

MÉTODOS DE CALIBRACIÓN DE ANTENAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA

Victoria Molina López, Israel García Ruiz
Centro Nacional de Metrología, CENAM
km 4.5 carretera a los Cués, El Marqués, Qro. CP 76246
Tel: 01 442 21105 00 x 3460. E-mail: vmolina@cenam.mx; igarcia@cenam.mx

Resumen: Esta presentación está dirigida a usuarios de antenas para pruebas de compatibilidad electromagnética (EMC, *Electromagnetic Compatibility*), quienes tienen la responsabilidad no sólo de seleccionar y emplear los métodos de prueba de emisiones radiadas aplicables a su producto, sino también de seleccionar los servicios de calibración para sus antenas conforme a una determinada norma, así como verificar la aplicación correcta de la misma.

Se presentarán algunos de los aspectos más sobresalientes de las principales normas empleadas en la calibración de antenas de EMC, así como el estado del proyecto de norma internacional para calibración de antenas.

1. INTRODUCCIÓN

Las antenas de EMC son una parte esencial en los sistemas de medición de emisiones radiadas y su impacto en los resultados de las pruebas de EMC debe ser entendido. Dichas antenas deben calibrarse regularmente y de manera apropiada con el fin de mantener en estado óptimo los sistemas de medición donde se emplean.

En las antenas de EMC se calibra el factor de antena, (AF , *Antenna Factor*), F_A , que es una magnitud que depende de la frecuencia y de la geometría en que se mide, esto es la altura de la antena, la distancia de prueba y la polarización de la antena. Es el cociente que resulta de dividir la intensidad del campo eléctrico de una onda plana incidente entre la tensión eléctrica inducida en las terminales de una carga específica (típicamente 50 Ω) conectada a la antena. Usualmente el AF se define para la onda plana incidente en la dirección de ganancia máxima de la antena y en un punto específico de la antena. Sus unidades de medida son (m^{-1}), pero normalmente los valores se miden en decibeles, esto es $dB(m^{-1})$ [1].

En el área de medición de emisiones radiadas, si se conoce el F_A , entonces la magnitud de un campo incidente, E , se puede estimar a partir de la lectura, V , del receptor donde se conecta la antena receptora; matemáticamente esto se puede representar por la ecuación (1) [1].

$$E = V + F_A \quad (1)$$

donde E está en $dB(\mu V/m)$, V en $dB(\mu V)$ y F_A está en $dB(m^{-1})$.

Para medir el AF es necesario contar con instalaciones apropiadas que además deben ser validadas para este fin de acuerdo a los procedimientos señalados en la norma del Comité Internacional sobre Radio Interferencias (CISPR, *International Special Committee on Radio Interference*) CISPR 16-1-5: 2003 [2].

La calibración de antenas se hace conforme a normas consensuadas porque éstas fijan métodos y procesos uniformes de acuerdo a las mejores prácticas de medición para asegurar resultados consistentes. El usuario de estos servicios de calibración tiene la responsabilidad de analizar la conveniencia de cada una de las normas disponibles y especificar, utilizar o solicitar que se utilice aquella que satisface sus necesidades, las cuales deben estar bien definidas en cuanto a exactitud, incertidumbre y trazabilidad se refiere. Cuando el usuario acude a un laboratorio acreditado también es responsable de entender los alcances de tal acreditación y verificar que dicho alcance cubre el servicio solicitado.

Asimismo los laboratorios de calibración de antenas acreditados deben participar en comparaciones entre laboratorios; en las cuales usualmente se envía un conjunto de antenas a todos los laboratorios participantes, después de calibrarlas los resultados se integran y se comparten entre todos los participantes en un esfuerzo por validar los procedimientos de calibración que se utilizan en cada laboratorio y así ayudar a identificar áreas de

oportunidad para mejorar los sistemas, los procedimientos e incluso los patrones de medición. Los resultados de las comparaciones se ponen al alcance del público, de manera que los clientes pueden utilizar esta información para tomar las decisiones necesarias relacionadas con sus necesidades de calibración [3].

