



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

Victoria Molina López, Israel García Ruiz
Centro Nacional de Metrología
vmolina@cenam.mx; igarcia@cenam.mx

NOTA 1. Este trabajo ha sido desarrollado con recursos del gobierno federal de México. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

NOTA 2. En este documento pueden aparecer marcas comerciales únicamente con fines didácticos y a fin de lograr un entendimiento claro de las técnicas y procesos descritos. En ningún caso esta identificación implica recomendación o aval del CENAM o de alguna otra institución del gobierno federal de México, ni tampoco implica que los equipos o materiales identificados sean necesariamente los mejores para el propósito para el que son usados. El CENAM y las demás instituciones no tienen compromisos con ninguna marca comercial en particular.

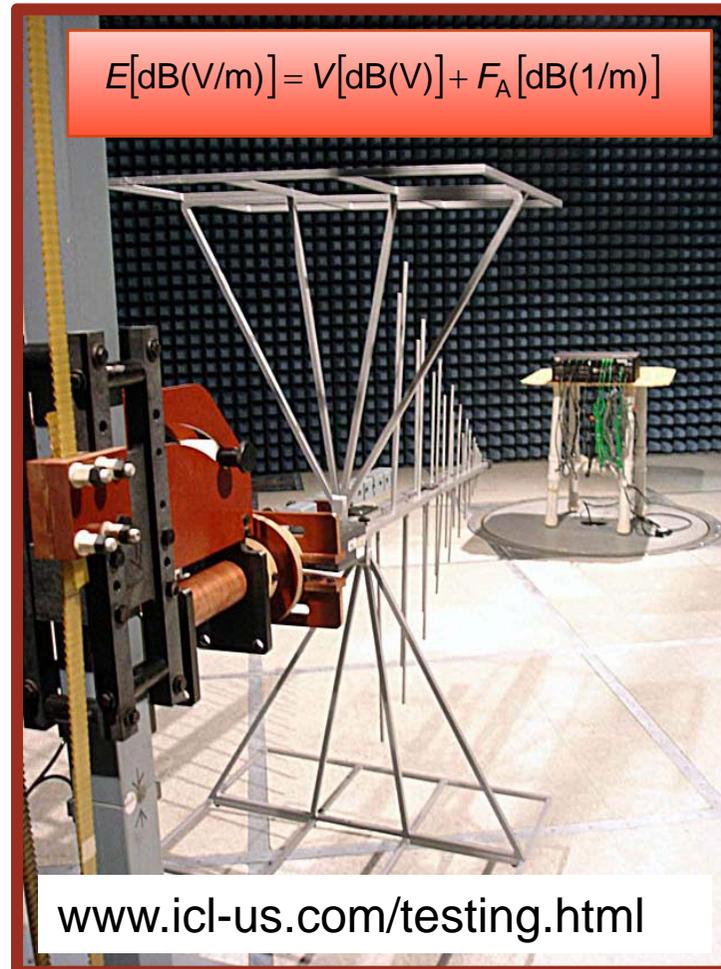
MÉTODOS DE CALIBRACIÓN DE ANTENAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA

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



www.panashield.co.uk/pages2/an_compact.htm



<http://radar.jpl.nasa.gov/news/index.cfm?FuseAction=ShowNews&NewsID=2>

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.

1. Introducción (Cont.)



1. Introducción (Cont.)



CALTS-NPL (Inglaterra)



