

Celda Anecóica tipo GTEM, aspectos constructivos

Víctor Sauchelli, Salomón Rabinovich, Eduardo Menso, Ariel Gómez Noto, Pedro Danizio

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba. Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina. Ciudad Universitaria. Casilla de Correo 36 - (X5016ZAA) Córdoba. (0351) 468-4215 / 468-4006 / 468-4317, victorsauchelli@gmail.com

Resumen - En este trabajo se muestran el diseño y construcción de una celda anecóica tipo GTEM (Gigahertz Transverse Electro Magnetic) para el uso en la banda de frecuencias de hasta 3 GHz. Se describen las dimensiones y los procesos de construcción. Es de forma piramidal y está montada en un bastidor de hierro. La celda está construida en chapas de aluminio alodinizado, exterior e interior (incluso las perforaciones) con absorbedores piramidales de carbón activado construidos en el laboratorio.

Palabras clave: celda anecóica, aluminio alodinizado, absorbedores piramidales

Abstract - This paper shows the design and construction of a GTEM cell type anechoic (Gigahertz Transverse Electro Magnetic), for use in the frequency range up to 3 GHz describe the dimensions and construction processes is pyramid shaped, mounted in an iron frame, the cell is constructed of aluminum plates alodinizado exterior and interior (including perforations) with activated charcoal pyramidal absorbers built in the laboratory.

Keywords: anechoic cell, aluminum alodinizado, pyramidal absorbers

INTRODUCCIÓN

La palabra anecóica literalmente significa “no eco” y su nombre proviene de las primeras aplicaciones de cámaras que se utilizaron para el estudio de sonidos. En estas cámaras las paredes, techo y piso son forrados de materiales absorbentes de ondas sonoras. La industria electromagnética decidió continuar con este nombre debido a que la aplicación era parecida. La diferencia radica en las ondas electromagnéticas RF (Radio Frecuencias).

El objetivo amplio es procesar una señal tal y como se produce sin perturbaciones y en otras experiencias aislar el exterior de perturbaciones en RF. El uso de una celda es relativamente amplio; se puede resumir como ensayos de inmunidad a las interferencias (EMS) (susceptibilidad o sensibilidad) y los ensayos de emisión de interferencias (EMI):

Forma de Transmisión	EMI (Emisión) Interferencia	EMS (Recepción) Susceptibilidad
Radiación	Interferencia Radiada	Inmunidad Radiada (Campo Lejano)
Conducción	Interferencia Conducida	Inmunidad Conducida
Inducción		Inmunidad Inducida (Campo Cercano)

Los ensayos están normados por la Comisión Electrotecnia Internacional (IEC) a través de la serie de publicaciones IEC 61000-4 y del Comité Especial Internacional de Radio Interferencias (CISPR) y sus publicaciones.

La celda cumple o al menos debe cumplir con las normas IEC 61000-4-20.

CARACTERÍSTICAS DE LA CELDA GTEM

La celda tiene dos partes fundamentales: la envolvente faradizada y los materiales absorbentes.

La envuelta tiene forma de “bocina” construida con material de alta conductividad y a los absorbedores se los construye de carbón activado con formas de pirámide cuadrada. Es, a grandes rasgos, una línea de transmisión coaxial en forma de pirámide y posee:

- Plato separador interior (septum) que debe ser ajustable para sintonizar la celda.
- Alimentada coaxialmente desde un extremo
- Aire como dieléctrico
- Impedancia característica de 50 ohm
- La línea termina en una combinación de resistores y pared absorbente.

El conductor externo de la línea está formado por las paredes metálicas de la pirámide que aseguran apantallamiento en ambos sentidos (externo-interno).

La excitación se produce por medio de un Sintetizador de Barrido que deberá poseer dos amplificadores de potencia para llegar a la excitación deseada.

El diseño de la celda se basa en el considerando de un recinto que absorbe toda la energía en RF (dependiendo el ancho de banda considerado) que incide sobre sus paredes por lo que cualquier fuente energética situada en el interior debería responder como si se encontrara en el espacio libre y toda fuente exterior no debe afectar a la señal de prueba, es decir ser fuertemente atenuada.

La toma de tierra se realiza mediante jabalina en el laboratorio. Se está reforzando al instalar dos nuevas jabalinas de hierro galvanizado (3m) y gel adecuada según norma.

Esta celda se realizó en el marco del proyecto (PIDUTN) S/INC “Celda anecoica para ensayos de EMC”.

