

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD INDUSTRIAL (INCALIN)  
ESPECIALIZACION EN CALIDAD INDUSTRIAL

Trabajo Final Integrador

**Diagramación y puesta en marcha del Laboratorio de Tecnologías Móviles del  
Departamento de Comunicaciones, SOEYE, INTI**

Alumno: Enrique Mario D'Onofrio

Fecha de entrega: Abril de 2024

## Contenido

INTRODUCCIÓN.....	3
Objetivo.....	3
Tareas realizadas en el Instituto y ubicación del mismo .....	4
Organigrama .....	5
Ensayos sistematizados.....	6
Problemática y creación del laboratorio.....	6
Ciclo PDCA y MNPQ .....	7
DESARROLLO .....	10
Análisis situación inicial (fase planeamiento) .....	10
Diagrama de Ishikawa para establecer requisitos (fase planeamiento).....	10
Diagrama de proceso (fase hacer) .....	12
Implementación y obtención de recursos Requerimientos de instrumental (fase hacer) .....	13
Estudio de normas, capacitación, personal (fase hacer) .....	15
Automatización del banco de ensayos (fase hacer) .....	16
Ensayos preliminares (fase verificar) .....	19
Generación de documentación y procedimientos (fase verificar) .....	19
Acreditación de la norma (fase verificar).....	20
Verificación de resultados (fase verificar) .....	20
Mejoras al proceso (fase actuar) .....	21
Acciones de difusión – capacitación (fase actuar).....	21
CONCLUSIONES.....	23
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	24
ANEXO – Procedimiento PE-LTM16-01.....	25

## INTRODUCCIÓN

### Objetivo

El objetivo del presente trabajo es mostrar la aplicación de las herramientas de calidad utilizadas para la puesta en marcha del Laboratorio de Tecnologías Móviles (LTM) del Departamento de Comunicaciones (DDC), subgerencia operativa de electrónica y energía (SOEYE), INTI.

## Tareas realizadas en el Instituto y ubicación del mismo

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) es un organismo dedicado a la investigación, desarrollo y promoción de la tecnología industrial para impulsar el crecimiento y la competitividad del sector industrial nacional. Fue fundado en el año 1957 y actualmente ofrece una amplia gama de servicios. Entre ellos se puede mencionar: asesoramiento técnico, ensayos sistematizados bajo norma, investigación aplicada, certificaciones de calidad, metrología legal y el mantenimiento de los patrones nacionales de medida. Realiza actividades para diversos sectores industriales como el metalúrgico, agroalimentario, textil, químico, electrónico y automotriz.

El DDC se apoya en tres pilares fundamentales, ensayos de sistemas de telecomunicaciones para su homologación, asistencias técnicas y desarrollos en el campo de las comunicaciones y finalmente capacitaciones sobre temas afines. El campo de las comunicaciones comprende multitud de dispositivos electrónicos, como teléfonos móviles, equipos de transmisión de datos y dispositivos de conexión a internet. Las tecnologías más difundidas que se ensayan son Wifi, bluetooth, NFC, LoRa, terminales y radiobases de tecnologías celulares 2G, 3G y 4G y radios VHF y UHF entre otros. Las pruebas de conformidad con normativas nacionales garantizan que los productos ensayados cumplan con los estándares exigidos en el mercado interno.



Figura 1 - Imagen satelital del INTI (fuente: Google Maps)

El INTI se encuentra en Avenida General Paz 5445, Villa Maipú. En la Figura 1 se puede ver el acceso desde Av. Gral. Paz y con un cursor naranja se indica el edificio número 42 en cuyo primer piso se encuentra el DDC.

## Organigrama

Para explicar las tareas del DDC dentro del instituto, es conveniente visualizar rápidamente la ubicación del mismo dentro del organigrama. Si bien en cada sector se utiliza un enfoque por procesos, observando la estructura vertical se puede ver que el DDC está en un área operativa, bajo la Gerencia Operativa de Servicios Industriales. Dentro de la Subgerencia Operativa de Electrónica y Energía hay varios departamentos separados por la temática que abarcan, y entre ellos está el Departamento de Comunicaciones. En la Figura 2 se muestra al DDC recuadrado en color rojo.

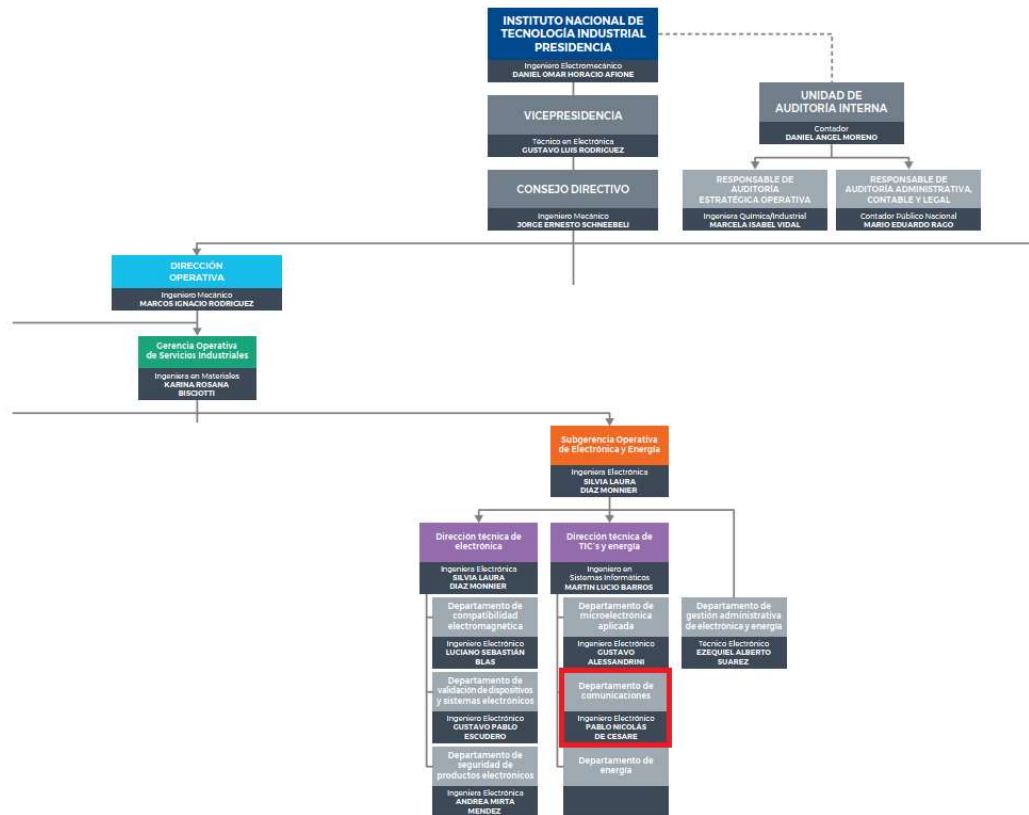


Figura 2 - Parte del organigrama del INTI vinculado al DDC

## Ensayos sistematizados

Como se mencionó anteriormente, El DDC realiza ensayos de equipos de comunicaciones y radiodifusión para su homologación en el país. El organismo encargado de homologar dichos equipos es el Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM). Este mismo es quien se encarga de auditar y acreditar laboratorios. Durante el proceso de acreditación se verifica no sólo la capacidad para llevar a cabo tareas específicas sino también su competencia técnica para las mismas.

Los ensayos se realizan por modelo de equipo a comercializar. En este tipo de ensayos se toma una muestra como representativa del total. Estos ensayos son de características similares a una verificación primitiva, es decir un ensayo inicial a una muestra una única vez para asegurar que sea conforme a la normativa vigente. Una vez terminados los mismos se confeccionan informes de ensayo y se remiten a ENACOM para su evaluación y posterior homologación del producto.

Según la tecnología de comunicación, un determinado equipo puede ser abarcado por una o varias normas. Actualmente el DDC se encuentra acreditado para ensayar según las siguientes normas técnicas: PROTOCOLO DE MEDICIONES BASICAS PARA EQUIPOS CODIFICADOS CNT-PM-1, Normas técnicas ENACOM SC-Mm2-20.01, SC-Mm2-20.02, SC-Q2-60.08, SC-Q2-60.09, CNT-Q2-60.10, CNT-Q2-60.11, CNT-Q2-60.12, ENACOM-Q2-60.14 V21.1, ENACOM-Q2-60.15 V19.1, ENACOM-Q2-60.16 V17.1, SC-Q2-60.17, SC-Q2-61.02, ENACOM-Q2-61.03 V23.1, ENACOM-Q2-61.04 V17.1, ENACOM-Q2-63.02 V23.1, ENACOM-Q2-63.03 V23.1 y SC-Q3-60.01.

## Problemática y creación del laboratorio

Con el avance tecnológico van surgiendo nuevas tecnologías y medios de transmisión de información, lo que conlleva más necesidades de regulación en el uso del espectro. Si bien los teléfonos móviles se utilizan hace muchos años, en Argentina no existía normativa local para el ensayo de los mismos. El 4 de enero de 2018 se publica en el boletín oficial la norma técnica de

terminales celulares (ENACOM-Q2-61.03 V17.1 “Terminales de usuario de los servicios de comunicaciones móviles”) y con ello se plantea el desafío de adquirir conocimientos, equipamiento y competencias para acreditar esta nueva norma. Esto requiere ponerse al día con las tecnologías de las diferentes generaciones celulares, 2G, 3G hasta 4G, ya que en la práctica todas ellas conviven y son utilizadas por los equipos de comunicaciones. En ese momento al evaluar el posible incremento de trabajo debido a esta nueva norma, se decidió formar una nueva unidad organizativa que se encargue de los temas relativos a tecnologías celulares: el Laboratorio de Tecnologías Móviles (LTM). Para este cometido se piensa utilizar un concepto bastante conocido en el ámbito de la calidad, que es el ciclo de Deming o ciclo PDCA.

## Ciclo PDCA y MNPQ



*Figura 3 - Ciclo de Deming (fuente: Castillo Estrada et al., 2021)*

El ciclo PDCA es un método de gestión continuo que se compone de cuatro etapas: Planificar (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Actuar (Act). La idea principal del método es mejorar continuamente los procesos y productos de una organización.

En la primera etapa (Plan) se establecen objetivos y metas a alcanzar, así como los procesos y actividades necesarias para lograrlos. Se identifican los recursos requeridos, se elaboran planes de acción y se definen los criterios de éxito.

La segunda etapa (Do) consiste en ejecutar los planes y se llevan a cabo las actividades según lo establecido en la fase de planificación. En esta etapa es cuando se ponen en práctica las soluciones propuestas y se realizan las tareas necesarias para alcanzar los objetivos establecidos.

Una vez que se han ejecutado los planes, se procede a verificar los resultados obtenidos. Esta es la tercera etapa (Check). En ella se recolectan datos y se comparan con los objetivos y criterios establecidos en la etapa de planificación.

Por último, se debe actuar (Act). Con los resultados que se lograron en la etapa de verificación, se toman medidas para corregir y mejorar el proceso. Es el momento de implementar ajustes y acciones correctivas según sea necesario.

Este ciclo se repite en forma continua, logrando así capitalizar las experiencias y en base a ellas ir mejorando y adaptándose a los cambios del entorno. Teniendo en cuenta esto comienza la puesta en marcha del nuevo laboratorio.

Adicionalmente al ciclo PDCA también existe otro concepto similar, pero más asociado a la metrología, que es el concepto de MNPQ (Medir, Normalizar, Probar y asegurar la calidad "Quality"). Cada una de las letras indica una acción a tomar:

**Medir:** Consiste en recolectar datos relevantes sobre el proceso o el producto que se está evaluando. Es esencial identificar las variables críticas que afectan la calidad o el rendimiento del proceso/producto y establecer métricas para cuantificarlas.

**Normalizar:** Una vez que se recopilaron los datos, es importante normalizarlos para que sean comparables y se puedan analizar de manera eficaz. Esto implica ajustar los datos para eliminar cualquier sesgo o variación no deseada que pueda distorsionar el análisis.

**Probar:** En esta etapa se lleva a cabo la evaluación de los datos normalizados para identificar posibles problemas. Se aplican técnicas de análisis estadístico para entender el comportamiento de los procesos o productos y determinar si cumplen con los estándares de calidad establecidos.

Calidad: Finalmente, el paso de calidad implica tomar decisiones basadas en los resultados de las pruebas realizadas Pueden ser acciones correctivas para minimizar cualquier desviación o problema identificado durante el proceso de prueba.

## DESARROLLO

### Análisis situación inicial (fase planeamiento)

Inicialmente corresponde preguntarse los “qué”, “cómo”, “quién” y “cuándo” asociados al proyecto. Con ello se puede ir constituyendo el diagrama del proceso de ensayo de terminales celulares.

Es necesario determinar quiénes son los clientes. El mercado local de desarrolladores de tecnología es pequeño, algunas pymes integran módulos celulares en sus productos, pero son pocas. La mayor parte de los clientes son empresas multinacionales, mayormente fabricantes de teléfonos celulares y tabletas, pero también fabricantes de otros dispositivos. Sobre los productos a ensayar, ya se mencionaron teléfonos móviles, pero también hay alarmas, dispositivos IOT para automatización del hogar, autoestéreos y localizadores, entre otros.

El servicio de ensayo se podrá ofrecer cuando el laboratorio esté acreditado para ensayar, por lo que habrá que prever una auditoría de ENACOM.

Para realizar los ensayos hay que preguntarse el “cómo”. Esta pregunta dispara una necesidad de determinar requerimientos. Para organizarlos se emplea otra herramienta de calidad.

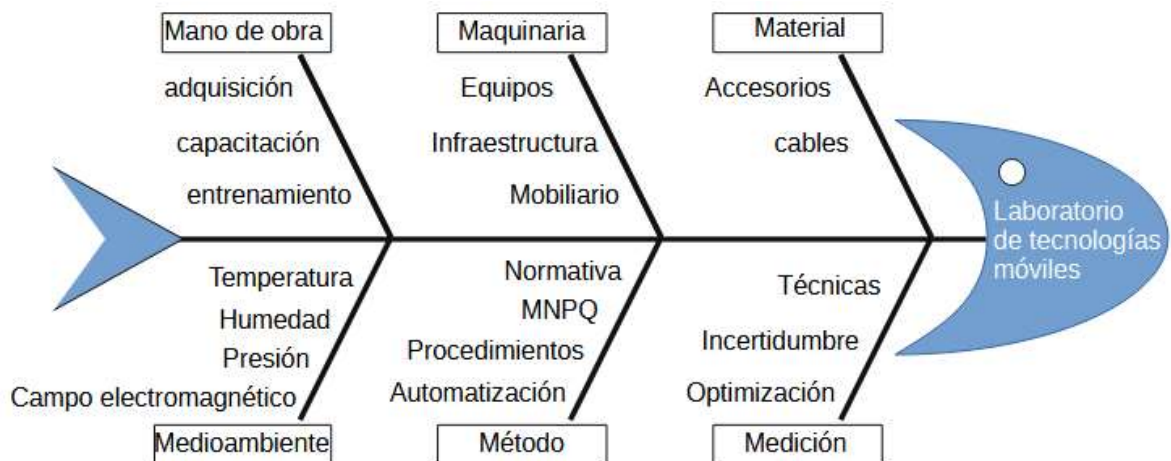
### Diagrama de Ishikawa para establecer requisitos (fase planeamiento)

El diagrama de espina de pescado o de Ishikawa permite evidenciar fácilmente causas y efectos. El efecto será la consecuencia: la puesta en marcha del laboratorio. Para ello necesitamos determinar varios factores. Típicamente se establecen seis causas:

- Material – Todos los componentes físicos o no físicos del sistema, los recursos y las herramientas.
- Método/Proceso – Son los métodos y procedimientos usados en la producción o entrega del producto.

- Máquina – Máquinas y equipos utilizados para crear o proporcionar el producto o servicio.
- Medición – Se refiere a las herramientas y métodos utilizados para medir el progreso y el rendimiento.
- Mano de obra – Se refiere a las personas que participan en la producción o entrega del producto o servicio.
- Madre naturaleza (medio ambiente) – Se refiere a los factores externos que afectan al sistema, como el clima, la geografía y las regulaciones medioambientales.

En la Figura 4 se puede ver un diagrama de Ishikawa específico para la problemática que trata el presente trabajo.



*Figura 4 - Diagrama de espina de pescado o de Ishikawa*

Los materiales a conseguir serán principalmente adaptadores, cables, atenuadores y acopladores direccionales. Muchos de ellos ya están disponibles en el DDC y no será necesario adquirir nuevos.

Para el Método se utiliza la técnica MNPQ, se realiza un estudio de la normativa vigente, tanto la de ENACOM como la que ésta referencia para ver los métodos de ensayo. Se genera documentación, procedimiento de medición, cálculo de incertidumbre y se establecen métricas

para evaluar el proceso. Una vez que se logra un ensayo sistematizado se puede pensar en la automatización del mismo para reducir errores humanos y aumentar la velocidad de ensayo.

Bajo el título Máquina hay que determinar y seleccionar los instrumentos de medición, el ambiente donde se van a colocar y si hay que hacer consideraciones especiales para los mismos. En particular se necesita un tester de radiocomunicaciones, un analizador de señales, una jaula de Faraday para ensayos que se puedan ver afectados por interferencias externas y un lugar físico para llevar a cabo los ensayos.

Las técnicas de Medición en su mayor parte están determinadas por la norma, ya que es menester equiparar los resultados que se obtienen en cualquier laboratorio de ensayos que esté acreditado. Sin embargo, hay que resolver algunos detalles específicos como por ejemplo el método de conexión, la disposición del banco de trabajo, la incertidumbre de la medición y cómo se pueden optimizar los test, en caso que ello sea posible.

Sobre la Mano de obra, se necesita un técnico capacitado para operar el instrumental y un ingeniero para redactar los procedimientos y estudiar las posibilidades de mejora de las mediciones. Además de capacitaciones teóricas se necesita entrenamiento práctico, ya que el manejo del instrumental no es trivial. En el DDC se asigna a un técnico y a un ingeniero las responsabilidades pertinentes.

El último aspecto, pero no por ello el de menor importancia es el Medio ambiente. La norma establece condiciones ambientales de temperatura, presión y humedad en las que se deben realizar los ensayos. Si las mismas no están dadas, no se debe medir. Adicionalmente para mediciones de recepción, ya que el laboratorio se encuentra en una zona urbana, se necesita una jaula de Faraday con motivo de atenuar las interferencias de radiobases externas.

### **Diagrama de proceso (fase hacer)**

La metodología del ensayo, o sea, los pasos a seguir por el homologador, se documentan y detallan en un procedimiento específico. A continuación, en la Figura 5, se muestra un diagrama de proceso para el ensayo de un terminal 3G tomado del procedimiento específico PELTM16 que se adjunta en el ANEXO.

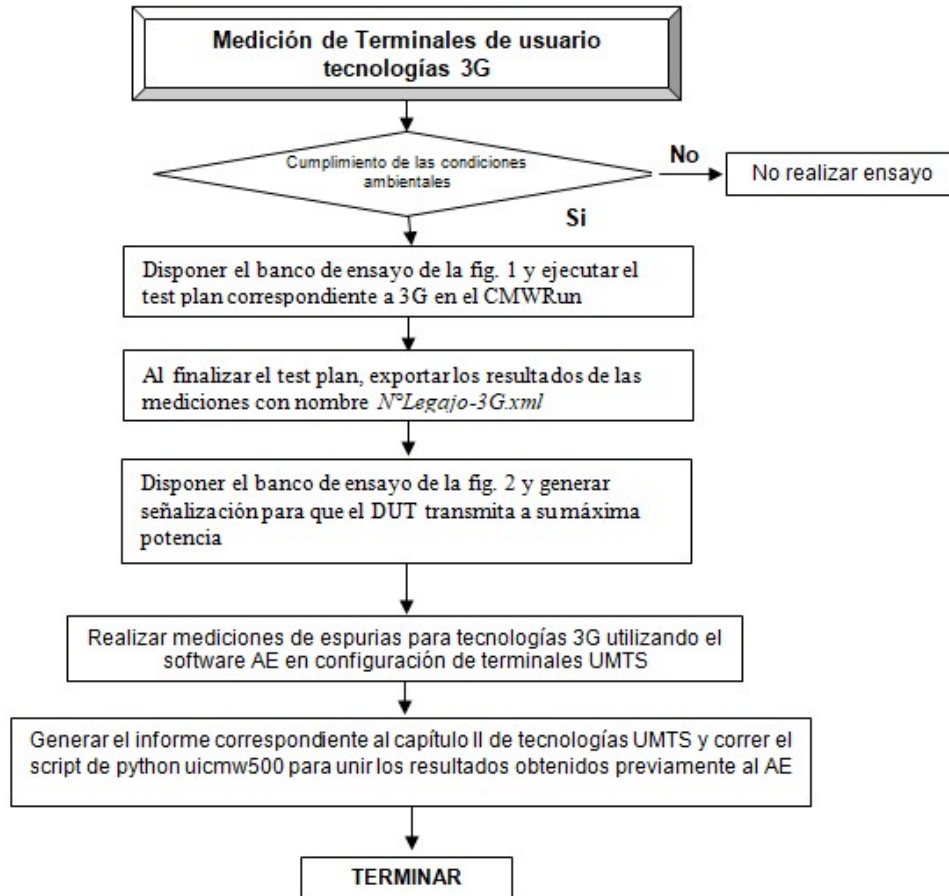
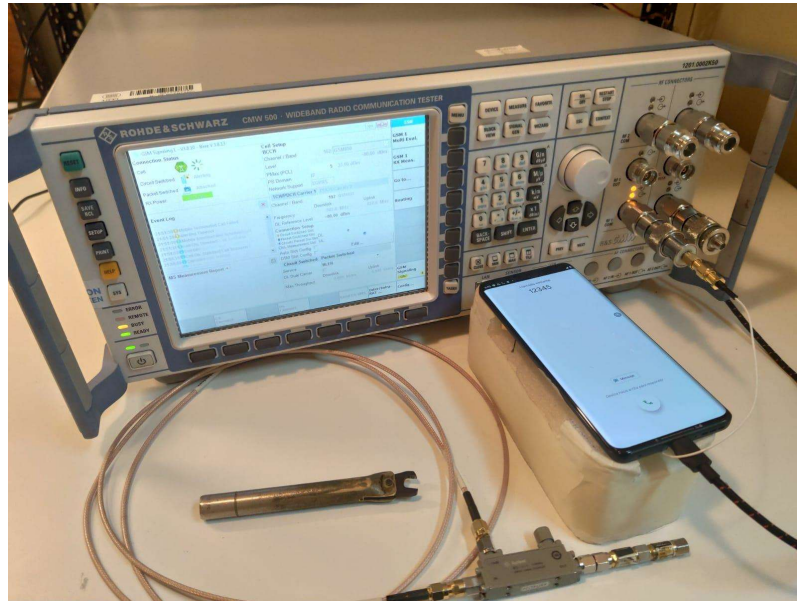


Figura 5 - Diagrama de proceso para medición de un terminal 3G

## Implementación y obtención de recursos Requerimientos de instrumental (fase hacer)

Se buscaron los instrumentos necesarios para realizar las pruebas requeridas a los terminales y se solicitaron cotizaciones. En este ámbito es bastante acotada la oferta, ya que son instrumentos muy complejos y que no tienen gran volumen de mercado. El resultado de esto es que hay solamente tres fabricantes que ofrecen soluciones para realizar estos ensayos. Además del hardware se deben especificar las opciones de software que se van a necesitar. Finalmente se elige el tester de radiocomunicaciones R&S CMW500 (ver Figura 6). Otro instrumento necesario es el analizador de señales. Para el mismo se decidió usar el ya existente en el DDC

previa consideración del aumento de carga de trabajo que podría resultar, no obstante, se pidió un analizador adicional.



