

**ESTUDIO DE LA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA (EMC) EN  
EMBARCACIONES FLUVIALES. CASO DE ESTUDIO: BUQUE NODRIZA  
FLUVIAL VI**

**DOMINGO RODRIGUEZ HERNANDEZ  
MONICA RUIZ PIANETA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
PROGRAMA DE INGENIERIAS ELECTRICA Y ELECTRÓNICA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.  
2007**

**ESTUDIO DE LA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA (EMC) EN  
EMBARCACIONES FLUVIALES. CASO DE ESTUDIO: BUQUE NODRIZA  
FLUVIAL VI**

**DOMINGO RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ  
MÓNICA RUIZ PIANETA**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Electrónico**

**DIRECTOR  
Víctor Hugo Jiménez  
Ingeniero Electricista ESP.**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
PROGRAMA DE INGENIERIAS ELECTRICA Y ELECTRÓNICA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.  
2007**

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Cartagena de Indias, Abril de 2007

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION.....	2
<b>1 CONCEPTOS PREVIOS .....</b>	<b>3</b>
1.1 COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC).....	3
1.2 INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS (EMI).....	3
1.3 SUCEPTIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	4
1.4 INMUNIDAD ELECTROMAGNÉTICA .....	4
1.5 EMISION ELECTROMAGNÉTICA .....	4
1.6 NIVEL DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA.....	5
1.7 NIVEL DE INMUNIDAD .....	5
<b>2 NORMATIVA .....</b>	<b>6</b>
2.1 AUTORIDADES Y DIRECTIVAS.....	6
2.2 NORMA IEC 60533. ....	7
2.2.1 Criterios de Aceptación .....	8
2.2.2 Zonas .....	10
2.2.3 Limites de Emisión .....	10
2.2.4 Niveles de Inmunidad .....	11
<b>3 ANÁLISIS EMC DEL BUQUE NODRIZA FLUVIAL VI .....</b>	<b>14</b>
3.1 EQUIPOS Y GRUPOS DE INSTALACIÓN .....	17
3.1.1 Grupo A: Radio comunicación y navegación.....	17
3.1.1.1 Antenas para Sistemas de Radio .....	17
3.1.1.2 Compás Magnético .....	17
3.1.1.3 Luces de Navegación.....	19
3.1.1.4 GPS.....	20
3.1.1.5 Sistema Telefónico.....	21
3.1.1.6 Sistema de Anunciamiento.....	22
3.1.1.7 Sistemas de Radio .....	23
3.1.2 Grupo B: Sistemas de Generación y Conversión de Potencia .....	24

3.1.2.1	Generadores .....	24
3.1.2.2	Transformador.....	25
3.1.2.3	UPS.....	26
3.1.2.4	Sistema de Iluminación .....	26
3.1.3	Grupo C. Equipos de Energía Pulsada.....	27
3.1.3.1	Ecosonda .....	27
3.1.3.2	Radar .....	28
3.1.4	Grupo D: Sistemas de control .....	29
3.1.4.1	PLC .....	29
3.1.5	Grupo E: Sistemas de Procesamiento e Intercomunicación.....	29
3.1.5.1	Sistema de Alarmas .....	29
3.1.6	Grupo G: Sistemas Integrados .....	30
3.1.6.1	Sistema de control de la propulsión .....	30
3.1.7	Grupo H: Equipos en Áreas Clasificadas .....	31
3.1.7.1	Cableado a Prueba de Explosión .....	31
3.2	CABLEADO .....	31
3.3	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA .....	33
3.4	CLASIFICACION POR ZONAS .....	36
<b>4</b>	<b>PRUEBAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....</b>	<b>43</b>
4.1	PRUEBAS DE INMUNIDAD CONDUCTIDA .....	44
4.1.1	Prueba de inmunidad electromagnética ante descargas electrostáticas (ESD).....	47
4.1.2	Prueba de inmunidad electromagnética de calidad de potencia / PQT 50	
4.1.3	Prueba de inmunidad electromagnética ante la aplicación de sobrevoltajes transitorios debido a impulsos tipo rayo / SURGE .....	53
4.1.4	Plan de pruebas .....	55
4.1.5	Registro de Datos.....	55
4.1.5.1	EUT: GPS Raytheon .....	56
4.1.5.2	EUT: Radio HF ICOM.....	58

4.1.5.3	EUT: Radar .....	60
4.1.5.4	EUT: Radio VHF ICOM .....	62
4.1.5.5	EUT: Radio VHF YAESU .....	64
4.2	MATRIZ EMI .....	66
4.2.1	Pruebas de Rfío y Registro de datos .....	66
4.3	RESUMEN DE RESULTADOS .....	70
<b>5</b>	<b>SUGERENCIAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO Y ELECTRONICO DE NODRIZA VI CONSIDERANDO LA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA .....</b>	<b>71</b>
5.1	MEDIDAS GENERALES PARA LA REDUCCIÓN DE INTERFERENCIAS .....	71
5.1.1	Apantallamiento .....	72
5.1.2	Aterrizamiento .....	72
5.1.3	Selección y Ruteo de cables .....	73
5.1.4	Filtrado y Protección Contra Sobretensiones .....	76
5.2	MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO A .....	78
5.2.1	Selección de equipos y disposición .....	78
5.3	MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO B .....	78
5.4	MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO C .....	79
5.5	MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO D .....	79
5.6	MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO E .....	80
5.7	MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO F .....	81
5.8	MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO G .....	82
5.9	MEDIDAS ORGANIZACIONALES .....	83
5.9.1	Operación abordo .....	83
5.9.2	Mantenimiento y Reparación .....	83
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>85</b>
6.1	CONCLUSIONES .....	85
6.2	RECOMENDACIONES .....	86
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>90</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
FIGURA 1. Niveles de Compatibilidad Electromagnética .....	5
FIGURA 2: Distribución por Zonas (ejemplo).....	13
FIGURA 3. Isométrico Disposición General Buque Nodriza Fluvial VI.....	16
FIGURA 4. Fotografía del compás magnético instalado a bordo.....	18
FIGURA 5. Fotografía de la configuración de luces en el mástil.....	19
FIGURA 6. Fotografía Botadura Nodriza VI. Nótese ubicación luz de torrotito .....	20
FIGURA 7. GPS Display .....	21
FIGURA 8. Componentes Sistema de anunciamento.....	23
FIGURA 9. Fotografía Radio HF TADIRAN .....	24
FIGURA 10. Fotografía Radio VHF TADIRAN .....	24
FIGURA 11. Fotografía Transformador 30KVA.....	25
FIGURA 12. Fotografía aparatos sistema de iluminación .....	27
FIGURA 13. Ubicación transductor de ecosonda (vista inferior).....	28
FIGURA 14. Isométrico ruteo de las bandejas de control y potencia.....	32
FIGURA 15:Plano diagrama unifilar sistema de distribución de energía .....	35
FIGURA 16. Plano identificación de zonas en el diagrama unifilar de Nodriza VI	38
FIGURA 17. Plano de clasificación zona cubierta y puente.....	39
FIGURA 18. Plano de clasificación: zonas de cubierta y puente .....	40
FIGURA 19. Plano de clasificación: zona acomodación, zona de distribución de potencia general y zona de distribución de potencia especial .....	41
FIGURA 20. Plano de clasificación: zona de cubierta y puente .....	42
FIGURA 21: Componentes de todo fenómeno de EMI .....	43
FIGURA 22: Fotografía del Best EMC .....	46
FIGURA 23: Forma de onda de corriente para prueba ESD con el Best EMC .....	48
FIGURA 24: Fotografía y esquema del montaje para la prueba ESD.....	50
FIGURA 25: Formas de onda para ensayo PQT de alimentación DC .....	52

FIGURA 26. Esquema del montaje para prueba PQT .....	53
FIGURA 27. Forma de onda del pulso de prueba SURGE .....	54
FIGURA 28. Isométrico detalle de ubicación de mástil y antena VHF .....	69
FIGURA 29. Filtros necesarios en el diagrama unifilar .....	77

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Limites de emisión equipos instalados en la zona del puente y cubierta.	11
Tabla 2: Limites de emisión equipos instalados en la zona de distribución. ....	11
Tabla 3. Requerimientos mínimos de inmunidad para equipos .....	12
Tabla 4: Detalles de cableado abordo .....	34
Tabla 5: Convenciones para identificación de Zonas.....	37
Tabla 6: Equipos de muestra para ejecución de ensayos.....	47
Tabla 7: Registro para la prueba SURGE y PQT para GPS RAYTHEON .....	56
Tabla 8: Registro para Descargas por contacto y al aire GPS RAYTHEON.....	57
Tabla 9: Registro de la prueba Surge y PQT Radio HF ICOM.....	58
Tabla 10: Registro para Descargas por contacto y al aire Radio HF ICOM.....	59
Tabla 11: Registro de la prueba Surge y PQT Radar .....	60
Tabla 12: Registro para Descargas por contacto y al aire Radar.....	61
Tabla 13: Registro de la prueba Surge y PQT Radio VHF ICOM .....	62
Tabla 14: Registro para Descargas por contacto y al aire Radio VHF ICOM .....	63
Tabla 15: Registro de la prueba Surge y PQT Radio VHF Yaesu.....	64
Tabla 16: Registro para Descargas por contacto y al aire Radio VHF Yaesu.....	65
Tabla 17: Matriz EMI.....	67
Tabla 18: Simbología utilizada en la matriz EMI .....	68
Tabla 19: Resumen de resultados de pruebas .....	70
Tabla 30. Clasificación de cables.....	75
Tabla 31: Plan de pruebas para Radio HF ICOM M700 .....	98
Tabla 32: Plan de pruebas para Radio VHF ICM55.....	100
Tabla 33: Plan de pruebas para Radio VHF YAESU .....	102
Tabla 34: Plan de pruebas para Radar .....	104
Tabla 35: Plan de pruebas para GPS .....	106

## GLOSARIO TERMINOS NAVALES

**Aparejo:** Conjunto de palos, perchas y jarcia de un barco. También se denomina aparejo a un conjunto de motones y cabos que permiten multiplicar la fuerza.

**Babor:** Lado izquierdo del barco, visto de popa a proa.

**Bitá:** Pieza metálica de uno o más brazos que sirve para amarrar un cabo o cable.

**Borda:** Prolongación del costado de un buque por encima de la cubierta que sirve de protección contra los golpes del mar.

**Buque:** Barco de grandes dimensiones construido generalmente de acero, no propulsado por medio de velas y destinado a fines comerciales, militares u otros no deportivos.

**Calado:** Profundidad máxima a la que se sumerge la parte inferior del quillote, medida desde la línea de flotación.

**Casco:** Armazón del barco que comprende la estructura, el forro y la cubierta pero no incluye la arboladura y las jarcias.

**Casa mata:** Elemento militar de maniobra para defensa con movimiento circular sobre su eje.

**Compás magnético:** Instrumento que sirve para determinar la dirección en que se navega. Es el equivalente a la brújula de uso terrestre.

**Compensación:** Acción de corregir los desvíos del compás magnético.

**Costados:** Cada uno de los lados de un casco de proa a popa y desde la línea de flotación hasta la cubierta.

**Crujía:** Plano de simetría longitudinal vertical del barco. Su intersección con el casco determina la línea de crujía.

**Cubierta:** Cierre superior del casco que se contribuye a la estanqueidad del mismo y que permite la existencia de un espacio habitable para la tripulación.

**Cubierta principal:** En los buques suele haber varias cubiertas. Se llama principal a la que cierra el casco dándole estanqueidad y resistencia. También se llama cubierta de intemperie.

**Enjaretado:** Especie de rejilla formada por barrotas y listones que forma un piso por encima del fondo y aísla del agua que se acumula en la sentina.

**Eslora:** Longitud de la embarcación.

**Estanco:** Todo espacio, compartimiento o mamparo que no permite el ingreso de líquidos y a veces gases.

**Estanqueidad:** Propiedad de un casco o compartimiento del mismo de no permitir el ingreso de líquidos. Hermeticidad.

**Estela:** Rastro que queda en el agua debido al paso de la embarcación.

**Estribor:** Lado derecho de la embarcación mirando de popa a proa.

**Fondo:** Parte interior del casco.

**Línea de crujía:** Eje de simetría longitudinal del casco.

**Manga:** Ancho del barco.

**Mástil:** Sinónimo de palo.

**Navegación:** Es la ciencia y el arte de determinar la posición del barco y de conducirlo de un lugar a otro con seguridad y exactitud.

**Navegación:** Es la ciencia y el arte de determinar la posición del barco y de conducirlo de un lugar a otro con seguridad y exactitud.

**Nudo:** Medida de velocidad equivalente a una milla náutica por hora.

**Popa:** Parte trasera de la embarcación.

**Proa:** Parte delantera de la embarcación.

**Puente:** cubierta superior donde se encuentran los equipos de navegación, comunicación y maniobra.

**Ronza:** Desplazamiento lateral del barco, caída a sotavento.

## GLOSARIO REFERIDO A COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

***Ambiente Electromagnético:*** es el espacio donde se crean señales electromagnéticas durante la operación normal de equipos eléctricos y/o electrónicos. Cuando estas señales son suficientemente representativas interfieren con la operación de estos, provocando un funcionamiento erróneo para el cual no fueron diseñados.

***BURST:*** es una secuencia de un número limitado de pulsos unidireccionales de alto voltaje y alta frecuencia, con un tiempo de elevación de 5ns y duración de 50ns cada uno.

***Calidad de potencia:*** hace referencia a la calidad de las señales de voltaje y corriente que se tienen dentro del sistema de distribución de energía eléctrica.

***Compatibilidad Electromagnética (EMC):*** es la habilidad de un dispositivo, equipo o sistema para funcionar satisfactoriamente en su ambiente electromagnético, sin introducir perturbaciones intolerables en él, y soportando las producidas por otros equipos.

***Degradación (del funcionamiento):*** es una desviación no deseada en el funcionamiento operacional de cualquier dispositivo, equipo, o sistema de las características destinadas para estos.

***Descarga Electrostática:*** son pulsos de alto voltaje que normalmente ocurren cuando se proporciona un camino a tierra desde una persona (o equipo), el cual ha sido cargado previamente por fricción u otro proceso.

**Emisión electromagnética:** es un término utilizado para describir si un determinado equipo o sistema puede producir interferencias electromagnéticas provocadas por la actividad eléctrica.

**Inmunidad Electromagnética:** es la capacidad de un equipo o sistema de trabajar correctamente en un medio electromagnético perturbado, ante la presencia de interferencias electromagnéticas.

**Interferencia Electromagnética:** degradación del funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema causada por una perturbación electromagnética.

**Perturbación Electromagnética:** cualquier fenómeno electromagnético que puede alterar el funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema.

**SURGE:** sobrevoltaje transitorio. Es una forma transitoria de corriente eléctrica, voltaje o potencia propagándose a lo largo de una línea o un circuito, y caracterizada por un rápido aumento seguido por una disminución más lenta.

**Susceptibilidad Electromagnética:** carencia de inmunidad Electromagnética. Medida relativa de la sensibilidad de un equipo ante señales electromagnéticas perturbadoras.