El desarrollo lo realizó un grupo de investigación del Laboratorio de Comunicaciones de la Facultad regional Córdoba de la UTN.

La finalidad y el objetivo principal es la construcción de la celda GTEM con proyecio-

nes a la preparación de recursos humanos atento a la importancia presente y futura de los estudios de compatibilidad tomando como aspecto complementario el posterior campo de aplicación en ensayo de Compatibilidad Electromagnética (EMC) brindando una pre-certificación de equipos.

DIMENSIONES

La Fig. 1 muestra el esquema general de la celda construida con forma piramidal.

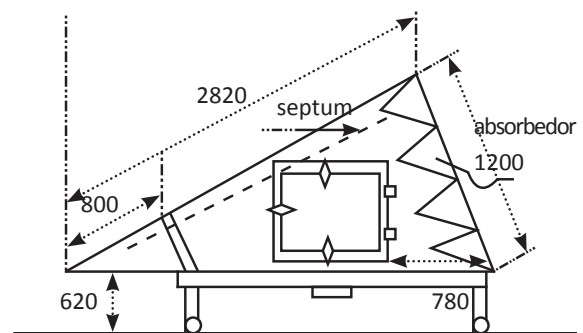


Figura 1 - Vista lateral de la celda GTEM. Medidas mm

Para un comportamiento óptimo la imagen de señal incidente desde la fuente no debe ser absorbida ni reflejada. La forma piramidal tiene mejor comportamiento ante reflexiones en la zona de iluminación.

La Fig. 2 muestra una analítica de reflexiones entre la forma rectangular y la piramidal (Hemming Leland, 2002).

La celda se construye en chapa de aluminio de 3 mm, salvo el septum que es de 2 mm de espesor, con dimensiones de 2820 mm de largo de arista con un volumen de prueba de 415x415x380 mm, (Operation manual-Lindgren, 1998-2008). La puerta de acceso a la zona de campo lejano es de 580 x 520 mm a una distancia de 780 mm del fondo.

En una celda similar (Clemens Icheln, 1995) la zona de prueba queda definida tal como puede observarse en la Fig. 3.

Los niveles de ensayos de inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas radiadas de Schneider Electric son mostradas en la Tabla 1 (Jacques Delaballe, 2000).

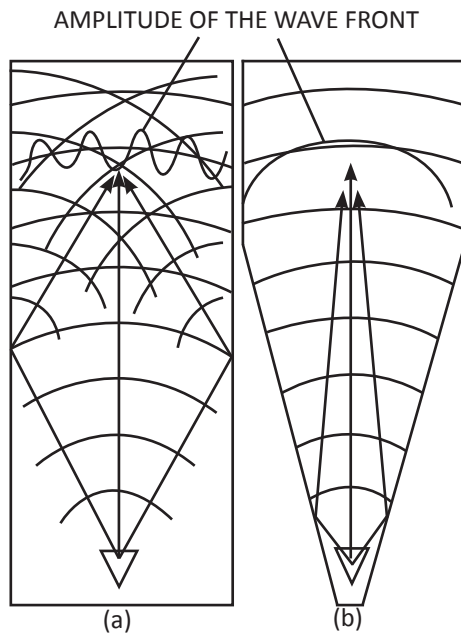


Figura 2 - Reflexiones en la forma rectangular y la piramidal

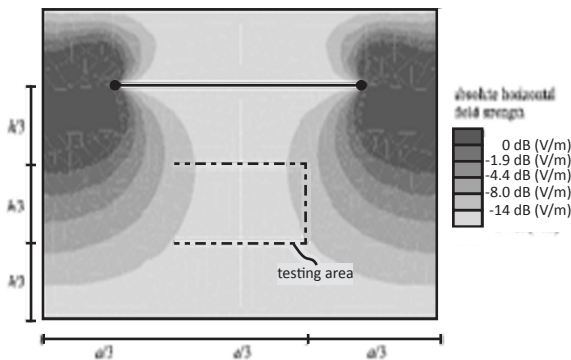


Figura 3 - Zona de prueba vista transversal

NIVEL	INTENSIDAD DE CAMPO V/m
1	1
2	3
3	10
X	Especial, puede indicarse en las especificaciones del producto bajo prueba

Tabla 1 - Valores del campo para ensayos EMS

En el rango de frecuencias estimado de hasta 3GHz la máxima potencia de entrada es del orden de 1W, (Clemens Icheln, 1995) resulta para un campo de 3 V/m y de 10 V/m sobre una altura de 0,7 m:

$$P_3 = \frac{(E \cdot h)^2}{z} = \frac{\left(\frac{3V}{m} \cdot 0,7m\right)^2}{50\Omega} = 0,0882W$$

$$P_{10} = \frac{\left(\frac{10V}{m} \cdot 0,7m\right)^2}{50\Omega} = 0,98W$$

En caso de ensayos especiales se suele aumentar esta potencia de excitación.