*Figura 6 - Tester de radiocomunicaciones CMW500, con un celular a medir conectado*

Otro elemento necesario es una jaula de Faraday. La misma sirve para atenuar fuertemente las interferencias externas. En este caso se decidió poner en valor una vieja jaula de Faraday (Figura 7) que estaba en desuso desde hace años. Se llevó al lugar final, se limpió, se mejoraron los contactos entre las chapas estructurales, se armó y finalmente se pintó. Luego se verificó su funcionamiento mediante pruebas ad-hoc. El resultado se puede ver en la imagen.



*Figura 7 - Jaula de Faraday en el DDC*

Para los ensayos se utilizan dos programas, uno provisto por el fabricante que entrega resultados de la mayoría de las mediciones a realizar, y otro propio desarrollado en el DDC. De estos programas se hablará más en detalle cuando se trate la automatización del ensayo.

#### **Estudio de normas, capacitación, personal (fase hacer)**

Si bien se realizó un estudio de las normas para definir factibilidades, configuración y tipo de instrumentos, el análisis a fondo se realiza una vez que se adquiere el instrumental y se dispone de una muestra para experimentar prácticamente lo que implica hacer el ensayo. La compra del CMW500 se acompañó de una breve capacitación (3 días) para comenzar a utilizar el equipo. Con esa introducción y teniendo presente la norma, se comenzó a estudiar cómo realizar correctamente todas las mediciones.

Cabe hacer un pequeño apartado para mencionar que la norma argentina (ENACOM Q2-61.03 V23.1) principalmente menciona límites y refiere para los procedimientos de ensayo a las normas ETSI TS 151 010-1, ETSI TS 134 121-1 y ETSI 136 521-1. Estas normas son muy extensas y solamente se requieren algunos ítems de estas. En ellas se encuentran los límites

adoptados por la norma argentina, la configuración inicial del móvil con la red y la configuración para cada ensayo, así como las condiciones en las que se debe medir. Con esto en mente se aprende lo necesario para realizar las mediciones manualmente con el instrumento, y luego se pasa a una instancia más sofisticada.

### Automatización del banco de ensayos (fase hacer)

La automatización del banco de ensayos proporciona varias ventajas. La primera de ellas es la reducción drástica de los tiempos de ensayo. Un informe completo de un celular 2G-3G-4G con todas las bandas asignadas en Argentina puede tener alrededor de 350 páginas de resultados, gráficos, configuraciones y tablas. Por este motivo es imposible realizar todos estos ensayos manualmente en un tiempo razonable, o a un costo razonable. Realizando una evaluación del tiempo que lleva cada etapa del proceso de ensayo (presupuestado, ingreso de muestra, inicialización y factibilidad, ensayo, confección de informe, proceso de firma y entrega) se puede ver que la mayor parte del tiempo se debe a la etapa de ensayo. Según el principio de Pareto, el 80% de los efectos proviene del 20% de las causas, por lo que no tiene sentido mejorar todas las etapas del proceso de ensayo. En consecuencia, se hará foco en reducir los tiempos de medición.

La solución adoptada para reemplazar la medición manual consiste en dos partes: un software propietario desarrollado por el fabricante del instrumento, denominado CMWrun (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), y la otra en un software propio denominado SAM (Figura 9 y Figura 10). CMWrun permite realizar la mayoría de los test. De hecho, realiza más mediciones de las pedidas por no permitir un ajuste fino de las tareas a realizar, por lo que habrá que filtrar los resultados de interés de manera externa. Adicionalmente los resultados se entregan en formato XML (eXtensible Markup Language) y en idioma inglés, entonces es necesario traducirlos y adaptarlos al formato estándar de informe de ensayo de INTI.

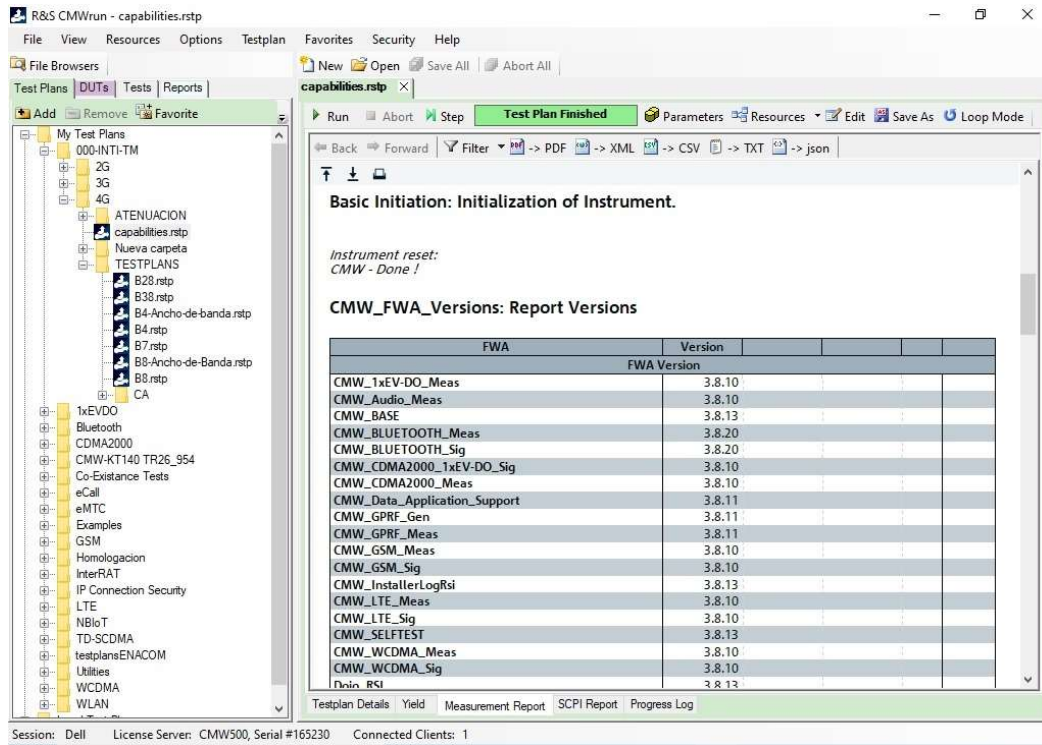


Figura 8 - Captura de pantalla de CMWrun

SAM, acrónimo de Sistema de Automatización de Mediciones, es usado también para otros ensayos en el DDC. Su estructura ampliable de plugins provee la flexibilidad necesaria para incorporar nuevas mediciones bajo norma. Para terminales móviles permite tomar los archivos .xml generados, los filtra y realiza las mediciones faltantes. Tomando la información del trabajo (cliente, información del equipo, fechas de ensayo, etc.) de la base de datos, este software confecciona el informe de ensayo.

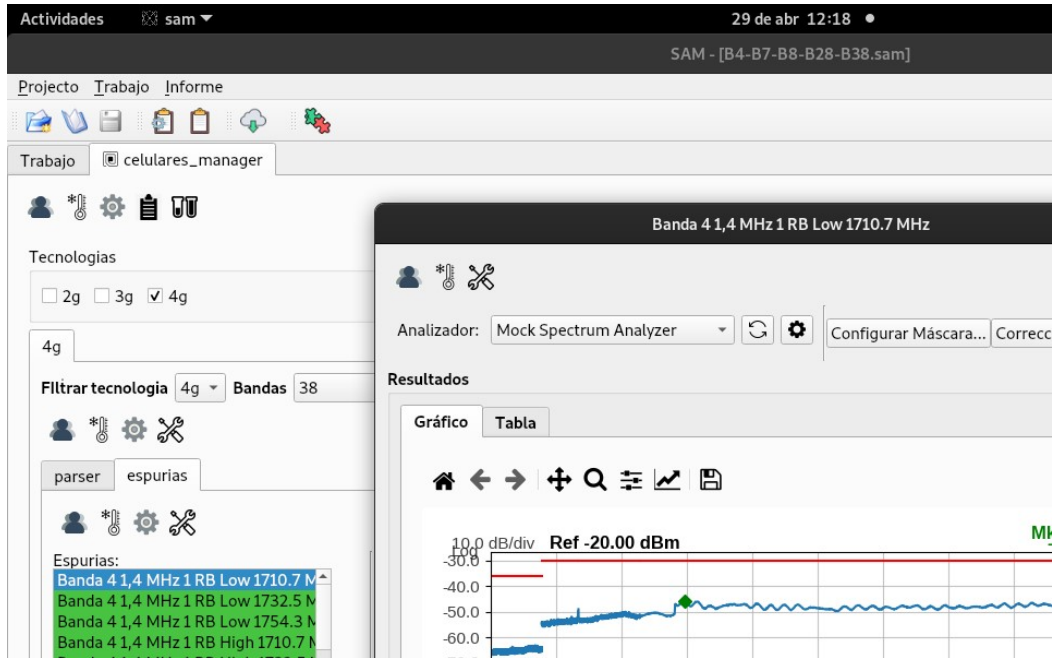


Figura 9 - Captura de pantalla de SAM, ensayos

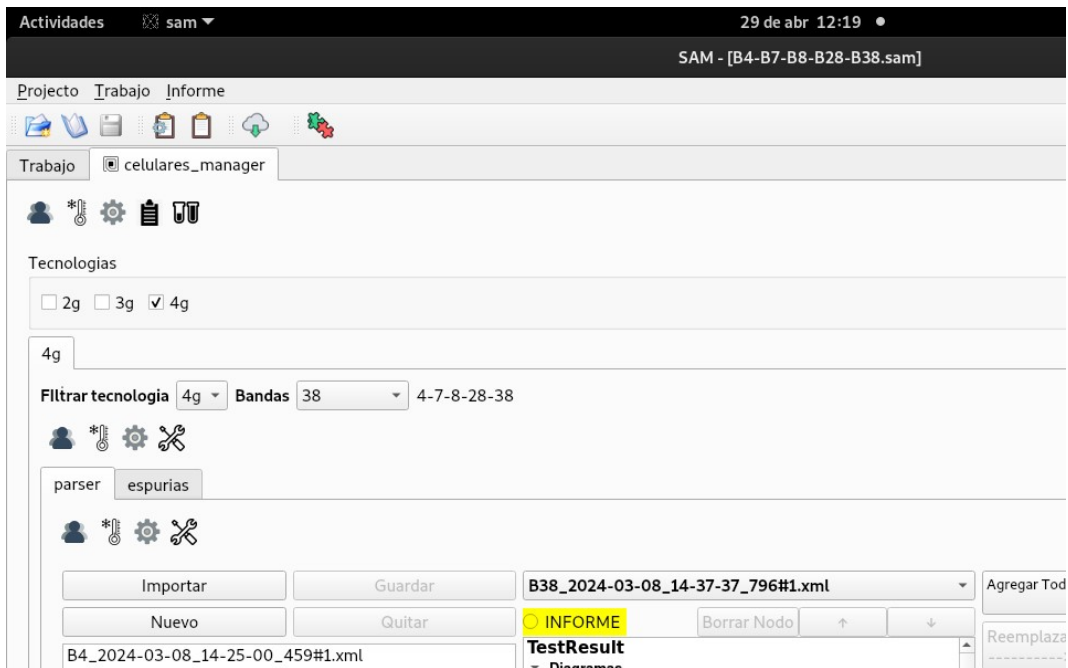
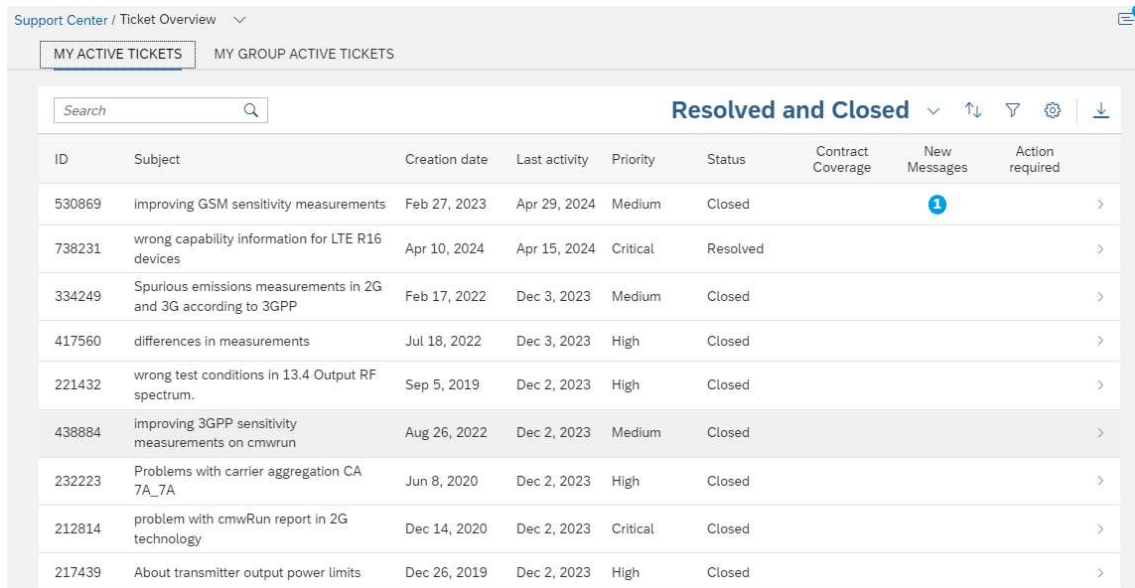


Figura 10 - Captura de pantalla de SAM, parser de XML

## Ensayos preliminares (fase verificar)

Una vez adquirido el instrumento y el software, dispuesto el espacio para armar el laboratorio y habiendo recibido la capacitación inicial se comienzan a realizar pruebas sobre un terminal. En esta etapa fue cuando se constató que el CMWrun entregaba resultados de más, y además que algunos otros no coincidían con lo requerido por la norma. Esto llevó a una interacción con el proveedor donde se fueron solucionando las diferencias encontradas, algunas por desconocimiento en la configuración y otras que requirieron una nueva versión de software. En estos casos no se aplica directamente el concepto de control estadístico para evaluar la calidad de proveedores. Para esta evaluación es importante mantener una relación fluida con el proveedor, y evaluar los bienes adquiridos para dar conformidad. El soporte post-venta es un factor importante a la hora de seleccionar un proveedor en este ámbito. En la Figura 11 se muestran los pedidos de soporte que se realizaron a R&S.



Support Center / Ticket Overview

MY ACTIVE TICKETS MY GROUP ACTIVE TICKETS

Search

Resolved and Closed

ID	Subject	Creation date	Last activity	Priority	Status	Contract Coverage	New Messages	Action required
530869	improving GSM sensitivity measurements	Feb 27, 2023	Apr 29, 2024	Medium	Closed		1	>
738231	wrong capability information for LTE R16 devices	Apr 10, 2024	Apr 15, 2024	Critical	Resolved			>
334249	Spurious emissions measurements in 2G and 3G according to 3GPP	Feb 17, 2022	Dec 3, 2023	Medium	Closed			>
417560	differences in measurements	Jul 18, 2022	Dec 3, 2023	High	Closed			>
221432	wrong test conditions in 13.4 Output RF spectrum.	Sep 5, 2019	Dec 2, 2023	High	Closed			>
438884	improving 3GPP sensitivity measurements on cmwrun	Aug 26, 2022	Dec 2, 2023	Medium	Closed			>
232223	Problems with carrier aggregation CA 7A_7A	Jun 8, 2020	Dec 2, 2023	High	Closed			>
212814	problem with cmwRun report in 2G technology	Dec 14, 2020	Dec 2, 2023	Critical	Closed			>
217439	About transmitter output power limits	Dec 26, 2019	Dec 2, 2023	High	Closed			>

Figura 11 - Tickets de pedido de soporte en la web del fabricante

## Generación de documentación y procedimientos (fase verificar)

Luego de las pruebas se genera la documentación con la experiencia adquirida. Se documentaron los ensayos y se estableció la mejor secuencia para realizar los

mismos, a modo de normalizar el proceso y que se aplique de igual manera a todas las muestras. También se realizaron los correspondientes cálculos de incertidumbre teniendo en cuenta la documentación de los instrumentos (ver ANEXO). Otro documento generado son las plantillas de informe que siguen los lineamientos para informes de ensayo de INTI según la instrucción de proceso IP06\_MG del Sistema Integral de Gestión. Adicionalmente las plantillas cumplen con los requisitos de ENACOM para la presentación de un informe técnico. En el ANEXO se muestra el procedimiento de medición de terminales, a modo de ejemplo.

### **Acreditación de la norma (fase verificar)**

Con el instrumental adquirido, el personal capacitado, los procedimientos escritos, verificados y firmados llega el momento de acreditar ante ENACOM. La auditoría no comienza de cero, ya que varias partes del proceso son comunes a otras normas ya acreditadas, como por ejemplo la entrada y salida de elementos, la base de datos, el sistema de backup, los procedimientos administrativos de entrega y aceptación de presupuestos, los certificados de calibración de instrumentos y accesorios comunes con ensayos de otras tecnologías. Lo que sí se verifica es la competencia de los homologadores para ensayar las muestras, tanto manual como automáticamente, la estructura del informe final de resultados y la documentación generada. Se reciben algunas observaciones sobre resultados incluidos en el informe que la norma no solicita y cuestiones de formato en la presentación de resultados. Resueltas estas cuestiones, se obtiene la aprobación para ensayar. Como resultado de esta auditoría el DDC se convirtió en el primer laboratorio de Argentina acreditado para ensayar terminales celulares en las tres generaciones vigentes al momento de la auditoría: 2G, 3G y 4G.

### **Verificación de resultados (fase verificar)**

Luego de la auditoría comienzan a llegar solicitudes de ensayo. Una característica de este tipo de mediciones es que cada muestra es diferente y única en su secuencia de

inicialización y preparación para ensayar, por lo que en este momento es cuando se adquiere la real experiencia de los requisitos para realizar las mediciones.

### **Mejoras al proceso (fase actuar)**

Un ejemplo de ello son los dispositivos rastreadores. A diferencia de un celular, no tienen pantalla ni periférico de entrada, por lo que los comandos de inicialización, de encendido y apagado de la interfaz de radiofrecuencia (RF) y de atender o cortar una llamada se deben enviar por un cable USB o serie dependiendo el caso. A veces con una terminal genérica y otras veces con un software dedicado. Otra particularidad que se encontró también a la hora de ensayar es que los conectores donde se accede para ensayar el dispositivo son de muy diversos tipos, muchos de ellos muy similares entre sí, pero incompatibles mecánicamente. Fue por ello que se agregó el requerimiento de solicitar a los clientes los cables de conexión y se debió agregar un procedimiento extra para determinar la atenuación de los mismos y así asegurar la exactitud del método. Otro inconveniente que surgió con los conectores es su fragilidad. Muchos de ellos debido a su pequeño tamaño, con un par de maniobras de conexión y desconexión se desoldaban de la placa, imposibilitando la medición. La solución propuesta fue solicitar al cliente la entrega de la muestra con los conectores ya vinculados al cable y afirmados con algún pegamento, de modo que no se suelten. Todos estos detalles se aprendieron con la experiencia y las soluciones aportaron a mejorar los tiempos de ensayo y a aumentar la fiabilidad.

