

Universidad Autónoma de Baja California

Instituto de Ingeniería

Doctorado en Ciencias e Ingeniería



Desarrollo de modelo de incertidumbre asociada a la medición de las características eléctricas de amplificadores de potencia operados en alta frecuencia.

Tesis para obtener el grado de:

Doctor en Ingeniería

Presenta

Julio César López Palacios

Director

Dr. Rogelio Arturo Ramos Irigoyen

Co-Director

Dr. Roberto Luis Ibarra Wiley

ÍNDICE

INDICE.....	02
CAPITULO 1	
INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	9
1.3 OBJETIVOS.....	10
1.4 METODO DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.5 HIPOTESIS.....	12
1.6 ALCANCE DEL PROYECTO.....	12
CAPITULO 2: MARCO TEORICO	
2.1 AMPLIFICADORES DE POTENCIA EN SEÑALES DE RADIOFRECUENCIA.....	13
2.2 TEORIA Y CONCEPTOS DE RADIOFRECUENCIA.....	15
2.3 DEFINICIONES Y CONCEPTOS DE LA GUIA PARA LA ESTIMACION DE INCERTIDUMBRE.....	18
2.4 TERMINOS Y CONCEPTOS DE METROLOGIA.....	22
2.5 LA METROLOGIA Y LOS SISTEMAS DE CALIDAD.....	25
2.6 ANALISIS DE VARIACION, INCERTIDUMBRE Y CAPACIDAD DE PROCESO..	27
2.7 EFECTOS DE LA VARIABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE MEDICION EN LA CAPACIDAD DE PROCESOS.....	34
2.8 METROLOGIA, DEFINICIONES Y CAMPOS DE APLICACIÓN.....	35
CAPITULO 3: SELECCION DEL MENSURANDO Y ALCANCE DEL MODELO	
3.1 SELECCIÓN DEL PRODUCTO.....	37
3.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PRUEBAS.....	39

3.3 IDENTIFICACION DE LAS MAGNITUDES ELECTRICAS Y ALCANCE.....	40
3.4 IDENTIFICACION DEL MENSURANDO Y MODELO FISICO.....	42
CAPITULO 4: DESCRIPCION DEL MODELO MATEMATICO E IDENTIFICACION DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE	
4.1 MODELO MATEMATICO.....	45
4.2 FUENTES DE INCERTIDUMBRE.....	50
4.3 FUENTES DE INCERTIDUMBRE TIPO “A” Y “B’.....	54
CAPITULO 5: CUANTIFICACION DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE	
5.1 CALCULO DEL COEFICIENTE DE SENSIBILIDAD.....	59
5.2 DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD POR FUENTE DE INCERTIDUMBRE.....	62
5.3 CALCULO DE INCERTIDUMBRE ESTANDAR.....	67
5.4 CALCULO DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA.....	75
CAPITULO 6: ANALISIS DE RESULTADOS	
6.1 PARETO DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE.....	78
6.2 COMPROBACION DE HIPOTESIS.....	79
6.3 EFECTO DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE EN LA MEDICION DEL MENSURANDO.....	82
CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y ACTIVIDADES DE INVESTIGACION FUTURA.	
7.1 CONCLUSIONES.....	84
7.2 TRABAJO FUTURO.....	85
CAPITULO 8: REFERENCIAS Y ANEXOS.	
8.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	86
8.2 ANEXOS.....	89

CAPITULO 1

INTRODUCCION

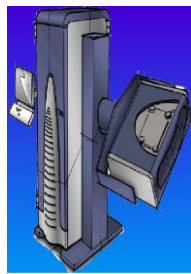
La industria de los semiconductores así como, de otros ramos, busca garantizar la calidad de sus productos, calidad que se determina en función de las características descriptivas que pueden ser cuantitativas y/o cualitativas, establecidas por las especificaciones que el cliente requiere.

Para ello, es necesario contar con sistemas de mediciones con la capacidad necesaria para determinar con exactitud el valor de la magnitud característica medida y asegurar con ello la confiabilidad de los productos entregados a nuestros clientes, además de prevenir el desperdicio asociado a mediciones erróneas y poder dar una retroalimentación adecuada para la mejora de los procesos de producción y prueba, es por ello que entender las fuentes de error o variación de un sistema de medición se convierte en elemento importante para el desempeño de la organización.

La organización dentro de la cual se está desarrollando este proyecto de tesis, emplea a lo largo de sus procesos operativos de ensamble y prueba final, diversos sistemas de medición entre los cuales podemos describir el sistema de medición de prueba eléctrica sujeto a estudio, cuyo objetivo es medir las características eléctricas de los diferentes productos para determinar el cumplimiento o no de los requerimientos del cliente, en esta tesis de grado el producto identificado para este estudio son los “Amplificadores de Potencia de radiofrecuencia”.

Enseguida se presenta una descripción general y específica del sistema de medición y sus elementos:

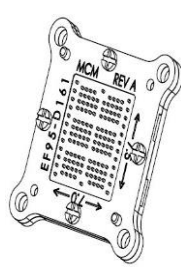
Sistema de medición: Sistema de prueba eléctrica de “Amplificadores de Potencia” compuesto por: programa de prueba “Test program”, probadora “Tester”, manejadora “Handler”, método de correlación o corrección de errores “Correlation”, interfaz de prueba “Fixture” y contactor “Socket”.



**Probadora
“A” o “B”**



**Interfase
”Fixture”**



**Contactor
tipo “pin”**



Manipulad



**Programa
de prueba**



**Medio
ambiente**

Probadora: Sistema integrado por una serie de instrumentos de medición que son empleados para generar las señales de medición necesarias para el funcionamiento de los amplificadores de potencia así como, para medir las señales generadas por el mismo amplificador, estos instrumentos son: Generadores y medidores de tensión eléctrica directa, generadores y medidores de intensidad de corriente directa, analizadores de espectro, generadores de señales de radio frecuencia.

Interfaz “Fixture”: Medio de conexión física entre dos dispositivos que consta de circuitos diseñados para generar la funcionalidad de interconexión entre el sistema de pruebas los amplificadores sujetos a medición, la interfaz está compuesta por diversos

circuitos eléctricos y componentes como; atenuadores, resistores, capacitores, líneas de transmisión y acopladores, entre otros.

Contactador: Su función principal es asegurar la conexión entre el dispositivo bajo prueba “Amplificador” y la interfaz de prueba, se componen de una serie de líneas de conexión “Pin” que contacto directo con cada uno de las salidas/entradas de señal del amplificador.

Programa de prueba: Programa de computo implementado en un sistema computarizado a través de un software desarrollado para establecer los parámetros eléctricos requeridos para la prueba así como, la comunicación con la probadora e instrumentos de la misma para establecer una medición automática del dispositivo bajo prueba.

Medio ambiente: Se refiere al medio donde se encuentra el sistema de pruebas y es controlado en mediciones donde su efecto puede influenciar el resultado de la medición final del producto.

Cada uno de estos elementos descritos dentro del sistema de prueba tiene una influencia en la medida final obtenida para las diferentes características de los amplificadores de potencia por lo que la cuantificación de la misma, representa una oportunidad para determinar si esta es adecuada o no, en con negativo, su influencia puede significar un riesgo de enviar productos defectuosos a nuestros cliente o bien desechar producto bueno como defectuoso.

Dentro del planteamiento del problema se describen algunas consideraciones que fundamentan la hipótesis de influencia de estos factores y que ha motivado el desarrollo del modelo propuesto.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los procesos claves dentro del ensamble de los amplificadores de potencia es el proceso de prueba final en el cual, se miden cada una las magnitudes eléctricas de funcionalidad que los clientes necesitan para el ensamble final de sus productos, es en este proceso donde se determina la conformidad o no del producto y la confiabilidad de las mediciones nos asegura entregar al cliente un producto de calidad de acuerdo a su expectativa.

A través de la observación y los registros históricos de las mediciones de cada uno de los sistemas de prueba empleado para dicho objetivo, se han encontrado resultados que nos llevan a cuestionar la confiabilidad de sus mediciones, algunos de estos resultados de este supuesto son los siguientes:

- El sistema de pruebas anteriormente descrito utiliza para la medición de los amplificadores dos áreas de contacto o prueba lo cual permite probar 2 amplificadores simultáneamente, en la figura 1 abajo anexa, podemos observar que la diferencia porcentual de piezas malas o no conformes en la primera pasada (probadas por primera vez) entre los puntos/sitios de prueba varían entre el 2 y 10 % a lo largo de los diferentes sistemas de pruebas, los cuales por

razones de confidencialidad se están describiendo con la nomenclatura “A” seguidos de una numeración. Este desempeño, trae como consecuencia que los amplificadores que son considerados no conformes o fuera de especificación sean probados por segunda ocasión para confirmar si en realidad es un defecto o es producto bueno, esto implica una pérdida de capacidad ya que se invierte tiempo en reprobado el amplificador lo cual, nos lleva al segundo planteamiento.

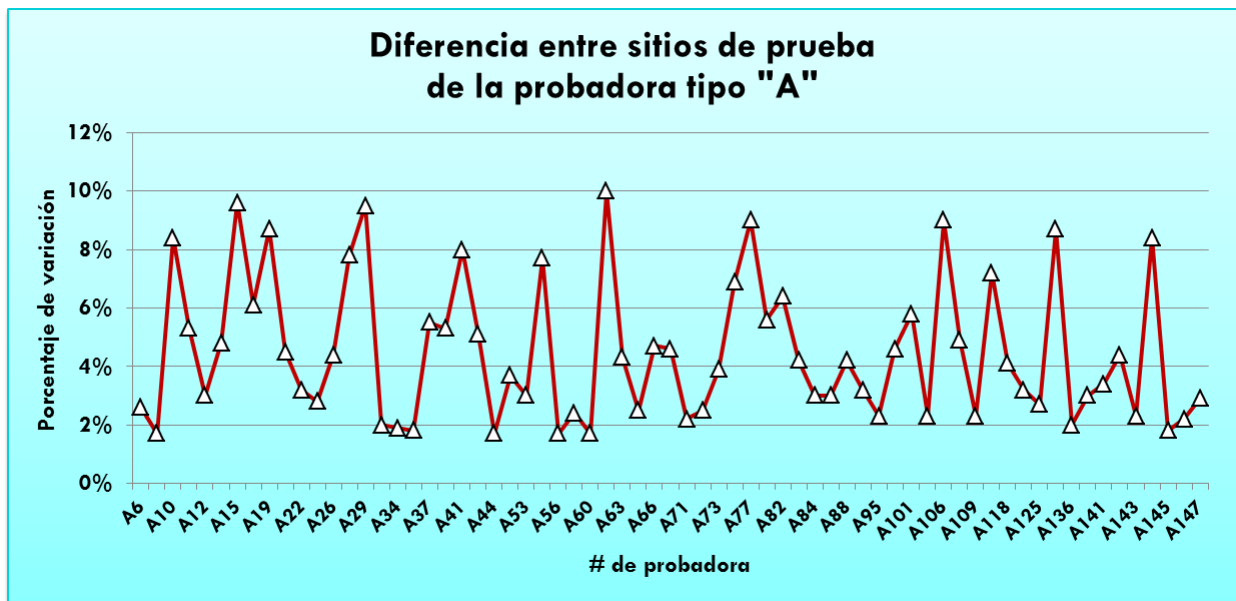


Figura 1. Diferencia del porcentaje de amplificadores defectuosos entre sitios de prueba en cada sistema de prueba eléctrico.

- De acuerdo a un análisis general histórico del 2013 al 2015 hay un 10 % en promedio de pérdida de capacidad en cada sistema de prueba, ver figura 2. Lo cual representa que de cada 100 sistemas de prueba 10 son empleados solo para hacer reprobado de los amplificadores. A medida que la demanda aumenta, la organización necesita invertir en más sistemas de prueba y la cantidad de

equipos se estiman considerando este 10 % de pérdida de capacidad y eficiencia.

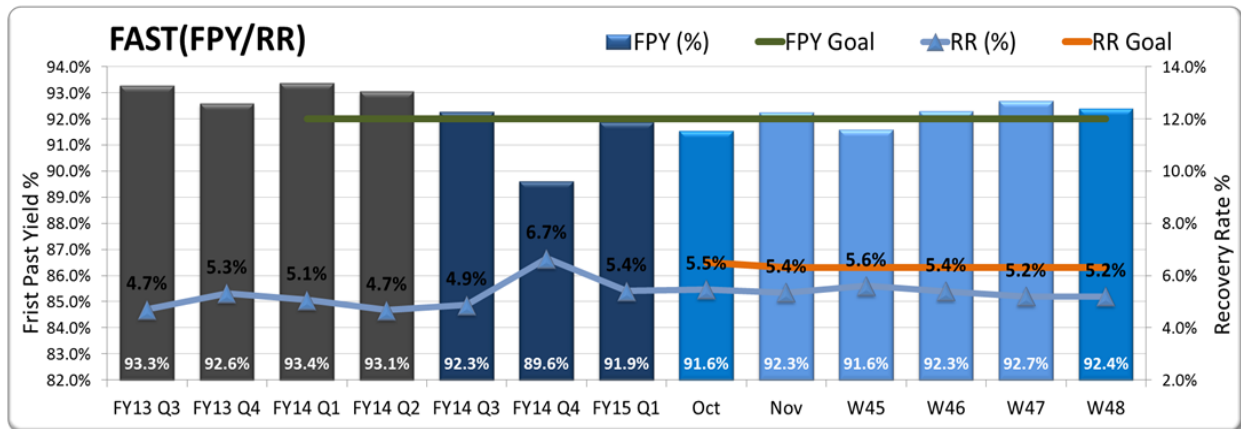


Figura 2. Porcentaje histórico de reprobación de amplificadores.

- Como se ha descrito durante la introducción, el sistema de pruebas está compuesto de diferentes elementos que pueden influir en el resultado de la medida del amplificador de los cuales al momento de analizar las capacidades y desempeño histórico de los sistemas de prueba, se desconoce su variabilidad y efectos sobre el resultado final de la medición, con el propósito de entender la magnitud y efecto de estas, se propone desarrollar el modelo de fuentes de incertidumbre que nos permita en la medida de su influencia establecer un plan de mejora que impacte su desempeño.

1.2 JUSTIFICACION

El determinar y cuantificar las fuentes de incertidumbre que impactan la medición de los amplificadores potencia, permitirá asegurar mediciones confiables y mejorar el

desempeño de la prueba eléctrica, algunos impactos positivos esperados son los siguientes:

- Reducir los porcentajes de reprobación de los amplificadores (Recuperar capacidad).
- Minimizar los porcentajes de variabilidad entre las diferentes probadoras y entre sitios de prueba.
- Asegurar la confiabilidad de las decisiones tomadas mediante el sistema de prueba eléctrico de tal manera, que el riesgo de entregar producto con defectos o mala calidad a nuestros clientes sea reducido así como, el riesgo de desechar producto bueno y generar pérdidas económicas a nuestra organización.

1.3 OBJETIVOS

Estudiar y establecer las fuentes de incertidumbre asociadas a la prueba eléctrica de amplificadores de potencia y crear con ello un conocimiento que sea aplicable para lograr una mayor eficiencia en las operaciones de pruebas.

Objetivos específicos:

- Establecer el modelo matemático que represente el fenómeno físico asociado a la medición eléctrica de un amplificador de potencia.
- Estudiar el grado de sensibilidad de cada fuente de incertidumbre asociado al resultado de la medición.
- Estimar la incertidumbre estándar de cada una de las fuentes asociadas a la medición, apoyado en el uso de herramientas estadísticas.

- Conocer la incertidumbre combinada mediante la suma de cada fuente de incertidumbre y determinar el porcentaje contribución en relación a suma total de incertidumbre.
- Cuantificar de la incertidumbre expandida y medición de su impacto en el resultado final de la medición.
- Establecer un modelo de incertidumbre estándar que pueda ser replicado o estandarizado a la medida de otras pruebas eléctricas o características de calidad.

1.4 METODO DE INVESTIGACION

El estudio de la incertidumbre de este caso de estudio, será llevada a cabo bajo la metodología establecida en la Guía para la incertidumbre de la medición [GUM,1995], la cual sugiere los siguientes pasos:

- Definir el mensurando.
- Establecer el modelo físico.
- Desarrollo del modelo matemático.
- Identificación de las fuentes de incertidumbre.
- Evaluación de las incertidumbres tipo “A” y “B”.
- Cuantificación de las fuentes de incertidumbre.
- Distribución de probabilidad de las fuentes de probabilidad asociada a las fuentes de incertidumbre.
- Determinación de las fuentes de incertidumbre estándar y combinada.
- Cálculo de incertidumbre expandida.

- Uso de herramientas estadísticas como Análisis de varianza, diseños de experimentos para fundamentar la variación presente en las diferentes elementos del sistema de prueba eléctrica.

1.5 HIPOTESIS

La medición de las magnitudes eléctricas realizadas con el sistema de pruebas tipo A es igual al magnitud eléctrica +/- la incertidumbre resultante de las diferentes fuentes o variables como lo son los instrumentos de medición, la correlación del sistema de pruebas, el “Fixture”, entre otros.

1.6 ALCANCE DEL MODELO PROPUESTO

Dado la diversidad de sistemas de pruebas y productos existentes dentro de la organización, así como pruebas eléctricas realizadas a los mismos, el alcance de este proyecto se delimita de la siguiente manera:

- **Tipo de producto:** Amplificadores de potencia.
- **Sistema de prueba bajo estudio:** Sistema de pruebas tipo “A”, este nombre se le asigna como código por razones de confidencialidad de la información.
- **Características de las magnitudes eléctricas sujetas al modelo de incertidumbre:** Potencia eléctrica de radiofrecuencia, Harmónicos, eficiencia eléctrica y fuga de corriente eléctrica.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1 AMPLIFICADORES DE POTENCIA EN SEÑALES DE ALTA FRECUENCIA

Los siguientes conceptos y definiciones están basados en la publicación del sitio “RF Wireles World”, <http://www.rfwireless-world.com/Terminology>.

Amplificador de Potencia en señales de radio frecuencia (RF): Es el dispositivo o modulo que aumenta la señal de Potencia dada a cierta Radio Frecuencia. Principalmente se le conoce como amplificador de potencia de RF debido a su uso para amplificar la señal de radiofrecuencia o aumentar la potencia en la entrada para proporcionar más potencia a la salida.

La unidad de medida de potencia se expresa en dBm o dBW, el dBm es la relación en (dB) de potencia en relación con 1 mW mientras que el dBW es la relación en (dB) de potencia en relación a 1 W.

Etapas del amplificador:

Normalmente, el amplificador de RF consta de las siguientes etapas:

1. Red de coincidencia de entrada “Input matching network”: Se utiliza para hacer coincidir el dispositivo amplificador con la línea de impedancia de 50 Ohm de entrada.

2. Amplificador uno o en etapas “ Amplifier one or in stages”: Según el requisito de ganancia en el circuito, se utiliza uno o más dispositivos amplificadores. Si se utilizan múltiples dispositivos, se colocan en paralelo o en cascada según el requisito potencia P1dB.
3. Red de polarización “Biasing network” Se usa para proporcionar polarización / Voltaje al dispositivo.
4. Red de accesorios “Accessories network”: Son básicamente diferentes métodos e instalaciones para mejorar las características de estabilidad y linealidad del amplificador.
5. Red de coincidencia de salida “Output matching networks”: Se usa para hacer coincidir el dispositivo amplificador con la línea de impedancia de 50 Ohm de salida.

Aplicaciones: El amplificador de RF se puede usar para varias funciones en la cadena de comunicación. Para proporcionar ganancia a la señal antes de la transmisión, se denomina amplificador de potencia y se conectará a la antena transmisora. Cuando se conecta justo después de la recepción de la señal, se denomina amplificador de bajo ruido (LNA). LNA amplifica la señal distorsionada recibida sin mucho ruido de amplificación. Se utiliza como amplificador de ganancia variable en el canal móvil altamente cambiante; por lo tanto, ayuda a recuperar la información transmitida en el receptor.

2.2 TEORIA Y CONCEPTOS DE RADIOFRECUENCIA

Onda de Radio Frecuencia (RF wave): “Una onda de radio frecuencia consta de un campo eléctrico y magnético.

Impedancia de radio frecuencia: La Impedancia de una onda de radio frecuencia es igual a su campo eléctrico dividido entre su campo magnético.

De acuerdo a la ecuación determinada de Maxwell, la Impedancia de una onda de “RF” en un espacio libre es de 377 ohm.

En una línea de transmisión, la Impedancia es determinada por las dimensiones y materiales de la línea de transmisión:

- 37 ohm: Manejo de potencia máxima.
- 75 ohm: Atenuación más baja.
- 50 ohm: Mejor relación entre potencia y atenuación.

Pérdidas por desacoplamiento (Mistmatch): Fenómeno que se presenta en potencia de radiofrecuencia donde una parte de la señal que incide en un componente o dispositivo es reflejada debido a un desacoplamiento de los campos de RF. Las siguiente son formas en la que el desacoplamiento es expresado:

- Porcentaje de potencia reflejada (% reflected power).
- Pérdidas por retorno (Return Loss).
- Relación de onda estacionaria(Standing wave ratio)
- Coeficiente de reflexión (reflection coefficient).

Porcentaje de potencia reflejada (% reflected power): Fracción porcentual entre la potencia reflejada y potencia incidente ($P_r/P_i \cdot 100$), la figura 3, muestra de manera un esquema general sobre la dirección y efectos de potencia incidente, reflejada y transmitida en un dispositivo en dispositivo dado.



Figura 3. Ilustración de la potencia incidente, reflejada y transmitida.

Pérdidas por retorno: Las pérdidas por retorno es la atenuación de la señal causada por variaciones de impedancia en la estructura de un cable o asociada a una pieza de conexión, por definición, esta se obtiene de la razón entre la potencia reflejada y la potencia incidente proveniente de la fuente como se muestra en la figura 4.

$$\frac{\text{Reflected power}}{\text{Incident power}} = \left(\frac{E_r}{E_i} \right)^2 = \rho^2$$

$$\text{Return loss} = \left[10 \log \frac{\text{Reflected power}}{\text{Incident Power}} \right]$$

$$= | 10 \log \rho^2 | = | 20 \log \rho |$$

Figura 4. Fórmulas para obtener las pérdidas por retorno.

Relación de onda estacionaria de Voltaje “VSWR”: Es una medida de precisión de la adaptación de impedancia en un punto de conexión.

La VSWR es una razón entre la potencia máxima y mínima (E_{max}/E_{min}), la potencia máxima es igual $[1 + \text{el coeficiente de reflexión } (r)]$, mientras que la potencia mínima se obtiene restando r al valor de 1.

Coeficiente de reflexión “ ρ ”: Es la relación entre la onda reflejada y la onda incidente en el punto de reflexión en la línea de transmisión. Este valor varia de -1 (carga en corto) a +1 (carga abierta) y se convierte en 0 para carga de impedancia coincidente. El coeficiente de reflexión es igual a $(Z_n - 1)/(Z_n + 1)$ donde; Z_n es igual Z/Z_0 .

- Z_n es la impedancia de carga normalizada.
- Z_0 impedancia característica de la línea en Ohm.
- Z impedancia de la carga en Ohm.

Pérdidas por inserción: Se expresa en decibels (dB) y es la relación entre la potencia de salida atenuada de un dispositivo y la potencia de entrada.

Ganancia “Gain”: Es expresado en (dB) y es la relación entre la potencia de salida de un amplificador y la potencia de entrada.

2.3 DEFINICIONES Y CONCEPTO DE LA GUIA PARA LA ESTIMACION DE INCERTIDUMBRE [GUM,1995],

El Mensurando: El propósito natural de una medición es determinar el valor de una magnitud, llamada el mensurando, que de acuerdo al VIM es el atributo sujeto a medición de un fenómeno, cuerpo o sustancia que puede ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente.

Evaluación de Incertidumbre tipo A: La incertidumbre de una magnitud de entrada X_i obtenida a partir de observaciones repetidas bajo condiciones de repetibilidad, se estima con base a la dispersión de los resultados individuales y se calcula por medio de la desviación estándar.

Evaluación de Incertidumbre tipo B: En la evaluación tipo B de incertidumbre de una magnitud de entrada se usa información externa u obtenida por experiencia, Las fuentes de información pueden ser:

- Certificados de calibración.
- Manuales del instrumento de medición, especificaciones del instrumento.
- Normas o literatura.
- Valores de medición anteriores.
- Conocimiento sobre las características o el comportamiento del sistema de medición.

Distribución de probabilidad: La cuantificación de una fuente de incertidumbre incluye la asignación de un valor y la determinación de la distribución a la cual se refiere este valor. Las distribuciones que aparecen más frecuentes son:

Distribución normal: Los resultados de una medición repetida afectadas por magnitudes de influencia que varían aleatoriamente, generalmente siguen buena aproximación de la distribución normal.

Distribución rectangular: En una distribución rectangular cada valor en un intervalo dado tiene la misma probabilidad, o sea la función de densidad de probabilidad es constante en este intervalo. Ejemplos típicos son la resolución de un instrumento digital o la información técnicas sobre tolerancias de un instrumento.

Determinación de la incertidumbre estándar: Con el fin de combinar contribuciones de la incertidumbre que tiene distribuciones diferentes, es necesario representar los valores de las incertidumbres originales como incertidumbres estándar.

Incertidumbre combinada: El resultado de la combinación de las contribuciones de todas las fuentes es la incertidumbre estándar combinada.

Coeficiente de sensibilidad: El coeficiente de sensibilidad describe que tan sensible es el mensurando con respecto a variaciones de la magnitud de entrada correspondiente

Propagación de la incertidumbre para magnitudes de entrada no correlacionadas:

Para el caso de magnitudes de entrada no correlacionadas, la incertidumbre combinada, se calcula por la suma geométrica de las contribuciones particulares como se muestra en la siguiente ecuación:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N u_i^2(y)$$

Incetidumbre expandida: La forma de expresar la incertidumbre como parte de la medición depende de la conveniencia del usuario. A veces se comunica solamente como la incertidumbre estándar combinada, otras ocasiones como un número de veces tal incertidumbre, algunos casos requiere se exprese en términos de un nivel de confianza dado, etc. En cualquier caso, es indispensable comunicar sin ambigüedades la manera en que la incertidumbre esta expresada.

Factor de cobertura y nivel de confianza: La incertidumbre estándar tiene un valor igual a la desviación estándar de la función de distribución del mensurando. El intervalo centrado en el mejor estimado del mensurando contiene el valor verdadero con una

probabilidad (p) 68% aproximadamente, bajo la suposición de que los posible valores del mensurando siguen una distribución normal.

Generalmente, se desea una probabilidad mayor al 68%, lo que se obtiene expandiendo este intervalo por un factor k, llamado factor de cobertura. El resultado se llama incertidumbre expandida.

Distribución “t Student” : Frecuentemente, los valores del mensurando siguen una distribución normal. Sin embargo, el mejor estimado del mensurando, le media (obtenida por muestreos de n mediciones repetidas) dividida entre su desviación estándar, sigue una distribución llamada “t Student”, la cual refleja las limitaciones de la información disponible debidas al número finito de mediciones. Esta distribución coincide con la distribución normal en el límite cuando n tiende a infinito, pero difiere considerablemente cuando n es pequeña.

La distribución “t student” es caracterizada por un parámetro llamado grados de libertad (v)

Grados de libertad: De cierta manera el número de grados de libertad es asociado a una distribución de una magnitud (Xi o Y) puede considerase una medida de incertidumbre de la incertidumbre. Entre mayor sean los grados de libertad, la estimación de la incertidumbre será más confiable.

En la estimación de la incertidumbre por el método tipo A, los grados de libertad dependen del número de datos y disminuye conforme al número de parámetros estimados a partir de los mismos datos. La repetibilidad de una medición, estimada por la desviación estándar experimental de n lecturas tiene $n-1$ grados de libertad.

Si la incertidumbre es de tipo B, la determinación de los grados de libertad implica el criterio del metrologo soportado por su experiencia, aun cuando sea subjetiva, para determinar la incertidumbre relativa de la propia incertidumbre, y calcular el número de grados de libertad para esta fuente específica.

2.4 TERMINOS Y CONCEPTOS DE METROLOGIA

Los términos descritos a continuación son utilizados alrededor de los sistemas de medición como parte importante de la metrología, aunque estos no representan el todo en la metrología es importante describirlos y conocerlos como parte de este proyecto. Estas definiciones fueron tomadas del vocabulario internacional de metrología, [Vocabulario internacional de Metrología, 2008].

Medición: “Proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud”.

Exactitud: “<enfoque clásico> proximidad de concordancia entre un valor medido de la magnitud y un valor verdadero del mensurando”.

Precisión: “Proximidad de concordancia entre valores medidos, obtenidas por mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones especificadas”.

“La precisión de una medida se utiliza para definir repetibilidad de medida, precisión intermedia de medida y reproducibilidad de medida”.

Error de medida: “Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia”.

Error aleatorio: “El valor de referencia de un error aleatorio es el promedio que se obtendría de un número infinito de mediciones repetidas del mismo mensurando”.

Condición de repetibilidad: “Condición de medición, dentro de un conjunto de condiciones, que incluye el mismo procedimiento de medición, mismos operadores, mismo sistema de medida, mismas condiciones de operación y mismo lugar, así como mediciones repetidas del mismo objeto o de un objeto similar en un periodo corto de tiempo”.

Condición de reproducibilidad: “Condición de medición, de un conjunto de condiciones, que incluye diferentes lugares, operadores, sistemas de medida y mediciones repetidas de los mismos objetos u objetos similares”.

Incertidumbre: “En general la incertidumbre de medida comprende muchos componentes. Algunos de éstos pueden ser evaluados por una evaluación tipo A de la incertidumbre de medida a partir de la distribución estadística de valores que provienen de series de mediciones y pueden caracterizarse por desviaciones estándar experimentales. Las otras componentes, que pueden ser evaluadas por evaluación tipo B de la incertidumbre de medida, pueden caracterizarse también por desviaciones estándar, evaluadas a partir de funciones de densidad de probabilidad con base en la experiencia o en otra información”.

Calibración: “Operación que bajo condiciones especificadas, en una primera etapa establece una relación entre los valores de la magnitud y sus incertidumbres de medida obtenidos de los patrones de medida y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas, y, en una segunda etapa, usa esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medición a partir de una indicación”.

Trazabilidad metrológica

“Propiedad de un resultado de medición por la cual el resultado puede ser relacionado a una referencia establecida mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida”, ver figura 5 para mejor referencia.



Figura 5. Pirámide de trazabilidad de las mediciones.

2.5 LA METROLOGIA Y LOS SISTEMA DE CALIDAD

La metrología esta sin duda ligada a los diferentes sistemas de manufactura, por ello las siguiente referencias buscan establecer como los sistemas de gestión y normas de calidad relacionan el aseguramiento de la calidad de producto con la metrología y sus elementos.

“La gestión de la calidad, el control de los procesos, la calibración de los equipos de medición, la trazabilidad de las mediciones, la acreditación de laboratorios, y la certificación de las empresas, demandan la necesaria integración de la Metrología como núcleo central básico que permite el ordenamiento de estas funciones”, (Vázquez y Muñoz, 2006).

Como se sabe muchos de los datos que se utilizan para evaluar los estudios de capacidad de proceso provienen precisamente de un proceso de medición, por ello es

indispensable conocer la variabilidad que aportan tanto los operadores, como los instrumentos que se utilizan con el fin de evitar un dictamen erróneo al realizar un estudio de capacidad por medio de índices, según Jaramillo (2006).

Para los estándares ISO 9000-2005 e ISO 10012-2003, el proceso de confirmación metrológico se define como:

“Conjunto de operaciones necesarias para asegurar que el equipo de medición cumple con los requisitos para su uso previsto”.

De acuerdo con el estándar ISO 9001-2008, “La organización deberá establecer los procesos (confirmación metrológica) para asegurarse que el monitoreo y medición puede realizarse y se lleva a cabo de tal manera que es consistente con los requisitos de monitoreo y medición del proceso.

El equipo se debe utilizar de tal manera que la incertidumbre de la medición sea conocida y consistente con la capacidad de medición requerida (ISO 9001-2008).

Del estándar TS-16949 (2002), en su elemento 7.6.1, nos indica que deben de realizarse estudios estadísticos para analizar la variación de los sistemas de medición y prueba que son empleados para determinar la conformidad del producto.

2.6 ANALISIS DE VARIACION, INCERTIDUMBRE Y CAPACIDAD DE PROCESOS

La relación entre existente entre las técnicas o herramientas estadísticas-matemáticas que se emplean para la medición y análisis de la variabilidad de los procesos de medición (MSA), la incertidumbre presente en los sistemas de medición y la medición de la capacidad de proceso, se explica mediante las citas y referencias de diversos autores, la cuales mencionan a continuación:

Propósitos del MSA y de la incertidumbre, de acuerdo a la guía de MSA en su tercera edición, los propósitos del análisis de variación (MSA) y de la incertidumbre son los siguientes:

“La incertidumbre de medición se centra en la reducción de todos los factores que la medición del impacto de un conjunto de intervalos de confianza para mostrar que una medida podrían situarse entre los valores.”