ABSORBEDORES

En el fondo se encuentran los absorbedores que tienen la finalidad de “hacer transparentes” las paredes de la cámara a los campos electromagnéticos y evitar las posibles reflexiones indeseadas. En general los absorbedores comerciales (Graham, 1990) pueden ser de tipo ferrita, con buenos coeficientes de reflectividad a bajas frecuencias (30-1000 MHz) o, en otra construcción, en forma de planchas confeccionadas con polímeros de aprox. 1 pulgada de ancho poseen un buen comportamiento de absorción. Ambos tipos son fabricados fuera del país por lo que su precio es relativamente alto.

Absorbente Piramidal Hueco: hay varias formas de absorbentes piramidales huecos que se pueden utilizar. El más común está hecho con poliestireno expandido, de unos 20 mm de espesor, que envuelve a una pirámide de polvo de carbón activado. En este trabajo se usan absorbentes del tipo piramidal con capacidad de absorción en frecuencias de (1-50 GHz) de carbón activado, en absorbedores de forma piramidal de 160 mm por lado de base cuadrada y 460 mm de alto en poliestireno expandido (Telgopor) rellenos con carbón activado mezclado con gránulos de poliestireno.

La Fig. 4 muestra las dimensiones de los prismas.

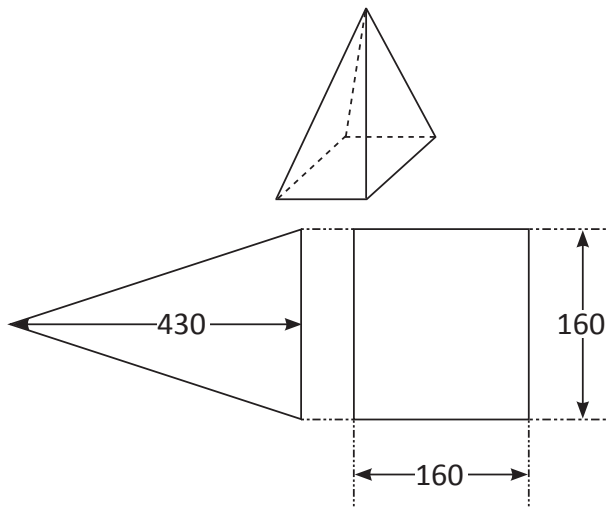


Figura 4 - Dimensiones de prisma absorbedor

La Tabla 2 (Hemming Leland, 2002) brinda cierta información basada en experiencias del tamaño de las pirámides basadas en la reflectividad.

Type	Height cm (in)	Weight kg (lb)	Tips per piece	Normal Incidence Reflectivity, GHz										
				0.12	0.3	0.5	1.0	3.0	6.0	10.0	18.0	36	50	
P-4	10.9(4.3)	1.4(3)	144					30	35	42	50	50	50	
P-6	15.2(6)	1.6(3.5)	100					32	40	45	50	50	50	
P-8	20.3(8)	2.0(4.5)	64				30	37	45	50	50	50	50	
P-12	30.5(12)	2.7(6.0)	36				35	40	45	50	50	50	50	
P-18	45.7(18)	5.4(12)	16			30	37	40	45	50	50	50	>45	
P-24	61(24)	7.7(17)	9		30	35	40	45	50	50	50	50	>45	
P-36	91.4(36)	10.9(24)	4		35	37	42	50	50	50	50	50	>45	
P-48	121.9(48)	17(38)	2	28	35	40	50	50	50	50	50	50	>45	
P-72	182.9(72)	23(50)	1	33	40	45	50	50	50	50	50	50	>45	

Tabla 2 - Funcionamiento del absorbente piramidal

En nuestro caso las dimensiones lo ubican dentro del tipo P-12. Por otra parte existen diversas técnicas para activar el carbón, todas mediante un calentamiento en hornos y enfriamiento lento, en el medio ambiente, con temperaturas de 110 °C y algunas técnicas con mayores temperaturas. Se logra el efecto de “activar” el carbón aumentando la superficie activa de los granos. En nuestro caso se compró en una droguería de la ciudad de Córdoba el carbón activado no teniendo que realizar esta operación.