## ACRONIMOS

<b>AC</b>	Alternating Current: Corriente Alterna
<b>BURST</b>	Immunity Test Electrical Fast Transient: Prueba de inmunidad de Transitorios Eléctricos rápidos.
<b>CDN</b>	Coupling / Decoupling Network
<b>CENELEC</b>	European Committee for Electrotechnical Standardization: Comité Europeo para la Estandarización Electrotécnica
<b>CISPR</b>	International Special Committee for Radio Interference: Comité Especial Internacional para la Radiointerferencia.
<b>COLREG</b>	Convenio Internacional sobre la Revision del Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes
<b>DC</b>	Direct Current: Corriente Directa.
<b>EMC</b>	Electromagnetic Compatibility: Compatibilidad Electromagnética.
<b>EME</b>	Electromagnetic Emissions
<b>EMI</b>	Electromagnetic Interference: Interferencia Electromagnética.
<b>EMS</b>	Electromagnetic Susceptibility: Susceptibilidad Electromagnética.
<b>ESD</b>	Electrostatic Discharge: Descarga Electrostática.
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standards Institute: Instituto Europeo de Normalización de las Telecomunicaciones.
<b>EUT</b>	Equipment Under Test: Equipo bajo Prueba.
<b>FCC</b>	Federal Communications Commission: Comisión Federal de Comunicaciones.
<b>GND</b>	Ground: Tierra
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission: Comisión Electrotécnica Internacional.
<b>SURGE</b>	Transients Overvoltages: Sobrevoltajes Transitorios.
<b>PQT</b>	Power Quality Test: Prueba de Calidad de Potencia

## INTRODUCCION

El avance tecnológico en la electricidad y la electrónica ha permitido desarrollar nuevos equipos facilitando la realización de muchas tareas de la existencia diaria, pero a su vez, la alta sofisticación de éstos ha traído nuevos problemas, ya que su operación implica la transmisión y recepción de señales electromagnéticas (EM). Señales que utilizan el espacio y los conductores como elementos de transmisión lo cual puede provocar alteraciones en la estabilidad del ambiente electromagnético\* donde se encuentran, lo que a su vez puede afectar el correcto funcionamiento de equipos eléctricos y electrónicos con señales que superen sus valores tolerables.

Los sistemas eléctricos y electrónicos de las embarcaciones no son ajenos a esta situación, por el contrario, se hace crítica la aparición de esta clase de fenómenos y por tanto trascendental evitar que el equipamiento abordo sufra deterioros que comprometan su operación y vida útil.

En este trabajo encontrará, un estudio apegado a la normativa IEC 60533, para establecer mediante sus sugerencias un diagnóstico del nivel de inmunidad conducida en perturbaciones como: variaciones en la tensión de alimentación, descargas electrostáticas y descargas eléctricas atmosféricas tipo rayo en el buque Nodriza Fluvial VI, un buque militar producido en COTECMAR.

La base para comprender y realizar el presente estudio, parte de la conceptualización de la llamada Compatibilidad Electromagnética, un término aparentemente extraño para algunos, pero que no es más que la

101 \_\_\_\_\_

\* Ambiente electromagnético: Conjunto de fenómenos electromagnéticos que existen en un entorno dado.

Habilidad que tienen los equipos para funcionar en un entorno donde estén presentes todo tipo de ondas electromagnéticas sin que se vea afectado su normal funcionamiento.

Es por esto, que se dedica el primer capítulo de esta obra, a conceptualizar las bases de esta disciplina y adquirir la suficiencia para comprender el cuerpo del estudio.

El trabajo contiene además la descripción completa del Buque Nodriza Fluvial VI, detallando los sistemas y equipos que le componen a la luz de la norma, con el fin de dar mayor idea al lector sobre el campo de acción físico y las consideraciones que atañen al ambiente marino.

En segunda instancia, se ejecutan pruebas y se analizan los resultados de acuerdo a las recomendaciones del estándar, para luego determinar el estado de la inmunidad con el que cuentan los equipos del buque; sin olvidar que todo esto es con el fin de aproximarse a establecer el nivel de compatibilidad que se tiene en Nodriza VI, que hasta antes de este estudio se desconoce.

Por último, se orientan los resultados de todo el proceso de testeo hacia sustanciales mejoras en el diseño, sugerencias y consideraciones que ayudan a mejorar la situación electromagnética del buque en cuestión.

No está de más explicar que el alcance de este trabajo no es determinar el nivel de Compatibilidad actual en el Buque Nodriza VI, porque, como se estudiará más adelante, se requiere considerar dentro del proceso tanto receptores como emisores y los mecanismos de acople de las interferencias para poder hablar de compatibilidad en un sentido más completo, por el contrario en esta investigación solo se enfoca a la parte de inmunidad conducida, es decir se ocupa de los receptores, un tercio de los elementos involucrados.

## **1 CONCEPTOS PREVIOS**

### **1.1 COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC)**

La compatibilidad electromagnética (EMC) es la aptitud de un equipo para funcionar satisfactoriamente en un ambiente electromagnético sin introducir perturbaciones<sup>♦</sup> intolerables en ese ambiente o en otros equipos y soportar las producidas por otros equipos. En ésta se engloba el estudio de todos los fenómenos de generación, propagación y captación de señales electromagnéticas que puedan afectar a los equipos.

### **1.2 INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS (EMI)**

Se considera Interferencia Electromagnética (EMI) a toda señal electromagnética que provoque perturbaciones a un dispositivo, equipo o sistema.

Las interferencias plantean un grave problema tanto técnico como comercial. Es un problema técnico porque, una vez completado el diseño del equipo, se hace muy difícil su protección contra interferencias y es también un problema comercial porque los costos se incrementan debido a las protecciones a añadir. Sin mencionar, que se compromete el buen nombre de la empresa fabricante

---

<sup>♦</sup> Perturbaciones: cualquier fenómeno electromagnético que pueda degradar el funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema, o afectar desfavorablemente la materia viva o la inerte.

### **1.3 SUCEPTIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA**

El término susceptibilidad (EMS) y su opuesto Inmunidad, se emplean para indicar la mayor o menor propensión de un dispositivo o equipo a ser afectado por las EMI. Es decir, susceptibilidad es la incapacidad de un dispositivo, equipo o sistema para funcionar sin degradación en presencia de una perturbación electromagnética o también se refiere a la posibilidad en un equipo de funcionar mal debido a perturbaciones electromagnéticas.

### **1.4 INMUNIDAD ELECTROMAGNÉTICA**

Es lo contrario a susceptibilidad; es decir, se trata de la capacidad de un dispositivo, equipo o sistema de funcionar sin degradación en presencia de perturbaciones electromagnéticas.

### **1.5 EMISION ELECTROMAGNÉTICA**

La emisión electromagnética (EME) es el fenómeno por el que la energía electromagnética emana de una fuente. La energía electromagnética puede alcanzar un sistema por radiación o por conducción. Estas dos formas de interacción o acople pueden estar presentes simultáneamente y pueden dar lugar a efectos no deseados dentro y fuera del sistema que contiene las fuentes de perturbación.

## 1.6 NIVEL DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA

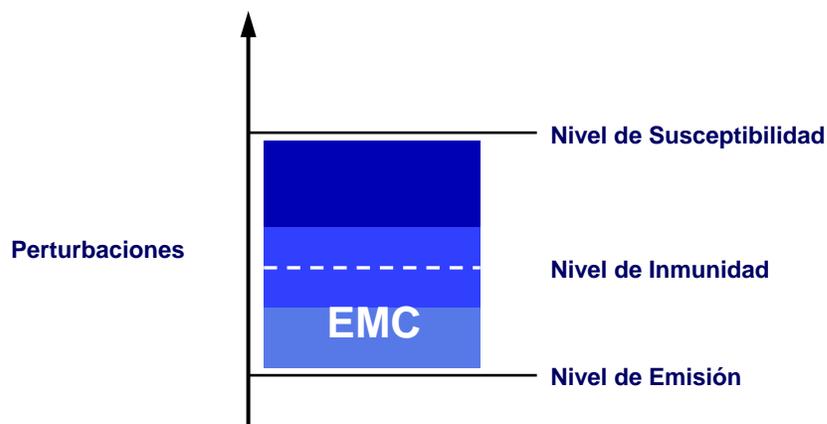
El nivel de compatibilidad electromagnética se puede definir como el máximo nivel de perturbación EM al que se espera que sea sometido un dispositivo, equipo o sistema.

## 1.7 NIVEL DE INMUNIDAD

El nivel de inmunidad es el máximo nivel de una perturbación EM que incide sobre un dispositivo determinado, pudiendo éste funcionar con el rendimiento requerido. Los valores especificados en la tabla 3 según Norma IEC 60533 corresponden a los límites de inmunidad conducida.

En la Figura 1, se aclara que las perturbaciones son el parámetro que determina cada uno de los posibles niveles de compatibilidad electromagnética que se pueden presentar en un ambiente determinado. Lo ideal es que el nivel de susceptibilidad sea lo más pequeño posible así como el nivel de inmunidad sea lo más grande posible.

**FIGURA 1. Niveles de Compatibilidad Electromagnética**



## 2 NORMATIVA

### 2.1 AUTORIDADES Y DIRECTIVAS

El estudio de las interferencias electromagnéticas surge a fines del siglo XIX con los primeros sistemas de comunicaciones como el telégrafo, ante la interferencia causada por eventos naturales como las descargas atmosféricas sobre las líneas.

La mayoría de los países industrializados poseen normas propias, y hay organismos internacionales que se encargan de homologar estas normas.

Los organismos nacionales más importantes son:

- FCC (Federal Communications Commission, USA)
- VDE (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik, Alemania)
- BSI (British Standards Institute, Reino Unido)
- VCCI (Voluntary Control Council for Interference by Information Technology Equipment. Japón)

Los organismos internacionales más importantes son:

- IEC (International Electrotechnical Commission)
- CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique)

IEC fue creado en 1906 para promover la cooperación internacional en todos los temas de estandarización en el campo de la tecnología eléctrica.

Tanto IEC como CENELEC poseen Comisiones Técnicas (respectivamente TC77 y SC210A) que entienden sobre problemas generales de EMC.

Existen los estándares básicos que describen procedimientos de testeo, y en algunos casos instrumentación y técnicas de calibración, mientras que los estándares más específicos de productos o aplicaciones usualmente definen límites, niveles de severidad y criterios de cumplimiento.

La serie desarrollada por la IEC incluye:

- IEC 61000-1—Introducción, términos y condiciones.
- IEC 61000-2—Clasificación de entornos electromagnéticos.
- IEC 61000-3—Límites y niveles de perturbación.
- IEC 61000-4—Testeo y técnicas de medición.
- IEC 61000-5—Instalación y pautas de mitigación.
- IEC 61000-6—Estándares genéricos.

## **2.2 NORMA IEC 60533.**

Como ya se mencionó antes, la compatibilidad electromagnética tiende a ser un tema poco común, sin que ello signifique de poca importancia. Sin embargo, al indagar en las normativas se encuentra un creciente respaldo al tema y más aun, la necesidad de una pronta aplicación en toda clase de diseño eléctrico y electrónico moderno.

Dado que se desarrolla el estudio en ámbito marino, es ese el parámetro principal para determinar la norma apropiada que aplica en este caso; de acuerdo a ello, se encontró que el Comité Electrotécnico Internacional posee un estándar básico

para instalaciones eléctricas y electrónicas en buques referido a compatibilidad electromagnética, llamado IEC 60533.

El estándar IEC 60533: Instalaciones Eléctricas y electrónicas en embarcaciones. Compatibilidad Electromagnética (Electrical and Electronic Installations in ships- Electromagnetic Compatibility) da las recomendaciones y requerimientos mínimos para emisión, inmunidad y criterios de operación considerando la Compatibilidad Electromagnética de equipos eléctricos y electrónicos, además toma como una de sus referencias la resolución IMO(International Maritime organization) A.813 (19) (1995, requerimientos generales para compatibilidad electromagnética (EMC) para todo equipo eléctrico y electrónico de embarcaciones).

Se parte de la premisa que los equipos a bordo tienen variedad de propósitos y características de operación diferentes, por lo cual, la norma comienza por establecer grupos de equipos de acuerdo al siguiente perfil:

- Grupo A: Radio comunicación y Equipos de Navegación
- Grupo B: Equipos de generación y conversión de potencia
- Grupo C: Equipos que operan con energía pulsada
- Grupo D: Switchgear y sistemas de Control
- Grupo E: Intercomunicación y equipos de procesamiento de señal
- Grupo F: Sistemas integrados

### **2.2.1 Criterios de Aceptación**

Asimismo, los equipos que funcionan dentro del ambiente electromagnético de cualquier embarcación, deben satisfacer los parámetros que sugiere éste estándar. El proceso de diagnóstico y validación del nivel de compatibilidad electromagnética va acompañado de la etapa de ensayos a dichos equipos.

La idea de los ensayos, es simular los eventos electromagnéticos a los que están expuestos todos los equipos y sistemas para poder definir a partir del comportamiento y las mediciones pertinentes, la fiabilidad de la operación dentro del período de vida útil sumergido en el ambiente electromagnético de la embarcación.

Cada ensayo se evalúa de acuerdo a tres criterios claramente establecidos en el estándar, como se describen a continuación:

- Criterio A

El equipo bajo prueba debe continuar operando normalmente durante y después de la prueba. No se permite ningún tipo de degradación de desempeño o pérdida de funciones especificadas por el fabricante en su hoja de características.

- Criterio B

El equipo bajo prueba debe continuar operando normalmente después de la prueba. No se permite ningún tipo de degradación de desempeño o pérdida de funciones especificadas por el fabricante. Durante la prueba, se acepta que se presente degradación o pérdida de funcionamiento pero que sea recuperada por él mismo.

- Criterio C

Se acepta degradación o pérdida de funciones durante y después de la ejecución de la prueba. Puede que el equipo se recupere por sí mismo o se requiera intervención de un operario para que continúe funcionando.

### 2.2.2 Zonas

Una vez se organizan los equipos por grupos, se conforman las llamadas zonas, áreas al interior del buque que se caracterizan por la distribución de equipos sensibles y/o perturbadores.

- Zona de cubierta y Puente: Área en cercanía de las antenas receptoras y/o transmisoras y de compartimientos como el cuarto de radio, que se caracterizan por equipos de intercomunicación, procesamiento de señales, radio comunicaciones, navegación y equipo auxiliar.
- Zona de distribución general de energía: Área caracterizada por consumidores normales de baja potencia.
- Zona de distribución especial de energía: Área caracterizada por sistemas de propulsión, hélices transversales, etc. Sistemas de mediana y alta potencia.
- Zona de acomodación: Área caracterizada por contener la carga a bordo, como pasajeros, mercancía, etc.

La Figura 2, sirve como ejemplo de la anterior zonificación aplicándola sobre un diagrama unifilar. Nótese los equipos y sistemas en cada una de las zonas.

### 2.2.3 Límites de Emisión

De acuerdo a la distribución de los equipos en la cubierta principal, puente y a lo largo de la zona de distribución de energía, la norma establece en las tablas 1 y 2 los límites de emisión para los equipos en cada zona.