El conocimiento de las normas para calibración de antenas es pues un requisito indispensable para el personal que calibra antenas de EMC y para los usuarios de dichos servicios. Aunque estos últimos no aplicarán tales normas en sus pruebas, es necesario entender que existe una diversidad de métodos de calibración de antenas de EMC que emplean distintas geometrías dando así origen a diferentes tipos de AF. Por tanto cuando un cliente solicita un servicio de calibración es necesario que especifique claramente el tipo de servicio que se requiere de acuerdo a sus necesidades específicas.

A continuación se describirán los aspectos más sobresalientes de las normas empleadas en la calibración de antenas de EMC y posteriormente se abordarán los diferentes tipos de AF que se originan de acuerdo al método de medición empleado.

2. NORMAS EXISTENTES PARA LA CALIBRACIÓN DE ANTENAS DE EMC

2.1 ANSI C 63.5 American National Standard for Electromagnetic Compatibility – Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control – Calibration Antennas (9 KHz – 40 GHz).

La norma que abordó primeramente las cuestiones de calibración de antenas fue la norma nacional ANSI C 63.5 [4], cuyas primeras ediciones surgieron en los 80's, después se publicaron actualizaciones en 1988, 1998, 2004 y 2006 [4]. Ésta última es la edición más reciente y proporciona tres métodos de medición de AF para la mayoría de los tipos de antenas usadas en pruebas de emisiones radiadas. En estas pruebas los factores de antena obtenidos pueden usarse en polarización vertical u horizontal y a distancias del equipo bajo prueba de 3 m o más.

Los cambios más notorios de la edición del 2006 con respecto a ediciones anteriores son principalmente los siguientes [3]:

1. Se especifica el Método del Sitio Patrón (SSM, *Standard Site Method*) que consiste en el uso de un sitio de calibración de antenas (CALTS, *Calibration*

Test Site) validado conforme a la norma CISPR 16-1-5 [2] el cual incluye plano de tierra reflector de alta calidad metrológica y una única geometría de medición: PH, una distancia de prueba entre antenas, R , de 10 m, la altura de la antena transmisora, h_2 , a 2 m y en la altura de la antena receptora, h_1 , se realiza un barrido de 1 m a 4 m. En esta geometría el ambiente de medición afecta mínimamente al AF por lo que los resultados de calibraciones sucesivas obtenidos con este método deberían ser muy parecidos.

El AF obtenido con el Método SSM se llama Factor de antena cercano al valor de AF en espacio libre (NFSAF, *Near Free Space Antenna Factor*), F_{A_ANSI} .

Con el método SSM se puede medir el AF de antenas que pueden emplearse en PH o PV en frecuencias dentro del intervalo de 30 MHz a 40 GHz en la medición de emisiones radiadas. Aunque es preciso considerar que la validación de sitios de prueba que incluyen un plano de tierra reflector, como en un CALTS, a frecuencias mayores de 1 GHz aún está bajo consideración de acuerdo con la Sección 8 de [1].

2. Las calibraciones en geometrías a 3 m o en polarización vertical que se especificaban en las versiones anteriores se consideraron inaceptables y esas partes se eliminaron.

3. Se adicionaron tablas de Factores de Corrección de Geometría Específica (GSCF, *Geometric-Specific Correction Factors*) para antenas bicónicas en el intervalo de 30 MHz a 200 MHz.

4. Los GSCF para antenas de banda ancha, tales como arreglos logarítmico-periódicos, se miden en todas las geometrías requeridas para mediciones de NSA a 3 m y 10 m de separación. Esta parte es similar a las versiones anteriores, aunque hay más restricciones para el sitio donde se pueden medir los GSCF. Adicionalmente se requiere que para cada geometría se tomen varias mediciones sobre el plano de tierra en diferentes posiciones.

2.2 SAE/ARP 958-2003 Aerospace Recommended Practice: Electromagnetic Interference Measurement Antennas; Standard Calibration Method

Esta norma es muy importante para la medición del AF a 1 m de distancia y se puede aplicar a la mayoría de los tipos de antenas empleadas en pruebas de emisiones. Dicho AF se emplea en

algunas otras normas de producto para la medición de emisiones radiadas a 1 m de distancia; tal es el caso de la norma CISPR 25 que detalla límites y métodos de medición de las perturbaciones radiadas para la protección de receptores utilizados a bordo de vehículo, botes y otros dispositivos [5].