“MSA por otra parte tiene que ver con la comprensión del impacto de las variables en el resultado de la medición y tratando de reducir su variación para que las decisiones correctas se pueden hacer en relación con la parte de calificación al control de los procesos de fabricación”, (Análisis de los sistemas de medición “MSA”, 2003).

Aranda (2008), comenta en su artículo “MSA vs Incertidumbre” que la existencia de estas técnicas debe ser adecuadamente complementadas y no confrontadas dentro del aseguramiento de la calidad de las mediciones en la metrología industrial.

Gómez (2000), manifestó en su artículo Capacidad de medición Vs capacidad de proceso, que existe una correlación entre los sistemas de medición de una empresa y su nivel tecnológico, ver figura 6 y describe la relación entre la capacidad de procesos y la incertidumbre en una medición, ver figura 7.



Figura 6. Nivel tecnológico Vs función de medición.

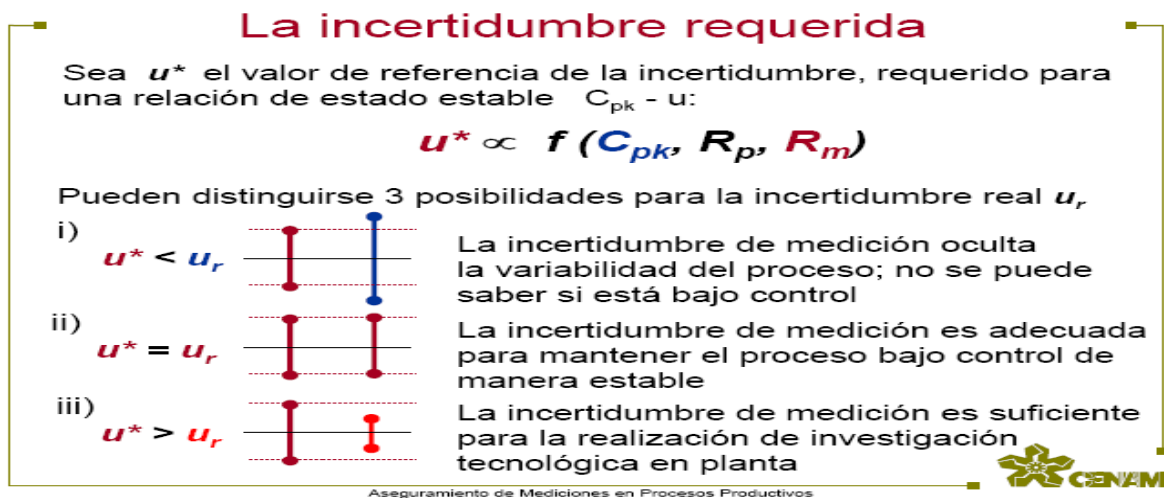


Figura 7. Relación entre la capacidad de proceso y la incertidumbre.

“En el control estadísticos de proceso, la metrología es usada primero para estudiar el proceso de manufactura antes de la producción en serie” (Weckenmann y Knauer ,1999).

De acuerdo con Tabisz (2003), los sistemas de medición en la industria, son usados para medir atributos específicos de la calidad del producto y sus procesos de producción, por lo que los resultados de esas mediciones son la base para las decisiones acerca del control de procesos y tienen el objetivo de prevenir productos defectuoso o no conformes con las especificaciones técnicas requeridas, define además al análisis de variación de los sistemas de medición como; “El análisis científico y estadístico de la variación que se induce en el proceso de medición”.

Khare (2008), describe las mediciones como un proceso para evaluar una o más cantidades desconocidas expresándola en números, donde el proceso de medición se sujeta también a todas las leyes variación y control estadístico de procesos.

“El control estadístico de un proceso (CEP) es una herramienta, que ayuda a visualizar de manera ágil la variación natural de un proceso, detectando las causas especiales de variación, y permitiendo que solo varíe debido a causas comunes, pero a pesar de ello, no basta el hecho de que un proceso se encuentre en CEP, no es indicador de que las características de calidad de nuestros productos estén dentro de especificaciones. Para ello se requiere de evaluar su capacidad o habilidad. Se dice que un proceso es hábil, cuando elabora producto con características de calidad consistentemente dentro de especificaciones” (Kane, 1986).

“Capacidad de proceso, es determinada por la variación que viene de causas comunes. Esta generalmente representa el mejor desempeño que el proceso tiene por sí mismo. Este demuestra cuando el proceso está siendo operado en un estado de control estadístico de acuerdo a las especificaciones” (Statistical Process Control, 2005).

De Acuerdo información publicada en el sitio electrónico conocido como todo metrología, <http://www.todometrologia.ucoz.com>, se indica que para avanzar en los programa de mejoramiento de Calidad es necesario contar, entre otras cosas, con un Sistema de Medición confiable y conocer todas las fuentes de incertidumbre que pueden afectarlo. Expresa que tradicionalmente, los sistemas de medición se venían evaluando considerando sólo características propias de los equipos, instrumentos o dispositivos como son la exactitud, la linealidad y la estabilidad y que solo se conformaban con calibrar el instrumento. Y ahora, se reconoce la necesidad de incluir en estas evaluaciones una fuente adicional de variación que es la causada por el operador, el método y las condiciones en que se realizan las mediciones refiriendo a análisis Repetibilidad y Reproducibilidad (RyR) como una herramienta útil para dicho fin.

Finalmente, la guía de MSA expresa mediante los modelos matemáticos expresados en las ecuaciones uno, dos, tres, cuatro, cinco y seis, la relación y co-dependencia entre la capacidad de proceso, la variabilidad de medición (MSA) e incertidumbre de medición.

Todas y cada una de las ecuaciones siguientes, definen a cada indicador en términos de varianza, la cual representa la variabilidad presente en ellas y que se obtienen por medio de análisis estadísticos, modelos matemáticos o una combinación de ambos.

La ecuación uno, representa la capacidad de procesos en función de una suma de varianzas compuesta por la variabilidad misma del proceso más la variabilidad del sistema de medición representada como MSA.

Con esta ecuación podemos teóricamente deducir que si la variabilidad del MSA es igual a cero, la variabilidad actual sería igual a la variabilidad observada, cosa que en la realidad no es posible ya que ningún sistema de medición es perfecto.

En la ecuación dos, se define a la capacidad de proceso como la relación en el rango de tolerancia y la variación observada del proceso, la cual está representada por la varianza observada, este efecto se ilustra en la figura 8.

$$\sigma_{Obs}^2 = \sigma_{actual}^2 + \sigma_{MSA}^2 \quad \text{Ec.(1)}$$

$$Cp = \frac{\text{Rango de la tolerancia}}{6\sigma} \quad \text{Ec. (2)}$$

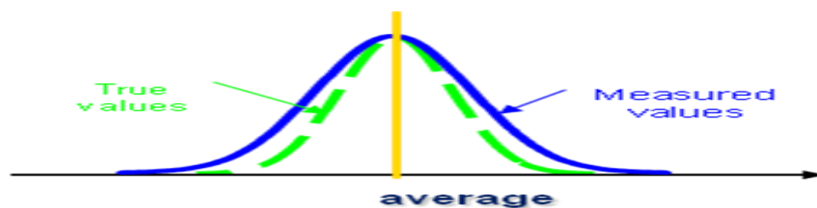


Figura 8. Efecto del MSA sobre la capacidad de proceso

Por otro lado, la variabilidad por repetibilidad y reproducibilidad es una varianza que está compuesta por la suma de cada una de ellas como se indica en la ecuación tres.

$$\sigma_{GRR}^2 = \sigma_{reproducibilidad}^2 + \sigma_{repetibilidad}^2 \quad \text{Ec. (3)}$$

La capacidad de medición es la varianza resultante de la varianza debida al repetibilidad más la varianza debida a la linealidad o sesgo del equipo de medición, ver ecuación cuatro para mejor referencia.

$$\sigma_{capacidad}^2 = \sigma_{sesgo(linealidad)}^2 + \sigma_{GRR}^2 \quad \text{Ec. (4)}$$

El desempeño del sistema de medición está compuesto a su vez de la suma de varianzas de la capacidad de medición más las varianzas de estabilidad y consistencia como se aprecia en la ecuación cinco.

$$\sigma_{desempeño}^2 = \sigma_{capacidad}^2 + \sigma_{estabilidad}^2 + \sigma_{consistencia}^2 \quad \text{Ec. (5)}$$

Y finalmente, la incertidumbre de la medición es la suma de la varianza del desempeño del sistema de medición más otras variaciones debidas a factores de influencia que pueden afectar el resultado final de una medición, ver ecuación seis.

$$u_c^2 = \sigma_{desempeño}^2 + \sigma_{otras}^2 \quad \text{Ec. (6)}$$

A continuación se presentan las definiciones según MSA de cada elemento descrito en las ecuaciones antes mencionadas.

σ_{Obs}^2 , es la varianza observada del proceso.

σ_{actual}^2 , es la varianza actual del proceso.

σ_{MSA}^2 , es la varianza del sistema de medición.

$\sigma_{reproducibilidad}^2$, es la variación de las medidas de un instrumento de medición, utilizado varias veces por un evaluador mientras mide la misma característica de la misma parte.

$\sigma_{repetibilidad}^2$, es la variación en el promedio de las mediciones realizadas por diferentes evaluadores utilizando el mismo instrumento cuando mide una característica en una parte.

$\sigma_{sesgo(linealidad)}^2$, sesgo es la diferencia entre el promedio observado de las mediciones y el valor de referencia.

Linealidad, es el Cambio del sesgo a lo largo del intervalo de operación normal. La correlación de errores de sesgo múltiple e independiente en el intervalo de operación.

$\sigma_{estabilidad}^2$ Cambio en el sesgo con respecto al tiempo. Cuando un proceso de medición estable está en control estadístico con respecto a la ubicación.

$\sigma_{consistencia}^2$, Alias de deriva. Es el grado de cambio de la repetibilidad en el tiempo. Un proceso de medición consistente está en control estadístico con respecto al ancho o dispersión por variabilidad.

σ^2_{otras} Fuentes significativas de error. Una declaración de incertidumbre debe incluir un espectro adecuado que identifique todos los errores significativos para permitir que las mediciones sean repetidas.

2.7 EFECTOS DE LA VARIABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE MEDICION SOBRE LA CAPACIDAD DE PROCESOS

De la guía de análisis de variación de la medición (MSA), se presenta la *figura 9*, donde se muestra el efecto que causa la variabilidad del sistema de medición sobre la capacidad de proceso, donde evidentemente, la capacidad de proceso actual y observada son iguales cuando el porcentaje de variación debido a la repetibilidad y reproducibilidad es igual a cero.

A medida que el porcentaje es mayor, la capacidad observada se disminuye con respecto a la capacidad actual mostrando con ella los efectos y correlación demostrados en las ecuaciones indicadas anteriormente.

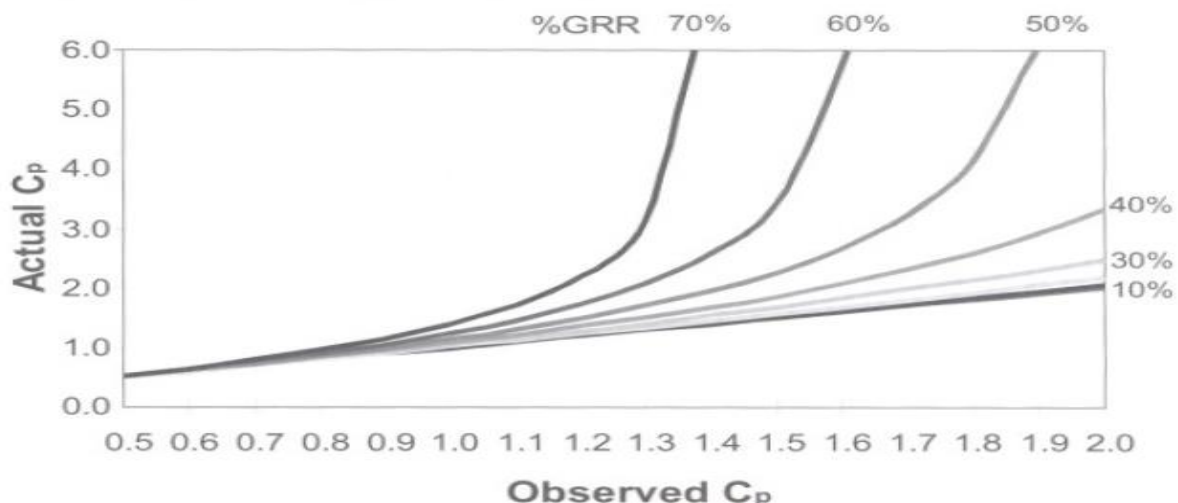


Figura 9. Impacto de la variabilidad sobre la capacidad de proceso.

2.8 METROLOGIA, DEFINICIONES Y CAMPOS DE APLICACIÓN

“La metrología es el campo de la medición e incluye todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, independientemente de la incertidumbre de la medida y del campo de aplicación” (**Vocabulario internacional de metrología, 2006**).

Velasco (2006), en el artículo “La metrología en la vida”, considera al sistema metrológico de un país como un sistema vital para la calidad de la vida que provee una base cuantitativa para tomar decisiones en todos los aspectos de la vida cotidiana como los son; negocios públicos, comercio, industria, ciencia e ingeniería, determinación de las constantes físicas y químicas para el desarrollo tecnológico y producción en masa.

De acuerdo con **Marban y Pellecer, (2002)**, se ha comprobado a través de la historia que el progreso de los pueblos ha estado relacionado con su progreso en las mediciones, definiendo a la metrología como la “ciencia de las mediciones”.

Según el artículo de metrología básica publicado en el portal de la Entidad Mexicana de Acreditación, <http://www.metrologia-ema.com/pdf/metrologia-basica.pdf>, el campo de acción de la metrología se divide en tres categorías, las cuales son:

1. La Metrología Científica, que se ocupa de la organización y el desarrollo de los patrones de medida y de su mantenimiento (el nivel más alto).

2. La Metrología Industrial, que asegura el adecuado funcionamiento de los instrumentos de medición empleados en la industria y en los procesos de producción y verificación.
3. La Metrología Legal, que se ocupa de aquellas mediciones que influyen sobre la transparencia de las transacciones comerciales, la salud y la seguridad de los ciudadanos.

“La metrología se encarga de asegurar que todos los medios y procedimientos utilizados para la realización de una medida gocen de las características y del estado de uso necesarios para que la medida sea explotable en cualquier dominio de la ciencia o de la tecnología” (Comesaña, 2004).

“La metrología es parte fundamental de lo que los países industrializados se conoce como Infraestructura Nacional de Calidad”, (Sanetre y Marban, 2001).

“La metrología es una herramienta que protege a la industria de medidas incorrectas y promueve la calidad, el desarrollo de los productos y la industria, así como la competitividad de los mercados” (Centro Español de metrología, 2007).

“La metrología se encuentra íntimamente asociada a la calidad procesos y productos, por lo que la calidad de un proceso o producto puede ser el resultado de la metrología” (Restrepo, 2007).

Las diferentes definiciones y expresiones de la metrología arriba descritas, establecen sin duda como su elemento central a la medición o ciencia de las mediciones y la

ubican dentro diferentes campos de acción como lo son; el científico, industrial y del tipo legal. En este contexto, se abordara a la metrología desde el campo industrial, sector al cual se enfoca el presente proyecto.

Como lo señala **Piñeiro (2000)**, la metrología está presente e interviene dentro de los procesos industriales y juega un papel importante en cualquier sistema de calidad aplicado a la fabricación, resaltando la importancia de conceptos tales como la trazabilidad, incertidumbre, calibración y organización metrológica.

CAPITULO 3: SELECCION DEL MENSURANDO Y ALCANCE DEL MODELO

3.1 SELECCIÓN DEL PRODUCTO

Uno de los términos de desempeño del proceso de pruebas es el índice o porcentaje del producto probado que es satisfactorio en la primera oportunidad, esto es conocido como rendimiento o desempeño de primera pasada, el hecho de que un producto falle a la primera a la primera pasada requiere que sea probada en una segunda pasada para obtener el porcentaje final de producto bueno o conformante según las especificaciones del cliente, el Pareto mostrado en la figura 10, indica que de los amplificadores de potencia el producto codificado como # 1 es el que presenta mayor cantidad de recuperación en la segunda pasada por lo cual, este

producto será empleado para trabajar el modelo de incertidumbre propuesto para este proyecto.

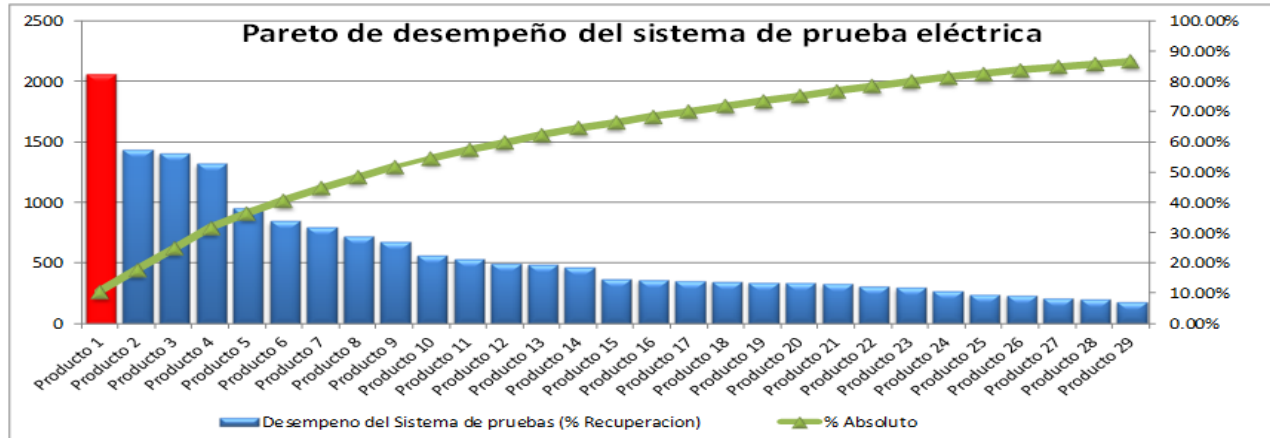


Figura 10. Pareto representativo de los productos que tienen mayor porcentaje de recuperación en la segunda pasada de prueba.

Descripción del producto:

El dispositivo bajo prueba identificado como “Producto 1” pertenece a la tecnología conocida como “Front End Module” desarrollado para aplicaciones de “Long Term Evolution (LTE)”, y diseñado para operar con distintos protocolos de modulación digital como lo son; WCDMA/HSPDA/HSUPA/ CDMA2000 así como, múltiples bandas (B5,B8, B20, B26), y frecuencias de operación (desde 761 hasta 960 MHz), la figura 11 abajo anexa se muestra el esquemático del producto

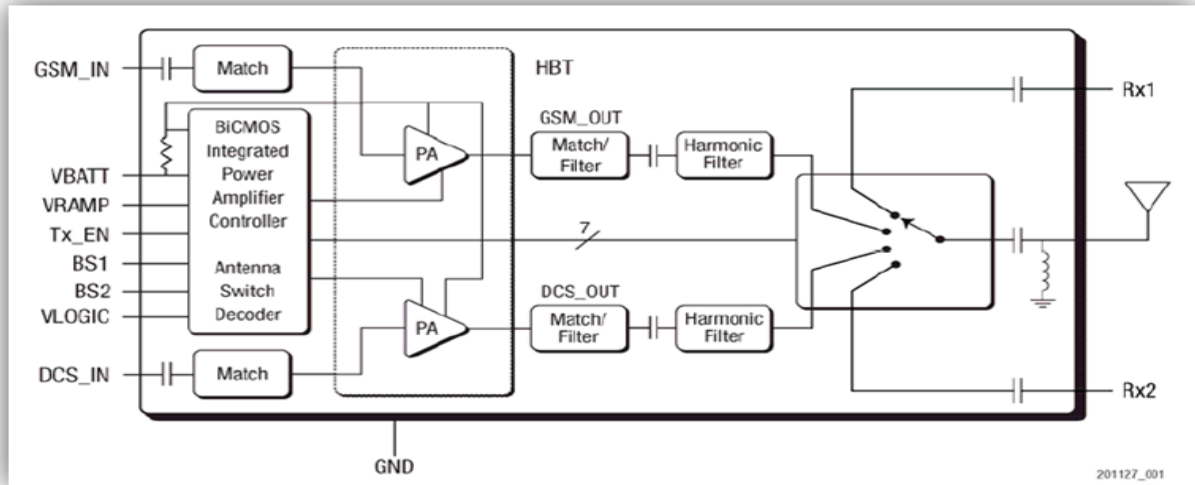


Figura 11. Descripción esquemática del producto 1.

3.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PRUEBAS

Basado en el producto # 1, se analizaron los datos históricos del desempeño **de los dos tipos de sistemas de pruebas “A” y “B”** empleados para su prueba eléctrica, en este se observa que el porcentaje de recuperación de piezas buenas en la segunda pasada o prueba es mayor en la probadora tipo “A”, siendo esta la de mayor oportunidad dado que se entiende que el producto debió considerarse como bueno desde la primera prueba, ver figura 12 para mayor referencia.

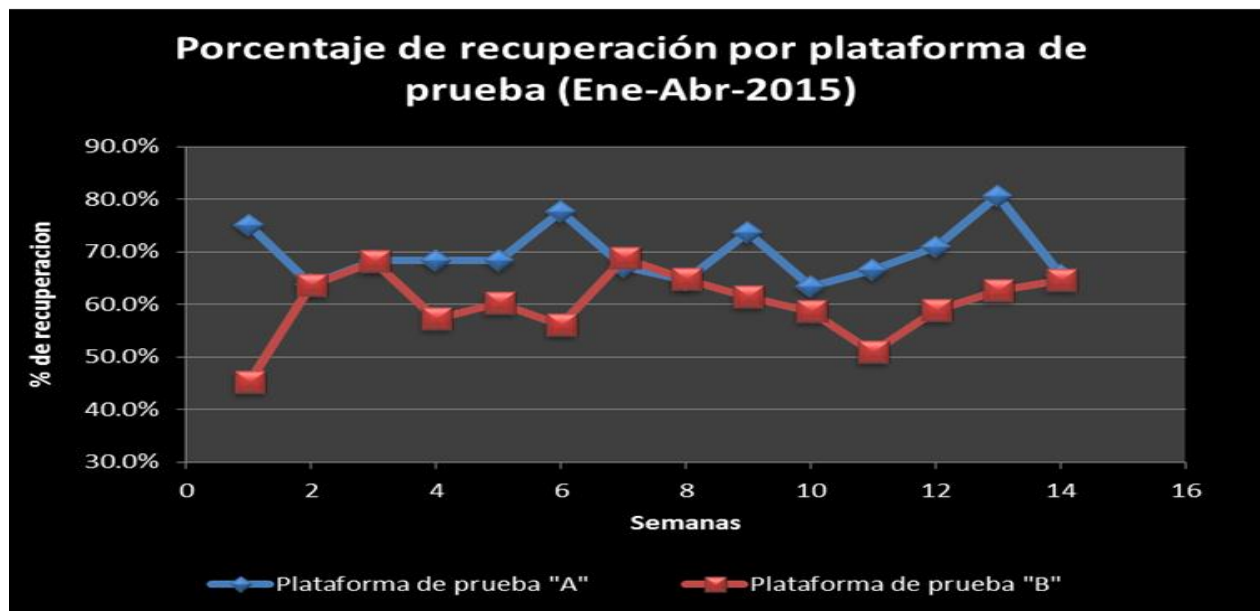


Figura 12. Grafica de porcentaje de recuperación por reprueba del material por plataforma

3.3 IDENTIFICACION DE LAS MAGNITUDES ELECTRICAS Y ALCANCE

La funcionalidad del producto “Amplificadores de potencia en radio frecuencia” es probada y evaluada en cada una de sus características de operación (magnitudes eléctricas en su mayoría), con el propósito de identificar las magnitudes que presentan mayor oportunidad en el desarrollo del modelo de incertidumbre y comprobación de las hipótesis presentadas en este proyecto de tesis, se estudió y analizo información de los resultados en segundas pruebas (pasadas al producto) y se encontró que magnitudes que más se recuperan en la segunda pasada y que presentan mayor variabilidad en sus mediciones son; la potencia eléctrica de salida “PO”, perdidas de potencia eléctrica por retorno (RRL) y la eficiencia agregada de potencia “PAE” , ver figura 13 para mayor referencia..

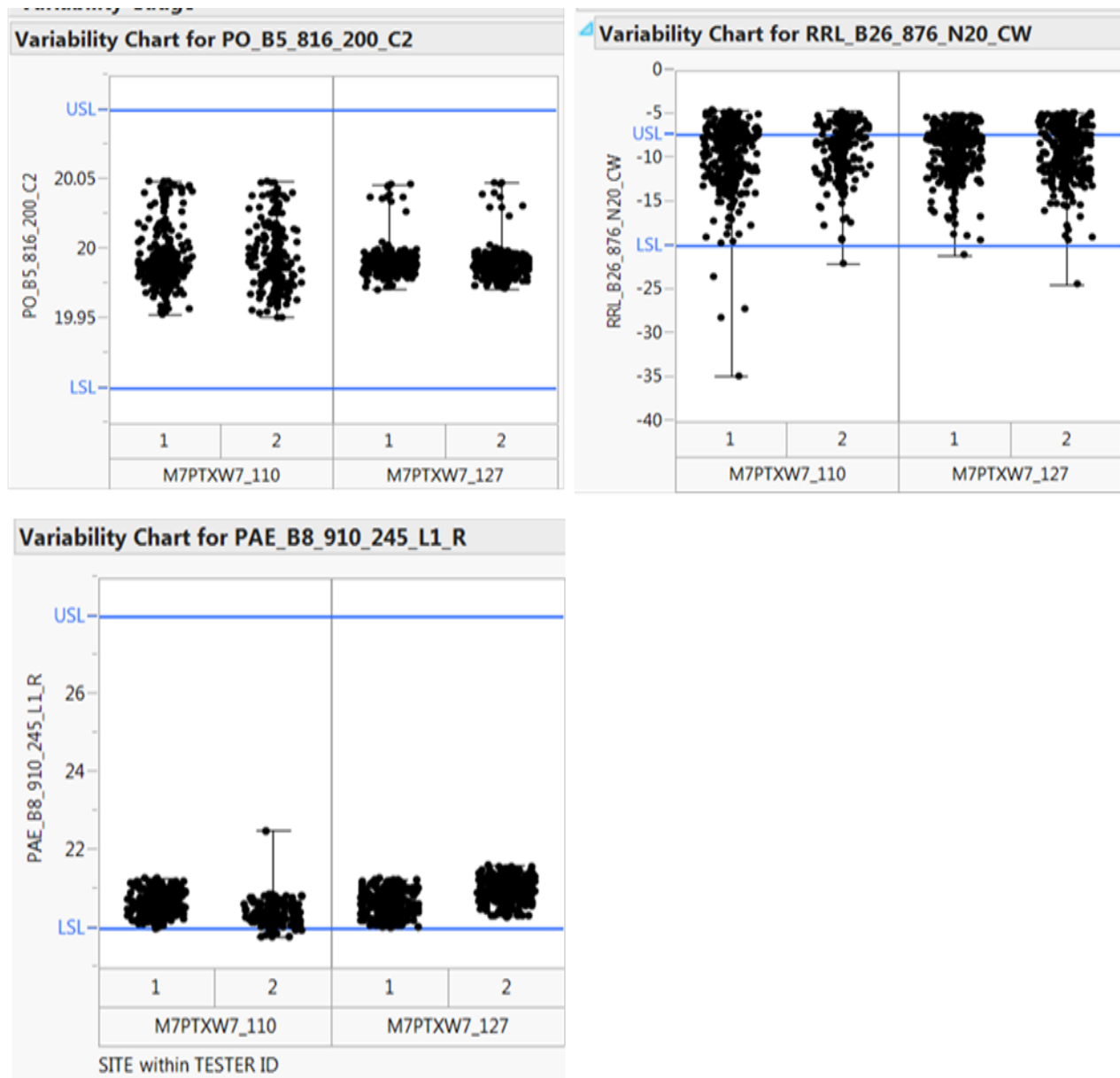


Figura 13. Descripción de la variabilidad de las magnitudes; Potencia eléctrica de salida “PO”, Pérdidas de Potencia eléctrica por retorno “RRL” y eficiencia agregada de potencia “PAE”.

Para propósito de estudio y comprobación de las hipótesis planteadas en este trabajo, el modelo de incertidumbre asociado a la magnitud de potencia eléctrica de salida será

desarrollado totalmente desde su definición como mensurando hasta la declaración de la incertidumbre expandida asociada a esta medida, mientras que los modelos para las magnitudes medidas de pérdidas de potencia eléctrica por retorno y eficiencia agregada de potencia quedan planteadas hasta la definición de sus coeficientes de sensibilidad y quedaran como una opción de trabajo futuro.

El alcance queda entonces delimitado de la manera antes descrita y esto obedece en gran medida a la complejidad y limitación de tiempo y usos de los medios necesarios para la experimentación como el mismo sistema de pruebas, la interfaz, y muestras, entre otros.

3.4 DESCRIPCION DEL MENSURANDO Y MODELO FISICO

El mensurando es la descripción específica de la(s) característica(s) que es sujeta a medición, para cada magnitud eléctrica identificada en el punto 3.3 de este capítulo, se presenta la definición de sus mensurando y modelos físicos correspondientes:

Descripción del mensurando: **Potencia eléctrica de salida entregada por el dispositivo bajo prueba “Amplificador” en su banda de señal “B5” a una frecuencia de operación de 816 MHz.**

- Nomenclatura del programa de prueba: **PO_B5_816_200_C2.**

- El modelo físico se representa a través del esquemático del sistema de pruebas y cada uno de sus elementos, cuya configuración de describe en la figura 14.

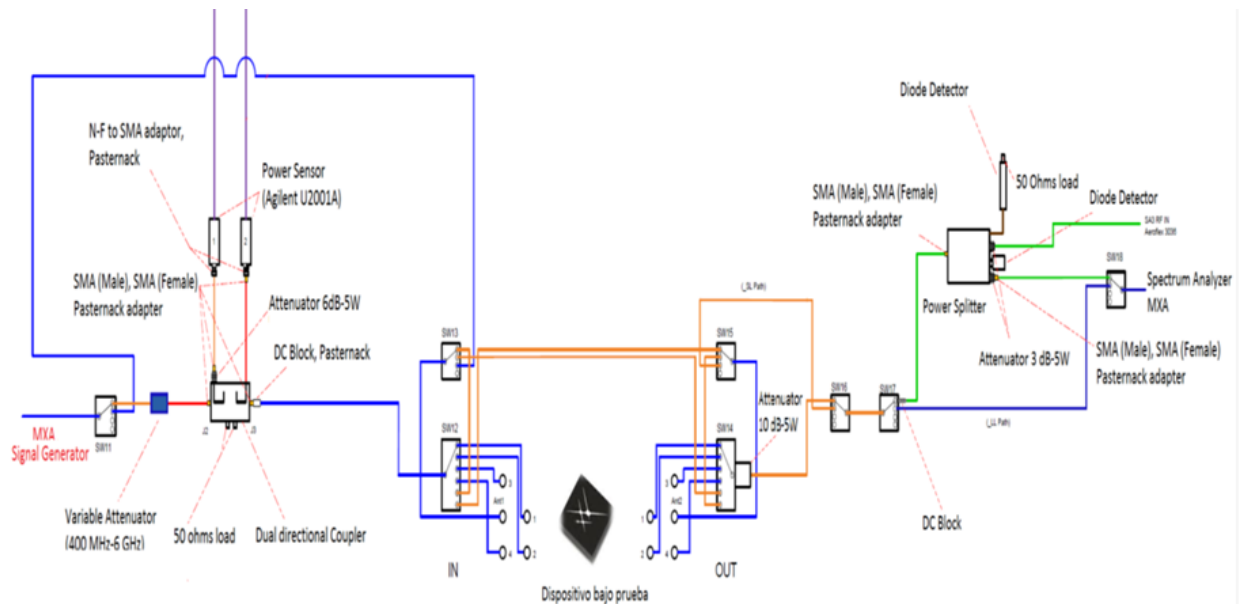


Figura 14. Esquema del sistema de medición de potencia eléctrica de salida y eficiencia agregada de potencia.

Descripción del mensurando: **Perdidas de potencia eléctrica por retorno generadas en la señal de recepción del producto en la banda “B26” a la frecuencia de 876 MHz.**

- Nomenclatura del programa de prueba :

RRL_B26_876_N20_CWRRL_B26_876_N20_CW

- El modelo físico se representa a través del esquemático del sistema de pruebas y cada uno de sus elementos, cuya configuración se describe en la figura 15.

