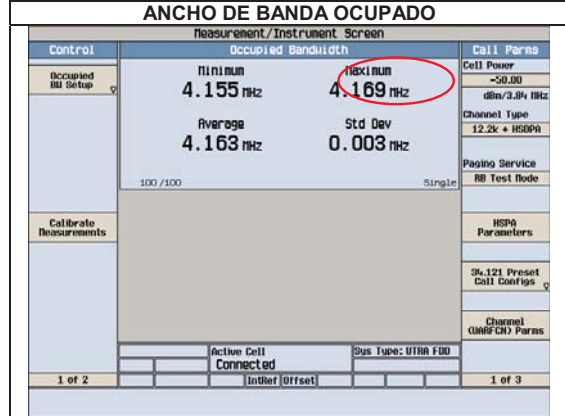


Fig. 8 Pantalla: Resultado para canal bajo en la Banda II

E. Máscara de emisión espectral

a. Descripción de la prueba

La máscara de emisión espectral del EBP se aplica al rango de frecuencias (Δf) que están entre $\pm 2,5$ MHz a $\pm 12,5$ MHz de distancia de la frecuencia central del canal.

b. Equipos utilizados en las mediciones

Los equipos utilizados son los mismos que se indican en la Tabla X.

c. Procedimiento para la prueba

1. El EBP se conecta a la Jaula de Faraday a través del cable RF con su respectivo conector.
2. Establecer en el EBP la máxima potencia a través del equipo “Wireless Communications Test Set”.
3. Se obtiene las mediciones de *Spectrum Emission Mask*.

d. Diagrama de la prueba

Para esta prueba se utiliza el diagrama básico de conexión, que es el mismo que se muestra en la Figura 5.

TABLA XIV
RESULTADOS DE LA PRUEBA PARA BANDA II

e. Resultados de la prueba

Los resultados de esta prueba para la Banda V para canal alto se muestran en la Tabla XV. Como ejemplo en la Figura 9 se presenta una captura de pantalla para canal alto en Banda V.

TABLA XV
RESULTADOS DE LA PRUEBA PARA BANDA V

MÁSCARA DE EMISIÓN ESPECTRAL				
CA-NAL	RANGO (MHz)	NIVEL MEDID O (dBc)	MARGEN (dB)	RESUL-TADO
423 3	1: 2.5 – 3.5	-51.32	2.20	PASA
	2: 3.5 – 7.5	-36.92	1.42	PASA
	3: 7.5 – 8.5	-52.82	3.82	PASA
	4: 8.5 – 12.5	-52.82	3.82	PASA
	A1: 2.5 – 3.5	-26.28	11.28	PASA
	A2: 3.5 – 12.5	-24.93	11.93	PASA

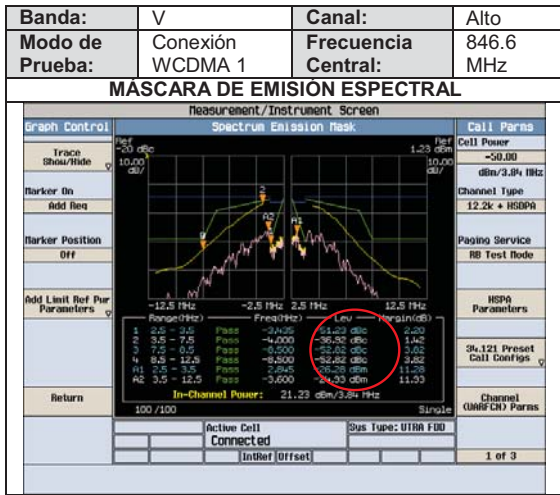


Fig. 9 Pantalla: Resultado para canal alto en la Banda V

F. Tasa de potencia interferente en el canal adyacente con HS-DPCCH

a. Descripción de la prueba

La tasa de potencia interferente en el canal adyacente es la relación entre la potencia media del canal filtrada con un filtro RRC centrado en la frecuencia asignada y la potencia media del canal filtrada con un filtro RRC centrado en la frecuencia del canal adyacente. El filtro tiene un ancho de banda de 3,84 MHz.

b. Equipos utilizados en las mediciones

Los equipos utilizados son los mismos que se indican en la Tabla X.

