



**INSTITUTO DE CALIDAD INDUSTRIAL (INCALIN)  
INTI – UNSAM**

**POSGRADO: ESPECIALIZACIÓN EN CALIDAD  
INDUSTRIAL (EIN) 2019 – 2020**

**MATERIA: TRABAJO FINAL INTEGRADOR (TFI)**

**TEMA: “Realización de un Sistema de Medición adecuado,  
óptimo y confiable para determinar el Ensayo de  
Emisión Electromagnética Radiada en la Cámara  
Semianecoica (CSA) del Departamento de  
Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI”**

**DOCENTE: Dr. Joaquín Valdés**

**ALUMNO: Ing. Pablo Bernardino Pires**

**AÑO LECTIVO: 2020**



## INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	5
A. Preguntas frecuentes relacionadas con los problemas de Compatibilidad Electromagnética (EMC) en el ambiente electromagnético exterior .....	5
B. Preguntas frecuentes relacionadas con los problemas de Compatibilidad Electromagnética (EMC) en el ambiente electromagnético interior.....	6
C. ¿Cómo se clasifican las ondas según su Medio de Propagación? .....	6
D. ¿Qué tipo de Ondas Electromagnéticas existen?.....	7
E. Espectro Electromagnético para visualizar las diferencias existentes entre las Radiaciones No Ionizantes y las Radiaciones Ionizantes .....	9
F. ¿Cómo se miden los Campos Electromagnéticos (EMC)?.....	10
2. TERMINOLOGÍAS Y DEFINICIONES .....	11
A. ¿Qué es la Compatibilidad Electromagnética (EMC)?.....	11
B. ¿Qué es Emisión o Interferencia Electromagnética (EMI)?.....	14
C. ¿Cuáles son las Fuentes de Interferencia? .....	16
D. División de las Interferencias Electromagnéticas.....	19
E. ¿Qué es el Medio de Acoplamiento Electromagnético o Medio de Propagación Electromagnético? .....	20
F. Medios de Propagación de las Interferencias .....	22
G. Resumen del Acoplamiento Electromagnético o Medio de Propagación Electromagnética.....	23
H. Diagrama en bloques de cómo se generan las Interferencias Electromagnéticas.....	24
I. Campo de Aplicación de las Interferencias Electromagnéticas.....	25
J. Clasificación de las perturbaciones debidas a las Emisiones Electromagnéticas Radiadas se producen en baja frecuencia ( $f < 9$ kHz) y también se producen en alta frecuencia ( $f > 9$ kHz) .....	27
K. Mecanismos para alcanzar la EMC y la seguridad funcional de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico .....	27
L. ¿Para qué se utilizan las Normas Básicas de Emisión, es decir, las CISPR (Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas)? .....	28
M. Clasificación del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada para Equipos Electromédicos.....	29
3. OBJETIVO GENERAL.....	30
4. OBJETIVO ESPECÍFICO .....	30
5. ALCANCE.....	32
6. METODOLOGÍA (TIPO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO).....	32



7.	INSTALACIÓN PARA LOS ENSAYOS DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC) EN LA CÁMARA SEMIANECOICA (CSA) DEL INTI .....	35
A.	Emisiones Electromagnéticas Radiadas en un ancho de banda entre (30 MHz – 1 GHz) a 3 m o a 10 m de distancia entre la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D) y el Equipment Under Test (EUT), que en este caso en particular se trata de una antena biconilog transmisora (Modelo: 3140).....	36
B.	Equipment Under Test (EUT) situado dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) ubicado en el centro de la Mesa Rotatoria (Tornamesa) a una distancia de separación de 10 m respecto de la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D).....	38
C.	Representación gráfica del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada del Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico E [dB $\mu$ V/m] en función de la Frecuencia de Operación f [Hz] del Equipment Under Test (EUT) dentro de la CSA ubicado en el centro de la Mesa Rotatoria (Tornamesa) a una distancia de separación de 10 m respecto de la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D).....	39
D.	OATS: Open Area Test Site (Sitio de Prueba de Área Abierta) .....	39
E.	Materiales Absorbentes (Anecoicos) utilizados para Compatibilidad Electromagnética (EMC) .....	40
8.	DIAGRAMA EN BLOQUES DEL SISTEMA DE MEDICIÓN A DESARROLLAR DEL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DENTRO DE LA CAMARA SEMIANECOICA (CSA).....	41
9.	DEFINICIÓN, UTILIDAD Y RELACIONES DE EQUIVALENCIA DEL DECIBEL (dB).....	42
10.	TABLA DE VALORES MEDIDOS Y CALCULADOS.....	44
11.	PARÁMETROS TÉCNICOS DE LAS ANTENAS UTILIZADAS Y ECUACIONES DE APLICACIÓN PARA REALIZAR EL SISTEMA DE MEDICIÓN ADECUADO, ÓPTIMO Y CONFIABLE PARA DETERMINAR EL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA .....	46
12.	GRÁFICOS DE LOS NIVELES DE RADIACIÓN CAPTURADOS POR EL EMI (TENSIÓN MEDIDA, (V <sub>i</sub> ) [dB $\mu$ V]) GENERADO POR LA ANTENA BICONILOG TRANSMISORA E INCIDENTE PRIMERAMENTE EN LA ANTENA DIPOLO DE BANDA ANCHA RECEPTORA DE ALTA PRECISIÓN Y POSTERIORMENTE EN LA ANTENA BICONILOG RECEPTORA A CALIBRAR. AMBAS ANTENAS RECEPTORAS EN LAS DOS POLARIZACIONES (HORIZONTAL Y VERTICAL) EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN (f) [MHz] .....	48
13.	GRÁFICOS DE LOS FACTORES DE ANTENA (AF) [dB(1/m)] EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN (f) [MHz].....	51
14.	DIAGRAMA REPRESENTATIVO DEL EMPLAZAMIENTO DEL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DENTRO DE LA CÁMARA SEMIANECOICA (CSA) CON SUS SEÑALES CORRESPONDIENTES A CADA ELEMENTO INTERVIVIENTE EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN (f) [MHz] .....	55
15.	FOTOGRAFÍAS TOMADAS Y EXPLICACIÓN DE CADA UNA DE ELLAS DURANTE LA REALIZACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DEL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DENTRO DE LA CÁMARA SEMIANECOICA (CSA) DEL INTI .....	56



16. CÁLCULO DE INCERTIDUMBRES PARA EL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DENTRO DE LA CÁMARA SEMIANECOICA (CSA) DEL INTI, CON UNA FRECUENCIA DE OPERACIÓN PARA ESTE ENSAYO EN PARTICULAR ENTRE (30 MHz – 1 GHz), EL MISMO REALIZADO A UNA DISTANCIA DE SEPARACIÓN DE 10 m ENTRE LA ANTENA BICONILOG TRANSMISORA (MODELO: 3140) CON UN ANCHO DE BANDA DE (26 MHz – 2 GHz), ESTA REPRESENTA LA FUNCIONALIDAD DE UN EQUIPMENT UNDER TEST (EUT) Y ANTENA BICONILOG RECEPTORA A CALIBRAR (MODELO: 3142D) CON UN ANCHO DE BANDA ENTRE (26 MHz – 6 GHz) .....	76
17. CRITERIO DE CONFORMIDAD / ACEPTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC) PARA EL CUMPLIMIENTO DEL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DENTRO DE LA CÁMARA SEMIANECOICA (CSA) DEL INTI, CON UNA FRECUENCIA DE OPERACIÓN PARA ESTE ENSAYO EN PARTICULAR ENTRE (30 MHz – 1 GHz), EL MISMO REALIZADO A UNA DISTANCIA DE SEPARACIÓN DE 10 m ENTRE LA ANTENA BICONILOG TRANSMISORA (MODELO: 3140) CON UN ANCHO DE BANDA DE (26 MHz – 2 GHz), ESTA REPRESENTA LA FUNCIONALIDAD DE UN EQUIPMENT UNDER TEST (EUT) Y ANTENA BICONILOG RECEPTORA A CALIBRAR (MODELO: 3142D) CON UN ANCHO DE BANDA DE (26 MHz – 6 GHz) .....	78
18. SISTEMA DE GESTIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DEL DEPARTAMENTO DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC) PARA LA VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MÉTODO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN PARA DETERMINAR EL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DENTRO DE LA CÁMARA SEMIANECOICA (CSA) DEL INTI.....	81
19. CONCLUSIONES .....	101
20. MEJORAS SEGÚN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES.....	101
21. BIBLIOGRAFÍA .....	102



## 1. INTRODUCCIÓN

### A. Preguntas frecuentes relacionadas con los problemas de Compatibilidad Electromagnética (EMC) en el ambiente electromagnético exterior

¿A qué peligros están expuestos quienes trabajan en una torre de antenas?

Cuándo pasamos cerca de líneas de alta tensión o cae una descarga eléctrica provocada por un rayo,

¿Por qué se escuchan zumbidos y ruidos molestos en la radio de nuestro auto o en algunos canales de TV?

¿Es conveniente comprar una casa ubicada a unos cuantos metros de líneas de alta tensión?

¿Por qué en algunos canales de TV se observan rayas o se escucha mal la radio?

¿Es conveniente comprar una casa ubicada a unos cuantos metros de líneas de alta tensión?

B. Preguntas frecuentes relacionadas con los problemas de Compatibilidad Electromagnética (EMC) en el ambiente electromagnético interior

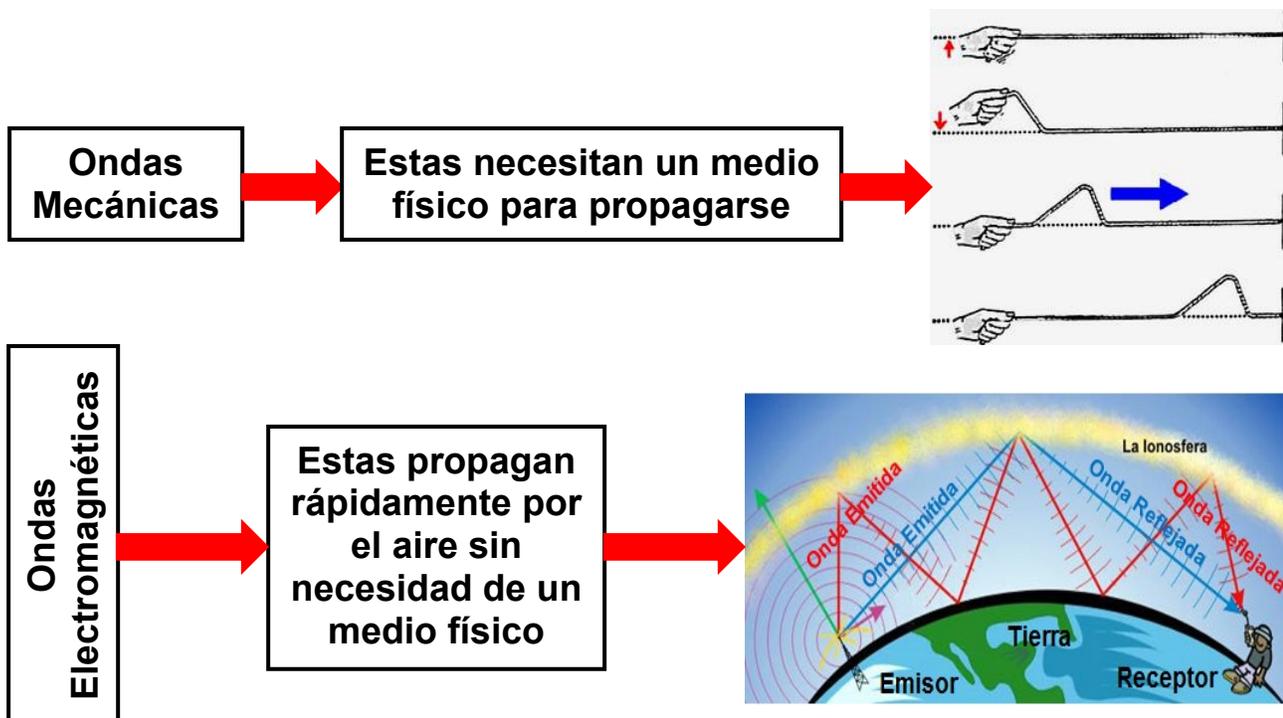
Cuando se ingresa a un hospital o se viaja en un avión,  
¿Por qué se pide apagar los teléfonos celulares, radios móviles y juegos electrónicos?

Si se instala al lado de mi casa una antena para telefonía,  
¿Debo preocuparme por mi salud?

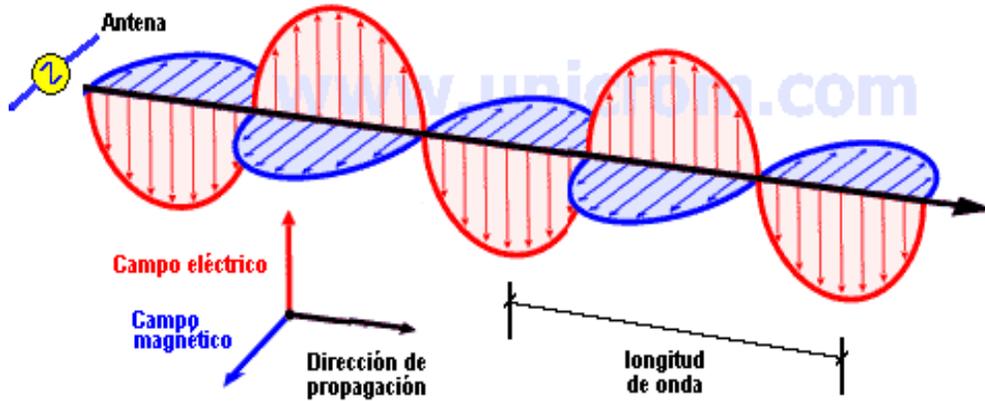
¿Son seguros los hornos de microondas?

¿Cómo se puede elegir un marcapasos?

C. ¿Cómo se clasifican las ondas según su Medio de Propagación?



D. ¿Qué tipo de Ondas Electromagnéticas existen?



**Ondas  
Electromagnéticas  
No Ionizantes**



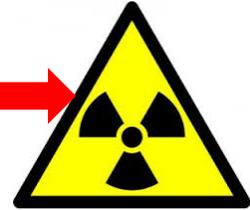
Radiaciones No Ionizantes: Son aquellas que no poseen suficiente energía para arrancar un electrón del átomo, es decir, no son capaces de producir ionizaciones.

Las radiaciones no ionizantes son de baja energía, es decir, no son capaces de ionizar la materia con la que interaccionan. Estas radiaciones se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- **Radiaciones electromagnéticas.** A este grupo pertenecen las radiaciones generadas por las líneas de corriente eléctrica o por campos eléctricos estáticos. Otros ejemplos son las ondas de radiofrecuencia, utilizadas por las emisoras de radio AM/FM, TV y las microondas utilizadas en electrodomésticos y en el área de las telecomunicaciones.
- **Radiaciones ópticas.** Pertenecen a este grupo los rayos infrarrojos, la luz visible y la radiación ultravioleta.



**Ondas  
Electromagnéticas  
Ionizantes**



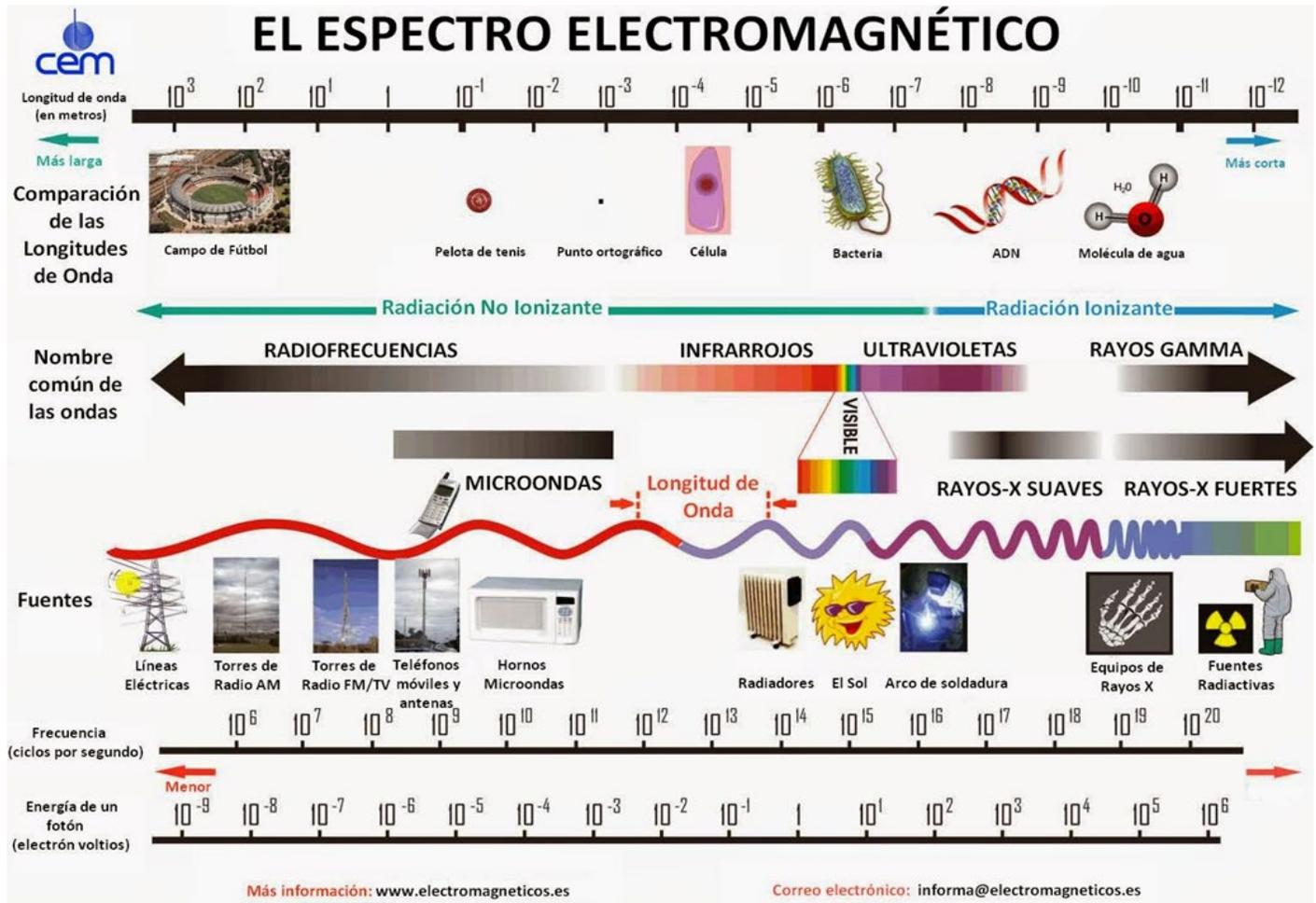
Radiaciones Ionizantes: Son aquellas que corresponden a las radiaciones de mayor energía (menor longitud de onda) liberada por los átomos dentro del espectro electromagnético. Tienen energía suficiente como para arrancar electrones de los átomos con los que interactúan, este fenómeno es conocido como ionización y de ahí la denominación de este tipo de radiaciones, es decir, para producir ionizaciones.

La radiación ionizante es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (partículas alfa y beta o neutrones). La desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad, y la energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante. Los elementos inestables que se desintegran y emiten radiación ionizante se denominan radionúclidos.

Las radiaciones ionizantes tienen muchas aplicaciones beneficiosas en la medicina, la industria, la agricultura y la investigación.

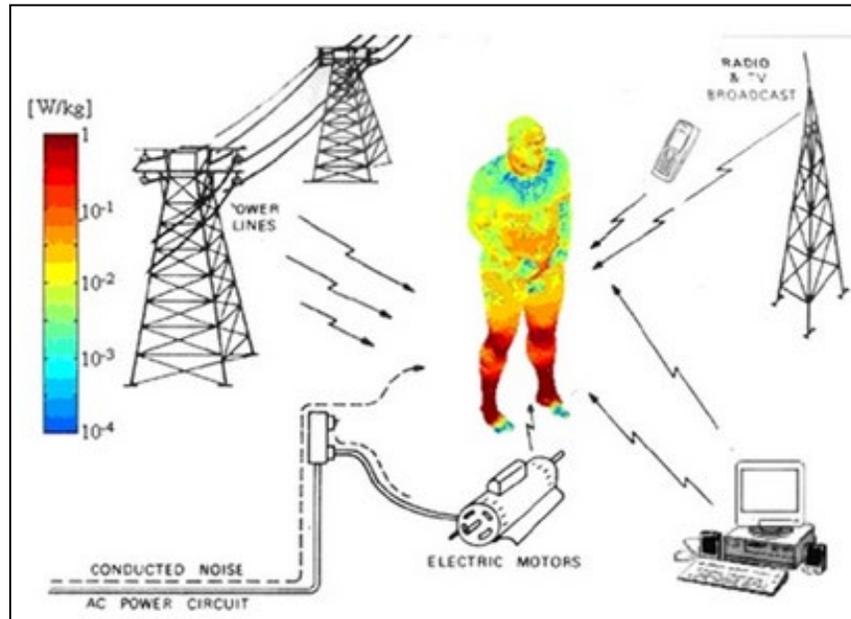
A medida que aumenta el uso de las radiaciones ionizantes también lo hacen los posibles peligros para la salud si no se utilizan o contienen adecuadamente.

### E. Espectro Electromagnético para visualizar las diferencias existentes entre las Radiaciones No Ionizantes y las Radiaciones Ionizantes



Se denomina **Espectro Electromagnético** al rango en el que se distribuyen las radiaciones electromagnéticas en función de su frecuencia ( $f$ ), longitud de onda ( $\lambda$ ) y energía ( $E$ ). Es la distribución energética del conjunto de las ondas **electromagnéticas**. Referido a un objeto se define **espectro electromagnético** o simplemente **espectro** a la radiación **electromagnética** que emite (**espectro** de emisión) o absorbe (**espectro** de absorción) una sustancia. En el gráfico anterior se puede observar a que parte del espectro corresponden los diferentes equipos de uso habitual.

F. ¿Cómo se miden los Campos Electromagnéticos (EMC)?



Efectos  
Biológicos

Tiempo/Grado de exposición a campos electromagnéticos y por la absorción de energía por el tejido biológico medido a través del parámetro SAR (Tasa de Absorción Específica de Energía), expresado en [W/kg]

El **SAR** es la cantidad utilizada para medir la “dosis” de los campos de radiofrecuencia aproximadamente entre 100 kHz y 100 GHz. Se necesita un **SAR** por lo menos de 4 W/kg para producir efectos adversos a la salud conocidos, en personas expuestas a los campos de radiofrecuencia en este rango de frecuencia.

La **tasa de absorción específica de energía (SAR)** es una medida de la potencia máxima con que un campo electromagnético de radiofrecuencia es absorbido por el tejido vivo, aunque, también se puede referir a la absorción de otras formas de energía por el tejido, incluyendo ultrasonido. Es decir, según el rango de frecuencia, se clasifican en Radiaciones no ionizante, y en particular para teléfonos móviles y resonancia magnética.



## 2. TERMINOLOGÍAS Y DEFINICIONES

### A. ¿Qué es la Compatibilidad Electromagnética (EMC)?

Es la capacidad (aptitud o habilidad) de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico para funcionar de forma satisfactoria, sin degradaciones, bajo perturbaciones electromagnéticas provenientes de un ambiente (entorno) electromagnético, es decir, “un conjunto de fenómenos electromagnéticos que existen en un entorno dado para modificar su comportamiento cuando se ve influenciado por interferencias electromagnéticas tanto internas como externas. Este conjunto de fenómenos depende del tiempo y su descripción puede necesitar de un enfoque estadístico”. Un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico debe funcionar sin degradación ante la presencia de dichas interferencias electromagnéticas producidas por otros dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos. Es el nivel de protección (susceptibilidad) suficiente para que un dispositivo, equipo o sistema no pueda ser perturbado fácilmente. La susceptibilidad electromagnética es la falta de inmunidad (**Inmunidad o Susceptibilidad Electromagnética: EMS**), sin introducir (producir) perturbaciones electromagnéticas intolerables en ese ambiente o en otros dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos y soportar las producidas por otros dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos, es decir, “fenómeno electromagnético que puede degradar el funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico, o afectar desfavorablemente la materia viva o la inerte. No obstante, la degradación es la desviación no deseada en las características de funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico respecto al funcionamiento previsto. La naturaleza de esta perturbación electromagnética puede ser la de un ruido electromagnético, una señal indeseada o un cambio en el propio medio de propagación.” intolerables para todo lo que se encuentra en dicho entorno (**Emisión o Interferencia Electromagnética: EMI**).

También se agrupa bajo el título de Compatibilidad Electromagnética (EMC) al estudio de la problemática general de la generación, propagación, captación, influencia sobre otros dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos y las medidas de corrección de interferencias electromagnéticas. Esta definición, que conceptualmente resulta sencilla de comprender, en la práctica implica la realización de numerosos estudios y análisis experimentales, detallados en distintos ensayos normalizados, para calificar adecuadamente la aptitud



anteriormente mencionada.

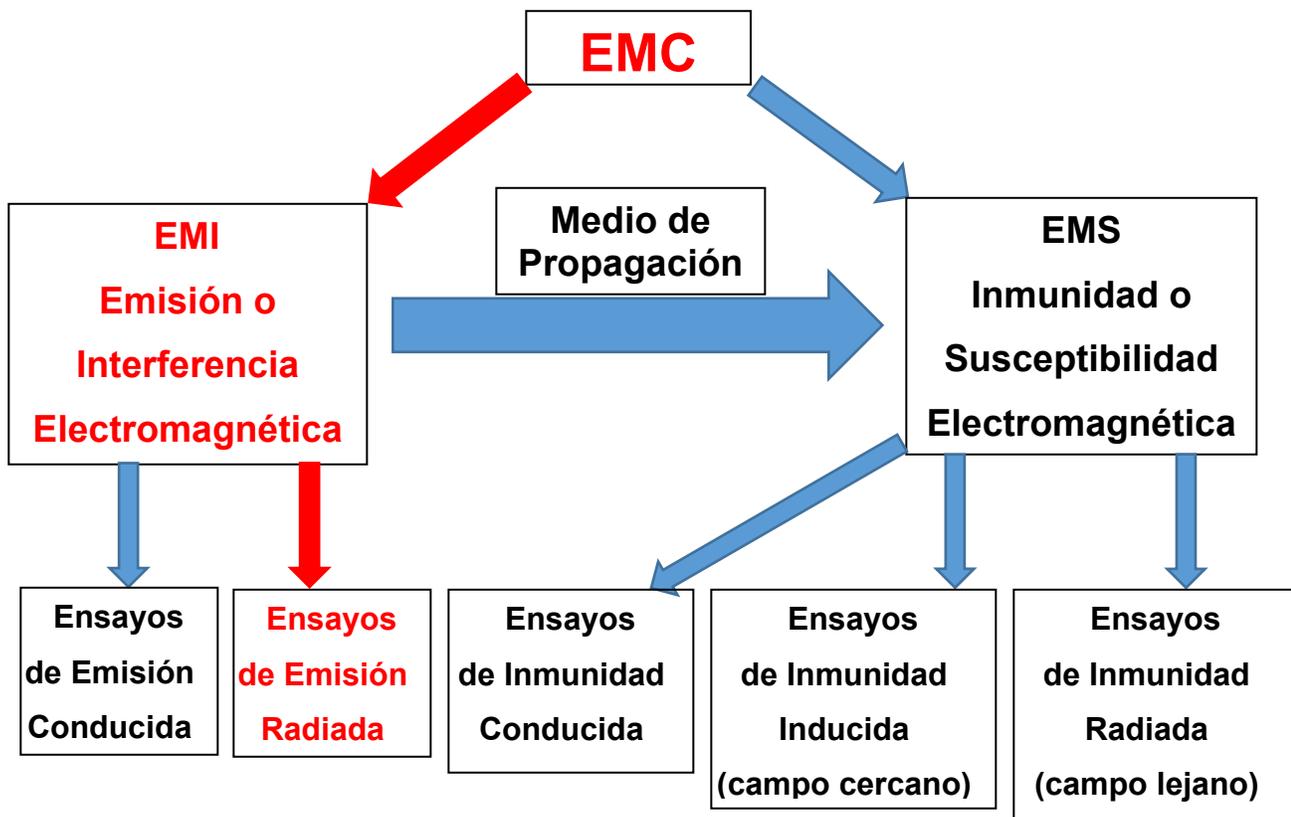
Existen muchos fenómenos en el entorno electromagnético, pero en esta oportunidad estudiaremos solo las emisiones electromagnéticas que se presentan alrededor de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico durante su funcionamiento.

Una de las condiciones para cumplir con EMC es que los dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos deben limitar las perturbaciones que crean, es decir, “no deben perturbar a otros dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos, servicios de radio, redes de potencia u otras redes” en su entorno electromagnético:

“Límites de Emisión, es decir, fenómeno en virtud del cual la energía electromagnética emana desde una fuente”.

Los laboratorios de EMC disponen de instalaciones con equipamiento especializado, para la aplicación de diversas técnicas de ensayo y medida, a los dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos, en su entorno electromagnético. La importancia que presenta el laboratorio de EMC es una elevación de la calidad de los Equipment Under Test (EUT), por ejemplo, equipos electromédicos, asegurando la seguridad básica y el funcionamiento esencial para el cual fue diseñado cumpliendo con los requerimientos de un conjunto de normas de EMC.

La Compatibilidad Electromagnética (EMC) ha tomado gran relevancia en los últimos años, y se ha convertido en una preocupación para fabricantes y diseñadores de todo tipo de dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos.



El objeto de estudio de este Trabajo Final Integrador (TFI) solo será enfocado a la Emisión Electromagnética en forma Radiada de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico como se ilustra en el recorrido en rojo del esquema anterior.