La Fig. 5 muestra el molde contenedor abierto.

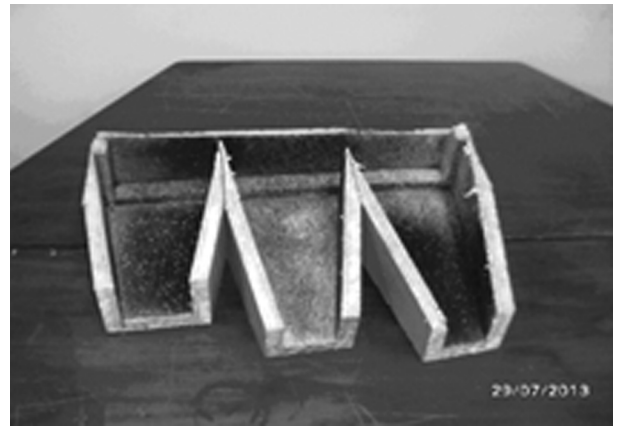


Figura 5 - Vista del molde contenedor abierto

La Fig. 6 presenta el molde contenedor.



Figura 6 - Moldes contenedores

La Fig. 7 muestra la bolsa de carbón activado comercial.

En la Fig. 8 se muestran los absorbentes terminados. Son cuarenta y ocho unidades ubicadas en seis por ocho. Estos se pegaron en el fondo de la celda con pegamento especial.



Figura 7 - Bolsa de carbón activado comercial



Figura 9 - Vista de puerta

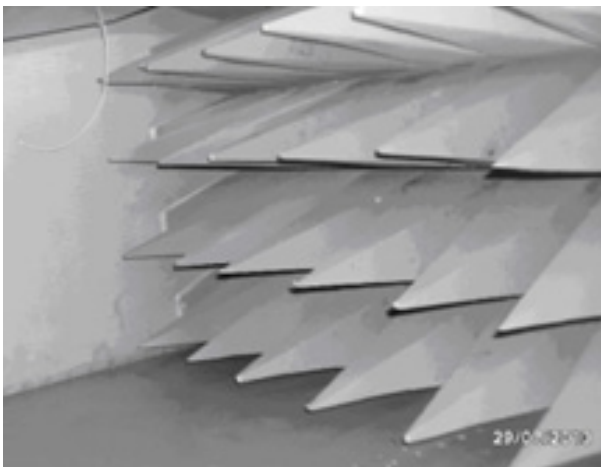


Figura 8 - Vista de los absorbedores 6x8=48 unidades

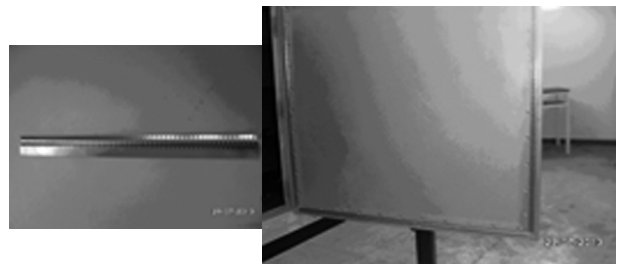


Figura 10 - Elástica de Cu para asegurar el cierre

DE LA PUERTA Y CONECTORES

La puerta es un desafío a la conductividad. Los bimetales Al alodinizado - Cu vinculan el borde a una lámina de Cu elástica que permita una buena conducción. Se muestra la puerta en la Fig. 9.

Posee tres cierres de bronce (latón), uno por cara, y tres bisagras. Los bordes tienen contacto seguro.

En la Fig. 10 se muestra la elástica de Cobre que asegura el cierre.

ASPECTOS GENERALES CONSTRUCTIVOS

La celda está construida sobre un bastidor de hierro con ruedas y ubicada en el Laboratorio de Comunicaciones del Departamento de Electrónica, anexo en el Campus de la Universidad, donde se dispone de espacio abierto suficiente para pruebas con características de espacio libre.

Es importante destacar que la zona está afectada por muchas transmisiones, lo que exige tener en cuenta esta situación.