**CALTS-CENAM
(México)**

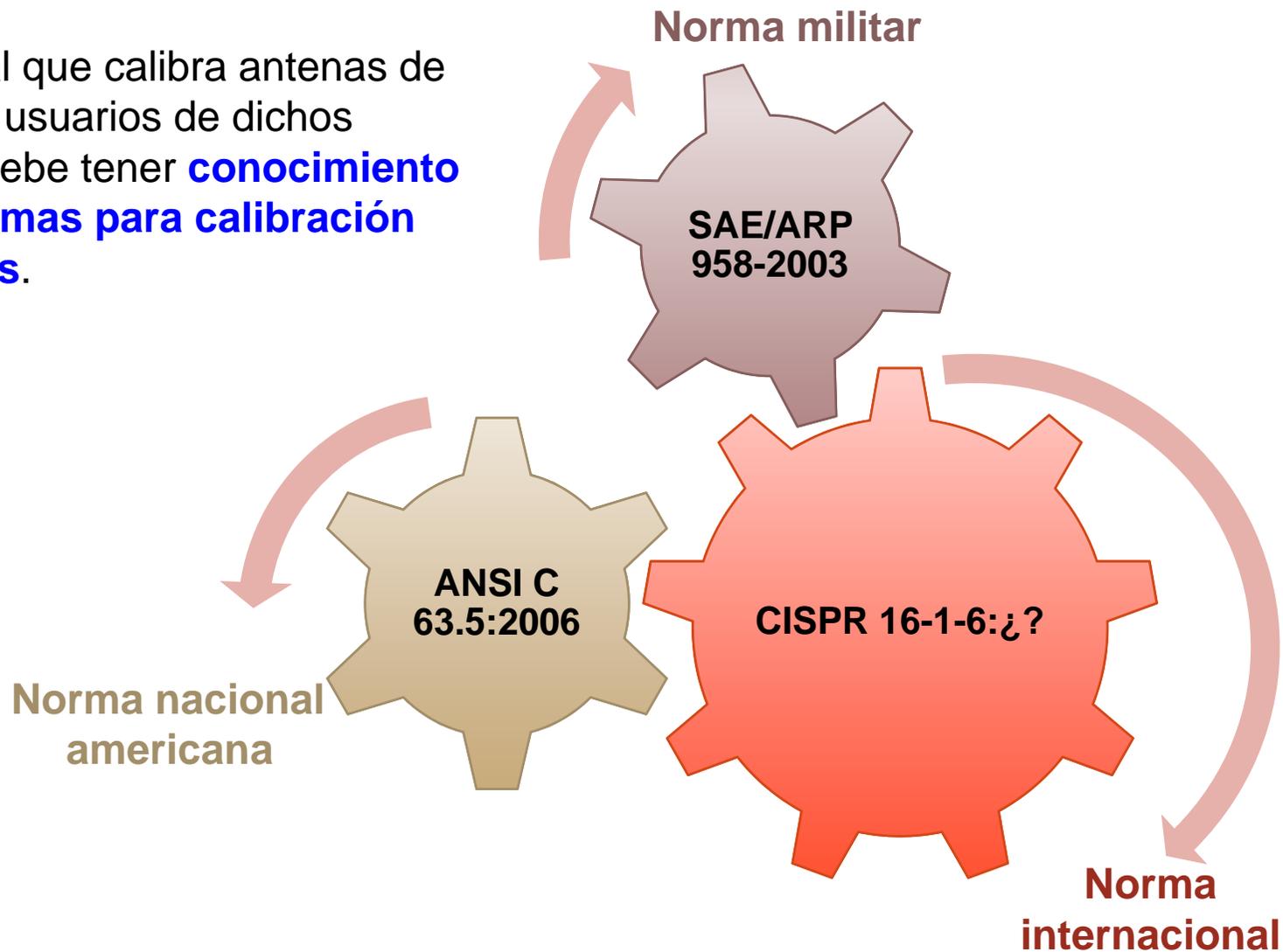


CALTS-NMIJ (Japón)

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].

2. NORMAS EXISTENTES PARA LA CALIBRACIÓN DE ANTENAS DE EMC

El personal que calibra antenas de EMC y los usuarios de dichos servicios debe tener **conocimiento de las normas para calibración de antenas.**



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).



Los cambios más notorios de la edición del 2006 con respecto a ediciones anteriores:

1. Se especifica el Método del Sitio Patrón (SSM, Standard Site Method)

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** y a **cualquier distancia de prueba** en la medición de emisiones radiadas.

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.

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).

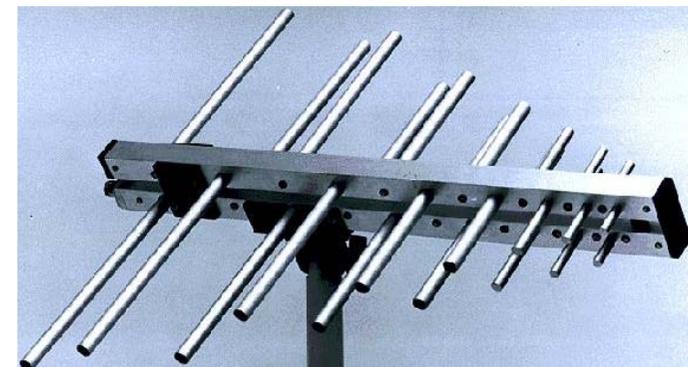


3. Se adicionaron tablas de Factores de Corrección de Geometría Específica (GSCF, *Geometric-Specific Correction Factors*) para antenas bicónicas en el intervalo de 30 MHz a 200 MHz.