## B. ¿Qué es Emisión o Interferencia Electromagnética (EMI)?

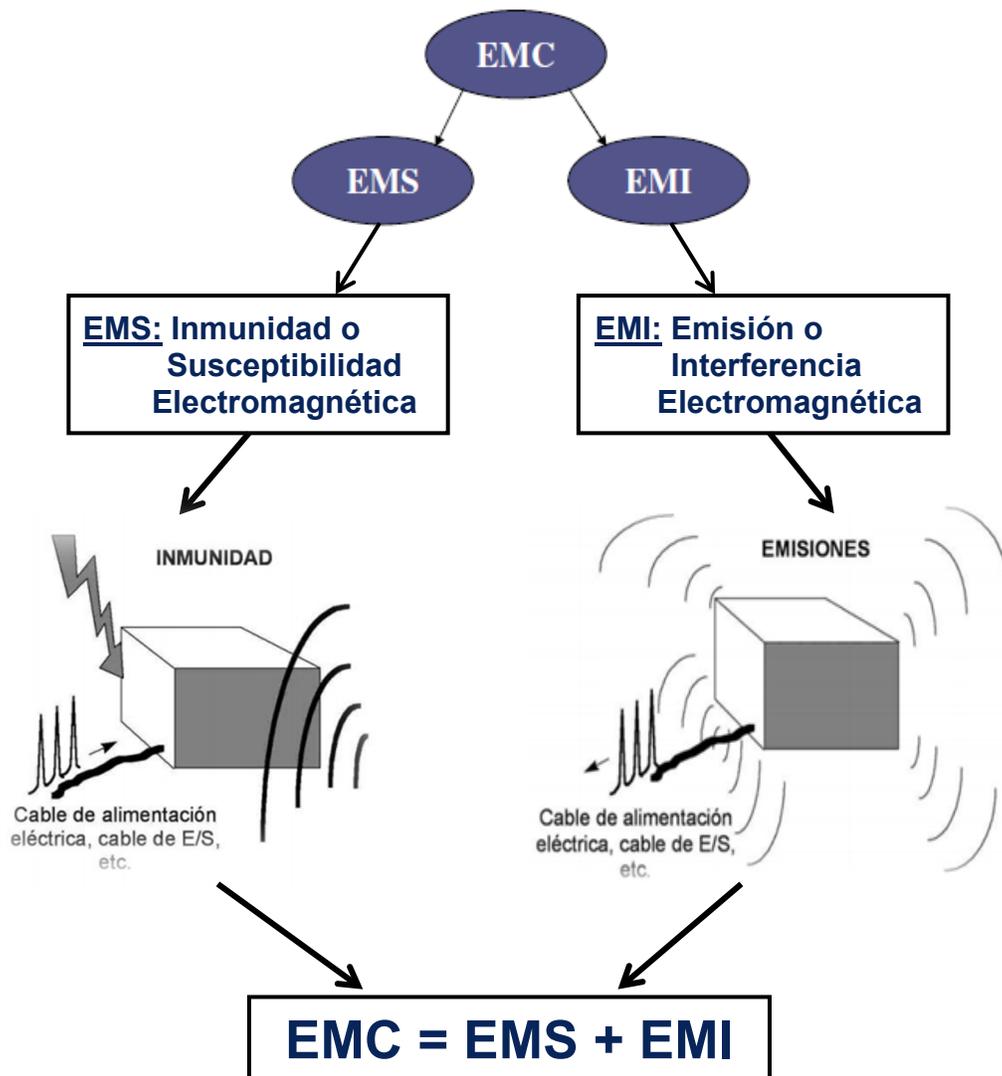
Una de esas técnicas de ensayo se denomina: **“Ensayos de Emisión o Interferencia Electromagnética (EMI)”**, estas se pueden manifestar en forma Radiada de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico (que son el objeto de estudio de este Trabajo Final Integrador (TFI)) y en forma Conducida. Estas son perturbaciones del tipo electromagnética no deseadas, que pueden interferir en el normal funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico.

Estos ensayos están normalizados según el **Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR)**, bajo la serie de publicaciones (**CISPR XX**) y es para caracterizar el poder perturbador asociado a un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico. Que se puede manifestar en forma Radiada y/o Conducida, cuyo análisis y determinación están dados según las normativas que fijan los límites máximos a no superar. Contribuyen a alcanzar un uso racional del espectro radioeléctrico y a no perturbar a otros dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos instalados dentro del mismo entorno electromagnético.

Por interferencia electromagnética (EMI) podemos entender la presencia de voltajes o corrientes no deseados que pueden aparecer en un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico o eventualmente en sus circuitos, como resultado de la operación de otro aparato eléctrico y/o electrónico, o por fenómenos naturales.

En la figura siguiente se representa un esquema básico de los elementos que intervienen en un problema de EMI. Hay que remarcar que solo se habla de interferencias siempre y cuando se provoque un mal funcionamiento del receptor.

Cualquier Emisión o Interferencia Electromagnética (EMI), natural o artificial, es potencialmente una perturbación hacia cualquier otro dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico susceptible en el mismo entorno (ambiente) electromagnético. La misma puede ponerlo fuera de servicio o en casos peores, causar su malfuncionamiento. Por lo tanto existen dos lados en la ecuación de **EMC = EMS + EMI**, ver el siguiente esquema:





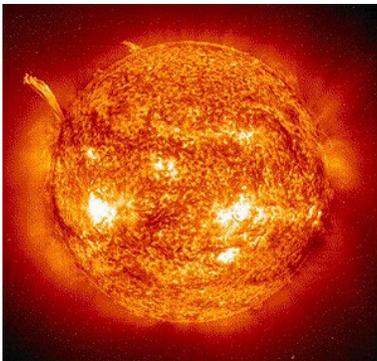
C. ¿Cuáles son las Fuentes de Interferencia?

**INTERNAS**



**GENERADAS EN EL MISMO  
DISPOSITIVO, EQUIPO O  
SISTEMA ELÉCTRICO Y/O ELECTRÓNICO**

**EXTERNAS  
NATURALES**

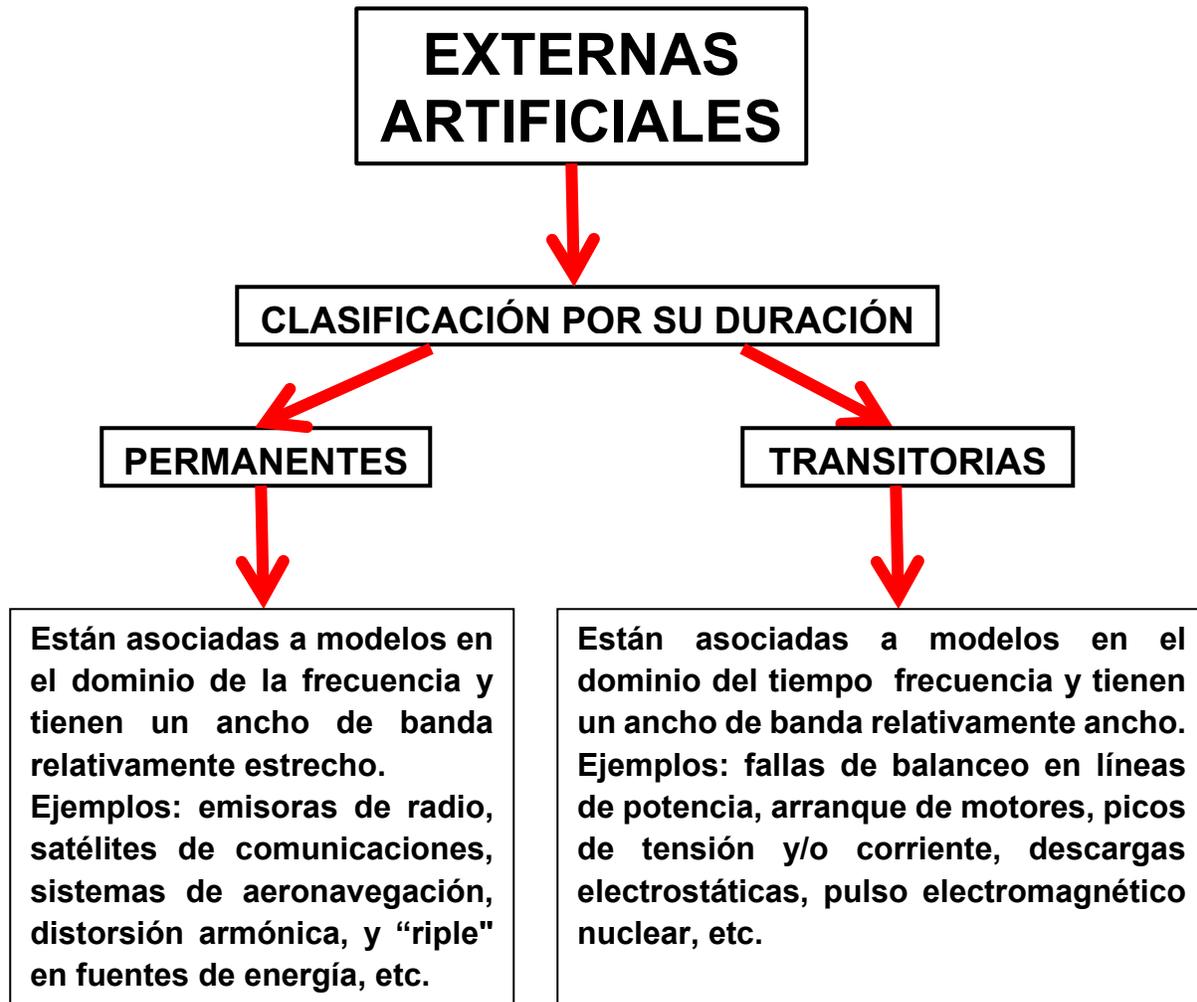


**RUIDO TÉRMICO**

**TORMENTAS ELÉCRICAS**

**DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

**RADIACIÓN SOLAR**



# EXTERNAS ARTIFICIALES

## CLASIFICACIÓN POR SUS MEDIOS DE ACOPLAMIENTO

### CONDUCCIÓN

El acoplamiento se produce a través de señales transportadas por conductores eléctricos que unen la fuente con el receptor (víctima).

**Existe contacto galvánico.**  
Una posible solución es el **filtrado** de las **señales ofensivas**.

### RADIACIÓN

El acoplamiento se produce a través de campos electromagnéticos.

**No existe contacto galvánico.**  
Una posible solución es el **blindaje electromagnético** o también llamado **apantallamiento electromagnético** de los campos ofensivos.

### Emisiones

#### Emisión

#### (electromagnética)

Fenómeno por el que una fuente proporciona energía electromagnética hacia el exterior.

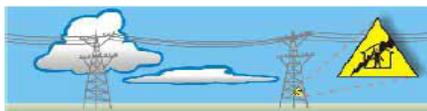
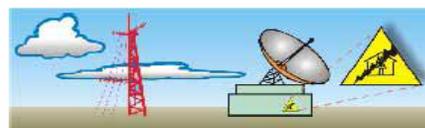
#### Radiación

#### (electromagnética)

Fenómeno por el que una fuente genera energía hacia el exterior en forma de ondas electromagnéticas.

#### Objetivo en esta parte de la EMC:

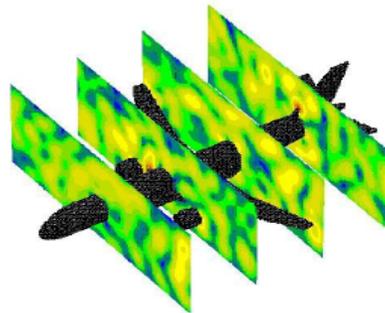
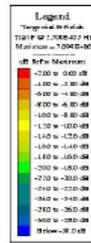
asegurar que el equipo no perturbe a otros equipos, servicios de radiocomunicación, redes de alimentación, u otros.



## Inmunidad

### Inmunidad (Electromagnética):

aptitud de un dispositivo, equipo o sistema para funcionar sin degradación de su propia calidad en presencia de una perturbación electromagnética.

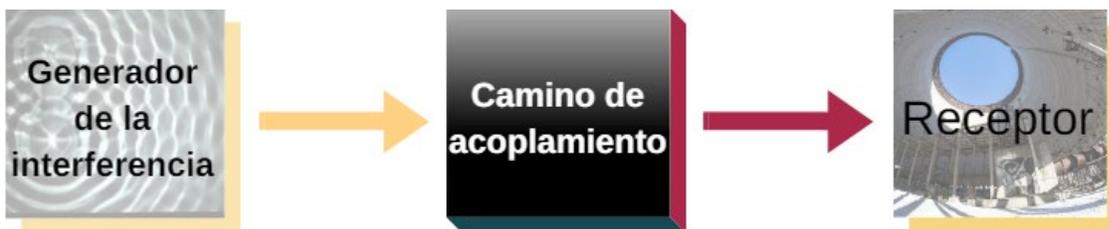


### Objetivo en esta parte de la EMC:

asegurar que el equipo no sea afectado por perturbaciones provenientes de, por ejemplo, radiotransmisores, líneas de alimentación, campos electrostáticos y otros fenómenos.

## D. División de las Interferencias Electromagnéticas

- El **emisor u origen**, fuente o generador de las interferencias.
- Los **caminos o medios** de acoplamiento de la interferencia (medio de propagación).
- Los **receptores o víctimas** afectados por la interferencia.



En las perturbaciones de tipo radiadas su medio de propagación es el aire y cuando aparecen este tipo de perturbaciones se trata de suprimir la interferencia de la fuente.



## E. ¿Qué es el Medio de Acoplamiento Electromagnético o Medio de Propagación Electromagnético?

Es la interrelación de dos o más circuitos cuando se establece una transferencia de energía entre ellos. Cuando este acoplamiento se produce por radiación electromagnética se denomina **acoplamiento radiado** (objeto de estudio de esta monografía). Si el acoplamiento se produce a través de conductores o componentes, se denomina **acoplamiento conducido**.

El medio de propagación o acoplamiento electromagnético entre sistemas consiste en que un dispositivo interacciona y perturba el funcionamiento de otro. El camino de acoplamiento entre la fuente y el receptor permite a la fuente interferir con el receptor. Se clasifican en:

1. Si el acoplamiento entre la fuente y el receptor es a través de medio físico como un conductor eléctrico que une la fuente de interferencia con el equipo interferido (receptor), (cables de alimentación o señal, pista o chasis metálicos) que permite la conducción de la perturbación a través de él, se habla de **Acoplamiento Conducido**. Por lo tanto, estamos en presencia de **Interferencia Conducida (Corriente Eléctrica)**.
2. Si el acoplamiento entre la fuente y el receptor se produce a través de un medio no conductor con predominancia de efecto del campo magnético, se habla de **Acoplamiento Inductivo o Inducida Magnéticamente (Campo Magnético)** y suele estar asociado a fuentes con grandes variaciones de corriente respecto al tiempo y bucles suficientemente grandes.
3. Si el acoplamiento entre la fuente y el receptor se produce a través de un medio no conductor con predominancia de efecto del campo eléctrico, se habla de **Acoplamiento Capacitivo o Inducida Capacitivamente (Campo Eléctrico)** y suele estar asociado a fuentes con grandes variaciones de tensión respecto al tiempo.
4. Por último, cuando la fuente y el receptor están lo suficientemente separadas (campo lejano), la relación entre el campo eléctrico y el magnético es constante y la interferencia se recibe de forma básica a modo de onda plana a través del aire por campos electrostáticos o electromagnéticos. En ese caso se habla de **Acoplamiento Radiado**. Por lo tanto, estamos en presencia de **Interferencia Radiada (Campo Electromagnético)**.



## EMISIONES DE INTERFERENCIAS

### Fuente de energía EM

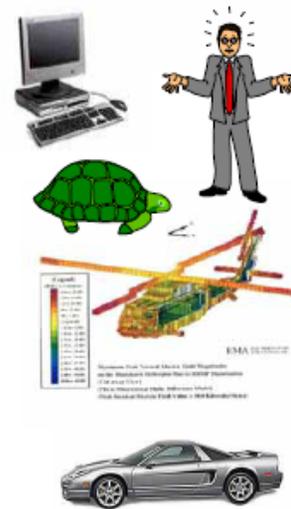


### Canal de acoplamiento

1. Conducida (corriente eléctrica)
2. Inducida magnéticamente (campo magnético)
3. Inducida capacitivamente (campo eléctrico)
4. Radiada (campo electromagnético)

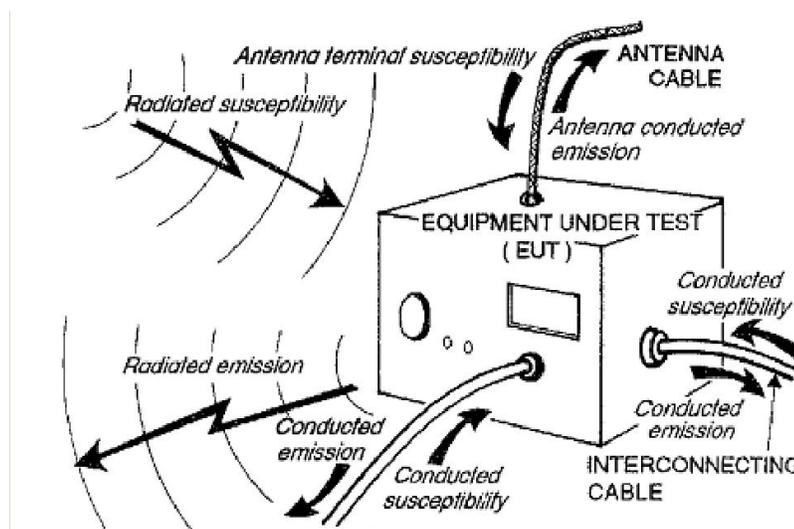
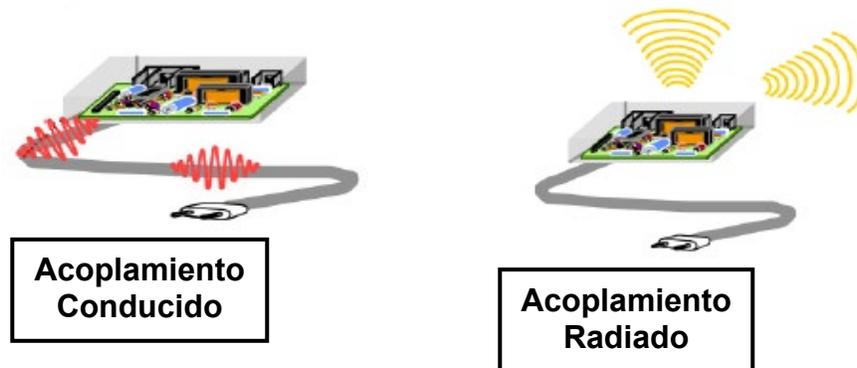
## INMUNIDAD (SUSCEPTIBLES) A LAS INTERFERENCIAS

### El receptor o la "víctima"



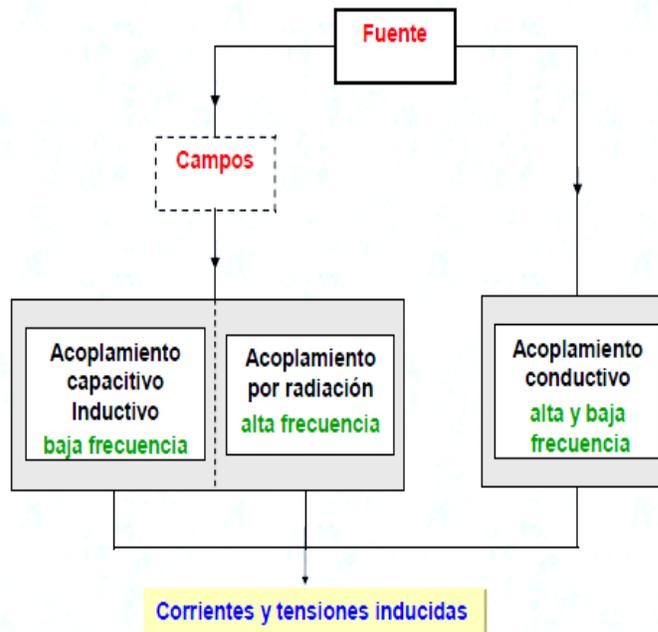
El **Acoplamiento Radiado**, es decir, ante la presencia de **Interferencia Radiada (Campo Electromagnético)** descrito anteriormente en el punto 4), **este es el objeto de estudio de esta monografía.**

## F. Medios de Propagación de las Interferencias



1. Radiación directa de la fuente al receptor ⇒ **Acoplamiento Conducido**.
2. Conducido por cables comunes de la fuente y del receptor ⇒ **Acoplamiento Capacitivo en forma Radiada (mecanismo campo dominante eléctrico)**.
3. Radiado por los cables de la fuente a los cables del receptor ⇒ **Acoplamiento Inductivo en forma Radiada (mecanismo campo dominante magnético)**.
4. Radiado desde la fuente y transferido a los cables de I/O del receptor ⇒ **Acoplamiento por Radiación Electromagnética. Este es el objeto de estudio de esta monografía.**

## G. Resumen del Acoplamiento Electromagnético o Medio de Propagación Electromagnética



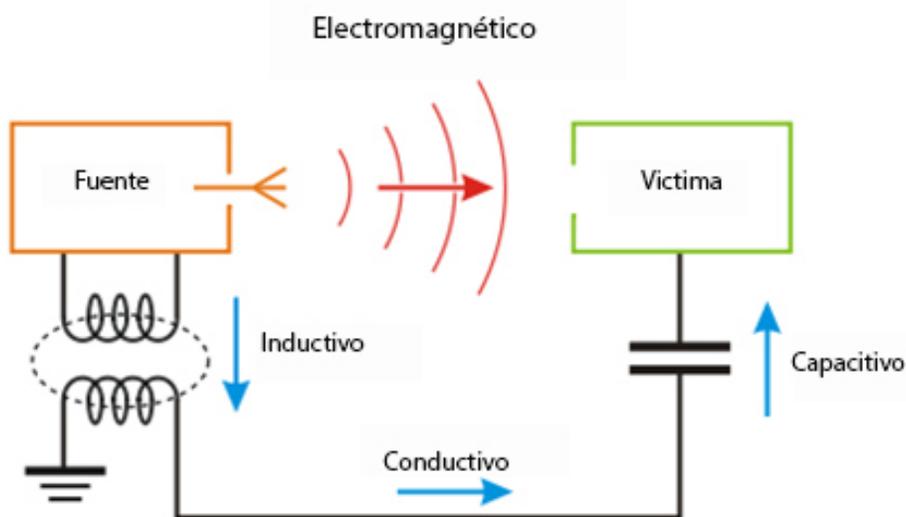
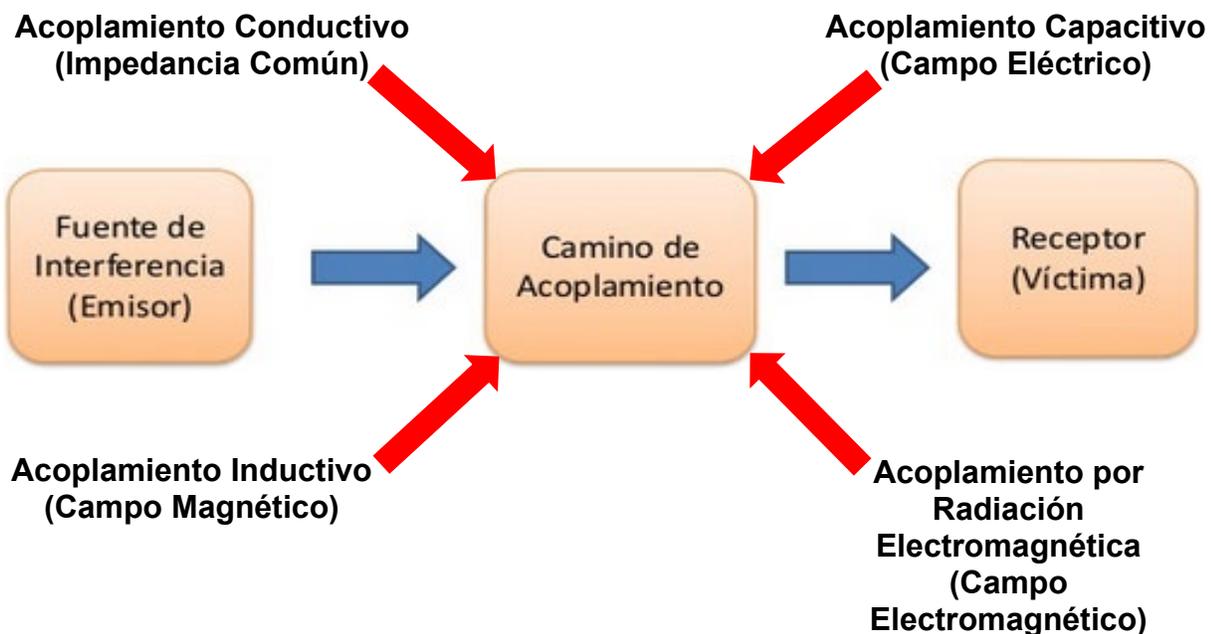
- Acoplamiento Conductivo por impedancia común a través de un conductor eléctrico (Líneas de Alimentación, Líneas de Señal, Chasis Metálicos).
- Acoplamiento Capacitivo en forma Radiada (Campo Eléctrico).
- Acoplamiento Inductivo en forma Radiada (Campo Magnético).
- Acoplamiento por Radiación Electromagnética (Onda Plana, es decir, por Radiación y por Inducción).

Para estudiar las interferencias se han de analizar las tres partes mencionadas:

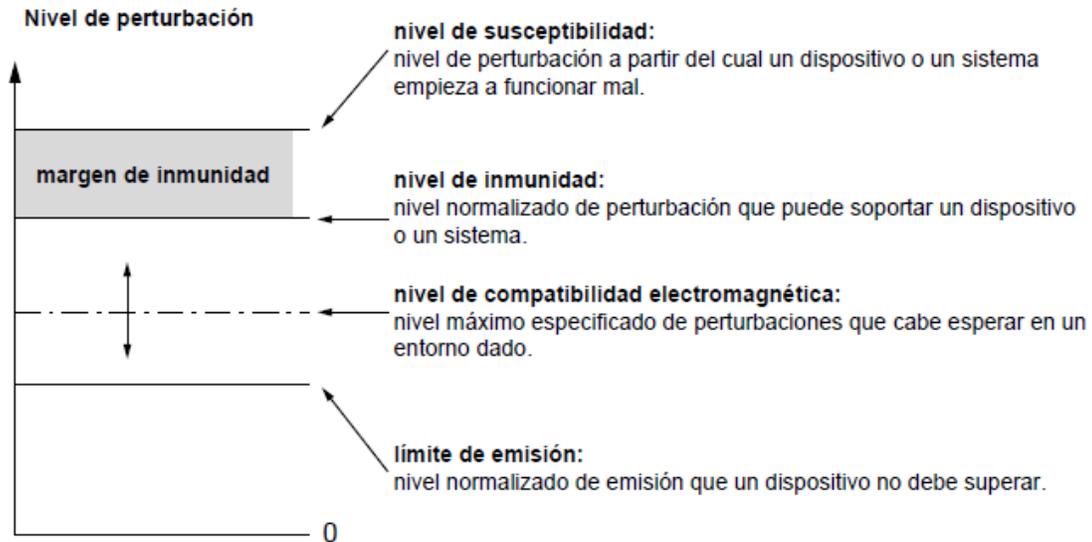
1. Determinar quién produce la interferencia y eliminarla o disminuirla si es posible, ya sea que provenga de la fuente y/o receptores.
2. Analizar cómo se transmite la interferencia y atenuar lo máximo posible la energía interferente transmitida (realizar el camino de acoplamiento poco efectivo).
3. En el caso de que el problema subsista, intentar insensibilizar los receptores ante la presencia de emisiones.

La mejor solución es la primera, aunque no siempre es posible identificar la fuente de la perturbación (fuente de interferencia) y algunas veces no es posible eliminarlas, ya que son señales activas del propio sistema, como por ejemplo el reloj (clock) de un sistema digital. En estos casos solo se puede actuar sobre el camino de acoplamiento o haciendo que el receptor (la víctima) sea más inmune.

#### H. Diagrama en bloques de cómo se generan las Interferencias Electromagnéticas



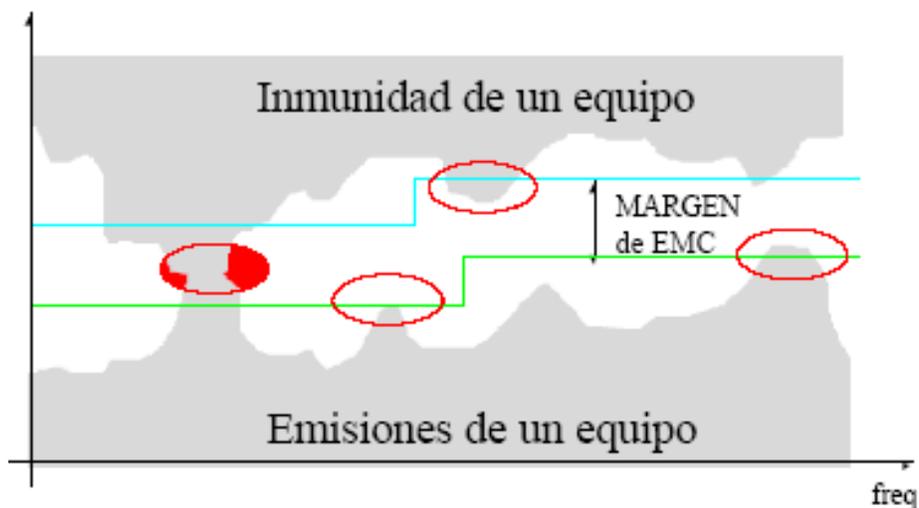
## I. Campo de Aplicación de las Interferencias Electromagnéticas



Esto significa que:

- El nivel de inmunidad de cada dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico es tal que su entorno electromagnético no lo perturba.
- Su nivel de emisión de perturbaciones debe ser lo suficientemente bajo como para no perturbar los aparatos situados en su entorno electromagnético.

La siguiente figura muestra los límites cualitativos entre la emisión de un equipo e inmunidad de un equipo y la zona que fija el margen de EMC:





El umbral de inmunidad es el máximo nivel de perturbaciones electromagnéticas que pueden influir sobre un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico para el cual es capaz de funcionar correctamente para el criterio de aceptación requerido.

Del lado de emisión, el objetivo de EMC es asegurarse que el dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico no afecte a otros equipos, servicios de radio, potencia u otras redes. En el lado de inmunidad, el objetivo es verificar que el equipamiento no resulta afectado, por Radio transmisiones, instalaciones de potencia, campos electrostáticos u otros fenómenos.

Las emisiones electromagnéticas deben estar siempre por debajo del límite de emisión permisible, ya sean radiadas, conducidas, perturbaciones discontinuas como también armónicos y fluctuaciones de tensión.

Dado que un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico puede estar compuesto de subsistemas, también deben estudiarse las posibles interferencias internas entre los mismos.

Se habla de "**Nivel EMC**". Para cada tipo de perturbación, es el nivel especificado de perturbación para el cual debe existir una probabilidad aceptable de EMC. Este nivel tiene una pequeña probabilidad (normalmente el 5%) de no ser superado. Así, se habla de:

- **Límite de Emisión:** En dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos conectados a una red eléctrica se exige que éstos emitan menos que el nivel EMC menos una cantidad llamada Límite de Emisión, para garantizar el éxito de funcionamiento de la red eléctrica al conectar a ella varios equipos simultáneamente.
- **Límite de Inmunidad:** De la misma manera, también se exige a los fabricantes que sus equipos deben ser inmunes (susceptibles) al nivel EMC más una cantidad llamada margen de inmunidad, para asegurar el éxito de funcionamiento al tener conectados estos equipos a una red eléctrica con perturbaciones.