Además, como las calibraciones a 3 m se eliminaron de la norma ANSI C 63.5-2006 [4], el Anexo C de la norma SAE/ARP/958 [6] podría ser útil para quienes requieren todavía algún método normalizado para medir el AF a 3 m de distancia, pues en este Anexo se describe el mismo método para obtener el AF a 3 m que aparecía en las versiones anteriores de la norma ANSI C 63.5-2006 [4].

Los métodos de calibración a 1 m de la norma SAE/ARP/958 [5] trascenderán hasta el proyecto de norma internacional para calibración de antenas CISPR-16-1-6 [1], pues en un futuro serán incluidos en la Sección 9 de dicho proyecto.

2.3 CISPR 16-1-6 Radio disturbance and immunity measuring apparatus – EMC – Antenna calibration.

Desde hace una década, la comunidad internacional consciente de la necesidad de una homogeneización en los métodos de calibración de antenas, ha estado trabajando en una norma internacional [1]; en el mes de julio se puso a disposición de los Comités Nacionales (NC, *National Committee*) el segundo borrador (CISPR/A/858/CD) de la norma CISPR 16-1-6 *Radio disturbance and immunity measuring apparatus – EMC – Antenna calibration* [1]. En este segundo borrador se atendieron los comentarios de cada NC que están recopilados en el documento CISPR/A/847/RVN [7] y el 11 de septiembre de 2009 fue la fecha de cierre para recibir comentarios al segundo borrador, los cuales serán discutidos en la reunión del 28 de septiembre de 2009 en Lyon, Francia.

Las mediciones de emisiones radiadas conforme a las normas CISPR requieren el uso de antenas que tengan un AF determinado por un método de calibración de antenas dado por una norma CISPR o bien por otro método comparable de otra norma avalada por la comunidad de EMC. En particular el proyecto CISPR 16-1-6 [1] especifica varios métodos de calibración para determinar el AF, especialmente el AF en espacio libre, F_{AFS} , (*Free Space Antenna Factor*).

El proyecto de norma es muy completo. Contiene 9 Secciones, cuatro Anexos Informativos (Anexos A, B, C y D) y 3 Anexos Normativos (E, F y G). La Sección 4 describe los conceptos fundamentales del AF obtenido de la calibración de antenas. La Sección 5 especifica los requisitos de las instalaciones y del equipamiento utilizado en la calibración de antenas, así como la revisión funcional de la antena que debe realizarse antes de calibrarla. La Sección 6 está prevista para especificar en un futuro los métodos de calibración de antenas monopolo y de lazo en el intervalo de 9 kHz a 30 MHz. La Sección 7 describe tres métodos de calibración de antenas para el intervalo de frecuencias de 30 MHz a 1000 MHz y para polarización horizontal: 1. Método de las Tres Antenas (TAM, *Three Antenna Method*); 2. Método de la Antena de Patrón (SAM, *Standard Antenna Method*) referido en otras normas como el Método de la Antena de Referencia (RAM, *Reference Antenna Method*); y 3. El Método SSM de la norma ANSI C 63.5-2006 [4]. Las mediciones en PV se especifican sólo en la Sección 7.4.4.4 con el método SAM y como una alternativa para determinar el F_{AFS} para antenas bicónicas. En los Anexos Normativos E, F y G, se proporcionan instrucciones y ejemplos de estimación de incertidumbres para los tres métodos respectivamente. La Sección 8 describe los métodos de calibración de antenas para el intervalo de 1 GHz a 18 GHz. La Sección 9 está reservada para incluir en un futuro los métodos de medición a 1 m. El Anexo A da el trasfondo y el soporte para los métodos de calibración de antenas. El Anexo B es una guía para la estimación de incertidumbres asociada con el método de calibración para antenas monopolo y de lazo. El Anexo C proporciona información para cuantificar la directividad de la antena, el acoplamiento mutuo y las características dependientes de la altura que son importantes para la evaluación de la incertidumbre. El Anexo D proporciona información adicional para la calibración de antenas en el espacio libre de reflexiones a frecuencias mayores a 1 GHz.