**Tabla 1. Limites de emisión equipos instalados en la zona del puente y cubierta.**

Puerto	Rango de frecuencia	Limites	Estándar
Enclosure (emisión radiada)	150kHz. a 300kHz.	80 dB $\mu$ V/m a 52 dB $\mu$ V/m	CISPR 16-1*
	300kHz. a 30 MHz.	52 dB $\mu$ V/m a 34 dB $\mu$ V/m	CISPR 16-2*
	30 MHz. A 2GHz.	54 dB $\mu$ V/m	
	Excepto: 156 MHz. a 165MHz.	24 dB $\mu$ V/m	
Potencia, I/O de señal y control. (emisión conducida)	10kHz a 150 kHz.	96 dB $\mu$ V/m a 50 dB $\mu$ V/m	CISPR 16-1
	150kHz a 350kHz.	60 dB $\mu$ V/m a 50 dB $\mu$ V/m	CISPR 16-2
	350kHz a 30MHz.	50 dB $\mu$ V/m	

\*Medidas a 3m de distancia

Fuente: IEC 60533

**Tabla 2: Limites de emisión equipos instalados en la zona de distribución general.**

Puerto	Rango de frecuencia	Limites	Estándar
Enclosure (emisión radiada)	150kHz. a 30MHz.	80 dB $\mu$ V/m a 50 dB $\mu$ V/m	CISPR 16-1*
	300MHz. a 100 MHz.	60 dB $\mu$ V/m a 54 dB $\mu$ V/m	CISPR 16-2*
	100MHz. a 2000MHz.	54 dB $\mu$ V/m	
	Excepto: 156 MHz. a 165MHz.	24 dB $\mu$ V/m	
Potencia, I/O de señal y control. (emisión conducida)	10kHz a 150 kHz.	120 dB $\mu$ V/m a 69 dB $\mu$ V/m	CISPR 16-1
	150kHz a 500kHz.	79 dB $\mu$ V/m	CISPR 16-2
	500kHz a 30MHz.	73 dB $\mu$ V/m	

\*Medidas a 3m de distancia

Fuente: IEC 60533

## 2.2.4 Niveles de Inmunidad

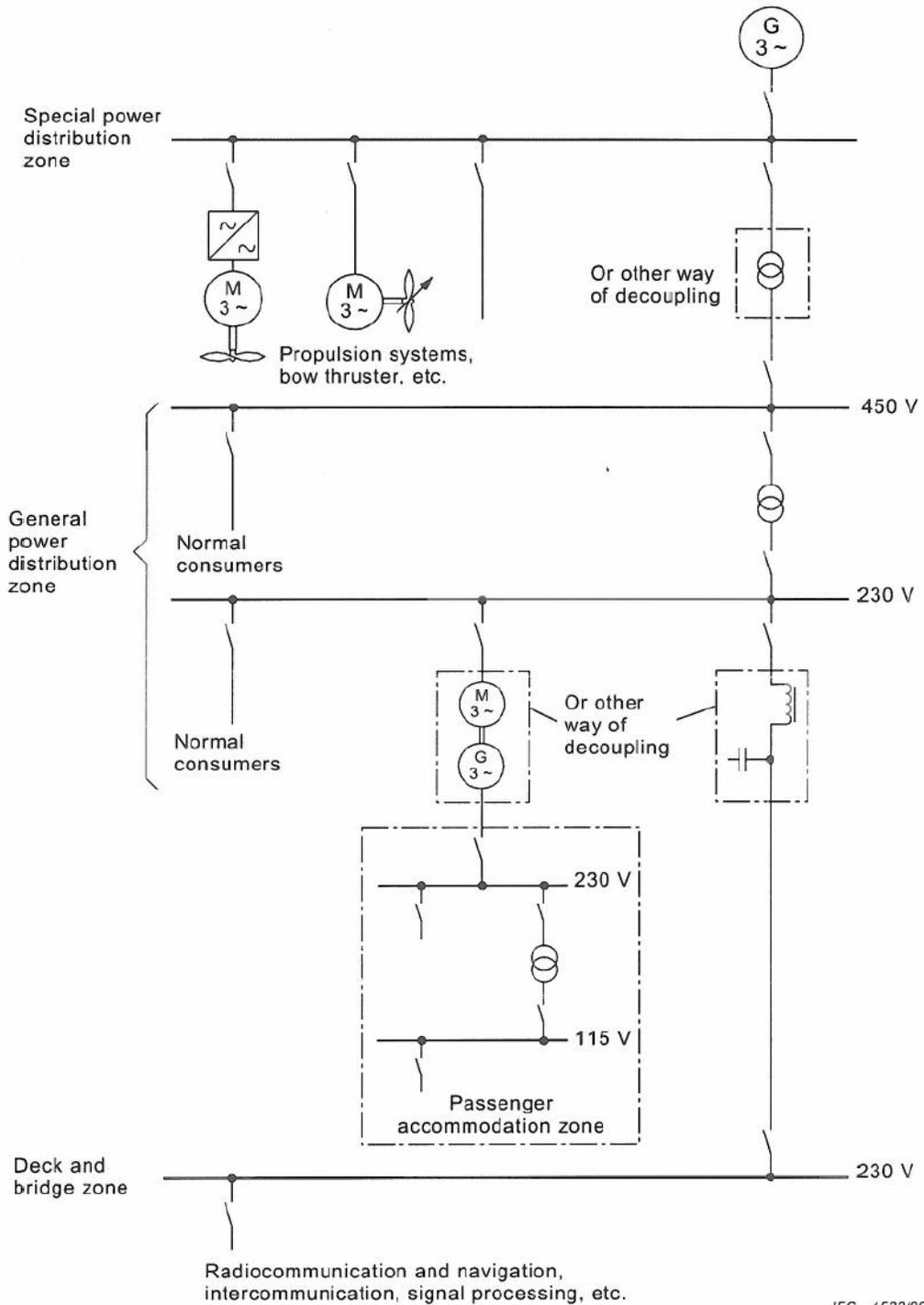
Los niveles de inmunidad mínimos que se requieren y las pruebas que los validan se listan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Requerimientos mínimos de inmunidad para equipos

Puerto	Fenómeno	Estándar	Criterio	Valor de prueba
AC	Interferencia conducida de baja frecuencia	IEC 61000-4-16	A	10% AC 50Hz a 900Hz; 10% a 1% 900 a 6000 Hz.; 1% 6KHz a 10kHz.
	Variaciones en la fuente	IEC 61000-4-11	A	Voltaje: $\pm 20\%$ durante 1.5s Frecuencia: $\pm 10\%$ durante 5s
	Fallas en la fuente	IEC 61000-4-11	C	60s de interrupción
	Transitorios rápidos	IEC 61000-4-4	B	2kV.
	Descargas tipo rayo	IEC 61000-4-5	B	0.5kV/1kV
	Interferencia conducida de radio frecuencia	IEC 61000-4-6	A	3Vrms;(10kHz) 150kHz a 80Mhz. tasa de barrido $\leq 1.5e-3$ década/s; modulación 80%AM(1kHz.)
DC	Interferencia conducida de baja frecuencia	IEC 61000-4-16	A	10% DC 50Hz to 10kHz.
	Variaciones en la fuente	IEC 61000-4-11	A	Voltaje +20%/ -25% equipos no conectados a batería
	Fallas en la fuente	IEC 61000-4-11	C	60s de interrupción
	Transitorios rápidos	IEC 61000-4-4	B	2kV
	Descargas tipo rayo	IEC 61000-4-5	B	0.5kV / 1kV
	Interferencia conducida de radio frecuencia	IEC 61000-4-6	A	3Vrms; (10kHz) 150kHz a 80Mhz. Tasa de barrido $\leq 1.5e-3$ década/s. Modulación 80% AM(1Khz.)
Puerto I/O señal control	Transitorios eléctricos rápidos (burst)	IEC 61000-4-4	B	1Kv
	Interferencia conducida de radio frecuencia	IEC 61000-4-6	A	3Vrms; (10kHz) 150kHz a 80Mhz. Tasa de barrido $\leq 1.5e-3$ década/s. Modulación 80% AM(1Khz.)
Enclosure	Descarga electrostática (ESD)	IEC 61000-4-2	B	6Kv contacto/ 8KV al aire
	Campo electromagnético	IEC 61000-4-3	A	10V/m; 80Mhz a 2 Ghz. Tasa de barrido $\leq 1.5e-3$ década/s Modulación 80% AM(1kHz)

Fuente: IEC 60533

**FIGURA 2: Distribución por Zonas (ejemplo)**



IEC 1522/99

Fuente: IEC 60533

### 3 ANÁLISIS EMC DEL BUQUE NODRIZA FLUVIAL VI

Actualmente, la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial COTECMAR, construye con diseños propios una serie de buques fluviales denominados Buques Nodrizas (Ver Figura 3) para la Armada Nacional. Durante el diseño, la Dirección de Investigación, Desarrollo e Innovación ha seguido recomendaciones consignadas en reglamentos, o normativas de casas clasificadoras\* y de entidades internacionales\*. Estas normas buscan que el diseño sea seguro y su desempeño apropiado.

Los buques Nodriza, son equipados con múltiples sistemas eléctricos y electrónicos como: equipos de radiocomunicación y navegación, equipos de generación y conversión de potencia, equipos que operan con energía pulsada, sistemas de distribución y control de potencia equipos de intercomunicación y procesamiento de señal; estos equipos y sistemas son modernos, sofisticados y se encuentran certificados para uso marino.

Por todo lo anterior, la compatibilidad electromagnética en estas embarcaciones juega un papel importante para garantizar un producto de calidad que cuenta con el nivel de confiabilidad y desempeño óptimo de todos los sistemas a bordo.

Para lograr una mejor idea del Buque Nodriza, a continuación se realiza una descripción general:

---

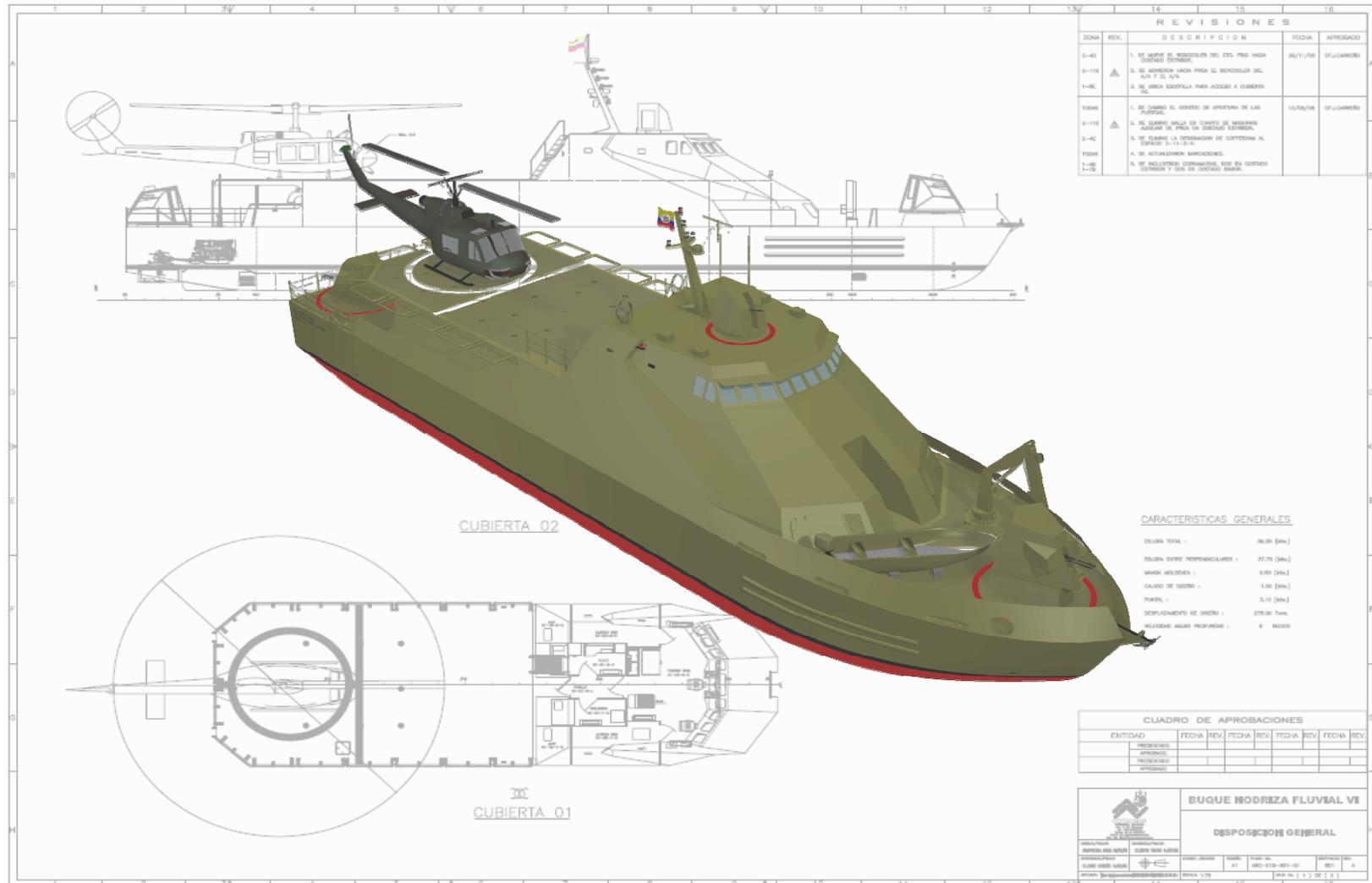
\*Las casas clasificadoras a las que se hace mención son: Bureau Veritas, Lloyd's Register. ABS entre otras

\*Entidades internacionales como: IEEE Std 45-1998 (Recommended Practice for Electric Installations on Shipboard), SOLAS (International Convention for the Safety of Life at Sea 1974), NSTM (Naval Ship Technical Manual, Grupo 300, Grupo 400)

- Eslora Total: 39.26 metros.
- Manga Moldeada: 9.50 metros.
- Calado Medio: 1.00 metros
- Puntal: 3.10 metros.
- Desplazamiento Máximo: 275.00 Toneladas (aprox.)
- Velocidad Máxima: 9.00 Nudos en Aguas Profundas e Interiores

El buque Nodriza Fluvial VI ha sido diseñado para servir como soporte logístico a los Elementos de Combate Fluvial (ECF) en operaciones de asalto, seguridad y control. Al mismo tiempo, tiene capacidad para operar equipos de inteligencia técnica y dar abastecimiento con una clasificación Nivel III para operaciones diurnas bajo VMC (Visual Meteorological Conditions), a helicópteros tipo mediano, (Bell 412 o UH 1H).

FIGURA 3. Isométrico Disposición General Buque Nodriza Fluvial VI



Fuente: Cotecmar

### **3.1 EQUIPOS Y GRUPOS DE INSTALACIÓN**

El análisis del buque a la luz de la norma IEC 60533, se desarrollará partiendo de la asignación de los equipos y sistemas del buque a cada uno de los grupos como lo sugiere el ítem 2.2, al tiempo que se describen las características y elementos principales de cada uno.

#### **3.1.1 Grupo A: Radio comunicación y navegación**

A bordo de la embarcación, se encuentran implementados los sistemas de vigilancia y control direccionados a la funcionalidad en combate y facilidad de maniobras apuntando a los avances tecnológicos recientes, con lo cual se mantiene la perspectiva del diseño hacia la innovación.