L. ¿Para qué se utilizan las Normas Básicas de Emisión, es decir, las CISPR (Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas)?

Su existencia es esencial para la **protección** de:

- ✓ Servicios de seguridad.
- ✓ Equipos electromédicos y sistemas electromédicos.
- ✓ Equipos eléctricos que no son equipos electromédicos.
- ✓ Telecomunicaciones como por ejemplo: Radio, TV, Telefonía, Radioenlaces, Radares.

Las publicaciones de las normas CISPR tratan de los límites y mediciones de las fuentes potencialmente perturbadoras de radiofrecuencia, es decir, especifican los métodos de medición de emisión y fijan los límites, en particular:

- Fijan los límites para la protección de los servicios de radiocomunicaciones.
- Fijan las características de inmunidad de servicios de: TV, aplicaciones domésticas, ITE (Equipos de Tecnología de la Información).
- Técnicas de medición para emisión e inmunidad (para receptores de radio y equipos de tecnología de la información (ITE)).
- Instrumentos para las mediciones, especificaciones y calibraciones para los ensayos.
- Análisis estadísticos de datos, incluyendo incertidumbre de la medición.

Es importante destacar que los requerimientos y actualizaciones de las normas se encuentran en estado de cambio permanente. Es responsabilidad del lector consultar la versión más actualizada de las mismas.



### M. Clasificación del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada para Equipos Electromédicos

El fabricante del equipo debe asegurar que el usuario está informado sobre el grupo y la clase del equipo, ya sea por una etiqueta de identificación o por la declaración en la documentación del mismo. El analista técnico del laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) siempre debe verificar que la normativa esté bien aplicada.

<b>GRUPO 1</b>	<b>GRUPO 2</b>	<b>CLASE A</b>	<b>CLASE B</b>
Reúne a todos los equipos industriales, científicos y médicos (ISM) en los que la energía electromagnética de radiofrecuencia es intencionalmente es generada y/o utilizada para el funcionamiento interno propio del equipo. Ej.: Equipos de Caviterapia, Ultrasonido, etc.	Reúne a todos los equipos industriales, científicos y médicos (ISM) en los que la energía electromagnética de radiofrecuencia es intencionalmente es generada y/o utilizada en forma de energía radioeléctrica radiada para el tratamiento de pacientes. Ej.: Equipos de Onda Corta para Fisioterapia.	Son aquellos equipos diseñados para ser utilizados y funcionar en un entorno con la red de alimentación controlada. Estos equipos son previstos a ser utilizados en todos los establecimientos distintos de los locales domésticos y distintos de los conectados directamente a la red de distribución de electricidad de baja tensión que alimente a edificios de uso domésticos. Ej.: Ambiente Hospitalario, la red de distribución eléctrica es especial. Hay un Responsable Técnico.	Son aquellos equipos diseñados para ser utilizados y funcionar en entornos como ser en todos los locales domésticos y en los establecimientos conectados directamente a la red de distribución de electricidad de baja tensión; la cual suministra energía eléctrica a edificaciones de uso domésticos. Ej.: Ambiente Hogareño, Consultorios Privados, etc.



### 3. OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de medición adecuado, óptimo y confiable para determinar en el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI el ensayo de Emisión Electromagnética Radiada de cada uno de los Equipment Under Test (EUT), como por ejemplo algunos equipos electromédicos son: mesas de anestesia, incubadoras, respiradores, esterilizadores, desfibriladores, electrocardiógrafos, electroencefalógrafos, equipos de Rx, bombas infusoras, equipos de magnetoterapia, sillones odontológicos, etc. Con el fin de alcanzar una reducción en los tiempos de ensayo al momento de seleccionar e instalar “solo una única Antena Receptora” adecuada que abarque todo el ancho de banda necesario para dicho ensayo, capaz de recibir la intensidad de campo eléctrico radiada por cualquier Equipment Under Test (EUT), eléctrico y/o electrónico, en el espacio libre en el rango de frecuencias para Emisión Electromagnética Radiada de (30 MHz a 1 GHz).

### 4. OBJETIVO ESPECÍFICO

Cumplir con los requerimientos establecidos por el **Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR)** en las normas de aplicación **CISPR 16** (Especificación para aparatos y métodos de medición de inmunidad y emisión en laboratorios), **CISPR 11** (Equipos Industriales, Científicos y Médicos (ISM). Características de las perturbaciones de radiofrecuencia. Límites y métodos de medición) y **CISPR 22** (Equipos de Tecnología de la Información (ITE). Características de las perturbaciones de radiofrecuencia. Límites y métodos de medición), para realizar el ensayo de Emisión Electromagnética Radiada de los equipos de Equipment Under Test (EUT), comprobando si éstos cumplen con los requisitos de Compatibilidad Electromagnética (EMC), dónde es necesario disponer de un entorno libre de perturbaciones externas de tipo electromagnéticas no deseadas, que pueden interferir en el normal funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico, y que, a la vez, nos permita generar energía hacia el exterior en forma de ondas electromagnéticas, es decir, campos electromagnéticos de alto nivel para realizar ensayos de Emisión Electromagnética Radiada, sin perturbar el entorno (equipos) circundantes, mediante la realización de pruebas previas de Compatibilidad Electromagnética (EMC), considerando la capacidad del dispositivo, equipo o sistema eléctrico y/o electrónico para no generar interferencias electromagnéticas (Emisión).



Éstos equipos, son simulados por una única antena que cumple la función de transmisora, denominada biconilog (Modelo: 3140), con un ancho de banda entre (26 MHz – 2 GHz), la misma alimentada por un Generador de Radiofrecuencia Fluke (Modelo: 6061A). Primeramente la intensidad de campo eléctrico incide sobre una antena patrón utilizada como referencia que cumple la función de receptora, denominada dipolo de banda ancha de alta precisión (Modelos: HZ-12 y HZ-13), con un ancho de banda entre (30 MHz – 300 MHz y 300 MHz – 1 GHz) respectivamente. Posteriormente la intensidad de campo eléctrico incide sobre una antena que cumple también con la función de receptora y es la que se deberá calibrar, denominada biconilog (Modelo: 3142D), con un ancho de banda entre (26 MHz – 6 GHz).

En cada caso se registra a través del Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas) el nivel máximo de radiación que emite la antena biconilog transmisora (Modelo: 3140) para cada frecuencia de operación entre (30 MHz – 1 GHz).

Se debe alcanzar mediante los cálculos numéricos y las correspondientes representaciones gráficas, que la comparación analítica y gráfica de los factores de las antenas (AF) receptoras no superen el margen de error de  $\pm 2$  dB como lo establece la nota de aplicación de la norma CISPR 11 en el punto 7.3.4.2.

El compromiso y la justificación de realizar este Trabajo Final Integrador (TFI), es que al cumplir con el límite del margen de error de  $\pm 2$  dB en la medición, significa que dicho ensayo se puede llevar a cabo sin inconveniente, implementando únicamente la antena biconilog a calibrar (Modelo: 3142D), con un ancho de banda entre (26 MHz – 6 GHz) como receptora, debido a que se selecciona la misma por tener un amplio ancho de banda, pudiéndose de esa manera lograr minimizar los tiempos en los ensayos de Emisión Electromagnética Radiada con el fin de utilizar dicha antena para ensayos futuros a dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos.

Lograr un mayor y mejor rendimiento en la utilización del conjunto Cámara Semianecoica - Antena, ya que en cuanto al montaje y ajuste, solo se procede a instalar la antena biconilog a calibrar (Modelo: 3142D) mencionada que funcionará como receptora y no de la instalación de otras antenas que conllevarían a aumentar los tiempos de ensayo.



## 5. ALCANCE

Realizar mediciones de Emisión Electromagnética Radiada con mayor precisión, exactitud y menor tiempo en cuanto al montaje de los elementos intervinientes en los ensayos y la obtención eficiente de los niveles de radiación generados por los Equipment Under Test (EUT).

Investigar y Desarrollar en el laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) bajo las normativas y especificaciones correspondientes que se deberán tener en cuenta para efectuar la verificación, validación y ajuste, tanto analítica como gráfica, del factor de antena (AF) de dos antenas receptoras, una antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia (Modelos: HZ-12 y HZ-13) y una antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D), mediante el ensayo de Emisión Electromagnética Radiada. El mismo se realizará (emplazará) dentro de una Cámara Semianecoica (CSA) “recinto con un plano de tierra construido con un blindaje y material absorbente en las paredes y el techo para evitar las reflexiones electromagnéticas indeseadas”.

## 6. METODOLOGÍA (TIPO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO)

El emplazamiento del ensayo de Emisión Electromagnética Radiada se realiza dentro de una Cámara Semianecoica (CSA), donde en una Mesa Rotatoria (Tornamesa), la cual permanece fija, se ubicará el Equipment Under Test (EUT), en este caso reemplazado por una única antena que cumple la función de transmisora, denominada biconilog (Modelo: 3140), con un ancho de banda entre (26 MHz – 2 GHz), la misma instalada sobre un mástil a una altura respecto del plano de tierra 1,55 m y a una distancia de separación de 10 m respecto de las antenas receptoras, denominadas, dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia (Modelos: HZ-12 y HZ-13), con un ancho de banda entre (30 MHz – 300 MHz y 300 MHz – 1 GHz) respectivamente y una antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D), con un ancho de banda entre (26 MHz – 6 GHz), permitiéndose seleccionar la separación de ambas de 3 m a 10 m, las cuales también estarán montadas cada una de ellas sobre un mástil a una altura respecto del plano de tierra de 2,6 m, pudiéndose ajustar a las mismas de 1 m a 4 m, con la ventaja de cambiar la posición de la antena, ya sea tanto para polarización horizontal como para polarización vertical.

Luego un sistema de adquisición de datos y posicionamiento, estos situados en una Precámara (Cámara de Control), asegurará que los datos que se procesen del Ensayo de Emisión



Electromagnética Radiada en la Cámara Semianecoica (CSA) perteneciente al Departamento de Compatibilidad Electromagnética del INTI sean los más confiables posible en el momento de comenzar a generar y recibir la señal electromagnética.

Los elementos en el interior de la Cámara Semianecoica (CSA) son: una antena biconilog receptora, una antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia, un Equipment Under Test (EUT), el mismo simulado por la antena biconilog transmisora, un generador de radio frecuencia situado en una mesa no conductora, que está próximo y alimenta a la antena transmisora, tres mástiles, una Mesa Rotatoria (Tornamesa) y una lámpara de gas de alta eficiencia de baja potencia y de alta iluminación. En cambio, en el exterior de la cámara se encuentran en una Precámara (Cámara de Control) los equipos de medición previamente calibrados, es decir, el Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas), Analizador de Espectros y el Amplificador de bajo ruido, además se cuenta también con la interconexión del cableado de radiofrecuencia correspondiente de la antena biconilog transmisora hacia el generador de radiofrecuencia y de la antena biconilog receptora hacia el Amplificador de bajo ruido y de éste hacia el Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS, como se podrá observar en el diagrama en bloques realizado en la **Página 41** de esta monografía.

Se procederá a la aplicación de un método de comparación de la intensidad de campo eléctrico incidente para cada una de las antenas receptoras por separado, tanto en polarización horizontal como en la polarización vertical. Éste método es sugerido por el fabricante en el manual técnico de la antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia, el mismo denominado **“Calibración de antenas por el método de sustitución”**. Obteniendo así, analíticamente el factor de la antena (AF) a calibrar, en este caso la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D), comparándose éste valor con el valor del factor de antena (AF) en función de la frecuencia de operación obtenido del gráfico establecido por el fabricante en el manual técnico de dicha antena, con el fin de verificar para ambas polarizaciones, que la diferencia existente entre el valor analítico calculado y el valor gráfico obtenido por simple inspección según la frecuencia de operación, no supere el límite del margen de error de  $\pm 2$  dB como lo especifica la nota de aplicación de la norma CISPR 11 en el punto 7.3.4.2, permitiendo de esta manera reducir los tiempos de ensayos al momento de seleccionar únicamente en la recepción dicha antena receptora, luego de haber obtenido la correcta verificación de la diferencia gráfica-analítica de su factor de



antena (AF), en lugar de tener que estar cambiando la antena receptora, según la emisión que radia en particular cada uno de los equipos correspondiente a un rango de frecuencia determinado. El factor de antena (AF) es la relación existente entre el campo eléctrico incidente captado por la antena receptora y la tensión medida en los terminales de la antena receptora con una impedancia de carga resistiva de  $50 \Omega$  conectada en los terminales de la misma.

Se trabajará sobre las normas preestablecidas y las especificaciones que aseguren el correcto funcionamiento tanto de los equipos de medición como de las antenas preferentemente seleccionadas para tal fin, logrando la eficiencia en minimizar los tiempos en los Ensayos de Emisiones Electromagnéticas Radiadas para futuros ensayos a la diversidad de dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos.

## 7. INSTALACIÓN PARA LOS ENSAYOS DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC) EN LA CÁMARA SEMIANECOICA (CSA) DEL INTI

Emplazamiento del ensayo de Emisión Electromagnética Radiada de un equipo de Equipment Under Test (EUT) (en este caso un auto) realizado dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI, utilizando una antena receptora biconilog, en polarización horizontal, Modelo: 3142D y con un ancho de banda entre (26 MHz – 6 GHz), la misma instalada sobre un mástil a una altura de 4 m. Tener en cuenta que el ensayo se realiza tanto en polarización horizontal como en polarización vertical.

Se desea simular un espacio abierto OATS: Open Area Test Site (Sitio de Prueba de Área Abierta) sobre un plano de tierra metálico:





A. Emisiones Electromagnéticas Radiadas en un ancho de banda entre (30 MHz – 1 GHz) a 3 m o a 10 m de distancia entre la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D) y el Equipment Under Test (EUT), que en este caso en particular se trata de una antena biconilog transmisora (Modelo: 3140)

Deben realizarse con un receptor de cuasi-pico en el rango de frecuencia de 30 MHz a 1 GHz.

El receptor de interferencia debe tener detector de cuasi pico y el ancho de banda de 6 dB de acuerdo a CISPR 16-1.

La antena biconilog receptora se ajustará entre 1 m y 4 m de altura sobre el plano de tierra y se variará la polarización (horizontal y vertical) de forma de encontrar la máxima intensidad de campo eléctrico radiada  $E$  [dBuV/m].

La distancia de separación entre la antena biconilog receptora y el Equipment Under Test (EUT) será de 3 m o 10 m.

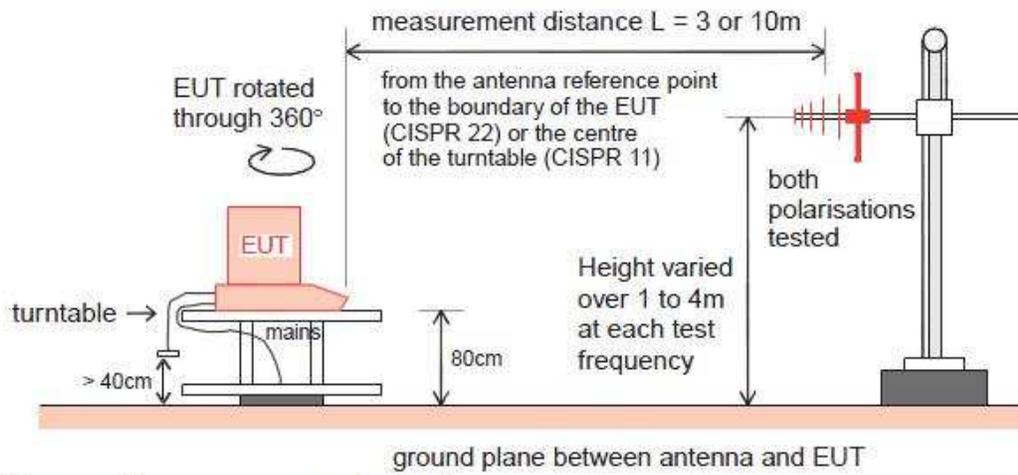
Se podrá variar el azimut de la antena biconilog receptora - EUT y se rotará el EUT. Si esto no fuera posible se medirá alrededor del mismo.

El sitio de medición debe ser validado de acuerdo a los requerimientos de CISPR 16-1.

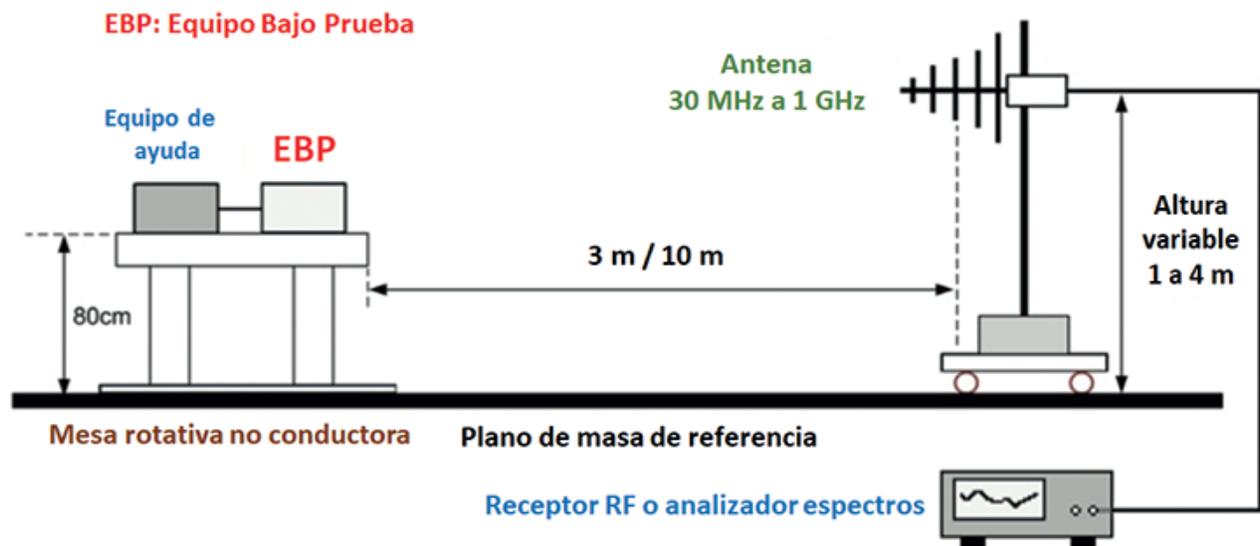
Además de realizar el ensayo de Emisión Electromagnética Radiada en OATS (Open Area Test Site) se pueden emplear lugares alternativos (cámaras anecoicas / semianecoicas).

El lugar de medición debe ser plano, libre de estructuras reflectantes y cables aéreos así como tener las dimensiones adecuadas a fin de proveer la separación entre la antena y EUT. Debe contar con un plano de tierra.

El Equipment Under Test (EUT) se montará en una mesa no metálica de 0,8 m de altura sobre el plano de tierra. Los equipos dispuestos para el piso, se colocarán sobre el plano de tierra con hasta 12 mm de aislación. Posteriormente se mostrará emplazamiento mencionado.



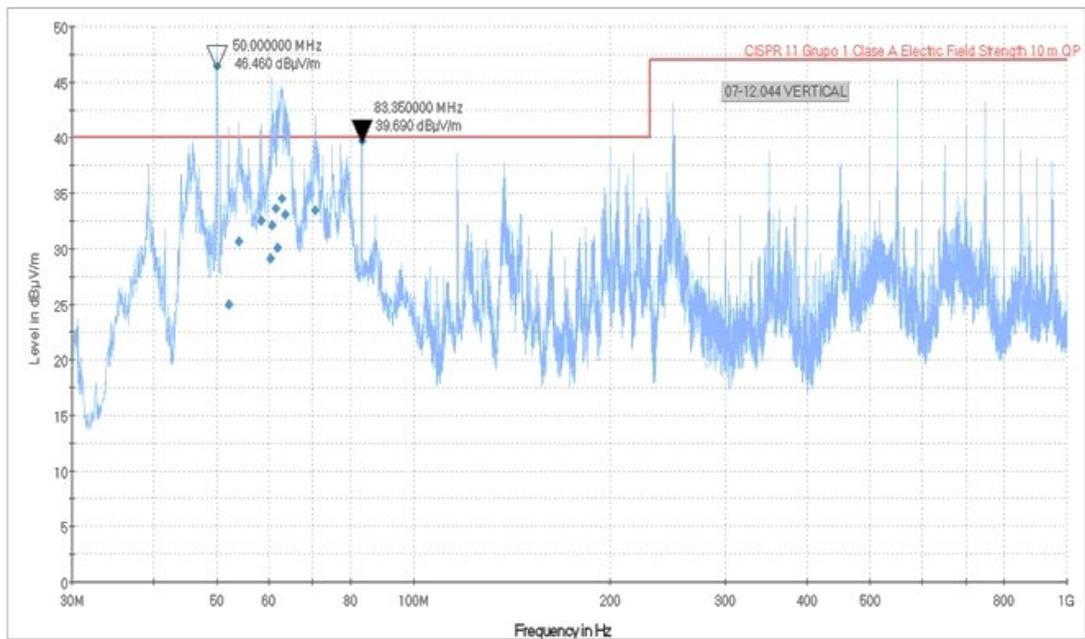
Setup on the open area test site



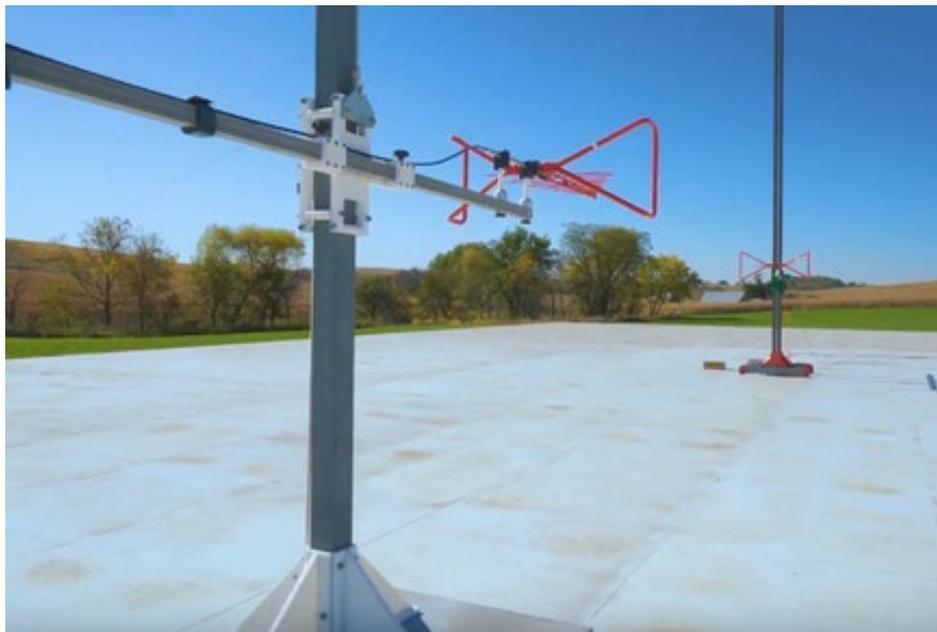
Es importante que la altura, la polarización y la orientación de las antenas que intervienen en la realización del Sistema de Medición para determinar el Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada en el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI, deben ser tales que se asegure la transferencia óptima de energía al sistema medidor situado dentro de Precámara (Cámara de Control) para que las mediciones sean confiables.



C. Representación gráfica del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada del Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico  $E$  [dB $\mu$ V/m] en función de la Frecuencia de Operación  $f$  [Hz] del Equipment Under Test (EUT) dentro de la CSA ubicado en el centro de la Mesa Rotatoria (Tornamesa) a una distancia de separación de 10 m respecto de la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D)



D. OATS: Open Area Test Site (Sitio de Prueba de Área Abierta)



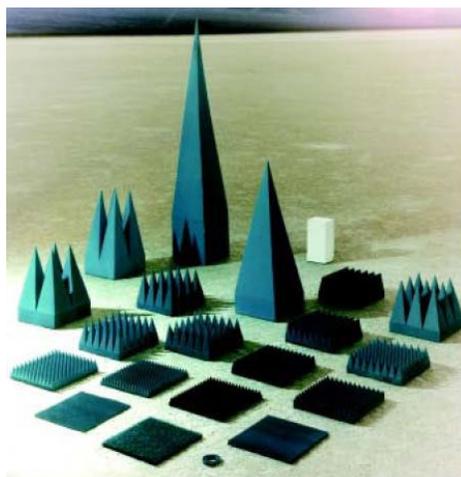
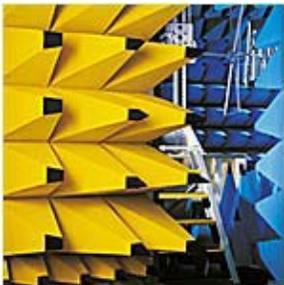
### E. Materiales Absorbentes (Anecoicos) utilizados para Compatibilidad Electromagnética (EMC)

La clave de un material absorbente anecoico es que absorba la energía electromagnética y la transforme en otro tipo de energía.

Estos materiales permiten reducir el ruido electromagnético radiado y mejorar la resistencia al mismo de equipamientos electrónicos (como ser: equipos de comunicaciones, equipos electromédicos, computadoras, electrodomésticos y electrónica automotriz), la atenuación de las reflexiones de ondas de radio (por ejemplo: radioenlaces, radares y TV) e instalaciones para evaluación y medición de EMI (como ser cámaras anecoicas).

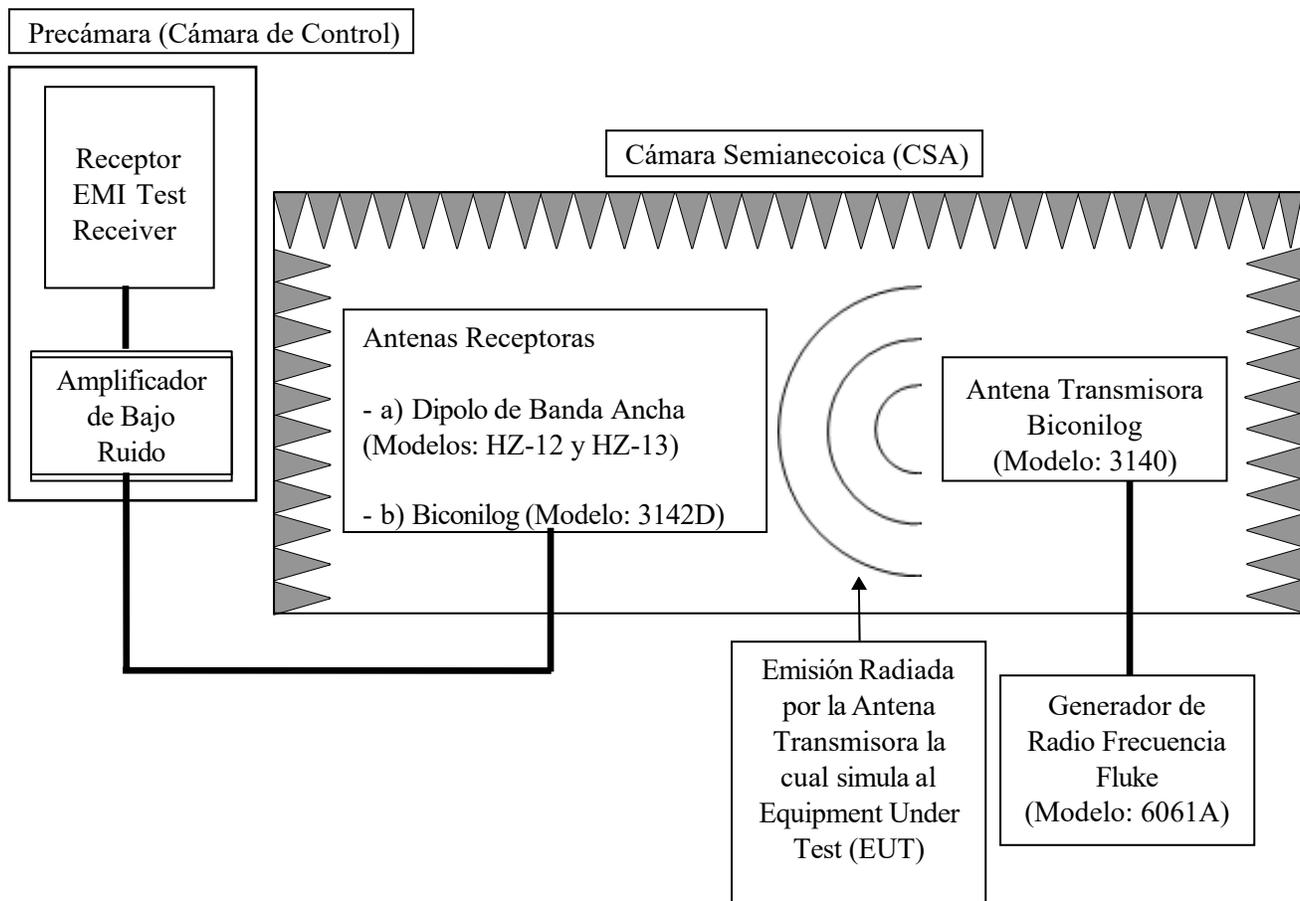
Hay diferentes tipos de absorbedores de radiación, su elección depende del tipo de ensayo, del tamaño del dispositivo a ensayar, y del rango de frecuencia del mismo. Se tienen híbridos de banda ancha, losetas de ferrites, dieléctricos para bandas específicas, dieléctricos para alta potencia, espuma de poliuretano cargada de partículas de carbón.

Algunos materiales absorbentes para distintas aplicaciones se muestran a continuación:





## 8. DIAGRAMA EN BLOQUES DEL SISTEMA DE MEDICIÓN A DESARROLLAR DEL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DENTRO DE LA CAMARA SEMIANECOICA (CSA)





## 9. DEFINICIÓN, UTILIDAD Y RELACIONES DE EQUIVALENCIA DEL DECIBEL (dB)

- El decibel (dB) y sus usos

Decibelio es la unidad relativa empleada en acústica y telecomunicaciones para expresar la relación entre dos magnitudes, acústicas o eléctricas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

- El decibel (dB) y sus usos:

El dB se utiliza como una relación entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia como puede ser:

**Un miliwatt => 1 mW**

**Un microvolt => 1  $\mu$ V**

Ejemplo: En un sistema de medición adaptado con una impedancia de 50  $\Omega$  se obtiene una Potencia de 2 W, ¿Cuál será el valor de la tensión del sistema?

$$P = V^2/R \Rightarrow V = (P \times R)^{1/2} = (2 \text{ W} \times 50 \Omega)^{1/2} = (100 \text{ V}^2)^{1/2} \Rightarrow \mathbf{V = 10 \text{ V}}$$

Potencia de 2 W referida al miliwatt es  $10 \log(2\text{W}/1\text{mW}) = \mathbf{33 \text{ dBm}}$

Tensión de 10 V referida al microvolt es  $20 \log(10\text{V}/1\text{mV}) = \mathbf{140 \text{ dBmV}}$

Relación entre mW y 1mV

$\mathbf{dBm = dBmV - 107}$ , en un sistema de medición adaptado de 50  $\Omega$ , donde 107 es  $20 \log(50)$ .