<http://www.ets-lindgren.com/assets/images/3158.jpg>

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.



<http://www.dxportal.com/stats/content/235517-log-periodic-antenna.html>

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



<http://www.emcc.de/aircraft.htm>



This space is for the PHOTO OF YOUR LATEST "EMCC PASSED" AIRCRAFT



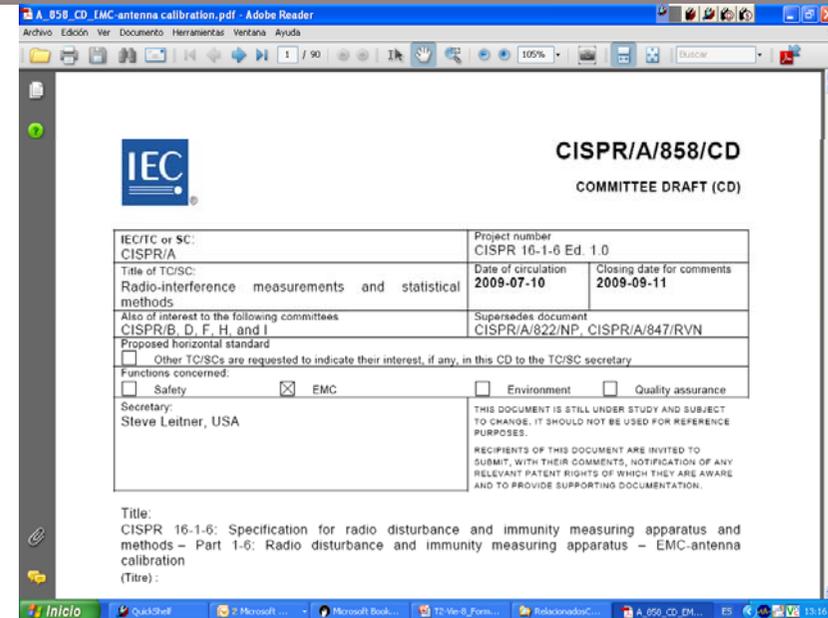
2.3 CISPR 16-1-6 Radio disturbance and immunity measuring apparatus – EMC – Antenna calibration.



Desde hace una década, la comunidad internacional ha estado trabajando en una norma internacional;

En julio se puso a disposición de los Comités Nacionales (NC) el segundo borrador (CISPR/A/858/CD) de la norma **CISPR 16-16 Radio disturbance and immunity measuring apparatus – EMC – Antenna calibration.**

En este segundo borrador se atendieron los comentarios de cada NC que están recopilados en el documento CISPR/A/847/RVN 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.



www.digitaljournal.com/imag/48695

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



En particular el proyecto CISPR 16-1-6 [1] es muy completo. Especifica varios métodos de calibración para determinar el AF, especialmente el AF en espacio libre, F_{Afs} , (FSAF, *Free Space Antenna Factor*).

– 3 –		CISPR/A/858/CD
CONTENTS		
39		
40	1	Scope 6
41	2	Normative references 6
42	3	Terms, definitions, and abbreviations 7
43	3.1	Terms and definitions 7
44	3.2	Abbreviations 11
45	4	Fundamental antenna factor concepts 11
46	4.1	General 11
47	4.2	Antenna factor, F_A 12
48	4.3	Free-space antenna factor, F_{Afs} 13
49	4.4	Calibration methods 13
50	4.4.1	General 13
51	4.4.2	TAM 13
52	4.4.3	SAM 14
53	4.4.4	SSM 14
54	4.5	Antenna factor as used for radiated emission compliance tests 14
55	4.6	Convenient methods for routine measurement of F_{Afs} 15
56	4.7	Measurement uncertainties 15