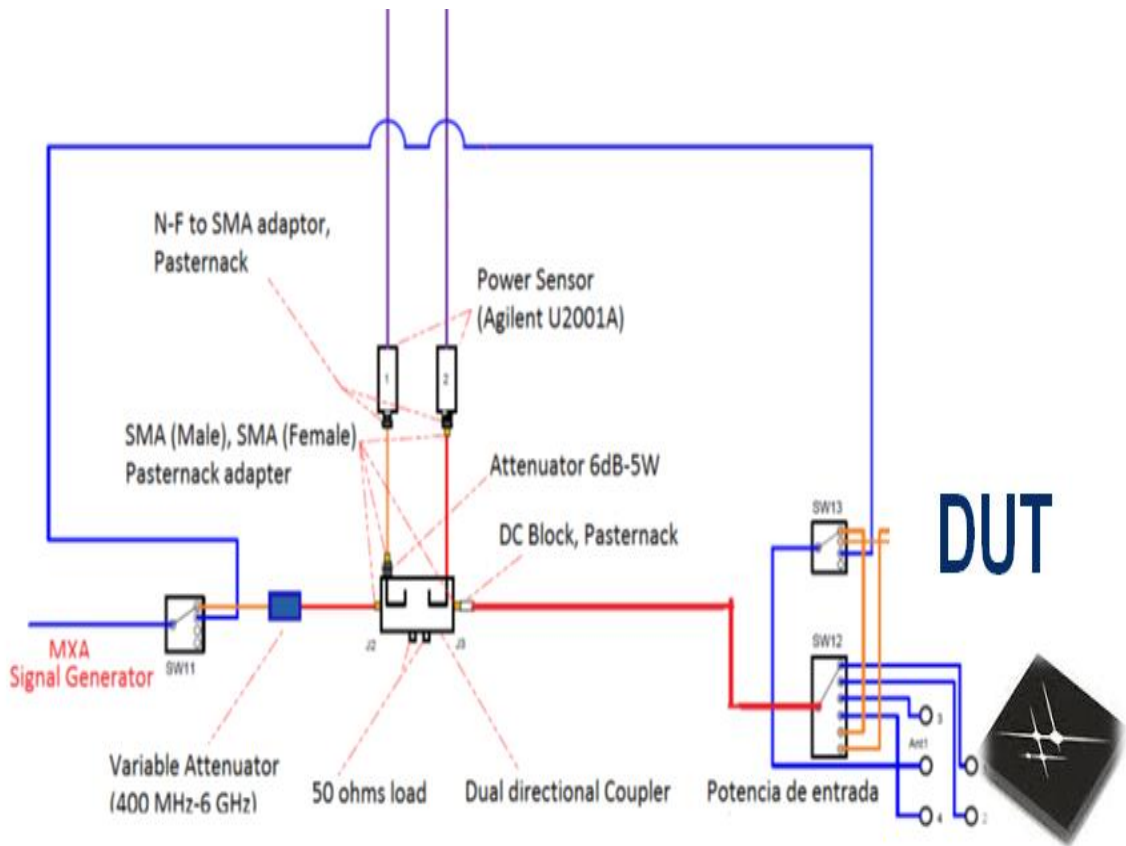


Figura 15. Esquema de medición utilizado para la medición de pérdidas de potencia eléctrica por retorno.

Descripción de mensurando: Eficiencia agregada de potencia (Power Added Efficiency) para la señal en la banda “8” y frecuencia de 910 MHz.

- Nomenclatura del programa de prueba: PAE_B8_910_245_L1_R
- Modelo físico, este se describe en la figura 13 anteriormente descrita.

CAPITULO 4: DESCRIPCION DEL MODELO MATEMATICO E IDENTIFICACION DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE

4.1 MODELO MATEMATICO

La descripción de los modelos matemáticos representativos para cada mensurando definido se establece con base al esquemático y método de medición empleado para obtener la medida de cada mensurando y se describe por las ecuaciones siguientes:

- **Modelo matemático para el mensurando de “Potencia eléctrica de salida ahora identificado con el símbolo (P_s)”:**

El mejor estimado del mensurando de potencia de salida se obtiene aplicando la ecuación 7 (Ec.7) descrita a continuación:

En la cual, la Potencia eléctrica de salida “ P_s ” es igual a la potencia indicada o medida por instrumento de medición de potencia (Analizador de señales, modelo PXA) “ $P_{m_{PXA}}$ ”, menos su error de medición “ e_{PXA} ” declarado y obtenido mediante la calibración este instrumento, más la perdidas de potencia presentes en el sistema de pruebas “ $P_{e_{Sist}}$ ”, más las pérdidas del Fixture “ $P_{e_{Fixt}}$ ”, más las perdidas obtenidas en el proceso de correlación del sistema de pruebas “ C_{Corr} ”.

$$\text{Ec. 7 } P_s = P_{m_{PXA}} - e_{PXA} + P_{e_{Sist}} + P_{e_{Fixt}} + C_{Corr}$$

Para obtener la ecuación final (Ec. 11) de la medición de potencia eléctrica de salida con el detalle de cada una elementos específicos, es necesario definir la forma de cálculo de cada una de sus variables como lo son, las pérdidas del sistema de pruebas

(Ec.8), pérdidas del Fixture (Ec.9) y las pérdidas asociadas a la correlación del sistema de pruebas (Ec.10).

$$\text{Ec. 8} \quad Pe_{Sist} = (Pm_{pm} - e_{pm}) - P_{gen}$$

Las pérdidas del sistema se obtienen mediante el proceso de calibración en el cual, se genera una potencia de referencia igual a 0 dBm y se hace un barrido en los diferentes niveles de frecuencia dentro del rango de operación del sistema de pruebas, el error del sistema de pruebas, es calculado como se indica en la Ec. 8 por la potencia indicada del medidor de potencia en este caso un medidor de potencia modelo U2000 “ Pm_{pm} ”, menos el error de medición de este instrumento “ e_{pm} ” determinado mediante la calibración del mismo, menos la potencia de referencia que ha sido generada (P_{gen}).

$$\text{Ec. 9} \quad Pe_{Fixt} = (Pm_{pm} - e_{pm}) - Pr_P$$

En el caso de las pérdidas del Fixture hay dos métodos posibles que puede emplearse para obtener las pérdidas de potencia presentes en el fixture y que tiene un efecto sobre la medición de la potencia de salida del mensurando, el primero es por medición con el uso de instrumento analizador de redes y caracterizando las pérdidas dentro de sus rangos de operación, el segundo es con el uso de una pieza de referencia o valor conocido, la cual se mide y compara contra el valor indicado para ello, se usaran 2 Fixtures y se mantendrá fija la pieza de referencia y sistema de pruebas para asegurar que el error obtenido sea el generado por el cambio de Fixture, este error será entendido como la pérdida del Fixture y se obtendrá como se indica en la Ec. 9, la potencia indicada “ Pm_{pm} ”, menos el error del instrumento de potencia “ e_{pm} ”, menos el valor de la pieza de referencia “ P_{rp} ”.

$$\text{Ec. 10 } C_{CORR} = Pr_P - (Pm_{PXA} - e_{PXA}).$$

Finalmente, las pérdidas de correlación, son perdidas que se miden con el uso piezas de referencia, en la cual se hace una serie de mediciones, se obtiene su valor promedio y se compara con el valor de la referencia, para este caso se emplea nuevamente un analizador de potencia modelo “PXA” y su cálculo es la potencia indicada del analizador de potencia “**Pm_{PXA}**”, menos el error de medición del instrumento “**e_{PXA}**”, menos el valor de la pieza de referencia “**P_{rp}**”.

Para efectos probar el modelo y de la comprobación de la hipótesis, las incertidumbres estimadas más adelante, serán considerados con los mismo valore en sus errores de medición, resolución, estabilidad, para el caso de la aplicación práctica los datos de cada instrumento deben ser distinguidos de manera particular y especifica.

Como ecuación final para obtener la potencia de salida, tenemos el siguiente modelo matemático:

$$\text{Ec. 11 } P_S = Pm_{PXA} - e_{PXA} + (Pm_{pm} - e_{pm} - P_{gen}) + (Pm_{pm} - e_{pm} - Pr_p) + (Pr_p - Pm_{PXA} - e_{PXA})$$

▪ **Modelo matemático del mensurando “Pérdidas de potencia eléctrica por retorno (RRL)”:**

Las pérdidas por retorno del mensurando se obtienen como se describe en la ecuación 12, a partir de la medición o lecturas indicadas para en el medidor de potencia “**RI_{pm}**”, menos el error del instrumento de medición de potencia “**e_{pm}**”, más las pérdidas del Fixture “**Pe_{Fixt}**”, más las pérdidas obtenidas en el proceso de correlación “**C_{Corr}**”, menos la potencia de entrada suministrada al dispositivo bajo prueba “**P_{in}**”.

$$\text{Ec. 12} \quad RRL = RL_{Pm} - e_{Pm} + Pe_{fixt} + C_{corre} - P_{in}$$

Las ecuaciones 9 y 10 se utilizan para calcular de manera respectiva las pérdidas del Fixture y asociadas a la correlación.

Mientras que la potencia eléctrica de entrada “**Pin**” se obtiene como lo indica la Ec. 13, a través de la potencia generada y suministrada al dispositivo bajo prueba “**Pgen**”, más las pérdidas del sistema de pruebas cuya ecuación de cálculo esta descrita en la Ec. 14.

$$\text{Ec. 13} \quad Pin = Pgen + Pe_{SIST}$$

Tomando como base la Ec. 12 y sustituyendo las pérdidas del fixture y del sistema de pruebas con las ecuaciones 9 y 10 además de la ecuación 13 de la potencia de entrada, tenemos como resultado la ecuación 14 para la medición de las pérdidas de potencia eléctrica por retorno.

Ec. 14

$$RRL = (RL_{pm} - e_{pm}) + (Pm_{pm} - e_{pm} - Pr_p) + (Pr_p - Pm_{PXA} - e_{PXA}) + (P_{gen} + (Pm_{pm} - e_{pm} - P_{gen}))$$

Nota: Hay dos variables de potencia generada, la primera corresponde a la potencia de entrada del mensurando y la segunda a la potencia generada en el proceso de medición de las pérdidas del sistema de pruebas.

- **Modelo matemático del mensurando "Eficiencia agregada de potencia (PAE)":**

La eficiencia agregada de potencia "PAE" se obtiene de la diferencia entre la potencia eléctrica de salida (P_s) y la potencia de entrada (P_i) dividida entre el producto de las magnitudes de corriente " I " y tensión " E " eléctrica aplicadas al dispositivo bajo prueba o mensurando como se describe en la ecuación 15.

Ec. 15
$$PAE = \frac{P_i - P_s}{E * I}$$

Las ecuaciones 16 y 17, describen las fórmulas para obtener el mejor estimador de los mensurandos de las magnitudes de tensión y corriente eléctrica, para finalmente llegar a obtener la ecuación 18 para el cálculo del PAE.

Ec. 16
$$E = (V_g - e_{gE})$$

Donde " V_g " es la Tensión eléctrica generada y " e_{gE} " es el error de generación del generador de tensión eléctrica obtenido durante su calibración.

Ec. 17
$$I = (I_m - e_{mI})$$

Donde " I_m " es la corriente eléctrica medida o indicada en el medidor de corriente eléctrica " e_{mi} " es el error de medición obtenido durante su calibración de este medidor.

Ec. 18
$$PAE = \frac{P_i - P_s}{(V_g - e_{gE}) * (I_m - e_{mI})}$$

4.2 FUENTES DE INCERTIDUMBRE

Con base a los modelos físicos y matemáticos descritos en los puntos en las ecuaciones 5, 8 y 12 del punto 4.1 para cada mensurado (potencia de salida, pérdidas por retorno, eficiencia entregada de potencia) han sido identificadas las fuentes de incertidumbre asociadas y correspondientes a cada mensurando, estas fuentes de incertidumbre son ilustradas en las figuras 16, 17 y 18.

Fuentes de incertidumbre comunes presentes en los distintos sistemas de medición y pruebas son la incertidumbre asociada a variación por repetibilidad comúnmente asociada a la capacidad del instrumento de medición, la variación por resolución del instrumento, el error de incertidumbre de la calibración, la estabilidad del instrumento. Con el propósito de hacer más sencilla la descripción de estas fuentes será empleado el mismo nombre en cada instrumento y mensurando donde se han sido identificadas este tipo de fuentes de incertidumbre y los nombres serán: Repetibilidad, resolución, calibración y estabilidad.

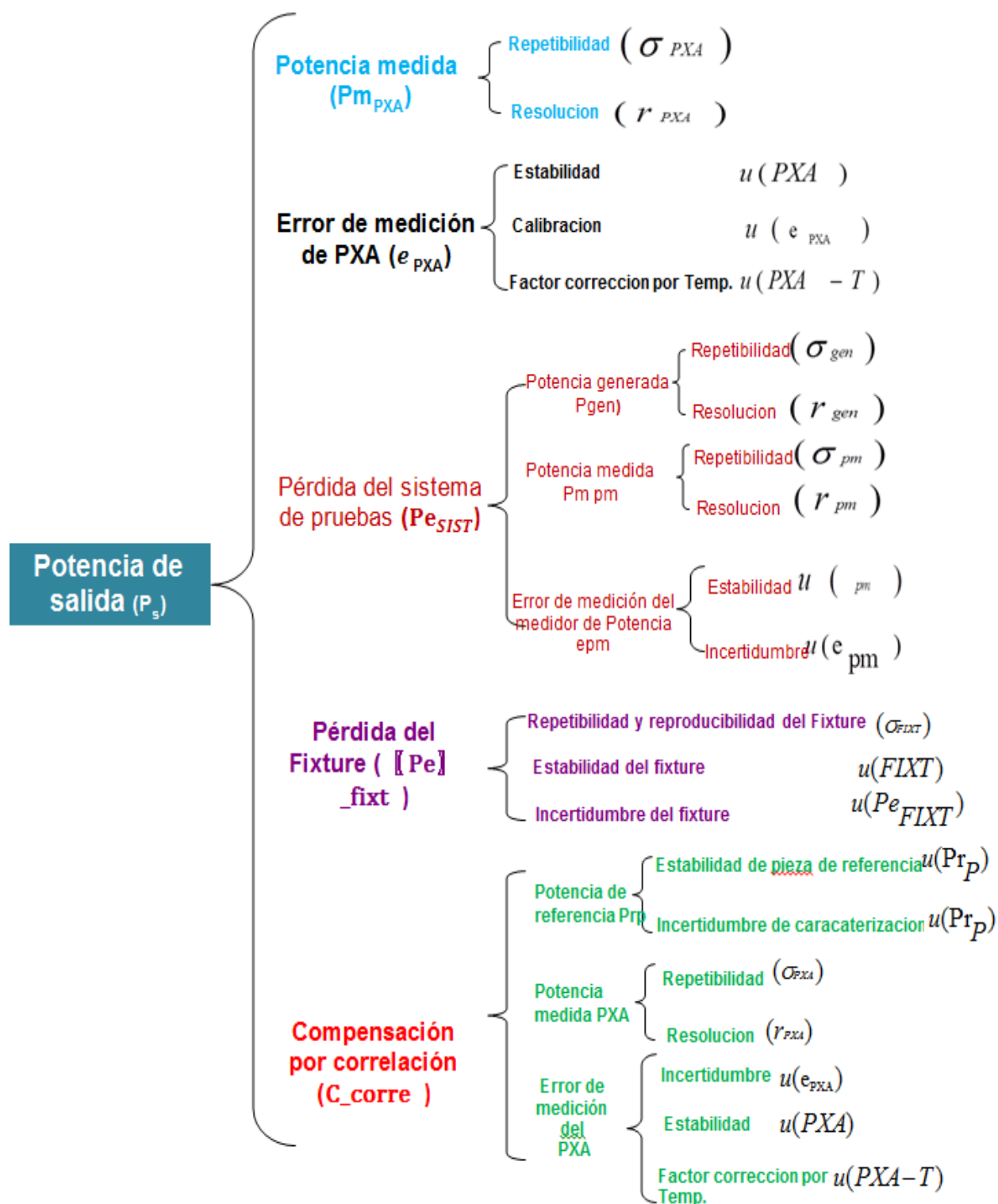


Figura 16. Fuentes de incertidumbre asociada a la medición de potencia eléctrica de salida (P_s) del sistema de medición de pruebas:

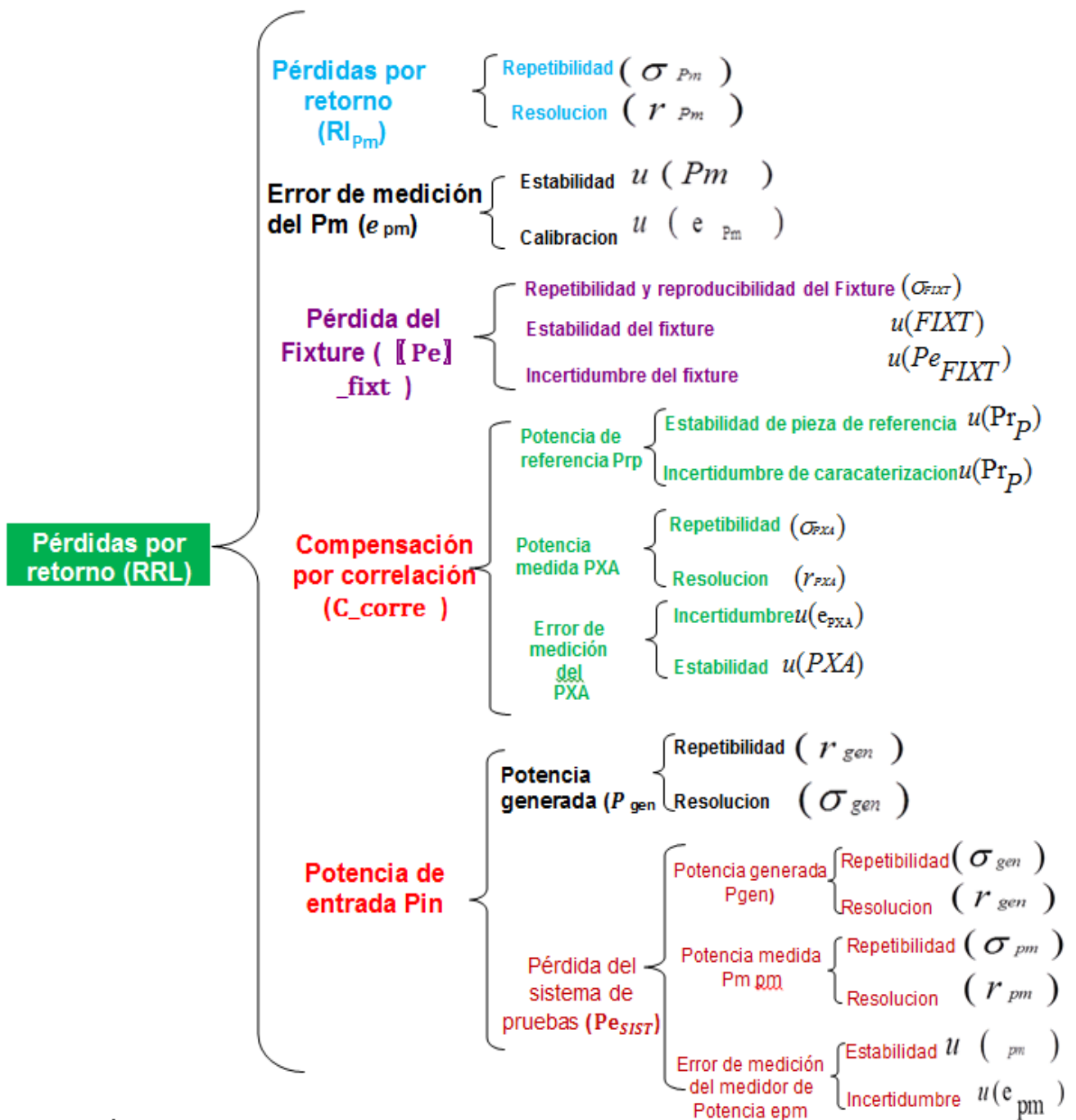


Figura 17. Fuentes de incertidumbre asociada a la medición de pérdidas de potencia eléctrica por inserción (RRL) del sistema de medición de pruebas:

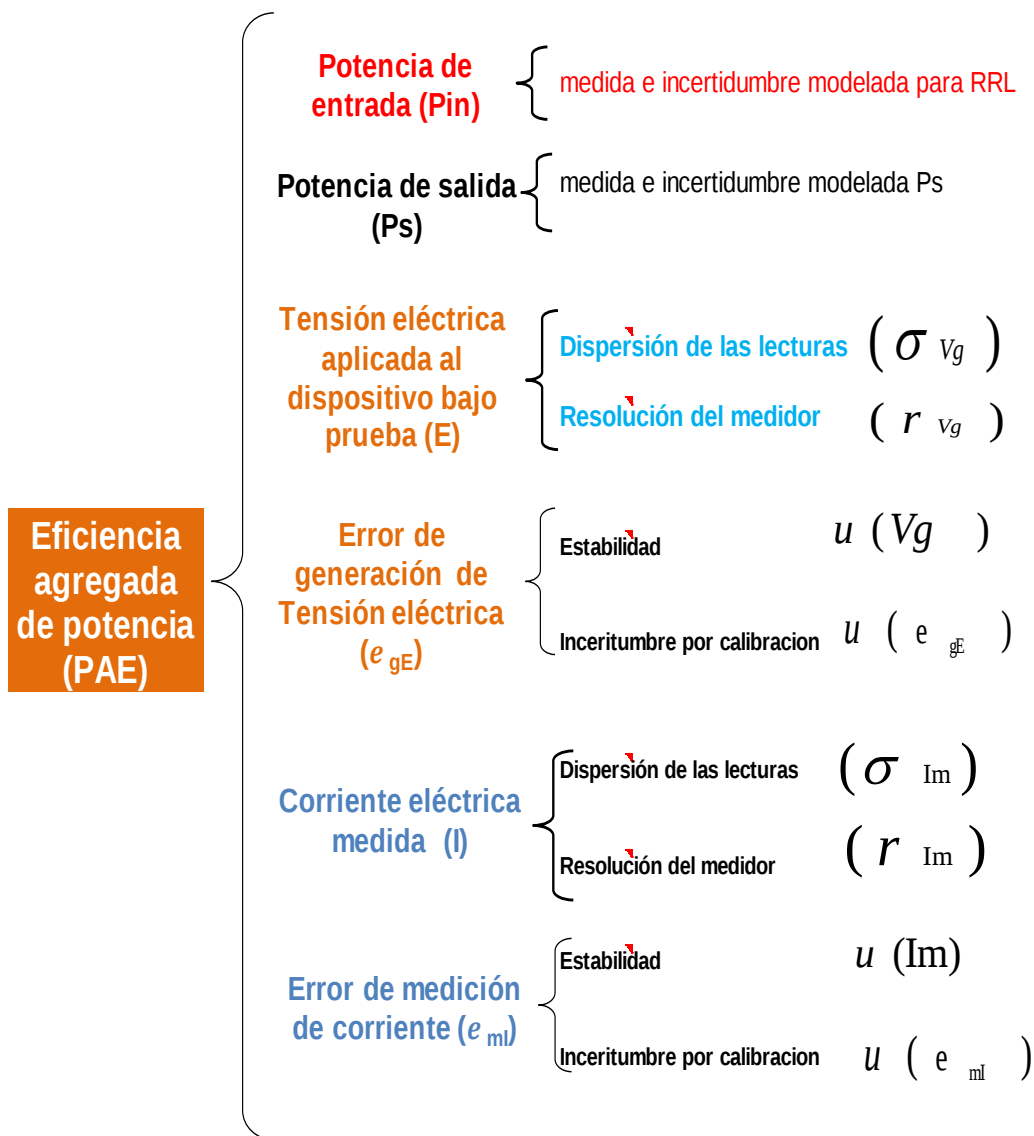


Figura 18. Fuentes de incertidumbre asociada a la medición de eficiencia entregada de potencia de salida (PAE) del sistema de medición de pruebas:

4.3 INCERTIDUMBRE TIPO “A” Y TIPO “B”

Las fuentes de incertidumbre tipo A como sabemos están asociadas a la variabilidad presente en una magnitud, la cual obtiene por medio de observaciones repetidas de una medición en condiciones de repetibilidad, mientras que la incertidumbre tipo B está sujeta al nivel de confianza de la información relacionada al instrumento como lo es la incertidumbre proporcionada en la calibración, la resoluciones y tolerancias del instrumento, entre otras.

Las fuentes de Incertidumbre tipo A y B asociadas e identificadas para cada mensurando son las siguientes:

Fuentes de incertidumbre tipo A y B para el mensurando de Potencia de salida.

- Medición Potencia de salida del dispositivo bajo prueba
 - Tipo A: Variabilidad de la potencia de salida medida por el medidor de potencia “PXA”.
 - Tipo B: Error de resolución del medidor de potencia “PXA”.
 - Tipo B: Estabilidad o tolerancias del medidor del “PXA”.
 - Tipo B: Valor de incertidumbre de la calibración del “PXA”.
- Medición de las pérdidas del sistema de pruebas
 - Tipo A; Variabilidad en potencia generada por el generador de señales “PXG”.
 - Tipo B: Error de resolución del generador “PXG”.

- Tipo B: Estabilidad/Tolerancias de generador “PXG”.
- Tipo B: Valor de incertidumbre de la calibración del “PXG”.
- la medición de las pérdidas de potencia del “fixture” asociada al analizador de redes.
- Tipo A: Variabilidad de la medición de las pérdidas por retorno asociada al instrumento de medición de potencia tipo USB.
- Tipo B: Error de resolución del instrumento de medición de potencia tipo “USB”
- Tipo B: Estabilidad o tolerancias de instrumento de medición de potencia tipo USB.
- Tipo B: Valor de incertidumbre de calibración del instrumento de medición
- Medición de las pérdidas de potencia del “fixture” o interface de medición entre el dispositivo bajo prueba y el sistema de medición.
 - Tipo A: Variabilidad de la medición de pérdidas de potencia del fixture determinada por el analizador de redes.
 - Tipo B: Error de resolución del analizador de redes.
 - Tipo B: Valor de Incertidumbre de la calibración del analizador de redes.
- Compensación del sistema de pruebas por medio de la correlación y ajuste del error del sistema de pruebas, el cual se realiza midiendo una pieza con valor de referencia caracterizada y ajustando el error obtenido a través de esta medición

- Tipo B: fuente de error en la caracterización de la pieza de referencia.
- Tipo A: Variabilidad en la medición de potencia hecha sobre la pieza de referencia con el instrumento de medición de potencia “PXA”.
- Tipo B: Error de resolución de medidor de potencia “PXA”
- Tipo B” Estabilidad o tolerancias del PXA.
- Tipo B: Valor de la incertidumbre de la calibración del Analizador de redes.

Fuentes de incertidumbre tipo A y B para el mensurando de Perdidas por retorno

- Medición de pérdidas por retorno del dispositivo bajo prueba:
 - Tipo A: Variabilidad de la medición de las pérdidas por retorno asociada al instrumento de medición de potencia tipo USB.
 - Tipo B: Error de resolución del instrumento de medición de potencia tipo “USB”
 - Tipo B: Estabilidad o tolerancias de instrumento de medición de potencia tipo USB.
 - Tipo B: Valor de incertidumbre de calibración del instrumento de medición.
- Medición de las pérdidas de potencia del “fixture” o interface de medición entre el dispositivo bajo prueba y el sistema de medición.
 - Tipo A: Variabilidad de la medición de pérdidas de potencia del fixture determinada por el analizador de redes.
 - Tipo B: Error de resolución del analizador de redes.

- Tipo B: Valor de Incertidumbre de la calibración del analizador de redes.
- Compensación del sistema de pruebas por medio de la correlación y ajuste del error del sistema de pruebas, el cual se realiza midiendo una pieza con valor de referencia caracterizada y ajustando el error obtenido a través de esta medición
 - Tipo B: fuente de error en la caracterización de la pieza de referencia.
 - Tipo A: Variabilidad en la medición de potencia hecha sobre la pieza de referencia con el instrumento de medición de potencia “PXA”.
 - Tipo B: Error de resolución de medidor de potencia “PXA”
 - Tipo B” Estabilidad o tolerancias del PXA.
 - Tipo B: Valor de la incertidumbre de la calibración del Analizador de redes.
- Medición de las pérdidas del sistema de pruebas
 - Tipo A; Variabilidad en potencia generada por el generador de señales “PXG”.
 - Tipo B: Error de resolución del generador “PXG”.
 - Tipo B: Estabilidad/Tolerancias de generador “PXG”.
 - Tipo B: Valor de incertidumbre de la calibración del “PXG”.
 - la medición de las pérdidas de potencia del “fixture” asociada al analizador de redes.
 - Tipo A: Variabilidad de la medición de las pérdidas por retorno asociada al instrumento de medición de potencia tipo USB.

- Tipo B: Error de resolución del instrumento de medición de potencia tipo “USB”
- Tipo B: Estabilidad o tolerancias de instrumento de medición de potencia tipo USB.
- Tipo B: Valor de incertidumbre de calibración del instrumento de medición.

Fuentes de incertidumbre tipo A y B para el mensurando de Eficiencia agregada de Potencia (PAE).

- Tensión eléctrica aplicada al dispositivo bajo prueba.
 - Tipo A: Variabilidad en la generación de tensión eléctrica asociada al generador.
 - Tipo B: Error de resolución del generador de tensión eléctrica.
 - Tipo B: Estabilidad o tolerancias del generador.
 - Tipo B: Valor de incertidumbre de la calibración del generador.
- Medición de corriente eléctrica del dispositivo bajo prueba
 - .Tipo A: Variabilidad en la medición de corriente eléctrica asociada al instrumento.
 - Tipo B: Error de resolución del medidor de corriente eléctrica.
 - Tipo B: Estabilidad o tolerancias del medidor de corriente eléctrica.
 - Tipo B: Valor de incertidumbre de la calibración del medidor de corriente eléctrica.

- **Medición de potencia de entrada del dispositivo bajo prueba**

Las fuentes de incertidumbres para la potencia de salida, son las mismas referidas anteriormente para el mensurando “Potencia de salida”.

- **Medición de la potencia de entrada del dispositivo bajo pruebas.**

Las fuentes de incertidumbres para la potencia de entrada, son las mismas referidas anteriormente para el mensurando “Perdidas por retorno”.

CAPITULO 5: CUANTIFICACION DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE

5.1.CALCULO DE COEFICIENTE DE SENSIBILIDAD

El coeficiente de sensibilidad se obtiene a partir de la derivada parcial de la función f con respecto a X_i como se indica en la ecuación 19, el coeficiente adquiere valores desde -1 a +1 y describe que tan sensible es el mensurando con respecto a las variaciones de la magnitud de entrada correspondiente.

$$\text{Ec. 19} \quad c_i = \frac{\partial f(X_1, \dots, X_N)}{\partial X_i} \bigg|_{X_1=x_1 \dots X_N=x_N}$$

De acuerdo la función definida en la ecuación 11 para el mensurando de la potencia de salida, el cálculo de los coeficientes de sensibilidad es el siguiente:

$$P_s = P_{m_{PXA}} - e_{PXA} + (P_{m_{pm}} - e_{pm} - P_{gen}) + (P_{m_{pm}} - e_{pm} - P_{rp}) + (P_{rp} - P_{m_{PXA}} - e_{PXA})$$

- Coeficiente de sensibilidad (C.S.) de la potencia de salida “Ps” con respecto a la medición de potencia $P_{m_{PXA}}$ es igual a 1 $\frac{\partial P_s}{\partial P_{m_{PXA-1}}} = 1$
- C.S del error de medición e_{PXA} del medidor de potencia igual a -1 $\frac{\partial P_s}{\partial e_{PXA-1}} = -1$
- C.S de la medición de potencia $P_{m_{pm}}$ igual 1 $\frac{\partial P_s}{\partial P_{m_{pm}}} = 1$
- C.S del error de medición del medidor de potencia e_{pm} igual -1 $\frac{\partial P_s}{\partial e_{pm}} = -1$
- C.S de la potencia generada P_{gen} igual a -1 $\frac{\partial P_s}{\partial P_{gen}} = -1$
- C.S. de la pieza de referencia P_{rp} igual a -1 para las pérdidas del Fixture y +1 para las pérdidas del sistema de pruebas $\frac{\partial P_s}{\partial P_{rp}} = 1$
- C.S de la potencia medida con el analizador de señales empleado para las pérdidas del sistema adquiere un valor negativo como se observa en la función, por lo que su valor es -1.