### **Acciones de difusión – capacitación (fase actuar)**

Uno de los roles del INTI es contribuir al desarrollo de la industria, por lo que basados en esa premisa se decidió transferir lo aprendido a partir del estudio de las normas, tecnologías y de la experiencia. Entre los receptores de capacitación se cuenta a otros laboratorios que hacen ensayos de comunicaciones y están interesados en acreditar también ante ENACOM. Esto posiciona al DDC como laboratorio de referencia realizando acciones de difusión y capacitación. También se dieron charlas sobre tecnología 5G a personal de las fábricas de celulares en Río Grande y Ushuaia, con el objetivo de desarrollar a los proveedores / clientes para mejorar sus procesos y productos. Por último, también se capacitó a las empresas proveedoras de

conectividad celular (de Argentina y del exterior) en tecnología 5G, para apoyar el despliegue de la nueva generación celular no solamente en Argentina sino en América Latina.

Estas acciones están vinculadas al concepto de calidad total, una ampliación del criterio tradicional de calidad que solamente se basaba en el producto. La calidad debe trascender los límites de la empresa o instituto y llegar a proveedores, clientes y todos los actores que estén involucrados o se vean afectados por las actividades desarrolladas. Dicho en otras palabras, la calidad total también conocida como excelencia se define como una estrategia de gestión de la organización, cuyo objetivo principal es satisfacer de manera equilibrada las necesidades y expectativas de sus grupos de interés.

## CONCLUSIONES

Del presente trabajo sobre la implementación del Laboratorio de Tecnologías Móviles del DDC del INTI, se pueden obtener varias conclusiones.

Se pudo realizar una aplicación efectiva de las herramientas estudiadas en la especialización de Calidad Industrial. Ejemplo de ello es el entendimiento y aplicación de herramientas de calidad como el ciclo PDCA y el concepto MNPQ. Estas metodologías permitieron sentar una base organizada sobre la cual se realizó la planificación y puesta en marcha del laboratorio, asegurando así la calidad de los ensayos realizados.

Con un enfoque centrado en el cliente y en cumplimiento de las normativas de ENACOM, el laboratorio prioriza la satisfacción de las necesidades del cliente al tiempo que garantiza el cumplimiento de los estándares regulatorios. Estos dos aspectos son fundamentales para mantener el funcionamiento de nuestra actividad.

Se demuestra una adecuada gestión de recursos al reutilizar instrumentos y equipos ya disponibles en el DDC y al aprovechar la experiencia previa del personal en otras áreas de ensayo. Si bien en algunos casos no había otra opción y se podría considerar un limitante, se prefiere visualizar como un enfoque eficiente y económico para la implementación del laboratorio.

En el área asociada al conocimiento se puede mencionar tanto la capacitación del personal como la difusión del conocimiento adquirido. Estas acciones contribuyen al desarrollo del laboratorio, y también al desarrollo de la industria y al fortalecimiento de la capacidad técnica en el país.

Por último, se quiere destacar el compromiso con la mejora continua. Si bien el trabajo mayormente trata de la implementación inicial del laboratorio, también menciona oportunidades de mejora y realización de ajustes para optimizar el proceso de ensayo. Esto refleja el énfasis en la mejora continua que es fundamental para mantener la calidad y la competitividad a largo plazo y mantener al laboratorio como un referente en el campo de las tecnologías de comunicación en Argentina.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Castillo Estrada C. M., Ortega C. C., Benavides Garcia V., Velasco Estrada L. , 2021. “Implementación de un Sistema de Gestión de la calidad y acreditación en la Facultad de Negocios de la Universidad Autónoma de Chiapas basado en Moodle”, Tecnología Educativa Revista CONAIC – ISSN: 2395-9061 – Volumen VII, Número 3.
- Decreto 788/2003, sobre el sistema metrológico argentino y el rol del INTI (<https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/85000-89999/88633/norma.htm>).
- Deutsche Gesellschaft Für Qualität, 2017, Quality Management I, Fundamentals, 7a ed.
- Ishikawa, K., 1968. Guide to Quality Control. Tokyo: JUSE. (<https://archive.org/details/guidetoqualityco00ishi/page/n7/mode/2up>)
- Resolución 5762-E/2017, publicación de la norma técnica ENACOM-Q2-61.03 V17.1 “Terminales de Usuario de los Servicios de Comunicaciones Móviles” (<https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=305478>)
- Valdés J., 2021, Materia Metrología 1, apuntes de clase.
- Web del INTI, referenciando servicios regulados y tipos de ensayo a productos (<https://www.inti.gob.ar/areas/metrologia-y-calidad/metrologia/metrologia-legal>)

## **ANEXO – Procedimiento PE-LTM16-01**



# Procedimiento de medición de Terminales de Usuario de los Servicios de Comunicaciones Mviles capítulos II y III

Fecha	Preparó	Revisó		Aprobó
	Enrique D'Onofrio	Carolina Giuffrida	Pablo De Césare	Martín Barros
08/04/2024				

Revisión	Fecha	Modificaciones
01	05/04/2023	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se da de baja el PELRC14 con sus formularios para pasarlo a PELTM16. El contenido es el mismo.</li><li>• Se actualiza el formato.</li></ul>
02	16/04/2024	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se actualiza el procedimiento para contemplar la versión nueva de software y los requerimientos de la norma ENACOM-Q2-61.03 V17.1 Terminales de Usuario de los Servicios de Comunicaciones Mviles</li></ul>



## Objetivo

Evaluar e informar la potencia máxima conducida, anchura de banda ocupada, máscara de transmisión, relación de potencia de canal adyacente, emisiones no esenciales, error de frecuencia y la sensibilidad de recepción para terminales de usuario de los servicios de comunicaciones móviles con tecnologías GSM y UMTS.

## Alcance

Este Procedimiento está destinado para ser aplicado en las mediciones de terminales de usuario de los servicios de comunicaciones móviles, según norma técnica ENACOM-Q2-61.03 V23.1. capítulo II y III, tecnologías GSM y Tecnologías UMTS.

## Referencias y Definiciones

- EBP: Equipo bajo prueba.
- AE: Software de medición del analizador de espectro, versión vigente.
- Ver definiciones y abreviaturas en ENACOM-Q2-61.03 V17.11.4. punto 1.4.

## Responsabilidades

Las mediciones deberán ser realizadas por técnicos capacitados con orientación en Telecomunicaciones, y supervisadas por el coordinador del sector.

## Instrumental utilizado

- Analizador de espectro Agilent N9030.
- Monitor de radiocomunicaciones de banda ancha CMW500.
- Tarjeta SIM de Test R&S.
- Computadora con Software AE.
- Computadora con Software CMWRun.
- Interfaz GPIB-USB.
- Cables y atenuadores según corresponda, caracterizados según PELRCXX.

## Instrucciones

Podemos dividir los ensayos por tecnologías (2G,3G,4G) pero además podemos dividirlos en “mediciones directas” aquellas donde solamente se utiliza el tester CMW500 y “mediciones indirectas” a las que se utiliza al CMW500 como soporte de infraestructura de red celular y se utiliza el analizador de espectro para tomar las mediciones.

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 2/11
PDC	CG y MB	OHJ	

## 1. DISPOSICIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL ENSAYO

- 1.1. Según ENACOM-Q2-61.03 V17.11.4 punto 1.8.1. Condiciones ambientales:
  - Temperatura: de 15° C a 35° C.
  - Humedad relativa: < 75 %
  - Presión atmosférica: 73,3 kPa a 106 kPa (733 mbar a 1060 mbar).
- 1.2. El equipo debe cumplir con los requisitos de preparación indicados en el punto 1.8 de la norma. Es fundamental tener acceso a él o los conectores de RF del terminal móvil y el solicitante debe proveer el cable con el conector que el terminal posee.
- 1.3. Insertar la tarjeta SIM del equipo R&S de manera que el DUT pueda registrarse en el CMW500.
- 1.4. Disponer el banco de ensayos según la figura 1 para las mediciones directas de Tx-Rx:



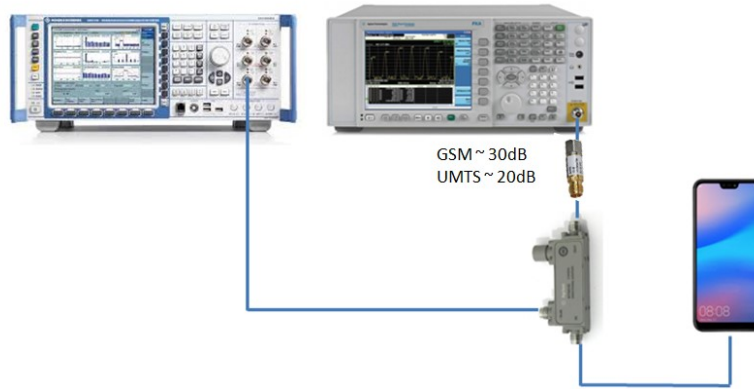
Fig. 1

- 1.5. Encender el teléfono celular e identificar las funcionalidades del equipo como modo avión ON-OFF, selección de redes móviles 2G-3G-4G o Selección automática de redes. El teléfono móvil deberá ponerse en modo desarrollador USB para poder ser controlado por el set up de mediciones.
- 1.6. Siguiendo el DIT07 configurar la automatización del CMWRun e iniciar las pruebas.
- 1.7. Generar el archivo .xml con el formato *N°\_de\_Legajo\_XG.xml* siendo X 2 o 3 según la tecnología y banda ensayada.
- 1.8. Disponer el banco de ensayos según la figura 2 para las mediciones indirectas de: espurias y anchura de banda ocupada en tecnologías 2G y espurias en tecnologías 3G.

**NOTA1: La medición de ancho de banda en 3G es realizada por el CMW500 mientras que en 2G con el analizador de espectro.**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 3/11
PDC	CG y MB	OHJ	

**NOTA2:** la atenuación del cable que vincula al DUT con el setup de mediciones puede ser obtenida siguiendo DIT06.



**Fig. 2**

**NOTA:** GSM850 considerar 30dB de atenuación externa y en GSM1900 y tecnologías UMTS 20dB.

1.9. Realizar las mediciones indirectas utilizando el software AE según la tecnología ensayada.

## 2. MEDICION DIRECTAS DE TX-RX TECNOLOGIAS 2G

Las mediciones de tecnologías 2G incluyen 2 bandas (850 y 1900MHz) y 3 tecnologías (agrupadas en 2G o 2.5G que son: GSM EDGE y GPRS).

Con el CMW500 controlado con el CMWRun se instrumentarán las mediciones de: Potencia Máxima Conducida, Emisiones Fuera de Banda, Error de Frecuencia, Nivel de Sensibilidad de Referencia para GSM, Potencia Máxima Conducida, Emisiones Fuera de Banda, Error de Frecuencia para GPRS y EDGE en ambos casos.

2.1. Realizar la automatización del EBP en el CMWRun siguiendo el DIT07. Esto permitirá que automáticamente se tome y se libere la llamada y se configure el modo avión.

2.2. Conectar el EBP al CMW500 según indica la figura 1 teniendo en cuenta si la banda es soportada por el conector del EBP seleccionado.

2.3. Ejecutar el TEST PLAN medición 2G banda 850 o medición 2G banda 1900 o medición 2G banda 850 y 1900 según corresponda.

2.4. Al finalizar la ejecución del test plan generar un archivo .XML con el formato *N°\_de\_Legajo-2G.xml*.

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 4/11
PDC	CG y MB	OHJ	



### 3. MEDICION DIRECTA DE TX-RX TECNOLOGIAS 3G

Las mediciones de tecnologías 3G incluyen 2 bandas (Banda V y Banda II) y 3 tecnologías HSDPA, HSDPA+, DC- HSDPA.

Con el CMW500 controlado con el CMWRun se instrumentarán las mediciones de: Potencia Máxima Conducida, Anchura de banda, Mascara de transmisión, Relación de potencia de Canal Adyacente, Error de Frecuencia, Nivel de Sensibilidad de Referencia.

- 3.1. Realizar la automatización del EBP en el CMWRun siguiendo el DIT07. A pesar que para las mediciones de 3G nos es necesario tomar y liberar una llamada, es necesario activar y desactivar el perfil fuera de línea.
- 3.2. Conectar el EBP al CMW500 según indica la figura 1 teniendo en cuenta si la banda es soportada por el conector del EBP seleccionado.
- 3.3. Ejecutar el TEST PLAN medición 3G banda V o medición 3G banda II o medición 3G banda V y II según corresponda.
- 3.4. Al finalizar la ejecución del test plan generar un archivo .XML con el formato N°\_de\_Legajo-3G.xml.

### 4. MEDICION INDIRECTA DE ANCHO DE BANDA Y ESPURIAS DE TECNOLOGIAS 2G CON SOFTWARE ANALIZADOR DE ESPECTRO (AE versión vigente), t °C ambiente

- 4.1. Conectar el EBP, CMW500 y el N9030 o HP8593 según indica la figura 2 teniendo en cuenta si la banda es soportada por el conector del EBP seleccionado.
- 4.2. Configurar el CMW500 para trabajar generar señalización de 2G como se muestra en la figura.

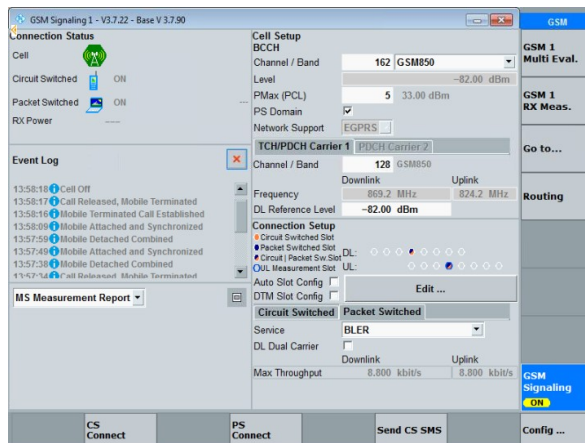


Fig. 3

Habilitar y deshabilitar MODO AVION de manera que el EBP se “attache” al CMW500

Una vez sucedido esto las opciones de CS connect aparecerán.

**Nota:**  
**BCCH (Broadcast Control Channel)**  
Se transmite System information  
**TCH (traffic channel)**  
**PDCH (Packet data channel)**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 5/11
PDC	CG y MB	OHJ	



- 4.3. Configurar el parámetro PCL (power control level) de manera que el EBP transmita la máxima potencia correspondiente a su "power class". La información de las capacidades del teléfono puede ser vista en el menú UE Capabilities.
- 4.4. Abrir el AE, setear el Legajo técnico y setear los parámetros generales:
- Tipo de equipo.
  - Condiciones ambientales.
  - Retención de máximos (se configura de acuerdo al tipo de tráfico).
  - Atenuadores y atenuación del cable.
  - Separación de canales y ancho de banda.
  - Setear los valores de frecuencia de cada canal.
  - Seleccionar los canales a medir (alto, medio, bajo).
  - Seleccionar la muestra A.
  - Completar las iniciales de los operadores.
  - Instrumental utilizado.
  - Verificar que este correctamente efectuada la conexión de la PC con el analizador de espectro con el GPIB.
  - Completar las iniciales de los operadores.
- 4.5. ENSAYAR.
- 4.6. GENERAR el informe, se guardará en c:\informes\ [nº de legajo técnico].
- 4.7. Si se quiere repetir alguna medición se debe tildar la opción deseada, luego ENSAYAR, se sobrescribe el archivo de esa medición, y por último GENERAR. No olvidar modificar los parámetros generales si es necesario, por ejemplo, los atenuadores.
- 4.8. ENSAYAR.  
**NOTA: aparecerá un cartel con la frase "se sobrescribirá el archivo", pero no significa que se vayan a sobrescribir las mediciones ya realizadas porque son otros parámetros y otros ítems que vamos a medir. Solo repitiendo alguna de las mediciones ya hechas se sobrescribirían.**
- 4.9. GENERAR el informe, se guardará en c:\informes\ [nº de legajo técnico]. Este informe constituye la plantilla del capítulo II de la norma TECNOLOGIAS GSM.
- 4.10. Ejecutar el scrip de python 'uicmw500', el cual unirá los resultados obtenidos con el CMW500 y el CMWrun con las mediciones realizadas con el AE.

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 6/11
PDC	CG y MB	OHJ	

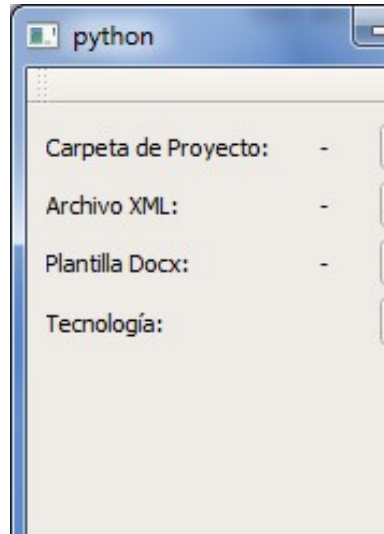


Fig. 4

- 4.10.1. Elegir la carpeta del proyecto con el número de legajo técnico.
- 4.10.2. Elegir el archivo xml de la medición.
- 4.10.3. Elegir la planilla de mediciones que contiene las mediciones indirectas realizadas con el AE.
- 4.10.4. Seleccionar en tecnología la opción GSM.

**NOTA:** la opción mantener marcadores permite unir varios xml (por ej. Un .xml de GSM@850 y un .xml de GSM@1900) en un mismo report.

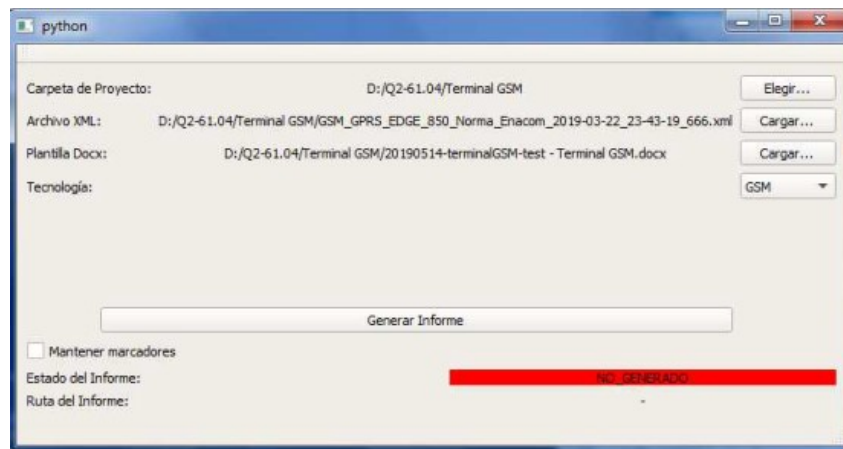


Fig. 5

- 4.10.5. Generar Informe. Luego de unos minutos el estado pasará a GENERADO.

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 7/11
PDC	CG y MB	OHJ	

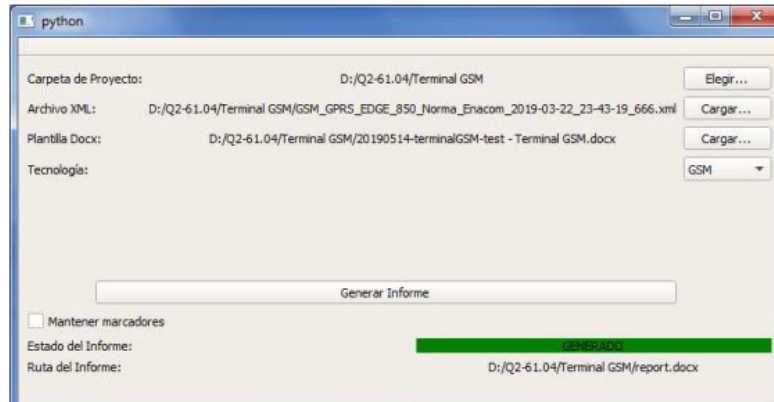


Fig. 6

5. MEDICION INDIRECTA DE ESPURIAS DE TECNOLOGIAS 3G CON SOFTWARE ANALIZADOR DE ESPECTRO (AE versión vigente), t °c ambiente:

- 5.1. Conectar el EBP, CMW500 y el N9030 según indica la figura 2 teniendo en cuenta si la banda es soportada por el conector del EBP seleccionado.
- 5.2. Configurar el CMW500 para trabajar generar señal de 3G como se muestra en la figura.

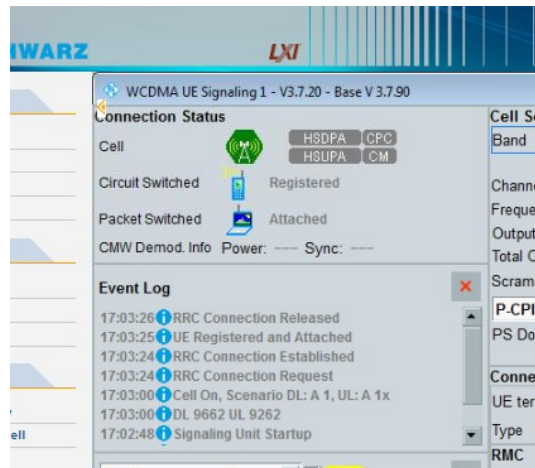


Fig. 7

Habilitar y deshabilitar MODO AVION de manera que el EBM se "attache" al CMW500

Una vez sucedido esto, la opción de Connect Test Mode aparecerán.

**Nota:**

**Channel Down Link** es el canal en que se comunica el CMW500 con el EBP y **Channel Up Link** la que utiliza el EBP para comunicarse con el CMW500

- 5.3. En el botón CONFIG, configurar UL Target power de manera de transmitir la máxima potencia soportada por el EBP.