c. Procedimiento para la prueba

1. El EBP se conecta a la Jaula de Faraday a través del cable RF con su respectivo conector.

2. El puerto de salida de transmisión de la Jaula de Faraday se conecta al equipo “Wireless Communications Test Set”.

3. Establecer en el EBP la máxima potencia a través del equipo “Wireless Communications Test Set”.

4. Se obtiene las mediciones *Adjacent Channel Leakage Ratio*.

d. Diagrama de la prueba

Para esta prueba se utiliza el diagrama básico de conexión, que es el mismo que se muestra en la Figura 5.

e. Resultados de la prueba

Los resultados de esta prueba para la Banda II para canal bajo se muestran en la Tabla XVI. Como ejemplo en la Figura 10 se presenta una captura de pantalla para canal bajo en Banda II.

TABLA XVI
RESULTADOS DE LA PRUEBA PARA BANDA II

TASA DE POTENCIA INTERFERENTE EN EL CANAL ADYACENTE				
CLASE DE POTENCIA 3				
CA-NAL	OFFSET	MAX TASA MEDIDA (dBc)	LÍMITE ACLR (dB)	RESUL-TADO
9262	- 5 MHz	-43.08	32.2	PASA
	+ 5 MHz	-42.47	32.2	PASA
	- 10 MHz	-57.33	42.2	PASA
	+ 10 MHz	-55.03	42.2	PASA

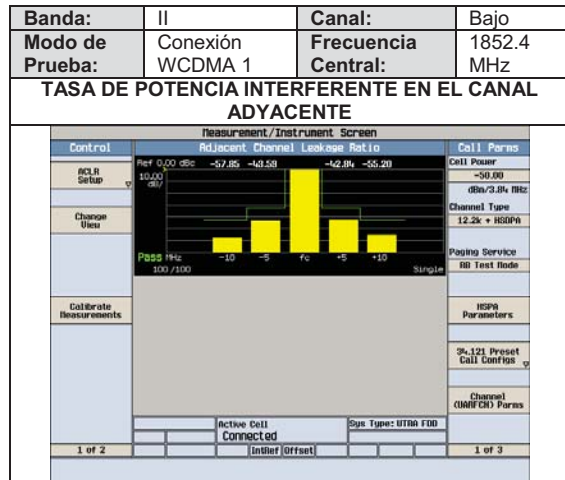


Fig. 10 Pantalla: Resultado para canal bajo en la Banda II

G. Emisiones espurias

a. Descripción de la prueba

Las emisiones espurias son emisiones causadas por efectos de transmisión no deseados tales como emisiones de armónicos, emisiones parásitas, efectos de intermodulación y efectos de conversión de frecuencias, pero excluidas fuera de las bandas de emisión.

b. Equipos utilizados en las mediciones

Los equipos utilizados se indican en la Tabla XVII.

TABLA XVII
EQUIPOS UTILIZADOS EN ESTA PRUEBA

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	MODELO	SERIE
WIRELESS COMMUNICATION TEST SET	E5515C 8960 SERIES 10	MY50267072
RF SHIELD BOX	EC5010CE	EC5010CE-0022
ANALIZA-DOR DE ESPEC-TROS HASTA 13,6 GHz	EXA N9010A	MY51250496
POWER SPLITTER	11667A	MY51356330

c. Procedimiento para la prueba

1. El EBP se conecta a la Jaula de Faraday y el puerto de salida de la Jaula de Faraday se conecta al puerto 1 (señal entrante) del “Power Splitter”.

3. El puerto 2 del “Power Splitter” se conecta a la salida/entrada RF del equipo “Wireless Communications Test Set” y el puerto 3 se conecta a la entrada RF del equipo “EXA Signal Analyzer”.

4. Establecer en el EBP la máxima potencia a través del equipo “Wireless Communications Test Set”.

5. Se obtiene las mediciones de *Spurious Emissions*.

d. Diagrama de la prueba

Para esta prueba se utiliza el diagrama básico de conexión, como se muestra en la Figura 4.

e. Resultados de la prueba

Los resultados de esta prueba para la Banda V para canal alto se muestran en la Tabla XVIII. Como ejemplo en la Figura 11 se presenta una captura de pantalla para canal alto en Banda V.