Al igual que los coeficientes de la potencia de salida, para la función de las pérdidas por retorno se aplica la deriva parcial a la función y se obtienen los siguientes resultados:

$$RRL = (RL_{pm} - e_{pm}) + (P_{m_{pm}} - e_{pm} - P_{rp}) + (P_{rp} - P_{m_{PXA}} - e_{PXA}) + (P_{gen} + (P_{m_{pm}} - e_{pm} - P_{gen}))$$

- C.S de la medición de pérdidas por retorno RL_{pm} igual a 1.
- C.S del error del medidor de potencia e_{pm} igual a -1.

- C.S de la medición de las pérdidas por retorno $P_{m_{pm}}$ igual a +1.
- C.S del error de medición del a medidor e_{pm} igual a -1.
- C.S del medidor de pérdidas $P_{m_{pm}}$ igual a +1.
- C.S. de la medida de la pieza de referencia P_{rp} igual -1.
- C.S. de la medida de la pieza de referencia P_{rp} igual +1
- C.S. de la medida de potencia del analizador de señales $P_{m_{PXA}}$ igual a -1.
- C.S. del error del analizador de señales e_{PXA} igual a -1.
- C.S de la potencia generada P_{gen} igual a +1.
- C.S de la medición de potencia medida $P_{m_{pm}}$ igual a +1.
- C.S del error de medición del a medidor e_{pm} igual a -1.
- C.S de la potencia generada P_{gen} igual a -1.

Para el caso del mensurando de eficiencia entregada de potencia “PAE”, los coeficientes correspondientes a P_{in} y P_s serán tomados de los mensurando Potencia de salida y pérdidas por retorno, los coeficientes adicionales para esta función quedaran como parte del trajo futuro de este mensurando.

5.2.DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD POR FUENTE DE INCERTIDUMBRE

Como se estableció durante el alcance del proyecto en el punto 3.3, el modelo de incertidumbre a desarrollar es el asociado al mensurando de **potencia eléctrica de salida** (P_s) por lo que a partir de este punto, los mensurados de pérdidas de potencia eléctrica por retorno (RRL) y eficiencia adquirida de potencia (PAE) ya no serán considerados, los siguientes representa las distribución de probabilidad relacionadas con cada una de las fuentes de incertidumbre identificadas en la figura 16 para la potencia eléctrica de salida y representadas en la Ec. 11.

En la figura 19, podemos observar los tipos de distribución normal o rectangular que han sido identificadas para la potencia eléctrica de medida mediante el medidor de potencia modelo “PXA” y que representa una de las variables de entrada para el cálculo de la potencia eléctrica de salida, las fuentes como se observa en la figura 19, son la repetibilidad, resolución, estabilidad, corrección por temperatura y calibración, teniendo estas una distribución normal para la primera de ellas y rectangular para el resto.

En la figura 19 podemos apreciar además de los tipos de distribución de las fuentes de incertidumbre, su descripción, simbología, unidad de medida, fuente de la información, tipo de incertidumbre “A” o “B”, así como la ecuación para obtenerla en su forma estándar ya sea $k=1$ para la forma estándar, ancho de la resolución/raíz (3) para la resolución o $k=2$ para la calibración.

		Magnitud de Entrada Magnitud e Influencia			Fuente	Tipo de Distribucion	Tipo de incertidumbre
Variable (x)	Instrumento	Nombre	Simbolo x_i	Unidad (SI)	Origen	Normal-Rectangular-Triangular	A o B
Potencia medida ($P_{m_PXA-e_PXA}$)	Medidor de potencia PXA	Potencia medida	P_{m_PXA}	dBm	Mediciones		
		Repetibilidad	(σ_{PXA})	dBm	Estudio r&R	Normal	A $k = 1$
		Resolucion	(r_{PXA})	dBm	Dato del fabricante	Rectangular	B (res/sqrt(3))
		Error de medicion	e_{PXA}	dBm	Error sistematico		
		Estabilidad	$u(PXA)$	dBm	Especificacion del fabricante	Rectangular	B $k = 1$
		Correccion por temperatura	$u(PXA - T)$	dBm/C	Manual del fabricante	Rectangular	B (res/sqrt(3))
		Calibracion	$u(e_{PXA})$	dBm	Calibracion del instrumento	Rectangular	B $k = 2$

Figura 19. Tabla descriptiva de las fuentes de incertidumbre, símbolo, unidad de medida, origen, tipo de distribución y tipo de incertidumbre identificadas para la variable de medición de potencia.

Las figuras 20, 21y 22 muestran la información descrita en la figura 19 que corresponde a las fuentes de las pérdidas del sistema de pruebas (P_{e_SIST}), perdidas del fixture (P_{e_fixt}), compensación por correlación (C_{corre}) respectivamente.

		Magnitud de Entrada Magnitud e Influencia			Fuente	Tipo de Distribucion	Tipo de incertidumbre
Variable (x)	Instrumento	Nombre	Simbolo x_i	Unidad (SI)	Origen	Normal- Rectangular- Triangular	A o B
Pérdida del sistema de pruebas (PeSIST)	Generador de senal (MXG)	PeSist		dBm	Calibracion del sistema		
		Potencia generada	P_{gen}	dBm	Generacion		
		Repetibilidad	(σ_{gen})	dBm	Estudio r&R	Normal	A k = 1
		Resolucion	(r_{gen})	dBm	Dato del fabricante	Rectangular	B (res/sqrt(3))
		Calibacion	$u(e_{gen})$	dBm	Calibracion del instrumento	Rectangular	B k = 2
		Potencia medida	P_{mUSB}	dBm	Mediciones		
	Medidor de potencia USB	Repetibilidad	(σ_{pm})	dBm	Estudio r&R	Normal	A k = 1
		Resolucion	(r_{pm})	dBm	Dato del fabricante	Rectangular	B (res/sqrt(3))
		Error del medidor de potencia	(e_{pm})	dBm	Error sistematico		
		Estabilidad	$u(e_{pm})$	dBm	Dato del fabricante	Rectangular	B k = 1
		Calibracion	$u(e_{pm})$	dBm	Calibracion del instrumento	Rectangular	B k = 2

Figura 20. Tabla descriptiva de las fuentes de incertidumbre, símbolo, unidad de medida, origen, tipo de distribución y tipo de incertidumbre identificadas para las pérdidas del sistema de pruebas.

Magnitud de Entrada Magnitud e Influencia					Fuente	Tipo de Distribucion	Tipo de incertidumbre
Variable (x)	Instrumento	Nombre	Simbolo x_i	Unidad (SI)	Origen	Normal-Rectangular-Triangular	A o B
Pérdida del Fixture (P_{e_fixt})	Medidor de potencia	Perdidas de potencia de fixture	P_{e_fixt}	dBm	Mediciones		
		Repetibilidad	(σ_{FIXT})	dBm	Estudio r&R	Normal	A k = 1
		Resolucion	$u(FIXT)$	dBm	Dato del fabricante	Rectangular	B (res/sqrt(3))
		Medidor de potencia	(e_{pm})	dBm	Error sistematico		
		Calibracion	$u(P_{e_FIXT})$	dBm	Calibracion del instrumento	Rectangular	B k = 2

Figura 21. Tabla descriptiva de las fuentes de incertidumbre, símbolo, unidad de medida, origen, tipo de distribución y tipo de incertidumbre identificadas para las pérdidas del fixture.

Magnitud de Entrada Magnitud e Influencia					Fuente	Tipo de Distribucion	Tipo de incertidumbre
Variable (x)	Instrumento	Nombre	Simbolo x_i	Unidad (SI)	Origen	Normal-Rectangular-Triangular	A o B
Compensación por correlación(C corre)	Pieza de referencia	Potencia de pieza de pieza de referencia	P_{rp}	dBm	Mediciones		
		Estabilidad de la pieza de referencia	$u(P_r P)$	dBm	Estudios de estabilidad	Normal	B (stability/sqrt(3))
		Caracterizacion	$u(P_r P)$	dBm	Medida de caracterizacion	Normal	A k = 1
	Medidor de potencia (PXA)	Medicion de pieza de referencia	P_{m-ref}	dBm	Mediciones		
		Resolucion	(r_{PXA})	dBm	Dato del fabricante	Rectangular	B (res/sqrt(3))
		Repetibilidad	(σ_{PXA})	dBm	Estudios de R&R	Normal	A k = 1
		Error del medidor de potencia	e_{PXA}	dBm			
		Estabilidad	$u(PXA)$	dBm	Especificacion del fabricante	Rectangular	B k = 1
		Correccion por temperatura	$u(PXA - T)$	dBm/C	Manual del fabricante	Rectangular	B (res/sqrt(3))
		Calibracion del instrumento	$u(e_{PXA})$	dBm	Calibracion del instrumento	Rectangular	B k = 2

Figura 23. Tabla descriptiva de las fuentes de incertidumbre, símbolo, unidad de medida, origen, tipo de distribución y tipo de incertidumbre identificadas para la compensación por correlación.

5.3. CALCULO DE INTERTIDUMBRE ESTANDAR

Potencia medida ($P_{m\ PXA}$)

▪ Incertidumbre estándar de la repetibilidad (σ_{PXA})

Para determinar la incertidumbre por repetibilidad de la potencia eléctrica medida, se realizó un estudio de repetibilidad para el cual, se tomó una muestra de 298 piezas medidas 3 veces con el mismo sistema de pruebas obteniendo un variación por repetibilidad de 0,017 232 0 dBm, ver figura 24.

Los datos y resultados de cada pueden ser consultado en la sección de anexos.

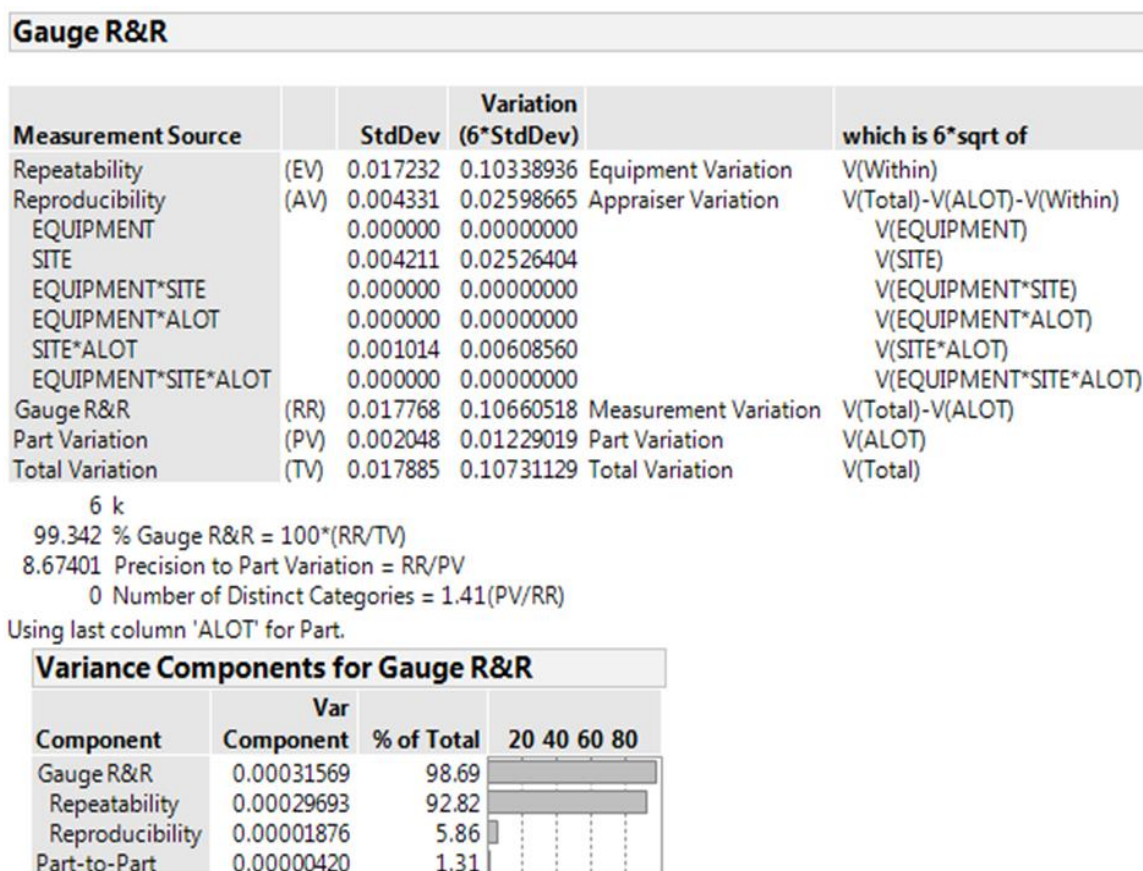


Figura 24 Estudio para determinar la repetibilidad de la potencia eléctrica medida.

▪ Incertidumbre estándar por resolución de la medición de potencia (r_{PXA})

La resolución de la medida de potencia es $\pm 0,000\,000\,01$ dBm por lo que la incertidumbre estándar después de dividir el ancho de la resolución entre raíz cuadrada de 3 es igual $0,000\,000\,06$ dBm.

▪ **Incertidumbre de la medición de potencia debido a la estabilidad** $u(PXA)$

Dado que no se encontraron registros históricos sobre la estabilidad del PXA usado en los experimentos, se hizo una inferencia a partir de las especificaciones de exactitud proporcionados por el fabricante, el cual garantiza una exactitud de $\pm 0,19$ dB. A partir de esta información, se infiere como un posible valor de estabilidad el 50 % de la exactitud esto es $\pm 0,095$. De acuerdo a la función de distribución rectangular, la incertidumbre estándar se calculó usando la misma fórmula empleada en el cálculo de la resolución, obteniendo una incertidumbre estándar de $0,054\,85$ dB.

Nota el porcentaje fue elegido de una forma arbitraria por lo que los grados de libertad para esta fuente de incertidumbre serán de bajo valor.

▪ **Incertidumbre de la medición de potencia por corrección de temperatura** $u(PXA-T)$

Este experimento no fue posible realizarlo, por lo que esta fuente de incertidumbre ha sido considerada con un valor de 0.

Incertidumbre estándar de la calibración $U(e_{PA})$

El certificado de calibración de este equipo fue consultado para conocer su error de medición, el cual es de -0,113 0 dBm sin embargo, el laboratorio no ha declarado la incertidumbre por lo que al igual que la estabilidad, esta ha sido inferida como el 50 % del error de calibración +/- 0,056 90 dBm, para la incertidumbre estándar este valor es dividido entre 2 por lo que el valor obtenido es 0,028 45 dBm.

Los datos obtenidos en la calibración de donde se obtuvo el error de medición de instrumento de medición de potencia y las especificaciones del fabricante pueden ser consultados en la sección de anexo.

Perdidas del sistema de pruebas ($P_{e\text{ SIST}}$)

▪ Potencia generada (P_{gen})

– Incertidumbre estándar de la repetibilidad de la potencia generada (σ_{gen})

De acuerdo con el análisis realizado entre los errores de generación obtenidos durante la calibración del generador MXG, se concluye que no hay diferencia del magnitud del error Vs la Magnitud de potencia (15,17 y 23 dBm), por lo que se infiere que error de generación a 20 bBm es igual al promedio de errores obtenido en magnitudes 15, 17 y 23 dbm, esto es -0.176667 dBm con una desviación estándar de 0,008 401 7 dBm, la cual es tomada como el valor de la incertidumbre estándar, los resultados del error de generación se muestra en los anexos de este documento.

– **Incertidumbre estándar de la resolución del generador** (r_{gen})

Incertidumbre estándar por resolución igual 0,005 774 dBm, obtenida con el ancho de la resolución del generador 0,01 dBm entre la raíz cuadrada de 3.

– **Incertidumbre estándar por calibración del generado** $u(e_{gen})$

El valor de incertidumbre estándar de la calibración es estimado con el base al 50 por ciento del error de generación ya que al igual que los casos anteriores no hay un valor declarado de incertidumbre durante el proceso de calibración y su valor es 0,044 167 dBm.

▪ **Potencia medida $P_{m_{pm}}$**

– **Incertidumbre estándar de la repetibilidad de la potencia eléctrica medida** (σ_{pm})

El valor de incertidumbre estándar para la repetibilidad es 0.052 5037 dBm y fue obtenida a partir de la desviación estándar de una serie de mediciones repetidas en los niveles de potencia 0, 5, 10 y 13 dBm infiriendo el error es lineal y que puede tomar el mismo valor en los 20 dBm, esta información fue tomada de los registros de calibración del instrumento realizadas en el 2016, ver sección de anexos para referencia.

– **Incertidumbre estándar de la resolución de la potencia medida** (r_{pm})

Incertidumbre estándar por resolución igual 0,000 000 006 dBm, obtenida con el ancho de la resolución del medidor de potencia eléctrica 0,000 000 1 dBm entre la raíz cuadrada de 3.

– **Incertidumbre estándar por estabilidad del medidor de potencia** $u(p_m)$

Con base a los registros históricos de calibración de 2013 al 2016 la variación por estabilidad fue calculada por la desviación estándar de las mediciones obtenidas en este periodo cuyo valor es 0,048 562 dBm, ver anexos.

– **Incertidumbre estándar del error de calibración del medidor de potencia** $u(e_{pm})$

Este valor fue estimado tomando el error de calibración del registro del 2016 dividido entre 2, teniendo una inferencia basada en el 50% del error de calibración, este se realizó debido a que la incertidumbre del error no es declarada por parte del laboratorio que realiza la calibración, el valor obtenido es 0,026 251.

Perdidas del fixture (Pe_{FIXT})

▪ **Perdida de potencia del “Fixture” Pe_{FIXT}**

Para medir las pérdidas del “Fixture” se realizaron estudios para calcular el error de “BIAS”, valor que se asigna como las pérdidas de potencia eléctrica del “Fixture”, el cual es igual al valor promedio de las mediciones hechas al fixture (1 116 observaciones) 21,009 4 menos el valor estándar de la pieza usada como referencia 20,123 3 dBm, resultado un valor de 0,886 dBm, los datos y detalles del estudio pueden ser consultados en su sección de anexos.

– Incertidumbre estándar por repetibilidad (σ_{FIXT})

Utilizando los mismos datos del estudio previo donde se calculó el error de “Bias”, se realizó el estudio de repetibilidad y reproducibilidad encontrando la incertidumbre que la incertidumbre estándar es igual 0,042 093 dBm como se muestra en la figura 26.

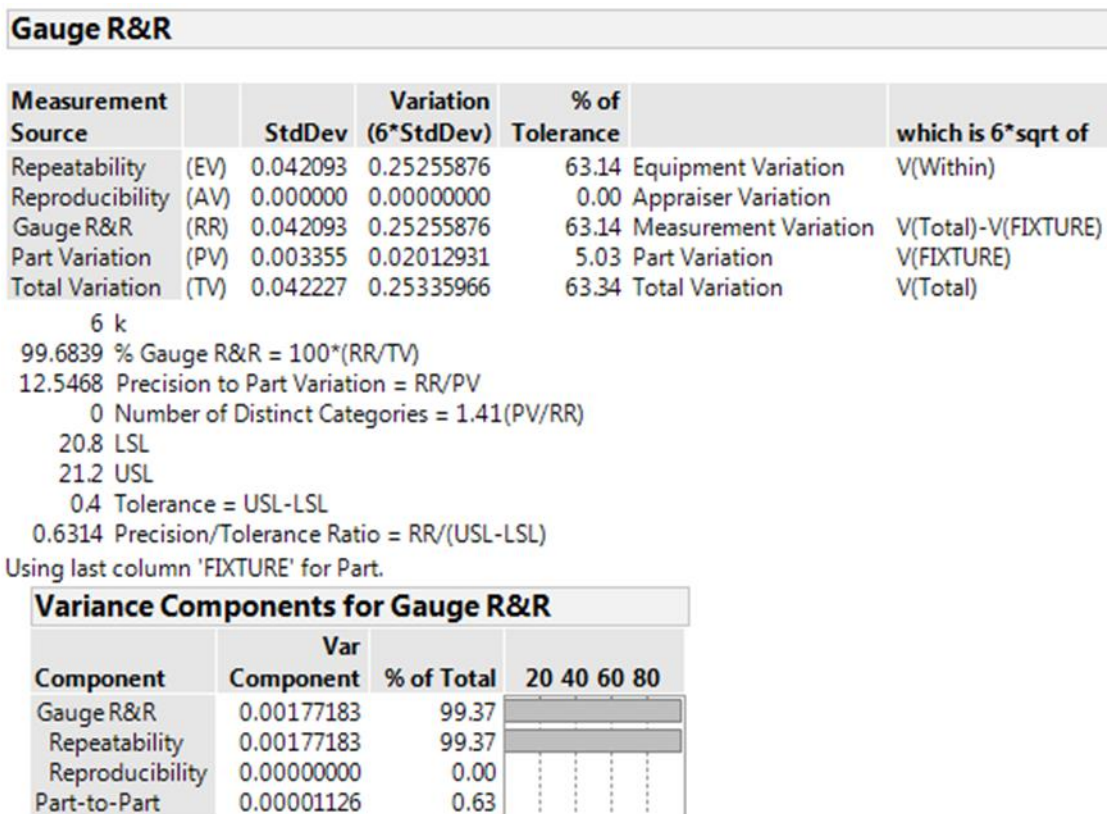


Figura 25 reporte sumariado de los resultados del estudio de reproducibilidad y repetibilidad de las pérdidas de potencia del “Fixture”..

– Incertidumbre estándar por resolución $u(FIXT)$

Incertidumbre estándar por resolución igual 0,000 005 8 dBm, obtenida con el ancho de la resolución del medidor de potencia eléctrica empleado en la medición de pérdidas del “Fixture” 0,000 010 dBm entre la raíz cuadrada de 3.

– Incertidumbre estándar por calibración $u(Pe_{FIXT})$

La incertidumbre estándar por calibración es el mismo valor asignado a la incertidumbre del medidor de potencia $u(e_{pm})$ y su valor es igual 0,013 126 dBm.

Compensación por correlación (C_{CORRE})

▪ Pieza de referencia Pr_p

El valor de la pieza de referencia fue calculado del promedio de 30 mediciones realizadas a la pieza siendo valor obtenido igual 20,010 82 dBm como se muestra en la figura 26.

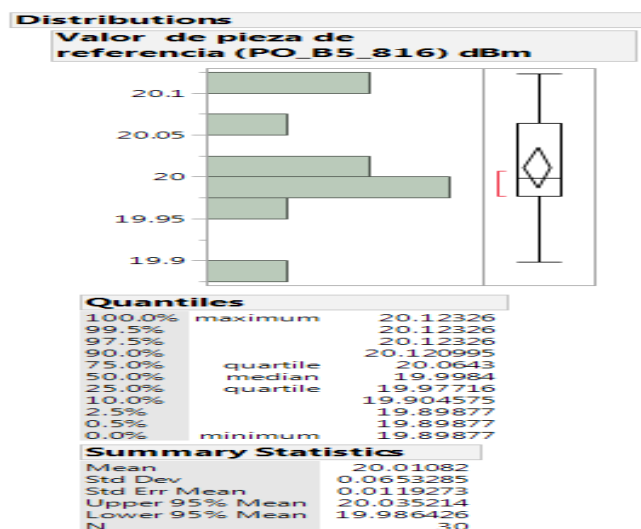


Figura 26 Distribución, desviación estándar y valor promedio obtenidos de un total de 30 mediciones realizadas a la pieza de referencia.

– **Incertidumbre estándar por estabilidad de la pieza de referencia** $u(\text{Pr}_P)$

Debido a que no se cuenta con registros históricos del valor de caracterización de la pieza de referencia, este fue inferido como el 50 % de la desviación estándar obtenida de las 30 mediciones dividido en la raíz cuadrada de 3, esto es equivalente a una incertidumbre estándar de 0,018 858 7 dBm.

– **Incertidumbre estándar de la caracterización de la pieza de referencia** $u(\text{Pr}_P)$

A la caracterización se le atribuye una incertidumbre estándar con base a la desviación estándar de las 30 mediciones cuyo valor es 0.065 328 5 dBm, ver figura 26,

▪ **Medición de la pieza de referencia $P_{m\text{-ref}}$**

Dado que el instrumento empleado en la caracterización de la pieza es un modelo similar al utilizado en la medición de la potencia eléctrica de salida del mensurando, los valores de incertidumbre estándar las siguientes magnitudes serán asumidos con el mismo valor de las incertidumbres estándar obtenidas en medidor de potencia P_m PXA indicadas en las paginas 68, 69 y 70.

– **Incertidumbre estándar por resolución** =0,000 000 058 dBm. (r_{PXA})

– **Incertidumbre estándar por repetibilidad** =0,017 232 dBm (σ_{PXA})

– **Incertidumbre estándar por estabilidad** = 0,054 85 dBm $u(PXA)$

– **Incertidumbre estándar por calibración**= 0,014 225 dBm $u(e_{PXA})$

5.4. CALCULO DE INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

Utilizando los coeficientes de sensibilidad e incertidumbre estándar obtenidos para cada fuente de incertidumbre en los puntos 5.1 y 5.3 aplicamos la ecuación 20 y encontramos que el valor de la incertidumbre es igual a 0,139 276 dBm.

$$\text{Ec. 20} \quad u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i \cdot u(x_i)]^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial X_i} \cdot u(x_i) \right]^2}$$

5.5. Calculo de Incertidumbre expandida

Dado que la incertidumbre combinada está representado a 1 sigma función de probabilidad del 68.27 %, esta requiere ser expandida a un nivel de confianza del 95.45 %, esto se hace multiplicando la incertidumbre combinada por un factor $k=2$ para una función de distribución normal, considerando que cada una de las incertidumbres obtenidas es sujeta una incertidumbre propia asociada al calcula, cantidad de observaciones o veracidad de la información, el factor “k” se determinó utilizando la función “t student” la cual, se considera un estimador muy aproximado a la distribución normal cuando la cantidad de datos es mayor a 30 y un mejor estimado para muestras de tamaño menor a 30, para obtener el factor de aplica función de distribución inversa con los datos del nivel de confianza y grados de libertad, el nivel de confianza como ya se mencionó ser de 95.45 y los grados de libertar se obtienen aplicando la ecuación 21 cuyo valor resultante es 2,017.

$$\text{Ec.21} \quad \frac{1}{v_{ef}} = \sum_{i=1}^N \frac{\left(\frac{u_i(y)}{u_c(y)} \right)^4}{v_i}$$

Finalmente, la incertidumbre expandida correspondiente al mensurando de medición de potencia eléctrica de salida es igual **+/- 0,280 925 dBm**.

La figura 27 abajo anexa, nos muestra el desarrollo completo del modelo de incertidumbre desarrollado para el mensurando de la medición de potencia eléctrica de salida a una frecuencia de 816 MHz y banda de operación número 5.

		Magnitud de Entrada Magnitud e Influencia				Variabilidad	Fuente	Tipo de Distribucion	Tipo de incertidumbre	Incertidumbre Estándar	Coeficiente de Sensibilidad		Incertidumbre Asociada Contribución	[V]	Porcentaje de Impacto
Variable (x)	Instrumento	Nombre	Símbolo x_i	Valor numérico estimado	Unidad (SI)	dx	Origen	Normal-Rectangular-Triangular	A o B	$u(x_i)$	Ecuación $\frac{\partial Y}{\partial x_i}$	Valor numérico	$\frac{DY}{Dx_i} \cdot u(x_i)$ en unidades (dBm)	Grados de Libertad	$(\frac{DY}{Dx_i} \cdot u(x_i))^2 / u_c(Y)^2$ en %
Potencia medida ($P_{m_PXA-e_PXA}$)	Medidor de potencia PXA	Potencia medida	P_{m_PXA}	19.94199	dBm		Mediciones								
		Repetibilidad	(σ_{PXA})		dBm	± 0.0172320	Estudio R&R	Normal	$A_{k=1}$	0.017232	$\frac{\partial P_s}{\partial P_{m_PXA}}$	1	0.01723200	892	1.531 %
		Resolución	(r_{PXA})		dBm	± 0.0000001	Dato del fabricante	Rectangular	$B_{(res/sqrt(3))}$	0.000000058	$\frac{\partial P_m}{\partial P_{m_PXA-1}}$	1	0.00000006	10000	0.000 %
		Error de medición	e_{PXA}	-0.11380	dBm		Error sistemático								
		Estabilidad	$u(PXA)$		dBm	± 0.095000	Especificación del fabricante	Rectangular	$B_{k=1}$	0.05485	$\frac{\partial P_s}{\partial e_{PXA}} =$	-1	-0.05484828	10000	15.509 %
		Corrección por temperatura	$u(PXA - T)$		dBm/C	0	Manual del fabricante	Rectangular	$B_{(res/sqrt(3))}$	0.00		-1	0.00000000	12	0.000 %
		Calibración	$u(t_{m})$		dBm	± 0.056900	Calibración del instrumento	Rectangular	$B_{k=2}$	0.0284500		-1	-0.02845000	2	4.173 %
Pérdida del sistema de pruebas (P_{esist})	Generador de señal (MXG)	PeSist		2.37589	dBm		Calibración del sistema								
		Potencia generada	P_{gen}	20	dBm		Generación								
		Repetibilidad	(σ_{gen})		dBm	± 0.0084017	Estudio R&R	Normal	$A_{k=1}$	0.008402	$\frac{\partial P_s}{\partial P_{gen}}$	-1	-0.00840170	17	0.384 %
		Resolución	(r_{gen})		dBm	± 0.01	Dato del fabricante	Rectangular	$B_{(res/sqrt(3))}$	0.005774	$\frac{\partial P_m}{\partial P_{gen}}$	-1	-0.00577350	10000	0.172 %
	Medidor de potencia USB	Calibración	$u(e_{gen})$		dBm	± 0.088333	Calibración del instrumento	Rectangular	$B_{k=2}$	0.044167	$\frac{\partial P_s}{\partial P_{gen}}$	-1	-0.04416667	2	10.056 %
		Potencia medida	P_{m_USB}	17.67661	dBm		Mediciones								
		Repetibilidad	(σ_{pm})		dBm	± 0.024954	Estudio R&R	Normal	$A_{k=1}$	0.024954	$\frac{\partial P_s}{\partial P_{m_pm}}$	1	0.02495450	11	3.210 %
		Resolución	(r_{pm})		dBm	± 0.00000001	Dato del fabricante	Rectangular	$B_{(res/sqrt(3))}$	0.000000006	$\frac{\partial P_m}{\partial P_{m_pm}}$	1	0.00000001	10000	0.000 %
		Error del medidor de potencia	e_{pm}	0.0525037	dBm		Error sistemático								
		Estabilidad	$u(e_{pm})$		dBm	± 0.0485628	Dato del fabricante	Rectangular	$B_{k=1}$	0.048563	$\frac{\partial P_s}{\partial e_{pm}}$	-1	-0.048563	60	12.158 %
		Calibración	$u(e_{pm})$		dBm	± 0.026252	Calibración del instrumento	Rectangular	$B_{k=2}$	0.013126	$\frac{\partial e_{pm}}{\partial e_{pm}}$	-1	-0.013126	2	0.888 %
Pérdida de Fixture (P_{e_fixt})	Medidor de potencia	Pérdidas de potencia de fixture	P_{e_fixt}	0.88600	dBm		Mediciones								
		Repetibilidad	(σ_{fixt})		dBm	± 0.042093	Estudio R&R	Normal	$A_{k=1}$	0.042093	$\frac{\partial P_s}{\partial P_{e_fixt}} = 1$	1.0000	0.04209300	1115	9.134 %
		Resolución	$u(FIXT)$		dBm	± 0.000010	Dato del fabricante	Rectangular	$B_{(res/sqrt(3))}$	0.0000058	$\frac{\partial P_e}{\partial P_{e_fixt}}$	1.0000	0.00000577	10000	0.000 %
		Medidor de potencia	(e_{pm})	0.0525037	dBm		Error sistemático								0.000 %
		Calibración	$u(P_{e_FIXT})$		dBm	± 0.026252	Calibración del instrumento	Rectangular	$B_{k=2}$	0.013126		-1	-0.013126	2	0.888 %
Compensación por correlación(C_{corr})	Pieza de referencia	Potencia de pieza de pieza de referencia	P_{rp}	19.99840	dBm		Mediciones								
		Estabilidad de la pieza de referencia	$u(P_{rp})$		dBm	± 0.032664	Estudios de estabilidad	Normal	$B_{(estabilidad/sqrt(3))}$	0.0188587	$\frac{\partial P_s}{\partial P_{rp}} = 1$	1	0.01885870	2	1.833 %
		Caracterización	$u(P_{rp})$		dBm	± 0.0653285	Medida de caracterización	Normal	$A_{k=1}$	0.0653285		1	0.06532850	2	22.001 %
	Medidor de potencia (PXA)	Medición de pieza de referencia	P_{m-ref}	20.12326	dBm		Mediciones								
		Resolución	(r_{PXA})		dBm	± 0.0000001	Dato del fabricante	Rectangular	$B_{(res/sqrt(3))}$	0.000000058	$\frac{\partial P_s}{\partial P_{m_PXA-2}}$	-1	-0.00000006	10000	0.000 %
		Repetibilidad	(σ_{PXA})		dBm	± 0.0172320	Estudios de R&R	Normal	$A_{k=1}$	0.017232		-1	-0.01723200	899	1.531 %
		Error del medidor de potencia	e_{PXA}	-0.11380	dBm										
		Estabilidad	$u(PXA)$		dBm	± 0.095000	Especificación del fabricante	Rectangular	$B_{k=1}$	0.05485	$\frac{\partial P_s}{\partial P_{m_PXA-2}}$	-1	-0.05484828	60	15.509 %
		Corrección por temperatura	$u(PXA - T)$		dBm/C	0	Manual del fabricante	Rectangular	$B_{(res/sqrt(3))}$	0.00		-1			0.000 %
		Calibración del instrumento	$u(t_{m})$		dBm	± 0.028450	Calibración del instrumento	Rectangular	$B_{k=2}$	0.0142250		-1	-0.01422500	60	1.043 %
Potencia de salida "Ps" (mejor valor del mensurando)		20.87823	dBm								Incertidumbre estándar combinada $u_c(Y) =$		0.139276	148.9689	100 %
											Incertidumbre expandida $U_{Exp}(Y) =$		± 0.280925		
											Factor de cobertura $[Y-U \dots Y+U]$		2.017		0.000
											Probabilidad de cobertura				~95 %

Figura 27. Modelo de incertidumbre desarrollado para el mensurando definido como la potencia eléctrica de salida medida a una frecuencia de 816 MHz y banda de operación 5 de un amplificador de potencia en señales de radio frecuencia.