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 8/11
PDC	CG y MB	OHJ	

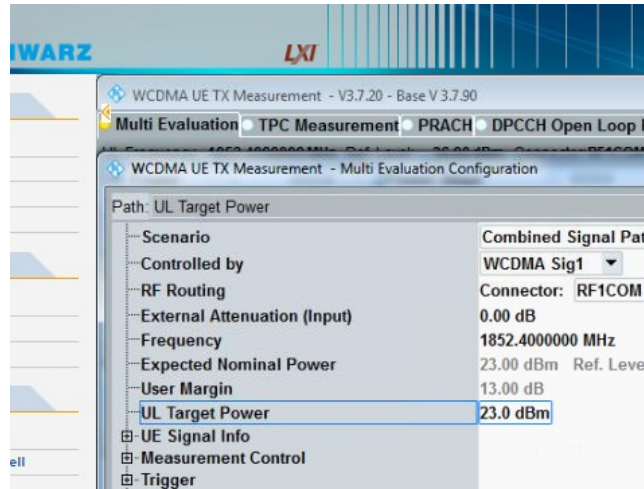


Fig. 7

5.4. Setear el legajo técnico.

5.5. Setear los parámetros generales:

- Tipo de equipo.
- Condiciones ambientales.
- Retención de máximos (se configura de acuerdo al tipo de tráfico).
- Atenuadores y atenuación del cable.
- Separación de canales y ancho de banda.
- Setear los valores de frecuencia de cada canal.
- Seleccionar los canales a medir (alto, medio, bajo).
- Seleccionar la muestra A.
- Seleccionar medición a temperatura ambiente.
- Completar las iniciales de los operadores. Setear el instrumental utilizado.
- Verificar que este correctamente efectuada la conexión de la PC con el analizador de espectro con el GPIB.

5.6. ENSAYAR.

5.7. GENERAR el informe, se guardará en c:\informes\ [n° de legajo técnico].

5.8. Si se quiere repetir alguna medición se debe tildar la opción deseada, luego ENSAYAR, se sobrescribe el archivo de esa medición, y por último GENERAR. No olvidar modificar los parámetros generales si es necesario, por ejemplo, los atenuadores.

5.9. ENSAYAR.

**NOTA: aparecerá un cartel con la frase “se sobrescribirá el archivo”, pero no significa que se vayan a sobrescribir las mediciones ya realizadas porque son otros parámetros y otros ítems que vamos a medir. Solo repitiendo alguna de las mediciones ya hechas se sobrescribirían.**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 9/11
PDC	CG y MB	OHJ	

5.10. GENERAR el informe, se guardará en c:\informes\ [nº de legajo técnico]. Este informe constituye la plantilla del capítulo II de la norma TECNOLOGIAS UMTS

5.11. Ejecutar el script de python uicmw500.py, el cual unirá los resultados obtenidos con el CMW500 y el CMWrun con las mediciones realizadas con el AE.

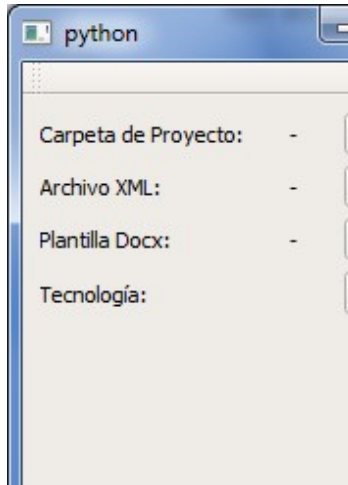


Fig. 8

- 5.11.1. Elegir la carpeta del proyecto con el número de legajo técnico.
- 5.11.2. Elegir el archivo xml de la medición.
- 5.11.3. Elegir el documento .docx que contiene las mediciones indirectas realizadas con el AE.
- 5.11.4. Seleccionar en tecnología la opción UMTS.

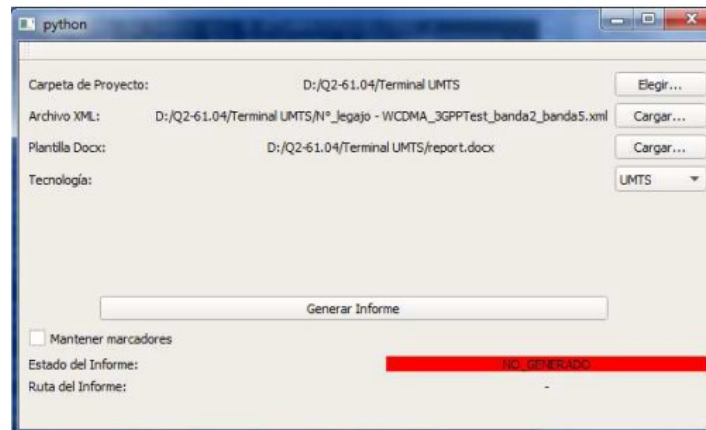
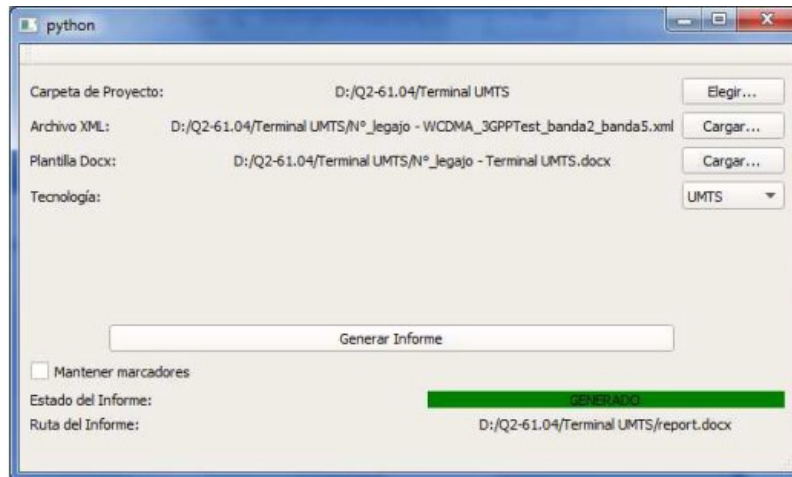


Fig. 9

**NOTA:** la opción mantener marcadores permite unir varios xml (por ej. un .xml de banda II y un .xml de BandaV) en un mismo report.

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 10/11
PDC	CG y MB	OHJ	



**Fig. 10**

### Condiciones de Seguridad

No se requieren.

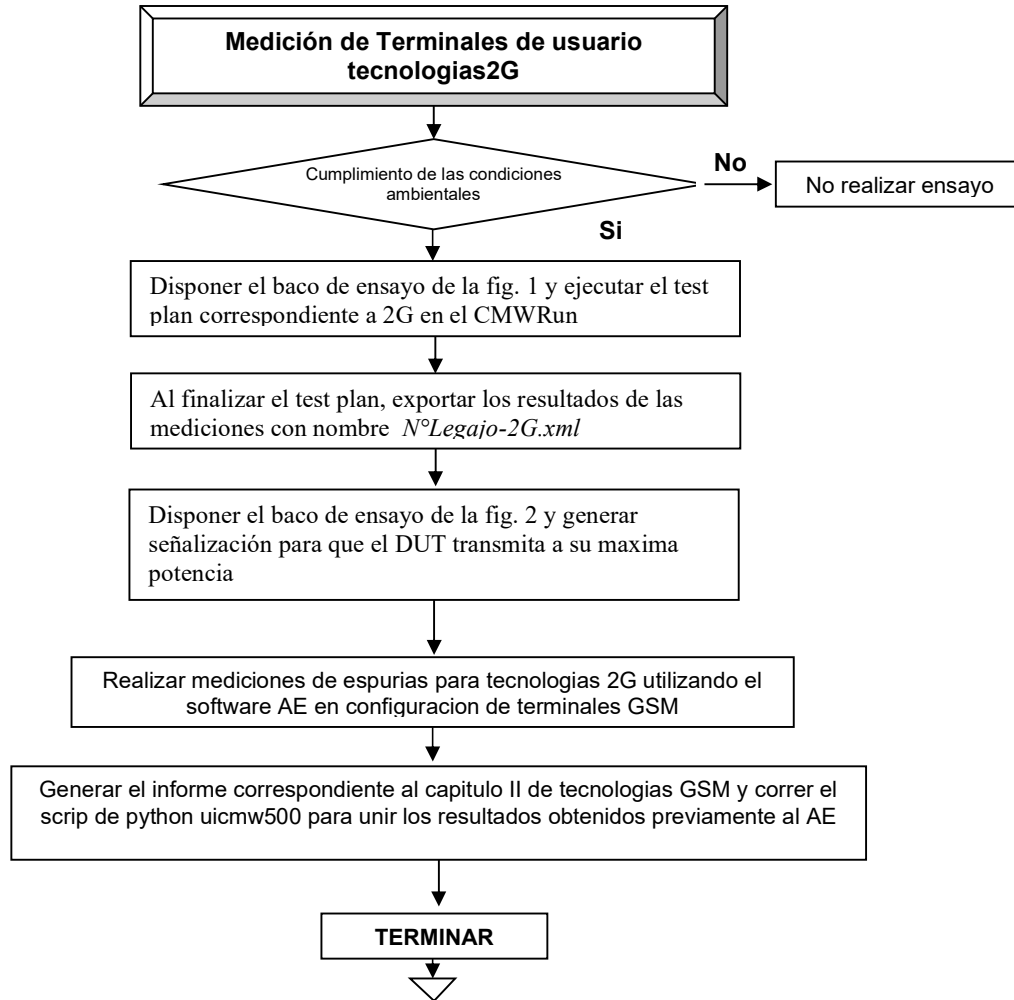
### Anexos (Listado)

- F PE 16 LTM 01: “Diagrama de flujo”.
- F PE 16 LTM 02: “Cálculo de incertidumbre”.
- F PE 16 LTM 03: “Informe de resultados”.

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 11/11
PDC	CG y MB	OHJ	



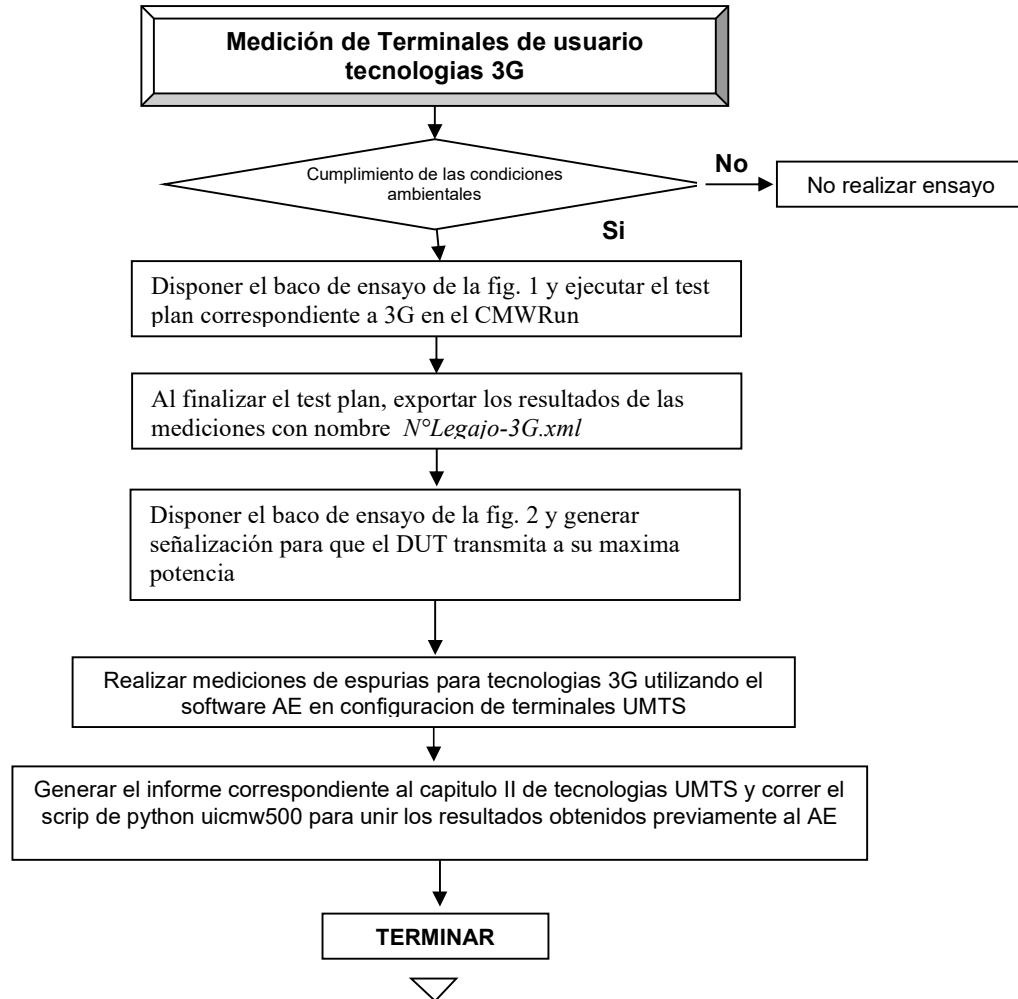
Diagrama de flujo



Preparó	Revisó	Aprobó	Página 1/2
PDC	CG y MB	OHJ	



Diagrama de flujo



Preparó	Revisó	Aprobó	Página 2/2
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

## A2.1. Análisis de los datos de entrada

A continuación, se redactará el procedimiento seguido para calcular la incertidumbre de las distintas mediciones.

Se han realizado 10 mediciones sobre un mismo equipo a intervalos de tiempo de 10 minutos aproximadamente para realizar el análisis del tipo A (estadístico). Sobre las 10 muestras tomadas se analizó la incertidumbre aplicando una distribución normal, es decir aceptando que hay mayor probabilidad en el centro que en los extremos del intervalo. (Análisis del tipo A)

El análisis de la incertidumbre del setup de medición se elabora a partir de las especificaciones de cada instrumental involucrado, siempre que sea considerado una fuente de incertidumbre. Se acepta una distribución rectangular, es decir que la probabilidad es la misma en todos los puntos del intervalo para aquellos equipos que no especifiquen una distribución en particular. Cuando especifique con un factor de cobertura será distribución de probabilidad normal con dicho factor. Para la incertidumbre por desadaptación o Mismatch se toma en cuenta el módulo y fase de ambos coeficientes de reflexión involucrados, por lo que la distribución de probabilidad será tipo anillo-anillo, anillo-disco o disco-anillo según análisis realizado en el DITLRC01. (Análisis del tipo B)

El valor de la medición es expresado como el valor más probable (promedio) obtenido de las 10 mediciones y el valor de incertidumbre que surge como resultado de combinar las incertidumbres relacionadas con cada variable que interviene en la medición (incertidumbre combinada) multiplicado por un valor 'k' de cobertura (incertidumbre expandida). Si la distribución de la incertidumbre expandida resultó ser normal, K=2 asegura el 95% de confianza del intervalo. De lo contrario se debe recurrir a las tablas 1. 2. 3 y 4 del presente anexo.

La densidad de probabilidad de la incertidumbre expandida se determina analizando las incertidumbres de cada variable:

- Por el teorema central del límite, si hay 3 o más distribuciones de magnitudes similares, al combinarlas resulta en una aproximación razonable de la distribución normal.
- De lo contrario adopta aquella distribución con mayor peso en la combinación.

$\frac{u_i(y)_{normal}}{u_i(y)_{U-shaped}}$	k <sub>95,45</sub>	$\frac{u_i(y)_{normal}}{u_i(y)_{U-shaped}}$	k <sub>95,45</sub>	$\frac{u_i(y)_{normal}}{u_i(y)_{U-shaped}}$	k <sub>95,45</sub>
0.00	1.41	0.50	1.77	0.95	1.93
0.10	1.47	0.55	1.80	1.00	1.93
0.15	1.51	0.60	1.82	1.10	1.95
0.20	1.55	0.65	1.84	1.20	1.96
0.25	1.60	0.70	1.86	1.40	1.97
0.30	1.64	0.75	1.88	1.80	1.99
0.35	1.67	0.80	1.89	2.00	1.99
0.40	1.71	0.85	1.90	2.50	2.00
0.45	1.74	0.90	1.92	∞	2.00

**Tabla 1**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 1/45
PDC	CG y MB	OHJ	



**Cálculo de incertidumbre**

$\frac{u_i(y)_{normal}}{u_i(y)_{rect}}$	$k_{95.45}$	$\frac{u_i(y)_{normal}}{u_i(y)_{rect}}$	$k_{95.45}$	$\frac{u_i(y)_{normal}}{u_i(y)_{rect}}$	$k_{95.45}$
0.00	1.65	0.50	1.84	0.95	1.95
0.10	1.66	0.55	1.85	1.00	1.95
0.15	1.68	0.60	1.87	1.10	1.96
0.20	1.70	0.65	1.89	1.20	1.97
0.25	1.72	0.70	1.90	1.40	1.98
0.30	1.75	0.75	1.91	1.80	1.99
0.35	1.77	0.80	1.92	2.00	1.99
0.40	1.79	0.85	1.93	2.50	2.00
0.45	1.82	0.90	1.94	$\infty$	2.00

**Tabla 2**

$\frac{u_i(y)_{rect}}{u_i(y)_{U-shaped}}$	$k_{95.45}$	$\frac{u_i(y)_{rect}}{u_i(y)_{U-shaped}}$	$k_{95.45}$	$\frac{u_i(y)_{rect}}{u_i(y)_{U-shaped}}$	$k_{95.45}$
0.00	1.41	0.45	1.75	3.0	1.80
0.10	1.48	0.50	1.78	4.0	1.75
0.15	1.53	0.60	1.82	5.0	1.72
0.20	1.57	0.70	1.86	6.0	1.70
0.25	1.62	0.80	1.88	7.5	1.68
0.30	1.66	0.90	1.89	10	1.66
0.35	1.69	1.0	1.90	20	1.65
0.40	1.73	2.0	1.86	$\infty$	1.65

**Tabla 3**

Ratio $\frac{u_i(y)_{smaller}}{u_i(y)_{larger}}$	$k$ for stated ratio 2 Rectangular Distributions	$k$ for stated ratio 2 U-shaped Distributions
0.00	1.65	1.41
0.05	1.65	1.44
0.10	1.66	1.49
0.15	1.69	1.53
0.20	1.71	1.58
0.25	1.74	1.62
0.30	1.77	1.66
0.35	1.79	1.69
0.40	1.82	1.72
0.45	1.84	1.75
0.50	1.86	1.77
0.60	1.89	1.81
0.70	1.91	1.83
0.80	1.92	1.85
0.90	1.93	1.86
1.00	1.93	1.86

**Tabla 4**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 2/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

## A2.2. Incertidumbre de las mediciones directas de 2G con CMW500

### A2.2.1. Medición de Potencia Máxima conducida GSM-EDGE-GPRS (ETSI 151 010 – 13.3)

La potencia de salida es una característica fundamental del transmisor y está vinculada directamente al alcance del servicio. Los sistemas GSM / EDGE utilizan el control de potencia dinámico para garantizar que cada enlace se mantenga con un mínimo de potencia.

Esto proporciona dos beneficios fundamentales:

- la interferencia global del sistema se mantiene al mínimo
- la vida útil de la batería se maximiza.

Por lo tanto, la potencia de salida se controla dentro de límites estrictos. Si un transmisor produce muy poca potencia, se compromete el funcionamiento del enlace, mientras que si la potencia es demasiado alta la interferencia a otros puede ser demasiado alta y la duración de la batería demasiado corta.

Las implementaciones prácticas comunes de transmisores requieren una calibración de la potencia de salida en la fabricación para cumplir con las especificaciones de GSM / EDGE (esto permite el uso de componentes de bajo costo). Este proceso de calibración implica la construcción de una tabla de factores de calibración para pasos de potencia y frecuencia.

La calibración de potencia corrige los efectos de la variación de componentes.

Las mediciones de potencia fuera de especificación indican una falla, generalmente en el circuito del amplificador de potencia o en las tablas de calibración.

Los propósitos de ensayo definidos en ETSI son:

- Verificar la máxima potencia de salida (también incluye condiciones extremas).
- Verificar todos los niveles de potencia (también incluye condiciones extremas).
- Verificar todos los niveles de potencia con saltos consecutivos.
- Verificar la potencia en función del tiempo - normal burst (también incluye condiciones extremas).
- Verificar la potencia en función del tiempo - access burst (también incluye condiciones extremas).
- Verificar la potencia de salida máxima si el control de potencia excede su clase.

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 3/45
PDC	CG y MB	OHJ	

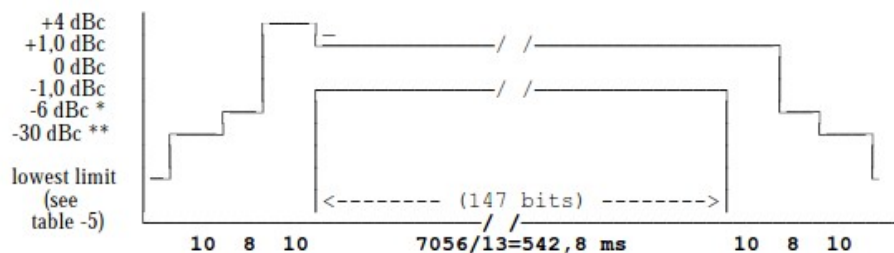


## Cálculo de incertidumbre

Mientras la norma ENACOM pide unicamente ensayar la potencia en la condición de potencia de salida máxima, que de acuerdo al PowerClass de los equipos corresponde a 33dBm para GSM850 y 30dBm para PCS1900 con una tolerancia de  $\pm 2$ dB

Los criterios de aceptación definidos:

1. Se define como la potencia media durante la parte útil de la ráfaga GSM. Las especificaciones ETSI 3GPP definen que, en la homologación, el equipo de prueba debe ser capaz de obtener la referencia de tiempo correcta demodulando la señal entrante, y pasando la parte útil únicamente. En ETSI 151 010 punto 13.3.2 (Conformance requirement) punto 1 modulación GMSK, define MS maximum output power de acuerdo a la clase del equipo y tiene una tolerancia de  $\pm 2$  dB. Esto es compatible con lo que la norma ENACOM pide
2. La mayoría de las estaciones transceptoras base implementan un control dinámico de potencia. Esto hace que sea necesario realizar múltiples mediciones de potencia en varios niveles de potencia y varias frecuencias para probar el funcionamiento correcto. En ETSI 151 010 punto 13.3.2 (Conformance requirement) se define power control levels tiene una tolerancia de  $\pm 4$  dB.
3. La relación potencia vs tiempo de las muestras medidas para ráfagas normales debe estar dentro de los límites de la máscara de tiempo de la figura 13-1 en cada frecuencia, en cada combinación de condiciones de prueba normales y extremas, y en cada nivel de control de potencia medido.