- El dB utilizado en el Campo Electromagnético:

El Campo Electromagnético está conformado por el Campo Eléctrico (E) y el Campo Magnético (H) cuya relación es:

$$\frac{E}{H} = 120\pi\Omega \approx 377\Omega$$



- El dB como unidad de medida en el Campo Electromagnético:

**Un microvolt por metro => 1 mV/m**

**Un microampere por metro => 1 mA/m**

Ejemplo:

**Campo Eléctrico 100 mV/m o 0,265 mA/m (se utiliza la relación  $E/H = 377 \Omega$ )**

**Referido al microvolt es  $20 \log(100 \text{ mV/m} / 1 \text{ mV/m}) = 40 \text{ dBmV/m}$**

**Referido al microampere es  $20 \log(0.265 \text{ mA/m} / 1 \text{ mA/m}) = -11.5 \text{ dBmA/m}$**

**Relación entre dBmV/m y el dBmA/m**

**$\text{dBmV/m} = \text{dBmA/m} + 51.5$ , donde 51.5 es  $20 \log(377)$**

- Medición de Campo Eléctrico:

$$\mathbf{E \text{ [dB}\mu\text{V/m]} = V_i \text{ [dB}\mu\text{V]} + AF \text{ [dB(1/m)]}}$$

Donde:

E: Intensidad de Campo Eléctrico Radiada en [dB $\mu$ V/m].

V<sub>i</sub>: Nivel de Radiación Capturado por el EMI (Tensión Medida) en [dB $\mu$ V].

AF: Factor de Antena, valor que convierte la Tensión Medida (V<sub>i</sub>) sobre la Antena en Campo Eléctrico en [dB(1/m)] = [dB/m].

Ejemplo: Si a 100 MHz se mide una tensión de 23,5 dB $\mu$ V y según la carta de calibración de la antena utilizada el Factor de Antena (AF) es de 18,5 dB/m. Por lo tanto, la medición de Campo Eléctrico será:

$$\mathbf{E = 23,5 \text{ dB}\mu\text{V} + 18,5 \text{ dB/m} = 42 \text{ dB}\mu\text{V/m}}$$



## 10. TABLA DE VALORES MEDIDOS Y CALCULADOS

Frecuencia de Operación [MHz]	Longitud de Onda ( $\lambda$ ) de la Antena Dipolo de Banda Ancha Receptora de alta precisión [m]		Emisión Electromagnética Radiada ( $V_i$ ) incidente en la Antena Dipolo de Banda Ancha Receptora de alta precisión [dBuV]		Factor de Antena (AF) de la Antena Dipolo de Banda Ancha Receptora de alta precisión para 50 $\Omega$ [dB(1/m)]	Corrección del Factor de Antena (AF) dado por el fabricante de la Antena Dipolo de Banda Ancha Receptora de alta precisión debido a la altura de 2,6m sobre el mástil respecto del plano de tierra [dB(1/m)]		Emisión Electromagnética Radiada ( $V_i$ ) incidente en la Antena Biconilog Receptora a Calibrar (Modelo: 3142D) [dBuV]		Cálculo analítico del Factor de Antena (AF) de la Antena Biconilog Receptora a Calibrar (Modelo: 3142D) aplicando el método de sustitución [dB(1/m)]		Factor de Antena (AF) de la Antena Biconilog Receptora a Calibrar (Modelo: 3142D) obtenido del gráfico dado por el fabricante [dB(1/m)]	Diferencia $\Delta$ [dB(1/m)] entre el factor de antena analítico y el factor de antena gráfico de la Antena Biconilog Receptora a Calibrar (Modelo: 3142D)		
	$\lambda/2$	$\lambda/4$	Polarización Horizontal	Polarización Vertical		Polarización Horizontal	Polarización Vertical	Polarización Horizontal	Polarización Vertical	Polarización Horizontal	Polarización Vertical		Polarización Horizontal	Polarización Vertical	
Set de Dipolos de Media Longitud de Onda con un Ancho de Banda de (30 MHz - 300 MHz), Modelo: (HZ-12)	30	5	2,5	59,8	69,8	7,424	1,2	1,3	50	62,9	18,424	15,624	17	1,424	-1,376
	35	4,286	2,143	57,3	65,4	8,782	0	0	52,8	61,1	13,282	13,082	14	-0,718	-0,918
	40	3,75	1,875	46,7	58,5	9,952	1,3	0,2	48,5	58,9	9,452	9,752	11	-1,548	-1,248
	45	3,333	1,6665	42,3	52,4	10,986	0	0	45,5	55,9	7,786	7,486	9	-1,214	-1,514
	50	3	1,5	39,5	44,9	11,909	0,5	-0,2	45,3	50,2	6,609	6,409	7,5	-0,891	-1,091
	60	2,5	1,25	55,3	58,4	13,517	-0,7	-0,2	62	66,5	6,117	5,217	6,5	-0,383	-1,283
	70	2,14	1,07	49,4	59,5	14,863	-0,9	0	54,8	68,4	8,563	5,963	7	1,563	-1,037
	80	1,875	0,9375	49,1	60,4	16,035	-0,2	0,1	56,6	71,6	8,335	4,935	6,5	1,835	-1,565
	90	1,667	0,8335	51,1	54,3	17,066	0,5	0,1	60,8	65,8	7,866	5,666	6,5	1,366	-0,834
	100	1,5	0,75	55,5	56,8	17,98	0,6	0	66,5	68,3	7,58	6,48	8	-0,42	-1,52
	120	1,25	0,625	62,2	59,5	19,584	-0,4	0	72,9	73,4	8,484	5,684	7	1,484	-1,316
	140	1,07	0,535	61	53,2	20,933	-0,1	0	74,8	69,2	7,033	4,933	6,5	0,533	-1,567
	160	0,937	0,4685	57,4	48,2	22,103	0,3	0	74,5	62,3	5,303	8,003	7	-1,697	1,003
180	0,833	0,4165	56,8	45,2	23,147	-0,3	0	72,1	57,7	7,547	10,647	9	-1,453	1,647	
200	0,75	0,375	58,8	39,7	24,082	0	0	71,9	55,1	10,982	8,682	10	0,982	-1,318	



Set de Dipolos de Media Longitud de Onda con un Ancho de Banda de (300 MHz - 1 GHz), Modelo: (HZ-13)	225	0,666	0,333	53,1	40,9	25,124	0,2	0	65,7	53,9	12,724	12,124	11	1,724	1,124
	250	0,6	0,3	49,5	42,9	26,06	0,1	0	62,3	56,9	13,36	12,06	12	1,36	0,06
	275	0,545	0,2725	49,6	43,5	26,907	0,1	0	63,1	57,4	13,507	13,007	12,5	1,007	0,507
	300	0,5	0,25	49,7	48,4	27,683	-0,2	0	65,1	63	12,083	13,083	13	-0,917	0,083
	300	0,5	0,25	50,6	49	27,35	0	0	65,1	63	12,85	13,35	13	-0,15	0,35
	320	0,469	0,2345	48,9	52,2	27,91	0	0	63,2	65,7	13,61	14,41	13,5	0,11	0,91
	340	0,441	0,2205	45,5	51,8	28,49	0	0	60,4	65,4	13,59	14,89	14	-0,41	0,89
	350	0,429	0,2145	45,1	53,4	28,74	0	0	58,1	67,3	15,74	14,84	14,5	1,24	0,34
	360	0,417	0,2085	41,8	54,2	28,99	0	0	57,1	67,8	13,69	15,39	15	-1,31	0,39
	380	0,395	0,1975	36,8	53,3	29,51	0	0	48,7	65,9	17,61	16,91	16	1,61	0,91
	400	0,375	0,1875	37,1	52,8	29,95	0	0	48,2	65,6	18,85	17,15	17	1,85	0,15
	450	0,333	0,1665	44,9	49,7	31,04	0	0	56,8	64,2	19,14	16,54	18	1,14	-1,46
	500	0,3	0,15	47,8	47,1	31,94	0	0	58,9	58,4	20,84	20,64	19	1,84	1,64
	550	0,273	0,1365	50,3	41,2	32,97	0	0	61,8	53,1	21,47	21,07	20	1,47	1,07
	600	0,25	0,125	48,3	29,7	33,72	0	0	59,7	40,8	22,32	22,62	21	1,32	1,62
	650	0,231	0,1155	43,8	39,4	34,32	0	0	57,7	53,4	20,42	20,32	22	-1,58	-1,68
	700	0,214	0,107	38,5	40,1	35,01	0	0	52,4	53,5	21,11	21,61	23	-1,89	-1,39
	750	0,2	0,1	32,7	43,1	35,56	0	0	43,4	56,1	24,86	22,56	24	0,86	-1,44
	800	0,187	0,0935	36	44,6	36,12	0	0	46,7	56,9	25,42	23,82	24,5	0,92	-0,68
	850	0,176	0,088	38,7	41,8	36,65	0	0	52,2	54,5	23,15	23,95	25	-1,85	-1,05
900	0,166	0,083	42	39,7	37,15	0	0	53	50,5	26,15	26,35	26	0,15	0,35	
950	0,158	0,079	41,1	31,9	37,62	0	0	53,4	41,2	25,32	28,32	26,5	-1,18	1,82	
1000	0,15	0,075	42,8	30,8	38,06	0	0	53,6	41,4	27,26	27,46	26,5	0,76	0,96	



## 11. PARÁMETROS TÉCNICOS DE LAS ANTENAS UTILIZADAS Y ECUACIONES DE APLICACIÓN PARA REALIZAR EL SISTEMA DE MEDICIÓN ADECUADO, ÓPTIMO Y CONFIABLE PARA DETERMINAR EL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA

Ancho de Banda de la Antena Dipolo de Banda Ancha Receptora de alta precisión (Modelo: HZ-12):	30 MHz - 300 MHz
Ancho de Banda de la Antena Dipolo de Banda Ancha Receptora de alta precisión (Modelo: HZ-13):	300 MHz - 1 GHz
Ancho de Banda de la Antena Biconilog Transmisora (Modelo: 3140):	26 MHz - 2 GHz
Ancho de Banda de la Antena Biconilog Receptora a Calibrar (Modelo: 3140D):	26 MHz - 6 GHz

Altura en metros de la Antena Receptora de alta precisión "Dipolo de Banda Ancha (Modelos: HZ-12 y HZ-13)" sobre el mástil respecto del plano de tierra:	2,6 m
Altura en metros de la Antena Transmisora "Biconilog (Modelo: 3140)" sobre el mástil respecto del plano de tierra:	1,55 m
Altura en metros de la Antena Receptora a calibrar "Biconilog (Modelo: 3142D)" sobre el mástil respecto del plano de tierra:	2,6 m

$\lambda$ : Longitud de Onda de la Luz [m]	$\lambda = c/f$
c: Velocidad de la Luz = $3 \times 10^8$ [m/s]	
f: Frecuencia de Operación [MHz]	

E [dBuV/m]: Intensidad de Campo Eléctrico Radiada	E [dBuV/m] = $V_i$ [dBuV] + AF [dB(1/m)] => ((Medición de Campo Eléctrico), Factor de Corrección)
$V_i$ [dBuV]: Nivel de Radiación capturado por el EMI	
AF [dB(1/m)]: Factor de Antena	

Ecuaciones de aplicación, tanto para polarización horizontal como polarización vertical, utilizadas para la calibración de las antenas, en este caso la Antena Biconilog Receptora a Calibrar (Modelo: 3142D), por el método de sustitución establecidas por el fabricante en el manual técnico de la Antena Dipolo de Banda Ancha Receptora de alta precisión (Modelos: HZ-12 y HZ-13) utilizada como patrón de referencia:
1) $E_{(ANTENA BICONILOG)} [dBuV/m] = V_{i(ANTENA BICONILOG)} [dBuV] + AF_{(ANTENA BICONILOG)} [dB(1/m)]$
2) $E_{(ANTENA DILOPO DE BANDA ANCHA)} [dBuV/m] = V_{i(ANTENA DILOPO DE BANDA ANCHA)} [dBuV] + AF_{(ANTENA DILOPO DE BANDA ANCHA)} [dB(1/m)]$



Luego para determinar analíticamente el factor de corrección de la Antena Biconilog Receptora a Calibrar (Modelo: 3142D), se deben igualar las ecuaciones 1) y 2), debido a que se supone que la intensidad de campo eléctrico radiada ( $E$  [dBuV/m]) por ambas antenas receptoras son iguales, por lo tanto, se tiene la ecuación 3):

$$3) V_{i(\text{ANTENA BICONILOG})} [\text{dBuV}] + AF_{(\text{ANTENA BICONILOG})} [\text{dB}(1/\text{m})] = V_{i(\text{ANTENA DILOPO DE BANDA ANCHA})} [\text{dBuV}] + AF_{(\text{ANTENA DILOPO DE BANDA ANCHA})} [\text{dB}(1/\text{m})]$$

Despejando de la ecuación 3) el factor de correlación de la Antena Biconilog Receptora a Calibrar (Modelo: 3142D) ( $AF_{(\text{ANTENA BICONILOG})} [\text{dB}(1/\text{m})]$ ), se obtiene la ecuación 4):

$$4) AF_{(\text{ANTENA BICONILOG})} [\text{dB}(1/\text{m})] = AF_{(\text{ANTENA DILOPO DE BANDA ANCHA})} [\text{dB}(1/\text{m})] + (V_{i(\text{ANTENA DILOPO DE BANDA ANCHA})} [\text{dBuV}] - V_{i(\text{ANTENA BICONILOG})} [\text{dBuV}])$$

Luego a la ecuación 4) se le suma o se le resta al factor de la Antena Dipolo de Banda Ancha Receptora de alta precisión ( $AF_{(\text{ANTENA DILOPO DE BANDA ANCHA})} [\text{dB}(1/\text{m})]$ ) un factor de conversión (FC [2,6 m]) obtenido de dos tablas establecidas por el fabricante, una para polarización horizontal y otra para polarización vertical, de acuerdo a la altura en metros de la Antena Receptora de alta precisión "Dipolo de Banda Ancha (Modelos: HZ-12 y HZ-13)" sobre el mástil respecto del plano de tierra, en este caso de 2,6 [m], con el fin de aumentar la exactitud de la calibración, obteniéndose de esta manera la ecuación 5):

$$5) AF_{(\text{ANTENA BICONILOG})} [\text{dB}(1/\text{m})] = AF_{(\text{ANTENA DILOPO DE BANDA ANCHA})} [\text{dB}(1/\text{m})] \pm FC [2,6 \text{ m}] + (V_{i(\text{ANTENA DILOPO DE BANDA ANCHA})} [\text{dBuV}] - V_{i(\text{ANTENA BICONILOG})} [\text{dBuV}])$$

Luego a cada factor de antena ( $AF$  [dB(1/m)]) en función de la frecuencia de operación obtenido del gráfico establecido por el fabricante en el manual técnico de la Antena Biconilog a Calibrar (Modelo: 3142D), se lo compara con cada factor de antena obtenido del cálculo analítico de la ecuación 5). Obteniéndose de esta manera una diferencia ( $\Delta$  [dB(1/m)]) entre el factor de antena analítico y el factor de antena gráfico de la Antena Biconilog a Calibrar (Modelo: 3142D) como se ve en la ecuación 6):

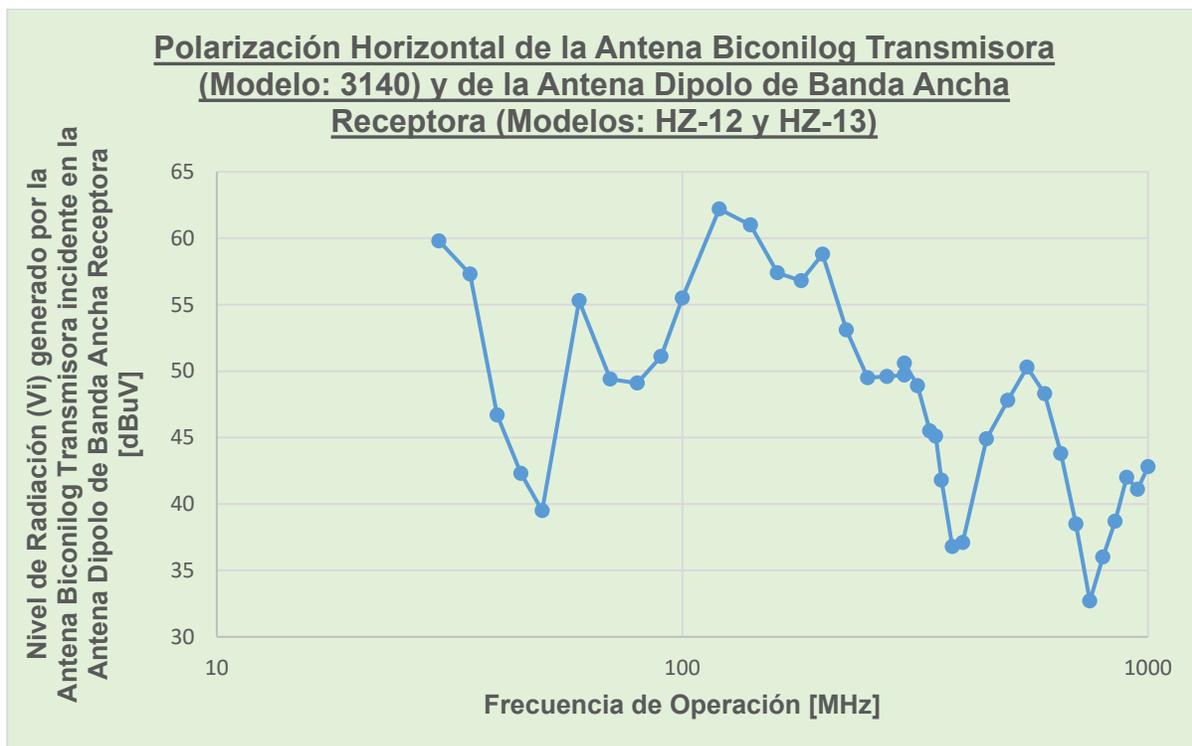
$$6) \Delta [\text{dB}(1/\text{m})] = \{[AF_{(\text{ANTENA BICONILOG})} [\text{dB}(1/\text{m})]_{(\text{cálculo analítico, ecuación 5})}]\} - \{[AF_{(\text{ANTENA BICONILOG})} [\text{dB}(1/\text{m})]_{(\text{obtenido del gráfico establecido por el fabricante})}]\}$$



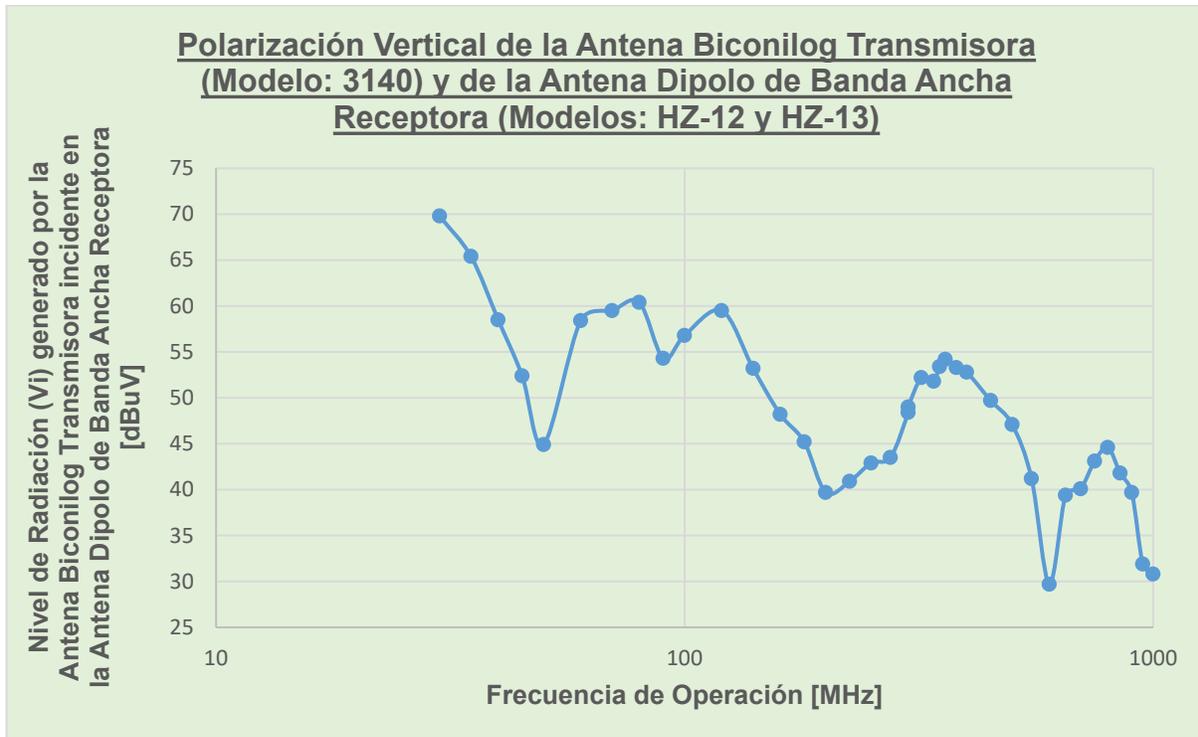
Por lo tanto, se puede observar y analizar que en las dos últimas columnas (diferencia  $\Delta$  [dB(1/m)]) de la Tabla de Valores realizada anteriormente, la correcta verificación Analítica – Gráfica de todos los valores medidos y calculados para ambas polarizaciones de acuerdo a la ecuación 6), ya que dichos valores están dentro del límite de la diferencia de error de  $\pm 2$  dB establecido en la nota de aplicación de la norma CISPR 11 en el punto 7.3.4.2.

**12. GRÁFICOS DE LOS NIVELES DE RADIACIÓN CAPTURADOS POR EL EMI (TENSIÓN MEDIDA, (Vi) [dB $\mu$ V]) GENERADO POR LA ANTENA BICONILOG TRANSMISORA E INCIDENTE PRIMERAMENTE EN LA ANTENA DIPOLO DE BANDA ANCHA RECEPTORA DE ALTA PRECISIÓN Y POSTERIORMENTE EN LA ANTENA BICONILOG RECEPTORA A CALIBRAR. AMBAS ANTENAS RECEPTORAS EN LAS DOS POLARIZACIONES (HORIZONTAL Y VERTICAL) EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN (f) [MHz]**

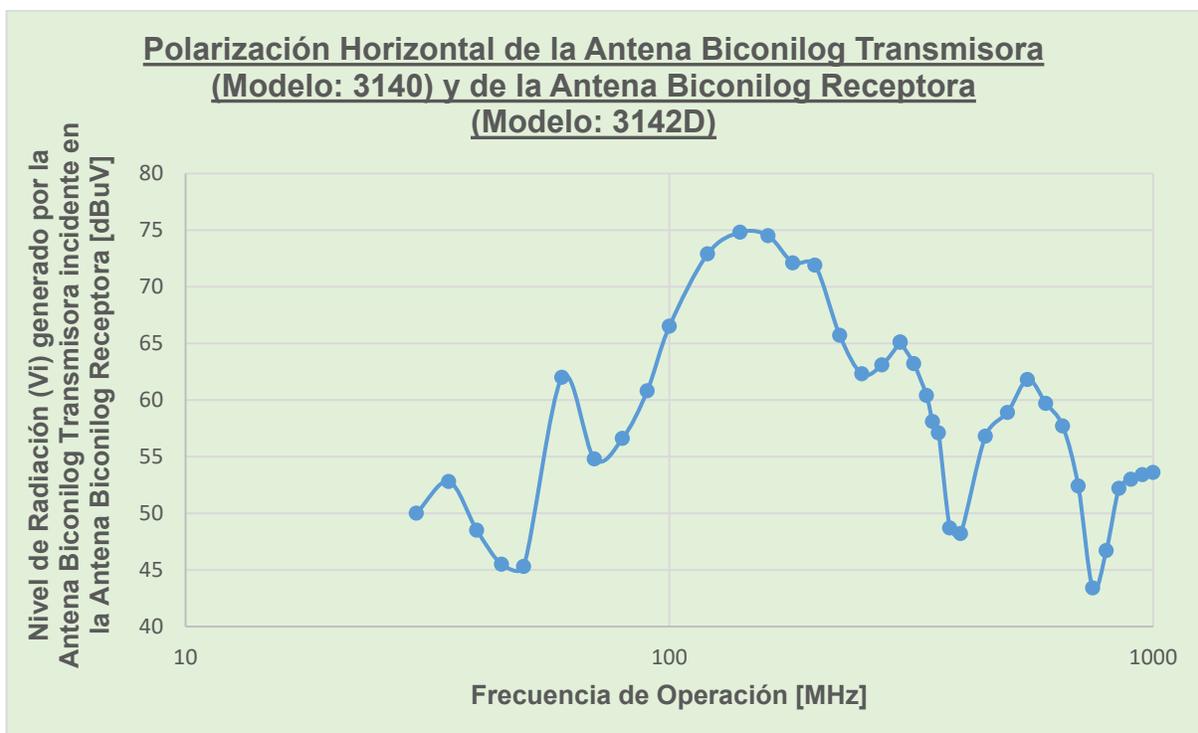
a)



b)

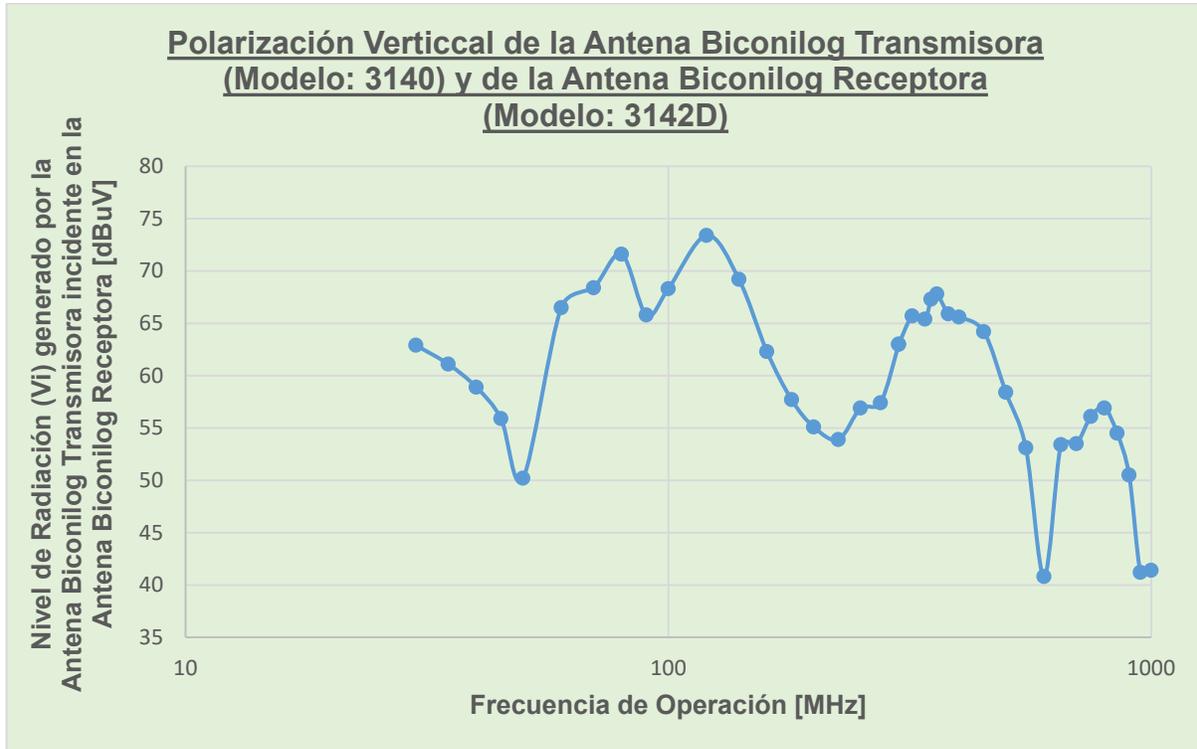


c)





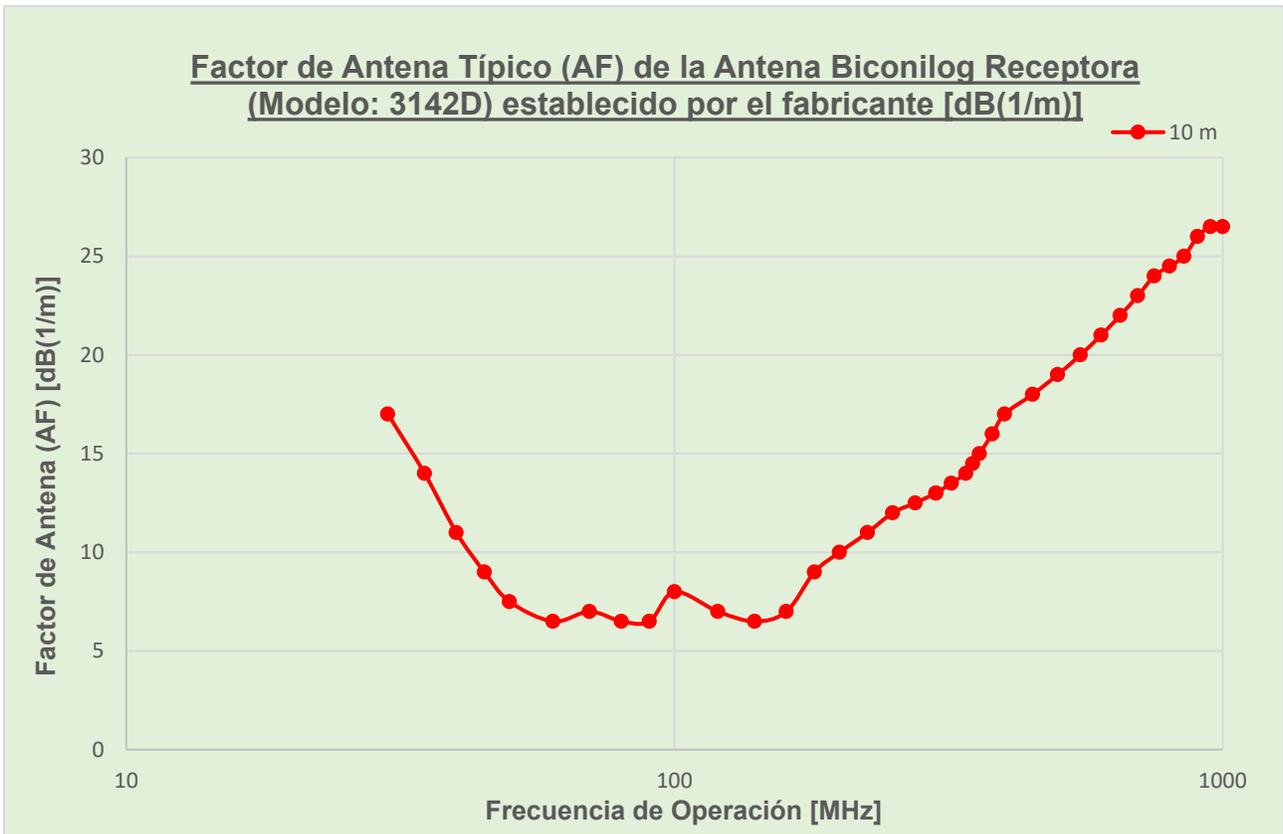
d)





