

INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE VALIDACIÓN DE ÁREAS DE PRUEBA PARA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC)

Michael D. Foegelle¹, Vicente Rodriguez¹, y Francisco Sepulveda²

¹ETS-Lindgren, 1301 arrow Point Dr. Cedar Park, Texas, EE.UU., Vicente.Rodriguez@ets-lindgren.com

²SI-EMC, Av. Tamaulipas No.107 201B, Col. Condesa C.P. 06170 México, D.F., f.sepulveda@siemc.com.mx

Resumen: El presente trabajo es una introducción al mundo de la compatibilidad electromagnética (EMC). El trabajo se concentra en los métodos para validar o calibrar aquellas áreas donde se llevan a cabo las medidas o pruebas de EMC. Se explican y comparan los requerimientos de un laboratorio de metrología, frente a los de un laboratorio de pruebas EMC. Se desarrolla la teoría detrás de los métodos para validación y calibración de las áreas o lugares de pruebas, en los que se realizan las medidas. Este trabajo también introduce algunos de los temas que se están discutiendo en estos momentos por la comunidad de EMC.

INTRODUCCIÓN

La compatibilidad electromagnética (EMC) es un mundo no muy conocido en Latinoamérica. Afortunadamente poco a poco la industria en estos países está mostrando mayor interés y deseos de formación en esta importante área. Como parte de esta necesidad de información, el presente trabajo introduce la teoría sobre validación de áreas para pruebas de EMC. Ha habido muchas discusiones sobre la validez de los lugares de pruebas idóneos para EMC en la literatura técnica [1-3]. Esto coincide con una considerable cantidad de trabajo llevado a cabo por organismos como ANSI para desarrollar mejores métodos. Estas discusiones, han causado también mucha confusión y nerviosismo en aquellas personas que desean construir nuevos lugares de pruebas al aire libre, o cámaras, para de medidas EMC. Y por supuesto, también en los usuarios de las instalaciones actualmente en uso. Han surgido preguntas, como: “¿Será válida mi área de pruebas en el futuro según los nuevos requisitos?” o, “¿Puedo validar mi nueva área de medidas EMC usando múltiples métodos para asegurarme así que uso por lo menos un método que aparecerá en las normativas?” En lugar de predecir el futuro o tratar de defender uno u otro método, este artículo presenta un número de métodos para validar las áreas de medidas, y tratar así de ver las razones detrás de estos métodos.

MEDICIONES DE EMC

Consideren por un momento un área para medidas de emisiones electromagnéticas (EMI) radiadas. ¿Cual es la razón para tomar estas medidas?,

La razón principal es que las autoridades (tanto sea el gobierno, o una agencia no gubernamental, o la dirección de una compañía), han determinado que hay que asegurarse de que la interferencia debida a las emisiones EMI del equipo electrónico fabricado sean mínimas. Esto no quiere decir que las emisiones de dicho equipo sean cero. Lo que significa, es que esas emisiones EMI deben ser menores de un nivel o límite determinado, considerado aceptable. También resulta imposible el medir las emisiones EMI del equipo en todos los posibles medios y posiciones en las que éste se pueda encontrar. Debido a esto, los esfuerzos de las agencias gubernamentales de carácter regulatorio (FCC, CE, etc.) u organismos de normalización que determinan los estándares (CISPR, ANSI, etc.) y normativas de EMC, no se centran en determinar métodos que produzcan una medición exacta del campo eléctrico emitido por un equipo (que es el objetivo de la metrología, ver figura 1). En lugar de esto, el objetivo principal y más importante para los organismos de normalización en EMC es que todo el mundo siga las mismas técnicas de medida, y obtenga así los mismos resultados. Lo importante es que las medidas EMI se hagan de una forma consistente, y no encontrar el valor exacto de esas emisiones.

Teniendo esto en cuenta, es obvio por tanto, que el principal objetivo de la certificación o validación de áreas o lugares de pruebas de EMC, es asegurarse de que todas las áreas de prueba son las mismas, y no de que todas sean perfectas. Veamos algunas de las técnicas que se usan para la validación de las áreas de pruebas donde se realizan las mediciones de EMC.