4. En GPRS la potencia de salida máxima de MS será la definida en 3GPP TS 05.05, - 4.1.1, según su clase de potencia, con una tolerancia de  $\pm 2$  dB en condiciones normales; 3GPP TS 05.05. A partir de R99, la potencia de salida máxima de MS en una configuración multi-slot de uplink será la definida en 3GPP TS 05.05 subcláusula 4.1.1, según su clase de potencia, con una

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 4/45
PDC	CG y MB	OHJ	

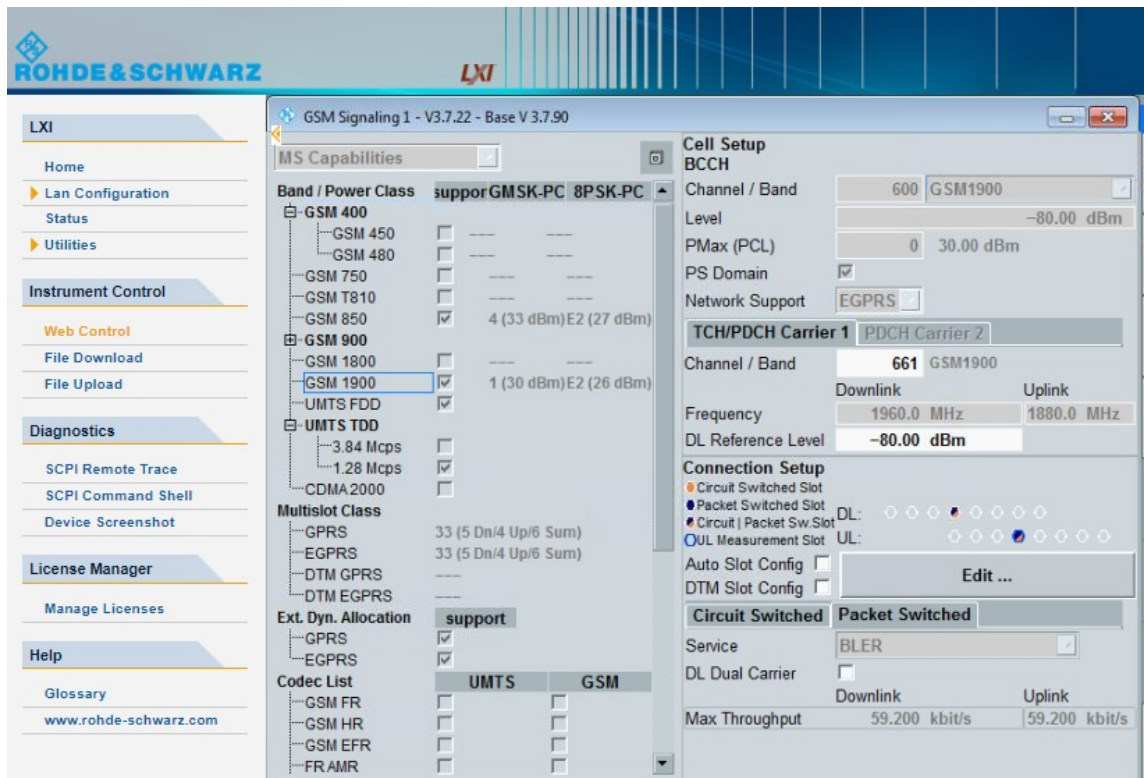


Cálculo de incertidumbre

tolerancia de  $\pm 3$  dB en condiciones normales; 3GPP TS 05.05,- 4.1.1, primera y sexta tabla.

En caso de que la MS admita la misma potencia de salida máxima en una configuración multislot de uplink que en downlink de un solo time-slot, la tolerancia será de 2dB.

5.



Preparó	Revisó	Aprobó	Página 5/45
PDC	CG y MB	OHJ	



**Cálculo de incertidumbre**

Release 1999

11

3GPPTS 05.05 V8.11.0 (2001-08)

For GMSK modulation

Power class	GSM 400 & GSM 900 & GSM 850 Nominal Maximum output power	DCS 1 800 Nominal Maximum output power	PCS 1 900 Nominal Maximum output power	Tolerance (dB) for conditions	
				normal	extreme
1	-----	1 W (30 dBm)	1 W (30 dBm)	±2	±2,5
2	8 W (39 dBm)	0,25 W (24 dBm)	0,25 W (24 dBm)	±2	±2,5
3	5 W (37 dBm)	4 W (36 dBm)	2 W (33 dBm)	±2	±2,5
4	2 W (33 dBm)			±2	±2,5
5	0,8 W (29 dBm)			±2	±2,5

For 8-PSK modulation

Power class	GSM 400 and GSM 900 & GSM 850 Nominal Maximum output Power	GSM 400 and GSM 900 & GSM 850 Tolerance (dB) for conditions		DCS 1 800 Nominal Maximum output power	PCS 1 900 Nominal Maximum output power	DCS 1 800 & PCS 1 900 Tolerance (dB) for conditions	
		normal	extreme			normal	extreme
E1	33 dBm	±2	±2,5	30 dBm	30 dBm	±2	±2,5
E2	27 dBm	±3	±4	26 dBm	26 dBm	-4/+3	-4,5/+4
E3	23 dBm	±3	±4	22 dBm	22 dBm	±3	±4

Aca para un Samsung Note10 Power Class

Banda	GSM	GPRS
850	33dBm ± 2dB	27dBm ± 2dB
1900	30dBm ± 2dB	26dBm ± 2dB

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 6/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

Valores medidos Samsung SM-G360M PCL=5

N° de mediciones	Valores tomados[dBm]
	CMW500
1	34,607
2	34,612
3	34,621
4	34,612
5	34,607
6	34,612
7	34,621
8	34,612
9	34,607
10	34,612

$$\bar{P} = \frac{1}{10} * \sum_{i=1}^{10} P_i$$

Promedio

34,6123 [dBm]

$$S(P) = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} \frac{(P_i - \bar{P})^2}{10 - 1}}$$

s(Pi) Desvió Estándar

0,005121849 [dBm]

$$U(P) = \sqrt{\frac{S(P)^2}{10}}$$

ui(P) Incertidumbre Estándar

0,0016196707 [dBm]

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 7/45
PDC	CG y MB	OHJ	



**Cálculo de incertidumbre**

**Power meter**

<b>Frequency range</b>		70 MHz to 3300 MHz up to 6000 MHz with R&S®CMW-KB036 option
<b>Frequency resolution</b>		0.1 Hz
<b>Resolution bandwidths</b>		Gaussian, 1 kHz to 10 MHz, in 1/3/5 steps, bandpass, 1 kHz to 30 MHz, in 1/3/5 steps, RRC, $\alpha = 0.1$ , 3.84 MHz, RRC, $\alpha = 0.22$ , WCDMA filter, 1.2288 MHz, CDMA filter
<b>Expected nominal power setting range</b>	for ADC full scale	
RF1 COM, RF2 COM	70 MHz to 100 MHz	-37 dBm to +42 dBm <sup>2</sup>
	100 MHz to 3300 MHz	-47 dBm to +42 dBm <sup>2</sup>
	3300 MHz to 6000 MHz	-37 dBm to +42 dBm <sup>2</sup>

<b>Level range</b>		
RF1 COM, RF2 COM	70 MHz to 100 MHz	
	continuous power (CW)	-74 dBm <sup>3</sup> to +34 dBm
	peak envelope power (PEP)	up to +42 dBm <sup>2</sup>
	100 MHz to 3300 MHz	
	continuous power (CW)	-84 dBm <sup>3</sup> to +34 dBm
	peak envelope power (PEP)	up to +42 dBm <sup>2</sup>
	3300 MHz to 6000 MHz	
	continuous power (CW)	-74 dBm <sup>3</sup> to +34 dBm
	peak envelope power (PEP)	up to +42 dBm <sup>2</sup>
	maximum input DC level	0 V DC

<b>Level uncertainty</b>	in temperature range +20 °C to +35 °C	
RF1 COM, RF2 COM	70 MHz to 100 MHz	<1.0 dB <sup>4</sup>
	100 MHz to 3300 MHz	<0.5 dB <sup>4</sup>
	3300 MHz to 6000 MHz	<1.0 dB <sup>4</sup>

<b>Level uncertainty</b>	in temperature range +5 °C to +45 °C	
RF1 COM, RF2 COM	70 MHz to 100 MHz	<1.2 dB <sup>4</sup>
	100 MHz to 3300 MHz	<0.7 dB <sup>4</sup>
	3300 MHz to 6000 MHz	<1.2 dB <sup>4</sup>

**Power versus time measurement**

<b>Filter</b>	selectable	Gaussian, 500 kHz or 1 MHz
---------------	------------	----------------------------

<b>Dynamic range</b>	<i>filter</i> → 500 kHz, Gaussian, with fixed expected nominal power setting	
	GMSK	>72 dB, RMS
	8PSK	>69 dB, RMS
Expected nominal power setting for full dynamic range	RF1 COM, RF2 COM	-8 dBm to +42 dBm <sup>7</sup>

<b>Relative measurement uncertainty</b>	result >-40 dB	typ. <0.1 dB
	-60 dB ≤ result ≤ -40 dB	typ. <0.5 dB

La incertidumbre en la medición de potencia está dominada por la componente tipo B aportada por el CMW500

**0,5dB con distribución uniforme con 100% de confianza**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 8/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

A2.2.2. Medicion de Emisiones fuera de banda GSM (ETSI 151 010 – 13.4)

El propósito del ensayo es verificar que el espectro de RF debido a la modulación cumpla de la máscara espectral definida, como así también que el espectro de RF debido a los transitorios de la conmutación.

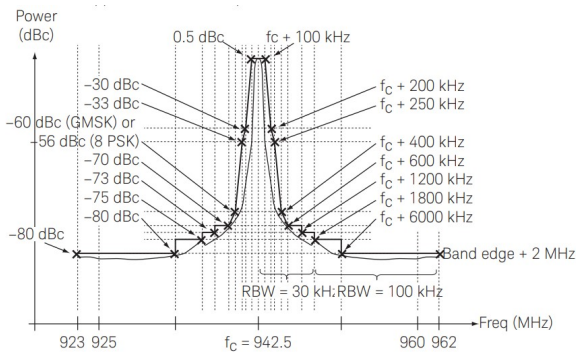
El ensayo debe realizarse sobre 3 canales, bajo medio y alto.

El CMW500 se configura automáticamente como medidor de nivel siguiendo la recomendación del 13.4.4.2

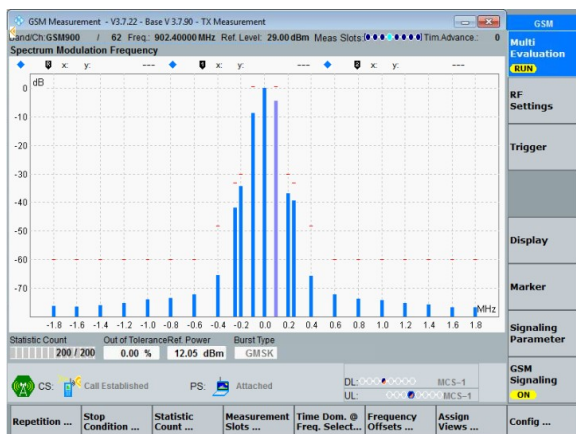
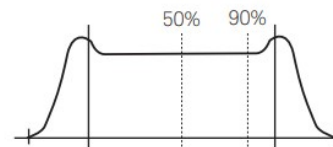
Span=0Hz

RBW=VBW=30kHz

La señal es medida con gate para tomar el espectro generado por al menos 40 bits entre los bits 87 a 132 y se hace un promedio de 50 ráfagas.



El analizador se sintoniza a una frecuencia puntual y luego se sincroniza con la parte de la ráfaga modulada y se mide la potencia.



Luego el analizador se vuelve a sintonizar a la siguiente frecuencia, y calcula el offset correspondiente. Este proceso continúa hasta que todos los offsets se miden y verifican con los límites permisibles.

El nivel de potencia se mide en distintos números de ráfagas en hasta <1 800 kHz según ETSI 151 010 – 13.4.4.2

Lo que da como resultado el "espectro" de la señal, sin embargo, los componentes espectrales que resultan del efecto

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 9/45
PDC	CG y MB	OHJ	



**Cálculo de incertidumbre**



de la multiplicación en el tiempo (burst) no aparecen porque las rampas están bloqueadas.

Por eso también se mide el espectro en los momentos de la activación de burst.

**Valores medidos con CMW500 sobre el Samsung SM-G360M**

	Lower Limit	Upper Limit	Measured	Unit	Status
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT -1.8MHz	---	-51.000	-77.943	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT -1.6MHz	---	-51.000	-77.934	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT -1.4MHz	---	-51.000	-77.390	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT -1.2MHz	---	-51.000	-76.484	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT -1.0MHz	---	-51.000	-75.399	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT -800kHz	---	-51.000	-75.191	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT -600kHz	---	-51.000	-73.455	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT -400kHz	---	-36.000	-65.849	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT -250kHz	---	-36.000	-40.920	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT -200kHz	---	-30.000	-36.875	dB	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT -100kHz	---	0.500	-8.925	dB	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Reference Power, FT 0	---	---	-3.270	dBm	
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT +100kHz	---	0.500	-8.624	dB	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT +200kHz	---	-30.000	-36.836	dB	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT +250kHz	---	-36.000	-40.924	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT +400kHz	---	-36.000	-65.926	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT +600kHz	---	-51.000	-73.486	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz,	---	-51.000	-74.768	dBm	Passed

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 10/45
PDC	CG y MB	OHJ	



**Cálculo de incertidumbre**

200 Burst, Min Power, FT +800kHz					
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT +1.0MHz	---	-51.000	-75.384	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT +1.2MHz	---	-51.000	-76.563	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT +1.4MHz	---	-51.000	-76.900	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT +1.6MHz	---	-51.000	-77.915	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation < 1.8MHz, 200 Burst, Min Power, FT +1.8MHz	---	-51.000	-78.064	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, Max Power, FT -1.8MHz	---	-24.000	-43.802	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, Max Power, FT -1.2MHz	---	-21.000	-38.177	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, Max Power, FT -600kHz	---	-21.000	-33.142	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, Max Power, FT -400kHz	---	-19.000	-29.673	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, Max Power, FT +400kHz	---	-19.000	-28.368	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, Max Power, FT +600kHz	---	-21.000	-32.062	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, Max Power, FT +1.2MHz	---	-21.000	-37.420	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, Max Power, FT +1.8MHz	---	-24.000	-44.529	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 7, FT -1.8MHz	---	-28.000	-46.563	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 7, FT -1.2MHz	---	-25.000	-42.914	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 7, FT -600kHz	---	-25.000	-35.868	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 7, FT -400kHz	---	-23.000	-32.250	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 7, FT +400kHz	---	-23.000	-30.959	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 7, FT +600kHz	---	-25.000	-35.061	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 7, FT +1.2MHz	---	-25.000	-40.984	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 7, FT +1.8MHz	---	-28.000	-47.306	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 11, FT -1.8MHz	---	-36.000	-54.300	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 11, FT -1.2MHz	---	-32.000	-49.111	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 11, FT -600kHz	---	-26.000	-44.041	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 11, FT -400kHz	---	-23.000	-39.815	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 11, FT +400kHz	---	-23.000	-38.571	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 11, FT +600kHz	---	-26.000	-42.754	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst,	---	-32.000	-48.090	dBm	Passed

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 11/45
PDC	CG y MB	OHJ	



**Cálculo de incertidumbre**

PCL 11, FT +1.2MHz					
@ TCH 128, Spectrum Due to Switching, 10 Burst, PCL 11, FT +1.8MHz	---	-36.000	-54.927	dBm	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation, 50 Burst, Max Power, FT to $\hat{A}\pm 600\text{kHz}$	---	---	---	---	Passed

@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation, 50 Burst, Max Power, FT offset $\hat{A}\pm 600\text{kHz}$ to $\hat{A}\pm 6.0\text{MHz}$	---	---	---	---	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation, 50 Burst, Max Power, FT offset $\hat{A}\pm 6.0\text{MHz}$ to $\hat{A}\pm 2.0\text{MHz}$ over End of TX band	---	---	---	---	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation, 50 Burst, Max Power, Band 869MHz - 894MHz	---	---	---	---	Passed
@ TCH 128, Spectrum Due to Modulation, 50 Burst, Max Power, Band 1930MHz - 1990MHz	---	---	---	---	Passed

**Spectrum due to modulation measurement**

Expected nominal power setting for full dynamic range	RF1 COM, RF2 COM	-8 dBm to +42 dBm <sup>7</sup>
Test method		relative measurement, averaging
Filter		Gaussian, 30 kHz, 5 pole
Measurement	at an offset of $\pm$	100/200/250/400/600/800/1000/1200/1400 /1600/1800 kHz

Dynamic range	offset $\geq 1200$ kHz	
	GMSK	>74 dB
	8PSK	>70 dB

<b>Level uncertainty</b>	in temperature range +20 °C to +35 °C	
RF1 COM, RF2 COM	70 MHz to 100 MHz	<1.0 dB <sup>4</sup>
	100 MHz to 3300 MHz	<0.5 dB <sup>4</sup>
	3300 MHz to 6000 MHz	<1.0 dB <sup>4</sup>

La incertidumbre en la medición de emisiones fuera de banda está dominada por la componente tipo B aportada por el CMW500

**0,5dB con distribución uniforme con 100% de confianza**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 12/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

### A2.2.3. Medición de Error de frecuencia GSM-EDGE-GPRS GSM (ETSI 151 010 – 13.1)

El error de fase (GMSK) y el EVM (8-PSK) son parámetros fundamentales utilizados en GSM para caracterizar la precisión de la modulación.

La frecuencia y la fase están relacionadas a través de

$$d\omega = \frac{d\phi}{dt}$$

Un error de fase deficiente o EVM indica un problema con el generador de banda base I/Q, los filtros, el modulador o el amplificador en los circuitos del transmisor. Un error de fase (o EVM) reducirá la capacidad de un receptor para demodular correctamente, que en condiciones de señal marginal, afecta el alcance del servicio.

Las mediciones de error de frecuencia indican un desempeño pobre del sintetizador o lazo de bloqueo de fase (PLL).

Las mediciones de error de frecuencia muestran que un sintetizador no puede resolver lo suficientemente rápido a medida que se desplaza la frecuencia entre las transmisiones.

La tolerancia definida en 13.1.2 es de +/- 0.1ppm y el error de fase RMS no debe superar los 5 grados

El procedimiento definido en 13.1.4.2 indica que la medición de error de fase y frecuencia debe hacerse en condiciones de máxima y mínima potencia.

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 13/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

Valores medidos Samsung SM-G360M

CMW500	
N° de mediciones	Valores tomados[Hz]
1	22,762
2	12,172
3	25,215
4	23,084
5	19,501
6	22,632
7	17,628
8	22,180
9	33,125
10	11,913

$$\bar{f} = \frac{1}{10} * \sum_{i=1}^{10} f_i$$

Promedio

21,0212 [Hz]

$$S(f_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} \frac{(f_i - \bar{f})^2}{10 - 1}}$$

**S(f<sub>i</sub>)** Desvió Estándar

6,239706346 [Hz]

$$u(\bar{f}) = \sqrt{\frac{S(f_i)^2}{10}}$$

**u<sub>i</sub>(f)** Incertidumbre Estándar

1,9731683985 [Hz]

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 14/45
PDC	CG y MB	OHJ	



**Cálculo de incertidumbre**

**Timebase**

**Timebase TCXO**

Max. frequency drift	in temperature range +5 °C to +45 °C	$\pm 1 \times 10^{-6}$
Max. aging	at +25 °C, after 14 days of continuous operation	$\pm 1 \times 10^{-6}$ /year

**Timebase basic OCXO (R&S®CMW-B690A option)**

Max. frequency drift	in temperature range +5 °C to +45 °C	$\pm 5 \times 10^{-8}$
Retrace	at +25 °C, after 24 hours power ON / 2 hours power OFF / 1 hour power ON	$\pm 2 \times 10^{-8}$
Max. aging	at +25 °C, after 10 days of continuous operation	$\pm 1 \times 10^{-7}$ /year $\pm 1 \times 10^{-9}$ /day
Warm-up time	at +25 °C, the frequency is in the range that is 10 times the frequency drift ( $\pm 5 \times 10^{-7}$ )	approx. 10 min

**Timebase highly stable OCXO (R&S®CMW-B690B option)**

Max. frequency drift	in temperature range +5 °C to +45 °C, referenced to +25 °C	$\pm 5 \times 10^{-9}$
	with instrument orientation	$\pm 1 \times 10^{-9}$
Retrace	at +25 °C, after 24 hours power ON / 2 hours power OFF / 1 hour power ON	$\pm 5 \times 10^{-9}$
Max. aging	at +25 °C, after 10 days of continuous operation	$\pm 3 \times 10^{-8}$ /year $\pm 5 \times 10^{-10}$ /day
Warm-up time	at +25 °C, the frequency is in the range that is 10 times the frequency drift ( $\pm 5 \times 10^{-8}$ )	approx. 10 min

**Modulation analysis**

Level range		-28 dBm to +42 dBm <sup>7</sup>
Inherent phase error	GMSK	<0.6°, RMS <2°, peak
Inherent error vector magnitude (inherent EVM)	8PSK	<0.8 %, RMS
Frequency measurement uncertainty		<35 Hz + drift of timebase, see general technical specifications
Inherent I/Q offset		<-50 dB
Filter	GMSK 8PSK	bandpass, 900 kHz, RRC filter, $\alpha = 0.16$ windowed raised-cosine filter in line with 3GPP TS 45.005

La incertidumbre en la medición de error de frecuencia está dominada por la componente tipo B aportada por el CMW500

**36Hz con distribución uniforme con 100% de confianza**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 15/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

#### A2.2.4. Medicion de Nivel de Sensibilidad de Referencia GSM GSM (ETSI 151 010 – 14.2.1)

La sensibilidad es la medida fundamental del rendimiento del receptor. Esta medición revela si un receptor puede adquirir una señal de bajo nivel y demodularla y decodificarla correctamente.