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



57	5	Measurement facilities, equipment and functional checks required for antenna calibration	16
58			
59	5.1	General	16
60	5.2	Calibration test site	16
61	5.2.1	Free-space environments	16
62	5.2.2	Test-site environments with a ground plane	16
63	5.3	Measuring equipment	17
64	5.4	Antenna masts and cables	18
65	5.5	Functional checks of an antenna under calibration	18
66	6	Calibration methods for the frequency range 9 kHz to 30 MHz	19
67	6.1	Calibration of monopole antennas (use material in CISPR 16-1-4 Annex B)	19
68	6.2	Calibration of loop antennas	19

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



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. 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. Estos métodos son:

1. **Método de las tres antenas (TAM).**
2. **Por sustitución con una antena calculable (SAM)**

69	7	Antenna calibration methods and procedures for the frequency range 30 MHz to	
70		1 000 MHz.....	19
71	7.1	General.....	19
72	7.1.1	Overview of antenna calibration methods.....	19
73	7.1.2	Parameters for specifying the antenna position.....	22
74	7.1.3	Reducing the complexity of the application of antenna factor.....	22
75	7.2	Three-antenna method (TAM) for antenna calibrations.....	23
76	7.2.1	General.....	23
77	7.2.2	Principles of TAM.....	23
78	7.2.3	Calibration procedure for F_{Afs} using a free-space environment (see 7.4.4)	
79		23
80	7.2.4	Calibration procedure for $F_A(h)$	23
81	7.2.5	Time domain methods.....	28
82	7.3	Standard antenna method (SAM) for antenna calibrations.....	29
83	7.3.1	General.....	29
84	7.3.2	Principles of SAM.....	29
85	7.3.3	Calibration procedures.....	29

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



		– 4 –	CISPR/A/858/CD
86	7.4	Provisions common to TAM and SAM	31
87	7.4.1	General	31
88	7.4.2	Calibration frequencies	31
89	7.4.3	Other precautions for minimising measurement uncertainty	31
90	7.4.4	Additional means to obtain the free-space antenna factor	32
91	7.5	Standard site method (SSM) for antenna calibrations	37
92	7.5.1	Principles of SSM	37
93	7.5.2	SSM calibration procedures	37
94	7.5.3	Calibration frequencies	40
95	7.5.4	ANSI Correction factors, GSCF	40
96	8	Calibration methods for the frequency range 1 GHz to 18 GHz	41
97	8.1	General	41
98	8.2	Principles	41
99	8.3	Measurement site	41
100	8.4	Instrumentation	41
101	8.5	Antenna calibration procedure	42
102	8.5.1	Reference measurement	42
103	8.5.2	Site insertion loss measurement	43
104	8.5.3	Calculation of antenna factor	45
105	9	Calibration methods with 1 m antenna separation	45

3. DIFERENTES TIPOS DE AF

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]

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].

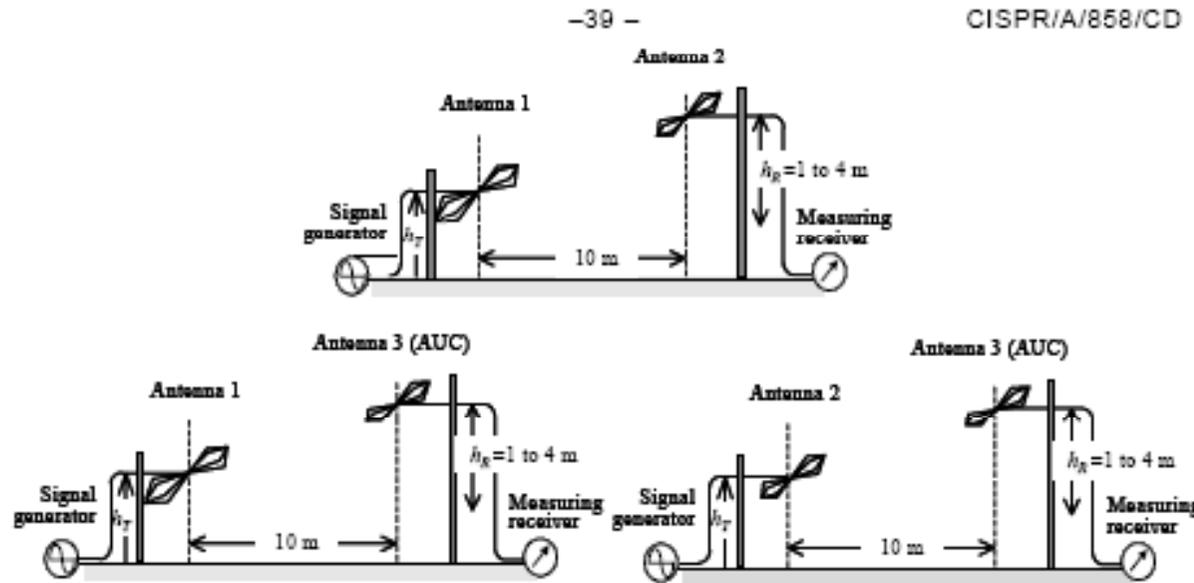


Figure 9 — Antenna pairs for the standard site method ($h_T=2\text{ m}$)