En el proyecto CISPR 16-1-6 [1] se resuelven con claridad gran cantidad de dudas y preguntas que había en torno a la calibración de antenas de EMC por parte de los CN. Se detallan varios métodos de calibración clasificados como métodos primarios y secundarios o simplificados, se cubre una gran variedad de tipos de antenas y se cuantifica la incertidumbre en todos los casos (Véase 4.6 de [1]). Estos métodos son:

1. Método de las tres antenas (TAM).

2. Por sustitución con una antena calculable (SAM).

Los métodos primarios para obtener el F_{AFs} , pueden ser de mayor interés para Institutos Nacionales de Metrología (NMIs, *National Measurement Institutes*) y fabricantes de antenas.

El método TAM requiere un CALTS y es probable que sólo los NMIs o los fabricantes tengan sitios así. Estos son necesarios para cuantificar el F_{AFs} , con la más alta exactitud posible. De acuerdo con la Tabla 2 de la norma CISPR 16-1-6 [1], existen 2 formas de emplear el método TAM para obtener el F_{AFs} y una forma de emplearlo para obtener un AF dependiente de la altura. La diferencia en la aplicación del método radica en la posición de la antena receptora dentro de la geometría de medición.

Las antenas calibradas con el método TAM pueden ser empleadas como patrones de transferencia para calibrar las antenas de los clientes con métodos donde la calidad del sitio no sea un requisito demandante. La palabra 'transferencia' implica que los factores de antena obtenidos para la antena patrón de transferencia son trazables a un patrón nacional por medio del método primario. El proyecto CISPR 16-1-6 [1] indica que un laboratorio que procede de esta manera podría verificar qué tan apropiadas son sus instalaciones para la calibración de antenas con el siguiente procedimiento. Con su patrón de transferencia puede calibrar otra antena y luego enviarla a calibrar a un NMI. La diferencia entre los valores de AF obtenidos les permitirá elaborar mejor su presupuesto de incertidumbre considerando la incertidumbre de sus instalaciones.

El método SAM puede ser más económico que el TAM ó el SSM por dos razones; la primera es que el sitio puede tolerar más reflexiones que las permitidas en un sitio primario, y el plano de tierra no necesita ser tan grande o plano como se requiere para aplicar los métodos TAM y SSM. La segunda razón es que cuesta menos tener una antena patrón de transferencia que un CALTS y desarrollar los conocimientos necesarios.

En resumen, los sitios de prueba de alta calidad y los métodos primarios son precursores necesarios para el desarrollo de métodos simplificados que pueden realizarse en instalaciones de bajo costo. El proyecto CISPR 16-1-6 [1] proporciona métodos de calibración económicos que pueden ser establecidos por laboratorios que carecen de recursos para establecer métodos primarios.

Con respecto a las variaciones del AF con los diferentes métodos propuestos, el proyecto CISPR 16-1-6 [1] aclara que el F_{AFs} es el seleccionado para realizar las mediciones de emisiones radiadas en pruebas de conformidad pese a que existan diferencias entre las geometrías empleadas durante a) la calibración de las antenas usadas para realizar las pruebas y b) en la propia realización de las pruebas de conformidad (Véase Sección 4.5 de [1]).

El F_{AFs} , también se emplea en la validación de sitios de prueba para medir la NSA en PH y PV. Dependiendo del tipo de antena deben considerarse además correcciones por acoplamiento mutuo, directividad y variaciones del centro de fase [1]. Pero es preciso considerar que un sitio de conformidad (COMTS, *Conformance Test Site*) no debe validarse empleando los F_{AFs} medidos en el mismo sitio porque cualquier defecto de éste estará incluido en el F_{AFs} , lo cual compromete los resultados de la validación. El proyecto CISPR 16-1-6 [1] establece que en este caso la solución es el uso del método de validación conocido como Método del Sitio de Referencia (RSM, *Reference Standard Method*) que se especifica en el documento CISPR/A/859/CD [8] y que se propone como una enmienda a la actual CISPR-16-1-4 [9], que será discutida también en la reunión del 28 de septiembre en Lyon.