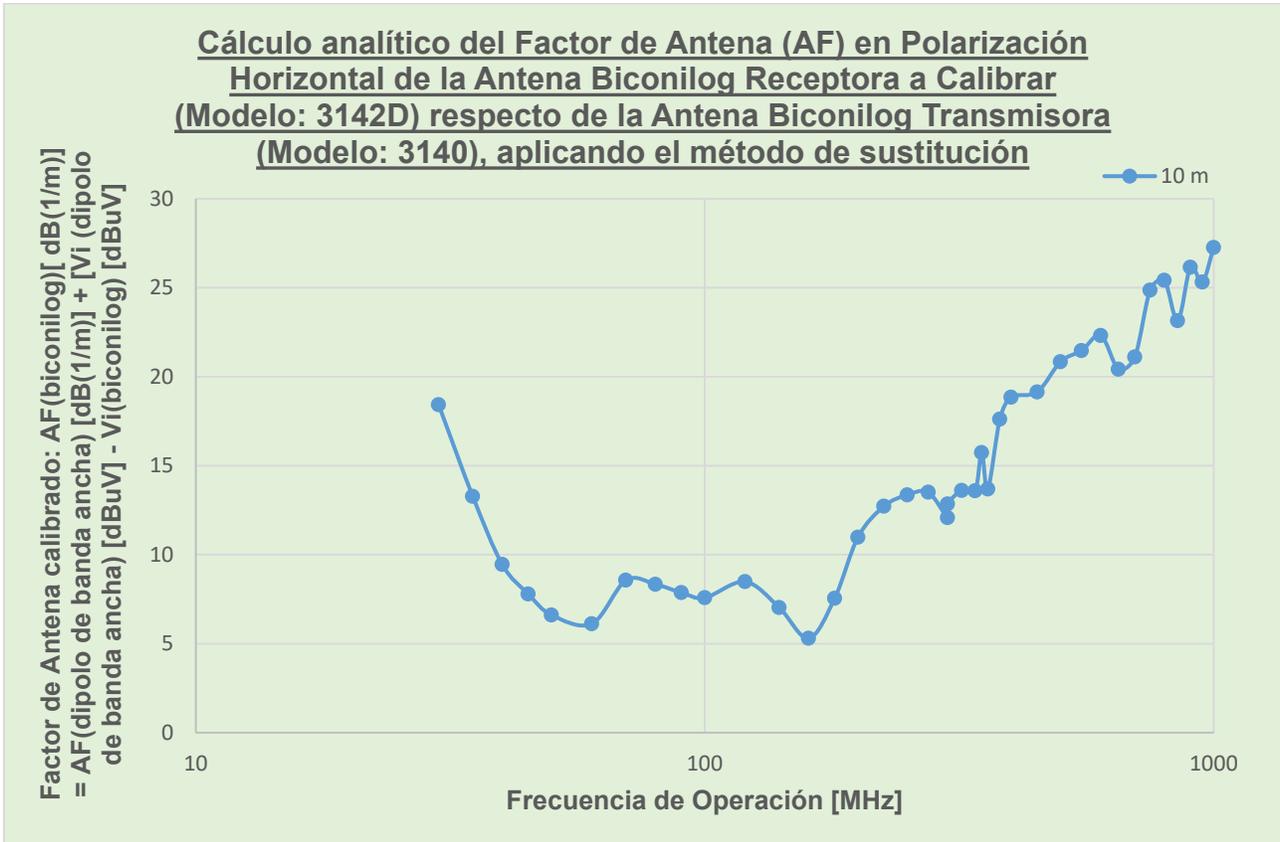
### 13. GRÁFICOS DE LOS FACTORES DE ANTENA (AF) [dB(1/m)] EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN (f) [MHz]

a)



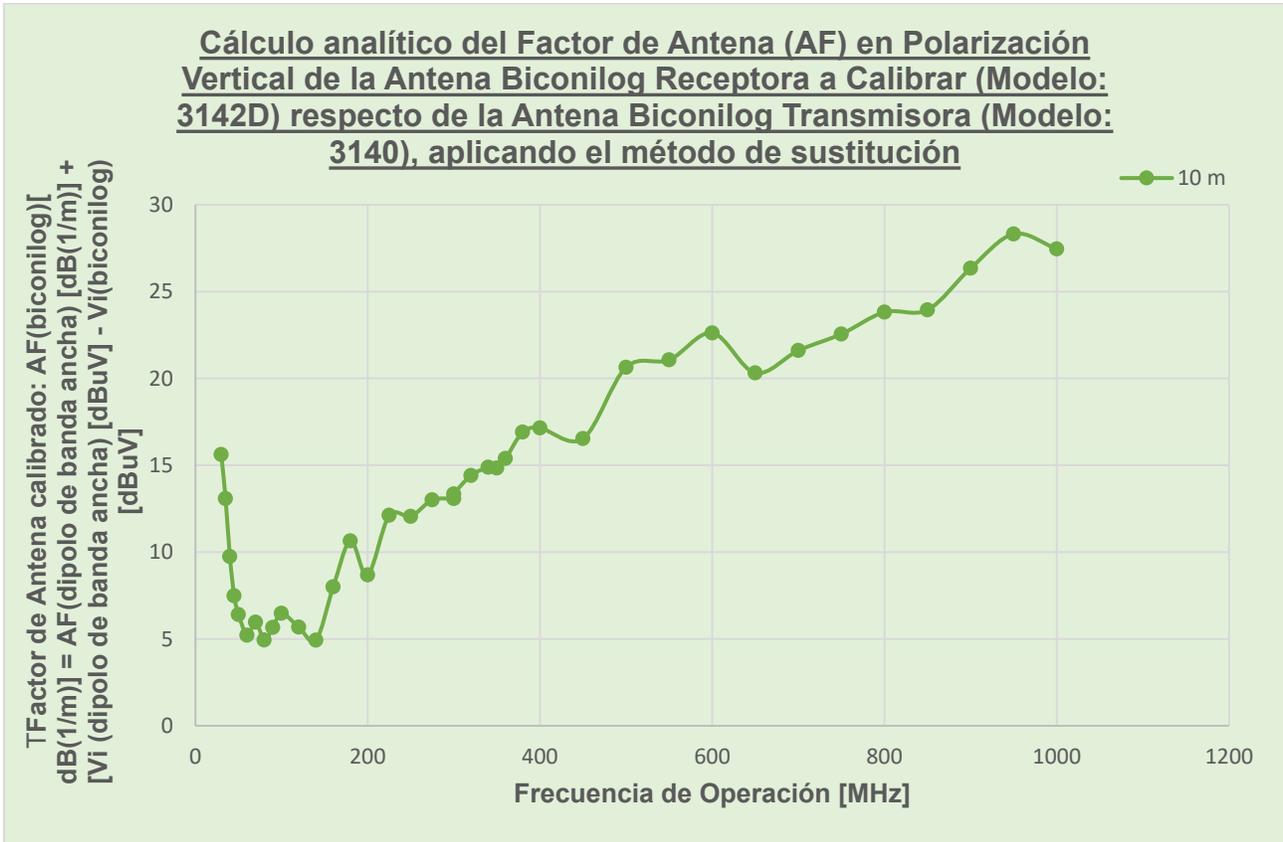


b)



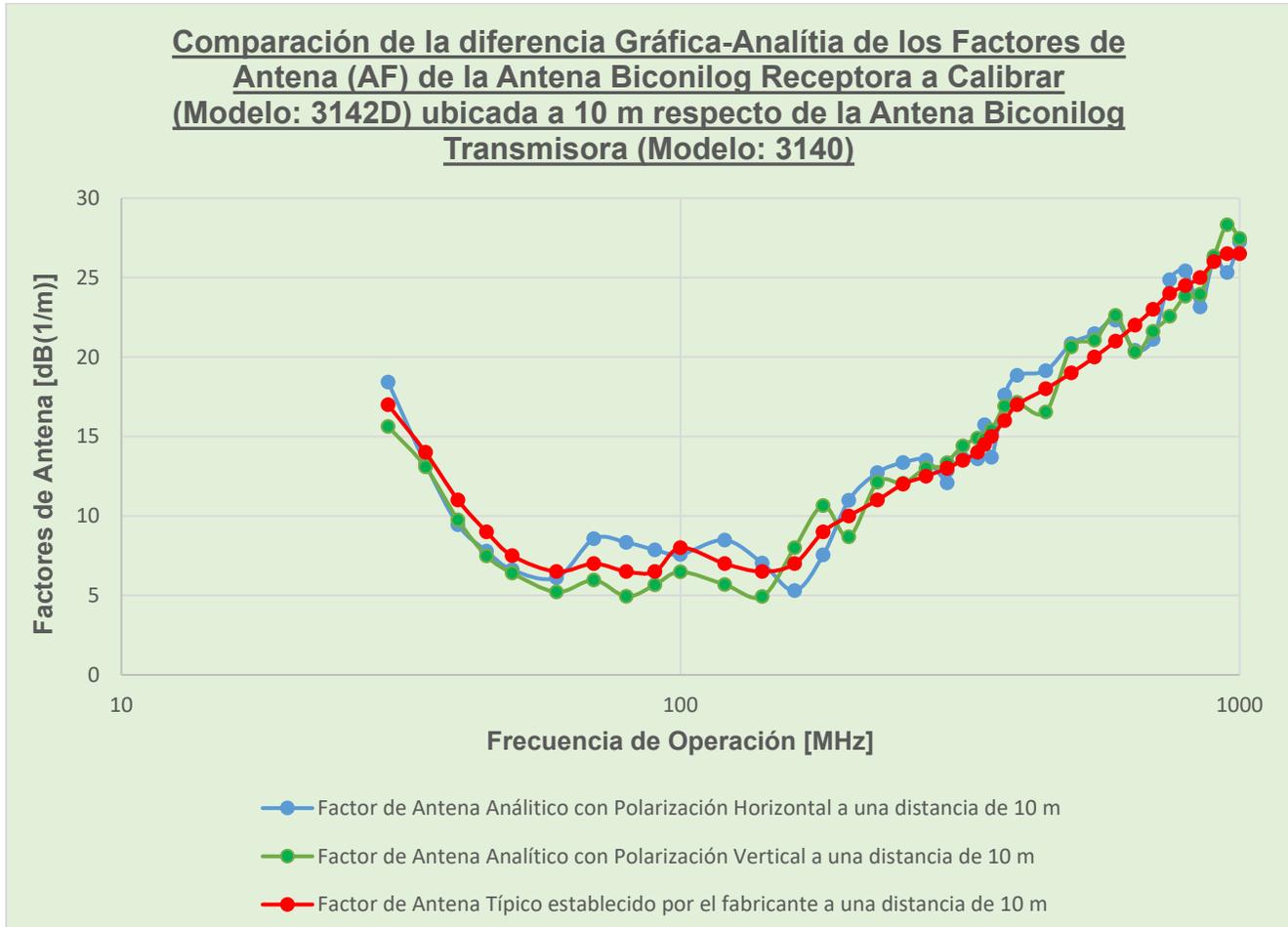


c)

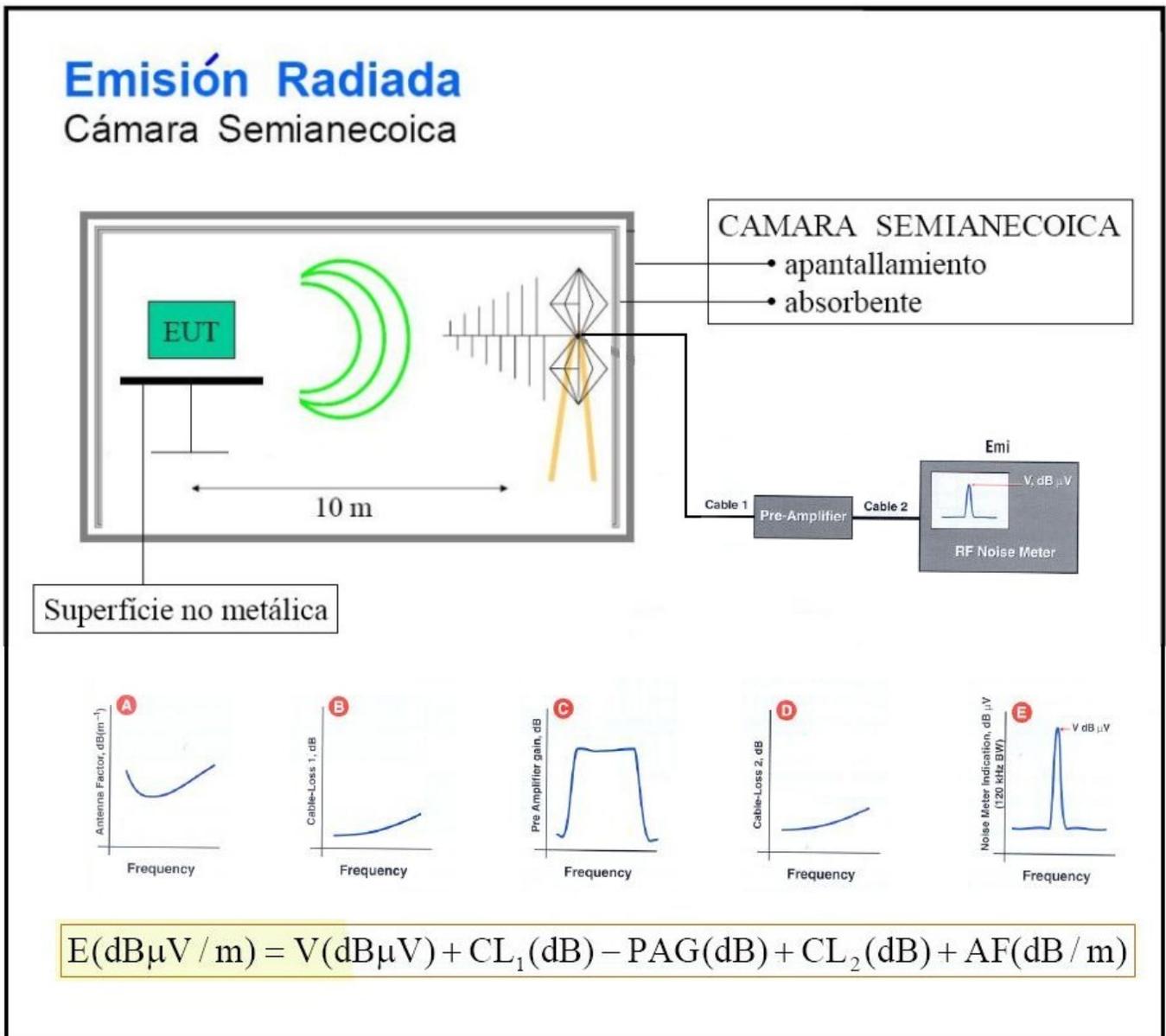




d)



**14. DIAGRAMA REPRESENTATIVO DEL EMPLAZAMIENTO DEL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DENTRO DE LA CÁMARA SEMIANECOICA (CSA) CON SUS SEÑALES CORRESPONDIENTES A CADA ELEMENTO INTERVIVIENTE EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN (f) [MHz]**



Donde:

E: Intensidad de Campo Eléctrico Radiada en  $[dB\mu V/m]$ .

V o  $V_i$ : Nivel de Radiación Capturado por el EMI (Tensión Medida) en  $[dB\mu V]$ .

CL: Pérdidas en los Cables de Radiofrecuencia en  $[dB]$ .

PAG: Ganancia del Preamplificador en  $[dB]$ .

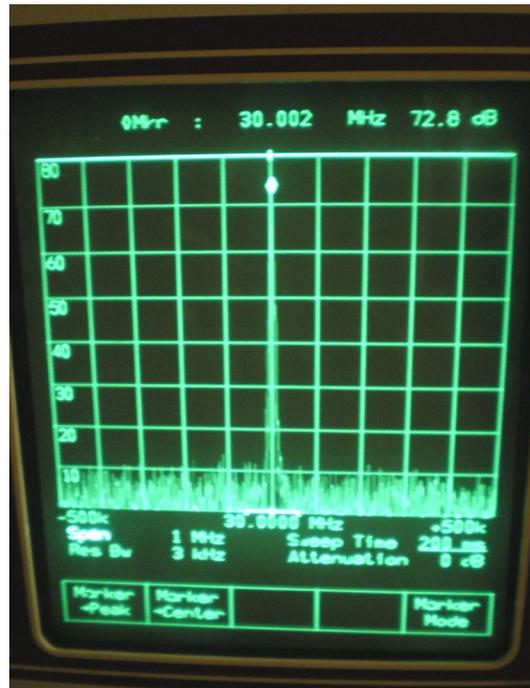
AF: Factor de Antena, valor que convierte la Tensión Medida (V o  $V_i$ ) sobre la Antena en Campo Eléctrico en  $[dB(1/m)] = [dB/m]$ .

**NOTA: Las Pérdidas en los Cables de Radiofrecuencia (CL) las he considerado despreciables durante la realización del Sistema de Medición del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada.**

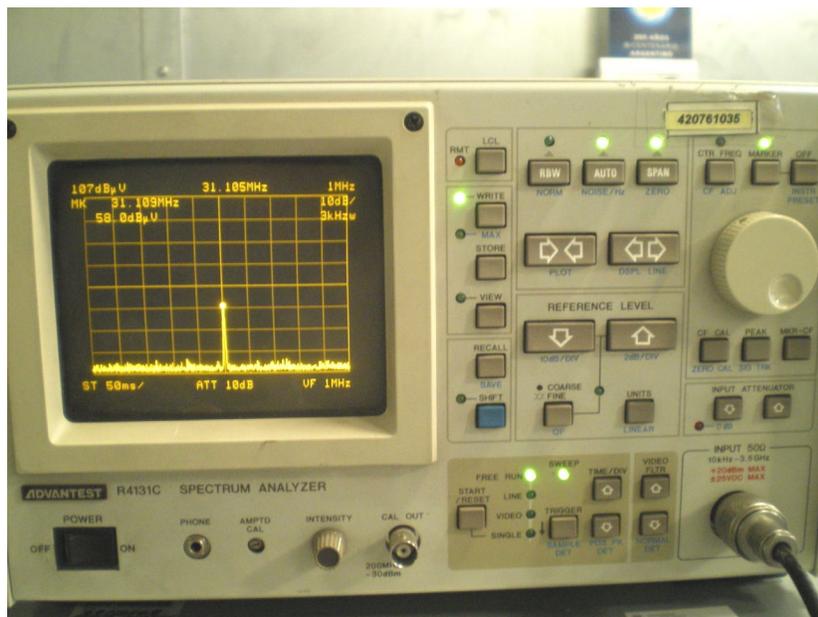
## 15. FOTOGRAFÍAS TOMADAS Y EXPLICACIÓN DE CADA UNA DE ELLAS DURANTE LA REALIZACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DEL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DENTRO DE LA CÁMARA SEMIANECOICA (CSA) DEL INTI

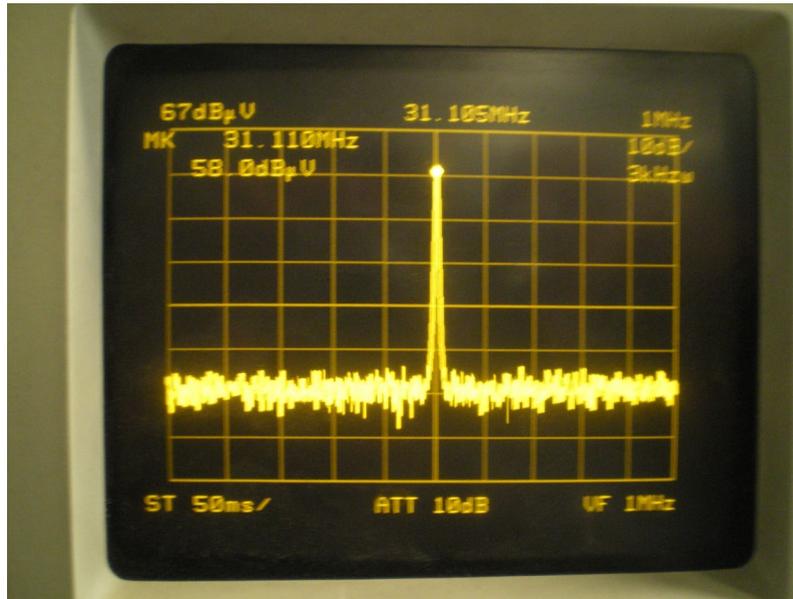
Indicación del nivel de máxima radiación ( $V_i$ )  $[dB\mu V]$  incidente en la antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia (Modelo: HZ-12) con un ancho de banda entre (30 MHz – 300 MHz), para una frecuencia de operación (f) de 30 MHz en polarización horizontal, donde el valor es capturado por el Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas):



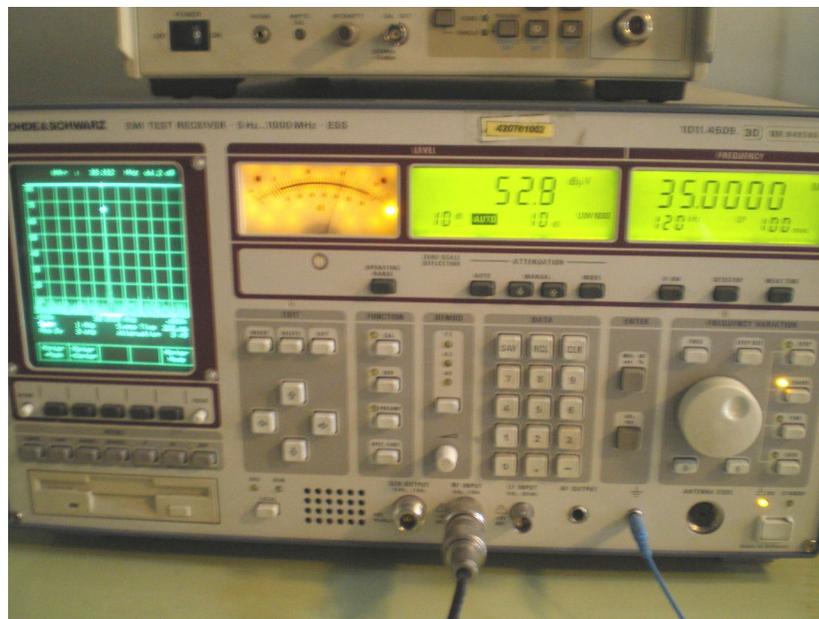


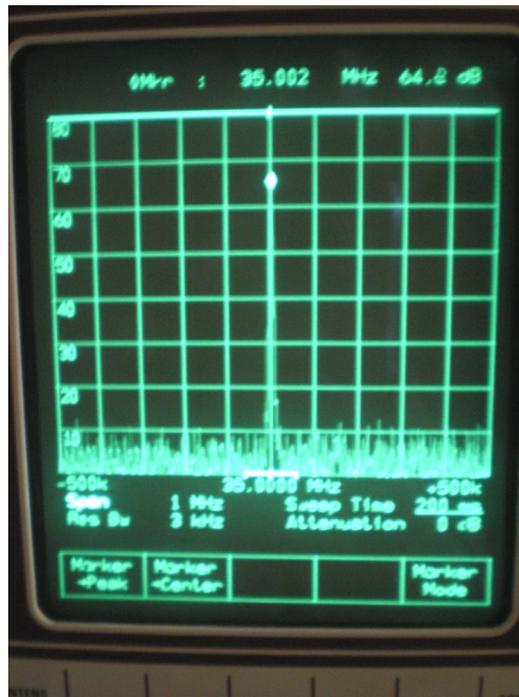
Indicación del nivel de máxima radiación ( $V_i$ ) [ $\text{dB}\mu\text{V}$ ] incidente en la antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia (Modelo: HZ-12) con un ancho de banda entre (30 MHz – 300 MHz), para una frecuencia de operación ( $f$ ) de 30 MHz en polarización horizontal, donde el valor es capturado por el Analizador de Espectros:



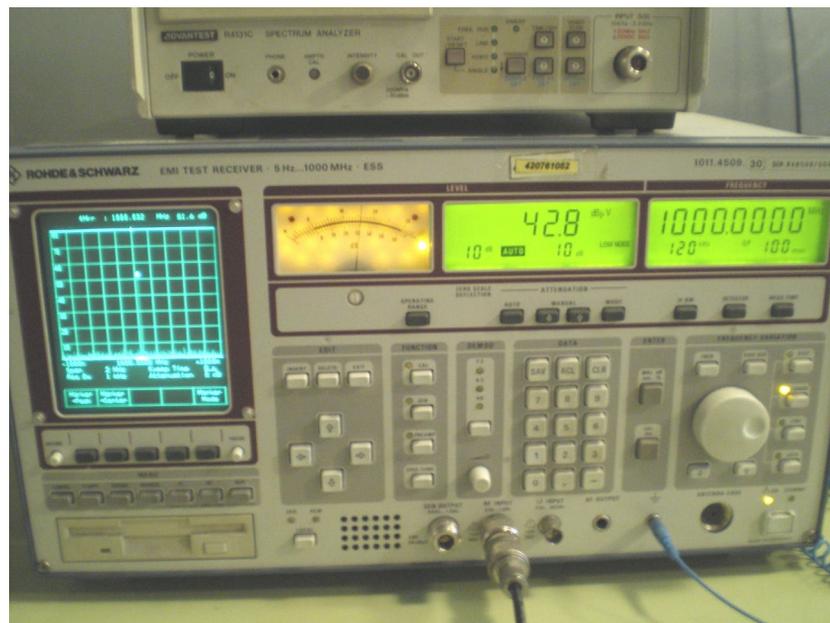


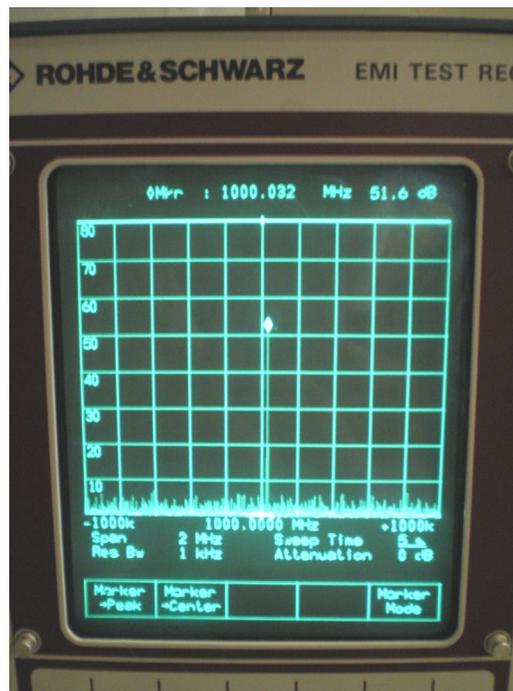
Indicación del nivel de máxima radiación ( $V_i$ ) [dBµV] incidente en la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D) con un ancho de banda entre (26 MHz – 6 GHz), para una frecuencia de operación ( $f$ ) de 35 MHz en polarización horizontal, donde el valor es capturado por el Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas):





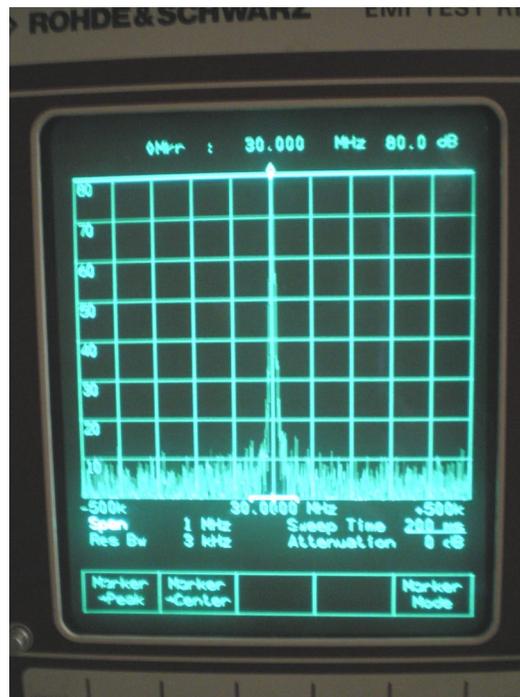
Indicación del nivel de máxima radiación ( $V_i$ ) [dBuV] incidente en la antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia (Modelo: HZ-13) con un ancho de banda entre (300 MHz – 1 GHz), para una frecuencia de operación de 1000 MHz (1 GHz) en polarización horizontal, donde el valor es capturado por el Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas):





Indicación del nivel de máxima radiación ( $V_i$ ) [dBuV] incidente en la antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia (Modelo: HZ-12) con un ancho de banda entre (30 MHz – 300 MHz), para una frecuencia de operación ( $f$ ) de 30 MHz en polarización vertical, donde el valor es capturado por el Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas):