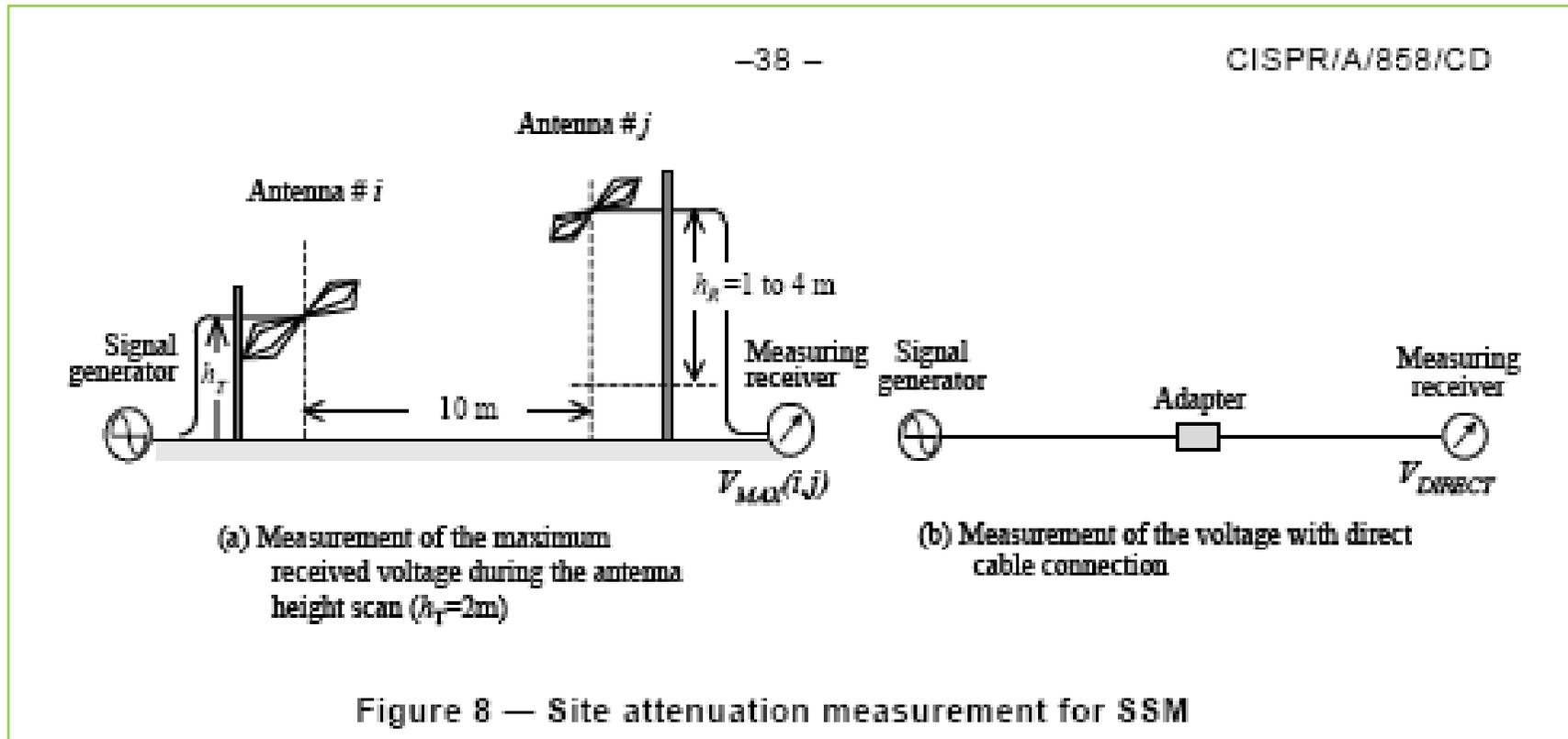
Cuando se emplea el método SSM, se puede aplicar el GSCF para pasar del F_{A_ANSI} al F_{Afs} .