3. DIFERENTES TIPOS DE AF

El AF es susceptible a la impedancia de carga conectada en sus terminales, a los objetos cercanos que rodean el sitio de pruebas; la magnitud del AF variará para la mayoría de las antenas utilizadas sobre un plano de tierra dependiendo de la altura de la antena y su orientación respecto al plano de tierra. La variación del AF con la altura también está influenciada por la impedancia del balún. Debido a que el AF varía en magnitud con la frecuencia, las mediciones de emisiones radiadas se deben realizar con el AF calibrado a intervalos de frecuencia definidos para cubrir el intervalo de frecuencia de las pruebas de emisiones radiadas. De acuerdo con esto hay varios tipos de factores de antena tal como se muestra en la Tabla 1 [1].

3.1. Factor de antena en espacio libre (FSAF, *Free Space Antenna Factor*), F_{AFs}

Este término se refiere a un factor de antena que resulta de medir las antenas en un ambiente ideal libre de reflexiones o acoplamientos entre las

antenas, lo cual no es realista. Sin embargo, una buena aproximación práctica se puede lograr con antenas direccionales a frecuencias por arriba de 200 MHz colocándolas a una altura suficiente sobre un plano de tierra para minimizar las reflexiones; pero para la mayoría de antenas dipolo omnidireccionales a frecuencias por debajo de 30 MHz la misma idea resulta impráctica y costosa. La solución es tener un plano de tierra suficientemente grande y con una mínima rugosidad a fin de poder cuantificar la reflexión y que matemáticamente se pueda eliminar de tal modo que sólo quede la señal directa entre el par de antenas, a partir de la cual se calcula el AF [1].

Tabla 1. Tipos de factor de antena

AF	Uso	Norma
FSAF por TAM o SAM	Pruebas de conformidad de EMC	CISPR 16-1-6 [1]
NFSAF por SSM	Pruebas de conformidad de EMC; Utilizados con los GSCF pueden usarse para validación de sitio por ANSI C 63.5 [4]	ANSI C 63.5 [4]
AF dependiente de la altura (HDAF, <i>Height-Dependent Antenna Factor</i>) por TAM o SAM	Para AF en alturas específicas sobre el plano de tierra y para estimación de incertidumbres dependientes de la altura	CISPR 16-1-6 [1] CISPR 16-4-2 [10]
AF para distancias de 1 m	Pruebas en el ámbito automotriz y militar	SAE/ARP/958 [6]

El asunto de cuantificar la reflexión se resuelve validando el sitio de pruebas conforme a la norma CISPR 16-1-5 [2]. Por ejemplo, se ha demostrado que el promedio de valores de AF obtenidos a diferentes alturas sobre el plano de tierra metálico da una aproximación cercana al F_{Afs} que es adecuado para su uso en pruebas de conformidad de compatibilidad electromagnética. También para las Cámaras Completamente Anecoicas (FAR, *Full Anecoic Room*) este es el valor óptimo de AF (Véase Sección 4.3 de [1]).

Como se ha dicho antes el F_{Afs} es el que debería utilizarse en las pruebas de productos y en los procesos de validación de sitios de prueba.

3.2. Factor de antena cercano al valor de factor de antena en espacio libre (NFSAF, *Near Free Space Antenna Factor*), F_{A_ANSI}

El F_{A_ANSI} se obtiene cuando se calibran las antenas con el método SSM de la norma ANSI C 63.5 [4]. El método SSM sólo puede aplicarse cuando se tiene un CALTS validado conforme a la CISPR 16-1-5 [2].

Cuando se emplea el método SSM, se puede aplicar el GSCF con el objetivo de corregir el F_{A_ANSI} para obtener el F_{Afs} . Aunque en la página 7 de [4] se indica que cuando las antenas calibradas con el método SSM se emplean para medir emisiones radiadas de acuerdo con la ANSI C 63.4 [11], todas las antenas, exceptuando las bicónicas, se utilizan sin correcciones adicionales.

Las Tablas G.1, G.2 y G.3 de [4] proporcionan diferentes valores de GSCF para las antenas bicónicas. En cuanto a las antenas dipolo, hay otra indicación en la página 7 de [4] en la que se pide corregir el F_{A_ANSI} de los dipolos con los factores de corrección de impedancia mutua de la Tabla 4 de ANSI C 63.4 [11], sin embargo, estos valores están indicados para una distancia de 3 m, mientras que en el método SSM la distancia de medición es de 10 m, por lo tanto no se aplican dichas correcciones. Además la misma norma ANSI C 63.4 [11] señala en la página 26 que para distancias de 10 m estos factores de corrección son cero.