##### **3.1.1.1 Antenas para Sistemas de Radio**

Las antenas de los sistemas de radio se encuentran localizadas sobre la cubierta del puente de gobierno considerando la máxima separación posible entre ellas, La instalación de antenas fue realizada por el Departamento de Armas y Electrónica de la Armada Nacional (DARET) atendiendo las recomendaciones del fabricante. Son antenas tipo látigo de 3m aprox.

##### **3.1.1.2 Compás Magnético**

El buque Nodriza Fluvial VI, tiene instalado un compás magnético marca Richie, referencia Corsair IV, con las siguientes especificaciones:

Precisión +/- 2°.

Impermeable

Diseñado para ambiente marino

Luz interior para iluminación nocturna 12 VDC.

Pivote en zafiro con soporte cardánico interno.

Imanes para Compensación.

Parasol.

El compás magnético se encuentra instalado en el puente en la consola del piloto sobre la línea de crujía del buque, libre de cualquier obstrucción visual, el equipo instalado se muestra en la figura 4.

**FIGURA 4. Fotografía del compás magnético instalado a bordo**



Fuente: Cotecmar

La embarcación puede hacer uso de otros equipos de ayuda a la navegación, como son: binoculares, estación meteorológica, sextante, set de navegación, entre otros.

### 3.1.1.3 Luces de Navegación

Teniendo en cuenta las recomendaciones incluidas en COLREGS\*, se tiene instalado un sistema de luces de navegación conformado por:

- ◆ 1 LUZ DE FONDEO 360° BLANCA.(ver Figura 6)
- ◆ 1 LUZ DE TOPE 225° BLANCA.
- ◆ 1 LUZ DE COSTADO DE ESTRIBOR 112.5° VERDE.
- ◆ 1 LUZ DE COSTADO DE BABOR 112.5° ROJA.
- ◆ 1 LUZ DE DE ESTELA 135° BLANCA.
- ◆ 2 LUCES DE PUERTO 360° ROJA.
- ◆ 2 LUCES SIN GOBIERNO 360° ROJA.
- ◆ 1 LUZ DE TORROTITO. (ver Figura 7)

Además se tienen instalados dos reflectores de búsqueda marca JABSCO modelo 62042, instalados en el mástil. Ver figura 6.

**FIGURA 5. Fotografía de la configuración de luces en el mástil**



Fuente: Cotecmar

---

\* COLREGS: Reglamento para prevenir colisiones y abordajes

**FIGURA 6. Fotografía Botadura Nodriza VI. Nótese ubicación luz de torrotito**



Fuente: Cotecmar

#### **3.1.1.4 GPS**

El GPS (Global Positioning System) instalado en el buque Nodriza VI, es un receptor electrónico que debe recibir las señales de por lo menos 3 satélites y en función de estas, determinar con precisión sin verse relevantemente afectado por situaciones climatológicas o atmosféricas, la hora, posición geográfica, altitud, rumbo, velocidad, recorrido y distancia al punto de destino, además de otros parámetros geográficos. El display de este dispositivo puede verse en la figura 7. Su antena se encuentra instalada externamente en la cubierta del puente.

**FIGURA 7. GPS Display**



Fuente:garmin.com

### **3.1.1.5 Sistema Telefónico**

La unidad cuenta con dos sistemas de comunicaciones interiores, mediante los cuales se puede mantener una comunicación constante en toda la embarcación.

Para ello, tiene instalado un sistema de teléfonos automáticos y uno de teléfonos auto excitados.

El sistema de teléfonos automáticos consta de:

7 Teléfonos de uso interior Euroset 3005 Siemens.

1 Teléfono programador (ubicado en el cuarto de radio)

1 Central telefónica PBX Siemens Hipath 1120.

1 Toma de conexión doble para dos líneas telefónicas externas

La unidad cuenta con un sistema alternativo de comunicaciones interiores auto excitado Marca Amplidan, el cual puede mantener una comunicación constante en toda la embarcación en caso de emergencia como fallas en la alimentación

eléctrica y/o problemas que incluyan a los sistemas de comunicación existentes; sin depender de la energía suministrada por los generadores o baterías.

El sistema consta de:

1 Estación Maestra de 24 canales, referencia: SPT 9011, IP 66

12 Teléfonos auto excitados (single way), referencia: SPT 9001, IP 66

13 Headsets (auriculares micrófono y audífono) marca Peltor, incluye 10 m de cable.

El sistema se encuentra conectado a una fuente de 12VDC, proveniente del panel de distribución 12/24 VDC instalado en el cuarto de radio.

Los teléfonos se encuentran ubicados de acuerdo con las normas y recomendaciones emitidas por SOLAS\*. Todos los teléfonos instalados en cubiertas a la intemperie se encuentran protegidos con gabinetes estancos.

### **3.1.1.6 Sistema de Anunciamiento**

La unidad cuenta con un sistema de intercomunicadores Marca Zenitel referencia ETB-10 que mediante la distribución de sus componentes (intercomunicadores, altoparlantes) cubren todas las zonas habitables de la embarcación.

Este sistema esta compuesto de:

01 Unidad principal referencia ETB-10 con 10 líneas de selección, IP 44. Figura 8a

06 Intercomunicadores referencia STB-1, IP 44. Figura 8b

04 Altoparlantes referencia VML 1520, 15 Watts RMS, 20 ohm, IP 65. Figura 8c

---

\* SOLAS: Convenio Internacional para la seguridad de la vida humana en el mar

**FIGURA 8. Componentes Sistema de anuncio.**



Fuente: Manual Zenitel de equipos

### 3.1.1.7 Sistemas de Radio

El buque Nodriza Fluvial VI, cuenta con equipos de comunicaciones exteriores en las bandas HF, mostrado en la figura 9; VHF (modulado en amplitud y frecuencia; figura 10) y UHF. Estos equipos fueron seleccionados y suministrados por el cliente La Armada Nacional, por lo tanto la información es confidencial. Están ubicados en el cuarto de radio en el puente de gobierno.

**FIGURA 9. Fotografía Radio HF TADIRAN – RT6201M ubicado en el cuarto de radio**



Fuente: Buque Nodriza VI

**FIGURA 10. Fotografía Radio VHF TADIRAN – RT9001A ubicado cuarto de radio**



Fuente: Buque Nodriza VI

### **3.1.2 Grupo B: Sistemas de Generación y Conversión de Potencia**

#### **3.1.2.1 Generadores**

El buque está alimentado por dos grupos electrógenos diesel de corriente alterna, protección de ambiente IP 22, aislamiento clase F, de servicio PRIME, marca Caterpillar 4.4 de 76 KW a 60 Hz, instalados en el cuarto de generadores. Los motores diesel de los grupos electrógenos se arrancan eléctricamente, mediante motores de 24 VDC.

El sistema está diseñado para que los generadores puedan operar en paralelo (Utilizando el módulo de paralelaje y repartición de carga) mediante un sistema de control electrónico marca SEG.

### 3.1.2.2 Transformador

Se cuenta también con un transformador de 30 KVA, 208/120, 3 $\phi$ , aislamiento clase H, enfriado por aire, con conexión DD (Delta-Delta), sin dispositivos para aterrizamiento de los elementos activos, encerramiento IP 23, instalado en el cuarto de generadores que provee 120 VAC para iluminación y salidas de fuerza de servicio del buque. Véase una fotografía de éste en la Figura 11.

**FIGURA 11. Fotografía Transformador 30KVA en montaje terminado, ubicado en el cuarto de generadores**



Fuente: Cotecmar

### **3.1.2.3 UPS**

El buque Nodriza Fluvial VI, está provisto con dos equipos de suministro ininterrumpido de potencia (UPS), cuya función primordial es la de garantizar a las cargas más críticas del buque (sistema de comunicaciones y el sistema del arma automatizada), una alimentación continua y estabilizada.

La UPS para equipos de comunicaciones y navegación, entrega 120VAC monofásico 60HZ, con una capacidad de 2 KVA.

La UPS para el arma automatizada, tiene salida trifásica 208VAC 60 Hz con neutro y capacidad de 4.5 KVA.

En el caso de una falla en el suministro normal de electricidad, los dos sistemas de UPS entregan energía estabilizada a estas cargas críticas, sin interrupción, por un tiempo determinado denominado de autonomía, que viene definido por la capacidad de su banco de baterías. La autonomía de estos equipos son de:

- ◆ 2 horas para del sistema de comunicaciones; banco 1.
- ◆ 30 minutos para el arma automatizada.; banco 2

### **3.1.2.4 Sistema de Iluminación**

El buque Nodriza Fluvial VI, dispone de un sistema de alumbrado principal a 120 VAC, 60 Hz. La alimentación de este sistema proviene del tablero general, siendo distribuida a través de dos paneles, uno en la cubierta principal y el otro en la cubierta dos. Las luminarias utilizadas para la implementación del sistema son de tipo interior aptas para instalación en ambiente marino tal y como la muestra la Figura 12.

**FIGURA 12. Fotografía aparatos sistema de iluminación**



Fuente: Cotecmar

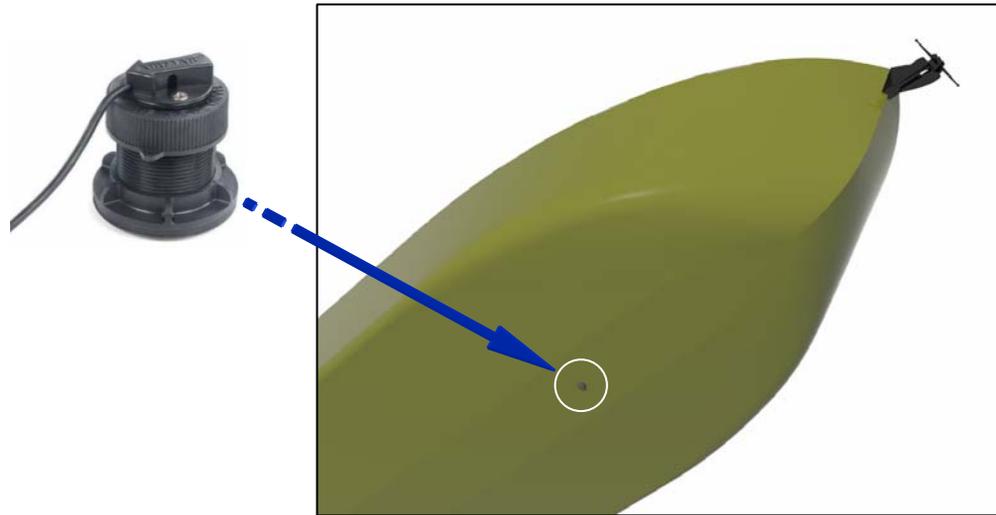
### **3.1.3 Grupo C. Equipos de Energía Pulsada**

#### **3.1.3.1 Ecosonda**

La Nodriza Fluvial VI, cuenta con un sistema indicador de profundidad Marca Standard Horizon referencia DS150 con transductor de señal referencia DST50, para buques con casco de acero. Este sistema tiene un rango de medida de 1 a 130 m.

La posición del transductor en la estructura del casco es aproximadamente a 1/3 de la eslora total desde proa a popa a unos 400mm a estribor de la línea de crujía tal y como se aprecia en la Figura 13.

**FIGURA 13. Ubicación transductor de ecosonda (vista inferior)**



Fuente: Cotecmar

### **3.1.3.2 Radar**

El buque cuenta con un Radar marca Raymarine referencia RL72CRC Plus, con las siguientes especificaciones técnicas:

#### **ANTENA**

Tipo: Antena domo cerrado de  $\varnothing$  468 mm".  
Velocidad de giro: 24rpm.  
Carga de viento: viento relativo a 100 nudos.  
Alcance: 24 NM  
Potencia: Tx: 28W; Standby: 9W  
Ubicación: parte más alta del mástil

#### **TRANSMISOR RF**

Frecuencia de Tx: 9410+/-30MHz.  
Potencia pico de salida: 2 KW nominal, en un ángulo vertical de 25°.

## **DISPLAY**

Pantalla de 7".

16 colores LCD

Resolución de 640\*480 Píxeles.

Alimentación: 10.7 a 44 VDC

Ubicación: consola del puente de mando.

El sistema de radar se encuentra conectado a una fuente de 12 VDC proveniente del panel de distribución 12/24 VDC instalado en el cuarto de radio.

### **3.1.4 Grupo D: Sistemas de control**

#### **3.1.4.1 PLC**

El Buque Nodriza Fluvial VI, cuenta con un sistema de medición de nivel de 4 tanques de combustible mediante sensores de presión a prueba de explosión (NEMA 7), procesamiento de datos mediante PLC siemens S700 y despliegue en una pantalla LCD. Todos los sistemas anteriores se encuentran instalados en un tablero ubicado en el cuarto de máquinas auxiliares de proa.

### **3.1.5 Grupo E: Sistemas de Procesamiento e Intercomunicación**

#### **3.1.5.1 Sistema de Alarmas**

El Buque Nodriza Fluvial VI, tiene instalado un panel indicador de alarmas de humo, temperatura y gases inflamables (gasolina) marca Siemens ref. MXL-IQ. El sistema esta compuesto de 20 detectores de humo, 15 detectores de temperatura, 5 cajas de alarma de incendio de accionamiento manual, 5 alarmas sonoras de incendio y 2 detectores de gas a prueba de explosión ubicados en los cuartos de bombas de gasolina.

El sistema de alarma se encuentra conectado a una fuente de 110 Vac proveniente del panel de distribución de la cubierta principal y cuenta además con baterías de respaldo (8 horas) y su línea de tierra conectada a la estructura del casco, esto con el fin de equilibrar potenciales de carga en los equipos electrónicos.

Los detectores de temperatura se activan a una temperatura de 57 °C y los de humo con una densidad de humo no menor a 3% de oscurecimiento por metro.

También se cuenta con un sistema de alarmas para dar aviso que se va a efectuar descarga de CO<sub>2</sub> en los cuartos de máquinas y el cuarto de aprovisionamiento del helicóptero.

El sistema consta de:

- 4 Sirenas con luz estroboscópica
- 1 Sirena sonora a prueba de explosión
- 2 Cajas de disparo

### **3.1.6 Grupo G: Sistemas Integrados**

#### **3.1.6.1 Sistema de control de la propulsión**

La propulsión del buque está a cargo de bombas de chorro SCHOTELL Pump-Jets SPJ82, manejadas a partir de un sistema de control compuesto así:

- Sistema de gobierno SCHOTTEL SST – 602, Copilot 2000, sistema de gobierno mediante mando electro-hidráulico, incluye sistema retroalimentador por respuesta al tiempo.
- Control de velocidad del motor: sistema de control de velocidad con seguimiento (follow-up) eléctrico de 24 V DC incluye retroalimentador con respuesta al tiempo, integrado por una señal eléctrica 0-20mA

- Sistema electrónico compuesto por un sistema EROMs digital, lógico, programable, de 64 KB RAM, y una interfase RS 232, sistema de potencia de 24 VDC, sistema de alarmas de bajo nivel de aceite de lubricación y bajo nivel de aceite del sistema hidráulico.

El sistema de propulsión posee dos estaciones de control, una en el puente de gobierno y otra en la consola de control de ingeniería.

### **3.1.7 Grupo H: Equipos en Áreas Clasificadas**

#### **3.1.7.1 Cableado a Prueba de Explosión**

El diseño y la implementación del sistema de distribución eléctrica en zonas clasificadas (hazardous locations) fue realizado acuerdo con IEC- Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 primera actualización; prestando especial atención a los requerimientos de seguridad en cuanto a materiales y equipos.