CAPITULO 6: ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 PARETO DE FUENTES DE INCERTIDUMBRE

Con base los resultados del modelo de incertidumbre, las fuentes de incertidumbre con mayor contribución encontradas son la incertidumbre de la caracterización de la pieza de referencia con un 22%, la estabilidad del medidor de potencia PXA con 15,51 % influyendo tanto en la medición del mensurando como en la compensación por correlación, en este caso, se tendrá que valorar que no hay una duplicidad de la fuente o bien confirmar si esta fuente tiene un impacto doble, la estabilidad del generador de potencia y del medidor de potencia eléctrica presentan una contribución de 12,16 y 10,06 % respectivamente, ver figura 28 para mayor referencia.

Variable	Instrumento de medicion	Fuente de incertidumbre	% de contribucion	% Acumulado
Compensación por correlación(C_{corre})	Pieza de referencia	Caracterizacion	22.00%	22.00%
Potencia medida ($P_{m_PXA-e_PXA}$)	Medidor de potencia PXA	Estabilidad	15.51%	37.51%
Compensación por correlación(C_{corre})	Medidor de potencia (PXA)	Estabilidad	15.51%	53.02%
Pérdida del sistema de pruebas (P_{e_SIST})	Medidor de potencia USB	Estabilidad	12.16%	65.18%
Pérdida del sistema de pruebas (P_{e_SIST})	Generador de senal (MXG)	Calibracion	10.06%	75.23%
Pérdida del Fixture (P_{e_fixt})	Medidor de potencia	Repetibilidad	9.13%	84.37%
Potencia medida ($P_{m_PXA-e_PXA}$)	Medidor de potencia PXA	Calibracion	4.17%	88.54%
Pérdida del sistema de pruebas (P_{e_SIST})	Medidor de potencia USB	Repetibilidad	3.21%	91.75%
Compensación por correlación(C_{corre})	Pieza de referencia	Estabilidad de la pieza de referencia	1.83%	93.58%
Potencia medida ($P_{m_PXA-e_PXA}$)	Medidor de potencia PXA	Repetibilidad	1.53%	95.11%
Compensación por correlación(C_{corre})	Medidor de potencia (PXA)	Repetibilidad	1.53%	96.64%
Compensación por correlación(C_{corre})	Medidor de potencia (PXA)	Calibracion del	1.04%	97.69%
Pérdida del sistema de pruebas (P_{e_SIST})	Medidor de potencia USB	Calibracion	0.89%	98.58%
Pérdida del Fixture (P_{e_fixt})	Medidor de potencia	Calibracion	0.89%	99.46%
Pérdida del sistema de pruebas (P_{e_SIST})	Generador de senal (MXG)	Repetibilidad	0.36%	99.83%
Pérdida del sistema de pruebas (P_{e_SIST})	Generador de senal (MXG)	Resolucion	0.17%	100.00%
Pérdida del Fixture (P_{e_fixt})	Medidor de potencia	Resolucion	0.00%	100.00%
Potencia medida ($P_{m_PXA-e_PXA}$)	Medidor de potencia PXA	Resolucion	0.00%	100.00%
Compensación por correlación(C_{corre})	Medidor de potencia (PXA)	Resolucion	0.00%	100.00%
Pérdida del sistema de pruebas (P_{e_SIST})	Medidor de potencia USB	Resolucion	0.00%	100.00%
Potencia medida ($P_{m_PXA-e_PXA}$)	Medidor de potencia PXA	Correccion por	0.00%	100.00%
Pérdida del Fixture (P_{e_fixt})	Medidor de potencia	Medidor de potencia	0.00%	100.00%
Compensación por correlación(C_{corre})	Medidor de potencia (PXA)	Correccion por temperatura	0.00%	100.00%

Figura 28. Porcentajes de contribución individual de las fuentes de incertidumbre.

6.2. COMPROBACION DE HIPOTESIS.

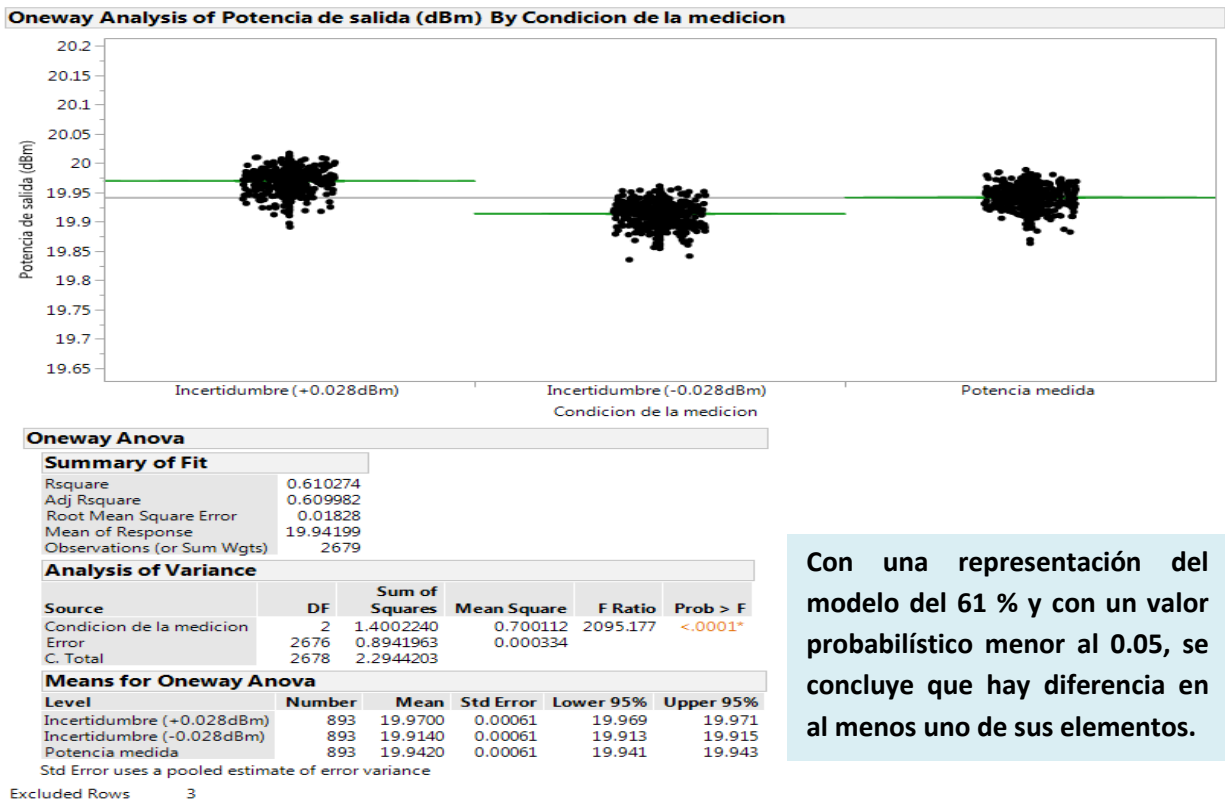
Retomando la hipótesis planteada al inicio de este trabajo en el punto 1.6 donde, “La medición de las magnitudes eléctricas realizadas con el sistema de pruebas tipo “A” es igual al magnitud eléctrica +/- la incertidumbre resultante de las diferentes fuentes o variables como lo son los instrumentos de medición, la correlación del sistema de pruebas, el “Fixture”, entre otros”.

Trasladando esta definición a la magnitud de potencia eléctrica de salida, la hipótesis nula se describe de la siguiente manera: La mejor aproximación del valor del mensurando “Potencia eléctrica de salida a la frecuencia de 816 MHZ en su banda de operación 5” del dispositivo bajo prueba (Amplificador de potencia en señales de radio frecuencia) es igual a la potencia eléctrica de salida +/- la incertidumbre de 0,280 925 dBm.

Para probar o rechazar la hipótesis, se han tomado las lecturas de la medición de potencia eléctrica de salida de 893 muestras (amplificadores de potencia en señales de radio frecuencia) por medio de las cuales se generaron la potencia eléctrica – el valor de incertidumbre (-0,028 092 5 dBm) y la potencia de salida + la incertidumbre (+0,028 092 5 dBm) a partir de estas 3 condiciones se realizaron 3 pruebas estadísticas para comprobación de hipótesis (ANOVA, t Student y Tukey Kramer), ver figuras 29,30 y 31.

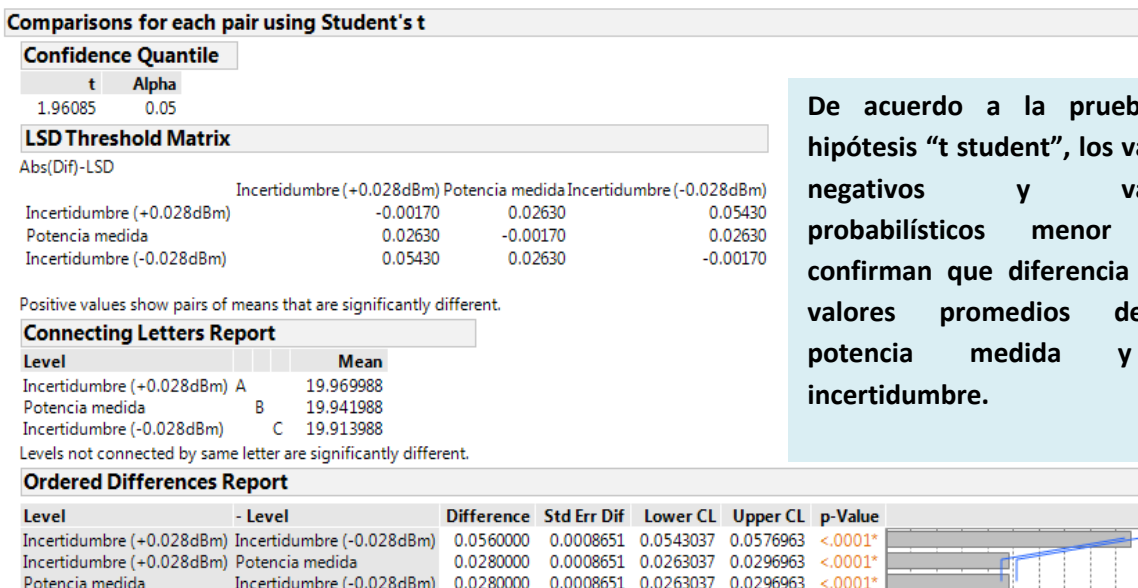
De acuerdo a los resultados de los 3 métodos estadístico empleados, hay diferencias entre la medición de potencia eléctrica de salida y la incertidumbre de +/- 0,028 092 dBm por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula que no hay diferencia entre la medición

obtenida para una magnitud eléctrica y las mediciones de esta magnitud $\pm$ la incertidumbre.



Con una representación del modelo del 61 % y con un valor probabilístico menor al 0.05, se concluye que hay diferencia en al menos uno de sus elementos.

Figura 29. Prueba estadística para comparación de medias y pruebas de hipótesis por el método ANOVA.



De acuerdo a la prueba de hipótesis "t student", los valores negativos y valores probabilísticos menor 0.05 confirman que diferencia entre valores promedios de la potencia medida y la incertidumbre.

Figura 30. Prueba estadística para comparación de medias y pruebas de hipótesis por el método "t-student".

Comparisons for all pairs using Tukey-Kramer HSD

Confidence Quantile

q*	Alpha
2.34501	0.05

HSD Threshold Matrix

Abs(Dif)-HSD

	Incertidumbre (+0.028dBm)	Potencia medida	Incertidumbre (-0.028dBm)
Incertidumbre (+0.028dBm)	-0.00203	0.02597	0.05397
Potencia medida	0.02597	-0.00203	0.02597
Incertidumbre (-0.028dBm)	0.05397	0.02597	-0.00203

Positive values show pairs of means that are significantly different.

Connecting Letters Report

Level		Mean
Incertidumbre (+0.028dBm)	A	19.969988
Potencia medida	B	19.941988
Incertidumbre (-0.028dBm)	C	19.913988

Levels not connected by same letter are significantly different.

De acuerdo a la prueba de hipótesis "Tukey-Kramer", las letras diferentes "A-B-C, indican que hay diferencias entre los valores promedios de la potencia medida y la incertidumbre.

Ordered Differences Report

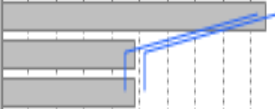
Level	- Level	Difference	Std Err Dif	Lower CL	Upper CL	p-Value	
Incertidumbre (+0.028dBm)	Incertidumbre (-0.028dBm)	0.0560000	0.0008651	0.0539714	0.0580286	<.0001*	
Incertidumbre (+0.028dBm)	Potencia medida	0.0280000	0.0008651	0.0259714	0.0300286	<.0001*	
Potencia medida	Incertidumbre (-0.028dBm)	0.0280000	0.0008651	0.0259714	0.0300286	<.0001*	

Figura 31. Prueba estadística para comparación de medias y pruebas de hipótesis por el método "Tukey-Kramer"..

6.3. EFECTO DE LAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE EN LA MEDICION DEL MENSURANDO

De acuerdo con las especificaciones de la potencia eléctrica de salida cuyo límite inferior es igual 19.9 dBm y límite superior de 20.1, el porcentaje relativo entre la incertidumbre y el ancho de las especificaciones representa un 28.09 % esto una relación que es 3,5 veces más pequeña, de acuerdo a las reglas de medición la relación ideal entre las especificaciones y los sistemas de medición es igual a 4, por lo que podemos concluir que la incertidumbre de este mensurando es aceptable.

Sin embargo, esta variación puede ser significativa cuando el valor del mensurando no tiene una distribución centrada al valor promedio de 20 dBm y se encuentra hacia el límite inferior o superior de especificaciones como se muestra en la figura 32 donde se observa que el valor de mensurando etiquetado como “Potencia medida” y esta desplazado hacia el límite inferior por lo que al afectarlo por el valor negativo de la incertidumbre el porcentaje de piezas fuera de especificación incrementa caso contrario cuando se aplica el valor positivo de la incertidumbre.

Es importante señalar que para estos casos se debe entender cuál es la razón por la que las mediciones no se encuentran distribuidas alrededor del valor central y corregirla para evitar que el riesgo de que el porcentaje de defectos aumente.

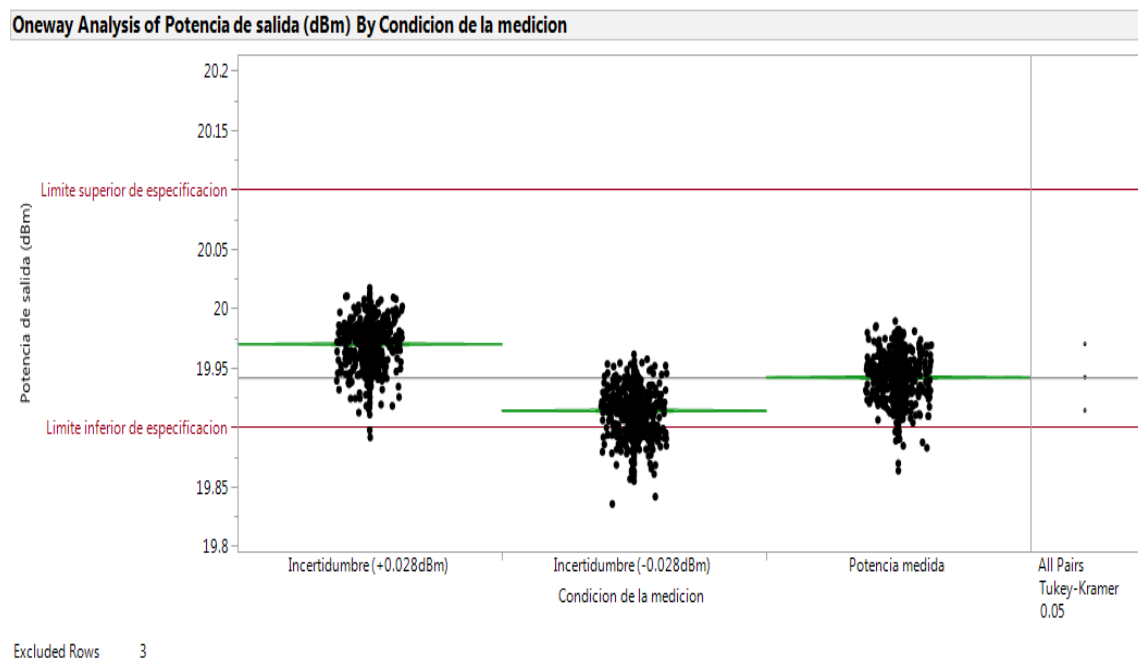


Figura 32. Comparación entre los obtenidos de potencia, su medida menos la incertidumbre, su medida más la incertidumbre y su relación contra las especificaciones de aceptación o rechazo.

CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y ACTIVIDADES DE INVESTIGACION FUTURA.

7.1 CONCLUSIONES

A partir de los resultados de este proyecto podemos concluir lo siguiente:

1. El sistema de pruebas tipo A empleado para la medición del mensurando “Potencia eléctrica de salida” considerando su incertidumbre es adecuado ya que su medida es 3.5 veces menor que la especificación del mensurando.
2. Se rechaza la hipótesis de que el valor del mensurando es igual a su valor +/- su valor de incertidumbre ya que las pruebas de hipótesis demuestran que hay diferencia estadísticamente significativa entre sus valores promedio.
3. Las fuentes de incertidumbre de mayor impacto encontrada con 22 %~ es la asociada a la caracterización de la “pieza de referencia” empleado para el proceso de correlación de sistema de pruebas “A”.
4. La incertidumbre asociada a la medición de potencia eléctrica no es un factor de influencia crítico de sobre rechazo o falsas fallas del sistema de pruebas tipo “A”.
5. Para mediciones potencia eléctrica de salida con distribución desplazada a sus límites inferior o superior es necesario entender las causas (ensamble, diseño, materia prima, etc.) de las cuales se descarta en principio sean las asociadas la incertidumbre, una vez detectada la fuente hacer las correcciones para centrar la distribución.

6. Las conclusiones solo la capacidad del sistema de pruebas tipo “A” empleado para medir las magnitudes eléctricas de amplificadores de potencia en señales de radio frecuencia solo aplican para el mensurando de potencia de salida eléctrica con banda de operación “B5” y frecuencia de 816 MHz.

7.2 TRABAJO FUTURO

Dado que los modelos de incertidumbre para los mensurados de pérdidas de potencia eléctrica por retorno “RRL” y eficiencia adquirida de potencia “PAE no fueron concluidos, estos quedan propuestos como trabajo posterior a conveniencia de las necesidades de la organización.

Siendo la caracterización de la pieza de referencia una de las principales fuentes de incertidumbre se plantea profundizar la investigación en su proceso de caracterización, su manejo, almacenamiento y cuidados, así como el proceso mismo de correlación del sistema de pruebas para, asegurar su confiabilidad y prevenir que su influencia pueda significar un impacto mayor en la medición del mensurando.

La fuente de incertidumbre asociadas a la temperatura fue considerada como un valor despreciable ya que no se logró realizar los experimentos para su comprobación, su efecto real se desconoce por lo que queda como una línea abierta de investigación futura de este proyecto.

CAPITULO 8: REFERENCIAS Y ANEXOS

8.1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] AIAG, 2003. “MSA”, tercera edición, <http://www.aiag.org>.
- [2] AIAG, 2005. “Statistical Process Control”, segunda edición, <http://www.aiag.org>.
- [3] Aranda, V., (2008), guía metas “MSA vs GUM o MSA y GUM”,
<http://www.metas.com.mx>
- [4] Comesaña, P., (2004), “Verificación del producto”, ideas propias editorial S.L., 158 pp/
- [5] Centro Español de metrología, 2007. “La metrología científica en España y su entorno Europeo”, tres cantos, Madrid.
- [6] Gómez, S., (2000), artículo: “Capacidad de medición Vs. Capacidad de proceso”, memorias del simposio de metrología, <http://cenam.com.mx>.
- [7] ISO 9000, (2005), tercera edición, editada por la ISO.
- [8] ISO 10012, (2003), primera edición, editada por la ISO.
- [9] ISO 9001, (2008), cuarta edición, editada por la ISO
- [10] ISO TS16949, (2002), segunda edición, editada por la ISO.

[11] Jaramillo, L., (2006). Artículo: “Relación entre los estudios de repetibilidad y reproducibilidad y la capacidad de procesos”, <http://www.ita.mx>, consultado en Mayo de 2010.

[12] Khare, R., (2008). “Measurement System Analysis”, editado por Symphony Technologies, <http://www.wymphonytech.com>, consultado en Mayo de 2010.

[13] Marban, R. y J. Pellecer, (2002). “Metrología para no metrologos”, segunda edición, www.scribd.com/doc/.../Metrologia-Para-No-Metro-Logos, *consultado en Mayo de 2010.*

[14] Entidad Mexicana de Acreditación,(2010). Artículo de metrología básica, <http://www.metrologia-ema.com/pdf/metrologia-basica.pdf>, consultado en Mayo de 2010

[15] Piñeiro, M., (2000). Metrología: “Introducción, conceptos e instrumentos”, Universidad de Oviedo, 188pp, ISBN 8483172313, 9788483172315, <http://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=9ebXd5nzyKAC&oi=fnd&pg=PA14&dq=mapa+historico+de+la+metrologia&ots=apITxME8fO&sig=LFq0zCnVkNuFMY-hlHw3237-CPg#v=onepage&q&f=false>

[16] Restrepo, J., (2007). “Aseguramiento Metrológico, tomo I, primera edición, editado por el ITM, ISBN 958978237X, 9789589782378

[17] Sanetra, C. y R. Marban, (2007). “Enfrentando un desafío global de la calidad”, editorial PTB, www.yotta.com.ve/lectura_infraestructuradecalidad.html, *consultado en Mayo de 2010.*

- [18] Schmid W., y Lazos R., (2005) “Guía para estimar la incertidumbre de la medición”, revisión 1, <http://cenam.com.mx>, consultado en Mayo de 2010.
- [19] Tabisz (2003), _ “The capability evaluating of industrial measurement systems”, www.imeko.org/publications/wc-2003/PWC-2003-TC20-006.pdf, consultado en Mayo de 2010.
- [20] Todo de metrología, “Metrología y Calidad más que ciencia”, <http://www.todometrologia.ucoz.com>, consultado en Mayo de 2010.
- [21](Vázquez, F., M. Muñoz, (2006). Publicación: “Sistema de Gestión de mediciones”,www.socict.holquin.cu/html/boletines/2006/.../html/.../articulo2.doc, consultado en Mayo de 2010.
- [22] CENAM, (2006). Estándar:“Vocabulario Internacional de Metrología”, tercera edición, <http://cenam.com.mx>, consultada en Mayo de 2010.
- [23] (Weckenmann, M., (1999). Publicación: “Causes and consequences of measurement uncertainty in production metrology”, document H.4 e&d, pp 244.
- [24] Velazco, R. (2006). Publicación la guía metas: “Metrología aplicada en la vida cotidiana”, <http://metas.com.mx>, consultado en Mayo de 2010

8.2 ANEXOS

Datos colectados para determinar la incertidumbre estándar de la repetibilidad de la potencia medida (σ_{PXA})

Sistema de pruebas	Repetición de ensayo	Muestras	PO_B5_816_200_C2 dBm	Sistema de pruebas	Repetición de ensayo	Muestras	PO_B5_816_200_C2 dBm
Sistema de pruebas A	RUN1	1	19.93481442	Sistema de pruebas A	RUN1	49	19.93014142
Sistema de pruebas A	RUN1	2	19.98187857	Sistema de pruebas A	RUN1	51	19.94907948
Sistema de pruebas A	RUN1	3	19.94161603	Sistema de pruebas A	RUN1	52	19.96900587
Sistema de pruebas A	RUN1	4	19.98070746	Sistema de pruebas A	RUN1	54	19.9459899
Sistema de pruebas A	RUN1	5	19.95713231	Sistema de pruebas A	RUN1	53	19.94495961
Sistema de pruebas A	RUN1	6	19.97338515	Sistema de pruebas A	RUN1	56	19.95846587
Sistema de pruebas A	RUN1	7	19.9247627	Sistema de pruebas A	RUN1	55	19.95569989
Sistema de pruebas A	RUN1	8	19.94566756	Sistema de pruebas A	RUN1	57	19.96148488
Sistema de pruebas A	RUN1	9	19.9421291	Sistema de pruebas A	RUN1	58	19.93376379
Sistema de pruebas A	RUN1	10	19.96157103	Sistema de pruebas A	RUN1	59	19.96206662
Sistema de pruebas A	RUN1	11	19.9726524	Sistema de pruebas A	RUN1	60	19.9158824
Sistema de pruebas A	RUN1	12	19.95905905	Sistema de pruebas A	RUN1	61	19.94476888
Sistema de pruebas A	RUN1	14	19.96800833	Sistema de pruebas A	RUN1	62	19.96547728
Sistema de pruebas A	RUN1	13	19.95552251	Sistema de pruebas A	RUN1	64	19.93687849
Sistema de pruebas A	RUN1	15	19.95540234	Sistema de pruebas A	RUN1	63	19.9310722
Sistema de pruebas A	RUN1	16	19.94277792	Sistema de pruebas A	RUN1	66	19.95551711
Sistema de pruebas A	RUN1	17	19.96399304	Sistema de pruebas A	RUN1	65	19.96839902
Sistema de pruebas A	RUN1	18	19.92763739	Sistema de pruebas A	RUN1	67	19.96755215
Sistema de pruebas A	RUN1	20	19.9396842	Sistema de pruebas A	RUN1	68	19.94525366
Sistema de pruebas A	RUN1	19	19.95206258	Sistema de pruebas A	RUN1	69	19.95138165
Sistema de pruebas A	RUN1	21	19.97121808	Sistema de pruebas A	RUN1	70	19.93804961
Sistema de pruebas A	RUN1	22	19.94879752	Sistema de pruebas A	RUN1	71	19.94329259
Sistema de pruebas A	RUN1	23	19.93239781	Sistema de pruebas A	RUN1	72	19.96039229
Sistema de pruebas A	RUN1	24	19.9702056	Sistema de pruebas A	RUN1	73	19.95509335
Sistema de pruebas A	RUN1	25	19.97551724	Sistema de pruebas A	RUN1	74	19.9347251
Sistema de pruebas A	RUN1	26	19.96492033	Sistema de pruebas A	RUN1	76	19.90898352
Sistema de pruebas A	RUN1	27	19.96142003	Sistema de pruebas A	RUN1	75	19.95409581
Sistema de pruebas A	RUN1	28	19.92849951	Sistema de pruebas A	RUN1	77	19.93640324
Sistema de pruebas A	RUN1	29	19.95629498	Sistema de pruebas A	RUN1	78	19.95506506
Sistema de pruebas A	RUN1	30	19.9597724	Sistema de pruebas A	RUN1	80	19.95045119
Sistema de pruebas A	RUN1	32	19.95510512	Sistema de pruebas A	RUN1	79	19.93633839
Sistema de pruebas A	RUN1	31	19.96115491	Sistema de pruebas A	RUN1	82	19.93018942
Sistema de pruebas A	RUN1	33	19.94826314	Sistema de pruebas A	RUN1	81	19.93991849
Sistema de pruebas A	RUN1	34	19.94613104	Sistema de pruebas A	RUN1	83	19.95272824
Sistema de pruebas A	RUN1	35	19.9418163	Sistema de pruebas A	RUN1	84	19.93520766
Sistema de pruebas A	RUN1	36	19.9483779	Sistema de pruebas A	RUN1	85	19.94138715
Sistema de pruebas A	RUN1	38	19.95876723	Sistema de pruebas A	RUN1	86	19.93008452
Sistema de pruebas A	RUN1	37	19.96544453	Sistema de pruebas A	RUN1	87	19.96524045
Sistema de pruebas A	RUN1	39	19.93513104	Sistema de pruebas A	RUN1	88	19.9625743
Sistema de pruebas A	RUN1	40	19.96231108	Sistema de pruebas A	RUN1	89	19.95938298
Sistema de pruebas A	RUN1	41	19.96520612	Sistema de pruebas A	RUN1	90	19.92879134
Sistema de pruebas A	RUN1	42	19.93377524	Sistema de pruebas A	RUN1	91	19.95461842
Sistema de pruebas A	RUN1	43	19.96026227	Sistema de pruebas A	RUN1	92	19.96488219
Sistema de pruebas A	RUN1	44	19.96595984	Sistema de pruebas A	RUN1	93	19.95635793
Sistema de pruebas A	RUN1	46	19.94184332	Sistema de pruebas A	RUN1	94	19.95745497
Sistema de pruebas A	RUN1	45	19.9500694	Sistema de pruebas A	RUN1	96	19.9466136
Sistema de pruebas A	RUN1	47	19.94426534	Sistema de pruebas A	RUN1	95	19.9564552
Sistema de pruebas A	RUN1	48	19.93617278	Sistema de pruebas A	RUN1	97	19.96099088
Sistema de pruebas A	RUN1	50	19.95212965	Sistema de pruebas A	RUN1	98	19.95767622
				Sistema de pruebas A	RUN1	99	19.9532356
				Sistema de pruebas A	RUN1	100	19.94618254