ATENUACIÓN NORMALIZADA EL AREA DE PRUEBAS (NORMALIZED SITE ATTENUATION O NSA)

El primer método que vamos a valorar es el mencionado en la normativa ANSI C63.4 , atenuación normalizada del lugar de pruebas (en inglés: Normalized Site Attenuation o method or NSA) [4]. Como otros estudios han dejado claro [1-3], Hay una cantidad de argumentos considerable sobre lo que este método significa, así como qué se supone que significa. El concepto ANSI NSA fue introducido por Smith, German, and Pate en 1982 [5], fue adoptado en la norma C63.4 [6], e indirectamente en la norma C63.5 [7]. El método presenta una representación normalizada de la pérdidas o atenuación de la señal transmitida en el lugar de pruebas con la distancia (en inglés: site attenuation or path loss), entre un par de antenas eléctricamente pequeñas (puntuando pequeñas con respecto a la longitud de onda y con respecto a las dimensiones del sistema en cuestión, que en este caso son la altura de las antenas y su separación). Estas antenas son de tipo dipolo Hertziano y residen a una altura sobre un plano de tierra infinito. El método fija la distancia de separación entre antenas, la altura de la antena transmisora, y la altura y alcance del barrido en altura de la antena receptora. Existen formulas para ambas polarizaciones (vertical y horizontal). Dichas formulas contienen las correcciones por el patrón de radiación de las antenas, $(\sin\theta)$ para dipolos hertzianos verticales y un patrón circular para dipolos horizontales. La base de estas normas es que la atenuación de la señal transmitida entre las antenas en el área de medidas (en inglés: site attenuation or SA), es igual al NSA teórico mas los factores de las dos antenas (AF), cuando el resultado se representa utilizando unidades en decibeles (dB).

La norma ANSI C63.4 dice que las antenas usadas para medir el NSA han de ser calibradas según la norma ANSI C63.5. Dado que los métodos de ambas normas usan el mismo mecanismo para medir dos incógnitas diferentes, el AF en un caso, y en otro el NSA medido (comparado con el teórico), es obvio que hay un problema circular de por dónde se comienza. Si uno asume un área perfecta entonces se pueden medir los AF según el método de C63.5. Por otro lado, si se asumen AF buenos entonces se pueden validar áreas de medidas conforme al método C63.4. Pero, utilizando este último método, ¿cómo se puede verificar la calidad de un área de medidas sin comenzar por un sitio

perfecto? Este es el problema que se encontró el comité técnico de ANSI. La respuesta está en que la validación de un lugar conforme al método de ANSI C63.4 es realmente una comparación entre distintas áreas de medida (escondida detrás de la comparación del NSA medido comparado con la teoría), y no una medida de la calidad del sitio de pruebas (ver Fig.2).

LIMITACIONES DE LA TEORÍA DE NSA DEL ANSI

La primera limitación del método de medida del NSA de ANSI, es que las antenas empleadas nunca son eléctricamente pequeñas. De manera que áreas de ensayo medidas con el método del ANSI usando antenas grandes no comparan bien con la teoría que usa dipolos hertzianos. Los factores de antena (AF) usados en las formulas derivadas del modelo de NSA asumen la mas simple de las definiciones, esto es, el $AF = E / V$; el factor de antena AF es el campo eléctrico E dividido por la tensión que este campo induce en los terminales de la antena V. Cuando se introdujeron las normativas de ANSI se asumía que los métodos de medida tenían una cantidad de error entre 2 y 4 dB. Se asumió que el error entre el NSA medido y la teoría se debía exclusivamente a errores de medición.

El problema de las antenas creció cuando se hizo evidente que el modelo de NSA no tenia en cuenta el acoplamiento mutuo entre antena grandes como es el caso con dipolos sintonizados [8]. Para corregir este problema se incluyeron una serie de tablas con factores de corrección para dipolos sintonizados, ya que estos factores se pueden calcular analíticamente.