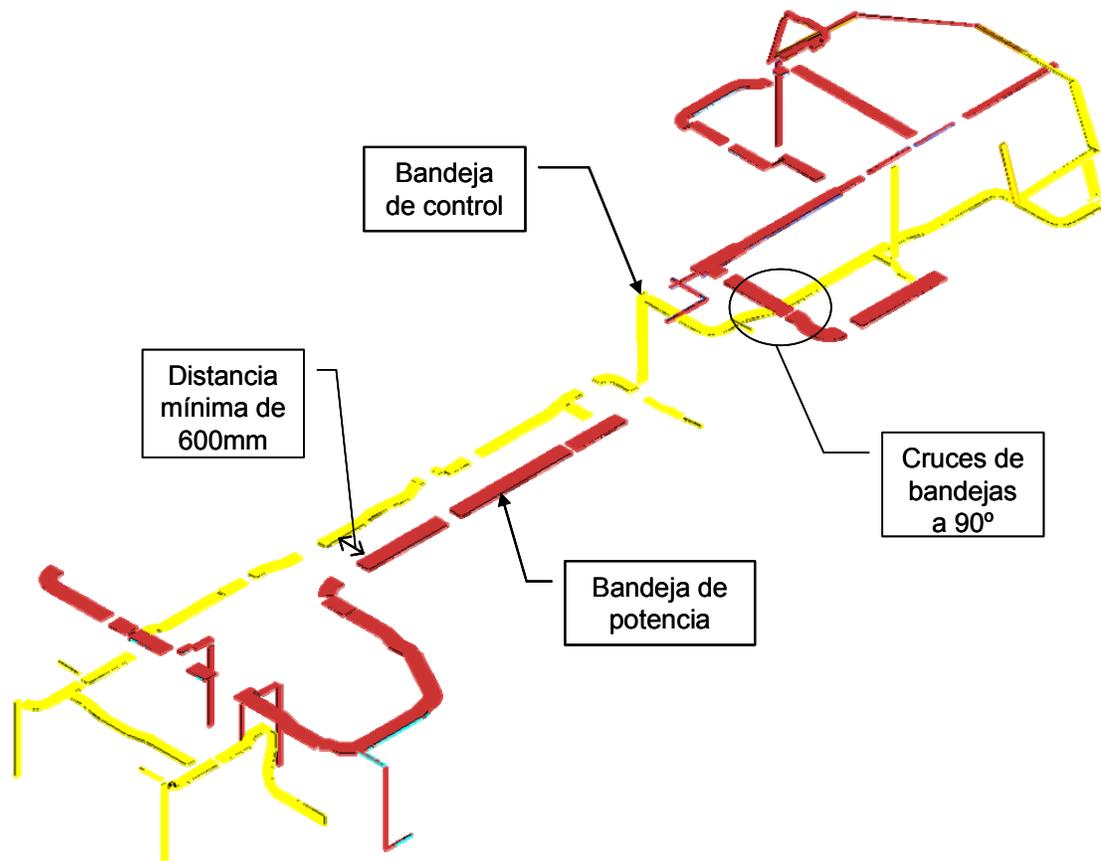
## **3.2 CABLEADO**

El recubrimiento del cableado eléctrico instalado a bordo de la embarcación es retardante al fuego, no produce gases halógenos durante un eventual incendio, de acuerdo a las recomendaciones para cableado especial para instalaciones en buques que hace la IEEE-std 45, 1998. El cableado que se usa actualmente para las diferentes aplicaciones se relaciona en la tabla 4.

En el diseño eléctrico y electrónico del buque, se prestó especial atención a la ruta establecida para los cables de potencia y control (ver figura 14), la separación mínima que existe entre las bandejas principales de potencia y control es 600 mm cuando estas están distribuidas en forma paralela. Cuando deben efectuarse

cruces entre ellas éstos se efectúan a 90° para evitar las inducciones de corriente que pueden ocasionar perdidas y datos erróneos, sobre todo en el sistema electrónico de control de propulsión.

**FIGURA 14. Isométrico ruteo de las bandejas de control y potencia**



Fuente: Departamento de electricidad y electrónica, DIDESI –COTECMAR

Cabe anotar que el cableado utilizado en los sistemas de control de propulsión es apantallado por pares y además cuenta con un apantallamiento general, atendiendo lo especificado por el fabricante del sistema. Los sistemas de comunicación interiores tienen solo apantallamiento general.

Ningún cable de potencia tiene apantallamiento, los cables que cuentan con protección con tubería eléctrica son los cables de alimentación de zonas clasificadas del buque, pero estas medidas corresponden a las recomendaciones de la norma NTC 2050 para instalaciones eléctricas a prueba de explosión.

El aterrizamiento es un factor determinante dentro del sistema eléctrico del buque, los conductores y partes activas del sistema son aislados de tierra y todas las partes conductoras no energizadas de los equipos eléctricos están firmemente puestas a tierra, de acuerdo con el concepto de sistema no aterrizado del IEEE-45<sup>♦</sup>, Recommended Practice for Electric Installations on Shipboard-1998.

En las consolas de radio, navegación y cuarto de control de ingeniería existen platinas de tierra donde se unifican todas las carcasas de los equipos y además donde es requerido por el fabricante. Especial cuidado se tiene en los sistemas de comunicaciones interiores, donde es fundamental el aterrizamiento de los cables para minimizar el ruido durante la comunicación. Las barras de aterrizamiento son luego conectadas sólidamente a la estructura/casco del buque.

### **3.3 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA**

El sistema eléctrico del buque es un sistema principalmente radial, con ramificaciones ó alimentadores desde un Tablero Principal ubicado en el cuarto de control de ingeniería, hacia Paneles de Distribución de iluminación y fuerza, ubicado uno en la cubierta 2, para control y protección de todas las cargas monofásicas (120VAC) de la cubierta 2, y otro en la cubierta principal, para control y protección de todas las cargas monofásicas (120VAC) de la cubierta principal y el puente; y Paneles de distribución para alimentación y control de

---

♦ IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

motores, uno en el cuarto de generadores y el otro en el cuarto de máquinas auxiliares en la proa de la cubierta 2.

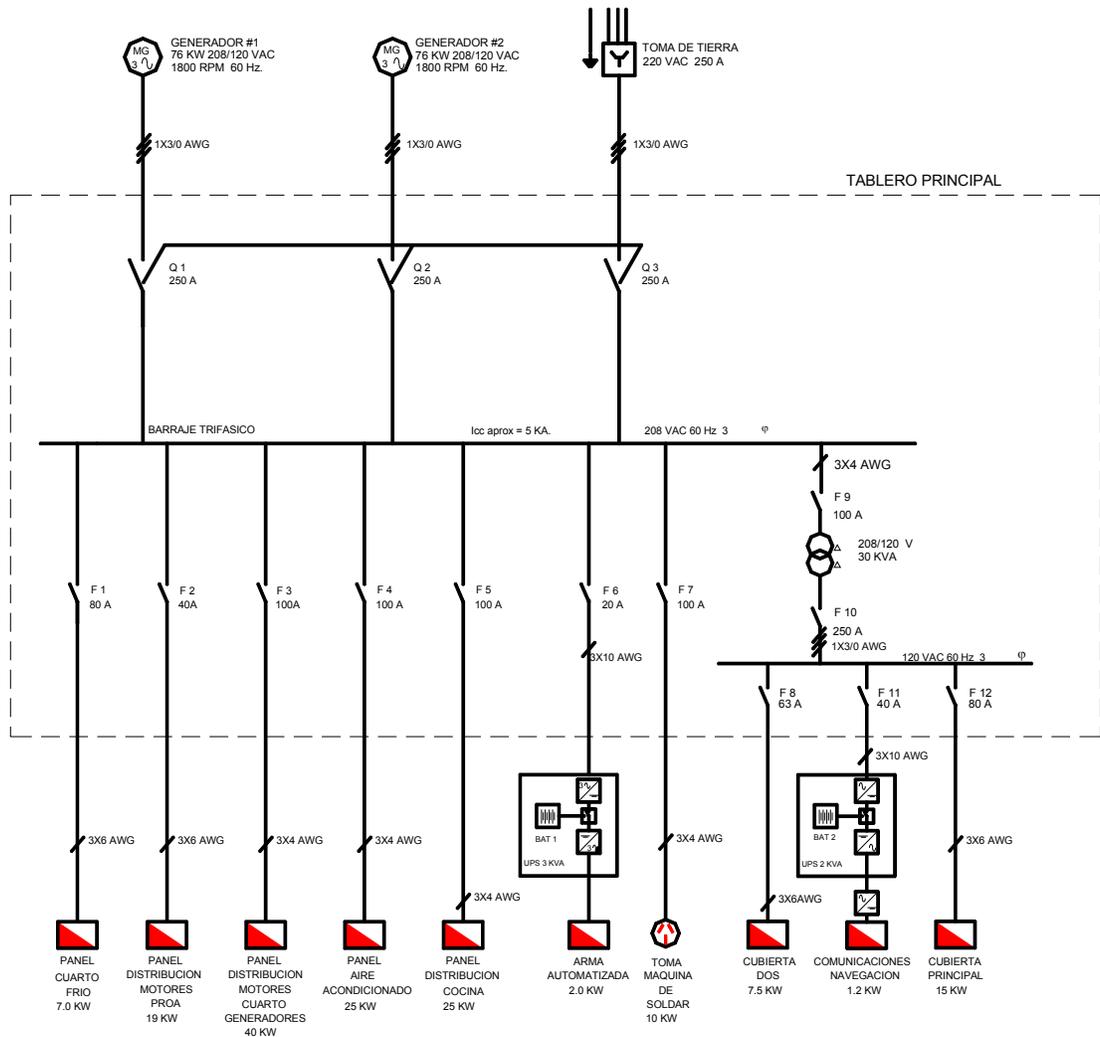
**Tabla 4: Detalles de cableado abordo**

Cable	Especificación	Aplicación
Cable calibre 1 x 2/0 AWG. (m)	Encauchetado, extraflexible, multifilamento para aplicación a la intemperie, puede ser sumergido en agua de mar y ser sometido a esfuerzos de aplastamiento	Alimentación de toma de tierra
Cable calibre 1 x 3/0 AWG. (m)	Encauchetado apto para aplicación marina con aislamiento retardante al fuego, libre de compuestos halógenos y bajo en emisión de humo si se incinera.	Sistema alimentadores, acometidas principales, generador y tablero principal
Cable calibre 3x4 AWG. (m)		Sistema alimentadores alimentación a tableros
Cable calibre 3x6 AWG. (m)		Sistema de alimentadores, alimentación a tableros
Cable calibre 3x10 AWG. (m)		Sistemas auxiliares y acometidas de cocina
Cable calibre 2x12 AWG. (m)		Sistema de aire acondicionado (fancoils), y salidas de fuerza
Cable calibre 2x14 AWG. (m)		Encauchetado apto para aplicación marina con aislamiento retardante al fuego, libre de compuestos halógenos y bajo en emisión de humo si se incinera.
Cable calibre 3x14 AWG. (m)	Sistema de iluminación	
Cable calibre 4x14 AWG. (m)	Sistema de iluminación	
Cable calibre 12 x 2 x 18 AWG. (m)	Encauchetado, apantallado apto para aplicación marina con aislamiento retardante al fuego, libre de compuestos halógenos y bajo en emisión de humo si se incinera, para control y comunicaciones (debe ser apantallado por pares)	
Cable calibre 4 x 18 AWG. (m)		Sistemas electrónicos comunicaciones interiores
Cable calibre 3 x 18 AWG. (m)		Sistemas electrónicos comunicaciones interiores
Cable calibre 14 x 14 AWG. (m)		Sistemas electronicos comunicaciones interiores
Cable calibre 2 x 2 x 18 AWG. (m)		Sistemas electronicos comunicaciones interiores
Cable calibre 2 x 24 AWG. (m)		Sistemas electronicos comunicaciones interiores

El tablero Principal está alimentado desde tres fuentes de potencia, dos grupos electrógenos Marca Caterpillar serie 4.4 con capacidad de 76 Kw que pueden operar en paralelo y una toma de alimentación desde muelle o toma de tierra que se encuentra enclavada con los dos generadores.

Información de la configuración utilizada en este sistema se encuentra en el diagrama unifilar mostrado en la Figura 15.

**FIGURA 15: Plano diagrama unifilar sistema de distribución de energía**



Cortesía departamento de electricidad y electrónica ,DIDESI –COTECMAR

La toma de tierra 220 voltios, 250 Amperios trifásica, se encuentra instalada sobre la cubierta principal, en la zona de popa adosada al mamparo de popa de la lavandería, de tal manera que se pueda alimentar el buque mediante energía desde muelle.

### **3.4 CLASIFICACION POR ZONAS**

Acorde con las especificaciones y recomendaciones de la norma IEC 60533, en su aparte 3.23, el buque debe ser clasificado en zonas tal como se explicó en el ítem 2.2.2.

La Figura 16 es la identificación de las zonas en el diagrama unifilar sugerida por la norma, para mayor comprensión se ha descrito la ubicación de dichas zonas en el interior del buque en las figuras 17, 18, 19 y 20 tomando la misma convención de colores del diagrama unifilar.

- Zona de cubierta y puente: Abarca todos los equipos de comunicación y navegación, cuarto de control de ingeniería, cuarto de control de armas automáticas, puente y cubierta 02, donde se encuentran ubicadas las antenas de comunicación y antenas de radar y GPS.
- Zona de distribución de potencia general: En esta área se incluyeron las alimentaciones a todos los sistemas auxiliares del buque, aire acondicionado, cuartos fríos, bombas de servicio, los cuales son en su mayoría trifásicas a 208 VAC.
- Zona de distribución de potencia especial: En esta zona se incluyeron los grupos electrógenos y el transformador de potencia. Dado que el buque no

cuenta con sistemas de propulsión eléctrica, no fue tenida en cuenta la observación de la norma acerca del nivel de ruido característico de este sistema. En caso que se tuviesen tales niveles de interferencia existe el mecanismo de desacoplamiento recomendado por la norma en esta área, correspondiente al transformador que separa esta zona de la de acomodación y comunicaciones.