En el caso de que se utilicen antenas de banda ancha en la medición de la Atenuación Normalizada de Sitio (NSA, *Normalized Site Attenuation*) en los procesos de validación de sitios de prueba, el Anexo H de [4] proporciona un procedimiento para medir los valores de GSCF y obtener el F_{Afs} .

Los valores de GSCF no se aplican al F_{A_ANSI} de antenas de banda ancha, como las antenas logarítmica-periódicas, empleadas en pruebas a productos.

El F_{Afs} de antenas de corneta de banda ancha se puede obtener empleando el método SSM con la excepción de que el barrido en altura no se requiere cuando se asegura que la reflexión de tierra es mínima. Esto se debe a que este tipo de antenas son altamente direccionales y la geometría de medición permite llevar al mínimo las reflexiones que puede captar la antena; en dicha geometría no es necesario realizar un barrido en la altura de recepción. Para las antenas de corneta el AF pueden obtenerse también a distancias menores de 10 m, pero éste sólo podrá emplearse en esas distancias (para mayor información se puede consultar la sección 5.2 de [4]).

El F_{A_ANSI} sólo podrá llamarse F_{Afs} si a los valores de F_{A_ANSI} se les añade una incertidumbre adicional debida a que el método no usa un ambiente de medición en espacio libre de reflexiones ni

compensa la influencia del plano de tierra. Los valores F_{Afs} son similares a los valores de $F_{A_ANSI} \pm 0,5$ dB en las mediciones más exactas donde en el método SSM se utiliza una distancia, R , de 10 m o mayor. En general para mediciones que son conformes a las especificaciones de un CALTS la concordancia puede ser peor de $\pm 0,5$ dB por lo que los laboratorios de calibración deberían hacer esfuerzos para que las diferencias no sean mayores de ± 1 dB (Véase la Sección A.3 de [1]).

El método SSM se desarrolló para antenas utilizadas en pruebas de conformidad sobre un plano de tierra y provee el F_{A_ANSI} . Por otra parte, para pruebas de conformidad en una cámara completamente anecoica (FAR), el factor de antena que se debe usar es el F_{Afs} , porque provee una incertidumbre menor que la que se obtendría con el F_{A_ANSI} .

3.3. Factor de antena dependiente de la altura (HDAF, Height-Dependent Antenna Factor), $F_{A(h)}$

Es el factor de antena que se obtiene, en función de la altura y de la polarización, para una antena localizada a una altura específica, h , sobre un plano de tierra grande y perfectamente conductor.

El $F_{A(h)}$ puede medirse empleando los métodos TAM o SAM, lo cuales son métodos que también sirven para medir el F_{Afs} (Véase 7.4.4 de [1]). En contraste, con el método SSM no se puede obtener $F_{A(h)}$ porque en el proceso se realiza un barrido en altura para evitar la interferencia destructiva entre la señales directa y reflejada.

4. SERVICIOS DE CALIBRACIÓN DE ANTENAS DE EMC EN EL CENAM

Después de la validación del CALTS-CENAM y en ausencia de una norma internacional, en el CENAM se decidió establecer los primeros servicios de calibración de antenas de EMC en base al método primario SSM de la norma ANSI C 63.5:2006 [4]. Principalmente motivados por el hecho de que los clientes han solicitado dicho servicio ya que emplean la norma ANSI C 63.4 [11] para la medición de emisiones. La norma ANSI C 63.5 por mucho tiempo ha sido la norma empleada para la calibración de antenas. Existe una gran cantidad de usuarios que trabajan en torno a la ANSI C 63.5: representantes de compañías, organismos reguladores, tecnología militar, actividades académicas y consultores [3]. Esto es así debido a que la Comisión Federal de Telecomunicaciones de

los Estados Unidos (FCC, *Federal Communications Commission*) todavía reconoce los métodos de calibración de la norma ANSI C 63.5-1988 en la cual se proporcionan métodos de calibración a 3 m y en polarización vertical. Esto es ciertamente un ejemplo de que no importa que el método propuesto no sea tan exacto mientras toda una comunidad lo haya consensuado y esté de acuerdo en seguirlo [12].