Desafortunadamente, esto no es tan fácil para otras antenas de banda ancha usadas comúnmente en EMC. En 1994, el investigador Gavenda notó que las formulas de NSA del ANSI no tenían un factor de corrección que tuviera en cuenta que las antenas, especialmente a 30MHz, se encuentran en campo cercano [9]. El modelo del ANSI había asumido un patrón de radiación que solo existe en el campo lejano, cuando a baja frecuencia no es así debido a las distancias que se usan. Posteriormente, en los últimos años se han hecho evidentes algunos errores más [10-11].

USANDO EL ANSI NSA

A pesar de todos estos problemas, el método se sigue usando para validar áreas de medidas EMI. ¿Cómo? Pues, porque el objetivo real del método descrito por ANSI para medir el NSA era desarrollar una forma de verificar un área de pruebas EMC a partir de una serie de principios básicos, en lugar de requerir un "área perfecta" como un campo patrón o de referencia (en inglés: golden site) con quien compararse. En metrología, ésta es la manera de medir, se define un patrón de medida y se compara todo contra ese patrón. Este sistema es relativamente simple cuando se trata de estandarizar un peso o longitud, en el que se define un patrón o regla. Pero cuando se trata de áreas para medidas EMI el asunto es más complicado. La hipotética "área perfecta" o lugar patrón sería muy costosa de construir y mantener, y tal costo se transmitiría a los usuarios de sus servicios que desearan calibrar sus antenas en ese sitio, para posteriormente validar los suyos. Adicionalmente, si no hay un buen modo independiente para verificar la calidad del lugar de pruebas, ese lugar patrón o "golden site" se vuelve nada más que un lugar de referencia, más que un verdadero lugar perfecto para medidas EMI. Ya que no hay forma de probar que dicho lugar sea perfecto. Por otro lado, el comité técnico de ANSI que trabaja en este asunto, ha intentado siempre definir un lugar alternativo y de bajo coste, que elimine las restricciones impuestas por tener uno o dos lugares patrón o "golden sites".

Actualmente existen varios campos de debate sobre este tema con diferentes argumentos a favor y en contra. Básicamente son dos las propuestas. Los que defienden el uso de factores de antena del espacio libre cuyas siglas en inglés son FSAF (Free-Space Antenna Factor), y los proponentes de utilizar factores de antena específicos de una particular geometría del lugar de pruebas (en inglés: GSAF Geometry Specific Antenna Factor). Ambos métodos poseen ventajas y desventajas, sin que ninguno de ellos solucione el problema totalmente. Por lo tanto, mientras se sigue discutiendo el problema, y se encuentra una solución mejor, el comité técnico de ANSI C63 ha emitido una sentencia interna de que se use el método descrito en C63.5 1988 (que permite el uso de factores GSAF) para validación de lugares de pruebas EMI.

EL FUTURO

Por lo tanto, ¿a dónde nos encaminamos? El grupo de trabajo del comité ANSI C63.5 está trabajando en estos momentos estudiando diferentes posibilidades. Con los avances en modelos matemáticos y la actual capacidad de las computadoras es posible simular el comportamiento de otras antenas de banda ancha usadas ampliamente por la comunidad de EMC como es la antena de tipo bicónica [10]. El resultado que se puede esperar es una nueva serie de tablas con factores de corrección para diseños básicos de antenas tipo bicónicas similar a las tablas para los dipolos sintonizados. Queda trabajo por hacer a más altas frecuencias con otros tipos de antenas, como por ejemplo las de tipo log-periódicas.

CONCLUSIÓN

Esperamos que esto haya servido para introducir al lector sobre las ideas y discusiones actuales para calibración y validación de áreas de pruebas de EMC. Para el organismo FCC de E.E.U.U. el método NSA (con factores tipo GSAF) es todavía el método correcto para validación de dichas áreas. También esperamos que este trabajo haya introducido una explicación a los objetivos en los que los comités del ANSI (y otras agencias u organismos internacionales) están trabajando actualmente.

REFERENCIAS

- [1] CE Newswatch, "Buyer Beware: Are Chambers Properly Regulated?", Interview with Robert German and Don Heirman, *Compliance Engineering*, vol. 16, No. 7, November/December 1999, pp. 12, 15.
- [2] R. F. German and C. L. Devor, Jr, "Comparison of Methods to Evaluate Semianechoic Chamber Performance," *Compliance Engineering*, vol. 16, No. 7, November/December 1999, pp. 61-67.