Sistema de pruebas	Repetición de ensayo	Muestras	PO_B5_816_200_C2 dBm	Sistema de pruebas	Repetición de ensayo	Muestras	PO_B5_816_200_C2 dBm
Sistema de pruebas A	RUN1	101	19.97146413	Sistema de pruebas A	RUN1	151	19.95590398
Sistema de pruebas A	RUN1	102	19.95836668	Sistema de pruebas A	RUN1	152	19.92792731
Sistema de pruebas A	RUN1	103	19.96816632	Sistema de pruebas A	RUN1	153	19.95367238
Sistema de pruebas A	RUN1	104	19.95531683	Sistema de pruebas A	RUN1	154	19.91994315
Sistema de pruebas A	RUN1	106	19.95452147	Sistema de pruebas A	RUN1	155	19.95333859
Sistema de pruebas A	RUN1	105	19.92179295	Sistema de pruebas A	RUN1	156	19.9003604
Sistema de pruebas A	RUN1	107	19.94441411	Sistema de pruebas A	RUN1	157	19.96203419
Sistema de pruebas A	RUN1	108	19.96437483	Sistema de pruebas A	RUN1	158	19.93008833
Sistema de pruebas A	RUN1	109	19.95055005	Sistema de pruebas A	RUN1	160	19.92938834
Sistema de pruebas A	RUN1	110	19.94643431	Sistema de pruebas A	RUN1	159	19.92931554
Sistema de pruebas A	RUN1	111	19.95159146	Sistema de pruebas A	RUN1	162	19.94494276
Sistema de pruebas A	RUN1	112	19.95275526	Sistema de pruebas A	RUN1	161	19.930397
Sistema de pruebas A	RUN1	113	19.9523029	Sistema de pruebas A	RUN1	164	19.9280551
Sistema de pruebas A	RUN1	114	19.95402556	Sistema de pruebas A	RUN1	163	19.95054051
Sistema de pruebas A	RUN1	116	19.96159773	Sistema de pruebas A	RUN1	165	19.91786954
Sistema de pruebas A	RUN1	115	19.96702954	Sistema de pruebas A	RUN1	166	19.9356349
Sistema de pruebas A	RUN1	118	19.94363242	Sistema de pruebas A	RUN1	167	19.93990514
Sistema de pruebas A	RUN1	117	19.96511266	Sistema de pruebas A	RUN1	168	19.93306952
Sistema de pruebas A	RUN1	119	19.94521138	Sistema de pruebas A	RUN1	170	19.892937
Sistema de pruebas A	RUN1	120	19.95972853	Sistema de pruebas A	RUN1	169	19.93534848
Sistema de pruebas A	RUN1	121	19.94484898	Sistema de pruebas A	RUN1	171	19.94590375
Sistema de pruebas A	RUN1	122	19.944979	Sistema de pruebas A	RUN1	172	19.94820815
Sistema de pruebas A	RUN1	124	19.9396041	Sistema de pruebas A	RUN1	173	19.9408054
Sistema de pruebas A	RUN1	123	19.95319745	Sistema de pruebas A	RUN1	174	19.94671088
Sistema de pruebas A	RUN1	126	19.95724707	Sistema de pruebas A	RUN1	175	19.92976186
Sistema de pruebas A	RUN1	125	19.96526715	Sistema de pruebas A	RUN1	176	19.93578368
Sistema de pruebas A	RUN1	127	-46.29656223	Sistema de pruebas A	RUN1	177	19.9235172
Sistema de pruebas A	RUN1	128	19.96764403	Sistema de pruebas A	RUN1	178	19.92830687
Sistema de pruebas A	RUN1	129	19.95671078	Sistema de pruebas A	RUN1	179	19.94218633
Sistema de pruebas A	RUN1	130	19.92384749	Sistema de pruebas A	RUN1	180	19.92438727
Sistema de pruebas A	RUN1	131	19.9681873	Sistema de pruebas A	RUN1	181	19.91824719
Sistema de pruebas A	RUN1	132	19.90698462	Sistema de pruebas A	RUN1	182	19.92017966
Sistema de pruebas A	RUN1	134	19.9519599	Sistema de pruebas A	RUN1	183	19.94841954
Sistema de pruebas A	RUN1	133	19.97676846	Sistema de pruebas A	RUN1	184	19.92874556
Sistema de pruebas A	RUN1	135	19.94830891	Sistema de pruebas A	RUN1	185	19.94133946
Sistema de pruebas A	RUN1	136	19.92353278	Sistema de pruebas A	RUN1	186	19.9233573
Sistema de pruebas A	RUN1	137	19.93928906	Sistema de pruebas A	RUN1	187	19.95231053
Sistema de pruebas A	RUN1	138	19.93600493	Sistema de pruebas A	RUN1	188	19.90740233
Sistema de pruebas A	RUN1	139	19.96056172	Sistema de pruebas A	RUN1	189	19.94296071
Sistema de pruebas A	RUN1	140	19.95976096	Sistema de pruebas A	RUN1	190	19.91564398
Sistema de pruebas A	RUN1	141	19.96347043	Sistema de pruebas A	RUN1	191	19.93957898
Sistema de pruebas A	RUN1	142	19.91519194	Sistema de pruebas A	RUN1	192	19.91334753
Sistema de pruebas A	RUN1	143	19.95245358	Sistema de pruebas A	RUN1	193	19.92393491
Sistema de pruebas A	RUN1	144	19.93650465	Sistema de pruebas A	RUN1	194	19.94191771
Sistema de pruebas A	RUN1	146	19.94356566	Sistema de pruebas A	RUN1	195	19.94201085
Sistema de pruebas A	RUN1	145	19.97413823	Sistema de pruebas A	RUN1	196	19.92460661
Sistema de pruebas A	RUN1	147	19.95016858	Sistema de pruebas A	RUN1	198	19.88975745
Sistema de pruebas A	RUN1	148	19.92971259	Sistema de pruebas A	RUN1	197	19.93894955
Sistema de pruebas A	RUN1	149	19.93168256	Sistema de pruebas A	RUN1	199	19.94493291
Sistema de pruebas A	RUN1	150	19.93601065	Sistema de pruebas A	RUN1	200	19.89596205

Sistema de pruebas	Repetición de ensayo	Muestras	PO_B5_816_200_C2 dBm
Sistema de pruebas A	RUN1	202	19.90912276
Sistema de pruebas A	RUN1	201	19.94677731
Sistema de pruebas A	RUN1	203	19.96320912
Sistema de pruebas A	RUN1	204	19.94076567
Sistema de pruebas A	RUN1	205	19.922842
Sistema de pruebas A	RUN1	206	19.95255118
Sistema de pruebas A	RUN1	208	19.94045096
Sistema de pruebas A	RUN1	207	19.95771596
Sistema de pruebas A	RUN1	210	19.94955283
Sistema de pruebas A	RUN1	209	19.92945477
Sistema de pruebas A	RUN1	212	19.94527274
Sistema de pruebas A	RUN1	211	19.94973752
Sistema de pruebas A	RUN1	214	19.94903784
Sistema de pruebas A	RUN1	213	19.94319913
Sistema de pruebas A	RUN1	215	19.96253201
Sistema de pruebas A	RUN1	216	19.90363913
Sistema de pruebas A	RUN1	217	19.94481847
Sistema de pruebas A	RUN1	218	19.92096739
Sistema de pruebas A	RUN1	219	19.94021031
Sistema de pruebas A	RUN1	220	19.94369727
Sistema de pruebas A	RUN1	221	19.93110463
Sistema de pruebas A	RUN1	222	19.9535163
Sistema de pruebas A	RUN1	223	19.93970296
Sistema de pruebas A	RUN1	224	19.91790038
Sistema de pruebas A	RUN1	225	19.96286961
Sistema de pruebas A	RUN1	226	19.92478018
Sistema de pruebas A	RUN1	227	19.96197125
Sistema de pruebas A	RUN1	228	19.92010718
Sistema de pruebas A	RUN1	229	19.95912549
Sistema de pruebas A	RUN1	230	19.97443991
Sistema de pruebas A	RUN1	231	19.97148701
Sistema de pruebas A	RUN1	232	19.91841154
Sistema de pruebas A	RUN1	233	19.98389813
Sistema de pruebas A	RUN1	234	19.93655234
Sistema de pruebas A	RUN1	235	19.96635052
Sistema de pruebas A	RUN1	236	19.93920546
Sistema de pruebas A	RUN1	238	19.95804816
Sistema de pruebas A	RUN1	237	19.9540157
Sistema de pruebas A	RUN1	239	19.9813709
Sistema de pruebas A	RUN1	240	19.92371779
Sistema de pruebas A	RUN1	241	19.94346234
Sistema de pruebas A	RUN1	242	19.95593481
Sistema de pruebas A	RUN1	243	19.94216725
Sistema de pruebas A	RUN1	244	19.93513899
Sistema de pruebas A	RUN1	246	19.90461569
Sistema de pruebas A	RUN1	245	19.93743893
Sistema de pruebas A	RUN1	247	19.94497868
Sistema de pruebas A	RUN1	248	19.931351
Sistema de pruebas A	RUN1	249	19.93018529
Sistema de pruebas A	RUN1	250	19.92442542

Sistema de pruebas	Repetición de ensayo	Muestras	PO_B5_816_200_C2 dBm
Sistema de pruebas A	RUN1	251	19.91371342
Sistema de pruebas A	RUN1	252	19.92082434
Sistema de pruebas A	RUN1	253	19.95074651
Sistema de pruebas A	RUN1	254	19.94741278
Sistema de pruebas A	RUN1	255	19.94885823
Sistema de pruebas A	RUN1	256	19.92586546
Sistema de pruebas A	RUN1	257	19.95456502
Sistema de pruebas A	RUN1	258	19.9121955
Sistema de pruebas A	RUN1	259	19.94130894
Sistema de pruebas A	RUN1	260	19.94108038
Sistema de pruebas A	RUN1	262	19.95257407
Sistema de pruebas A	RUN1	261	19.95211407
Sistema de pruebas A	RUN1	263	19.92936131
Sistema de pruebas A	RUN1	264	19.92922049
Sistema de pruebas A	RUN1	265	19.95406148
Sistema de pruebas A	RUN1	266	19.94369154
Sistema de pruebas A	RUN1	267	19.95343777
Sistema de pruebas A	RUN1	268	19.92751723
Sistema de pruebas A	RUN1	269	19.95514485
Sistema de pruebas A	RUN1	270	19.94042807
Sistema de pruebas A	RUN1	271	19.94933316
Sistema de pruebas A	RUN1	272	19.96145277
Sistema de pruebas A	RUN1	274	19.95277243
Sistema de pruebas A	RUN1	273	19.95003316
Sistema de pruebas A	RUN1	276	19.93922072
Sistema de pruebas A	RUN1	275	19.93241307
Sistema de pruebas A	RUN1	277	19.96852109
Sistema de pruebas A	RUN1	278	19.93274718
Sistema de pruebas A	RUN1	280	19.94755774
Sistema de pruebas A	RUN1	279	19.94711682
Sistema de pruebas A	RUN1	281	19.9478111
Sistema de pruebas A	RUN1	282	19.92033224
Sistema de pruebas A	RUN1	283	19.94484326
Sistema de pruebas A	RUN1	284	19.95100623
Sistema de pruebas A	RUN1	285	19.94785497
Sistema de pruebas A	RUN1	286	19.91854124
Sistema de pruebas A	RUN1	287	19.91223332
Sistema de pruebas A	RUN1	288	19.94030981
Sistema de pruebas A	RUN1	290	19.94875555
Sistema de pruebas A	RUN1	289	19.94021222
Sistema de pruebas A	RUN1	291	19.92701337
Sistema de pruebas A	RUN1	292	19.92939024
Sistema de pruebas A	RUN1	293	19.93676755
Sistema de pruebas A	RUN1	294	19.92278319
Sistema de pruebas A	RUN1	295	19.94698331
Sistema de pruebas A	RUN1	296	19.94348364
Sistema de pruebas A	RUN1	298	19.86937552
Sistema de pruebas A	RUN1	297	19.94076154

Sistema de pruebas	Repeticion de ensayo	Muestras	PO_B5_816_200_C 2 dBm	Sistema de pruebas	Repeticion de ensayo	Muestras	PO_B5_816_200_C 2 dBm
Sistema de pruebas A	RUN2	1	19.88710019	Sistema de pruebas A	RUN2	51	19.94733044
Sistema de pruebas A	RUN2	2	19.92332678	Sistema de pruebas A	RUN2	52	19.95139723
Sistema de pruebas A	RUN2	3	19.89148137	Sistema de pruebas A	RUN2	54	19.95913725
Sistema de pruebas A	RUN2	4	19.93019514	Sistema de pruebas A	RUN2	53	19.93888661
Sistema de pruebas A	RUN2	5	19.93427464	Sistema de pruebas A	RUN2	55	19.93416783
Sistema de pruebas A	RUN2	6	19.95881491	Sistema de pruebas A	RUN2	56	19.91153365
Sistema de pruebas A	RUN2	7	19.9157314	Sistema de pruebas A	RUN2	57	19.9546127
Sistema de pruebas A	RUN2	8	19.95084219	Sistema de pruebas A	RUN2	58	19.91446143
Sistema de pruebas A	RUN2	9	19.92740437	Sistema de pruebas A	RUN2	59	19.92620656
Sistema de pruebas A	RUN2	10	19.95539885	Sistema de pruebas A	RUN2	60	19.91094809
Sistema de pruebas A	RUN2	12	19.9403308	Sistema de pruebas A	RUN2	61	19.95379445
Sistema de pruebas A	RUN2	11	19.95147511	Sistema de pruebas A	RUN2	62	19.94885664
Sistema de pruebas A	RUN2	13	19.94363782	Sistema de pruebas A	RUN2	64	19.96830016
Sistema de pruebas A	RUN2	14	19.92284995	Sistema de pruebas A	RUN2	63	19.93369099
Sistema de pruebas A	RUN2	15	19.95914647	Sistema de pruebas A	RUN2	65	19.919548
Sistema de pruebas A	RUN2	16	19.95091467	Sistema de pruebas A	RUN2	66	19.94592505
Sistema de pruebas A	RUN2	18	19.94831305	Sistema de pruebas A	RUN2	67	19.95429417
Sistema de pruebas A	RUN2	17	19.94569203	Sistema de pruebas A	RUN2	68	19.91210204
Sistema de pruebas A	RUN2	19	19.96080205	Sistema de pruebas A	RUN2	70	19.94592886
Sistema de pruebas A	RUN2	20	19.952843	Sistema de pruebas A	RUN2	69	19.93757436
Sistema de pruebas A	RUN2	21	19.9320564	Sistema de pruebas A	RUN2	71	19.94016263
Sistema de pruebas A	RUN2	22	19.92593985	Sistema de pruebas A	RUN2	72	19.93219023
Sistema de pruebas A	RUN2	23	19.93393132	Sistema de pruebas A	RUN2	73	19.91829297
Sistema de pruebas A	RUN2	24	19.95470267	Sistema de pruebas A	RUN2	74	19.93113356
Sistema de pruebas A	RUN2	25	19.92096135	Sistema de pruebas A	RUN2	75	19.94445988
Sistema de pruebas A	RUN2	26	19.94241171	Sistema de pruebas A	RUN2	76	19.92583113
Sistema de pruebas A	RUN2	27	19.97024724	Sistema de pruebas A	RUN2	77	19.91654393
Sistema de pruebas A	RUN2	28	19.93751936	Sistema de pruebas A	RUN2	78	19.92050581
Sistema de pruebas A	RUN2	30	19.94503241	Sistema de pruebas A	RUN2	79	19.94113347
Sistema de pruebas A	RUN2	29	19.94294164	Sistema de pruebas A	RUN2	80	19.94137411
Sistema de pruebas A	RUN2	31	19.9380779	Sistema de pruebas A	RUN2	81	19.95670125
Sistema de pruebas A	RUN2	32	19.94851523	Sistema de pruebas A	RUN2	82	19.92815428
Sistema de pruebas A	RUN2	33	19.94867703	Sistema de pruebas A	RUN2	83	19.95118138
Sistema de pruebas A	RUN2	34	19.96229201	Sistema de pruebas A	RUN2	84	19.95952254
Sistema de pruebas A	RUN2	35	19.94549557	Sistema de pruebas A	RUN2	85	19.94384953
Sistema de pruebas A	RUN2	36	19.94945746	Sistema de pruebas A	RUN2	86	19.94891005
Sistema de pruebas A	RUN2	37	19.92832181	Sistema de pruebas A	RUN2	87	19.96375844
Sistema de pruebas A	RUN2	38	19.95303183	Sistema de pruebas A	RUN2	88	19.94564658
Sistema de pruebas A	RUN2	40	19.9290946	Sistema de pruebas A	RUN2	89	19.94297215
Sistema de pruebas A	RUN2	39	19.95612523	Sistema de pruebas A	RUN2	90	19.94416838
Sistema de pruebas A	RUN2	41	19.95426175	Sistema de pruebas A	RUN2	91	19.9613609
Sistema de pruebas A	RUN2	42	19.92320471	Sistema de pruebas A	RUN2	92	19.91759901
Sistema de pruebas A	RUN2	43	19.95594975	Sistema de pruebas A	RUN2	93	19.93118665
Sistema de pruebas A	RUN2	44	19.95274954	Sistema de pruebas A	RUN2	94	19.94368964
Sistema de pruebas A	RUN2	45	19.95873448	Sistema de pruebas A	RUN2	96	19.96705466
Sistema de pruebas A	RUN2	46	19.93437415	Sistema de pruebas A	RUN2	95	19.9730148
Sistema de pruebas A	RUN2	48	19.93329649	Sistema de pruebas A	RUN2	98	19.91572028
Sistema de pruebas A	RUN2	47	19.92526242	Sistema de pruebas A	RUN2	97	19.97316739
Sistema de pruebas A	RUN2	49	19.93038174	Sistema de pruebas A	RUN2	99	19.94830891
Sistema de pruebas A	RUN2	50	19.92735701	Sistema de pruebas A	RUN2	100	19.94543105

Sistema de pruebas	Repeticion de ensayo	Muestras	PO_B5_816_200_C 2 dBm	Sistema de pruebas	Repeticion de ensayo	Muestras	PO_B5_816_200_C 2 dBm
Sistema de pruebas A	RUN2	101	19.95535275	Sistema de pruebas A	RUN2	151	19.94783398
Sistema de pruebas A	RUN2	102	19.91662245	Sistema de pruebas A	RUN2	152	19.93727904
Sistema de pruebas A	RUN2	103	19.97943494	Sistema de pruebas A	RUN2	153	19.95921132
Sistema de pruebas A	RUN2	104	19.95051222	Sistema de pruebas A	RUN2	154	19.89723425
Sistema de pruebas A	RUN2	105	19.93261334	Sistema de pruebas A	RUN2	155	19.92251012
Sistema de pruebas A	RUN2	106	19.9272254	Sistema de pruebas A	RUN2	156	19.94333105
Sistema de pruebas A	RUN2	107	19.96859738	Sistema de pruebas A	RUN2	157	19.95182416
Sistema de pruebas A	RUN2	108	19.94839316	Sistema de pruebas A	RUN2	158	19.93501311
Sistema de pruebas A	RUN2	109	19.9789581	Sistema de pruebas A	RUN2	159	19.96052167
Sistema de pruebas A	RUN2	110	19.94369154	Sistema de pruebas A	RUN2	160	19.93635588
Sistema de pruebas A	RUN2	111	19.97209927	Sistema de pruebas A	RUN2	161	19.91099164
Sistema de pruebas A	RUN2	112	19.92665892	Sistema de pruebas A	RUN2	162	19.94504385
Sistema de pruebas A	RUN2	113	19.94634816	Sistema de pruebas A	RUN2	163	19.95204732
Sistema de pruebas A	RUN2	114	19.90958243	Sistema de pruebas A	RUN2	164	19.93593626
Sistema de pruebas A	RUN2	115	19.96454808	Sistema de pruebas A	RUN2	165	19.94509694
Sistema de pruebas A	RUN2	116	19.92112189	Sistema de pruebas A	RUN2	166	19.9465602
Sistema de pruebas A	RUN2	118	19.9553073	Sistema de pruebas A	RUN2	168	19.88419943
Sistema de pruebas A	RUN2	117	19.95903584	Sistema de pruebas A	RUN2	167	19.93788335
Sistema de pruebas A	RUN2	119	19.97347638	Sistema de pruebas A	RUN2	169	19.9309673
Sistema de pruebas A	RUN2	120	19.94433051	Sistema de pruebas A	RUN2	170	19.92677718
Sistema de pruebas A	RUN2	121	19.96286198	Sistema de pruebas A	RUN2	171	19.93617818
Sistema de pruebas A	RUN2	122	19.92420226	Sistema de pruebas A	RUN2	172	19.93915778
Sistema de pruebas A	RUN2	123	19.95600507	Sistema de pruebas A	RUN2	173	19.91533086
Sistema de pruebas A	RUN2	124	19.91706305	Sistema de pruebas A	RUN2	174	19.91425543
Sistema de pruebas A	RUN2	125	19.96985814	Sistema de pruebas A	RUN2	176	19.91896468
Sistema de pruebas A	RUN2	126	19.92945319	Sistema de pruebas A	RUN2	175	19.95074841
Sistema de pruebas A	RUN2	128	19.94587927	Sistema de pruebas A	RUN2	177	19.9518604
Sistema de pruebas A	RUN2	127	19.96080777	Sistema de pruebas A	RUN2	178	19.9216445
Sistema de pruebas A	RUN2	129	19.94299313	Sistema de pruebas A	RUN2	180	19.89911108
Sistema de pruebas A	RUN2	130	19.91752654	Sistema de pruebas A	RUN2	179	19.95776746
Sistema de pruebas A	RUN2	132	19.92031699	Sistema de pruebas A	RUN2	181	19.94061848
Sistema de pruebas A	RUN2	131	19.9469814	Sistema de pruebas A	RUN2	182	19.93622427
Sistema de pruebas A	RUN2	133	19.94005772	Sistema de pruebas A	RUN2	183	19.95268246
Sistema de pruebas A	RUN2	134	19.92786055	Sistema de pruebas A	RUN2	184	19.91829901
Sistema de pruebas A	RUN2	136	19.94209319	Sistema de pruebas A	RUN2	185	19.95263287
Sistema de pruebas A	RUN2	135	19.95373532	Sistema de pruebas A	RUN2	186	19.93971281
Sistema de pruebas A	RUN2	138	19.90057784	Sistema de pruebas A	RUN2	187	19.94009396
Sistema de pruebas A	RUN2	137	19.97027585	Sistema de pruebas A	RUN2	188	19.91979247
Sistema de pruebas A	RUN2	139	19.96293637	Sistema de pruebas A	RUN2	189	19.91738316
Sistema de pruebas A	RUN2	140	19.92368155	Sistema de pruebas A	RUN2	190	19.91709547
Sistema de pruebas A	RUN2	142	19.93595724	Sistema de pruebas A	RUN2	192	19.9286521
Sistema de pruebas A	RUN2	141	19.97103688	Sistema de pruebas A	RUN2	191	19.94847485
Sistema de pruebas A	RUN2	144	19.93317252	Sistema de pruebas A	RUN2	194	19.94479208
Sistema de pruebas A	RUN2	143	19.93722913	Sistema de pruebas A	RUN2	193	19.93350407
Sistema de pruebas A	RUN2	145	19.93078992	Sistema de pruebas A	RUN2	195	19.93746373
Sistema de pruebas A	RUN2	146	19.92698317	Sistema de pruebas A	RUN2	196	19.90035277
Sistema de pruebas A	RUN2	148	19.8960269	Sistema de pruebas A	RUN2	198	19.91423636
Sistema de pruebas A	RUN2	147	19.9306297	Sistema de pruebas A	RUN2	197	19.94695088
Sistema de pruebas A	RUN2	149	19.9581413	Sistema de pruebas A	RUN2	199	19.95901486
Sistema de pruebas A	RUN2	150	19.92427473	Sistema de pruebas A	RUN2	200	19.93673354

Sistema de pruebas	Repeticion de ensayo	Muestras	PO_B5_816_200_C 2 dBm
Sistema de pruebas A	RUN2	201	19.9475002
Sistema de pruebas A	RUN2	202	19.907368
Sistema de pruebas A	RUN2	204	19.91599112
Sistema de pruebas A	RUN2	203	19.95225522
Sistema de pruebas A	RUN2	205	19.9406757
Sistema de pruebas A	RUN2	206	19.93058615
Sistema de pruebas A	RUN2	207	19.94966122
Sistema de pruebas A	RUN2	208	19.94272452
Sistema de pruebas A	RUN2	209	19.96757695
Sistema de pruebas A	RUN2	210	19.93577986
Sistema de pruebas A	RUN2	211	19.95774075
Sistema de pruebas A	RUN2	212	19.92255049
Sistema de pruebas A	RUN2	214	19.94631415
Sistema de pruebas A	RUN2	213	19.91931531
Sistema de pruebas A	RUN2	215	19.94623753
Sistema de pruebas A	RUN2	216	19.95861464
Sistema de pruebas A	RUN2	217	19.94272038
Sistema de pruebas A	RUN2	218	19.92606383
Sistema de pruebas A	RUN2	220	19.94191199
Sistema de pruebas A	RUN2	219	19.96656224
Sistema de pruebas A	RUN2	221	19.94806859
Sistema de pruebas A	RUN2	222	19.92540961
Sistema de pruebas A	RUN2	223	19.95846173
Sistema de pruebas A	RUN2	224	19.93108206
Sistema de pruebas A	RUN2	225	19.97010609
Sistema de pruebas A	RUN2	226	19.95302802
Sistema de pruebas A	RUN2	227	19.93793866
Sistema de pruebas A	RUN2	228	19.94430762
Sistema de pruebas A	RUN2	229	19.93643185
Sistema de pruebas A	RUN2	230	19.93456488
Sistema de pruebas A	RUN2	231	19.9266319
Sistema de pruebas A	RUN2	232	19.90921049
Sistema de pruebas A	RUN2	233	19.96261594
Sistema de pruebas A	RUN2	234	19.94543295
Sistema de pruebas A	RUN2	236	19.96435957
Sistema de pruebas A	RUN2	235	19.95546719
Sistema de pruebas A	RUN2	238	19.95495634
Sistema de pruebas A	RUN2	237	19.95318219
Sistema de pruebas A	RUN2	240	19.92693739
Sistema de pruebas A	RUN2	239	19.95743939
Sistema de pruebas A	RUN2	241	19.90995786
Sistema de pruebas A	RUN2	242	19.91242056
Sistema de pruebas A	RUN2	243	19.90972516
Sistema de pruebas A	RUN2	244	19.92311507
Sistema de pruebas A	RUN2	245	19.93208501
Sistema de pruebas A	RUN2	246	19.93593817
Sistema de pruebas A	RUN2	247	19.93206975
Sistema de pruebas A	RUN2	248	19.92970877
Sistema de pruebas A	RUN2	249	19.94053456
Sistema de pruebas A	RUN2	250	19.92348509

Sistema de pruebas	Repeticion de ensayo	Muestras	PO_B5_816_200_C 2 dBm
Sistema de pruebas A	RUN2	251	19.94526479
Sistema de pruebas A	RUN2	252	19.9178279
Sistema de pruebas A	RUN2	253	19.95380971
Sistema de pruebas A	RUN2	254	19.93572836
Sistema de pruebas A	RUN2	255	19.9533157
Sistema de pruebas A	RUN2	256	19.93337469
Sistema de pruebas A	RUN2	258	19.92296057
Sistema de pruebas A	RUN2	257	19.90599248
Sistema de pruebas A	RUN2	259	19.94596097
Sistema de pruebas A	RUN2	260	19.93417578
Sistema de pruebas A	RUN2	261	19.91222379
Sistema de pruebas A	RUN2	262	19.91243773
Sistema de pruebas A	RUN2	263	19.93751904
Sistema de pruebas A	RUN2	264	19.94558884
Sistema de pruebas A	RUN2	265	19.94124982
Sistema de pruebas A	RUN2	266	19.93833762
Sistema de pruebas A	RUN2	267	19.95046613
Sistema de pruebas A	RUN2	268	19.91498404
Sistema de pruebas A	RUN2	269	19.95158574
Sistema de pruebas A	RUN2	270	19.89713126
Sistema de pruebas A	RUN2	272	19.86322813
Sistema de pruebas A	RUN2	271	19.93768689
Sistema de pruebas A	RUN2	274	19.93874579
Sistema de pruebas A	RUN2	273	19.94215771
Sistema de pruebas A	RUN2	275	19.91433904
Sistema de pruebas A	RUN2	276	19.95926886
Sistema de pruebas A	RUN2	277	19.91154668
Sistema de pruebas A	RUN2	278	19.97444754
Sistema de pruebas A	RUN2	279	19.93057629
Sistema de pruebas A	RUN2	280	19.94109183
Sistema de pruebas A	RUN2	281	19.92882344
Sistema de pruebas A	RUN2	282	19.91470557
Sistema de pruebas A	RUN2	283	19.9486179
Sistema de pruebas A	RUN2	284	19.93273001
Sistema de pruebas A	RUN2	285	19.90596005
Sistema de pruebas A	RUN2	286	19.9447196
Sistema de pruebas A	RUN2	287	19.91649434
Sistema de pruebas A	RUN2	288	19.92374068
Sistema de pruebas A	RUN2	289	19.94824216
Sistema de pruebas A	RUN2	290	19.9424079
Sistema de pruebas A	RUN2	292	19.92474013
Sistema de pruebas A	RUN2	291	19.90348813
Sistema de pruebas A	RUN2	294	19.90990096
Sistema de pruebas A	RUN2	293	19.96288106
Sistema de pruebas A	RUN2	295	19.95073506
Sistema de pruebas A	RUN2	296	19.94560652
Sistema de pruebas A	RUN2	297	19.96895787
Sistema de pruebas A	RUN2	298	19.88838225

Sistema de pruebas	Repetición de ensayo	Muestras	PO_B5_81 6_200_C2 dBm	Sistema de pruebas	Repetición de ensayo	Muestras	PO_B5_81 6_200_C2 dBm
Sistema de pruebas A	RUN3	1	19.91680142	Sistema de pruebas A	RUN3	49	19.96272275
Sistema de pruebas A	RUN3	2	19.94629698	Sistema de pruebas A	RUN3	51	19.964138
Sistema de pruebas A	RUN3	3	19.91109082	Sistema de pruebas A	RUN3	52	19.94784193
Sistema de pruebas A	RUN3	4	19.94378119	Sistema de pruebas A	RUN3	53	19.96048543
Sistema de pruebas A	RUN3	5	19.91974446	Sistema de pruebas A	RUN3	54	19.93323927
Sistema de pruebas A	RUN3	6	19.94309645	Sistema de pruebas A	RUN3	55	19.96064565
Sistema de pruebas A	RUN3	7	19.9306812	Sistema de pruebas A	RUN3	56	19.94819479
Sistema de pruebas A	RUN3	8	19.92373114	Sistema de pruebas A	RUN3	57	19.94967076
Sistema de pruebas A	RUN3	9	19.91841122	Sistema de pruebas A	RUN3	58	19.90801268
Sistema de pruebas A	RUN3	10	19.9631732	Sistema de pruebas A	RUN3	59	19.93078038
Sistema de pruebas A	RUN3	11	19.9786739	Sistema de pruebas A	RUN3	60	19.93455153
Sistema de pruebas A	RUN3	12	19.95036726	Sistema de pruebas A	RUN3	61	19.96854398
Sistema de pruebas A	RUN3	13	19.95804784	Sistema de pruebas A	RUN3	62	19.95013457
Sistema de pruebas A	RUN3	14	19.9586032	Sistema de pruebas A	RUN3	63	19.9538326
Sistema de pruebas A	RUN3	15	19.93287656	Sistema de pruebas A	RUN3	64	19.92749815
Sistema de pruebas A	RUN3	16	19.94568282	Sistema de pruebas A	RUN3	65	19.95627972
Sistema de pruebas A	RUN3	17	19.95041844	Sistema de pruebas A	RUN3	66	19.95523863
Sistema de pruebas A	RUN3	18	19.93981772	Sistema de pruebas A	RUN3	67	19.96661755
Sistema de pruebas A	RUN3	20	19.96456938	Sistema de pruebas A	RUN3	68	19.90914183
Sistema de pruebas A	RUN3	19	19.92031476	Sistema de pruebas A	RUN3	69	19.97250745
Sistema de pruebas A	RUN3	21	19.92105099	Sistema de pruebas A	RUN3	70	19.92588835
Sistema de pruebas A	RUN3	22	19.92075377	Sistema de pruebas A	RUN3	72	19.93748885
Sistema de pruebas A	RUN3	23	19.9510555	Sistema de pruebas A	RUN3	71	19.97203633
Sistema de pruebas A	RUN3	24	19.90358572	Sistema de pruebas A	RUN3	73	19.98105428
Sistema de pruebas A	RUN3	26	19.94997435	Sistema de pruebas A	RUN3	74	19.9264472
Sistema de pruebas A	RUN3	25	19.96806714	Sistema de pruebas A	RUN3	76	19.95871001
Sistema de pruebas A	RUN3	27	19.96269604	Sistema de pruebas A	RUN3	75	19.96246526
Sistema de pruebas A	RUN3	28	19.89095717	Sistema de pruebas A	RUN3	77	19.96299741
Sistema de pruebas A	RUN3	29	19.9559631	Sistema de pruebas A	RUN3	78	19.93627959
Sistema de pruebas A	RUN3	30	19.9205287	Sistema de pruebas A	RUN3	79	19.94431302
Sistema de pruebas A	RUN3	32	19.95385962	Sistema de pruebas A	RUN3	80	19.95975142
Sistema de pruebas A	RUN3	31	19.97967908	Sistema de pruebas A	RUN3	81	19.95706364
Sistema de pruebas A	RUN3	33	19.93397328	Sistema de pruebas A	RUN3	82	19.92120963
Sistema de pruebas A	RUN3	34	19.93369131	Sistema de pruebas A	RUN3	83	19.96476743
Sistema de pruebas A	RUN3	36	19.92156439	Sistema de pruebas A	RUN3	84	19.91848784
Sistema de pruebas A	RUN3	35	19.95422742	Sistema de pruebas A	RUN3	85	19.95895764
Sistema de pruebas A	RUN3	37	19.95388028	Sistema de pruebas A	RUN3	86	19.92374068
Sistema de pruebas A	RUN3	38	19.95045691	Sistema de pruebas A	RUN3	87	19.94985196
Sistema de pruebas A	RUN3	39	19.95795628	Sistema de pruebas A	RUN3	88	19.95701247
Sistema de pruebas A	RUN3	40	19.9139102	Sistema de pruebas A	RUN3	89	19.91858861
Sistema de pruebas A	RUN3	42	19.91939574	Sistema de pruebas A	RUN3	90	19.93992072
Sistema de pruebas A	RUN3	41	19.96075818	Sistema de pruebas A	RUN3	91	19.9822025
Sistema de pruebas A	RUN3	43	19.96193692	Sistema de pruebas A	RUN3	92	19.96006613
Sistema de pruebas A	RUN3	44	19.94996481	Sistema de pruebas A	RUN3	93	19.97636601
Sistema de pruebas A	RUN3	45	19.94839093	Sistema de pruebas A	RUN3	94	19.92276793
Sistema de pruebas A	RUN3	46	19.88248282	Sistema de pruebas A	RUN3	95	19.97079274
Sistema de pruebas A	RUN3	48	19.92367583	Sistema de pruebas A	RUN3	96	19.88983374
Sistema de pruebas A	RUN3	47	19.9512901	Sistema de pruebas A	RUN3	98	19.90560751
Sistema de pruebas A	RUN3	50	19.94053297	Sistema de pruebas A	RUN3	97	19.95605084
				Sistema de pruebas A	RUN3	99	19.95275876
				Sistema de pruebas A	RUN3	100	19.93498831