Se pueden producir fallas debido al mal acondicionamiento de la señal en la cadena del receptor .

En última instancia, una sensibilidad pobre equivale a una cobertura pobre experimentada por el usuario.

Los estándares ETSI 3GPP no especifican la sensibilidad máxima. De hecho, es deseable tener una sensibilidad mucho mejor que el mínimo permitido. Esto dará como resultado una mejor experiencia de usuario, especialmente en entornos cuando la relacion señal a ruido es pobre

El resultado de la medición es el BER (bit error rate) o FER (frame error rate) BLER (block error rate) RBER(Residual Error Rate).

Las especificaciones ETSI 3GPP son:

Modulation	Channel type	Error parameter	Limit value	Static reference sensitivity level
GMSK	TCH/FS	FER	0.1%	-104 dBm
	- class Ib	RBER	0.4%	-104 dBm
	- class II	RBER	2.0%	-104 dBm
	PDTCH/CS-1	BLER	10%	-104 dBm
	PDTCH/CS-4	BLER	10%	-101 dBM
	PDTCH/MCS-1	BLER	10%	-104 dBM
8-PSK	E-TCH/F43.2	BLER	10%	-97 dBm
	PDTCH/MCS-5	BLER	10%	-101 dBm
	PDTCH/MCS-9	BLER	10%	-91.5 dBm

Los requerimientos de ETSI exigen que la performace del receptor sea probada en distintas condiciones de propagación.

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 16/45
PDC	CG y MB	OHJ	



**Cálculo de incertidumbre**

ETSI TR 125 943 V4.0.0 (2001-06) describe los modelos HT (Hilly Terrain), RA (Rural Area) TU (Typical Urban) además de la condición estática

Environment	Channel shape	Channel parameters	
Typical Urban	One exponential cluster consisting of NP-Rayleigh-fading paths	NC = 1 P1 = 1 $\tau_1 = 0 \mu s$ $\sigma_{\tau,1} = 0.5 \mu s$	
Rural Area	One exponential cluster consisting of NP-1Rayleigh-fading paths and 1 non-fading path.	NC = 1 P1 = 1 $\tau_1 = 0 \mu s$ $\sigma_{\tau,1} = 0.1 \mu s$ Add one deterministic (non-fading) path with: fD = 0.7 · fMax P2 = 0.43 $\tau_2 = 0$ in order to get Ricean fading	
Hilly Terrain	Two exponential clusters each consisting of NP/2 Rayleigh-fading paths each	NC = 2 P1 = 1 $\tau_1 = 0 \mu s$ $\sigma_{\tau,1} = 0.29 \mu s$ P2 = 0.04 $\tau_2 = 15 \mu s$ $\sigma_{\tau,2} = 1 \mu s$	

El canal se comporta como un filtro con un N° de taps que provoca que al receptor lleguen distintas copias de cada símbolo.

Channel	# of taps	Max. excess delay [ns]	Mobility [km/h]
Rural Area (RA)	6	600	130 ... 250
Hilly Terrain (HT)	12	20000	100
Typical Urban (TU)	12	5000	1.5 ... 50

**Valores medidos**

Test Item	Lower Limit	Upper Limit	Measured	Unit	Status
@ TCH 128, FER, 89 Frames (TUhigh)	---	6.742	0.000	%	Passed
@ TCH 128, RBER Class II, 89 Frames (TUhigh)	---	8.333	0.000	%	Passed
@ TCH 128, RBER Class Ib, 89 Frames (TUhigh)	---	0.420	0.000	%	Passed
@ TCH 128, RBER Class II, 240 Frames (RA)	---	7.500	0.214	%	Passed
@ TCH 128, RBER Class II, 600 Frames (HT)	---	9.333	0.400	%	Passed
@ TCH 128, 137/145/153/172/179/186/205/213/229/241, FER, 1640 Frames (Static conditions)	---	0.122	0.000	%	Passed
@ TCH 128, 137/145/153/172/179/186/205/213/229/241, RBER Class II, 1640 Frames (Static conditions)	---	2.439	0.000	%	Passed
@ TCH 128, 137/145/153/172/179/186/205/213/229/241, RBER Class Ib, 1640 Frames (Static conditions)	---	0.410	0.000	%	Passed

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 17/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

Output level uncertainty	in temperature range +20 °C to +35 °C, no overranging	
RF1 COM, RF2 COM	output level $\geq -120$ dBm	
	70 MHz to 100 MHz	<1.2 dB <sup>1</sup>
	100 MHz to 3300 MHz	<0.6 dB <sup>1</sup>
	3300 MHz to 6000 MHz	<1.2 dB <sup>1</sup>
RF1 OUT	output level $\geq -110$ dBm	
	70 MHz to 100 MHz	<1.6 dB <sup>1</sup>
	100 MHz to 3300 MHz	<0.8 dB <sup>1</sup>
	3300 MHz to 6000 MHz	<1.6 dB <sup>1</sup>

La incertidumbre en la medición de sensibilidad del receptor está dominada por la componente tipo B aportada por el CMW500

**0,6dB con distribución uniforme con 100% de confianza**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 18/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

### A2.3. Incertidumbre de las mediciones indirectas de 2G con analizador de espectro N9030A

#### A2.3.1. medición de ancho de banda del canal de emisión (“occupied bandwidth”)

##### A2.3.2.1. Análisis de la medición

Valores medidos (Incertidumbre tipo A):

N° de mediciones	Valores tomados[kHz]
1	237.89
2	241.54
3	241.3
4	241.1
5	238.12
6	240.98
7	241.2
8	241.3
9	241.45
10	240.99

$$\overline{BW} = \frac{1}{10} * \sum_{i=1}^{10} BW_i$$

Promedio

240,587 [MHz]

$$S(BW) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (BW_i - \overline{BW})^2}{10-1}}$$

**S(BW)**

Desvío Estándar

1,373778649 [MHz]

$$U(BW) = \sqrt{\frac{S(BW)^2}{10}}$$

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 19/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

**U(BW)** Incertidumbre Estándar 0,4344269533 [MHz]

Incertidumbre del Analizador de espectro Agilent N9030A (Incertidumbre tipo B):

Datos	
Frecuencia	1935 [MHz]
Lectura	8.9 [MHz]
Span	30 [MHz]

Occupied bandwidth	
Accuracy	3.00E-02 [dB]

**A2.3.2.2. Expresión del valor medido**

Promedio [MHz]	Incertidumbre estandar			Coeficiente de Distribucion			u <sup>2</sup> c [MHz <sup>2</sup> ]
	Clase de incertidumbre	Valor[MHz]		Distribucion	Divisor	Ci	
8.9	Lectura de frecuencia	Accurase	0.0300000	RECTANGULAR	√3	1	0.0003
	Repetibilidad		0.00733	NORMAL	1	1	0.000053778
	Incertidumbre estándar combinada			RECTAN	Uc(BWi)=		0.0188
	Incertidumbre expandida con una probabilidad de cobertura del 95% (k = 1.8)			GULAR	U(BWi)=		0.0339

EL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE ES DOMINADO POR EL ERROR DE LECTURA, Y TIENE DISTRIBUCIÓN RECTANGULAR.

**La expresión de BW del canal de emisión es  $\pm 0.034$  [ ]**

donde el número que sigue el símbolo  $\pm$  es el valor numérico de (la incertidumbre expandida)  $U = k \cdot u_c$ , con U determinada a partir de  $u_c = 0.0188$  MHz, y del factor de cobertura  $k = 1.8$ , definiendo un intervalo con una probabilidad de cobertura del 95% por ciento.

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 20/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

A2.3.2. Medicion de espurias

Valores medidos (Incertidumbre tipo A):

N° de mediciones	Valores tomados[dBm]
1	-45.08
2	-45.13
3	-45.03
4	-44.98
5	-45.12
6	-45.09
7	-45.08
8	-45.06
9	-45.12
10	-45.1

$$\bar{P} = \frac{1}{10} * \sum_{i=1}^{10} P_i$$

Promedio -45.079 [dBm]

$$S(P) = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} \frac{(P_i - \bar{P})^2}{10 - 1}}$$

**S(P)** Desvió Estándar 0.046055522 [dB]

$$U(P) = \sqrt{\frac{S(P)^2}{10}}$$

**U(P)** Incertidumbre Estándar 0.0145640348 [dB]

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 21/45
PDC	CG y MB	OHJ	



## Cálculo de incertidumbre

Incertidumbre del Analizador de espectro Agilent N9030A (Incertidumbre tipo B):

Datos	
Frecuencia	865 [MHz]
Nivel	-45.08 [dBm]
Nivel de referencia	32.5 [dBm]
Resolución de BW	300 [kHz]
Atenuación	6 [dB]

Reference level	
Resolution	0.01 [dB]
Presición	0 [dB]

Atenuador de Entrada	
switching Uncertainty	0.3 [dB]

Respuesta en frecuencia		
3 Hz a 20 MHz	0.46	dB
20 a 50 MHz	0.35	dB
50 MHz a 3.6 GHz	0.35	dB
3.5 a 5.2 GHz	1.7	dB
5.2 a 8.4 GHz	1.5	dB
8.3 a 13.6 GHz	2	dB
13.5 a 17.1 GHz	2	dB
17.0 a 22.0 GHz	2	dB
22.0 a 26.5 GHz	2.5	dB
26.4 a 34.5 GHz	2.5	dB
34.4 a 50 GHz	3.2	dB

Absolute Calibration Uncertainty	
	0.59 [dB]

Resolution Bandwidth	
switching Uncertainty	0.03 [dB]

Lineal to log switching	
	0 [dB]

Display Scale fidelity	
	0.10 [dB]

RF Input SWR	
Normal (k=2)	1.134

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 22/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

**A2.4.2.2. Expresión del valor medido**

Promedio [dBm]	Incertidumbre estandar			Coeficiente de Distribucion			u <sup>2</sup> c [dB <sup>2</sup> ]			
	Clase de incertidumbre	Valor[dB]	Distribucion	Divisor	Ci					
-45.08	Nivel de referencia	Resolution	0.01	REC TAN GU LAR	√3	1	3.3E-05			
		Accurase	0				0.0E+00			
	Atenuador de Entrada		0.3				3.0E-02			
	Calibrador de Salida	Accurase	0				0.0E+00			
	Incertidumbre de calibracion absoluta		0.59				1.2E-01			
	Resolucion de ancho de banda	Switching Uncertainty	0.03				3.0E-04			
	Lineal a logaritmico switching		0				0.0E+00			
	Resolucion del Marker	Log scale	0				0.0E+00			
	Fidelidad de escala del display		0.10				3.3E-03			
	Repetibilidad		0.01456				2.1E-04			
	Incertidumbre estándar combinada						NORMAL	1	1	0.3869
	Incertidumbre expandida con una probabilidad de cobertura del 95% (k = 1.65)						RECTANGULAR			0.64
	Error debido a la desadaptación						DISCO-ANILLO	1	1	2.0E-03
	Incertidumbre estándar combinada incluyendo desadaptación									0.3895
Incertidumbre expandida con una probabilidad de cobertura del 95% (k = 1.65)			RECTANGULAR			0.64				

EL VALOR DE LA INCERTIDUMBRE ES DOMINADO POR LA INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN ABSOLUTA DEL ANALIZADOR DE ESPECTRO Y TIENE DISTRIBUCIÓN RECTANGULAR.

<b>La expresión de las emisiones espurias del tx es</b>	<b>-45.08 ± 0.64 [dBm]</b>
---	----------------------------

donde el número que sigue el símbolo ± es el valor numérico de (la incertidumbre expandida)  $U = k \cdot u_c$ , con U determinada a partir de  $u_c = 0.3895$  dB, y del factor de cobertura  $k = 1.65$ , definiendo un intervalo con una probabilidad de cobertura del 95% por ciento.

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 23/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

### A2.4. Mediciones de directas de 3G usando el CMW500

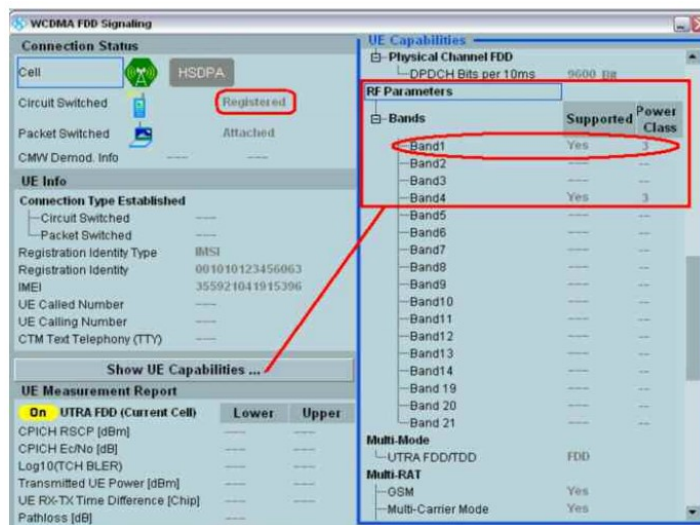
Con el fin de evitar la ambigüedad y la incoherencia entre los diferentes proveedores de equipos, las especificaciones 3GPP definen las configuraciones de los canales UL y DL que se deben utilizar para las pruebas de conformidad del transmisor y receptor del UE, respectivamente. Estas configuraciones se denominan canales de medición de referencia (reference measurement channel RMC). Hay cuatro canales RMC de DL y cinco canales RMC en UL. Todos ellos consisten en un DPDCH (Dedicated Physical Data Channel) y un DPCCCH (Dedicated Physical Control Channel).

La principal diferencia entre los cuatro canales de medición de referencia DL o cinco UL es la tasa de bits de información para el canal lógico DTCH (12.2 kbps, 64 kbps, 144 kbps y 384 kbps).

#### A2.4.1. Potencia Máxima conducida (3GPP TS 34.121, 5.2)

La potencia de salida máxima mide la potencia máxima que el UE puede transmitir en un ancho de banda de al menos  $(1 + \alpha)$  veces la velocidad de chip. Si la potencia de salida máxima es demasiado alta, el dispositivo puede interferir con otros canales u otros sistemas. Si la potencia de salida máxima es demasiado baja, disminuye el área de cobertura.

leyendo la UE Capabilities se determinan las bandas que soporta el equipo y a que clase pertenece.



Preparó	Revisó	Aprobó	Página 24/45
PDC	CG y MB	OHJ	



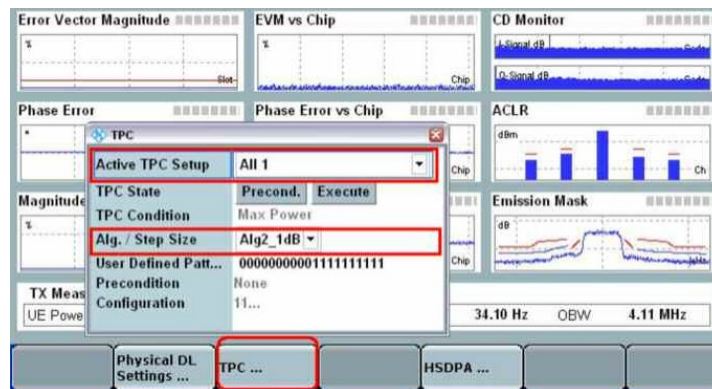
Cálculo de incertidumbre

Según la ETSI y la norma de ENACOM los límites seon

Banda	Power classIII	
	Pot [dBm]	Tolerancia ETSI [dB]
Banda II	24	+1.7/ -3.7
Banda V	24	+1.7/ -3.7

Para configurar el equipo a al maxima potencia el CMWRun envía un comando de control de potencia hasta que la transmisión del UE alcanza su potencia máxima y se mide la potencia media del UE. Se configura un TPC activa en Todo 1 en la pestaña "Configuración de TPC"

Me manera manual la potencia máxima se obtiene de la siguiente manera



Preparó	Revisó	Aprobó	Página 25/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

Análisis de los datos de entrada  
Calculo de la incertidumbre

**Medición de Potencia máxima conducida**

Valores medidos Samsung SM-G360M TPC=All-ones

Nº de mediciones	Valores tomados[dBm]
	CMW500
1	23,12
2	23,22
3	23,09
4	23,1
5	23,08
6	23,2
7	23
8	23,11
9	23,09
10	23,2

$$\bar{P} = \frac{1}{10} * \sum_{i=1}^{10} P_i$$

Promedio

23,121 [dBm]

$$S(P) = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} \frac{(P_i - \bar{P})^2}{10 - 1}}$$

s(Pi) Desvió Estándar

0,067568895 [dBm]

$$U(P) = \sqrt{\frac{S(P)^2}{10}}$$

ui(P) Incertidumbre Estándar

0,0213671607 [dBm]

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 26/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

Incertidumbre tipo B

**WCDMA RF analyzer  
(R&S® CMW-KM400 option and R&S® CMW-KM401 option)**

Frequency range	WCDMA band 1	1920 MHz to 1980 MHz
	WCDMA band 2	1850 MHz to 1910 MHz
	WCDMA band 3	1710 MHz to 1785 MHz
	WCDMA band 4	1710 MHz to 1755 MHz
	WCDMA band 5	824 MHz to 849 MHz
	WCDMA band 6	830 MHz to 840 MHz
	WCDMA band 7	2500 MHz to 2570 MHz
	WCDMA band 8	880 MHz to 915 MHz
	WCDMA band 9	1749.9 MHz to 1784.9 MHz
	WCDMA band 10	1710 MHz to 1770 MHz
	WCDMA band 11	1427.9 MHz to 1452.9 MHz
	WCDMA band 12	698 MHz to 716 MHz
	WCDMA band 13	777 MHz to 787 MHz
	WCDMA band 14	788 MHz to 798 MHz

**Power meter**

<b>UE power measurement</b>	RMS detector	
Filter		bandpass, 6.3 MHz, RRC, $\alpha = 0.22$
Level range		-55 dBm to +42 dBm <sup>9</sup>
Level uncertainty		see general technical specifications
Measurement length		half-slot, 1 slot

<b>Off power measurement</b>	RMS detector	
Filter		3.84 MHz, RRC, $\alpha = 0.22$ , WCDMA filter
Noise floor		-72 dBm
Level uncertainty		see general technical specifications + uncertainty due to noise floor

<b>Level uncertainty</b>	in temperature range +20 °C to +35 °C	
RF1 COM, RF2 COM	70 MHz to 100 MHz	<1.0 dB <sup>4</sup>
	100 MHz to 3300 MHz	<0.5 dB <sup>4</sup>
	3300 MHz to 6000 MHz	<1.0 dB <sup>4</sup>

La incertidumbre en la medición de potencia está dominada por la componente tipo B aportada por el CMW500

**0,5dB con distribución uniforme con 100% de confianza**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 27/45
PDC	CG y MB	OHJ	



**Cálculo de incertidumbre**

**A2.4.2. Anchura de banda ocupada (3GPP TS 34.121, 5.8)**

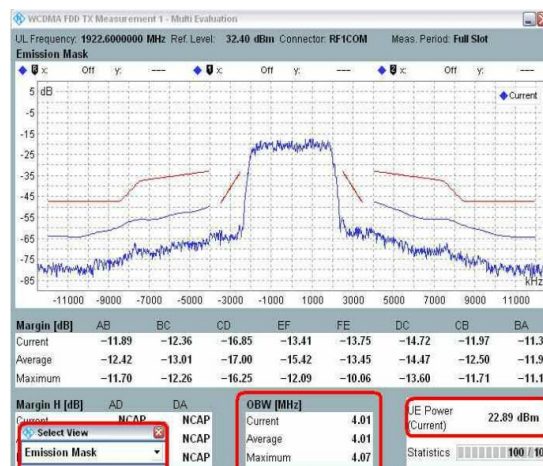
La medición del ancho de banda ocupado (OBW) determina el ancho de banda que contiene el 99% de la potencia total integrada del espectro transmitido, centrada en la frecuencia de canal asignada. El ancho de banda ocupado medido no excederá de 5 MHz. El exceso de ancho de banda del canal ocupado aumenta la interferencia con otros canales o con otros sistemas.