TABLA XVIII
RESULTADOS DE LA PRUEBA PARA BANDA V

EMISIONES ESPURIAS				
CANAL	RANGO DE FRECUENCIAS	MAX AMPLITUD MEDIDA (dBm)	LÍMITE (dBm)	RESULTADO
4233	9 KHz – 150 KHz	-52.20	-36	PASA
	150 KHz – 30 MHz	< -36.00	-36	PASA
	30 MHz – 1 GHz	-45.26	-36	PASA
	1 GHz – 12.75 GHz	< -30.00	-30	PASA

Banda:	V	Canal:	Alto
Modo de Prueba:	Conexión WCDMA 1	Frecuencia Central:	846.6 MHz

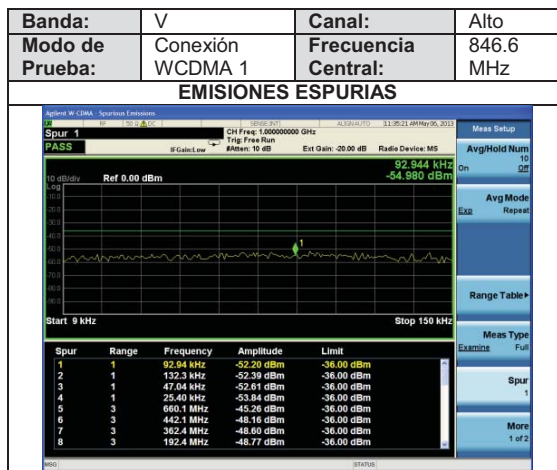


Fig. 11 Pantalla: Resultado para canal alto en la Banda V

VII. CONCLUSIONES

Actualmente, dentro de la verificación técnica de un equipo terminal cuenta con pruebas y mediciones puntuales a realizarse para cada clase de equipos, como: conexión del terminal con el emulador, máxima potencia de salida, etc. Con lo planteado en este artículo, previa aceptación, la SUPERTEL, contará con pruebas y mediciones orientadas a obtener una acreditación internacional para la certificación de Equipos, en un inicio para terminales celulares, a fin de que la verificación técnica de estos cumpla con todos los parámetros que la norma del 3GPP exige. Posteriormente servirá de guía para la elaboración de protocolos para otras clases de equipos; de ahí la importancia de contar con este protocolo de mediciones y pruebas.

El estándar: “Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); User Equipment (UE) conformance specification; Radio transmission and reception (FDD); Part 1: Conformance specification (3GPP TS 34.121-1 version 9.3.0 Release 9)”, presenta los procedimientos de medición de características técnicas de transmisión, recepción y rendimiento que un equipo terminal debe cumplir para tener un buen desempeño en las redes; por lo tanto, las pruebas indicadas en este artículo están enfocadas a determinar si el equipo terminal funciona correctamente en su red, es decir, sin causar interferencia a los usuarios en bandas vecinas y no afectar a las demás redes de telecomunicaciones.

Todas las pruebas aplicadas a los equipos terminales fueron de forma conducida, conectando directamente de la salida de RF expuesta del equipo terminal al puerto de entrada/salida del equipo *Wireless Communications Test Set* a través de la Jaula de Faraday. Cada EBP debe contar con una salida de RF para poder conectarlo al emulador de radio base de lo contrario, se debería hacer una prueba radiada utilizando la antena que posee la Jaula de Faraday. La desventaja del método radiado es que la medida es menos precisa.

Se destaca la apertura por parte de la Superintendencia de Telecomunicaciones para crear lazos de cooperación mutua con las Universidades del Ecuador permitiendo la utilización de los equipos de medición disponibles en el laboratorio de homologación de la SUPERTEL con su respectivo asesoramiento y capacitación, con lo que abrió la posibilidad de aplicar en la práctica los conocimientos teóricos adquiridos sobre comunicaciones inalámbricas y sistemas celulares, y profundizar e investigar los aspectos relacionados para la realización de una conexión HSPA+, en un ambiente controlado.