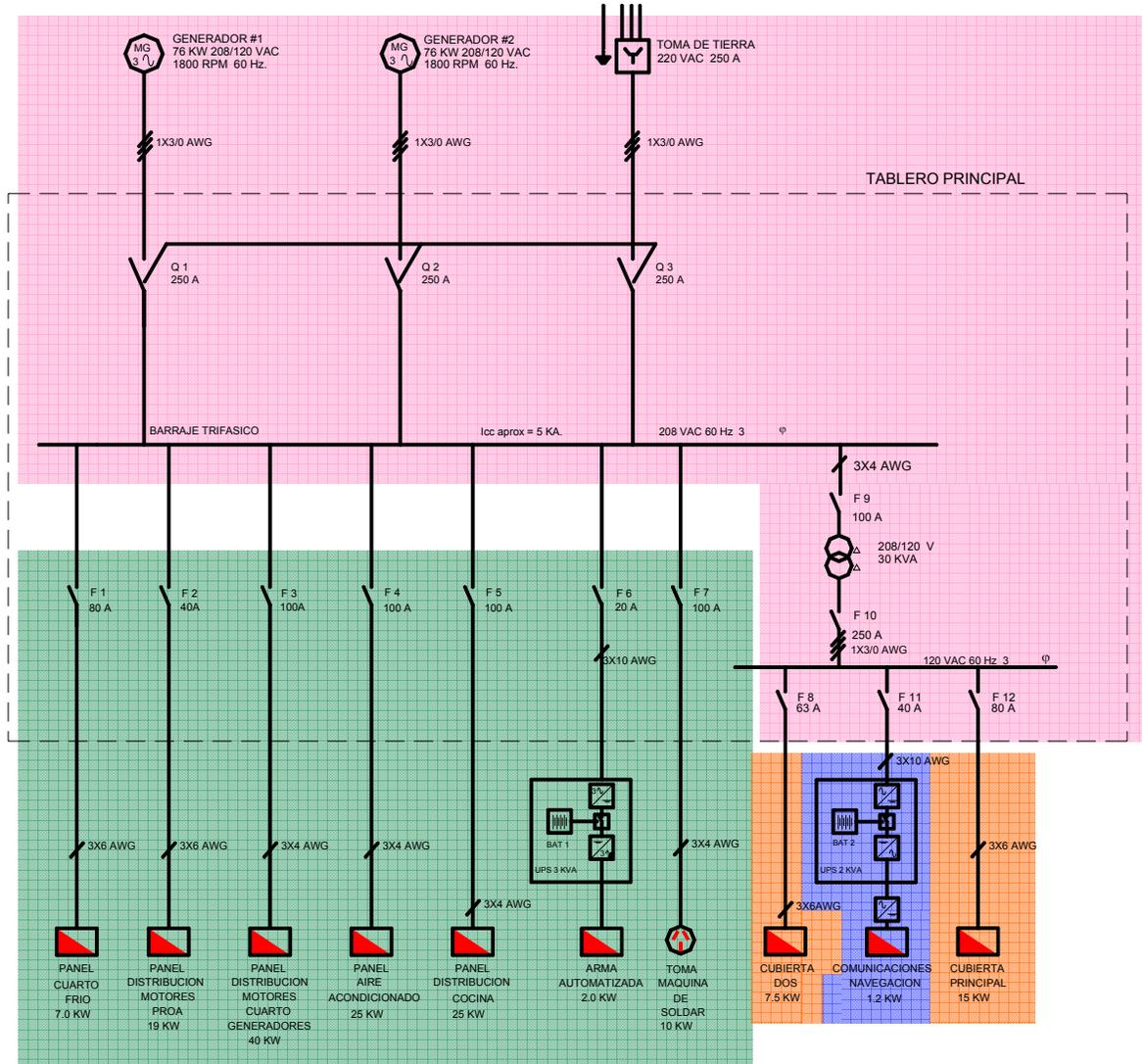
- Zona de acomodación: En esta zona se encuentran alimentados los sistemas de iluminación y salidas de fuerza, los cuales se encuentran en su mayoría al servicio de la zona de acomodación del buque, camarotes, comedor, zona de entretenimiento, enfermería y oficinas.

Las convenciones para las zonas en la disposición general y diagrama unifilar se muestran en la tabla 5:

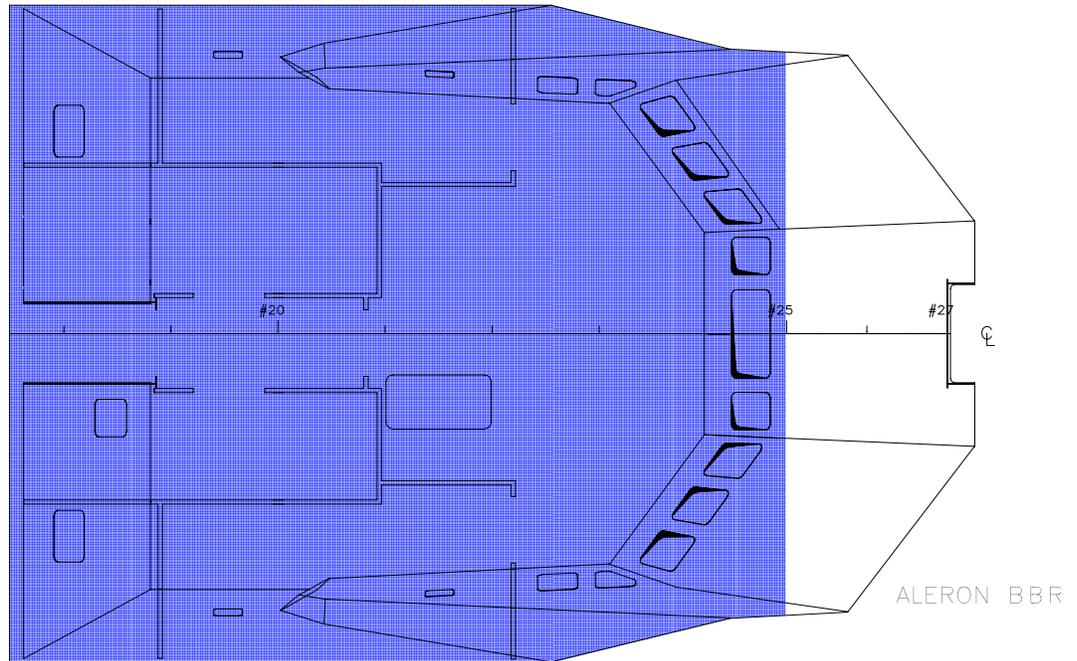
**Tabla 5: Convenciones para identificación de Zonas**

convención	Zona
	Zona de cubierta y puente
	Zona de distribución de potencia general
	Zona de distribución de potencia especial
	Zona de acomodación

FIGURA 16. Plano identificación de zonas en el diagrama unifilar de Nodriza VI



**FIGURA 17. Plano de clasificación zona cubierta y puente**



S.E.I.T

CTO. RADIC

ALERON EBR

FIGURA 18. Plano de clasificación: zonas de cubierta y puente, zona de acomodación y zona de distribución de potencia general

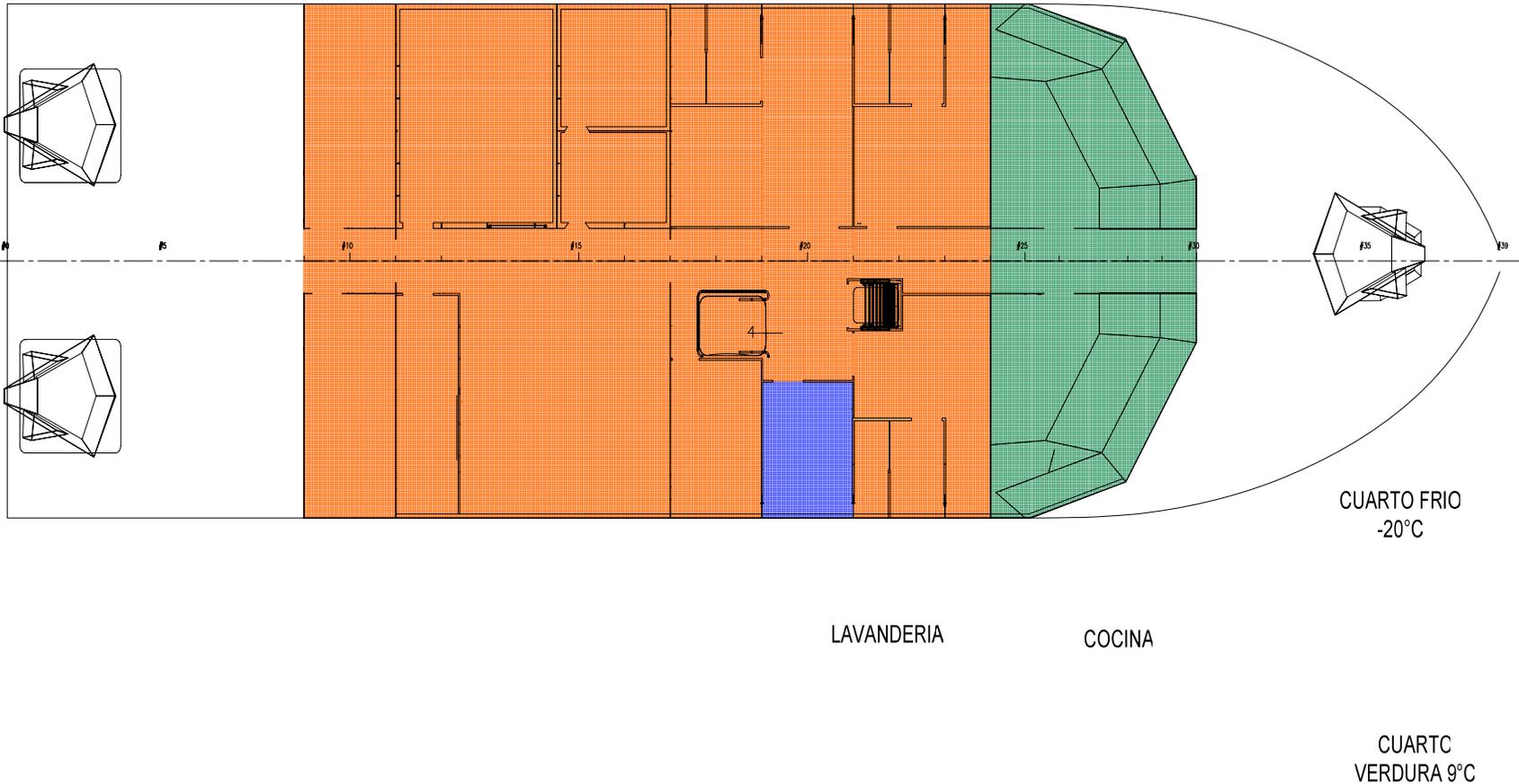
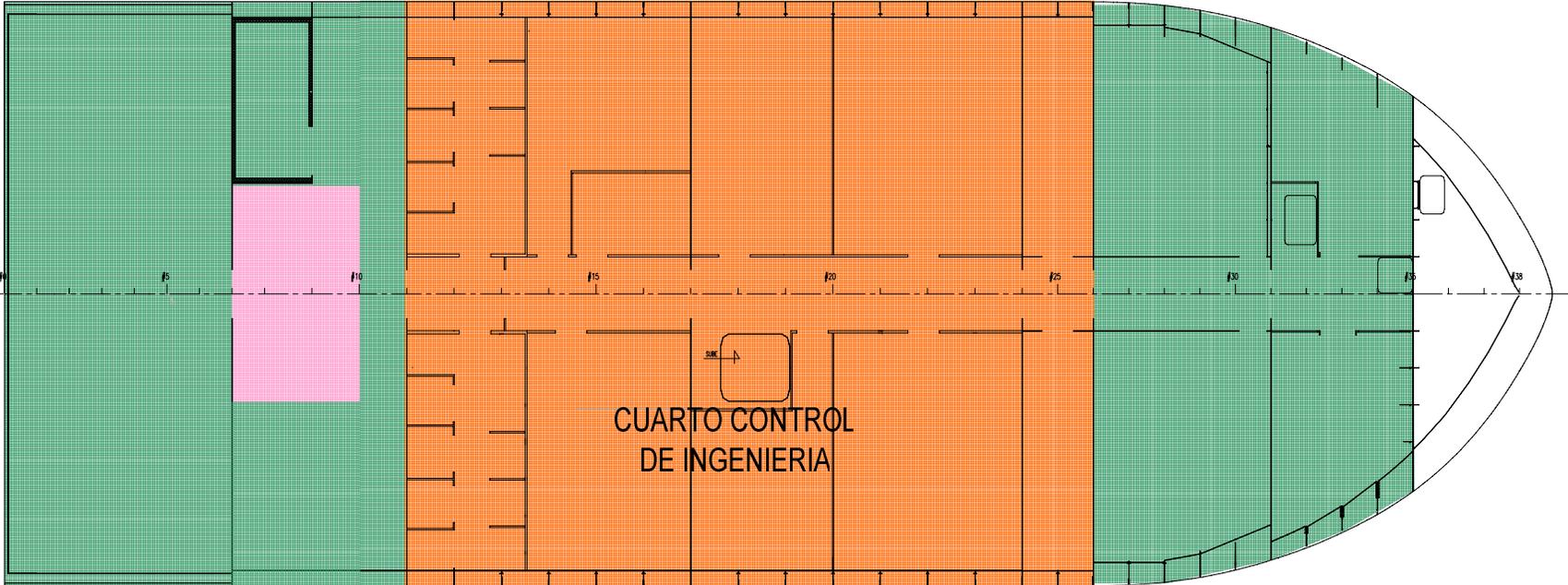


FIGURA 19. Plano de clasificación: zona acomodación, zona de distribución de potencia general y zona de distribución de potencia especial



CUARTO DE  
MAQUINAS PPLS

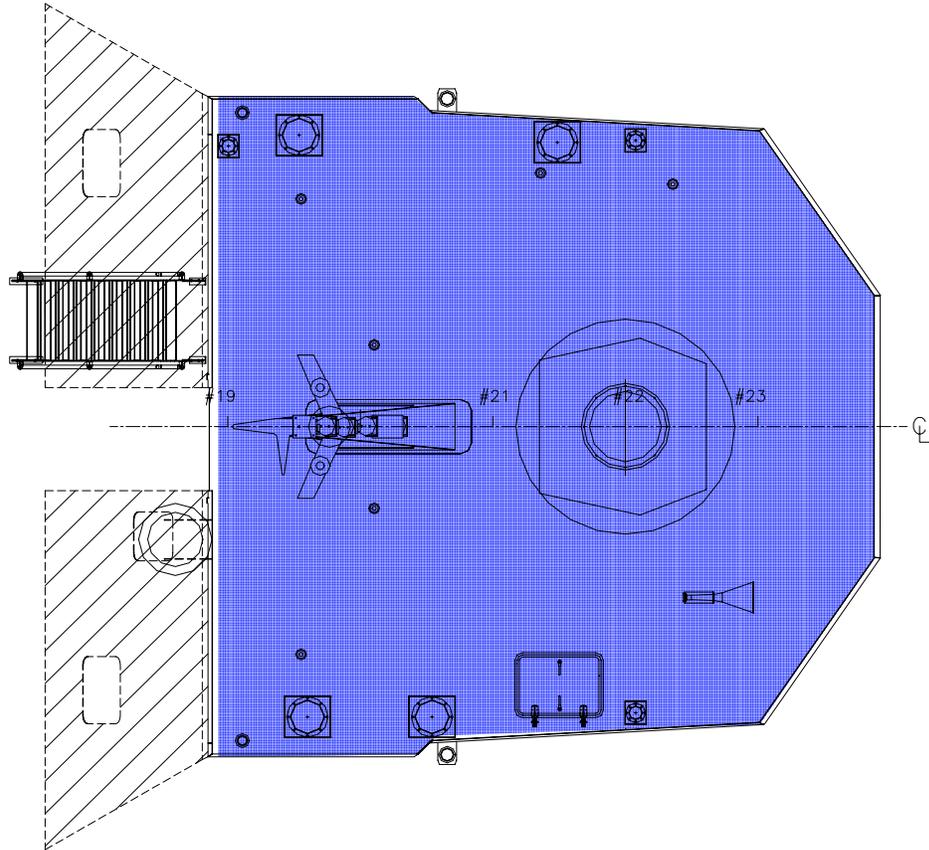
BAÑO BBR

CAMAROTE ECF 3

LACA DE  
REPARACION

CAMAROT  
TRIPULACIO

FIGURA 20. Plano de clasificación: zona de cubierta y puente



#### 4 PRUEBAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

La compatibilidad electromagnética relaciona el nivel de perturbación a causa de las interferencias provenientes del emisor con la susceptibilidad del receptor. Por tanto, la EMC es una disciplina de diseño, análisis y prueba, para asegurar que equipos eléctricos y electrónicos funcionen satisfactoriamente en su entorno electromagnético.