Para terminales que pueden transmitir dos portadoras adyacentes la anchura de banda ocupada deberá ser menor a 10MHz.

Para la medición automática utilizando el CMWRun se configura automáticamente el control de potencia a para que el UE entregue la máxima potencia de salida y el resultado es volcado en el .xml

Test Item	Lower Limit	Upper Limit	Measured	Unit	Status
<b>5.8 Occupied Bandwidth (OBW)</b>					
Band 2:@ ULCH 9263	---	5.00	4.07	MHz	Passed
Band 2:@ ULCH 9400	---	5.00	4.07	MHz	Passed
Band 2:@ ULCH 9537	---	5.00	4.07	MHz	Passed
Test Item	Lower Limit	Upper Limit	Measured	Unit	Status
<b>5.8 Occupied Bandwidth (OBW)</b>					
Band 5:@ ULCH 4133	---	5.00	4.07	MHz	Passed
Band 5:@ ULCH 4175	---	5.00	4.07	MHz	Passed
Band 5:@ ULCH 4232	---	5.00	4.06	MHz	Passed

De forma manual debe hacerse esta configuración y la lectura es obtenida de la ventana de máscara de emisiones.



Preparó	Revisó	Aprobó	Página 28/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

Análisis de los datos de entrada  
Calculo de la incertidumbre

**Medición de BW del canal de emisión (occupied bandwidth)**

Valores medidos Samsung SM-G360M TPC=All-ones

CMW500	
N° de mediciones	Valores tomados[MHz]
1	4,24
2	4,26
3	4,24
4	4,22
5	4,23
6	4,25
7	4,24
8	4,26
9	4,27
10	4,21

$$\overline{BW} = \frac{1}{10} * \sum_{i=1}^{10} BW_i$$

Promedio

4,242 [MHz]

$$S(BW) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (BW_i - \overline{BW})^2}{10-1}}$$

**S(BW)** Desvió Estándar

0,018737959 [MHz]

$$U(BW) = \sqrt{\frac{S(BW)^2}{10}}$$

**U(BW)** Incertidumbre Estándar

0,0059254629 [MHz]

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 29/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

### A2.4.3. Máscara de transmisión

La máscara de transmisión espectral mide las emisiones fuera de canal en relación con la potencia media del UE entre 2,5 MHz y 12,5 MHz, desde la frecuencia central. El exceso de emisión aumenta la interferencia con otros canales o con otros sistemas.

Se realiza con el UE transmitiendo la máxima potencia de salida.

El CMWRun aplica

Spectrum emission mask requirement			
$\Delta f$ in MHz	Minimum requirement		Measurement bandwidth
	Relative requirement	Absolute requirement	
2.5 to 3.5	$\left\{ -33.5 - 15 \cdot \left( \frac{\Delta f}{MHz} - 2.5 \right) \right\} dBc$	-69.6 dBm	30 kHz
3.5 to 7.5	$\left\{ -33.5 - 1 \cdot \left( \frac{\Delta f}{MHz} - 3.5 \right) \right\} dBc$	-54.3 dBm	1 MHz
7.5 to 8.5	$\left\{ -37.5 - 10 \cdot \left( \frac{\Delta f}{MHz} - 7.5 \right) \right\} dBc$	-54.3 dBm	1 MHz
8.5 to 12.5	-47.5 dBc	-54.3 dBm	1 MHz

Spectrum emission mask requirements (Table 5.9.2 of 3GPP TS 34.121 [1]).

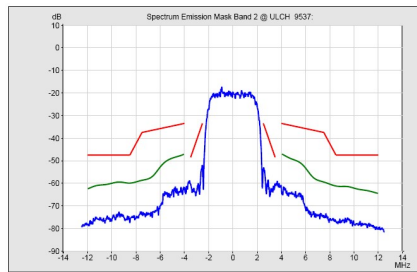
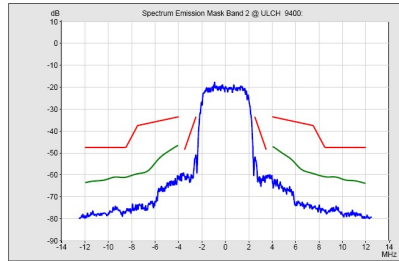
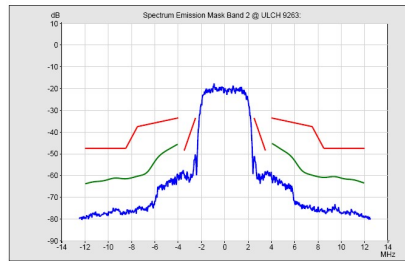
Preparó	Revisó	Aprobó	Página 30/45
PDC	CG y MB	OHJ	



## Cálculo de incertidumbre

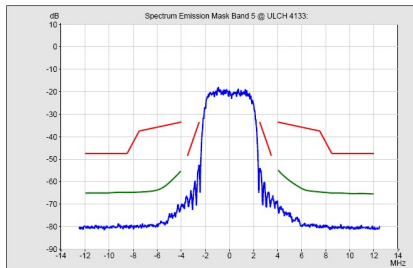
### Análisis de los datos de entrada

#### Banda II

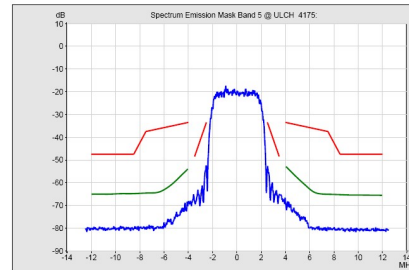


— Spectrum Emission Mask Limits  
— 1 MHz Filter  
— 30 kHz Filter

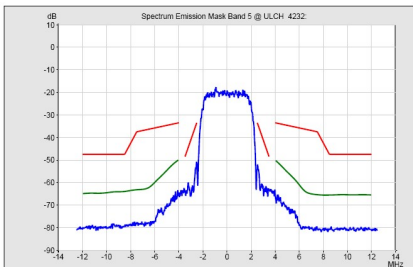
#### Banda V



— Spectrum Emission Mask Limits  
— 1 MHz Filter  
— 30 kHz Filter



— Spectrum Emission Mask Limits  
— 1 MHz Filter  
— 30 kHz Filter

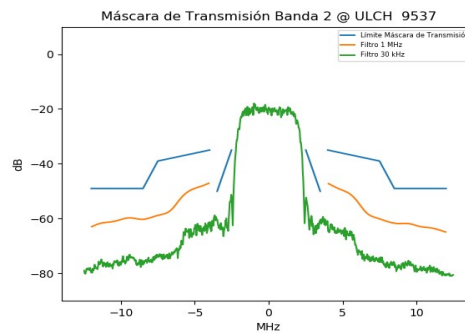
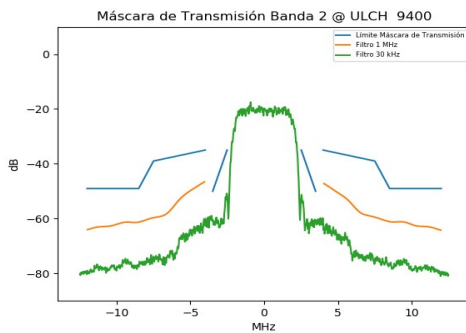
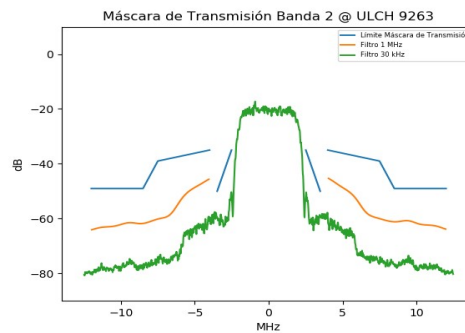
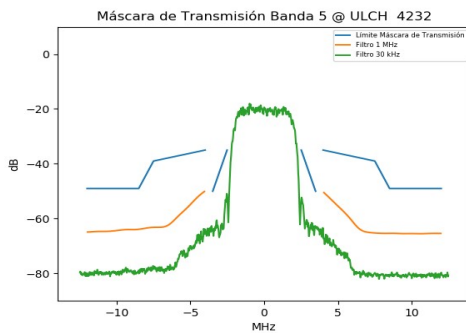
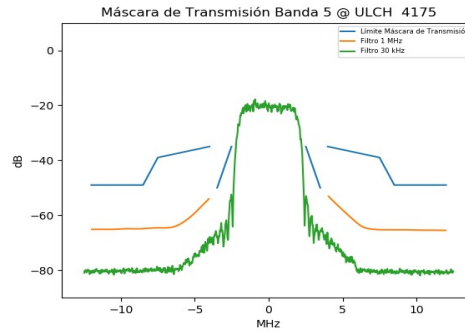
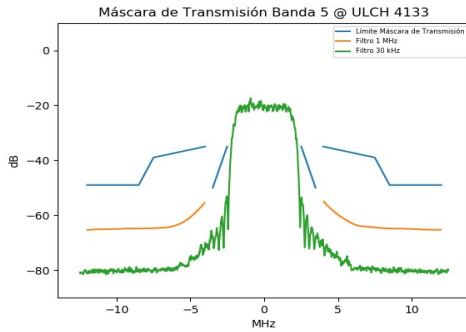


— Spectrum Emission Mask Limits  
— 1 MHz Filter  
— 30 kHz Filter

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 31/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre



Preparó	Revisó	Aprobó	Página 32/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

Calculo de Incertidumbre

Incertidumbre Tipo B

**Spectrum measurements**

<b>Adjacent channel leakage ratio</b>	RMS detector	
Filter		3.84 MHz, RRC, $\alpha = 0.22$ , WCDMA filter
Dynamic range	first adjacent channel at $\pm 5$ MHz	>54 dB
	second adjacent channel at $\pm 10$ MHz	>57 dB
Expected nominal power setting for full dynamic range	RF1 COM, RF2 COM	-4 dBm to +42 dBm <sup>9</sup>
Uncertainty	for -33 dBc first adjacent channel level	<0.5 dB
	for -43 dBc second adjacent channel level	<0.5 dB
Measurement length		1 slot (2560 chip)

La incertidumbre en la medición de máscara de transmisión está dominada por la componente tipo B aportada por el CMW500

**0,5dB con distribución uniforme con 100% de confianza**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 33/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

**A2.4.4. Relación de potencia de canal adyacente (3GPP TS 34.121, 5.10)**

La relación de potencia de canal adyacente (ACLR) se define como la relación de la potencia media en la frecuencia del canal asignado a la potencia media filtrada del RRC centrada en la frecuencia del canal adyacente. El exceso de ACLR aumenta la interferencia con otros canales o con otros sistemas.

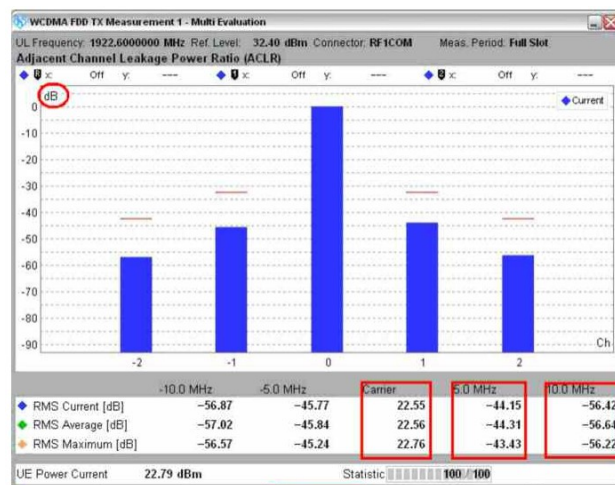
Si la potencia de canal adyacente medida es mayor a -50 dBm entonces la Relación de Potencia de Canal Adyacente debe ser mayor a la especificada en la tabla 5.10.2 del 3GPP.

UE ACLR		
Power Class	UE channel	ACLR limit
3	+5 MHz or -5 MHz	32.2 dB
3	+10 MHz or -10 MHz	42.2 dB
4	+5 MHz or -5 MHz	32.2 dB
4	+10 MHz or -10 MHz	42.2 dB

UE ACLR (Table 5.10.2 of 3GPP TS 34.121 [1])

La medición se realiza con el UE transmitiendo a la máxima potencia de salida.

De manera manual el resultado de la medición se obtiene en la pestaña ACLR del CMW500



Utilizando el CMWRun, los valores son informados en una tabla

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 34/45
PDC	CG y MB	OHJ	



**Cálculo de incertidumbre**

Test Item	Lower Limit	Upper Limit	Measured	Unit	Status
<b>5.10 Adjacent Channel Leakage Power Ratio (ACLR)</b>					
Band 2:@ ULCH 9263, ACLR -10 MHz Offset	---	-42.20	-56.31	dB	Passed
Band 2:@ ULCH 9263, ACLR -5 MHz Offset	---	-32.20	-42.41	dB	Passed
Band 2:@ ULCH 9263, ACLR +5 MHz Offset	---	-32.20	-42.18	dB	Passed
Band 2:@ ULCH 9263, ACLR +10 MHz Offset	---	-42.20	-55.36	dB	Passed
Band 2:@ ULCH 9400, ACLR -10 MHz Offset	---	-42.20	-56.23	dB	Passed
Band 2:@ ULCH 9400, ACLR -5 MHz Offset	---	-32.20	-43.38	dB	Passed
Band 2:@ ULCH 9400, ACLR +5 MHz Offset	---	-32.20	-43.97	dB	Passed
Band 2:@ ULCH 9400, ACLR +10 MHz Offset	---	-42.20	-55.86	dB	Passed
Band 2:@ ULCH 9537, ACLR -10 MHz Offset	---	-42.20	-54.58	dB	Passed
Band 2:@ ULCH 9537, ACLR -5 MHz Offset	---	-32.20	-43.48	dB	Passed
Band 2:@ ULCH 9537, ACLR +5 MHz Offset	---	-32.20	-43.63	dB	Passed
Band 2:@ ULCH 9537, ACLR +10 MHz Offset	---	-42.20	-56.26	dB	Passed

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 35/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

Análisis de los datos de entrada

Calculo de la incertidumbre

Valores medidos Samsung SM-G360M TPC=All-ones

CMW500	
N° de mediciones	Valores tomados[dBm]
1	-56,31
2	-55,36
3	-56,26
4	-56,26
5	-55,86
6	-55,36
7	-56,26
8	-56,26
9	-55,86
10	-55,36

$$\overline{ACRL} = \frac{1}{10} * \sum_{i=1}^{10} ACLRi$$

Promedio

-55,915 [dBm]

$$S(ACLR) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (ACLRi - \overline{ACRL})^2}{10 - 1}}$$

**S(P)**

Desvió Estándar

0,416633332 [dB]

$$U(ACLR) = \sqrt{\frac{S(ACLR)^2}{10}}$$

**U(P)**

Incertidumbre Estándar

0,1317510278 [dB]

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 36/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

**Incertidumbre Tipo B**

**Spectrum measurements**

<b>Adjacent channel leakage ratio</b>	RMS detector	
Filter		3.84 MHz, RRC, $\alpha = 0.22$ , WCDMA filter
Dynamic range	first adjacent channel at $\pm 5$ MHz	>54 dB
	second adjacent channel at $\pm 10$ MHz	>57 dB
Expected nominal power setting for full dynamic range	RF1 COM, RF2 COM	-4 dBm to +42 dBm <sup>9</sup>
Uncertainty	for -33 dBc first adjacent channel level	<0.5 dB
	for -43 dBc second adjacent channel level	<0.5 dB
Measurement length		1 slot (2560 chip)

La incertidumbre en la medición de Relación de canal Adyacente está dominada por la componente tipo B aportada por el CMW500

**0,5dB con distribución uniforme con 100% de confianza**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 37/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

### A2.4.5. Error de frecuencia (3GPP TS 34.121, 5.3)

El transmisor del UE realiza un seguimiento de la frecuencia recibida desde el Nodo B. El error de frecuencia es la diferencia entre la frecuencia portadora modulada de RF transmitida desde el UE y la frecuencia asignada. Se produce un error de frecuencia debido al error de frecuencia del nodo B y al desplazamiento Doppler. El 3GPP, el error de frecuencia no debe exceder de  $\pm$  (0.1 ppm + 10 Hz). Un error de frecuencia excesivo de la portadora aumenta los errores de transmisión en el propio DL. Esta prueba verifica la capacidad del receptor para derivar la información de frecuencia correcta para el transmisor cuando está bloqueado a la frecuencia de la portadora DL.

Se configura un RMC de 12.2 kbps como según tabla E.3.2.1 y 6.2.2 del TS 3GPP 34.121

Downlink physical channels transmitted during a connection	
Physical Channel	Power
CPICH	CPICH_Ec / DPCH_Ec = 7 dB
P-CCPCH	P-CCPCH_Ec / DPCH_Ec = 5 dB
SCH	SCH_Ec / DPCH_Ec = 5 dB
PICH	PICH_Ec / DPCH_Ec = 2 dB
DPCH	Test-dependent power

*Downlink physical channels transmitted during a connection (Table E.3.2.1 of 3GPP TS 34.121 [1]).*

Banda	Unidad	DPCH_Ec	REFlor
Banda II	dBm/3.84 MHz	-114.3	-104
Banda V	dBm/3.84 MHz	-114.3	-104

De forma manual en la pestaña de Error de frecuencia

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 38/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre



Con el CMWRun los resultados para banda II y banda V

5.3 Frequency Error					
Band 2:@ ULCH 9263	-195.26	195.26	-1.37	Hz	Passed
Band 2:@ ULCH 9400	-198.00	198.00	-0.17	Hz	Passed
Band 2:@ ULCH 9537	-200.74	200.74	1.11	Hz	Passed

5.3 Frequency Error					
Band 5:@ ULCH 4133	-92.66	92.66	-0.27	Hz	Passed
Band 5:@ ULCH 4175	-93.50	93.50	-0.01	Hz	Passed
Band 5:@ ULCH 4232	-94.64	94.64	-0.18	Hz	Passed

Según 3GPP la tolerancia es 0.1 ppm + 10 Hz

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 39/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

Análisis de los datos de entrada  
Calculo de la incertidumbre

**Medición del error de frecuencia**

Valores medidos Samsung SM-G360M

CMW500	
N° de mediciones	Valores tomados[Hz]
1	-1,370
2	-0,170
3	1,110
4	0,270
5	0,010
6	0,180
7	-1,200
8	0,300
9	0,270
10	-1,000

$$\bar{f} = \frac{1}{10} * \sum_{i=1}^{10} f_i$$

Promedio -0,16 [Hz]

$$S(f_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} \frac{(f_i - \bar{f})^2}{10 - 1}}$$

**S(f<sub>i</sub>)** Desvío Estándar 0,788120126 [Hz]

$$u(\bar{f}) = \sqrt{\frac{S(f_i)^2}{10}}$$

**u(f)** Incertidumbre Estándar 0,2492254669 [Hz]

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 40/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

Incertidumbre tipo B

<b>Frequency error</b>		
Measurement range		±3 kHz
Frequency measurement uncertainty		<35 Hz + drift of timebase, see general technical specifications

La incertidumbre en la medición de Error de frecuencia está dominada por la componente tipo B aportada por el CMW500

**< 35Hz con distribución uniforme con 100% de confianza**

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 41/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

### A2.4.6. Nivel de sensibilidad

El nivel de sensibilidad de referencia es la potencia media mínima recibida en el puerto de antena del UE en el que el BER no debe exceder de 0.001. La falta de sensibilidad de recepción disminuye el área de cobertura en el extremo opuesto al Nodo B.

El downlink es seteado

Downlink physical channels transmitted without a dedicated connection	
Physical channel	Power
lor	Test-dependent power
CPICH	CPICH_Ec / lor = -3.9 dB
P-CCPCH	P-CCPCH_Ec / lor = -8.3 dB
SCH	SCH_Ec / lor = -8.3 dB
PICH	PICH_Ec / lor = -8.3 dB
SCCPCH	SCCPCh_Ec/lor = -5.3 dB

WCDMA Signaling Configuration

Path: RF Settings/RF Power Downlink/Output Power (lor)

- Output Power (lor) -106.00 dBm
- AWGN Noise (loc) -70.00 dBm
- Geometric Factor (lor/loc) ---
- Total Output Power (lor+loc) -106.00 dBm

RF Power Uplink

Physical Downlink Settings

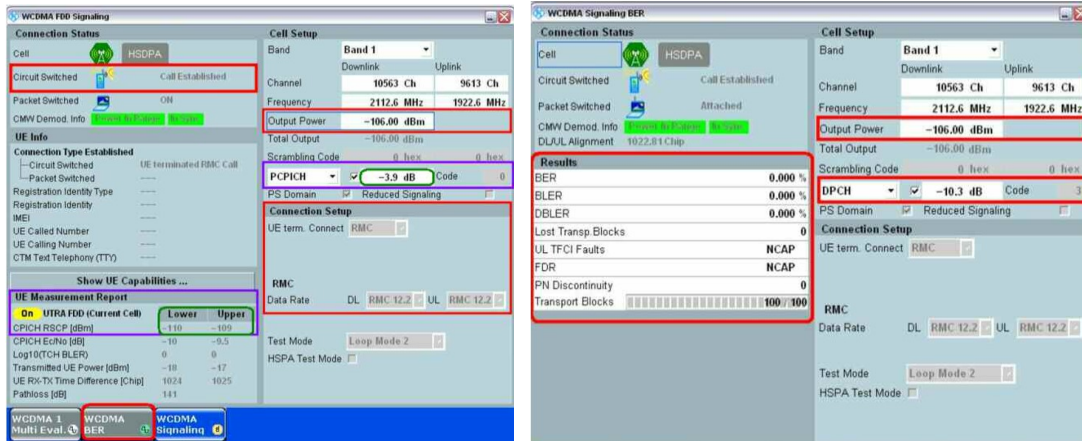
- Accumulated Power 0.00 dB Adjust to 0dB
- OCNS -6.79 dB Release 99
- Code Conflict No Code Conflict Detected! Show ...