El lugar es adecuado porque se cuenta con espacio físico para trabajar con cierta comodidad sobre la celda.

La construcción implicó soluciones de unión de las caras chapas de aluminio mediante tornillos y tuercas asegurando el contacto eléctrico y la adecuada retención mecánica.

El fondo, como la puerta de acceso al volumen

de prueba, significó uno de los mayores compromisos constructivos, con superficies de contacto en Cu-Al alodinizado.

La chapa de aluminio (Al) recibió tratamiento de alodinizado que asegura una excelente superficie de conductividad superficial. Pero además se constituye en un acabado que aumenta la resistencia a la corrosión.

La Fig. 11 muestra la celda con bastidores y recubrimiento definitivos.



Figura 11 - Celda terminada

TOMAS DE ALIMENTACION Y DETECCION

La excitación para generar un campo eléctrico adecuado de RF sobre los equipos bajo prueba en caso de emisiones es en el vértice de la pirámide mediante un coaxil.

Para recibir lo que sucede al equipo bajo prueba, en el piso de la celda, en la zona de prueba, existen dos conectores coaxiales para RF y dos tomas de alimentación tipo 220V estándares. Se prevé dos fichas USB, luego una caja acceso práctico a esta toma, sobre el lateral. Una visualización de la toma de excitación y recepción de RF se ve en las Figuras 12, 13 y 14.



Figura 12 - Toma de excitación y recepción de RF

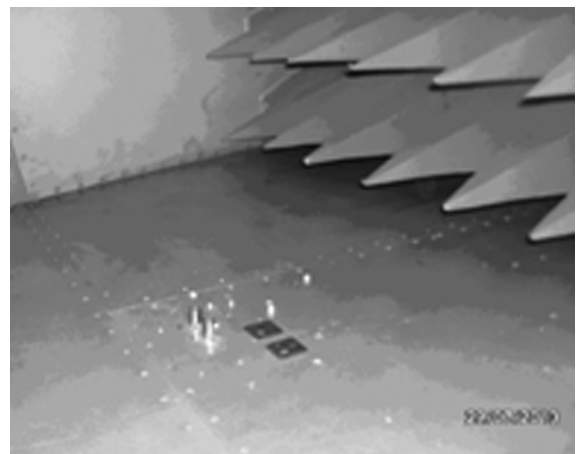


Figura 13 - Tomas al piso de la celda



Figura 14 - Caja de tomas

CONCLUSIONES

Habiendo completado la construcción de la celda y luego de la colocación de conectores se procederá a la evaluación del comportamiento de la misma y sintonía para las frecuencias en la banda de 3 GHz para trabajos en telefonía celular.

Se preparan prácticas para estudiantes de Ingeniería Electrónica referidos a la determinación de ganancia de antenas tipos dipolo en la banda de 1 – 3 GHz.

Se evalúan la compra de equipamiento para encarar la pre-certificación de equipos electrónicos.

Es posible por el tipo de construcción con tornillo extender el tamaño de la celda por medio de módulos de pirámides truncadas (*Operation manual –Lindgren, 1998 – 2008*). Esta posibilidad es de significación en cuanto la celda está dentro del contexto universitario.

AGRADECIMIENTOS

Al Técnico Jorge Casatti, constructor metalúrgico de esta celda GTEM.

Fábrica Argentina de Aviones (FADEA) “Brigadier San Martín”, Ing. Juan Carlos Giraudó. Dirección de Compras y Mantenimiento Ing. Verónica Montero Ingeniería de Procesos Especiales además, al Personal de la Sección Tratamientos Químicos (lugar donde se realizaron los procesos químicos de alodinizado solicitados a la FADEA).

Al alumno de la carrera Ingeniería Electrónica Sr. Diego Alegre Vega, por su aporte en la tramitación para la compra del instrumental donado a la UTN FRC.

REFERENCIAS

Hemming Leland. “*Electromagnetic Anechoic Camera*”. 2° Ed. Wiley-Interscience, USA. 1-96, 2002.

Operation manual –Lindgren (1998 – 2008) “Model 5400 series Gigahertz transverse electromagnetic (GTEM™) cell”, 2000.

Clemens Icheln “*The construction and application of a GTEM cell*” *Master’s Thesis*, 1995/6, 6-7.

Jacques Delaballe, *Schneider Electric, Cahier Technique no. 149: EMC: Electromagnetic Compatibility. Facultad Regional Tucumán, 2000.*