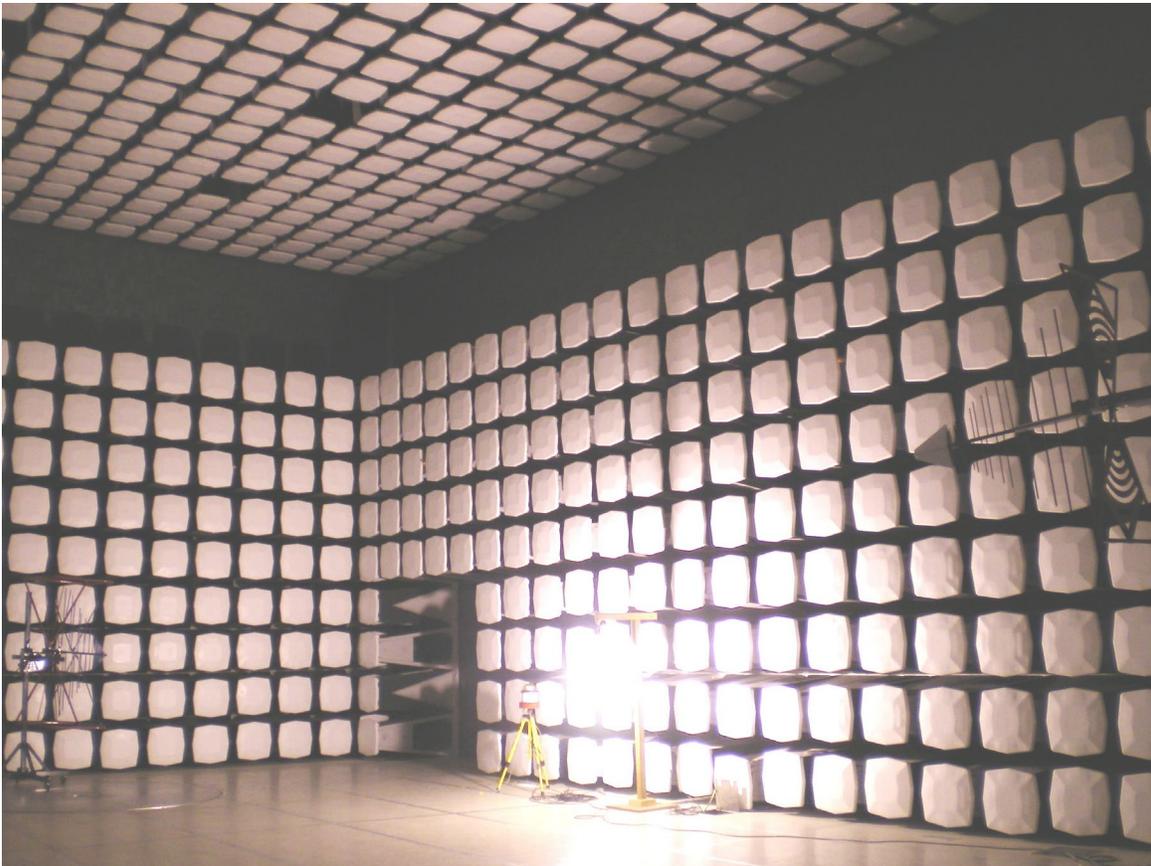


Indicación de la frecuencia de operación ( $f$ ) de 30 MHz en el Generador de Radiofrecuencia Fluke (Modelo: 6061A) con una amplitud de 0 dBm y una señal de radiofrecuencia modulada al 80% en amplitud:



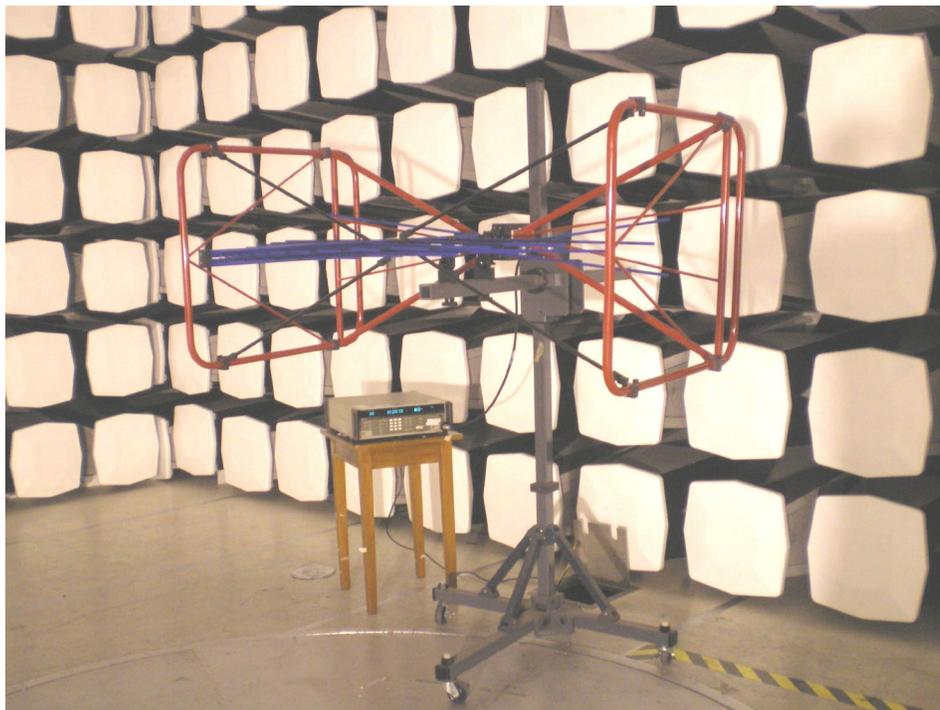


Emplazamiento del Sistema de Medición del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada en la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI con la antena biconilog transmisora (Modelo: 3140), la misma representa la funcionalidad de un Equipment Under Test (EUT), ubicada a 10 m de la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D):



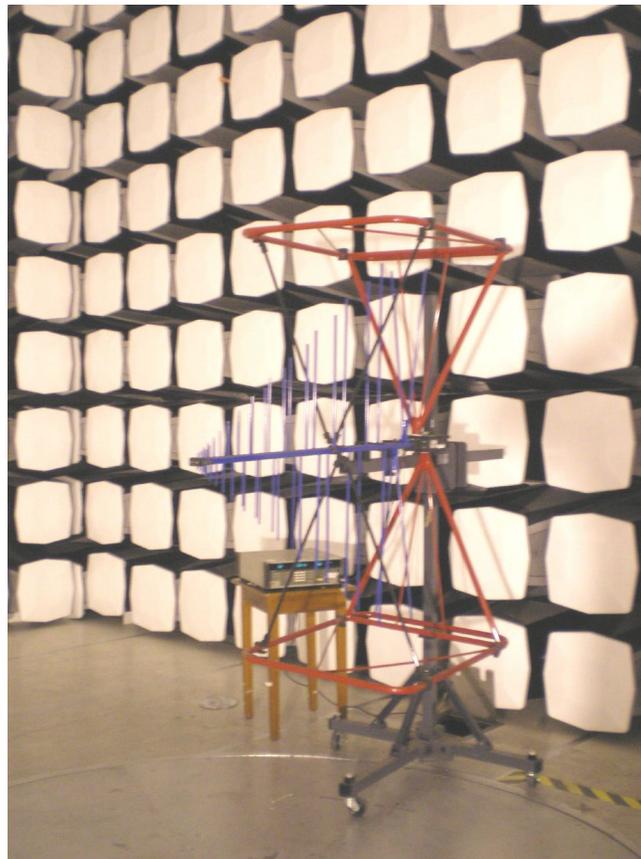


Polarización horizontal de la antena biconillog transmisora (Modelo: 3140) con un ancho de banda entre (26 MHz – 2 GHz), la misma situada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI, montada sobre un mástil y alimentada por el Generador de Radiofrecuencia Fluke (Modelo: 6061A) próximo a dicha antena. Ésta antena representa la funcionalidad de un Equipment Under Test (EUT):



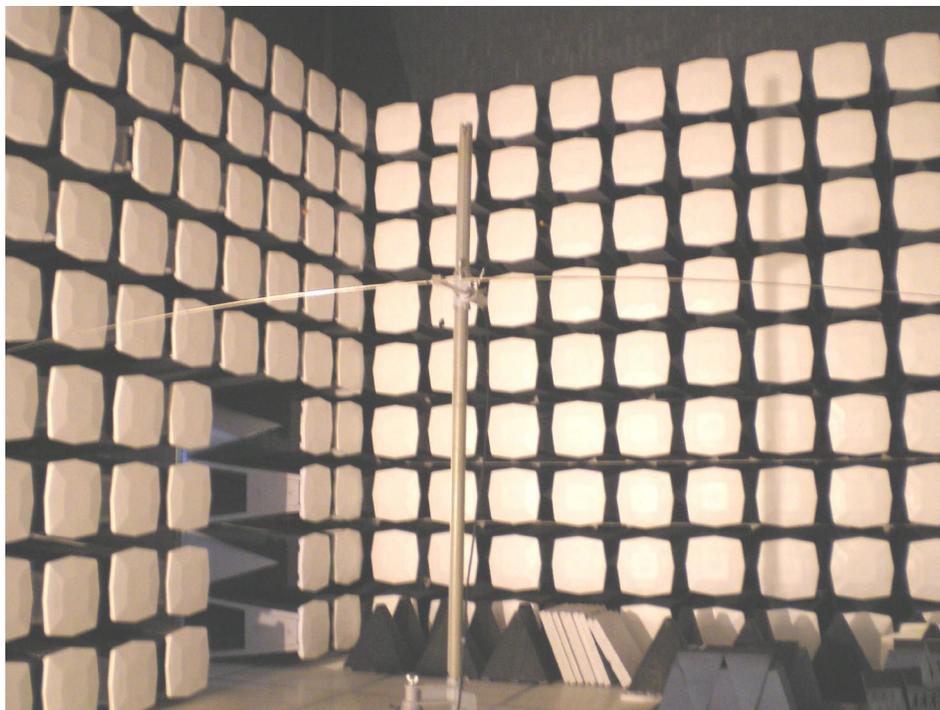


Polarización vertical de la antena biconilg transmisora (Modelo: 3140) con un ancho de banda entre (26 MHz – 2 GHz), la misma situada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI, montada sobre un mástil y alimentada por el Generador de Radiofrecuencia Fluke (Modelo: 6061A) próximo a dicha antena. Ésta antena representa la funcionalidad de un Equipment Under Test (EUT):

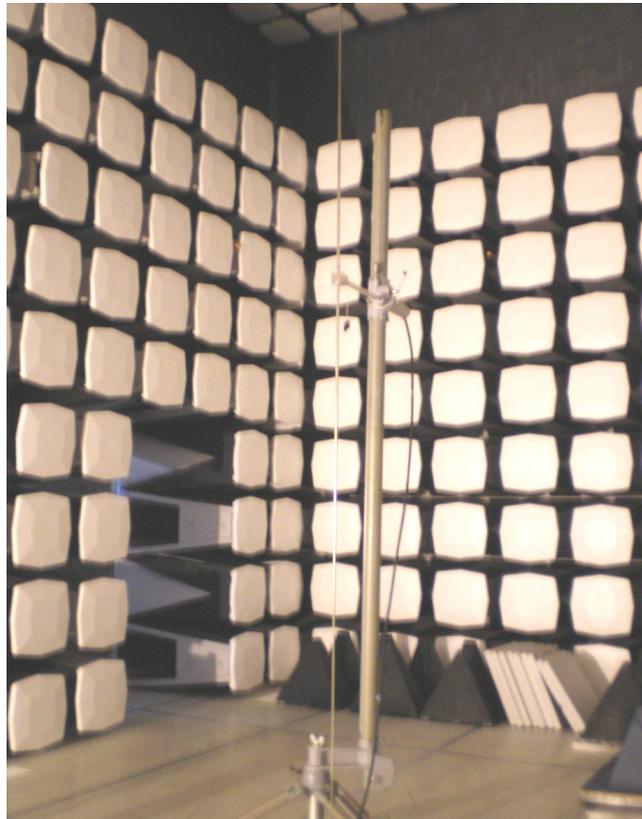




Polarización horizontal de la antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia (Modelo: HZ-12) con un ancho de banda entre (30 MHz – 300 MHz), para una frecuencia de operación ( $f$ ) de 30 MHz, ( $\lambda/2 = 5$  m o  $\lambda/4 = 2,5$  m), la misma situada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI, montada sobre un mástil y conectada al Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas), el mismo se encuentra ubicado en el exterior de la CSA dentro de una Precámara (Cámara de Control):

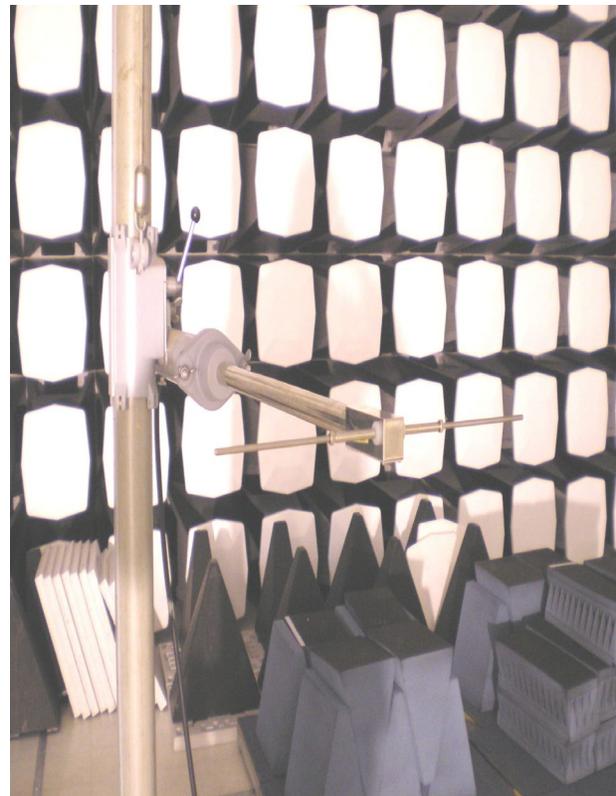
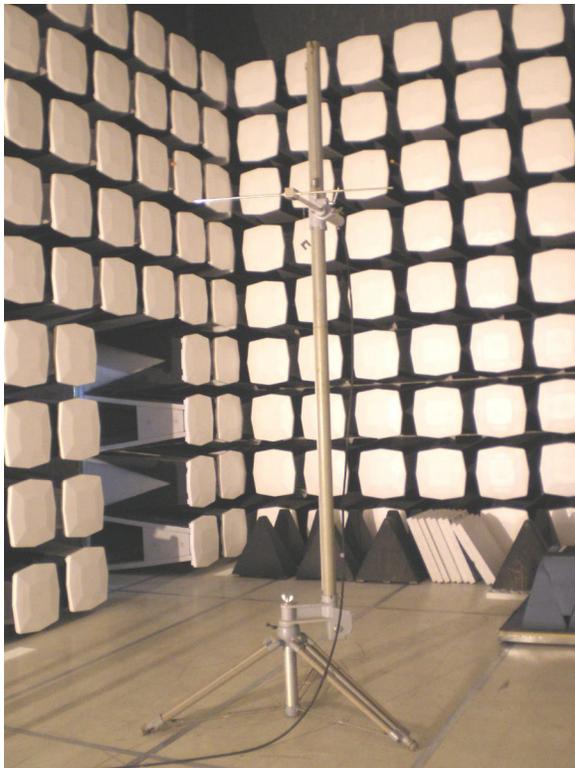


Polarización vertical de la antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia (Modelo: HZ-12) con un ancho de banda entre (30 MHz – 300 MHz), para una frecuencia de operación ( $f$ ) de 30 MHz, ( $\lambda/2 = 5$  m o  $\lambda/4 = 2,5$  m), la misma situada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI, montada sobre un mástil y conectada al Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas), el mismo se encuentra ubicado en el exterior de la CSA dentro de una Precámara (Cámara de Control):



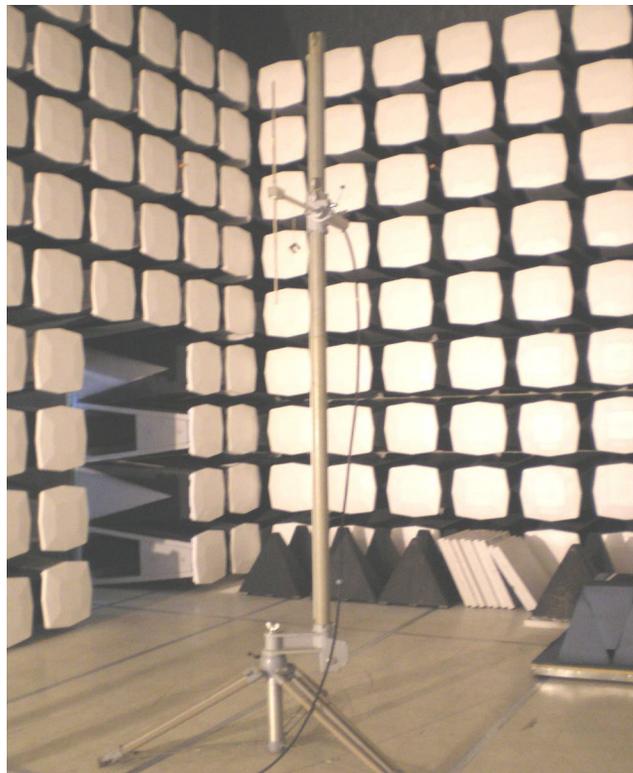


Polarización horizontal de la antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia (Modelo: HZ-13) con un ancho de banda entre (300 MHz – 1 GHz), para una frecuencia de operación ( $f$ ) de 30 MHz, ( $\lambda/2 = 0,5$  m o  $\lambda/4 = 0,25$  m), la misma situada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI, montada sobre un mástil y conectada al Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas), el mismo se encuentra ubicado en el exterior de la CSA dentro de una Precámara (Cámara de Control):



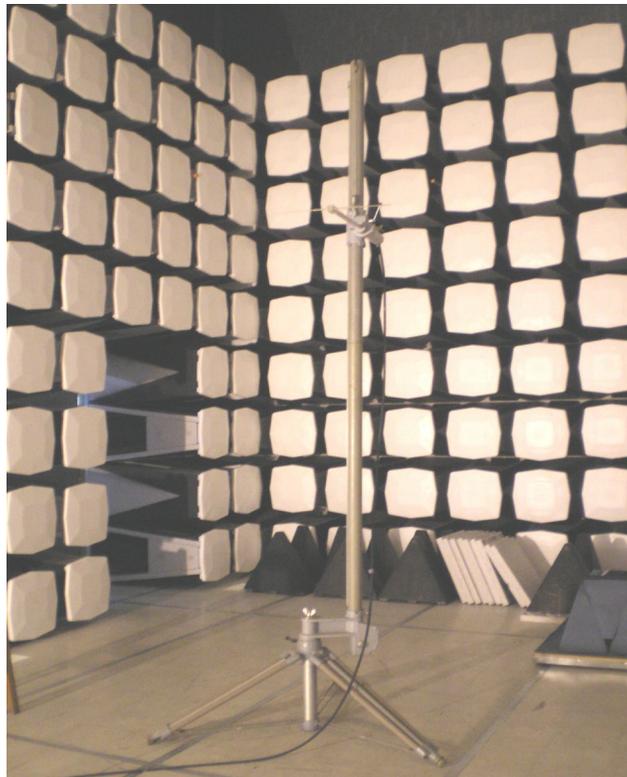


Polarización vertical de la antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia (Modelo: HZ-13) con un ancho de banda entre (300 MHz – 1 GHz), para una frecuencia de operación ( $f$ ) de 30 MHz, ( $\lambda/2 = 0,5$  m o  $\lambda/4 = 0,25$  m), la misma situada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI, montada sobre un mástil y conectada al Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas), el mismo se encuentra ubicado en el exterior de la CSA dentro de una Precámara (Cámara de Control):



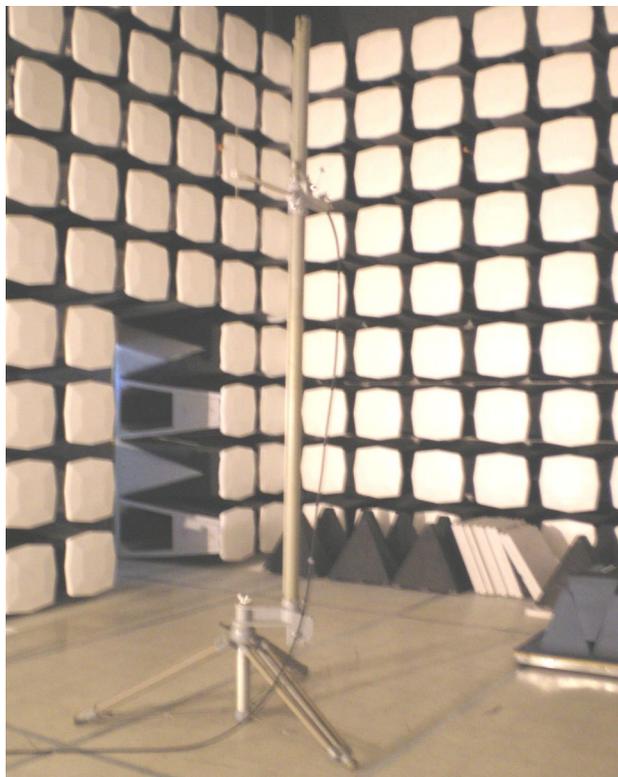


Polarización horizontal de la antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia (Modelo: HZ-13) con un ancho de banda entre (300 MHz – 1 GHz), para una frecuencia de operación ( $f$ ) de 600 MHz, ( $\lambda/2 = 0,25$  m o  $\lambda/4 = 0,125$  m), la misma situada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI, montada sobre un mástil y conectada al Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas), el mismo se encuentra ubicado en el exterior de la CSA dentro de una Precámara (Cámara de Control):

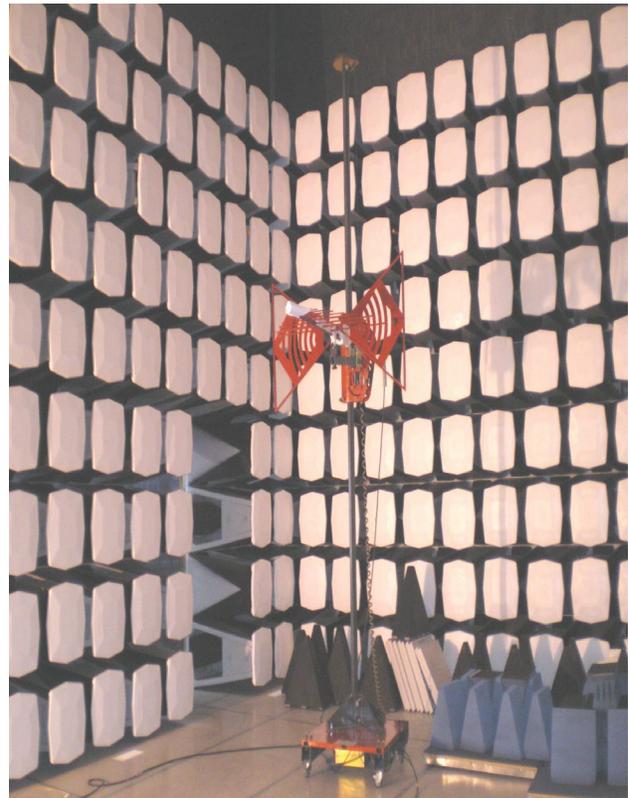
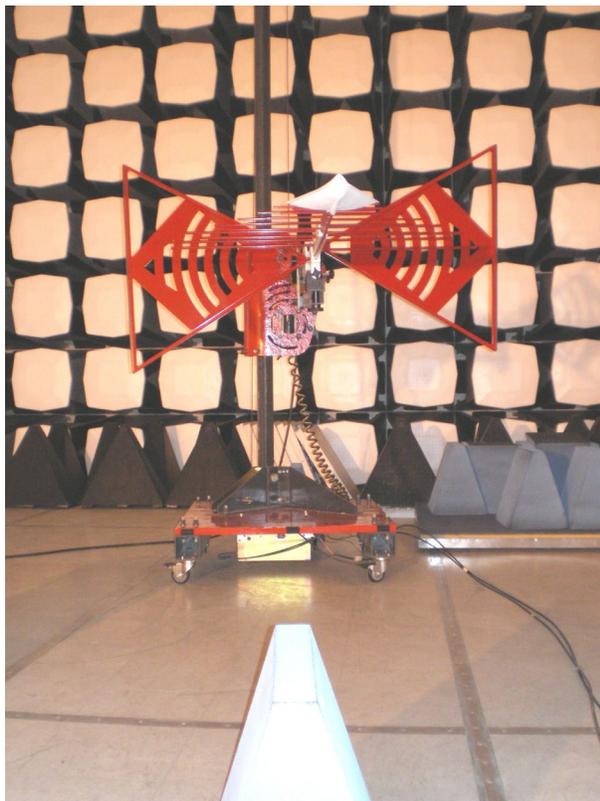




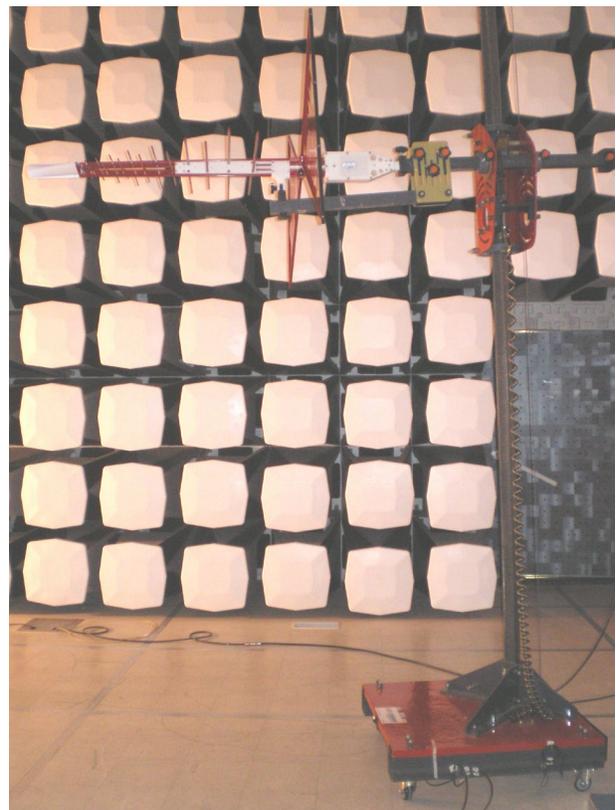
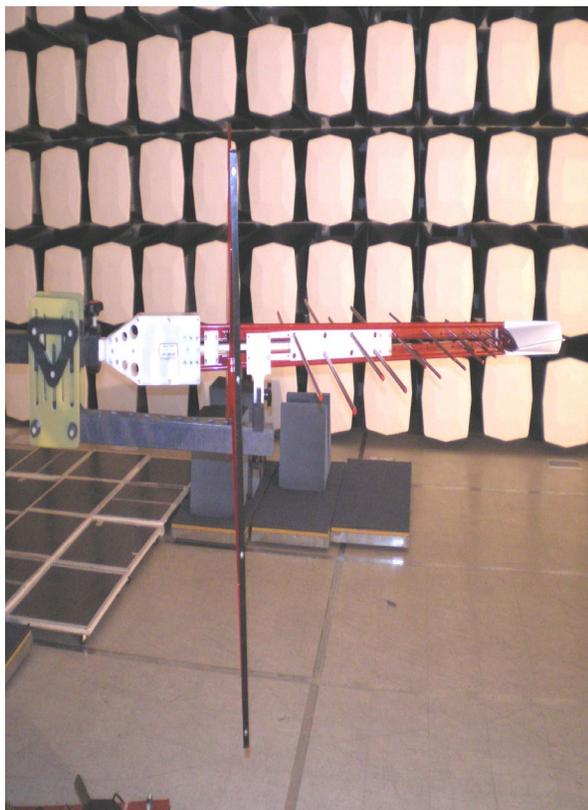
Polarización vertical de la antena dipolo de banda ancha receptora de alta precisión utilizada como patrón de referencia (Modelo: HZ-13) con un ancho de banda entre (300 MHz – 1 GHz), para una frecuencia de operación ( $f$ ) de 600 MHz, ( $\lambda/2 = 0,25$  m o  $\lambda/4 = 0,125$  m), la misma situada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI, montada sobre un mástil y conectada al Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas), el mismo se encuentra ubicado en el exterior de la CSA dentro de una Precámara (Cámara de Control):



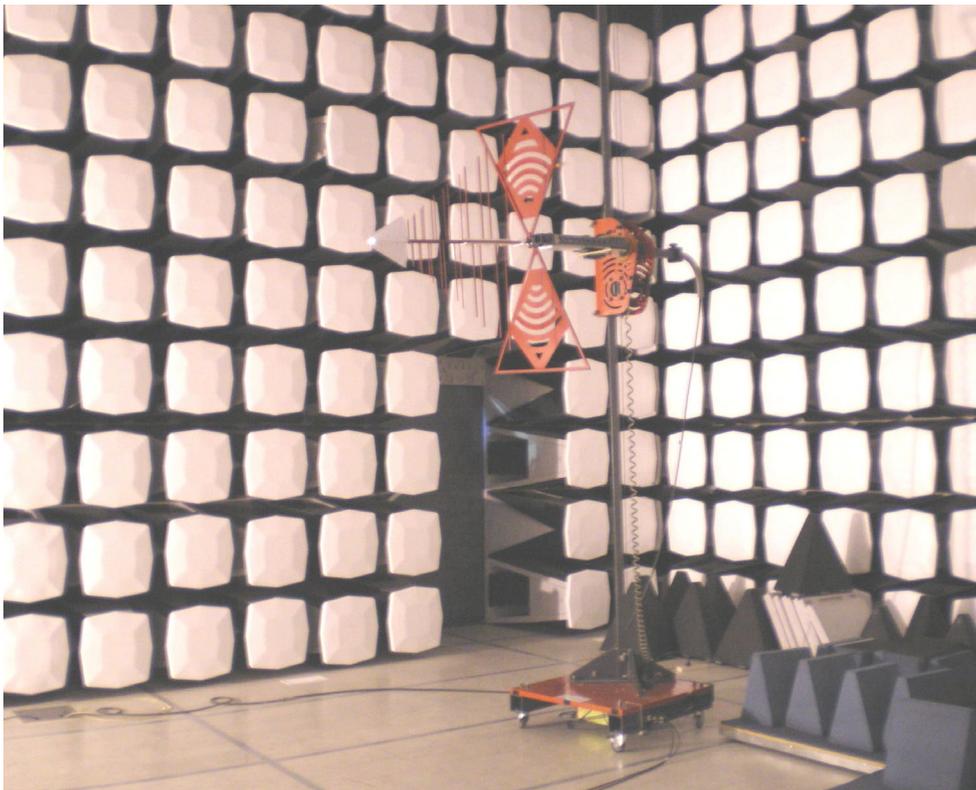
Polarización horizontal con vista frontal de la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D) con un ancho de banda entre (26 MHz – 6 GHz), la misma situada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI, montada sobre un mástil y conectada al Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas), el mismo se encuentra ubicado en el exterior de la CSA dentro de una Precámara (Cámara de Control):



Polarización horizontal con vista de perfil de la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D) con un ancho de banda entre (26 MHz – 6 GHz), la misma situada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI, montada sobre un mástil y conectada al Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas), el mismo se encuentra ubicado en el exterior de la CSA dentro de una Precámara (Cámara de Control):