Sistema de pruebas	Repeticion de ensayo	Muestras	PO_B5_81 6_200_C2 dBm	Sistema de pruebas	Repeticion de ensayo	Muestras	PO_B5_81 6_200_C2 dBm
Sistema de pruebas A	RUN3	101	19.95591542	Sistema de pruebas A	RUN3	151	19.96037289
Sistema de pruebas A	RUN3	102	19.94919043	Sistema de pruebas A	RUN3	152	19.97450858
Sistema de pruebas A	RUN3	103	19.94812772	Sistema de pruebas A	RUN3	154	19.93951636
Sistema de pruebas A	RUN3	104	19.93486815	Sistema de pruebas A	RUN3	153	19.94657895
Sistema de pruebas A	RUN3	105	19.94560048	Sistema de pruebas A	RUN3	155	19.9594402
Sistema de pruebas A	RUN3	106	19.93538123	Sistema de pruebas A	RUN3	156	19.96695166
Sistema de pruebas A	RUN3	108	19.94032507	Sistema de pruebas A	RUN3	157	19.95401379
Sistema de pruebas A	RUN3	107	19.92413518	Sistema de pruebas A	RUN3	158	19.92397147
Sistema de pruebas A	RUN3	109	19.95877835	Sistema de pruebas A	RUN3	159	19.95684239
Sistema de pruebas A	RUN3	110	19.94450407	Sistema de pruebas A	RUN3	160	19.93596106
Sistema de pruebas A	RUN3	111	19.96040723	Sistema de pruebas A	RUN3	161	19.91323659
Sistema de pruebas A	RUN3	112	19.89606696	Sistema de pruebas A	RUN3	162	19.94348364
Sistema de pruebas A	RUN3	113	19.95366093	Sistema de pruebas A	RUN3	163	19.95732495
Sistema de pruebas A	RUN3	114	19.91300612	Sistema de pruebas A	RUN3	164	19.93795424
Sistema de pruebas A	RUN3	115	19.95750043	Sistema de pruebas A	RUN3	165	19.94255635
Sistema de pruebas A	RUN3	116	19.93168288	Sistema de pruebas A	RUN3	166	19.95809966
Sistema de pruebas A	RUN3	118	19.93207198	Sistema de pruebas A	RUN3	167	19.9446468
Sistema de pruebas A	RUN3	117	19.9473705	Sistema de pruebas A	RUN3	168	19.90556555
Sistema de pruebas A	RUN3	119	19.93520161	Sistema de pruebas A	RUN3	169	19.91911504
Sistema de pruebas A	RUN3	120	19.93549185	Sistema de pruebas A	RUN3	170	19.93022375
Sistema de pruebas A	RUN3	121	19.94389722	Sistema de pruebas A	RUN3	171	19.95386311
Sistema de pruebas A	RUN3	122	19.95535307	Sistema de pruebas A	RUN3	172	19.94353323
Sistema de pruebas A	RUN3	123	19.9416599	Sistema de pruebas A	RUN3	174	19.93377905
Sistema de pruebas A	RUN3	124	19.94852667	Sistema de pruebas A	RUN3	173	19.95384595
Sistema de pruebas A	RUN3	125	19.94980428	Sistema de pruebas A	RUN3	175	19.96380994
Sistema de pruebas A	RUN3	126	19.93862372	Sistema de pruebas A	RUN3	176	19.9362319
Sistema de pruebas A	RUN3	127	19.94821927	Sistema de pruebas A	RUN3	178	19.93325072
Sistema de pruebas A	RUN3	128	19.91348868	Sistema de pruebas A	RUN3	177	19.94458195
Sistema de pruebas A	RUN3	130	19.94220953	Sistema de pruebas A	RUN3	180	19.94983702
Sistema de pruebas A	RUN3	129	19.95903775	Sistema de pruebas A	RUN3	179	19.95435521
Sistema de pruebas A	RUN3	131	19.95168111	Sistema de pruebas A	RUN3	181	19.97133633
Sistema de pruebas A	RUN3	132	19.94402151	Sistema de pruebas A	RUN3	182	19.92318755
Sistema de pruebas A	RUN3	133	19.94429776	Sistema de pruebas A	RUN3	183	19.96085927
Sistema de pruebas A	RUN3	134	19.93562155	Sistema de pruebas A	RUN3	184	19.9580844
Sistema de pruebas A	RUN3	136	19.97190123	Sistema de pruebas A	RUN3	186	19.93426161
Sistema de pruebas A	RUN3	135	19.95016858	Sistema de pruebas A	RUN3	185	19.94979283
Sistema de pruebas A	RUN3	138	19.95899802	Sistema de pruebas A	RUN3	187	19.95892903
Sistema de pruebas A	RUN3	137	19.97518918	Sistema de pruebas A	RUN3	188	19.94938116
Sistema de pruebas A	RUN3	139	19.97807881	Sistema de pruebas A	RUN3	190	19.95454245
Sistema de pruebas A	RUN3	140	19.94651442	Sistema de pruebas A	RUN3	189	19.9681358
Sistema de pruebas A	RUN3	141	19.94314954	Sistema de pruebas A	RUN3	192	19.95292502
Sistema de pruebas A	RUN3	142	19.9459117	Sistema de pruebas A	RUN3	191	19.91991231
Sistema de pruebas A	RUN3	143	19.95068738	Sistema de pruebas A	RUN3	193	19.95283887
Sistema de pruebas A	RUN3	144	19.92558508	Sistema de pruebas A	RUN3	194	19.95595389
Sistema de pruebas A	RUN3	146	19.95555144	Sistema de pruebas A	RUN3	196	19.94529181
Sistema de pruebas A	RUN3	145	19.92949292	Sistema de pruebas A	RUN3	195	19.95130154
Sistema de pruebas A	RUN3	147	19.98507878	Sistema de pruebas A	RUN3	197	19.95707509
Sistema de pruebas A	RUN3	148	19.94557219	Sistema de pruebas A	RUN3	198	19.93483572
Sistema de pruebas A	RUN3	149	19.94965359	Sistema de pruebas A	RUN3	200	19.9316619
Sistema de pruebas A	RUN3	150	19.94506674				

Sistema de pruebas	Repetición de ensayo	Muestras	PO_B5_81 6_200_C2 dBm	Sistema de pruebas	Repetición de ensayo	Muestras	PO_B5_81 6_200_C2 dBm
Sistema de pruebas A	RUN3	199	19.93086812	Sistema de pruebas A	RUN3	251	19.951395
Sistema de pruebas A	RUN3	202	19.95047789	Sistema de pruebas A	RUN3	252	19.92302161
Sistema de pruebas A	RUN3	201	19.94146344	Sistema de pruebas A	RUN3	253	19.94640919
Sistema de pruebas A	RUN3	203	19.93081471	Sistema de pruebas A	RUN3	254	19.9352706
Sistema de pruebas A	RUN3	204	19.93954115	Sistema de pruebas A	RUN3	255	19.94048497
Sistema de pruebas A	RUN3	205	19.93130681	Sistema de pruebas A	RUN3	256	19.90709143
Sistema de pruebas A	RUN3	206	19.91301756	Sistema de pruebas A	RUN3	257	19.92749211
Sistema de pruebas A	RUN3	207	19.96305081	Sistema de pruebas A	RUN3	258	19.91747694
Sistema de pruebas A	RUN3	208	19.93864088	Sistema de pruebas A	RUN3	260	19.93938666
Sistema de pruebas A	RUN3	209	19.94647786	Sistema de pruebas A	RUN3	259	19.9293308
Sistema de pruebas A	RUN3	210	19.95692473	Sistema de pruebas A	RUN3	261	19.95082471
Sistema de pruebas A	RUN3	212	19.93572264	Sistema de pruebas A	RUN3	262	19.92677527
Sistema de pruebas A	RUN3	211	19.95859143	Sistema de pruebas A	RUN3	263	19.93028638
Sistema de pruebas A	RUN3	213	19.969717	Sistema de pruebas A	RUN3	264	19.92598372
Sistema de pruebas A	RUN3	214	19.93948393	Sistema de pruebas A	RUN3	265	19.93223759
Sistema de pruebas A	RUN3	216	19.97811537	Sistema de pruebas A	RUN3	266	19.91929846
Sistema de pruebas A	RUN3	215	19.96371838	Sistema de pruebas A	RUN3	268	19.90760641
Sistema de pruebas A	RUN3	218	19.94778471	Sistema de pruebas A	RUN3	267	19.93710133
Sistema de pruebas A	RUN3	217	19.98916623	Sistema de pruebas A	RUN3	269	19.95035931
Sistema de pruebas A	RUN3	219	19.95326611	Sistema de pruebas A	RUN3	270	19.95983534
Sistema de pruebas A	RUN3	220	19.94756346	Sistema de pruebas A	RUN3	271	19.90603253
Sistema de pruebas A	RUN3	222	19.95070868	Sistema de pruebas A	RUN3	272	19.93448668
Sistema de pruebas A	RUN3	221	19.94668385	Sistema de pruebas A	RUN3	273	19.94620702
Sistema de pruebas A	RUN3	223	19.97338483	Sistema de pruebas A	RUN3	274	19.93851309
Sistema de pruebas A	RUN3	224	19.93585425	Sistema de pruebas A	RUN3	275	19.91376492
Sistema de pruebas A	RUN3	225	19.9521465	Sistema de pruebas A	RUN3	276	19.93011122
Sistema de pruebas A	RUN3	226	19.93724089	Sistema de pruebas A	RUN3	278	19.94775038
Sistema de pruebas A	RUN3	227	19.96058842	Sistema de pruebas A	RUN3	277	19.94492146
Sistema de pruebas A	RUN3	228	19.9554389	Sistema de pruebas A	RUN3	279	19.95023343
Sistema de pruebas A	RUN3	230	19.94838553	Sistema de pruebas A	RUN3	280	19.9253047
Sistema de pruebas A	RUN3	229	19.96523663	Sistema de pruebas A	RUN3	281	19.94306943
Sistema de pruebas A	RUN3	231	19.96250722	Sistema de pruebas A	RUN3	282	19.92360335
Sistema de pruebas A	RUN3	232	19.96566992	Sistema de pruebas A	RUN3	284	19.92951231
Sistema de pruebas A	RUN3	234	19.95140105	Sistema de pruebas A	RUN3	283	19.94181058
Sistema de pruebas A	RUN3	233	19.93943593	Sistema de pruebas A	RUN3	285	19.92116353
Sistema de pruebas A	RUN3	235	19.94367215	Sistema de pruebas A	RUN3	286	19.94662505
Sistema de pruebas A	RUN3	236	19.95610266	Sistema de pruebas A	RUN3	287	19.91866872
Sistema de pruebas A	RUN3	237	19.95403096	Sistema de pruebas A	RUN3	288	19.94133406
Sistema de pruebas A	RUN3	238	19.96725684	Sistema de pruebas A	RUN3	289	19.90576169
Sistema de pruebas A	RUN3	240	19.96496611	Sistema de pruebas A	RUN3	290	19.94125586
Sistema de pruebas A	RUN3	239	19.95751759	Sistema de pruebas A	RUN3	291	19.9364433
Sistema de pruebas A	RUN3	241	19.94877621	Sistema de pruebas A	RUN3	292	19.95515852
Sistema de pruebas A	RUN3	242	19.9433177	Sistema de pruebas A	RUN3	294	19.93548232
Sistema de pruebas A	RUN3	243	19.94254109	Sistema de pruebas A	RUN3	293	19.92991826
Sistema de pruebas A	RUN3	244	19.94441252	Sistema de pruebas A	RUN3	295	19.94941899
Sistema de pruebas A	RUN3	245	19.92777249	Sistema de pruebas A	RUN3	296	19.9555667
Sistema de pruebas A	RUN3	246	19.93909865	Sistema de pruebas A	RUN3	298	19.90679579
Sistema de pruebas A	RUN3	247	19.91733929	Sistema de pruebas A	RUN3	297	19.94005582
Sistema de pruebas A	RUN3	248	19.92220717				
Sistema de pruebas A	RUN3	249	19.95181081				
Sistema de pruebas A	RUN3	250	19.94626265				

Certificado de calibración y especificaciones del medidor de potencia PXA.

Información del certificado de calibración:

800 MHz	Error de medición de PXA (por certificado de calibración)					
Power (dBm) reference	2014	error	2015	error	2017	Error dBm
10	9.529	-0.471	9.365	-0.635	9.417	-0.112
10	9.528	-0.472	9.364	-0.636	9.414	-0.114
10	9.531	-0.469	9.364	-0.636	9.417	-0.114
10	9.531	-0.469	9.362	-0.638	9.417	-0.114
10	9.532	-0.468	9.362	-0.638	9.417	-0.115
Promedio	9.5302	-0.4698	9.3634	-0.6366	9.4164	-0.1138
incertidumbre						-0.05690

La incertidumbre de la calibración es información que no ha sido proporcionada por el laboratorio que realiza las calibraciones por lo que se hará la asunción que el valor de esta es más/menos el 50 % del error instrumento declarado en el certificado con grado de libertad de 2 puesto que la certeza de este valor es baja.

Especificaciones de exactitud del medidor de potencia según manual del fabricante

Description	Specifications	Supplemental Information
Channel Power Amplitude Accuracy Case: Radio Std = 3GPP W-CDMA, or IS-95 Absolute Power Accuracy (20 to 30°C, Attenuation = 10 dB)	± 0.61 dB	Absolute Amplitude Accuracy ^a + Power Bandwidth Accuracy ^{bc} ± 0.19 dB (95th percentile)

- a. See "Absolute Amplitude Accuracy" on page 39.
- b. See "Frequency and Time" on page 20.
- c. Expressed in dB.

Perdidas del sistema de pruebas ($P_{e\text{ SIST}}$)

▪ Potencia generada (P_{gen})

– Incertidumbre estándar de la repetibilidad de la potencia generada (σ_{gen})

La tabla siguiente, muestra los datos del generador de potencia obtenidos durante el proceso de calibración, en él se muestra el error de generación, la variabilidad o desviación estándar y el valor de incertidumbre inferido:

Frequency	Minimum	Potencia generada	Unidad de medida	Potencia medida	Unidad de medida	Error de generacion (dBm)
0.1	MHz	15	dBm	15.19	dBm	-0.19
0.25	MHz	15	dBm	15.17	dBm	-0.17
0.3	MHz	15	dBm	15.18	dBm	-0.18
0.5	MHz	15	dBm	15.17	dBm	-0.17
1	MHz	15	dBm	15.17	dBm	-0.17
90	MHz	23	dBm	23.17	dBm	-0.17
250.1	MHz	23	dBm	23.18	dBm	-0.18
575	MHz	23	dBm	23.18	dBm	-0.18
1000	MHz	23	dBm	23.17	dBm	-0.17
1025	MHz	23	dBm	23.17	dBm	-0.17
1850	MHz	23	dBm	23.17	dBm	-0.17
2450	MHz	23	dBm	23.18	dBm	-0.18
2525	MHz	23	dBm	23.19	dBm	-0.19
3000	MHz	23	dBm	23.17	dBm	-0.17
3010	MHz	17	dBm	17.19	dBm	-0.19
3525	MHz	17	dBm	17.17	dBm	-0.17
4025	MHz	17	dBm	17.19	dBm	-0.19
4500	MHz	17	dBm	17.17	dBm	-0.17

Promedio	-0.1766667
Desviacion estandar	0.00840168
Incertidumbre	-0.0883333

▪ **Potencia medida P_{pm}**

– **Incertidumbre estándar de la repetibilidad de la potencia medida (σ_{pm})**

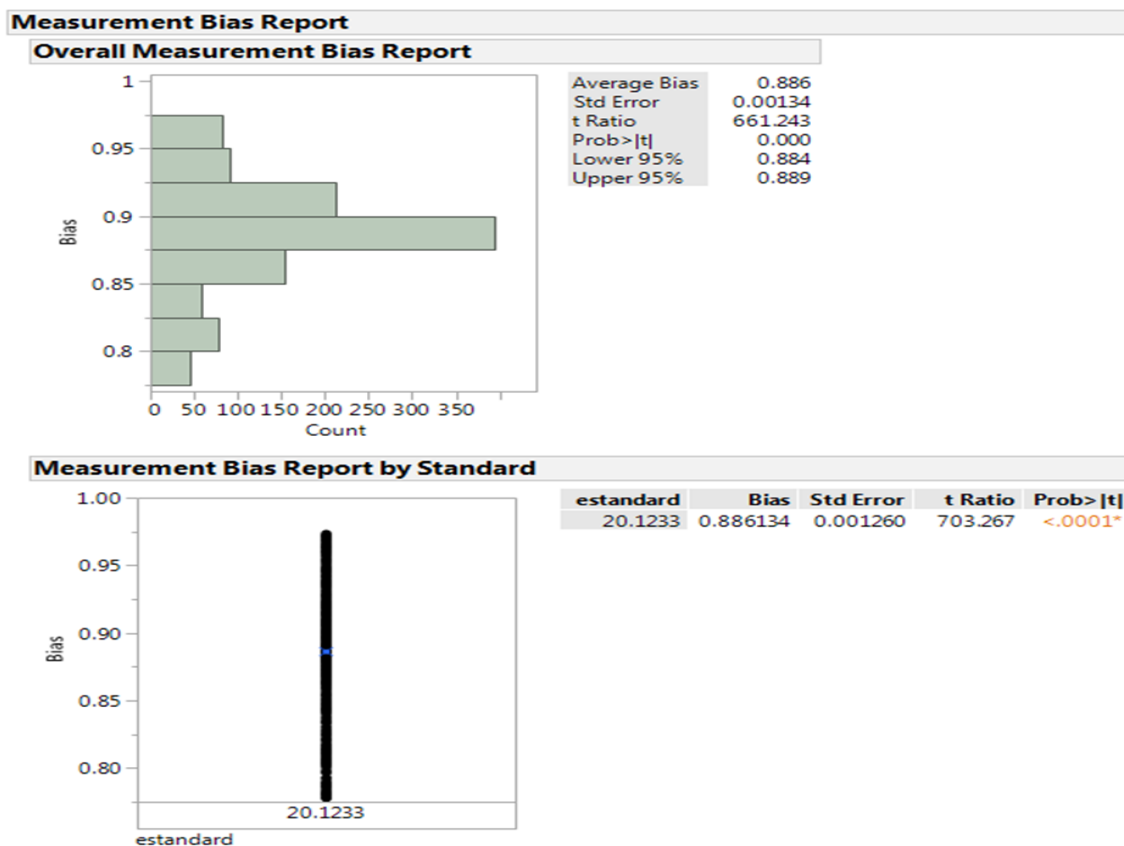
Fecha	Nominal Value (dBm)	Nominal Value mW	Frecuency (GHz)	Power Level dBm	Reference Value dBm	Measured (EBP) value dBm	Measure Error (E) dBm	Reference Value mW	Measured (EBP) Watts	Measured (EBP) mW	Measure Error mW	Error Porcentual %
2016	0	1	0.8	0	0.02158537	0.0324323	0.01084693	1.005	0.001	1.008	0.003	0.334
			0.9	0	-0.04890458	-0.01926328	0.0296413	0.989	0.001	0.996	0.007	0.728
			1	0	0.00802235	0.06895263	0.06093028	1.002	0.001	1.016	0.014	1.382
	5	3.16227766	0.8	5	5.00793274	5.03438425	0.02645151	3.168	0.003	3.187	0.019	0.528
			0.9	5	4.95545832	5.00060054	0.04514222	3.130	0.003	3.163	0.033	0.911
			1	5	5.01047467	5.08583471	0.07536004	3.170	0.003	3.226	0.056	1.504
	10	10	0.8	10	10.08745475	10.12830382	0.04084907	10.203	0.010	10.300	0.096	0.405
			0.9	10	10.03365651	10.09467874	0.06102223	10.078	0.010	10.220	0.142	0.608
			1	10	9.92495181	10.01547662	0.09052481	9.829	0.010	10.037	0.208	0.912
	13	19.95262315	0.8	13	9.5216378	9.5615281	0.0398903	8.957	0.009	9.040	0.083	0.419
			0.9	13	9.48704547	9.54644317	0.0593977	8.886	0.009	9.008	0.122	0.626
			1	13	9.37855379	9.46854171	0.08998792	8.667	0.009	8.848	0.181	0.960
2015	0	1	0.8	0	-0.02417057	-0.09435622	-0.07018565	0.994	0.001	0.979	-0.015	-1.524
			0.9	0	-0.05118163	-0.10239748	-0.05121585	0.988	0.001	0.976	-0.012	-1.218
			1	0	0.00369744	-0.00388735	-0.00758479	1.001	0.001	0.999	-0.002	-0.165
	5	3.16227766	0.8	5	4.97139362	4.9769162	0.00552258	3.142	0.003	3.147	0.005	0.111
			0.9	5	4.92353558	4.94881235	0.02527677	3.107	0.003	3.125	0.018	0.513
			1	5	4.99560607	5.05580242	0.06019635	3.159	0.003	3.203	0.044	1.205
	10	10	0.8	10	9.91448316	9.95384389	0.03936073	9.805	0.010	9.894	0.089	0.397
			0.9	10	10.01745149	10.0761018	0.05865031	10.040	0.010	10.177	0.137	0.585
			1	10	11.01757938	11.11407572	0.09649634	12.640	0.013	12.924	0.284	0.876
	13	19.95262315	0.8	13	9.6524082	9.69032434	0.03791614	9.231	0.009	9.311	0.080	0.393
			0.9	13	9.6189545	9.67663899	0.05768449	9.160	0.009	9.282	0.122	0.600
			1	13	9.51668424	9.60910672	0.09242248	8.947	0.009	9.139	0.192	0.971
2013-Dic	0	1	0.8	0	-0.07422717	-0.05485182	0.01937535	0.983	0.001	0.988	0.005	0.517
			0.9	0	-0.0800289	-0.04025735	0.03977155	0.982	0.001	0.991	0.009	0.930
			1	0	0.09760472	0.16639552	0.0687908	1.023	0.001	1.039	0.016	1.554
	5	3.16227766	0.8	5	4.91878794	4.94426724	0.0254793	3.104	0.003	3.122	0.019	0.518
			0.9	5	5.04799492	5.09303181	0.04503689	3.197	0.003	3.231	0.033	0.892
			1	5	5.08909735	5.16997224	0.08087489	3.228	0.003	3.288	0.060	1.589
	10	10	0.8	10	10.01695729	10.05490278	0.03794549	10.039	0.010	10.128	0.089	0.379
			0.9	10	9.98643882	10.04417288	0.05773406	9.969	0.010	10.102	0.133	0.578
			1	10	10.00946623	10.10196746	0.09250123	10.022	0.010	10.237	0.216	0.924
	13	19.95262315	0.8	13	9.59766513	9.63569527	0.03803014	9.115	0.009	9.196	0.081	0.396
			0.9	13	9.58697939	9.64481331	0.05783392	9.093	0.009	9.214	0.122	0.603
			1	13	9.44464697	9.53619585	0.09154888	8.800	0.009	8.988	0.188	0.969
2013-Mar	0	1	0.8	0	0.05001628	0.0585817	0.00856542	1.012	0.001	1.015	0.003	0.294
			0.9	0	-0.0398966	-0.00522398	0.03467262	0.991	0.001	0.999	0.008	0.789
			1	0	0.00387006	0.06261488	0.05874482	1.001	0.001	1.015	0.014	1.372
	5	3.16227766	0.8	5	5.02468454	5.05963274	0.0349482	3.180	0.003	3.207	0.027	0.696
			0.9	5	4.93332637	4.99254305	0.05921668	3.114	0.003	3.156	0.042	1.200
			1	5	4.99579067	5.07323782	0.07744715	3.159	0.003	3.217	0.058	1.550
	10	10	0.8	10	9.96167823	10.01101076	0.04933253	9.912	0.010	10.025	0.113	0.495
			0.9	10	10.02445698	10.0973527	0.07289572	10.056	0.010	10.227	0.170	0.727
			1	10	10.99505271	11.08965916	0.09460645	12.575	0.013	12.851	0.276	0.860
	13	19.95262315	0.8	13	9.70053369	9.74942684	0.04889315	9.334	0.009	9.439	0.106	0.504
			0.9	13	9.6274417	9.69903759	0.07159589	9.178	0.009	9.330	0.152	0.744
			1	13	9.51919491	9.60978184	0.09058693	8.952	0.009	9.141	0.189	0.952
Error promedio cal 2016							0.052503693					
Desviacion estandard 2016							0.024954496					
Incertidumbre cal 2016							0.026251846					
Promedio 2013-2016							0.048562756					
Desviacion estandard 2013 al 2016							0.034677536					

Perdidas del fixture (Pe_{FIXT})

▪ Pérdida de potencia del Fixture Pe_{FIXT}

Un total de 1 116 observaciones de potencia eléctrica fueron realizadas utilizando 2 diferentes “Fixtures” para obtener las pérdidas de potencia eléctrica asociadas al “Fixture”, los colectados se encuentran en las páginas 94, 95, 96 y 97 de esta sección de anexos.

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente figura



Observaciones	FIXTURE	PO_B5_816_200_C2
1	EN60-D820-S40	21.02585983
2	EN60-D820-S40	21.02284622
3	EN60-D820-S40	21.03650284
4	EN60-D820-S40	21.01903343
5	EN60-D820-S40	20.96510315
6	EN60-D820-S40	21.08466339
7	EN60-D820-S40	21.00683212
8	EN60-D820-S40	21.02216339
9	EN60-D820-S40	21.01451683
10	EN60-D820-S40	20.9436779
11	EN60-D820-S40	21.02436829
12	EN60-D820-S40	20.93933487
13	EN60-D820-S40	21.00782776
14	EN60-D820-S40	21.04840088
15	EN60-D820-S40	21.02615356
16	EN60-D820-S40	21.03862
17	EN60-D820-S40	21.04821587
18	EN60-D820-S40	20.98219299
19	EN60-D820-S40	20.97669983
20	EN60-D820-S40	21.01923943
21	EN60-D820-S40	21.06688309
22	EN60-D820-S40	20.98670578
23	EN60-D820-S40	20.93706322
24	EN60-D820-S40	21.02534866
25	EN60-D820-S40	20.92627144
26	EN60-D820-S40	21.00734139
27	EN60-D820-S40	21.00940132
28	EN60-D820-S40	20.94663811
29	EN60-D820-S40	20.99352646
30	EN60-D820-S40	20.97821999
31	EN60-D820-S40	20.98631859
32	EN60-D820-S40	21.01697731
33	EN60-D820-S40	21.02517319
34	EN60-D820-S40	20.99842644
35	EN60-D820-S40	21.0074749
36	EN60-D820-S40	20.98219299
37	EN60-D820-S40	21.06418037
38	EN60-D820-S40	20.99867821
39	EN60-D820-S40	21.03811646
40	EN60-D820-S40	21.0821476
41	EN60-D820-S40	21.06377029
42	EN60-D820-S40	20.99063873
43	EN60-D820-S40	21.0169735
44	EN60-D820-S40	20.98854637
45	EN60-D820-S40	21.0024395
46	EN60-D820-S40	21.04681015
47	EN60-D820-S40	21.03635025
48	EN60-D820-S40	21.01073456
49	EN60-D820-S40	21.0578022
50	EN60-D820-S40	20.99453545
51	EN60-D820-S40	20.93240356
52	EN60-D820-S40	21.01695633
53	EN60-D820-S40	21.02048874
54	EN60-D820-S40	20.92403603
55	EN60-D820-S40	21.0160408
56	EN60-D820-S40	21.00107384
57	EN60-D820-S40	21.00258827
58	EN60-D820-S40	21.04089546
59	EN60-D820-S40	20.92987061
60	EN60-D820-S40	21.09191132
61	EN60-D820-S40	21.03235054
62	EN60-D820-S40	21.01394463
63	EN60-D820-S40	21.01411438
64	EN60-D820-S40	21.010252
65	EN60-D820-S40	20.94190979
66	EN60-D820-S40	21.00055504
67	EN60-D820-S40	21.06053925
68	EN60-D820-S40	21.04561806
69	EN60-D820-S40	20.9991436
70	EN60-D820-S40	20.92187882
71	EN60-D820-S40	20.90220451
72	EN60-D820-S40	21.03003693
73	EN60-D820-S40	20.90657997
74	EN60-D820-S40	20.99224663
75	EN60-D820-S40	21.0207808
76	EN60-D820-S40	21.0207634
77	EN60-D820-S40	21.01444054
78	EN60-D820-S40	21.01584435
79	EN60-D820-S40	20.95739365
80	EN60-D820-S40	21.03931046
81	EN60-D820-S40	20.95413971
82	EN60-D820-S40	20.90073013
83	EN60-D820-S40	21.02892113
84	EN60-D820-S40	20.92732048
85	EN60-D820-S40	21.00572205
86	EN60-D820-S40	20.93432427
87	EN60-D820-S40	20.98567772
88	EN60-D820-S40	21.01823998
89	EN60-D820-S40	21.00876617
90	EN60-D820-S40	20.93842888
91	EN60-D820-S40	20.92795372
92	EN60-D820-S40	21.00313187
93	EN60-D820-S40	21.01768875
94	EN60-D820-S40	21.01866531
95	EN60-D820-S40	21.05755806
96	EN60-D820-S40	21.01465988
97	EN60-D820-S40	20.99852181
98	EN60-D820-S40	20.9535389
99	EN60-D820-S40	21.00849533
100	EN60-D820-S40	21.00750923

Observaciones	FIXTURE	PO_B5_816_200_C2
101	EN60-D820-S40	21.06087494
102	EN60-D820-S40	20.98416519
103	EN60-D820-S40	21.0712986
104	EN60-D820-S40	20.98591805
105	EN60-D820-S40	21.01030922
106	EN60-D820-S40	21.00960541
107	EN60-D820-S40	21.01706314
108	EN60-D820-S40	21.05720139
109	EN60-D820-S40	21.04549027
110	EN60-D820-S40	20.97091103
111	EN60-D820-S40	20.98618889
112	EN60-D820-S40	20.94907188
113	EN60-D820-S40	21.00261879
114	EN60-D820-S40	21.03380013
115	EN60-D820-S40	21.02845955
116	EN60-D820-S40	21.08685494
117	EN60-D820-S40	21.00959396
118	EN60-D820-S40	21.01423836
119	EN60-D820-S40	21.0089016
120	EN60-D820-S40	21.0115757
121	EN60-D820-S40	21.00781632
122	EN60-D820-S40	21.02540398
123	EN60-D820-S40	20.99299812
124	EN60-D820-S40	21.02095413
125	EN60-D820-S40	21.06863213
126	EN60-D820-S40	20.93171692
127	EN60-D820-S40	21.01371765
128	EN60-D820-S40	20.99769783
129	EN60-D820-S40	21.05410004
130	EN60-D820-S40	20.99365234
131	EN60-D820-S40	20.99730492
132	EN60-D820-S40	21.01739502
133	EN60-D820-S40	21.00299263
134	EN60-D820-S40	21.01870918
135	EN60-D820-S40	21.03430367
136	EN60-D820-S40	20.94839668
137	EN60-D820-S40	21.05815315
138	EN60-D820-S40	20.90981865
139	EN60-D820-S40	21.03066444
140	EN60-D820-S40	20.99907112
141	EN60-D820-S40	21.03149605
142	EN60-D820-S40	21.00935173
143	EN60-D820-S40	20.91237068
144	EN60-D820-S40	21.00452614
145	EN60-D820-S40	20.9322834
146	EN60-D820-S40	21.02108192
147	EN60-D820-S40	21.01729965
148	EN60-D820-S40	20.92688942
149	EN60-D820-S40	21.09498215
150	EN60-D820-S40	20.96492958
151	EN60-D820-S40	21.01482201
152	EN60-D820-S40	21.01914597
153	EN60-D820-S40	21.00917435
154	EN60-D820-S40	20.93712235
155	EN60-D820-S40	20.93227959
156	EN60-D820-S40	21.01361656
157	EN60-D820-S40	21.02196121
158	EN60-D820-S40	21.01597786
159	EN60-D820-S40	21.06281281
160	EN60-D820-S40	21.01828957
161	EN60-D820-S40	21.02059174
162	EN60-D820-S40	20.96290016
163	EN60-D820-S40	20.97963333
164	EN60-D820-S40	21.02263069
165	EN60-D820-S40	21.07043457
166	EN60-D820-S40	20.99287415
167	EN60-D820-S40	21.07201958
168	EN60-D820-S40	20.97392654
169	EN60-D820-S40	21.03013611
170	EN60-D820-S40	20.98794746
171	EN60-D820-S40	21.00688934
172	EN60-D820-S40	21.03617477
173	EN60-D820-S40	21.05818939
174	EN60-D820-S40	20.94898033
175	EN60-D820-S40	20.95757675
176	EN60-D820-S40	20.94696999
177	EN60-D820-S40	21.00073433
178	EN60-D820-S40	21.04388809
179	EN60-D820-S40	21.00646973
180	EN60-D820-S40	20.99705696
181	EN60-D820-S40	21.0139389
182	EN60-D820-S40	21.00065804
183	EN60-D820-S40	21.01033592
184	EN60-D820-S40	21.00946236
185	EN60-D820-S40	21.0363102
186	EN60-D820-S40	21.04665566
187	EN60-D820-S40	21.00653648
188	EN60-D820-S40	21.02773285
189	EN60-D820-S40	21.06880188
190	EN60-D820-S40	20.93131447
191	EN60-D820-S40	21.0064621
192	EN60-D820-S40	21.00299645
193	EN60-D820-S40	20.94070244
194	EN60-D820-S40	21.00867653
195	EN60-D820-S40	21.02620316
196	EN60-D820-S40	21.03780747
197	EN60-D820-S40	21.00433922
198	EN60-D820-S40	21.05985451
199	EN60-D820-S40	20.91066551
200	EN60-D820-S40	20.90082932