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.

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



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} .



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.

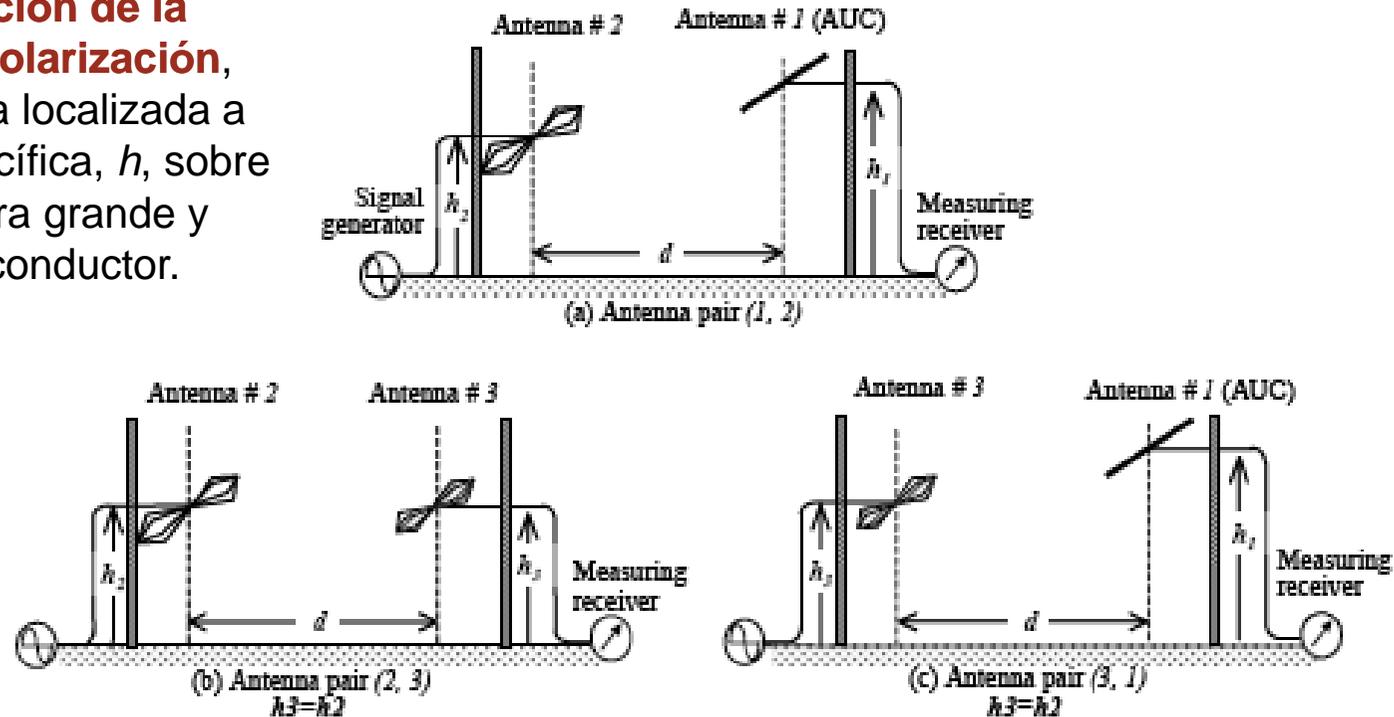


Figure 2 — Antenna pairs for the three-antenna method

El $F_{A(h)}$ puede medirse empleando los métodos TAM o SAM, lo cuales son métodos que también sirven para medir el F_{Afs} .

4. SERVICIOS DE CALIBRACIÓN DE ANTENAS EN EL CENAM

➤ 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.



➤ El trabajo por realizar en el CENAM es establecer los métodos primarios de la norma CISPR 16-1-6.

➤ Revisión por pares y participar en alguna comparación con algún NMI.

➤ Por las funciones del CENAM, actualmente no es una prioridad validar su sitio de pruebas como un COMTS.

➤ Se trabajará en la validación del CALTS-CENAM en polarización vertical de acuerdo con la actualización de la norma CISPR 16-1-5.

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.