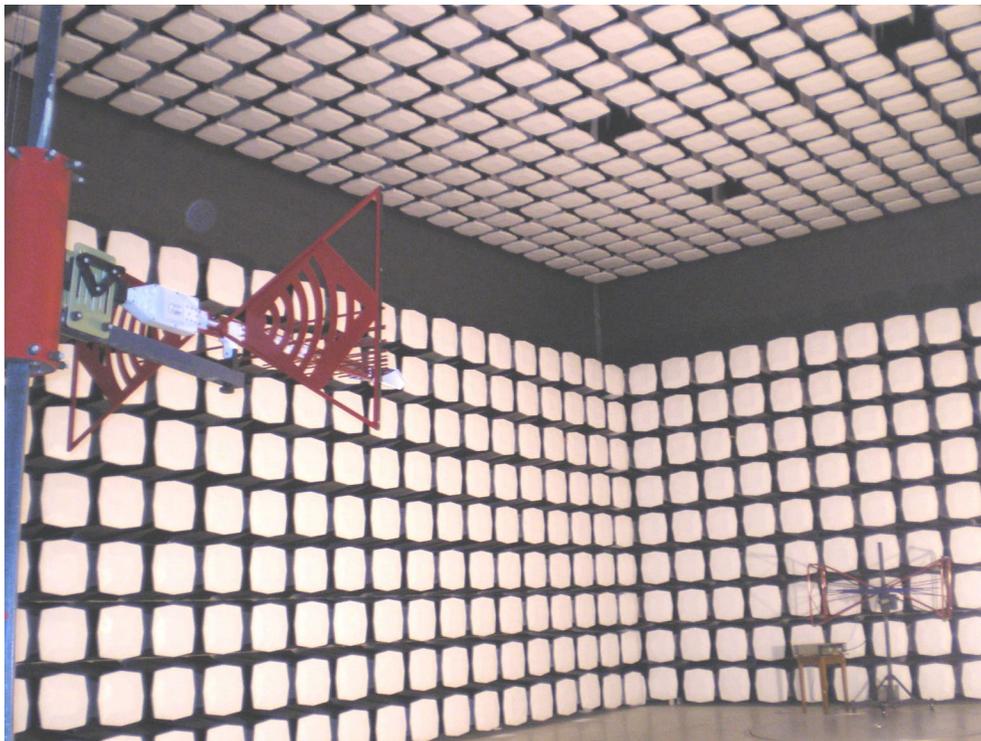


Polarización vertical de la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D) con un ancho de banda entre (26 MHz – 6 GHz), la misma situada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI, montada sobre un mástil y conectada al Receptor Rohde & Schwarz EMI Test Receiver ESS (Receptor de Interferencias o Perturbaciones Electromagnéticas), el mismo se encuentra ubicado en el exterior de la CSA dentro de una Precámara (Cámara de Control):



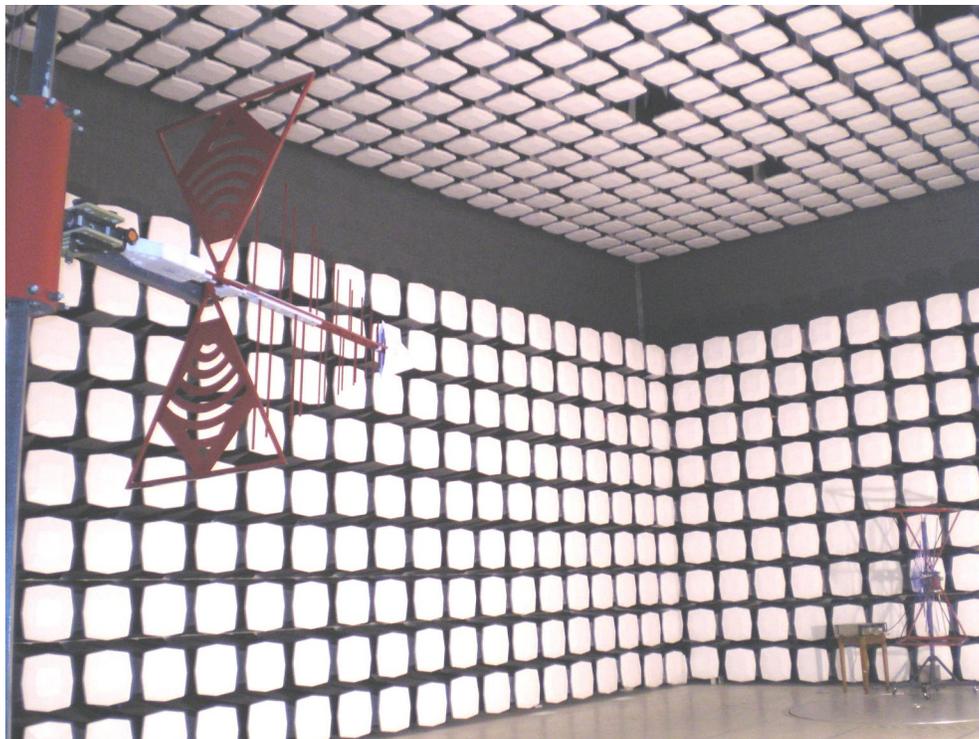


Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI en polarización horizontal de la antena biconilog transmisora (Modelo: 3140) con un ancho de banda entre (26 MHz – 2 GHz), la misma representa la funcionalidad de un Equipment Under Test (EUT), dirigida hacia la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D) con un ancho de banda de (26 MHz – 6 GHz), la disposición de ambas antenas con el adecuado dimensionamiento geométrico en cuanto a las distancias de separación y los ángulos existentes entre los elementos intervinientes en el ensayo para con ello lograr la obtención precisa de los resultados:



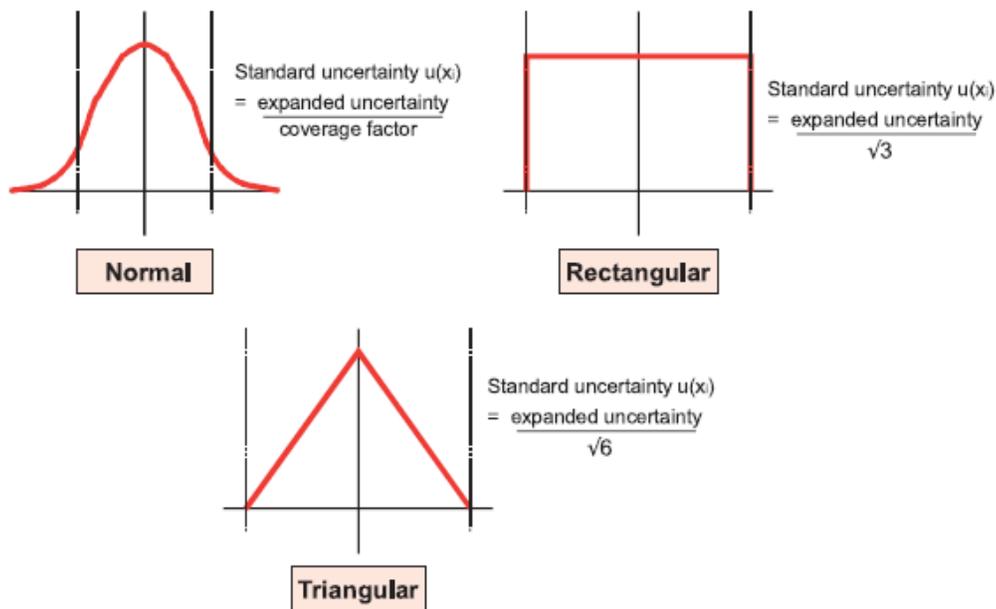


Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI en polarización vertical de la antena biconilog transmisora (Modelo: 3140) con un ancho de banda entre (26 MHz – 2 GHz), la misma representa la funcionalidad de un Equipment Under Test (EUT), dirigida hacia la antena biconilog receptora a calibrar (Modelo: 3142D) con un ancho de banda de (26 MHz – 6 GHz), la disposición de ambas antenas con el adecuado dimensionamiento geométrico en cuanto a las distancias de separación y los ángulos existentes entre los elementos intervinientes en el ensayo para con ello lograr la obtención precisa de los resultados:



## 16. CÁLCULO DE INCERTIDUMBRES PARA EL ENSAYO DE EMISIÓN

ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DENTRO DE LA CÁMARA SEMIANECOICA (CSA) DEL INTI, CON UNA FRECUENCIA DE OPERACIÓN PARA ESTE ENSAYO EN PARTICULAR ENTRE (30 MHz – 1 GHz), EL MISMO REALIZADO A UNA DISTANCIA DE SEPARACIÓN DE 10 m ENTRE LA ANTENA BICONILOG TRANSMISORA (MODELO: 3140) CON UN ANCHO DE BANDA DE (26 MHz – 2 GHz), ESTA REPRESENTA LA FUNCIONALIDAD DE UN EQUIPMENT UNDER TEST (EUT) Y ANTENA BICONILOG RECEPTORA A CALIBRAR (MODELO: 3142D) CON UN ANCHO DE BANDA ENTRE (26 MHz – 6 GHz)



Probability distributions

Componentes de incertidumbre tomando como referencia a la norma CISPR 16-4-2:

Contribución	$X_i$	Valor [dB]	Función Distribución de Probabilidad	Divisor	$u_{i(y)}$ [dB]	$u_{i(y)}^2$ [dB] <sup>2</sup>
Nivel de Ruido Lectura del Receptor EMI <sup>(1)</sup>	$V_r$	0,60	Rectangular	1,732	0,346	0,120
Imperfecciones del emplazamiento <sup>(3)</sup>	$A_n$	3,50	Triangular	2,449	1,429	2,042
Calibración del Factor de Antena <sup>(2)</sup>	$A_F$	0,85	Normal	2,000	0,425	0,181



**NOTA:** La contribución de la incertidumbre para los Cables de Radiofrecuencia la he considerado despreciable durante la realización del Sistema de Medición del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada.

(1) Valor obtenido en [dB] de las especificaciones del Fabricante del Receptor EMI.

La incertidumbre  $u_{i(y)}$  en [dB] determinada por la fluctuación de dígitos menos significativa del EMI.

(2) Valor obtenido en [dB] y la incertidumbre  $u_{i(y)}$  en [dB], ambos determinados en el Certificado de Calibración de la Antena.

(3) Valor obtenido en [dB] y la incertidumbre  $u_{i(y)}$  en [dB], ambos determinados en el Reporte correspondiente al cálculo de la Atenuación Normalizada del Recinto (NSA). La diferencia entre la atenuación teórica normalizada y la atenuación real del sitio para el recinto en particular. La especificación del Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR) permite un máximo de  $\pm 4$  dB; los sitios reales pueden ser mejores que esto, y debido a la alta incertidumbre del método NSA, es poco probable que un sitio que cumpla con este criterio cause errores de medición que se acerquen a 4 dB.

$u_{i(y)}$ : Contribución de la Incertidumbre Estándar Combinada Individual (Relativa) [dB].

$$u_{i(y)} = [\text{Valor [dB]} / \text{Divisor}] [\text{dB}]$$

$u_{i(y)}^2$ : Incertidumbre de la Variable [dB]<sup>2</sup>.

#### Incertidumbre Estándar Combinada:

$$u_{c(y)} = (\sum u_{i(y)}^2)^{1/2} = (0,120 [\text{dB}]^2 + 2,042 [\text{dB}]^2 + 0,181 [\text{dB}]^2)^{1/2} = (2,343 [\text{dB}]^2)^{1/2} \Rightarrow u_{c(y)} = 1,53 \text{ dB}$$

#### Incertidumbre Expandida:

$$U = k \times u_{c(y)} = 2 \times 1,53 \text{ dB} = 3,06 \text{ dB} \Rightarrow U = 3,06 \text{ dB} \quad \text{Incertidumbre Expandida (U)}$$

Incertidumbre Expandida (U) = 3,06 dB, con un Factor de Cobertura  $k = 2$  para un Nivel de Confianza del 95 % (Límites "2 Sigma,  $\pm 2\sigma$ " en la Distribución Normal).

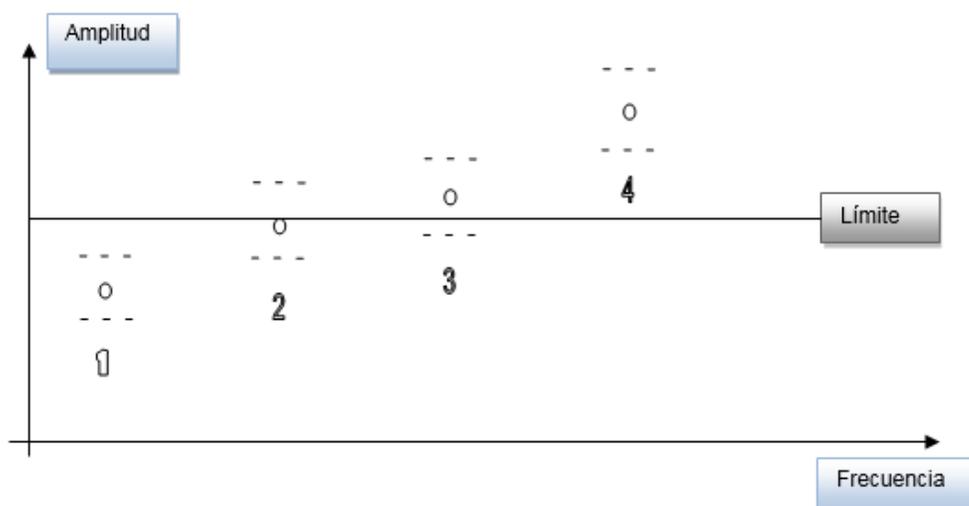
Resultado de la Medición: Valor Medido  $\pm U = \pm 3,06$  dB.



**17. CRITERIO DE CONFORMIDAD / ACEPTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC) PARA EL CUMPLIMIENTO DEL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DENTRO DE LA CÁMARA SEMIANECOICA (CSA) DEL INTI, CON UNA FRECUENCIA DE OPERACIÓN PARA ESTE ENSAYO EN PARTICULAR ENTRE (30 MHz – 1 GHz), EL MISMO REALIZADO A UNA DISTANCIA DE SEPARACIÓN DE 10 m ENTRE LA ANTENA BICONILOG TRANSMISORA (MODELO: 3140) CON UN ANCHO DE BANDA DE (26 MHz – 2 GHz), ESTA REPRESENTA LA FUNCIONALIDAD DE UN EQUIPMENT UNDER TEST (EUT) Y ANTENA BICONILOG RECEPTORA A CALIBRAR (MODELO: 3142D) CON UN ANCHO DE BANDA DE (26 MHz – 6 GHz)**

Se debe establecer un criterio de conformidad a partir del análisis e interpretación de los valores medidos y de los resultados obtenidos en la realización del sistema de medición para el Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada.

Dicho criterio se implementó teniendo en cuenta lo establecido de acuerdo al siguiente gráfico obtenido del documento **IEC GUIDE 115:2007** (Aplicación de la incertidumbre de medición a las actividades de evaluación de la conformidad en el sector electrotécnico) en conjunto con la norma internacional **IEC/ISO 17025:2017** (requisitos generales para la competencia, la imparcialidad, la confidencialidad y la operación coherente de los laboratorios de ensayo y calibración), ver el punto 7.6 referido a la Evaluación de la Incertidumbre y el punto 7.8.3.1 ítem c) referido a los Requisitos Específicos para los Informes de Ensayo.





### Referencias:

[○]: Valor Medido (con el Detector Cuasi Pico, en inglés Quasi Peak (QP), se utiliza para medir interferencias de banda ancha).

[- - -]: Límites de Incertidumbre Superior e Inferior.

Límite: Lo establece la norma CISPR aplicable al Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada realizado.

Caso 1: El Equipment Under Test (EUT), CUMPLE.

Caso 2: El resultado medido está por debajo del límite de especificación, es decir, en un margen inferior a la mitad del intervalo de incertidumbre. Por lo tanto, no es posible determinar el cumplimiento con un nivel de confianza del 95%. Sin embargo, el resultado de la medición indica una mayor probabilidad de que el Equipment Under Test (EUT), CUMPLA.

Caso 3: El resultado medido está por debajo del límite de especificación, es decir, en un margen inferior a la mitad del intervalo de incertidumbre. Por lo tanto, no es posible determinar el cumplimiento con un nivel de confianza del 95%. Sin embargo, el resultado de la medición indica una mayor probabilidad de que el Equipment Under Test (EUT), NO CUMPLA.

Caso 4: El Equipment Under Test (EUT), NO CUMPLE.

### Conclusión de los criterios de conformidad / aceptación para el análisis e interpretación de los resultados:

- Equipment Under Test (EUT) para comercializar únicamente en el mercado local (ANMAT, Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica):

**Caso 1:** El Equipment Under Test (EUT), **CUMPLE.**

**Caso 2:** El Equipment Under Test (EUT), **CUMPLE.**

**Caso 3:** El Equipment Under Test (EUT) debe someterse a un muestreo estadístico para determinar su veredicto.

**Caso 4:** El Equipment Under Test (EUT), **NO CUMPLE.**



- Equipment Under Test (EUT) para comercializar únicamente en el mercado extranjero (mercado CE, Conformidad Europea):

**Caso 1:** El Equipment Under Test (EUT), **CUMPLE**.

**Caso 2:** El Equipment Under Test (EUT) debe someterse a un muestreo estadístico para determinar su veredicto.

**Caso 3:** El Equipment Under Test (EUT) debe someterse a un muestreo estadístico para determinar su veredicto.

**Caso 4:** El Equipment Under Test (EUT), **NO CUMPLE**.

- Equipos para comercializar en ambos mercados:

Se toma siempre el caso más estricto, o sea, el del mercado extranjero.

**Incertidumbre Expandida (U) = 3,06 [dB], con un Factor de Cobertura k = 2 para un Nivel de Confianza del 95 % (Límites “2 Sigma,  $\pm 2\sigma$ ” en la Distribución Normal).**

**Resultado de la Medición: Valor Medido  $\pm U = \pm 3,06$  [dB].**



## 18. SISTEMA DE GESTIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DEL DEPARTAMENTO DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC) PARA LA VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MÉTODO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN PARA DETERMINAR EL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DENTRO DE LA CÁMARA SEMIANECOICA (CSA) DEL INTI

Este Trabajo Final Integrador (TFI) fue desarrollado implementando la norma internacional **ISO/IEC 17025:2017**, la cual proporciona los requisitos generales y necesarios para la competencia, la imparcialidad, la confidencialidad y la operación coherente que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración, facilitando la armonización de criterios de calidad, para evaluar la conformidad de la realización del Sistema de Medición para determinar el Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada en el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI. El objetivo fundamental de norma internacional **ISO/IEC 17025:2017** es garantizar la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados analíticos obtenidos. La norma contiene tanto **requisitos de Gestión como requisitos Técnicos** que inciden sobre la mejora de la calidad del trabajo realizado en los laboratorios, en este caso el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC). Favoreciendo la creación de un conocimiento colectivo, que facilita la integración del personal, y un profundo conocimiento interno de la organización, en este caso el INTI, proporcionando flexibilidad en la adaptación a necesidades y cambios del entorno. Estos requisitos son empleados como herramientas para la difusión de un conocimiento colectivo, que facilita la integración del personal, proporciona flexibilidad en la adaptación a cambios del entorno y permite detectar problemas para su resolución anticipada. Finalmente, la Acreditación del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) será el reconocimiento formal de la **Competencia y capacidad Técnica** para llevar a cabo análisis específicos. La implementación de dicha norma, conlleva a realizar comprobaciones periódicas internas para garantizar que el instrumental y sus configuraciones de prueba (“setup”) funcionan correctamente y además también contar con la verificación y la validación del método de medición, para con ello confirmar mediante el ensayo y el aporte de pruebas objetivas de que se cumplen con los requisitos especificados. Una vez establecida y probada, la configuración de la prueba puede modificarse a medida que se reemplazan o reconfiguran los elementos individuales que intervienen y conforman el Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada, o cuando los instrumentos se comparten y se



mueven entre los diversos ensayos dentro del laboratorio. La posible variación de los resultados surge debido al desgaste adicional de los conectores de radiofrecuencia y los cables de radiofrecuencia, o si la configuración de la prueba es incorrecta, al estar dañada por mal uso o por transporte, si sale del laboratorio. La posible variación también puede ser debida a la posibilidad de cambiar ligeramente el “setup”, pero igualmente puede tener un cierto impacto en los resultados finales.

En el laboratorio de ensayos de EMC del INTI, los instrumentos se calibran a intervalos periódicos, generalmente de forma anual, aunque los intervalos reales pueden variar. Su calibración confirma que el instrumento está operando dentro de sus especificaciones publicadas y también, en el caso de elementos no ajustables como cables o antenas, proporciona un conjunto de valores o factores que después son necesarios para interpretar correctamente las mediciones realizadas con esa configuración de prueba. Cada calibración es una comprobación instantánea del rendimiento del equipo, que puede degradarse con el tiempo. Por lo tanto, el laboratorio de ensayos de EMC del INTI establece y mantiene la trazabilidad metrológica y confiabilidad de los resultados obtenidos de las mediciones por medio de la cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones.

Algunas veces los fabricantes realizan pruebas de EMC de un nuevo equipo en dos laboratorios distintos (pruebas interlaboratorios). Frecuentemente, los resultados de estas mediciones en laboratorios distintos son diferentes. Es usual preguntarse: ¿Por qué aparecen estas diferencias en los resultados de las medidas entre laboratorios sobre todo en los Ensayos de Emisiones Electromagnéticas Radiadas? Cuando un producto tiene unas Emisiones Radiadas que se sitúan justo en el límite (máscara) que establece la norma, una pequeña variación es crítica, al provocar que un laboratorio informe que el Equipment Under Test (EUT) CUMPLE el ensayo y el otro laboratorio informe que el Equipment Under Test (EUT) NO CUMPLE el ensayo. Ello ocurre cuando en un laboratorio medimos picos de 0 dB a -3 dB por debajo del límite y en el otro laboratorio, estos mismos picos con las mismas frecuencias, se miden con 0 dB a +3 dB por encima del límite. ¿Qué medidas son las correctas? En una situación como esta, es normal que al fabricante se le planteen dudas sobre los resultados de los ensayos y sobre los laboratorios escogidos.



Debemos partir de la premisa de que ambos laboratorios han realizado correctamente los ensayos, han seguido los procedimientos acreditados y las directrices de la CISPR 16 y tienen los equipos calibrados.

Partimos también de la premisa de que el Equipment Under Test (EUT) es exactamente el mismo en ambos casos (no hay modificaciones), se han utilizado los mismos cables u otros accesorios, con la misma longitud y configuración, y se han dispuesto exactamente en la misma forma (configuración) en ambos laboratorios. Es muy común que, especialmente los cables, sean diferentes entre dos medidas porque no se consideran parte del equipo y el fabricante no los conserva exactamente igual entre medidas.

En primer lugar, y el aspecto más importante, es que el equipo está muy cerca del límite y las pequeñas variaciones son críticas. La mejor solución es optimizar el diseño del equipo para alejarse de los límites. Con un margen de seguridad de 5 dB (aceptable) o 10 dB (óptimo), las variaciones entre laboratorios no tienen, normalmente, ningún efecto. No obstante, es interesante entender porque pueden surgir estas diferencias entre laboratorios. Para ello vamos a explicar lo que ocurre en esta situación, considerando varios parámetros que tienen incidencia en la realización de las medidas de Emisiones Radiadas.

En segundo lugar, es importante que el fabricante disponga de un juego de cables y/o accesorios de ensayos que se mantengan invariables entre los ensayos, ya sean investigativos o ensayos en laboratorios acreditados. Disponer también de un esquema claro de la distribución física de los cables también ayudará a mantener invariable el “setup”.

Es por este motivo que hay que tener presente y contemplar la incertidumbre (parámetro asociado con el resultado) en la medición del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada en ambos laboratorios, ya que uno de los requisitos exigidos a cualquier laboratorio cuando quiere acreditar dicho ensayo es el cálculo de la incertidumbre de medida. Muchas veces, este parámetro pasa desapercibido ante el usuario, pero es crítico en estas situaciones en que los valores medidos se sitúan muy próximos al límite (máscara). Es por ello que hay que tener en cuenta la incertidumbre de medida en la medición del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada, ya que esto puede traer aparejado la determinación del cumplimiento o no cumplimiento del mismo.

El Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI debe establecer un criterio de conformidad/aceptación a partir del análisis e interpretación de los valores medidos y



de los resultados obtenidos en la realización del sistema de medición para el Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada.

Los Ensayos de Compatibilidad Electromagnética forman parte integral de la evaluación de la conformidad/aceptación de los dispositivos, equipos o sistemas eléctricos y/o electrónicos. Para garantizar la competencia técnica y la calidad de los resultados de las mediciones de los ensayos, estos deben estar soportados en una infraestructura de laboratorio de EMC apropiada y en donde las actividades se desenvuelvan según procedimientos enmarcados en los estándares respectivos. En consecuencia, se diseñó un sistema para la gestión técnica de la calidad del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI, que complementa al sistema de gestión general existente de la institución, mediante la adecuación y la documentación para la acreditación de sus procesos por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA), en conformidad/aceptación con la norma internacional **ISO/IEC 17025:2017**.

El ensayo de aptitud mediante las comparaciones entre laboratorios (interlaboratorios) sirve para determinar el desempeño de los laboratorios participantes cuando efectúan mediciones específicas. También permite realizar el seguimiento del desempeño de dichos laboratorios. El Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI dispone de la posibilidad y oportunidad a través de la Sistema de Gestión de la Calidad (SGC), para organizar y facilitar la participación de los laboratorios de ensayos y calibraciones en programas de ensayo de aptitud, según recomienda la norma internacional **ISO/IEC 17025:2017**, como forma de demostrar su competencia técnica. Según lo establecido en el Organismo Internacional de Normalización (ISO), los ensayos de aptitud en laboratorios consisten en la determinación del desempeño de un laboratorio en la realización de ensayos por medio de comparaciones interlaboratorios. Las comparaciones interlaboratorios se refieren a la organización, realización, obtención de los resultados y la evaluación de ensayos sobre el mismo Equipment Under Test (EUT) o sobre Equipment Under Test (EUT) similares, por dos o más laboratorios, de acuerdo con condiciones predeterminadas.

El “ensayo de aptitud” es el uso de comparaciones interlaboratorios para determinar el desempeño individual de los laboratorios en la realización de ensayos específicos y/o mediciones.



Sus objetivos principales son:

- Evaluar la competencia de los laboratorios en la ejecución de ensayos o mediciones específicas.
- Facilitar a los laboratorios a comparar su desempeño con otros laboratorios similares.
- Monitorear el desempeño de los laboratorios.

Los ensayos de aptitud se utilizan y ayudan a los laboratorios a identificar algunos problemas relacionados con:

- El desempeño del personal analista técnico.
- La calibración de los equipos e instrumental.
- La adecuación de los procedimientos específicos.

El aseguramiento de la calidad para Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI requiere de un programa de actividades desarrolladas con la finalidad de verificar que los resultados obtenidos de las mediciones del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada tienen una precisión y exactitud aceptable y mejorar en conjunto el funcionamiento del mismo. Estos programas son planificados y revisados periódicamente.

El aseguramiento de la calidad de los resultados establece que el programa de actividades abarca todos los ensayos de Compatibilidad Electromagnética incluidos en el alcance de la acreditación del laboratorio de EMC del INTI. No obstante, el laboratorio de EMC del INTI tiene realizados y disponibles los procedimientos específicos y la capacidad técnica competente de los analistas de todos los ensayos de Compatibilidad Electromagnética ante la eventual posibilidad de que se realicen auditorías internas o auditorías externas, en el caso en particular el conocimiento y el buen desempeño del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada, ya que este es el caso de estudio de este Trabajo Final Integrador (TFI). Además también el laboratorio de EMC del INTI tiene procedimiento de control de calidad para monitorear la validez de los ensayos llevados a cabo.

Los Controles de Calidad son las actividades que se deben realizar para todos los ensayos del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI acreditados, los mismos comprenden:



Control de Calidad Interno: Programa de controles periódicos necesario para demostrar que se controla la variabilidad de los resultados obtenidos de las mediciones, por ejemplo: entre analistas y entre equipos e instrumental. El Control de Calidad Interno consiste en contemplar todos los procedimientos específicos, registros/planillas de ensayo y el procedimiento de control de calidad realizados por el laboratorio para su posterior evaluación continua de la realización de los ensayos del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI. El principal objetivo del laboratorio es asegurar la coherencia de los resultados obtenidos diariamente y el cumplimiento de los criterios de conformidad/aceptación establecidos.

Control de Calidad Externo: Se refiere a la participación de los laboratorios en los ensayos de aptitud intralaboratorios.

Los llamados ensayos intralaboratorios, los cuales consisten en las verificaciones de calidad para evaluar el desempeño de los analistas técnicos del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI. Estos tipos de ensayo se utilizan en forma periódica para planificar, realizar, evaluar y verificar que los resultados obtenidos de las mediciones estén bajo control clasificados de la siguiente manera:

- Cualitativos: Verificando que los resultados entre analistas sean concordantes y conformes.
- Cuantitativos: Determinando los parámetros de precisión, es decir:
  - Determina la Repetibilidad: El análisis por duplicado de los resultados obtenidos de las mediciones de un mismo ensayo por los distintos analistas técnicos (autorizados o en vías de autorización) que realizan el ensayo bajo las mismas condiciones de medición, es decir, el mismo analista técnico, los mismos equipos e instrumental, el mismo laboratorio y en un corto intervalo de tiempo.
  - Determina la Reproducibilidad: Los recuentos cruzados de los resultados obtenidos de las mediciones entre distintos analistas técnicos o con métodos diferentes de medición. Realizados en diferentes condiciones de medición, es decir, el ensayo se realiza sobre el mismo Equipment Under Test (EUT) pero en condiciones distintas, como ser los resultados obtenidos de las mediciones con diferentes métodos de

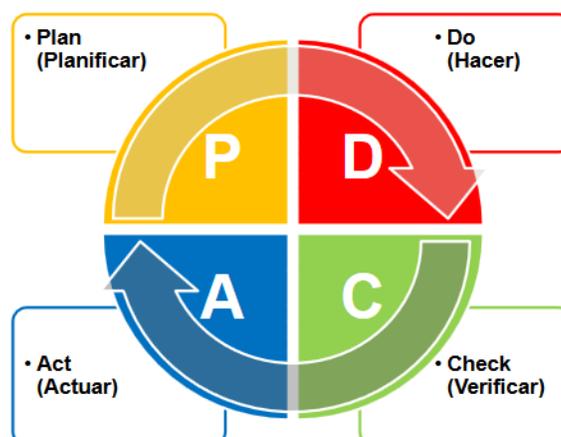
ensayo, diferente equipamiento e instrumental, diferentes operadores o analistas técnicos, diferentes laboratorios en distinto tiempo.