- [3] Z. Chen and M Windler, "Systematic Errors in Normalized Site Attenuation Testing," *Compliance Engineering*, vol. 17, No. 1, January/February 2000, pp.
- [4] ANSI C63.4-1992, *American National Standard for Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz*, American National Standards Institute, New York, 1992.
- [5] A. A. Smith, Jr., R. F. German, and J. B. Pate, "Calculation of Site Attenuation from antenna Factors," *IEEE Trans. on EMC*, vol. EMC-24, No. 3, August, 1982, pp. 301-316.
- [6] A. A. Smith, Jr., "Standard Site Method for Determining antenna Factors," *IEEE Trans. on EMC*, vol. EMC-25, No. 3, August, 1982, pp. 316-322.
- [7] ANSI C63.5-1988, *American National Standard for Calibration of Antennas Used for Radiated Emissions Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control*, American National Standards Institute, New York, 1988.
- [8] J. Berry, B. Pate, and A. Knight, "Variations in Mutual Coupling Correction Factors for Resonant Dipoles Used in Site Attenuation Measurements," *1990 IEEE International Symposium on EMC*, Washington, D.C., August 21-23, 1990, pp. 444-449.
- [9] J. D. Gavenda, "Near-field Corrections to Site Attenuation," *IEEE transactions on EMC*, vol. EMC-36, no. 3, August, 1994.
- [10] Z. Chen and M. D. Foegelle, "A Numerical Investigation of Ground Plane Effects on Biconical antenna Factor," *1998 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Denver, CO, 1998, pp 802-806.
- [11] Z. Chen, M. D. Foegelle, and T. Harrington, "Analysis of log periodic dipole array antennas for site validation and radiated emissions testing," *1999 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, Seattle, WA, 1999, pp 618-623.

ACRONIMOS

A continuación se detallan los acrónimos utilizados en este documento y su descripción en inglés y o español.

- EMC: ElectroMagnetic Compatibility.
Compatibilidad electromagnética
- EMI: Electromagnetic Emissions. Emisiones electromagnéticas
- ANSI: American National Standards Institute.
Instituto norteamericano de normalización
- FCC: Federal Communications Commision.
Comisión federal de las comunicaciones.
- CISPR: Comité Internacional Especial de las Perturbaciones Radioeléctricas
- NSA: Normalized Site Attenuation. Atenuación normalizada del lugar de pruebas
- AF: Antenna Factor. Factor de antena.
- FSAF: Free Space Antenna Factor. Factor de antena en el espacio libre.
- GSAF: Geometry Specific Antenna Factor. Factor de antena específico de la geometría del lugar.