Channel Table	Level	Code	Symbol Rate
P-CPICH	<input checked="" type="checkbox"/> -3.90 dB	0	15 ksps
P-CPICH Enhanced			
S-CPICH	<input type="checkbox"/> -3.30 dB	11	15 ksps
S-CPICH Enhanced			
P-SCH	<input checked="" type="checkbox"/> -11.30 dB		
S-SCH	<input checked="" type="checkbox"/> -11.30 dB		
P-CCPCH	<input checked="" type="checkbox"/> -8.30 dB	1	15 ksps
S-CCPCH	<input checked="" type="checkbox"/> -5.30 dB	2	60 ksps
PICH	<input checked="" type="checkbox"/> -8.30 dB	2	15 ksps
AICH	<input checked="" type="checkbox"/> -8.30 dB	3	15 ksps
AICH Enhanced			
DPCH	<input checked="" type="checkbox"/> -10.30 dB	3	30 ksps



**Cálculo de incertidumbre**

De forma manual



De forma automática con el CMWRun para un nivel de -115dBm/3.84MHz se informan las tasas de error obtenidas.

Test Item	Lower Limit	Upper Limit	Measured	Unit	Status
<b>6.2 Reference Sensitivity Level</b>					
Band 5:@ ULCH 4133	---	0.10	0.00	%	Passed
Band 5:@ ULCH 4175	---	0.10	0.00	%	Passed
Band 5:@ ULCH 4232	---	0.10	0.00	%	Passed
Band 2:@ ULCH 9263	---	0.10	0.00	%	Passed
Band 2:@ ULCH 9400	---	0.10	0.00	%	Passed
Band 2:@ ULCH 9537	---	0.10	0.00	%	Passed

**Análisis de los datos de entrada**

La medición de sensibilidad está dominada por la incertidumbre del generador de señales por un lado ya que la repetibilidad del valor medido de BER es 0

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 43/45
PDC	CG y MB	OHJ	



**Cálculo de incertidumbre**

**WCDMA WINIQSIM2™ (R&S®CMW-KW400 option), WCDMA HSDPA WINIQSIM2™ (R&S®CMW-KW401 option), WCDMA HSUPA WINIQSIM2™ (R&S®CMW-KW402 option)**

<b>Arbitrary waveform files</b>	with R&S®CMW-KW400 option	TM4CPICH.WV (PAR = 8.34 dB), 3GPPDEFAULT.WV (PAR = 10.65 dB)
	with R&S®CMW-KW401 option	WCDMA_DL_HSDPA.WV (PAR = 10.08 dB)
	with R&S®CMW-KW402 option	WCDMA_DL_HSUPA.WV (PAR = 10.12 dB)
<b>Output level range</b>	depending on PAR	see general technical specifications
<b>Output level uncertainty</b>	with R&S®CMW-KW400 option waveform file used: 3GPPDEFAULT.WV	see general technical specifications
	with R&S®CMW-KW401 option waveform file used: WCDMA_DL_HSDPA.WV	see general technical specifications
	with R&S®CMW-KW402 option waveform file used: WCDMA_DL_HSUPA.WV	see general technical specifications
<b>Output level resolution</b>		see general technical specifications
<b>Output level uncertainty</b>	in temperature range +20 °C to +35 °C, no overranging	
RF1 COM, RF2 COM	output level >= -120 dBm	
	70 MHz to 100 MHz	<1.2 dB <sup>1</sup>
	100 MHz to 3300 MHz	<0.6 dB <sup>1</sup>
RF1 OUT	3300 MHz to 6000 MHz	<1.2 dB <sup>1</sup>
	output level >= -110 dBm	
	70 MHz to 100 MHz	<1.6 dB <sup>1</sup>
	100 MHz to 3300 MHz	<0.8 dB <sup>1</sup>
	3300 MHz to 6000 MHz	<1.6 dB <sup>1</sup>

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 44/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Cálculo de incertidumbre

## A2.5. Mediciones indirectas de 3G utilizando el CMW500 y el analizador de espectro

### A2.5.1. Emisiones Espurias

La incertidumbre de espurias de espurias de 2G (tecnologías GSM) es igual a la de 3G (tecnologías UMTS). Por lo tanto comparten el mismo análisis de resultados y valores de incertezas

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 45/45
PDC	CG y MB	OHJ	



Informe de los resultados

**CAPITULO II – TECNOLOGIAS GSM**

**Metodología empleada**

Medido según Norma Técnica ENACOM-Q2-61.03 V17.1 TERMINALES DE USUARIO DE LOS SERVICIOS DE COMUNICACIONES MOVILES – CAPITULO II – TECNOLOGIAS GSM

Ensayado según PE–LRC 014.

**1. Potencia máxima conducida**

**Muestra A:**

**Condiciones ambientales del ensayo.**

Temperatura	NA	Humedad	NA	Presión atmosférica	NA
-------------	----	---------	----	---------------------	----

**GSM - Potencia de salida transmitida y tiempo de ráfaga según (ETSI TS 151 010 – 13.3)**

Item:	Límite Inferior	Límite Superior	Medido	Unidad	Cumple (Sí/No)
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 5					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 6					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 7					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 8					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 9					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 10					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 11					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 12					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 13					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 14					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 15					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 16					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 17					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 18					
GSM 850:@ TCH 192, PCL = 19					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 5					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 6					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 7					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 8					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 9					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 10					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 11					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 12					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL					

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 1/13
PDC	CG y MB	OHJ	



**Sub Gerencia Operativa de  
Electrónica y Energía**

Código: F PE 16 LTM 03  
Fecha: 05/01/2023  
Versión: 01

**Informe de los resultados**

= 13					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 14					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 15					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 16					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 17					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 18					
GSM 850:@ TCH 192, Retraso de Ráfaga, PCL = 19					
GSM 850:@ TCH 192, Potencia vs Tiempo, PCL = 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19					
GSM 850:@ TCH 192, Access Burst, Average Power, PCL = 5					
GSM 850:@ TCH 192, Access Burst, Burst Timing Delay, PCL = 5					
GSM 850:@ TCH 192, Access Burst, Power Vs Time, PCL = 5					
GSM 850:@ TCH 192, Access Burst, Average Power, PCL = 10					
GSM 850:@ TCH 192, Access Burst, Burst Timing Delay, PCL = 10					
GSM 850:@ TCH 192, Access Burst, Power Vs Time, PCL = 10					

Item:			Slots	Unidad	Cumple (Sí/No)
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 2 para slots 2 a 5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 para slots 2 a 5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 17 for time slots 3 & Gamma = 3 para todos los slots					
GSM 850:@ TCH 192, Potencia vs Tiempo, Gamma = 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 para slots 2 a 5					
GSM 850:@ TCH 192, Potencia vs Tiempo, Gamma = 17 slot3 & Gamma = 3 para todos los slots					

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 2/13
PDC	CG y MB	OHJ	



Informe de los resultados

<b>GPRS - Potencia de salida transmitida en configuración multi-slot según (ETSI TS 151 010 – 13.16.2)</b>	Límite Inferior	Límite Superior	Medido	Unidad	Cumple (Sí/No)
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 2 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 2 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 2 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 2 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 3 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 3 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 3 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 3 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 4 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 4 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 4 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 4 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 5 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 5 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 5 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 5 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 7 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 7 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 7 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 7 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 8 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 8 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 8 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 8 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 9 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 9 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 9 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 9 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 10 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 10 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 10 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 10 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 11 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 11 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 11 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 11 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 12 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 12 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 12 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 12 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 13 slot2					

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 3/13
PDC	CG y MB	OHJ	



**Sub Gerencia Operativa de  
Electrónica y Energía**

Código: F PE 16 LTM 03  
Fecha: 05/01/2023  
Versión: 01

**Informe de los resultados**

GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 13 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 13 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 13 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 14 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 14 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 14 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 14 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 15 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 15 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 15 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 15 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 16 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 16 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 16 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 16 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 17 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 17 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 17 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 17 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 3 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 17 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 3 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 3 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Access Burst, Average Power, PCL = 5					
GSM 850:@ TCH 192, Access Burst, Average Power, PCL = 10					

Item:			Template	Unidad	Cumple (Sí/No)
GSM 850:@ TCH 192, Access Burst, Power Vs Time, PCL = 5					
GSM 850:@ TCH 192, Access Burst, Power Vs Time, PCL = 10					

<b>EDGE - Potencia de salida transmitida (ETSI TS 151 010 – 13.17.3)</b>	Límite Inferior	Límite Superior	Medido	Unidad	Cumple (Sí/No)
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 7 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 7 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 7 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 7 slot5					

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 4/13
PDC	CG y MB	OHJ	



**Informe de los resultados**

GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 8 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 8 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 8 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 8 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 9 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 9 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 9 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 9 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 10 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 10 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 10 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 10 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 11 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 11 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 11 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 11 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 12 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 12 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 12 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 12 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 13 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 13 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 13 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 13 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 14 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 14 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 14 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 14 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 15 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 15 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 15 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 15 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 16 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 16 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 16 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 16 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 17 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 17 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 17 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 17 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot2					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 17 slot3					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot4					
GSM 850:@ TCH 192, Gamma = 6 slot5					
GSM 850:@ TCH 192, Potencia vs Tiempo, Gamma = 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 for time slots 2 a 5					
GSM 850:@ TCH 192, Potencia vs Tiempo, Gamma = 17 slot3 & Gamma = 6 para todos los slotss					

Esp. Fabricante :

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 5/13
PDC	CG y MB	OHJ	



Informe de los resultados

**CAPITULO III – TECNOLOGIAS UMTS**

**Metodología empleada**

Medido según Norma Técnica ENACOM-Q2-61.03 V17.1 TERMINALES DE USUARIO DE LOS SERVICIOS DE COMUNICACIONES MOVILES – CAPITULO III – TECNOLOGIAS UMTS

Ensayado según PE–LRC 014.

**1. Potencia máxima conducida**

**Condiciones ambientales del ensayo.**

Temperatura	NA	Humedad	NA	Presión atmosférica	NA
-------------	----	---------	----	---------------------	----

Ítem	Límite Inferior [dBm]	Límite Superior [dBm]	Medido [dBm]	Cumple (Si/No)
Banda 5:@ ULCH 4133				
Banda 5:@ ULCH 4175				
Banda 5:@ ULCH 4232				

Ítem	Límite Inferior [dBm]	Límite Superior [dBm]	Medido [dBm]	Cumple (Si/No)
Banda 2:@ ULCH 9263				
Banda 2:@ ULCH 9400				
Banda 2:@ ULCH 9537				

Esp. Fabricante :

**2. Anchura de banda ocupada**

Temperatura	NA	Humedad	NA	Presión atmosférica	NA
-------------	----	---------	----	---------------------	----

Ítem	Límite Superior [MHz]	Medido [MHz]	Cumple (Si/No)
Banda 5:@ ULCH 4133			
Banda 5:@ ULCH 4175			
Banda 5:@ ULCH 4232			

Ítem	Límite Superior [MHz]	Medido [MHz]	Cumple (Si/No)
Banda 2:@ ULCH 9263			
Banda 2:@ ULCH 9400			
Banda 2:@ ULCH 9537			

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 6/13
PDC	CG y MB	OHJ	



Informe de los resultados

**3. Emisiones no deseadas**

**3.1. Emisiones fuera de banda:**

**3.1.1. Máscara de transmisión**

Temperatura	NA	Humedad	NA	Presión atmosférica	NA
-------------	----	---------	----	---------------------	----

Ítem	Medido [dB]	Cumple (Si/No)
Banda 5:@ ULCH 4133, Margen desde (fc-12.5) MHz a (fc-8.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4133, Margen desde (fc-8.5) MHz a (fc-7.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4133, Margen desde (fc-7.5) MHz a (fc-3.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4133, Margen desde (fc-3.5) MHz a (fc-2.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4133, Margen desde (fc+2.5) MHz a (fc+3.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4133, Margen desde (fc+3.5) MHz a (fc+7.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4133, Margen desde (fc+7.5) MHz a (fc+8.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4133, Margen desde (fc+8.5) MHz a (fc+12.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4133, Margen desde (fc-12.5) MHz a (fc-3.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4133, Margen desde (fc+3.5) MHz a (fc+12.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4175, Margen desde (fc-12.5) MHz a (fc-8.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4175, Margen desde (fc-8.5) MHz a (fc-7.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4175, Margen desde (fc-7.5) MHz a (fc-3.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4175, Margen desde (fc-3.5) MHz a (fc-2.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4175, Margen desde (fc+2.5) MHz a (fc+3.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4175, Margen desde (fc+3.5) MHz a (fc+7.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4175, Margen desde (fc+7.5) MHz a (fc+8.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4175, Margen desde (fc+8.5) MHz a (fc+12.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4175, Margen desde (fc-12.5) MHz a (fc-3.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4175, Margen desde (fc+3.5) MHz a (fc+12.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4232, Margen desde (fc-12.5) MHz a (fc-8.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4232, Margen desde (fc-8.5) MHz a (fc-7.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4232, Margen desde (fc-7.5) MHz a (fc-3.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4232, Margen desde (fc-3.5) MHz a (fc-2.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4232, Margen desde (fc+2.5) MHz a (fc+3.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4232, Margen desde (fc+3.5) MHz a (fc+7.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4232, Margen desde (fc+7.5) MHz a (fc+8.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4232, Margen desde (fc+8.5) MHz a (fc+12.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4232, Margen desde (fc-12.5) MHz a (fc-3.5) MHz		
Banda 5:@ ULCH 4232, Margen desde (fc+3.5) MHz a (fc+12.5) MHz		

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 7/13
PDC	CG y MB	OHJ	



**Informe de los resultados**

Ítem	Medido [dB]	Cumple (Si/No)
Banda 2:@ ULCH 9263, Margen desde (fc-12.5) MHz a (fc-8.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9263, Margen desde (fc-8.5) MHz a (fc-7.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9263, Margen desde (fc-7.5) MHz a (fc-3.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9263, Margen desde (fc-3.5) MHz a (fc-2.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9263, Margen desde (fc+2.5) MHz a (fc+3.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9263, Margen desde (fc+3.5) MHz a (fc+7.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9263, Margen desde (fc+7.5) MHz a (fc+8.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9263, Margen desde (fc+8.5) MHz a (fc+12.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9400, Margen desde (fc-12.5) MHz a (fc-8.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9400, Margen desde (fc-8.5) MHz a (fc-7.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9400, Margen desde (fc-7.5) MHz a (fc-3.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9400, Margen desde (fc-3.5) MHz a (fc-2.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9400, Margen desde (fc+2.5) MHz a (fc+3.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9400, Margen desde (fc+3.5) MHz a (fc+7.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9400, Margen desde (fc+7.5) MHz a (fc+8.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9400, Margen desde (fc+8.5) MHz a (fc+12.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9537, Margen desde (fc-12.5) MHz a (fc-8.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9537, Margen desde (fc-8.5) MHz a (fc-7.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9537, Margen desde (fc-7.5) MHz a (fc-3.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9537, Margen desde (fc-3.5) MHz a (fc-2.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9537, Margen desde (fc+2.5) MHz a (fc+3.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9537, Margen desde (fc+3.5) MHz a (fc+7.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9537, Margen desde (fc+7.5) MHz a (fc+8.5) MHz		
Banda 2:@ ULCH 9537, Margen desde (fc+8.5) MHz a (fc+12.5) MHz		

Esp. Fabricante:

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 8/13
PDC	CG y MB	OHJ	



Informe de los resultados

**3.1.2. Relación de Potencia de Canal Adyacente:**

Temperatura	NA	Humedad	NA	Presión atmosférica	NA
-------------	----	---------	----	---------------------	----

Ítem	Límite Superior [dB]	Medido [dB]	Cumple (Si/No)
Banda 5:@ ULCH 4133, ACLR -10 MHz Offset			
Banda 5:@ ULCH 4133, ACLR -5 MHz Offset			
Banda 5:@ ULCH 4133, ACLR +5 MHz Offset			
Banda 5:@ ULCH 4133, ACLR +10 MHz Offset			
Banda 5:@ ULCH 4175, ACLR -10 MHz Offset			
Banda 5:@ ULCH 4175, ACLR -5 MHz Offset			
Banda 5:@ ULCH 4175, ACLR +5 MHz Offset			
Banda 5:@ ULCH 4175, ACLR +10 MHz Offset			
Banda 5:@ ULCH 4232, ACLR -10 MHz Offset			
Banda 5:@ ULCH 4232, ACLR -5 MHz Offset			
Banda 5:@ ULCH 4232, ACLR +5 MHz Offset			
Banda 5:@ ULCH 4232, ACLR +10 MHz Offset			

Ítem	Límite Superior [dB]	Medido [dB]	Cumple (Si/No)
Banda 2:@ ULCH 9263, ACLR -10 MHz Offset			
Banda 2:@ ULCH 9263, ACLR -5 MHz Offset			
Banda 2:@ ULCH 9263, ACLR +5 MHz Offset			
Banda 2:@ ULCH 9263, ACLR +10 MHz Offset			
Banda 2:@ ULCH 9400, ACLR -10 MHz Offset			
Banda 2:@ ULCH 9400, ACLR -5 MHz Offset			
Banda 2:@ ULCH 9400, ACLR +5 MHz Offset			
Banda 2:@ ULCH 9400, ACLR +10 MHz Offset			
Banda 2:@ ULCH 9537, ACLR -10 MHz Offset			
Banda 2:@ ULCH 9537, ACLR -5 MHz Offset			
Banda 2:@ ULCH 9537, ACLR +5 MHz Offset			
Banda 2:@ ULCH 9537, ACLR +10 MHz Offset			

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 9/13
PDC	CG y MB	OHJ	



Informe de los resultados

**3.2. Emisiones espurias:**

**Banda V:**

Temperatura	NA	Humedad	NA	Presión atmosférica	NA
-------------	----	---------	----	---------------------	----

Rango de Frecuencias Analizado		Canal	Emisión Espuria		Límite [dBm]	Cumple [Sí/No]
			Frecuencia [MHz]	Potencia [dBm]		
9 kHz	150 kHz					
150 kHz	30 MHz					
30 MHz	814 MHz					
859 MHz	1 GHz					
1 GHz	2.921 GHz					
2.921 GHz	12.75 GHz					
9 kHz	150 kHz					
150 kHz	30 MHz					
30 MHz	814 MHz					
859 MHz	1 GHz					
1 GHz	2.921 GHz					
2.921 GHz	12.75 GHz					
9 kHz	150 kHz					
150 kHz	30 MHz					
30 MHz	814 MHz					
859 MHz	1 GHz					
1 GHz	2.921 GHz					
2.921 GHz	12.75 GHz					

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 10/13
PDC	CG y MB	OHJ	



Informe de los resultados

**Banda II:**

Temperatura		NA	Humedad		NA	Presión atmosférica		NA
Rango de Frecuencias Analizado		Canal	Emisión Espuria		Límite [dBm]	Cumple [Sí/No]		
			Frecuencia [MHz]	Potencia [dBm]				
9 kHz	150 kHz							
150 kHz	30 MHz							
30 MHz	1 GHz							
1 GHz	1.84 GHz							
1.92 GHz	2.921 GHz							
2.921 GHz	12.75 GHz							
9 kHz	150 kHz							
150 kHz	30 MHz							
30 MHz	1 GHz							
1 GHz	1.84 GHz							
1.92 GHz	2.921 GHz							
2.921 GHz	12.75 GHz							
9 kHz	150 kHz							
150 kHz	30 MHz							
30 MHz	1 GHz							
1 GHz	1.84 GHz							
1.92 GHz	2.921 GHz							
2.921 GHz	12.75 GHz							

**Nota:** El valor corresponde al valor del marker (MKR).

Especificación del Fabricante

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 11/13
PDC	CG y MB	OHJ	



Informe de los resultados

**4. Error de frecuencia**

**Muestra A:**

**Condiciones ambientales del ensayo.**

Temperatura	NA	Humedad	NA	Presión atmosférica	NA
-------------	----	---------	----	---------------------	----

Ítem	Límite Inferior [Hz]	Límite Superior [Hz]	Medido [Hz]	Cumple (Si/No)
Banda 5:@ ULCH 4133				
Banda 5:@ ULCH 4175				
Banda 5:@ ULCH 4232				

Ítem	Límite Inferior [Hz]	Límite Superior [Hz]	Medido [Hz]	Cumple (Si/No)
Banda 2:@ ULCH 9263				
Banda 2:@ ULCH 9400				
Banda 2:@ ULCH 9537				

Esp. Fabricante:

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 12/13
PDC	CG y MB	OHJ	



Informe de los resultados

**5. Sensibilidad**

**Muestra A:**

**Condiciones ambientales del ensayo.**

Temperatura	NA	Humedad	NA	Presión atmosférica	NA
-------------	----	---------	----	---------------------	----

Ítem	Límite Superior [%]	Medido [%]	Cumple (Si/No)
Banda 5:@ ULCH 4133			
Banda 5:@ ULCH 4175			
Banda 5:@ ULCH 4232			

Ítem	Límite Superior [%]	Medido [%]	Cumple (Si/No)
Banda 2:@ ULCH 9263			
Banda 2:@ ULCH 9400			
Banda 2:@ ULCH 9537			

Preparó	Revisó	Aprobó	Página 13/13
PDC	CG y MB	OHJ	