Para lograr el objetivo de acreditar el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI ante el Organismo Argentino de Acreditación (OAA), es necesario enfocarse y cumplir con los siguientes puntos requeridos en la norma internacional **ISO/IEC 17025:2017**:

- 6.3 – Instalaciones y condiciones ambientales;
- 6.4 – Equipamiento;
- 6.5 – Trazabilidad metrológica;
- 7.2 – Selección, verificación y validación de métodos.

En un marco globalizado, el objetivo de implementar la norma internacional **ISO/IEC 17025:2017** es demostrar la capacidad del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI con el afán de cumplimentar en igualdad de condiciones con otros laboratorios nacionales (mediciones interlaboratorios), es decir, en el mismo campo de aplicación, con las mismas características técnicas para los equipos e instrumental de laboratorio, las mismas “reglas” y al mismo tiempo consolidando un sistema de gestión de la calidad basado en “**La Mejora Continua**”.

El Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI lleva a cabo periódicamente controles de calidad interno y externo con la finalidad de verificar que sus resultados tienen una precisión y exactitud aceptable y mejorar en conjunto el funcionamiento del mismo. Para ejemplificar gráficamente el proceso de “**Mejora Continua**”, se implementa el denominado “**Ciclo de Shewart – Deming (PDCA)**”:





Donde:

- En la fase (P) de planificación de la calidad del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI se establece el plan de acciones para desarrollar la mejora. Es el enfoque y planificación de objetivos y forma de alcanzarlos. Las actividades que normalmente integran esta etapa son:
  - Definir la situación actual del problema del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI, en términos cuantitativos.
  - Definir el objetivo de mejora a alcanzar.
  - Recolectar todos los resultados relevantes obtenidos de las mediciones del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada.
  - Realizar un diagnóstico de causa – efecto.
  - Definir un plan de acciones para la realización del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada.
- En la fase (D) de control de la calidad del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI se refiere a la implementación llevando a la práctica el plan desarrollado. Es el despliegue e implantación sistemática de las acciones planificadas.
- En la fase (C) de aseguramiento de la calidad del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI se refiere al control en determinar si los resultados obtenidos de las mediciones del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada alcanzados satisfacen o no el objetivo planeado en la fase (P). Es la evaluación y revisión de la efectividad del enfoque y despliegue utilizado.
- En la fase (A) de mejora de la calidad del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI se refiere a la estandarización en proceder a tomar todas aquellas acciones necesarias para mantener las mejoras logradas a lo largo del tiempo. Es la implantación de correcciones orientada a la consecución de la “**Mejora Continua**”.



A continuación se determinaron los aspectos requeridos para la efectiva implementación del Sistema de Gestión Técnica propuesto. Al respecto, y a los fines de involucrar y motivar la participación activa del personal analista técnico perteneciente al Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI, a lo largo de todo el proceso, se procedió a utilizar el Ciclo de Shewart - Deming, el Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), junto con la aplicación de herramientas gerenciales y de la calidad (Matriz de Análisis FODA o DAFO y el Diagrama de Ishikawa, Causa - Efecto) con la intervención del equipo de trabajo, en el marco de fomentar el trabajo en equipo, la generación de ideas innovadoras y la adecuada implementación del sistema de medición propuesto del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) del INTI.

En primer lugar se realizó un diagnóstico del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI a través de un análisis situacional DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) considerando a esta herramienta de gran utilidad para analizar el desempeño organizacional, evaluando los aspectos que se requieren para la implementación del modelo de Sistema de Gestión Técnica. Cabe destacar, que el propósito de este análisis fue identificar los puntos o aspectos débiles en lo concerniente a la gestión operativa del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI, que deben ser controlados o evitados en la elaboración de las estrategias propuestas para el logro de los objetivos, así como para identificar las fortalezas (factores positivos que representan una capacidad inherente al laboratorio de EMC que puede ser explotada eficazmente con el fin de alcanzar un objetivo) que contribuirán al alcance de las metas y que podrían significar una ventaja competitiva al garantizar la calidad, confiabilidad, trazabilidad, repetibilidad y reproducibilidad de los resultados obtenidos de las mediciones de los ensayos ejecutados en el laboratorio. No obstante, teniendo en cuenta los aspectos positivos de las oportunidades aprovechando utilizar las fortalezas (circunstancias externas que podrían favorecer el logro de un objetivo), pero no hay que dejar pasar por alto los factores negativos de las debilidades, las cuales se deben eliminar o reducir (toda deficiencia importante que posee el laboratorio de EMC y que podría disminuir su capacidad para alcanzar los objetivos) y también se debe tener presente las posibles amenazas como aspectos negativos externos que podrían obstaculizar el logro de los objetivos (circunstancias externas que pueden dificultar o hacer imposible el logro de

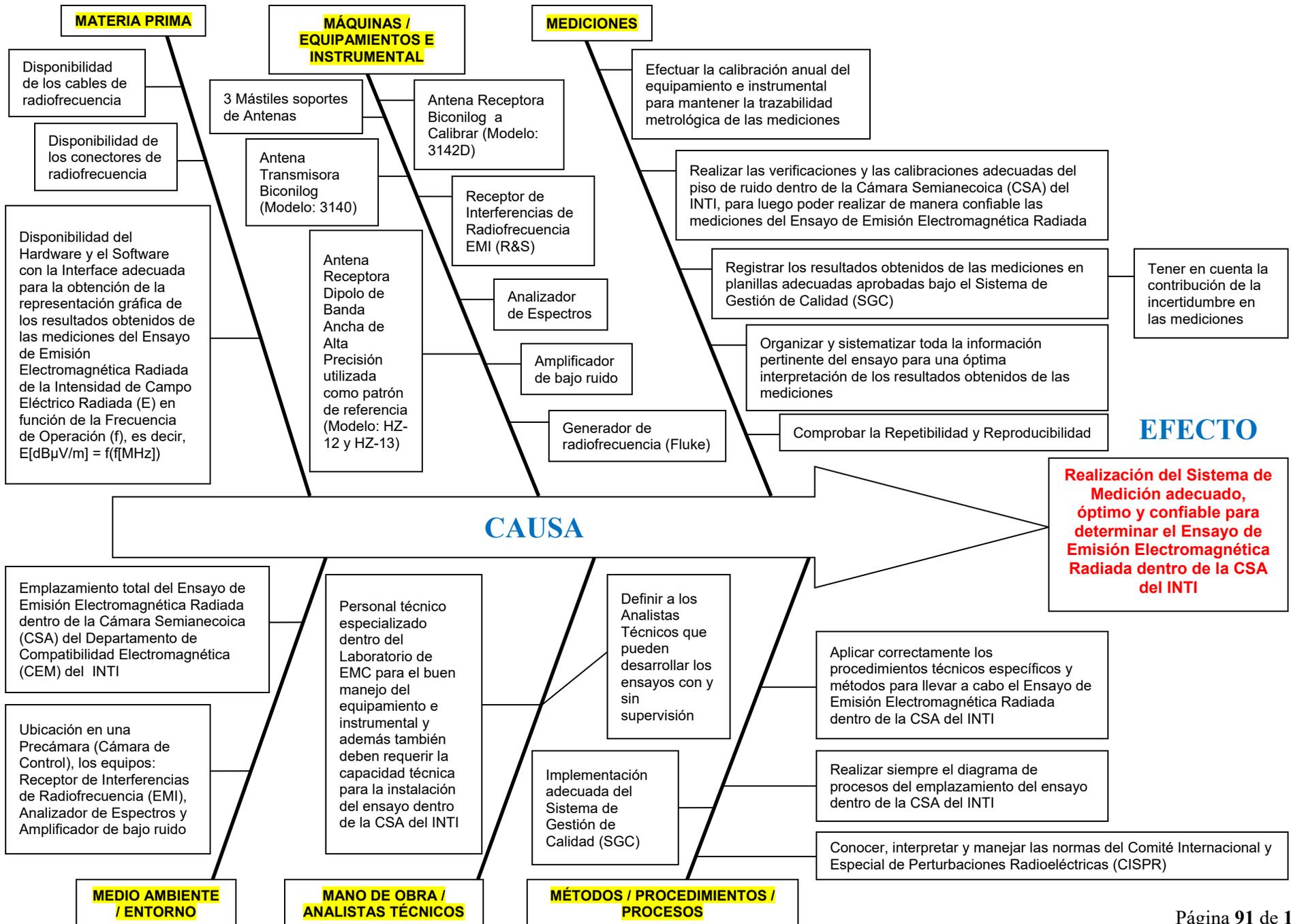


un objetivo).

El desarrollo de la matriz de análisis situacional DOFA, permitió observar que dentro de las estrategias desarrolladas todas tienen en común la necesidad de llevar a consecución el proceso de acreditación ante el Organismo Argentino de Acreditación (OAA). Por consiguiente, para lograr la acreditación del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI, se requirió el diseño e implantación de un Sistema de Gestión Técnica enmarcado en los puntos 6 y 7 (Requisitos relativos a los recursos y Requisitos del proceso respectivamente) de la norma internacional **ISO/IEC 17025:2017**, a efectos de obtener el reconocimiento y validación de los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio.

Igualmente, se procedió a utilizar el Diagrama de Ishikawa de Causa – Efecto con el objeto de establecer los aspectos que según la norma internacional **ISO/IEC 17025:2017**, se requieren para implementar el modelo de gestión técnica propuesto y tomar las acciones que sean necesarias de acuerdo al caso, donde a través de reuniones de trabajo con el equipo del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI, se establecieron los principales elementos claves requeridos para cubrir todas las disposiciones establecidas en los puntos 6 y 7 antes mencionados de la citada norma internacional, para esto se utilizó la técnica de Tormenta de Ideas, donde teniendo como referencia los principios para la elaboración de este diagrama, se determinaron los aspectos necesarios y las acciones a emprender (causas) y que conllevarían al desarrollo del sistema de gestión técnica a ser implementado en el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI (efectos).

# DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA – EFECTO) DEL ENSAYO DE EMISIÓN ELECTROMAGNÉTICA RADIADA DEL LABORATORIO DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC) DEL INTI





El plan de trabajo definido en el Diagrama de Ishikawa de Causa – Efecto, permite determinar las actividades y las diferentes pautas a través de las cuales acometer cada uno de los aspectos definidos para el debido diseño e implementación del modelo del Sistema de Gestión Técnica propuesto, basado en la norma internacional **ISO/IEC 17025:2017**.

El plan de trabajo definido, en el marco de desarrollar e implementar el Sistema de Gestión Técnica propuesto, se contempló llevar a cabo un proceso de revisión, actualización, adecuación, levantamiento de información e implementación de los resultados obtenidos de las mediciones del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada realizado dentro de la Cámara Semianecoica (CSA) de INTI.

Es de fundamental importancia el control adecuado y el usabilidad adecuada de los documentos técnicos del Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI, ya que estos se crean y modifican, examinan, aprueban, distribuyen y archivan los documentos del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) a fin de que todo el personal analista técnico utilice las versiones autorizadas más recientes, para con ello poder determinar y establecer la trazabilidad metrológica y confiabilidad de los resultados obtenidos de las mediciones del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada. Los documentos a tener en cuenta y utilizar son los siguientes:

**Formulario de autorización del método:** Documento por el que se certifica que un método analítico ha sido convalidado para el fin previsto en el laboratorio de EMC y que el uso del método para ese fin ha sido autorizado por el director del laboratorio de EMC, quien debe firmar el formulario.

**Informe de ensayo:** Documento que contiene una exposición formal de los resultados obtenidos de las mediciones de los Ensayos de Emisiones Electromagnética Radiadas realizados por el laboratorio de EMC. Debe incluir la información necesaria y relevante para la interpretación de dichos resultados.

**Procedimiento:** Forma especificada de realizar una actividad, ensayo o proceso. A efectos de la garantía de la calidad de los mismos en el laboratorio de EMC, los procedimientos deben consignarse por escrito y ser autorizados por el director del laboratorio de EMC.



**Procedimiento de ensayo:** Total de operaciones necesarias para realizar el análisis cualitativo y cuantitativo sobre la realización del Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada en el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI, por ejemplo, la preparación del emplazamiento del Equipment Under Test (EUT), de la utilización correcta del equipamiento e instrumental del laboratorio y de las fórmulas de cálculo (cuando se trata de un ensayo cuantitativo), la preparación y utilización de las curvas de calibración, y la determinación del número de ensayos replicados.

**Procedimiento de medición:** Conjunto de operaciones, descritas específicamente, que se utilizan al efectuar las mediciones de los Ensayos de Emisiones Electromagnética Radiadas referidas a un método determinado. Nota: El procedimiento de medición se consigna normalmente en un documento que a veces es en sí mismo un procedimiento de medición o un método de medición y por lo general es suficientemente detallado como para que el analista técnico del laboratorio de EMC pueda efectuar una medición sin información adicional.

**Registros técnicos:** Es toda la documentación que proporciona pruebas objetivas de los ensayos realizados o de los resultados obtenidos de las mediciones de los Ensayos de Emisiones Electromagnética Radiadas en el Laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI, incluidos la documentación técnica de presentación de los Equipment Under Test (EUT), las notas aclaratorias sobre los casos de análisis (con inclusión de esquemas y diagramas), las fotografías, las conversaciones telefónicas, los datos de calibración y otros datos de control de calidad, los parámetros de funcionamiento de los instrumentos e impresiones de computadora, los informes, las declaraciones y otros documentos de este tipo, la documentación de mantenimiento de los instrumentos, así como los registros sobre capacitación, competencias y autorizaciones del personal. Los registros técnicos deben establecerse en el momento de realizar el ensayo.

**Registros del Sistema de Gestión de Calidad:** Estos registros deben establecerse y mantenerse para proporcionar evidencia de la conformidad con los requisitos así como de la operación eficaz del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC). Los registros deben permanecer legibles, fácilmente identificables y recuperables. Debe establecerse un procedimiento documentado para definir los controles necesarios para la identificación, el almacenamiento, la protección, la recuperación, el tiempo de retención y la disposición de los registros, como ser:



informes de auditoría, pruebas de control de competencia, observaciones y quejas de los clientes, para proporcionar evidencias de verificaciones, medidas correctivas y preventivas y exámenes de la gestión, entre otros.

Con el fin de asegurar la mejora continua de los ensayos, los procesos y/o los servicios el INTI mantiene un Sistema de Gestión de Calidad (SGC). En cumplimiento con las normas internacionales el INTI controla, mide, analiza, verifica y valida todos los ensayos, los procesos, los servicios y además implementa las acciones necesarias para alcanzar los resultados requeridos.

El INTI está comprometido en mantener la efectividad de su propio Sistema de Gestión de Calidad (SGC), tanto por el cumplimiento con los requerimientos de sus clientes para su entera satisfacción, así como respondiendo a las diversas exigencias derivadas de las normas, procedimientos y métodos (en particular las regulaciones de seguridad y rendimiento) del instituto.

Por ello, el INTI identifica las necesidades de formación en todos los niveles que requiere el personal para desempeñarse y llevar a cabo su trabajo. El INTI asegura que sus empleados reciban una formación adecuada y una capacitación constante en sus puestos de trabajo, y asigna recursos para mantener y mejorar la calidad de los ensayos, los procesos y/o los servicios.

El INTI cuenta con el beneficio y la adecuación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) con la certificación según la norma internacional **UNE/EN/ISO 9001:2015**. Con dicha norma se logran fortalecer los ensayos, los procesos y/o los servicios con una certificación de su sistema de gestión y obtenga una ventaja competitiva tanto nacional como internacional.

Los flujos de trabajo bien definidos contribuyen decisivamente a la calidad de sus ensayos, sus procesos y/o sus servicios. Una gestión eficaz de la calidad tiene en cuenta las necesidades y perspectivas específicas del INTI. Debido especialmente al enfoque orientado a los ensayos, los procesos y los servicios.

Un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) certificado según la norma internacional **UNE/EN/ISO 9001:2015** define quién es responsable de qué actividades relevantes para la calidad y qué procedimientos deben seguirse. La norma requiere un circuito de control, que necesita una constante reevaluación interna del sistema que promueva un proceso de mejora



continua. Esto garantiza que cada uno de los empleados del INTI viva día a día la orientación hacia la calidad.

La norma internacional **UNE/EN/ISO 9001:2015**, según sus **Requisitos del Sistema de Gestión de Calidad (SGC)** es un modelo de gestión que permite asegurar de manera consistente la mejora del desempeño y la eficacia del INTI, a partir de la planificación, control y mejora de los ensayos, los procesos y/o los servicios, con base en el cumplimiento de los requisitos del ensayo, proceso y/o servicio, la satisfacción de los clientes, y la mejora continua.

El INTI debe identificar el contexto en el cual se desenvuelve y hacer el seguimiento de la información relativa a ese contexto. Además debe determinar cómo ese contexto contribuye u obstaculiza el cumplimiento de su propósito y el logro de los resultados planificados de su Sistema de Gestión de Calidad (SGC). Ese contexto se puede subdividir en el contexto externo y el contexto interno del INTI.

Tal como queda dicho, la planificación de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) eficaz depende de contar con una cabal comprensión de diversos factores que se conforman el contexto del INTI, y a su vez existen muchas formas y técnicas de apoyo para que el INTI pueda observar y analizar su contexto.

A continuación se describen 5 etapas del proceso de implementar y obtener la certificación del INTI de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) por la norma internacional **UNE/EN/ISO 9001:2015**:

### **Etapa 1 - Diagnóstico y Planificación:**

La primera etapa es realizar un diagnóstico para conocer cuál es el grado de cumplimiento que tiene el INTI con los requisitos de la norma internacional **UNE/EN/ISO 9001:2015**, a partir del mismo trazar un plan de trabajo, donde se detallan las actividades, con sus plazos y responsables, que se llevarán a cabo a lo largo de los ensayos, los procesos y los servicios.

### **Etapa 2 - Diseño del SGC:**

En esta etapa se definen los elementos clave del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) y se establece el soporte documental del Sistema.



### **Etapa 3 - Implementación del SGC:**

A medida que el SGC se diseña, se van implementando las metodologías y registros en todos los ensayos, los procesos, los servicios y áreas funcionales dentro del alcance definido.

### **Etapa 4 - Auditoría interna:**

Luego que se haya implementado el SGC en el INTI, se llevará a cabo la realización de la auditoría interna de todo el SGC, con el objetivo de determinar si el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) cumple los requisitos de la norma internacional **UNE/EN/ISO 9001:2015** y se aplica de manera consistente en todos los ensayos, los procesos y/o los servicios involucrados.

### **Etapa 5 - Certificación:**

Una vez que se haya verificado que el SGC cumple con los requisitos de la norma internacional **UNE/EN/ISO 9001:2015** y se encuentre en funcionamiento en el INTI, el instituto se pone en contacto con el Organismo Argentino de Certificación (OAA) para comenzar con el proceso de certificación.

Después de conseguir la certificación por la norma internacional **UNE/EN/ISO 9001:2015** es necesario su aplicación adecuada de los requisitos y su mantenimiento. Este certificado se puede utilizar para mostrar al público y generar publicidad positiva ya que pone en conocimiento la calidad de los ensayos, los procesos y/o los servicios. En este caso en particular sobre la realización del Sistema de Medición adecuado, óptimo y confiable para determinar el Ensayo de Emisión Electromagnética Radiada en la Cámara Semianecoica (CSA) del Departamento de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI.

El INTI debe establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente el Sistema de Gestión de Calidad (SGC), incluidos los procesos necesarios y sus interacciones, de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma internacional **UNE/EN/ISO 9001:2015**.

El INTI debe determinar los procesos necesarios para el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) y su aplicación a través de la organización, y debe:

- a) determinar las entradas requeridas y las salidas esperadas de estos procesos;
- b) determinar la secuencia e interacción de estos procesos;
- c) determinar y aplicar los criterios y los métodos (incluyendo el seguimiento, las ediciones y los indicadores del desempeño relacionados) necesarios para asegurarse de la

- operación eficaz y el control de estos procesos;
- d) determinar los recursos necesarios para estos procesos y asegurarse de su disponibilidad;
- e) asignar las responsabilidades y autoridades para estos procesos;
- f) abordar los riesgos y oportunidades determinados de acuerdo con los requisitos del apartado 6.1 (Planificación - Acciones para abordar riesgos y oportunidades);
- g) evaluar estos procesos e implementar cualquier cambio necesario para asegurarse de que estos procesos logran los resultados previstos;
- h) mejorar los procesos y el Sistema de Gestión de Calidad (SGC).

El INTI debe establecer debe mantener la toda la información documentada necesaria para la operación y conservar aquella que haga falta para asegurar el cumplimiento de los requisitos. El objetivo de esta cláusula es asegurar el enfoque en procesos, es por ello que se debe incluir el compromiso de la mejora continua del Sistema de Gestión de Calidad (SGC).



El compromiso del INTI con el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) en el Departamento de Compatibilidad Electromagnética (EMC) es que:

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) tiene como objetivo prioritario fortalecer el entramado productivo, mejorando la competitividad, promoviendo la innovación y la optimización de los procesos; siendo, además, el referente nacional en el ámbito de las mediciones. Actúa como generador y proveedor de servicios tecnológicos en las áreas tales como la investigación y desarrollo, la asistencia técnica a empresas (pymes), los ensayos, los



análisis y las calibraciones, la certificación, la transferencia de tecnología y la transferencia del conocimiento. Es además referente nacional en el ámbito de las mediciones, constituyéndose como Instituto Nacional de Metrología.

El INTI es una institución en la República Argentina que actúa como referente nacional en el ámbito de las mediciones y la transferencia de tecnología directa a las pymes. El INTI cuenta con áreas tecnológicas especializadas y equipamientos e instrumental únicos en el país, que conforman una amplia red de vinculaciones para brindar asistencia integral a la industria.

El compromiso del INTI es favorecer el desarrollo y la sustentabilidad industrial, contribuyendo a la articulación de las políticas y estrategias definidas por el Estado Nacional; actualizar la infraestructura disponible asignando los recursos necesarios para ello; e implementar y mejorar los sistemas de gestión conforme a los requisitos de las normas nacionales e internacionales reconocidas en los diferentes ámbitos de aplicación.

Son condiciones inherentes a este compromiso:

- El desarrollo de manera constante de la competencia técnica del personal, propiciando un ambiente de trabajo que fomente su desarrollo, reconocimiento y carrera profesional.
- El apoyo a sus iniciativas y creatividad.
- Su involucramiento con la calidad, la integridad profesional y la ética en el cumplimiento de sus funciones como servidores públicos.
- La prevención de los riesgos laborales, preservando la higiene, la salud y la seguridad de todo el personal.
- La promoción de una cultura institucional de preservación del ambiente bajo la premisa de la implementación de procesos sustentables.

Por ello, quienes trabajamos en el INTI somos conscientes de su papel estratégico en el desarrollo del país, y nos comprometemos a diario con la mejora continua de la calidad en la gestión institucional. Por lo tanto, es importante este compromiso con la calidad y la satisfacción a nivel estructural el desarrollo a través de un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) conforme a la norma internacional **UNE/EN/ISO 9001:2015**, basado en los siguientes principios para el sostenimiento de la presente política del INTI para lograr ello y comprometerse, se plantea a continuación la siguiente política de calidad que debiera brindar el INTI:



- Jerarquizar al Instituto como soporte del Estado Nacional y referente en tecnología industrial.
- Favorecer el desarrollo y la sustentabilidad industrial, contribuyendo así a la articulación de las políticas y estrategias definidas por el Estado Nacional.
- Consolidar la presencia del INTI en todo el territorio nacional estructurando un sistema federal de centros de investigación y desarrollo.
- Adecuar sistemáticamente nuestros servicios a las necesidades de los sectores productivos y de la comunidad, adoptando el perfil de una organización flexible que aprende y se anticipa - en la medida de lo posible - a los cambios del entorno y de las tendencias tecnológicas, implementando las oportunidades de mejora más adecuadas.
- Asegurar la trazabilidad metrológica y la confiabilidad en los resultados que se suministren.
- Mantener el reconocimiento internacional de los servicios de calibraciones y mediciones actuando en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo entre Institutos Nacionales de Metrología, el cual suscribimos.
- Ampliar las capacidades de medición y calibración a todos los ámbitos de interés nacional.
- Actualizar la infraestructura disponible asignando los recursos necesarios para ello.
- Promover una cultura institucional de preservación del ambiente bajo la premisa de la implementación de procesos sustentables.
- Implementar y mejorar los sistemas de gestión conforme a los requisitos de las normas nacionales e internacionales reconocidas en los diferentes ámbitos de aplicación, asegurando además que el personal alcanzado esté familiarizado con ellos y actúe en consecuencia.
- Prevenir los riesgos laborales, preservando la higiene, la salud y la seguridad de todo el personal.
- Diseminar los conocimientos tecnológicos a la sociedad, impulsando su incorporación para mejorar la calidad de vida de la población.
- Desarrollar de manera constante la competencia técnica del personal, propiciando un ambiente de trabajo que fomente su desarrollo y reconocimiento, el apoyo a sus iniciativas y creatividad, su involucramiento con la calidad, la integridad profesional y la ética en el cumplimiento de sus funciones como servidores públicos.



Los integrantes del Consejo Directivo y el personal jerárquico del INTI asumen la responsabilidad por la puesta en práctica de esta política de calidad, adoptándola como herramienta central para la definición de los objetivos institucionales y su despliegue en todos los niveles del Instituto.

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) tiene la obligación de comunicar mediante algún medio a todo el personal, clientes, proveedores y partes interesadas esta política de la calidad con el fin de asegurar que todos conozcan lo que se espera del INTI, ya que son una pieza vital en la cadena de generación de valor, mostrando el INTI una notable preocupación por mantener el equilibrio entre las necesidades organizativas y la esfera personal del profesional. La comunicación de la política de calidad debe asegurar que ésta es comprendida y no solo aprendida por todos los miembros de la INTI, analizando las causas y solucionándolas. Por otro lado, la política de calidad elaborada puede ser sometida a la opinión de los miembros de la INTI, para que realicen sugerencias o aportaciones como vía para conseguir una política de calidad que represente fielmente el sentir de todo el INTI y al mismo tiempo aumente la toma de conciencia, motivación y participación de todos sus integrantes.

Misión del INTI: Fortalecer la competitividad industrial en todo el país a través de la transferencia de tecnología, la transferencia de conocimiento, el cumplimiento de la legislación metrológica y el impulso al desarrollo tecnológico, y la innovación en todos los sectores productivos.

Visión del INTI: Ser el instituto líder en el campo de la innovación a nivel nacional y regional, consolidando a la vez su rol y el prestigio en materia de servicios industriales, calidad y metrología para el desarrollo industrial y la calidad de vida de las personas.

Para concluir el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) del INTI es un conjunto de procesos que mantienen relaciones y cuyo objetivo final es poder establecer las políticas, objetivos y procesos necesarios para alcanzar las expectativas del INTI: cumplir con su propósito, cumplir con su misión, cumplir con su visión. A mí me gusta verlo como un conjunto de “herramientas” en la que cada “herramienta” es el equivalente a un proceso del INTI.



## 19. CONCLUSIONES

Por lo tanto, se puede observar en las últimas dos columnas de la tabla de la **Página 44** y la **Página 45** la correcta verificación analítica-gráfica de todos los valores medidos y calculados tanto para polarización horizontal como para polarización vertical de acuerdo a la **ecuación 6) de la Página 47** y también la comprobación de la diferencia gráfica comparativa de los factores de antena (AF), visualizada en el **gráfico d) de la Página 54**. Debido a que quedó demostrado tanto analíticamente como gráficamente que los valores se encuentran dentro del límite del **margen de error de  $\pm 2$  dB** establecido en la nota de aplicación de la Norma CISPR 11 en el punto 7.3.4.2.

Al cumplir con el límite del margen de error de  $\pm 2$  dB en la medición, significa que dicho ensayo se puede llevar a cabo sin inconveniente, implementando únicamente la antena biconilog a calibrar (Modelo: 3142D), con un ancho de banda entre (26 MHz – 6 GHz) como receptora, debido a que se selecciona la misma por tener un amplio ancho de banda, pudiéndose lograr de esta manera minimizar los tiempos en los ensayos de las Emisiones Electromagnéticas Radiadas para futuros equipos.

## 20. MEJORAS SEGÚN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES

Reducir el tiempo hombre/ensayo en la realización y ejecución del ensayo de Emisión Electromagnética Radiada en aproximadamente un 50%.

Brindar la flexibilidad de minimizar los tiempos de ensayo para poder realizar el mismo con más periodicidad a los equipos bajo prueba sin tener la necesidad de cambiar la antena receptora.

Ampliar los conocimientos en cuanto a las normas, procedimientos técnicos específicos, procedimientos de calidad del Departamento de Compatibilidad Electromagnética (EMC) del INTI para nuevas implementaciones futuras.



## 21. BIBLIOGRAFÍA

- Compatibilidad Electromagnética, Autor: Joan Pere López Veraguas, Editorial: Marcobo, 2006.
- EMC for Products Designers, Autor: Tim Williams, Editorial: Elseiver.
- Foundations of Electromagnetic Compatibility: with Practical Applications, Autor: Bogdan Adamczyk, Editorial: Wiley, 2017.
- Compatibilidad Electromagnética IRAM, Coordinador Técnico: Ing. Vicente Cartabbia.
- Interferencias Electromagnéticas en Sistemas Electrónicos, Curso Doctorado, Autor: Alberto Martín Pernía.
- Red de certificación y calificación de componentes y sistemas microelectrónicos. Guía de Compatibilidad Electromagnética, CYTED, Pucará 2007.
- Compatibilidad Electromagnética “CEM” Telemecanique, 2000.
- Compatibilidad Electromagnética (EMC) y Normalización – Centro Nacional de Metrología CENAM.
- Normas básicas CISPR (Comité Internacional Especial de Perturbaciones Electromagnéticas):
  - CISPR 16: Especificación para aparatos y métodos de medición de inmunidad y emisión en laboratorios.
  - CISPR 11: Equipos Industriales, Científicos y Médicos (ISM). Características de las perturbaciones de radiofrecuencia. Límites y métodos de medición.
  - CISPR 22: Equipos de Tecnología de la Información (ITE). Características de las perturbaciones de radiofrecuencia. Límites y métodos de medición.
- Norma Internacional ISO/IEC 17.025:2017, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- Norma UNE/EN/ISO 9001:2015, Sistema de Gestión de la Calidad – Requisitos.
- Gerencia Operativa de Metrología y Calidad: Sistema Integral de Gestión INTI (SIG - INTI).
- Gerencia Operativa de Metrología y Calidad: Gerencia de Metrología, Calidad y Ambiente (INTI).
- Gerencia Operativa de Metrología y Calidad: Compromiso INTI con la Calidad de Gestión.
- Link de consulta: <https://www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/electr%C3%B3nica-y-energia/electronica-y-tics>