Observaciones	FIXTURE	PO_B5_816_200_C2
201	EN60-D820-S40	21.00017929
202	EN60-D820-S40	21.0449028
203	EN60-D820-S40	21.01404381
204	EN60-D820-S40	21.01256752
205	EN60-D820-S40	21.00621796
206	EN60-D820-S40	21.00070763
207	EN60-D820-S40	20.91199303
208	EN60-D820-S40	21.02031517
209	EN60-D820-S40	20.92073059
210	EN60-D820-S40	20.92466164
211	EN60-D820-S40	21.01045799
212	EN60-D820-S40	20.92866135
213	EN60-D820-S40	21.08370781
214	EN60-D820-S40	20.98615456
215	EN60-D820-S40	21.00875855
216	EN60-D820-S40	20.96722412
217	EN60-D820-S40	21.02517319
218	EN60-D820-S40	20.94532585
219	EN60-D820-S40	20.93230629
220	EN60-D820-S40	20.98515701
221	EN60-D820-S40	20.98165703
222	EN60-D820-S40	20.99148369
223	EN60-D820-S40	21.03563118
224	EN60-D820-S40	21.0026474
225	EN60-D820-S40	21.00300217
226	EN60-D820-S40	20.96029472
227	EN60-D820-S40	21.00363159
228	EN60-D820-S40	21.03553581
229	EN60-D820-S40	21.03555298
230	EN60-D820-S40	20.99492073
231	EN60-D820-S40	21.07168007
232	EN60-D820-S40	20.9869709
233	EN60-D820-S40	20.99456215
234	EN60-D820-S40	20.99774551
235	EN60-D820-S40	21.02980614
236	EN60-D820-S40	21.06161118
237	EN60-D820-S40	21.0507412
238	EN60-D820-S40	21.00218964
239	EN60-D820-S40	20.94929695
240	EN60-D820-S40	20.97322655
241	EN60-D820-S40	20.99291802
242	EN60-D820-S40	21.05102348
243	EN60-D820-S40	21.0074501
244	EN60-D820-S40	20.99876404
245	EN60-D820-S40	21.00747871
246	EN60-D820-S40	21.02227593
247	EN60-D820-S40	21.02642632
248	EN60-D820-S40	21.00959015
249	EN60-D820-S40	20.99123192
250	EN60-D820-S40	21.03646851
251	EN60-D820-S40	21.00222397
252	EN60-D820-S40	21.01641083
253	EN60-D820-S40	21.03329468
254	EN60-D820-S40	20.92992401
255	EN60-D820-S40	21.08855629
256	EN60-D820-S40	21.02019119
257	EN60-D820-S40	21.03865814
258	EN60-D820-S40	21.01438904
259	EN60-D820-S40	21.00481033
260	EN60-D820-S40	20.90566063
261	EN60-D820-S40	21.0038681
262	EN60-D820-S40	20.99234963
263	EN60-D820-S40	21.04379654
264	EN60-D820-S40	20.96057701
265	EN60-D820-S40	20.93175316
266	EN60-D820-S40	20.98289871
267	EN60-D820-S40	21.02459145
268	EN60-D820-S40	20.90456009
269	EN60-D820-S40	21.03987122
270	EN60-D820-S40	21.0093956
271	EN60-D820-S40	20.92565727
272	EN60-D820-S40	21.02415466
273	EN60-D820-S40	20.95764732
274	EN60-D820-S40	21.04323196
275	EN60-D820-S40	21.02895927
276	EN60-D820-S40	20.94394112
277	EN60-D820-S40	21.0935173
278	EN60-D820-S40	21.00290871
279	EN60-D820-S40	21.00422478
280	EN60-D820-S40	2

Observaciones	FIXTURE	PO_B5_816_200_C2
600	EN60-D820-S40	21.08638001
601	EN60-D820-S40	21.05861664
602	EN60-D820-S40	21.02284813
603	EN60-D820-S40	20.99048805
604	EN60-D820-S40	20.99992561
605	EN60-D820-S40	21.00153732
606	EN60-D820-S40	21.01944733
607	EN60-D820-S40	21.0244503
608	EN60-D820-S40	21.00126076
609	EN60-D820-S40	20.98207283
610	EN60-D820-S40	20.99956703
611	EN60-D820-S40	20.99047279
612	EN60-D820-S40	21.02880859
613	EN60-D820-S40	21.02741242
614	EN60-D820-S40	21.00629234
615	EN60-D820-S40	21.09594536
616	EN60-D820-S40	20.97776032
617	EN60-D820-S40	21.04524994
618	EN60-D820-S40	20.94306564
619	EN60-D820-S40	21.09620285
620	EN60-D820-S40	21.00488854
621	EN60-D820-S40	21.00882149
622	EN60-D820-S40	21.00664902
623	EN60-D820-S40	20.9930954
624	EN60-D820-S40	20.96121025
625	EN60-D820-S40	21.04622841
626	EN60-D820-S40	21.06600189
627	EN60-D820-S40	20.94804382
628	EN60-D820-S40	21.01135635
629	EN60-D820-S40	20.95397568
630	EN60-D820-S40	21.02313423
631	EN60-D820-S40	21.05167961
632	EN60-D820-S40	20.91991043
633	EN60-D820-S40	21.05365944
634	EN60-D820-S40	21.00765419
635	EN60-D820-S40	20.96859932
636	EN60-D820-S40	21.00351334
637	EN60-D820-S40	20.92067337
638	EN60-D820-S40	21.01368713
639	EN60-D820-S40	21.02913094
640	EN60-D820-S40	20.94693947
641	EN60-D820-S40	21.08054543
642	EN60-D820-S40	20.97352409
643	EN60-D820-S40	20.99457741
644	EN60-D820-S40	21.00114059
645	EN60-D820-S40	21.00078201
646	EN60-D820-S40	20.94767761
647	EN60-D820-S40	21.04758072
648	EN60-D820-S40	21.01822472
649	EN60-D820-S40	21.01449394
650	EN60-D820-S40	21.0512867
651	EN60-D820-S40	21.02960205
652	EN60-D820-S40	21.070261
653	EN60-D820-S40	21.00482178
654	EN60-D820-S40	21.0024147
655	EN60-D820-S40	20.99160957
656	EN60-D820-S40	21.07345963
657	EN60-D820-S40	21.07636643
658	EN60-D820-S40	21.04087448
659	EN60-D820-S40	21.08560181
660	EN60-D820-S40	21.0357933
661	EN60-D820-S40	21.02612877
662	EN60-D820-S40	20.99398041
663	EN60-D820-S40	21.01942444
664	EN60-D820-S40	21.07234192
665	EN60-D820-S40	21.05435371
666	EN60-D820-S40	21.01974678
667	EN60-D820-S40	20.96763802
668	EN60-D820-S40	20.9905777
669	EN60-D820-S40	21.02634811
670	EN60-D820-S40	21.04985237
671	EN60-D820-S40	21.04395104
672	EN60-D820-S40	21.01003838
673	EN60-D820-S40	20.98227119
674	EN60-D820-S40	21.00374794
675	EN60-D820-S40	21.01356506
676	EN60-D820-S40	21.03119469
677	EN60-D820-S40	21.02458191
678	EN60-D820-S40	21.05011177
679	EN60-D820-S40	21.00696945
680	EN60-D820-S40	21.0027256
681	EN60-D820-S40	21.02882385
682	EN60-D820-S40	20.93458557
683	EN60-D820-S40	21.04610443
684	EN60-D820-S40	20.99710274
685	EN60-D820-S40	20.99687195
686	EN60-D820-S40	21.0096035
687	EN60-D820-S40	20.99995422
688	EN60-D820-S40	20.97020531
689	EN60-D820-S40	21.01524925
690	EN60-D820-S40	21.03831482
691	EN60-D820-S40	20.93583298
692	EN60-D820-S40	20.96366501
693	EN60-D820-S40	20.92657852
694	EN60-D820-S40	20.94002914
695	EN60-D820-S40	21.02430153
696	EN60-D820-S40	21.01777077
697	EN60-D820-S40	21.03020477
698	EN60-D820-S40	21.00549698
699	EN60-D820-S40	20.94928551
700	EN60-D820-S40	21.00989151

Observaciones	FIXTURE	PO_B5_816_200_C2
701	EN60-D820-S40	21.00198746
702	EN60-D820-S40	21.02613449
703	EN60-D820-S40	21.024189
704	EN60-D820-S40	20.9333725
705	EN60-D820-S40	21.09408569
706	EN60-D820-S40	20.97825432
707	EN60-D820-S40	20.99202728
708	EN60-D820-S40	21.01487351
709	EN60-D820-S40	21.02386665
710	EN60-D820-S40	20.95707512
711	EN60-D820-S40	20.9202137
712	EN60-D820-S40	21.0203228
713	EN60-D820-S40	21.00660896
714	EN60-D820-S40	21.02393913
715	EN60-D820-S40	21.08595657
716	EN60-D820-S40	21.04919624
717	EN60-D820-S40	21.00338745
718	EN60-D820-S40	21.02346039
719	EN60-D820-S40	20.99588776
720	EN60-D820-S40	21.06464958
721	EN60-D820-S40	21.07311249
722	EN60-D820-S40	21.04970741
723	EN60-D820-S40	21.09602356
724	EN60-D820-S40	21.03864861
725	EN60-D820-S40	21.00834274
726	EN60-D820-S40	20.99960709
727	EN60-D820-S40	21.00899506
728	EN60-D820-S40	21.08745194
729	EN60-D820-S40	21.06264687
730	EN60-D820-S40	21.02419853
731	EN60-D820-S40	20.98238373
732	EN60-D820-S40	21.0088768
733	EN60-D820-S40	21.02332115
734	EN60-D820-S40	21.03657341
735	EN60-D820-S40	21.03656006
736	EN60-D820-S40	21.00620079
737	EN60-D820-S40	21.0019455
738	EN60-D820-S40	21.00388718
739	EN60-D820-S40	21.01754379
740	EN60-D820-S40	21.02553749
741	EN60-D820-S40	21.02780724
742	EN60-D820-S40	21.00746727
743	EN60-D820-S40	21.00323105
744	EN60-D820-S40	21.02115631
745	EN60-D820-S40	21.03960228
746	EN60-D820-S40	20.93405724
747	EN60-D820-S40	21.09167862
748	EN60-D820-S40	20.98893738
749	EN60-D820-S76	
750	EN60-D820-S76	21.06503487
751	EN60-D820-S76	20.96937943
752	EN60-D820-S76	21.03237915
753	EN60-D820-S76	21.01803017
754	EN60-D820-S76	21.00637054
755	EN60-D820-S76	21.02100945
756	EN60-D820-S76	21.00808525
757	EN60-D820-S76	20.97731018
758	EN60-D820-S76	21.03649521
759	EN60-D820-S76	21.01418495
760	EN60-D820-S76	21.01721954
761	EN60-D820-S76	21.02658081
762	EN60-D820-S76	20.93998146
763	EN60-D820-S76	21.01898766
764	EN60-D820-S76	20.992733
765	EN60-D820-S76	21.00242615
766	EN60-D820-S76	21.00482178
767	EN60-D820-S76	20.99412155
768	EN60-D820-S76	21.01634216
769	EN60-D820-S76	20.92394066
770	EN60-D820-S76	21.01948547
771	EN60-D820-S76	21.00145912
772	EN60-D820-S76	21.01415253
773	EN60-D820-S76	21.01497269
774	EN60-D820-S76	21.0682888
775	EN60-D820-S76	21.06226921
776	EN60-D820-S76	21.0179863
777	EN60-D820-S76	21.04931259
778	EN60-D820-S76	21.01305008
779	EN60-D820-S76	21.0721035
780	EN60-D820-S76	21.07655907
781	EN60-D820-S76	21.03364182
782	EN60-D820-S76	21.08269882
783	EN60-D820-S76	21.0382328
784	EN60-D820-S76	21.01477242
785	EN60-D820-S76	20.9920044
786	EN60-D820-S76	20.99239159
787	EN60-D820-S76	21.09545708
788	EN60-D820-S76	21.05043793
789	EN60-D820-S76	21.02998734
790	EN60-D820-S76	20.98442459
791	EN60-D820-S76	21.01745033
792	EN60-D820-S76	21.01704407
793	EN60-D820-S76	21.0144043
794	EN60-D820-S76	21.0414238
795	EN60-D820-S76	20.99546814
796	EN60-D820-S76	21.01561165
797	EN60-D820-S76	21.00447464
798	EN60-D820-S76	20.99907112
799	EN60-D820-S76	21.02694893
800	EN60-D820-S76	21.01995277

Observaciones	FIXTURE	PO B5 816 200 C2
801	EN60-D820-S76	21.0235157
802	EN60-D820-S76	21.02272224
803	EN60-D820-S76	21.05921936
804	EN60-D820-S76	20.9475708
805	EN60-D820-S76	21.06016731
806	EN60-D820-S76	20.99160576
807	EN60-D820-S76	21.03803635
808	EN60-D820-S76	21.03534317
809	EN60-D820-S76	20.99541473
810	EN60-D820-S76	20.90507507
811	EN60-D820-S76	21.0280571
812	EN60-D820-S76	21.01736069
813	EN60-D820-S76	21.03705788
814	EN60-D820-S76	20.96531677
815	EN60-D820-S76	20.92005539
816	EN60-D820-S76	20.92897415
817	EN60-D820-S76	21.00012398
818	EN60-D820-S76	20.91069412
819	EN60-D820-S76	21.05483818
820	EN60-D820-S76	21.00228882
821	EN60-D820-S76	20.92655945
822	EN60-D820-S76	21.01712608
823	EN60-D820-S76	21.00269699
824	EN60-D820-S76	21.01197243
825	EN60-D820-S76	21.03423882
826	EN60-D820-S76	20.93664742
827	EN60-D820-S76	21.0591774
828	EN60-D820-S76	20.97526932
829	EN60-D820-S76	21.00820732
830	EN60-D820-S76	21.00893784
831	EN60-D820-S76	20.97920799
832	EN60-D820-S76	20.9679451
833	EN60-D820-S76	21.03352356
834	EN60-D820-S76	21.06477737
835	EN60-D820-S76	20.99513245
836	EN60-D820-S76	21.00926971
837	EN60-D820-S76	21.08899498
838	EN60-D820-S76	21.07544708
839	EN60-D820-S76	20.97161675
840	EN60-D820-S76	21.05973434
841	EN60-D820-S76	21.00439453
842	EN60-D820-S76	21.0108738
843	EN60-D820-S76	21.04829216
844	EN60-D820-S76	21.04063416
845	EN60-D820-S76	21.07664871
846	EN60-D820-S76	21.03115845
847	EN60-D820-S76	21.01862335
848	EN60-D820-S76	21.01899719
849	EN60-D820-S76	21.00759316
850	EN60-D820-S76	21.0971241
851	EN60-D820-S76	21.02536011
852	EN60-D820-S76	21.00625038
853	EN60-D820-S76	20.93097115
854	EN60-D820-S76	21.02464485
855	EN60-D820-S76	21.00091934
856	EN60-D820-S76	21.04915619
857	EN60-D820-S76	21.02256775
858	EN60-D820-S76	21.02244949
859	EN60-D820-S76	21.01042557
860	EN60-D820-S76	21.0023098
861	EN60-D820-S76	21.01758003
862	EN60-D820-S76	21.03388786
863	EN60-D820-S76	21.01508904
864	EN60-D820-S76	21.0221386
865	EN60-D820-S76	21.08227158
866	EN60-D820-S76	21.00108147
867	EN60-D820-S76	21.07352448
868	EN60-D820-S76	20.95820236
869	EN60-D820-S76	21.08034706
870	EN60-D820-S76	21.02895546
871	EN60-D820-S76	20.99143982
872	EN60-D820-S76	20.9883976
873	EN60-D820-S76	21.02633476
874	EN60-D820-S76	20.98967743
875	EN60-D820-S76	21.00515938
876	EN60-D820-S76	21.00157547
877	EN60-D820-S76	21.03283501
878	EN60-D820-S76	21.06915665
879	EN60-D820-S76	21.03373146
880	EN60-D820-S76	21.00251961
881	EN60-D820-S76	21.08897781
882	EN60-D820-S76	20.98878288
883	EN60-D820-S76	20.91632843
884	EN60-D820-S76	21.03626442
885	EN60-D820-S76	21.0240593
886	EN60-D820-S76	21.02788353
887	EN60-D820-S76	20.91187477
888	EN60-D820-S76	21.03269386
889	EN60-D820-S76	20.98497963
890	EN60-D820-S76	21.09426117
891	EN60-D820-S76	20.93507385
892	EN60-D820-S76	21.02611733
893	EN60-D820-S76	21.00277901
894	EN60-D820-S76	21.07643662
895	EN60-D820-S76	21.01576996
896	EN60-D820-S76	21.09488678
897	EN60-D820-S76	21.06602097
898	EN60-D820-S76	21.01908302
899	EN60-D820-S76	21.01184845
900	EN60-D820-S76	21.02057684

Observaciones	FIXTURE	PO_B5_816_200_C2
301	EN60-D820-S40	21.04094124
302	EN60-D820-S40	20.96948242
303	EN60-D820-S40	20.94382858
304	EN60-D820-S40	20.98277473
305	EN60-D820-S40	21.00301552
306	EN60-D820-S40	21.00771523
307	EN60-D820-S40	21.00577164
308	EN60-D820-S40	21.01171684
309	EN60-D820-S40	20.99052239
310	EN60-D820-S40	21.03726006
311	EN60-D820-S40	21.01905441
312	EN60-D820-S40	21.03279305
313	EN60-D820-S40	21.05340576
314	EN60-D820-S40	21.06446457
315	EN60-D820-S40	20.99477387
316	EN60-D820-S40	21.03767014
317	EN60-D820-S40	21.0480957
318	EN60-D820-S40	20.93766403
319	EN60-D820-S40	21.0954113
320	EN60-D820-S40	21.02487373
321	EN60-D820-S40	21.04144859
322	EN60-D820-S40	21.01143074
323	EN60-D820-S40	20.97801209
324	EN60-D820-S40	20.95310783
325	EN60-D820-S40	21.05370331
326	EN60-D820-S40	21.01280594
327	EN60-D820-S40	21.0866375
328	EN60-D820-S40	20.93228531
329	EN60-D820-S40	21.05776405
330	EN60-D820-S40	21.02284241
331	EN60-D820-S40	20.9989624
332	EN60-D820-S40	21.00051498
333	EN60-D820-S40	21.04135704
334	EN60-D820-S40	21.02557182
335	EN60-D820-S40	20.98452759
336	EN60-D820-S40	21.01035118
337	EN60-D820-S40	20.92982101
338	EN60-D820-S40	21.02219772
339	EN60-D820-S40	21.02360153
340	EN60-D820-S40	21.02334213
341	EN60-D820-S40	21.07781601
342	EN60-D820-S40	20.92747116
343	EN60-D820-S40	21.00294685
344	EN60-D820-S40	21.0173626
345	EN60-D820-S40	20.99870491
346	EN60-D820-S40	20.96327019
347	EN60-D820-S40	20.95103455
348	EN60-D820-S40	21.01978302
349	EN60-D820-S40	20.9925499
350	EN60-D820-S40	21.0229454
351	EN60-D820-S40	21.02773666
352	EN60-D820-S40	21.03527451
353	EN60-D820-S40	21.089468
354	EN60-D820-S40	21.02997589
355	EN60-D820-S40	20.98568916
356	EN60-D820-S40	21.01421738
357	EN60-D820-S40	21.06966972
358	EN60-D820-S40	21.06193924
359	EN60-D820-S40	21.07987404
360	EN60-D820-S40	21.04917336
361	EN60-D820-S40	21.03467751
362	EN60-D820-S40	21.02633286
363	EN60-D820-S40	20.99499703
364	EN60-D820-S40	21.01263809
365	EN60-D820-S40	21.08949852
366	EN60-D820-S40	21.07738495
367	EN60-D820-S40	21.03637505
368	EN60-D820-S40	21.08155441
369	EN60-D820-S40	21.03902626
370	EN60-D820-S40	21.04085922
371	EN60-D820-S40	20.98196983
372	EN60-D820-S40	21.01267624
373	EN60-D820-S40	20.98197937
374	EN60-D820-S40	21.01634979
375	EN60-D820-S40	21.05191231
376	EN60-D820-S40	21.01211739
377	EN60-D820-S40	21.03423119
378	EN60-D820-S40	21.0145855
379	EN60-D820-S40	21.02137184
380	EN60-D820-S40	21.0857563
381	EN60-D820-S40	20.93813515
382	EN60-D820-S40	20.99672699
383	EN60-D820-S40	21.01798821
384	EN60-D820-S40	21.07654953
385	EN60-D820-S40	20.98809624
386	EN60-D820-S40	20.99231529
387	EN60-D820-S40	20.972332
388	EN60-D820-S40	21.00160027
389	EN60-D820-S40	21.03217697
390	EN60-D820-S40	20.92951202
391	EN60-D820-S40	20.9434185
392	EN60-D820-S40	20.92663765
393	EN60-D820-S40	20.98624802
394	EN60-D820-S40	21.01086617
395	EN60-D820-S40	20.91001892
396	EN60-D820-S40	21.04159927
397	EN60-D820-S40	21.0284462
398	EN60-D820-S40	20.9395504
399	EN60-D820-S40	21.05499649
400	EN60-D820-S40	20.9255085

Observaciones	FIXTURE	PO_B5_816_200_C2
401	EN60-D820-S40	20.90037727
402	EN60-D820-S40	21.01483727
403	EN60-D820-S40	20.98669243
404	EN60-D820-S40	21.09044457
405	EN60-D820-S40	20.96621895
406	EN60-D820-S40	20.98716736
407	EN60-D820-S40	21.06804466
408	EN60-D820-S40	21.0467453
409	EN60-D820-S40	21.00414276
410	EN60-D820-S40	21.01878166
411	EN60-D820-S40	21.00230026
412	EN60-D820-S40	21.01553726
413	EN60-D820-S40	20.98501205
414	EN60-D820-S40	21.00543594
415	EN60-D820-S40	21.06149483
416	EN60-D820-S40	20.99367142
417	EN60-D820-S40	21.00316811
418	EN60-D820-S40	21.0198288
419	EN60-D820-S40	21.03161621
420	EN60-D820-S40	21.03450203
421	EN60-D820-S40	21.01632309
422	EN60-D820-S40	20.99041367
423	EN60-D820-S40	21.0144043
424	EN60-D820-S40	21.00447655
425	EN60-D820-S40	21.08338738
426	EN60-D820-S40	20.95081329
427	EN60-D820-S40	21.09140778
428	EN60-D820-S40	20.98442078
429	EN60-D820-S40	21.01029396
430	EN60-D820-S40	20.98954773
431	EN60-D820-S40	21.01282692
432	EN60-D820-S40	20.96403885
433	EN60-D820-S40	20.90267181
434	EN60-D820-S40	21.03657913
435	EN60-D820-S40	20.91227531
436	EN60-D820-S40	20.95220947
437	EN60-D820-S40	20.9300251
438	EN60-D820-S40	20.91006851
439	EN60-D820-S40	21.00344467
440	EN60-D820-S40	21.0232029
441	EN60-D820-S40	21.03001595
442	EN60-D820-S40	21.00093269
443	EN60-D820-S40	20.93925667
444	EN60-D820-S40	21.02103806
445	EN60-D820-S40	20.95961952
446	EN60-D820-S40	20.90062141
447	EN60-D820-S40	21.00964165
448	EN60-D820-S40	20.93496704
449	EN60-D820-S40	21.08588028
450	EN60-D820-S40	20.98356438
451	EN60-D820-S40	20.98899078
452	EN60-D820-S40	20.99570084
453	EN60-D820-S40	21.00422859
454	EN60-D820-S40	20.95638275
455	EN60-D820-S40	20.92607689
456	EN60-D820-S40	21.03109741
457	EN60-D820-S40	21.01189995
458	EN60-D820-S40	21.01440239
459	EN60-D820-S40	21.0443573
460	EN60-D820-S40	21.03796959
461	EN60-D820-S40	21.00535584
462	EN60-D820-S40	20.9933548
463	EN60-D820-S40	20.97845078
464	EN60-D820-S40	21.03432655
465	EN60-D820-S40	21.06143761
466	EN60-D820-S40	21.01477623
467	EN60-D820-S40	21.06591034
468	EN60-D820-S40	21.01178169
469	EN60-D820-S40	21.01067925
470	EN60-D820-S40	20.99110794
471	EN60-D820-S40	21.01746178
472	EN60-D820-S40	21.07741165
473	EN60-D820-S40	21.03118515
474	EN60-D820-S40	21.01135063
475	EN60-D820-S40	20.96058464
476	EN60-D820-S40	20.99803734
477	EN60-D820-S40	21.02105522
478	EN60-D820-S40	21.025383
479	EN60-D820-S40	21.01338959
480	EN60-D820-S40	21.01085091
481	EN60-D820-S40	21.00914192
482	EN60-D820-S40	21.00854492
483	EN60-D820-S40	21.00809097
484	EN60-D820-S40	21.02363396
485	EN60-D820-S40	21.03822136
486	EN60-D820-S40	21.03223229
487	EN60-D820-S40	21.09022903
488	EN60-D820-S40	21.01074219
489	EN60-D820-S40	21.0566082
490	EN60-D820-S40	20.96910477
491	EN60-D820-S40	21.09273911
492	EN60-D820-S40	20.98619652
493	EN60-D820-S40	20.99142456
494	EN60-D820-S40	21.00523949
495	EN60-D820-S40	20.98446274
496	EN60-D820-S40	21.04197311
497	EN60-D820-S40	20.99241257
498	EN60-D820-S40	21.01104736
499	EN60-D820-S40	21.00685883
500	EN60-D820-S40	21.02403832

Observaciones	FIXTURE	PO_B5_816_200_C2
501	EN60-D820-S40	20.98538399
502	EN60-D820-S40	20.97646332
503	EN60-D820-S40	21.08830261
504	EN60-D820-S40	20.95433617
505	EN60-D820-S40	21.03317452
506	EN60-D820-S40	20.90176773
507	EN60-D820-S40	20.95610809
508	EN60-D820-S40	20.98278999
509	EN60-D820-S40	20.90447235
510	EN60-D820-S40	21.01200295
511	EN60-D820-S40	21.00002289
512	EN60-D820-S40	20.94480896
513	EN60-D820-S40	21.09347343
514	EN60-D820-S40	20.98526001
515	EN60-D820-S40	20.97465134
516	EN60-D820-S40	20.97138786
517	EN60-D820-S40	21.03326607
518	EN60-D820-S40	20.96698952
519	EN60-D820-S40	20.92809105
520	EN60-D820-S40	21.01997566
521	EN60-D820-S40	20.9757309
522	EN60-D820-S40	21.01034546
523	EN60-D820-S40	21.08956337
524	EN60-D820-S40	21.0770855
525	EN60-D820-S40	20.989645
526	EN60-D820-S40	21.02238464
527	EN60-D820-S40	21.02360535
528	EN60-D820-S40	21.06580925
529	EN60-D820-S40	21.05739975
530	EN60-D820-S40	21.0448761
531	EN60-D820-S40	21.09461403
532	EN60-D820-S40	21.02316475
533	EN60-D820-S40	21.00185013
534	EN60-D820-S40	20.98998833
535	EN60-D820-S40	21.00321198
536	EN60-D820-S40	21.07875824
537	EN60-D820-S40	21.06098747
538	EN60-D820-S40	21.01558495
539	EN60-D820-S40	20.96609879
540	EN60-D820-S40	21.00263596
541	EN60-D820-S40	21.00313187
542	EN60-D820-S40	21.0503788
543	EN60-D820-S40	21.03140068
544	EN60-D820-S40	21.00914955
545	EN60-D820-S40	21.04314804
546	EN60-D820-S40	21.02158165
547	EN60-D820-S40	21.01742744
548	EN60-D820-S40	21.03388023
549	EN60-D820-S40	21.04483414
550	EN60-D820-S40	21.01787949
551	EN60-D820-S40	20.98875618
552	EN60-D820-S40	21.01516914
553	EN60-D820-S40	21.03956223
554	EN60-D820-S40	20.9145565
555	EN60-D820-S40	21.08192444
556	EN60-D820-S40	21.02563667
557	EN60-D820-S40	21.02038574
558	EN60-D820-S40	21.01875687
559	EN60-D820-S40	20.98345947
560	EN60-D820-S40	20.96946526
561	EN60-D820-S40	20.9076252
562	EN60-D820-S40	21.03145027
563	EN60-D820-S40	20.91950417
564	EN60-D820-S40	20.92965698
565	EN60-D820-S40	20.91643333
566	EN60-D820-S40	21.00265503
567	EN60-D820-S40	21.04098892
568	EN60-D820-S40	21.01243211
569	EN60-D820-S40	21.0374527
570	EN60-D820-S40	21.02648163
571	EN60-D820-S40	20.95042419
572	EN60-D820-S40	20.99723434
573	EN60-D820-S40	20.90961838
574	EN60-D820-S40	21.0133419
575	EN60-D820-S40	21.01299858
576	EN60-D820-S40	21.03601265
577	EN60-D820-S40	21.09527779
578	EN60-D820-S40	20.9936706
579	EN60-D820-S40	20.98541832
580	EN60-D820-S40	20.99707985
581	EN60-D820-S40	20.9998703
582	EN60-D820-S40	20.94080353
583	EN60-D820-S40	20.90959168
584	EN60-D820-S40	21.00985527
585	EN60-D820-S40	21.00359535
586	EN60-D820-S40	21.04920769
587	EN60-D820-S40	21.0044651
588	EN60-D820-S40	21.06067848
589	EN60-D820-S40	21.00670052
590	EN60-D820-S40	20.98575401
591	EN60-D820-S40	20.98840904
592	EN60-D820-S40	21.06544876
593	EN60-D820-S40	21.07241631
594	EN60-D820-S40	21.01603127
595	EN60-D820-S40	21.08354569
596	EN60-D820-S40	21.01140213
597	EN60-D820-S40	20.98813248
598	EN60-D820-S40	21.01968765
599	EN60-D820-S40	21.02010346
600	EN60-D820-S40	21.0863800

[illegible]

Compensación por correlación (C_{CORRE})

▪ Pieza de referencia Pr_p

Datos colectados para la caracterización de la potencia eléctrica de la pieza utilizada como pieza de referencia, como se muestra en la siguiente información, esta pieza fue medida en 30 ocasiones, asignando como valor de la pieza el resultado promedio de las 30 mediciones.

Observaciones	Potencia eléctrica (dBm)
1	19.97716
2	19.9964
3	20.12326
4	20.00716
5	20.10061
6	20.0004
7	20.0643
8	19.89877
9	19.95682
10	19.98332

Observaciones	Potencia eléctrica (dBm)
11	19.97716
12	19.9964
13	20.12326
14	20.00716
15	20.10061
16	20.0004
17	20.0643
18	19.89877
19	19.95682
20	19.98332

Observaciones	Potencia eléctrica (dBm)
21	19.97716
22	19.9964
23	20.12326
24	20.00716
25	20.10061
26	20.0004
27	20.0643
28	19.89877
29	19.95682
30	19.98332