REFERENCIAS

- [1] DAHLMAN Erik, PARKVALL Stefan, SKÖLD Johan, BEMING Per (2007). 3G Evolution: HSPA and LTE for Mobile Broadband, publicaciones British Library cataloguing. Primera edición
- [2] KAARANEN Heikki, AHTIAINEN Ari, LAITINEN Lauri, NAGHIAN Siamäk, NIEMI Valtteri. UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services, publicaciones John Wiley & Sons, Ltd. Segunda edición
- [3] TAPIA Pablo, LIU Jun, KARIMLI Yasmin, FEUERSTEIN Martin (2009). HSPA Performance and Evolution; A practical perspective, publicaciones John Wiley and Sons, Ltd.
- [4] AGILENT TECHNOLOGIES. Agilent 8960 Wireless Communicatons Test Set, Documento electrónico proporcionado por la Superintendencia de Telecomunicaciones.
- [5] AGILENT TECHNOLOGIES. EC5010CE RF Shield Box, Documento electrónico proporcionado por la Superintendencia de Telecomunicaciones.
- [6] AGUILERA, Pablo (2009). Estudio de sistemas MIMO a través de técnicas de procesado de señal y teoría de la información, Documento electrónico, http://bibing.us.es/articulos/abreproy/70143/fichero/capitulo_3.pdf
- [7] CONATEL (2007). Reglamento para la homologación de equipos terminales de telecomunicaciones (Resolución No. 452-29-conatel), Documento electrónico proporcionado por la Superintendencia de Telecomunicaciones
- [8] DECRETO PRESIDENCIAL (2001). Reglamento general a la ley especial de telecomunicaciones reformada (Decreto No. 1790), Documento electrónico proporcionado por la Superintendencia de Telecomunicaciones

- [9] QUALCOMM (2009). HSPA+ for Enhanced Mobile Broadband, Documento electrónico <http://www.qualcomm.com/media/documents/files/hspa-for-enhanced-mobile-broadband-whitepaper.pdf>
- [10] SUPERTEL (2010). Instructivo para la aplicación del proceso de homologación de equipos terminales de telecomunicaciones en la superintendencia de telecomunicaciones Documento electrónico proporcionado por la Superintendencia de Telecomunicaciones
- [11] 3GPP (2010). Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); User Equipment (UE) radio transmission and reception (FDD). 3GPP TS 25.101 versión 9.3.0 Release 9, Documento electrónico http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/125100_125199/125101/09.03.00_60/ts_125101v090300p.pdf
- [12] 3GPP (2011). Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); User Equipment (UE) conformance specification; Radio transmission and reception (FDD); Part 1: Conformance specification. 3GPP TS 34.121-1 version 9.3.0 Release 9, Documento electrónico http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/134100_134199/13412101/09.03.00_60/ts_13412101v090300p.pdf
- [13] SUPERTEL, http://www.supertel.gob.ec/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=101

BIOGRAFÍAS



Santiago López.- Nació en Ambato el 10 de noviembre de 1988. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Guayaquil de Ambato obteniendo su título en Bachiller Técnico en Electrónica. Obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional el año 2013. Ha realizado cursos sobre la configuración de equipos Agilent para pruebas de equipos terminales celulares, incluidos aquellos para LTE.



Luis Molina.- Nació en Quito el 2 de abril de 1987. Sus estudios secundarios los realizó en el Colegio Experimental "Juan Pío Montufar" de la ciudad de Quito obteniendo el Título de Bachiller con especialización en Físico Matemático. Obtuvo su título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional obteniendo el título en el año 2013. Realizó sus prácticas pre-profesionales en la Superintendencia de Telecomunicaciones adquiriendo gran conocimiento en el ámbito de las tecnologías celulares.



Rafael Matute. Graduado del Colegio Municipal Experimental "Sebastián de Benalcázar". Obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional en 2002. Obtuvo su título de Magister en Administración de Empresas en el 2006, en la Universidad Central del Ecuador. Ha realizado cursos especializados en Estados Unidos y Colombia. Actualmente trabaja en Superintendencia de Telecomunicaciones en la Dirección Nacional de Certificación de Equipos de Telecomunicaciones e Investigación.



Iván M. Bernal. Graduado del Instituto Nacional Mejía. Obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional en 1992. Obtuvo los títulos de M.Sc. (1997) y Ph.D. (2002) en Computer Engineering en Syracuse University, NY, USA. Ha realizado cursos especializados en varios países europeos, latinoamericanos, Estados Unidos y en Corea del Sur. Actualmente trabaja en la EPN, en el Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información (DETRI).