La solución a cualquier problema técnico implica poder cuantificar las variables que intervienen en él mediante procedimientos y condiciones de ensayo reproducibles, para lo cual se requieren también instrumentos y patrones de medida fiables y seguros.

Los ensayos de compatibilidad electromagnética contemplan los tres conceptos de estudio que la componen: emisión, propagación y susceptibilidad, representadas en la Figura 21 como el flujo en un solo sentido pero se debe considerar que puede ser en ambos.

**FIGURA 21: Componentes de todo fenómeno de EMI**



## 4.1 PRUEBAS DE INMUNIDAD CONDUCTIDA

Con el fin de validar el comportamiento de los equipos marinos a bordo del buque bajo estudio (Nodriza Fluvial VI), fueron realizadas las pruebas de inmunidad conducida. Se detallan en este capítulo los procedimientos y resultados de pruebas realizadas en el Laboratorio de Patronamiento Eléctrico de la Universidad de Valle.

Las pruebas de compatibilidad electromagnética son guiadas por la información consignada en la tabla 3, requerimientos mínimos de inmunidad, según la cual a cada puerto de señal o potencia se aplican los parámetros un estándar básico que pretende modelar metodológicamente un fenómeno eléctrico específico.

Estas pruebas de señales conducidas deben ser realizadas sobre las líneas de entrada de potencia y/o cables de señal o comunicaciones, conectadas a los puertos del Equipo Bajo Prueba (EUT); las señales de prueba conducidas son típicamente aplicadas por acoplamiento en modo común usando mecanismos especiales llamados CDN (red de acople – desacople).

El objetivo primordial de estas pruebas es determinar el nivel de inmunidad ante interferencias procedentes de la red de alimentación tales como: impulsos de voltaje y corriente originados por rayos; fallos como: caídas de voltaje, interrupciones cortas y variaciones del voltaje de alimentación. Las descargas electrostáticas (ESD) no proceden de la fuente de alimentación primaria, pero son también un tipo de perturbación conducida y por tanto se incluye dentro de estas pruebas de inmunidad.

Durante las pruebas, el EUT debe estar dispuesto y conectado para satisfacer sus requerimientos funcionales, acorde a las especificaciones de instalación sugeridas por el fabricante, con el fin de que los ensayos sean de conformidad.

Las condiciones climáticas deben estar dentro de los límites especificados por los fabricantes para la operación de los EUT. La norma sugiere los siguientes rangos:

- ◆ Temperatura ambiente: 15 a 35%
- ◆ Humedad relativa: 25 a 75%
- ◆ Presión atmosférica: 860 a 1060 mbar

Los tipos de prueba aquí descritos son los que pueden llevarse a cabo con el equipo-instrumento de prueba BEST EMC (Figura 22), el cual proporciona la facilidad de realizar ensayos sobre equipos eléctricos y electrónicos destinados a utilizarse en un ambiente industrial pesado o ligero, en un entorno residencial o comercial. Este instrumento está diseñado para generar perturbaciones estándar acorde a las normas genéricas de inmunidad electromagnética EN 50082-1 y EN 50082-2, y las normas básicas de la serie IEC 61000; las cuales ayudan a los fabricantes, usuarios e instaladores a establecer y mejorar los niveles de compatibilidad electromagnética conducida y radiada de sus equipos, les proporciona confiabilidad a los productos y mayor valor agregado.

Cuando se realizan pruebas de conformidad, es importante establecer ciertos parámetros que den fiabilidad y veracidad al ensayo. Es fundamental contar un con un procedimiento detallado paso a paso para la realización de cada ensayo, elaborar un plan de pruebas, se necesita considerar los criterios de evaluación pertinentes y sobre todo, la prueba debe ser de carácter reproducible con el fin de validar estadísticamente los resultados obtenidos en cada interacción.

**FIGURA 22: Fotografía del Best EMC, equipo para ejecución de pruebas de EMC.**



Fuente: Laboratorio de Patronamiento Eléctrico UniValle

Es común que el EUT al ser sometido a variedad de pruebas y ensayos varíe la respuesta ante cada entrada, ya sea durante o después del ensayo. Por lo tanto, se deben registrar las anomalías para posteriormente analizarlas.

Los equipos seleccionados para la realización del protocolo de pruebas, no son los mismos que están instalados actualmente en el buque, pero pertenecen a la misma familia de equipos y poseen las características necesarias para operación marina. Se parte de la premisa que son equipos representativos y sobre los cuales se pueden extrapolar los resultados.

A continuación (tabla 6), se listan los equipos sometidos a pruebas:

**Tabla 6: Equipos de muestra para ejecución de ensayos.**

<b>Equipo</b>	<b>Grupo</b>
Radars Furuno 1930	C
GPS Raytheon Nav 398	A
Radio VHF Yaesu FT 2800	A
Radio VHF ICOM M-55	A
Radio HF ICOM M700	A

Los detalles de cada equipo se amplían en el Anexo B. Plan de pruebas.

#### **4.1.1 Prueba de inmunidad electromagnética ante descargas electrostáticas (ESD)**

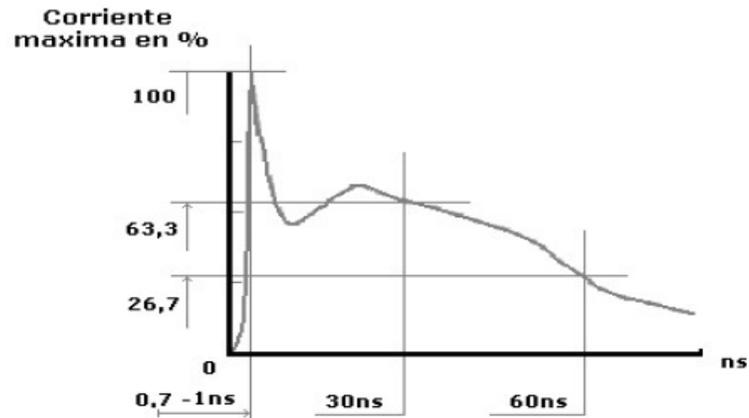
Las descargas electrostáticas afectan al equipo sobre su superficie o frontera física, a través de la cual los campos electromagnéticos pueden ser radiados o emitidos. Además, las descargas electrostáticas pueden provocar serios problemas cuando una persona que transporta una carga de electricidad estática toca la carcasa de dichos equipos.

Como cualquier fenómeno de interferencia, depende enormemente de la ruta tomada por la descarga de corriente y de su amplitud. El objetivo de este tipo de pruebas es el de comprobar los posibles efectos destructivos y determinar la inmunidad ante las descargas electrostáticas de equipos o dispositivos.

El método de prueba consiste en pulsos de alto voltaje (ver Figura 23), que son generados con la pistola externa ESD y aplicarlos al chasis, pantallas y envolventes del equipo, pulsadores y elementos de interfase con el usuario, estando el EUT en operación normal. Esta prueba se realiza bajo la norma IEC 61000 Compatibilidad Electromagnética. Parte 4: Técnicas de prueba y medida.

Sección 2: Pruebas de inmunidad ante la aplicación de descargas electrostáticas. Ver Anexo A para detalles de montaje y ejecución del ensayo.

**FIGURA 23: Forma de onda de corriente para prueba ESD con el Best EMC**



Fuente: manual BestEMC

Para la ejecución del ensayo se tiene en cuenta el ajuste de los siguientes parámetros involucrados y que además son especificados en la tabla 3 y en la norma IEC 61000-4-3 correspondiente para dicha prueba:

- Descarga: Este parámetro indica el método de descarga, el cual puede ser por aire o por contacto.
- Rata de repetición: Es el tiempo de un pulso ESD hasta el próximo.
- Disparo: Define el modo de pulsar el gatillo, puede ser AUTO que es cuando los pulsos son generados automáticamente presionando la tecla RUN; también puede ser MANUAL, que es cuando los pulsos son generados cuando se presiona el gatillo de la pistola.
- Polaridad: Corresponde a la polaridad del pulso aplicado. Puede ser positiva o negativa, ambas son probadas.
- Voltaje: Es el voltaje de prueba ESD. Este voltaje depende del método de descarga.
- Duración: Es el número de descargas que se realizaran a una rata de repetición.

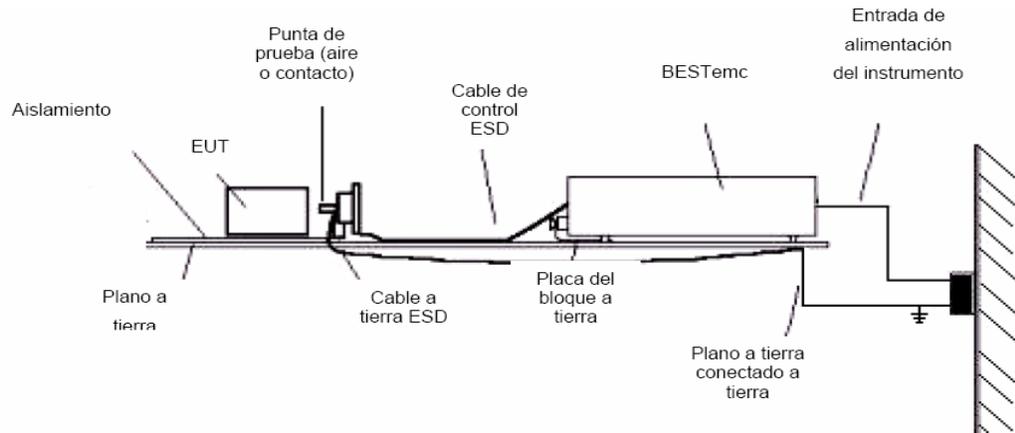
La prueba se realiza de acuerdo a los requerimientos mínimos para inmunidad conducida ante el fenómeno de descargas electrostáticas, para lo cual se establece que el EUT debe ser sometido a descargas de 6 KV al contacto y de 8 KV al aire y se evalúa bajo el criterio B (Ver *Criterios de Aceptación, numeral 2.2.1*). Las descargas por contacto se realizan de forma directa al equipo y de forma indirecta mediante planos de acople vertical y horizontal; ésta última forma corresponde a la simulación de descargas del personal a objetos ubicados o instalados cerca al EUT.

El voltaje de prueba se incrementa desde un valor mínimo de 1 KV hasta el máximo recomendado por la norma, con el fin de determinar algún umbral de falla.

Los puntos reales de aplicación se señalizan en el EUT previa inspección para descubrir posiciones sensibles, son puntos de común acceso del personal operario en operación normal del equipo; así mismo se excluyen los pines de conectores abiertos o puntos que solamente son accesibles durante mantenimiento.

Dentro de los compromisos para la ejecución de la prueba, esta garantizar el montaje apropiado y acorde a la norma (ver Figura 24). En el Laboratorio de Patronamiento Eléctrico de UniValle, se dispuso solo un plano de referencia a tierra sobre la mesa, acrílico aislante y un puente nodo para medición de potencia, voltaje y corriente.

**FIGURA 24: Fotografía y esquema del montaje para la prueba ESD**



**Montaje Real**



Fuente: Laboratorio de Patronamiento Eléctrico UniValle

#### 4.1.2 Prueba de inmunidad electromagnética de calidad de potencia / PQT

El término de calidad de potencia se aplica a una gran variedad de fenómenos electromagnéticos encontrados en los sistemas de potencia. Cuando esto se menciona, se hace referencia a la calidad de las señales de voltaje y corriente que se tienen dentro del sistema de distribución de la energía eléctrica.

Las caídas (o dips) de voltaje son reducciones repentinas del voltaje en un punto dentro del sistema eléctrico durante un corto periodo de tiempo. Una Interrupción

corta, es la desaparición del suministro de voltaje por un período de tiempo no mayor a 1 minuto.

Las interrupciones cortas pueden ser consideradas como caídas del 100% del voltaje. Las caídas e interrupciones de voltaje, son comunes en las redes de distribución eléctrica, y se deben normalmente a reparación de averías o problemas en la estación de suministro. Estos fenómenos no serán normalmente percibidos por algunos equipos si su tiempo de suministro autónomo es suficiente; pero si éste no es el caso, se pueden experimentar apagones transitorios en la alimentación del equipo y por ello en su señal de salida.

La prueba PQT consiste en la simulación de caídas e interrupciones en el voltaje de alimentación del EUT, como se define en la norma básica IEC 61000 -4-11. Ver Anexo A para detalles de montaje y ejecución del ensayo.

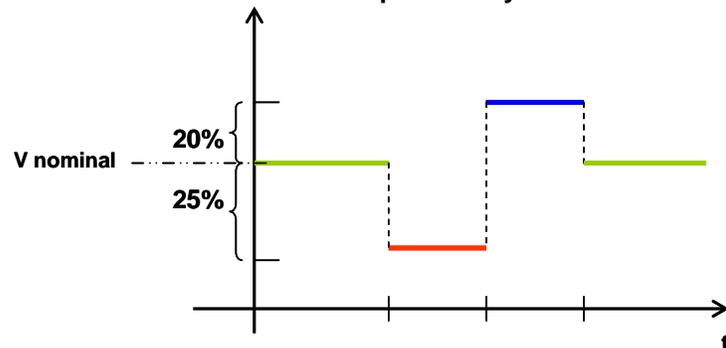
Para la ejecución de la prueba, el equipo Best EMC permite el ajuste de los siguientes parámetros:

- Voltaje: Es el valor de la caída de voltaje durante la prueba. Este valor es expresado como un porcentaje del voltaje de entrada de alimentación del EUT.
- Modo de sincronización: Puede ser sincrónico o asincrónico con la onda de voltaje de entrada de alimentación.
- Angulo: Representa el ángulo en que la caída o la interrupción comienza, desde el cruce por cero sobre la onda de suministro de alimentación.
- Rata de repetición: Se refiere a la duración de una caída o interrupción del voltaje hasta la próxima y es especificada en segundos. Su valor incluye el tiempo del evento; y su rango esta entre 10 y 600 s, con incrementos de 10s.
- Tiempo de evento: Especifica la duración de la caída o la interrupción. Su valor esta entre 0.5 y 250 ciclos, con variación de ajuste

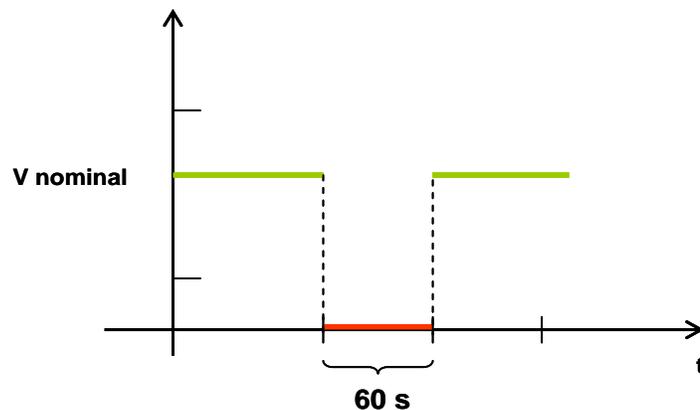
La prueba se realiza de acuerdo a los requerimientos mínimos de inmunidad conducida para equipos, ante el fenómeno de variaciones y fallas en la fuente de alimentación. De acuerdo a la norma básica en los puertos DC, se sugiere aplicar voltajes + 20% y -25% del voltaje de la fuente con tiempos de interrupción de 60s. En la Figura 25 se observa las formas de onda de prueba para fallos e interrupciones en la fuente de alimentación.