El trabajo por realizar en el CENAM es establecer los métodos primarios de la norma CISPR 16-1-6 para la calibración de antenas de EMC. Dentro de los planes de trabajo está contemplada una revisión por pares y participar en alguna comparación con algún NMI.

Por las funciones del CENAM, actualmente no es una prioridad para el CENAM validar el sitio de pruebas del CENAM como un COMTS. Sin embargo se trabajará en su validación como CALTS-CENAM en polarización vertical de acuerdo con [13].

5. CONCLUSIONES

Para los laboratorios de pruebas que emplean la norma ANSI C 63.4 [11] en medición de emisiones radiadas, deben usar los valores de AF obtenidos de calibraciones de antenas conforme la norma ANSI C 63.5 [4]. Es responsabilidad del personal de estos laboratorios especificar el tipo de calibración que requieren de acuerdo a sus necesidades de exactitud y trazabilidad.

La norma ANSI C 63.5:2006 [4] cambió mucho respecto de sus versiones anteriores, especialmente lo relacionado con las antenas bicónicas empleadas en medición de emisiones y en medición de NSA durante la validación de sitios de prueba; se eliminaron también las geometrías de medición que incluían polarización vertical y/o mediciones a 3 m. Toma en consideración aspectos muy importantes sobre estimación de incertidumbre que han sido incorporados al proyecto de norma internacional.

El proyecto de norma internacional para calibración de antenas es el resultado de un esfuerzo sostenido por muchos años por los especialistas en este campo. En el proyecto se proporcionan métodos de calibración por intervalos de frecuencia. Particularmente para el intervalo de 30 MHz a 1000 MHz se resuelven muchas inquietudes y se detallan con claridad los métodos primarios y secundarios de

calibración, incluyendo el método SSM de la norma ANSI C 63.5.

REFERENCIAS

- [1] CISPR/A/858/CD COMMITTEE DRAFT (CD). Project Number: CISPR 16-1-6 Ed. 1.0. Date of circulation: 2009-07-10. Closing date for comments: 2009-09-11. Supersedes document: CISPR/A/822/NP, CISPR A/847/RVN.
- [2] CISPR16-1-5:2003-11, "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus-Antenna Calibration test sites for 30 MHz to 1000 MHz".
- [3] Ron Bethel, The Importance of Antenna - Calibration,. EMC TEST. December 2008. <http://www.evaluationengineering.com>. Fecha de consulta: Febrero 2009.
- [4] ANSI C 63.5-2006: Electromagnetic Compatibility – Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control – Calibration Antennas (9 KHz to 40 GHz).
- [5] CISPR 25::2002-08, "Radio disturbance characteristics for the protection of receivers used on board vehicles, boats, and on devices – Limits and methods of measurement".
- [6] SAE/ARP 958-2003 Aerospace Recommended Practice: Electromagnetic Interference Measurement Antennas; Standard Calibration Method.
- [7] CISPR/A/847/RVN. Result of voting on new work item proposal. Reference number of the proposal: PNW CIS/A-822 Ed. 1. Date of circulation: 2009-03-06.
- [8] CISPR/A/859/CD. Committee Draft. Radio-interference measurements and statistical methods. Project number: CISPR 16-1-4 Am 1 Ed. 3.0. Date of circulation: 2009-07-10; Closing date for comments: 2009-09-11.
- [9] CISPR 16-1-4: 2004-05. Edition 1.1. Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Radiated disturbances.
- [10] CISPR 16-4-2: 2003-11. Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modeling – Uncertainty in EMC measurements.
- [11] ANSI C63.4-2003: Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz.
- [12] Michael D. Foegelle, Site Validation Theory 101: Techniques and Methods. CE Compliance Engineering. <http://www.ce-mag.com/archive/2000/julyaugust/Foegelle.html> Fecha de consulta: Agosto 2009.
- [13] CISPR/A/860/CD Radio Interference measurements and statistical methods. CISPR 16-1-5 Am 1 Ed. 1. 0. Date of circulation 2009-07-10. Closing date for comments: 2009-09-11.