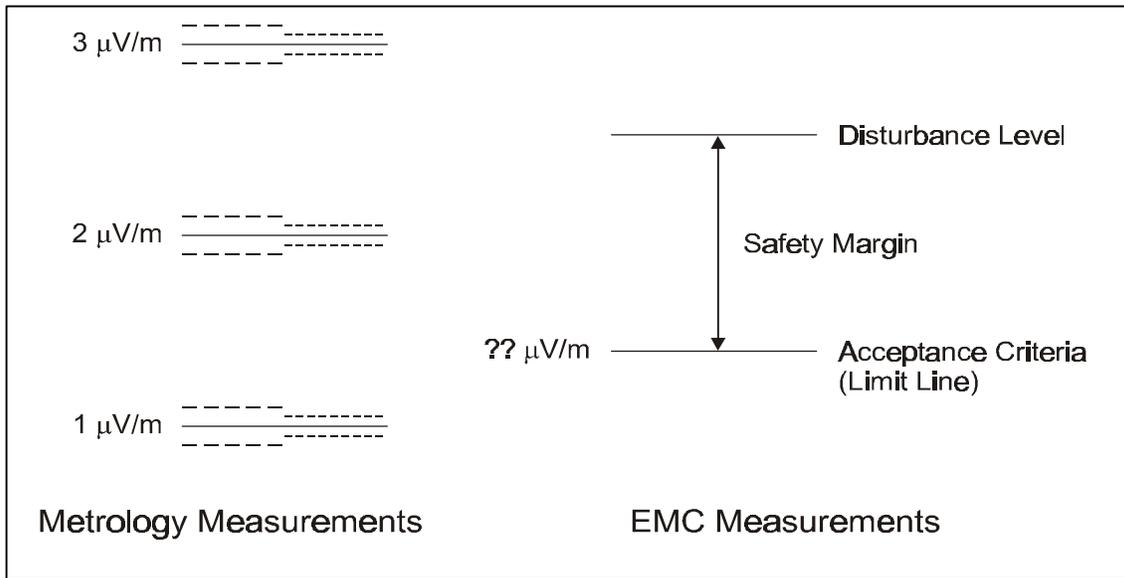


Fig. 1 Comparación de los requerimientos de las medidas en metrología y EMC. La metrología debe tratar de determinar el valor absoluto de una cantidad respecto a una escala predeterminada. En las medidas EMC se debe verificar que el nivel es menor (o mayor) que un nivel aceptado. El valor absoluto de este nivel necesariamente no importa, si está basado en un cierto método de medida. Cualquier error o errores en el método de medida son también incluidos en el criterio de aceptación.

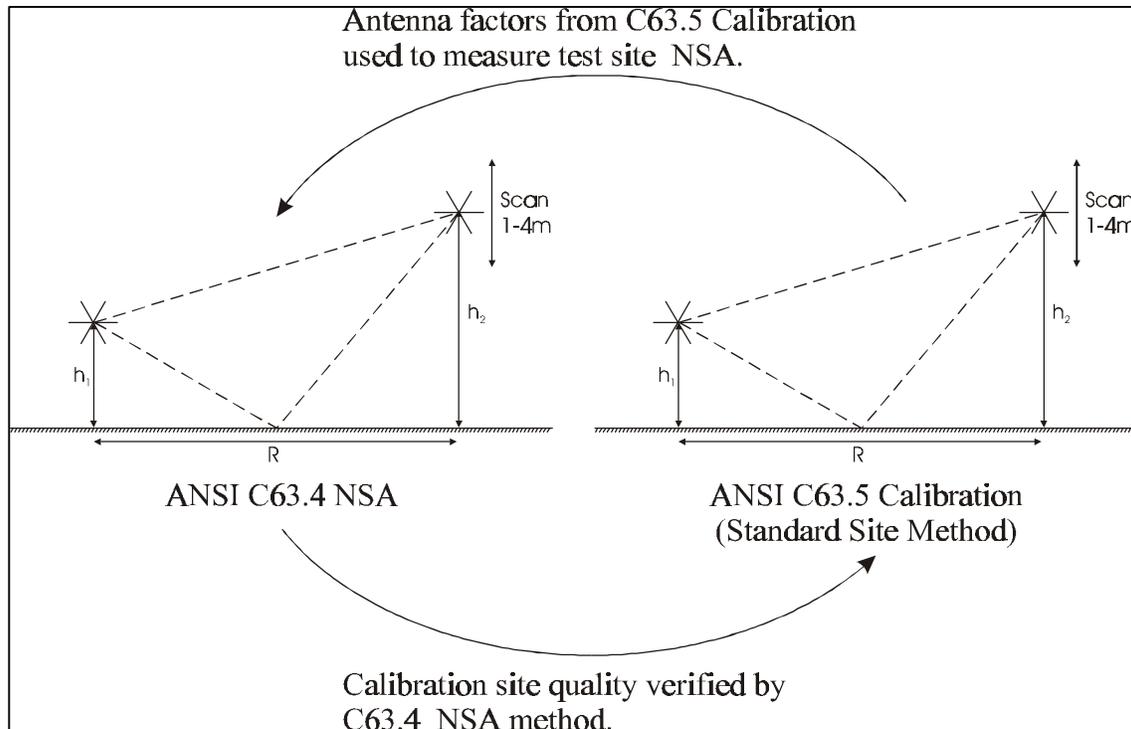


Fig. 2 El método ANSI C63.4 para medidas del NSA resulta en una intercomparación directa entre los distintos lugares o áreas de medida, puesto que la calibración de antenas y la medición del NSA forman un problema circular. El área de medida que está siendo verificada es comparada con el área de medida donde se calibraron las antenas [4].