Tanto las variaciones como las interrupciones son efectos que se pueden presentar combinados, pero a pesar de ello tienen parámetros de evaluación diferentes para este ensayo. Debe usarse el criterio A para variaciones y criterio C para interrupciones (Ver *Criterios de Aceptación, numeral 2.2.1*).

**FIGURA 25: Formas de onda para ensayo PQT de alimentación DC**



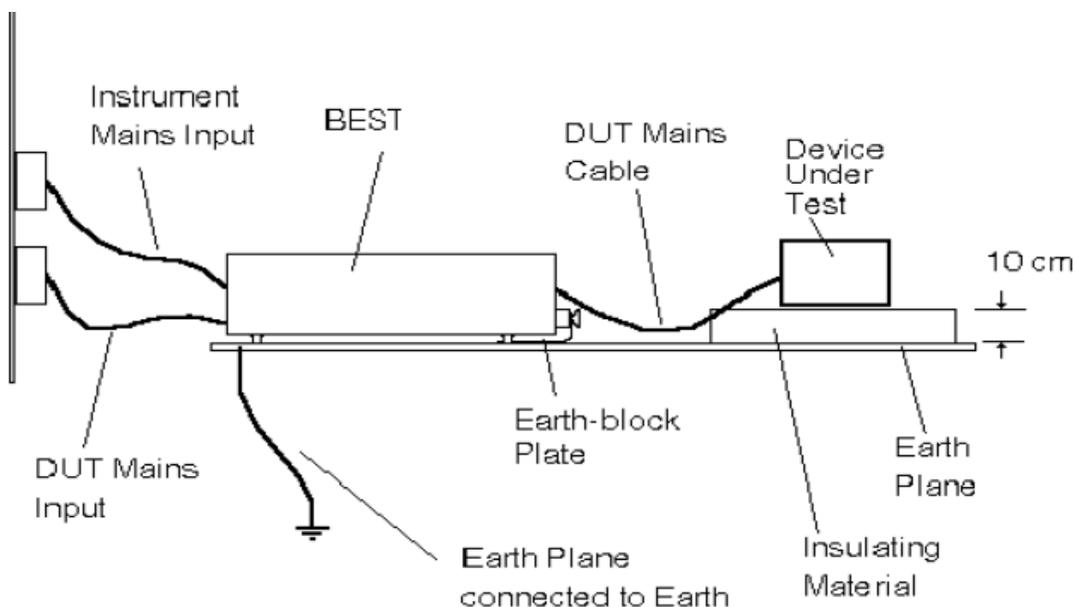
a) Variaciones de tensión en la fuente de alimentación.



b) Fallas o interrupciones en la fuente de alimentación

Al igual que para los demás ensayos, el montaje de la prueba debe cumplir con las guías que de la norma y del equipo de pruebas. La figura 26, es un esquema de la configuración utilizada y recomendada para la ejecución del ensayo.

**FIGURA 26. Esquema del montaje para prueba PQT**



Fuente: manual Best EMC

#### **4.1.3 Prueba de inmunidad electromagnética ante la aplicación de sobrevoltajes transitorios debido a impulsos tipo rayo / SURGE**

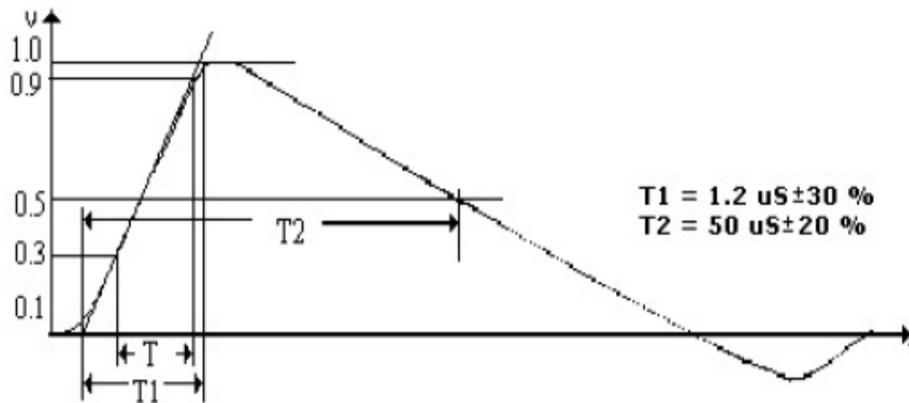
La prueba de sobrevoltajes transitorios SURGE consiste en la aplicación de impulsos de alto voltaje, sobre un equipo eléctrico o electrónico a través de su línea de alimentación, bajo condiciones operacionales nominales.

Se trata de simular los efectos que pueden causar los impactos de descargas atmosféricas dentro de la red de suministro, o los fenómenos de superposición de

tensión por ondas viajeras en las líneas, provocadas por cambios de configuración del sistema eléctrico, esfuerzo de salidas de carga u operaciones de suicheo.

Un sobrevoltaje SURGE, es una forma de onda transitoria de corriente eléctrica, voltaje o potencia propagándose a lo largo de una línea o un circuito, y caracterizada por un pulso de rápido incremento y lenta disminución como se aprecia en la Figura 27.

**FIGURA 27. Forma de onda del pulso de prueba SURGE**



Fuente: manual Best EMC

Esta clase de pulsos son normalmente aplicados sobre los puertos de entrada y salida que son conectados a dispositivos con líneas de potencia AC, DC, telecomunicaciones o sistemas de información. La Norma Básica de prueba para este tipo de transitorios es la IEC 61000-4-5.

La prueba se realiza de acuerdo a los requerimientos mínimos de inmunidad conducida para equipos (Ver Tabla 3), ante el fenómeno de descargas tipo rayo. De acuerdo a la norma básica IEC61000-4-5, se sugieren pulsos de 0.5 kV hasta 1Kv los cuales se hacen en incrementos progresivos de 1000 V con el fin de determinar un umbral de fallo; adicionalmente se sugiere evaluar la prueba bajo el

criterio B tanto en las entradas AC como DC. Ver Anexo A para detalles de montaje y ejecución del ensayo.

Los parámetros que intervienen en el ensayo se describen a continuación, y son ajustados por norma, aunque dependen de las características del EUT, de sus modos de operación y de los puertos bajo prueba.

- Modo de acoplamiento: Se debe seleccionar una de las siguientes combinaciones de los conductores de los cables de alimentación L-N, L-PE, N-PE, L-N-PE.
- Rata de repetición: Específica con qué frecuencia ocurre cada pulso en una prueba y se da en segundos. Su valor puede estar entre 10 y 600 s.
- Polaridad: Es la polaridad del pulso que puede ser positiva o negativa.

#### **4.1.4 Plan de pruebas**

Un plan general de prueba, es una parte vital de la especificación del equipo que se está probando. Ofrece la base alrededor de la cual las etapas de desarrollo y fabricación pueden ser organizadas para que el equipo pueda lograr la inmunidad con el mínimo esfuerzo; por esto, se recomienda que las pruebas se realicen durante la fase de diseño del equipo.

El plan de pruebas ayuda al reconocimiento y optimización de los procedimientos para la prueba, porque contiene información minuciosa sobre el equipo. Uno de los objetivos del plan, es tomar las precauciones necesarias para reducir posibles daños a causa de los ensayos.

#### **4.1.5 Registro de Datos**

Atendiendo las recomendaciones de cada norma aplicada en los ensayos, la verificación del estado del EUT es monitoreada antes y después de la prueba con el fin de determinar variaciones y daños a causa de las mismas.

Se tiene en cuenta la medición de parámetros como tensión y corriente, calentamiento y aspectos visibles como cambios en pantalla y luces indicativas. Las anotaciones de cada prueba se relacionan en las tablas 7 a 16.

#### 4.1.5.1 EUT: GPS Raytheon

**Tabla 7: Registro para la prueba SURGE y PQT para GPS RAYTHEON**

Acoplamiento	Voltaje	Pol.	Rata de repetición	Observaciones
I-n	300	+	20	Condiciones Ambientales: Temperatura: 27° Humedad: 51% Presión: 898 kPa
		-		
	400	+	20	
		-		
	500	+	20	
		-		
I-pe	800	+	20	Variable medida: Corriente de entrada: 240 mA.  Se aplica la perturbación al equipo y presenta funcionamiento normal.
		-		
	900	+	20	
		-		
	1000	+	20	
		-		
Interrupción	Duración			
0%	5 seg.	Condiciones climáticas: Temperatura: 27C Humedad: 50% Presión: 898 kPa		
40%		Se efectúa perturbación y el equipo se apaga con la interrupción del 40% y 70%.		
70%		Es encendido, recupera sus funciones y opera normalmente		

**Tabla 8: Registro para Descargas por contacto y al aire GPS RAYTHEON**

Punto	Pol.	Tensión(KV)			Observaciones
1	+	6	7	8	Condiciones climáticas: Temperatura: 25C Humedad: 74% Presión: 899kpa Al aplicarse las descargas el quipo presenta bloqueo en las funciones, pero al encender de nuevo el equipo recupera operatividad normal.  No hay novedades ni daños al aplicar las descargas a todos los niveles de tensión. Condiciones climáticas:
	-				
2	+				
	-				
3	+				
	-				
4	+				
	-				
Punto	Pol.	Tensión(KV)			Observaciones
1	+	4	5	6	Temperatura: 25C Humedad: 73% Presión: 899kpa En esta modalidad de descargas por contacto directo incluye descargas a planos de referencia vertical y horizontal como se recomienda en la normativa.  Las descargas no provocan ningún tipo de anomalía, no hay novedades ni daños al aplicar las descargas a todos los niveles de tensión. No hay perdida de funciones ni de operatividad
	-				
2	+				
	-				
3	+				
	-				
4	+				
	-				

## 4.1.5.2 EUT: Radio HF ICOM

Tabla 9: Registro de la prueba Surge y PQT Radio HF ICOM

Acoplamiento	Voltaje	Pol.	Rata de repetición	Observaciones
I-n	300	+	20	Condiciones Ambientales: Temperatura: 28C Humedad: 54% Humedad: 899kpa  Se aplica la perturbación al equipo sin que muestre signos de deterioro o mal funcionamiento.
		-		
	400	+	20	
		-		
	500	+	20	
		-		
I-pe	800	+	20	Variable medida: Corriente de entrada 4.4A
		-		
	900	+	20	
		-		
	1000	+	20	
		-		
Interrupción	Duración		Condiciones Climáticas: Temperatura: 27C Humedad: 52% Presión: 899 kPa	
0%	5 seg.		Se efectúa perturbación. El equipo se restablece al finalizar la prueba. No hay signos de deterioros ni pérdidas de funciones.  El equipo se apaga cuando la interrupción es mayor al 40%	
40%				
70%				

**Tabla 10: Registro para Descargas por contacto y al aire Radio HF ICOM**

Punto	Pol.	Tensión(KV)			Observaciones
1	+	6	7	8	Condiciones climáticas:  Temperatura: 25C Humedad: 74% Presión: 899kpa  Al aplicarse las descargas el quipo no presenta bloqueo en las funciones, pero al encender de nuevo el equipo recupera operatividad normal.  No hay novedades ni daños al aplicar las descargas a todos los niveles de tensión.
	-				
2	+				
	-				
3	+				
	-				
4	+				
	-				
Punto	Pol.	Tensión(KV)			Observaciones
1	+	4	5	6	Condiciones climáticas:  Temperatura: 25C Humedad: 70% Presión: 899kpa  En esta modalidad de descargas por contacto directo incluye descargas a planos de referencia vertical y horizontal como se recomienda en la normativa.  En modo de Tx la modulación consume niveles normales de corriente, máximo 4.7A.
	-				
2	+				
	-				
3	+				
	-				
4	+				
	-				

## 4.1.5.3 EUT: Radar

Tabla 11: Registro de la prueba Surge y PQT Radar

Acoplamiento	Voltaje	Pol.	Rata de repetición	Observaciones
I-n	300	+	20	Condiciones Ambientales: Temperatura: 28C Humedad: 54% Humedad: 899kpa  Se aplica la perturbación al equipo sin que muestre signos de deterioro o mal funcionamiento.
		-		
	400	+	20	
		-		
	500	+	20	
		-		
I-pe	800	+	20	
		-		
	900	+	20	
		-		
	1000	+	20	
		-		
Interrupción	Duración			Condiciones Climáticas: Temperatura: 26C Humedad: 52% Presión: 899 kPa  Se efectúa perturbación. El equipo se restablece al finalizar la prueba. No hay signos de deterioros ni pérdidas de funciones. El equipo se apaga cuando la interrupción es mayor al 40%
0%	5 seg.			
40%				
70%				

Tabla 12: Registro para Descargas por contacto y al aire Radar

Punto	Pol.	Tensión(KV)			Observaciones
1	+	6	7	8	<p>Condiciones climáticas:</p> <p>Temperatura: 25C  Humedad: 74%  Presión: 899kpa</p> <p>Al aplicarse las descargas el quipo no presenta bloqueo de las funciones, al encender de nuevo el equipo presenta operatividad normal.</p> <p>No se observan oscilaciones significativas de corriente en el amperímetro, tampoco perturbaciones en la pantalla.</p> <p>Al aplicar 8Kv se observan arcos de corriente entre la punta redonda de la pistola ESD y el teclado de la pantalla, en el botón de aumento de escala, sin que ello no afecte de ninguna manera la operatividad del radar.</p>
	-				
2	+				
	-				
3	+				
	-				
4	+				
	-				
Punto	Pol.	Tensión(KV)			Observaciones
1	+	4	5	6	<p>Condiciones climáticas:</p> <p>Temperatura: 26C  Humedad: 64%  Presión: 901 kPa</p> <p>En esta modalidad de descargas por contacto directo incluye descargas a planos de referencia vertical y horizontal como se recomienda en la normativa.</p> <p>Se presentan variaciones de corriente en la primera prueba, pero la pantalla no muestra anomalías durante la prueba.</p> <p>Luego se repite la perturbación pero no se vuelven a observar las variaciones de corriente.</p> <p>El radar después de esta prueba presenta funcionamiento normal.</p>
	-				
2	+				
	-				
3	+				
	-				
4	+				
	-				

## 4.1.5.4 EUT: Radio VHF ICOM

Tabla 13: Registro de la prueba Surge y PQT Radio VHF ICOM

Acoplamiento	Voltaje	Pol.	Rata de repetición	Observaciones
I-n	300	+	20	<p>Condiciones Ambientales:            Temperatura: 26C            Humedad: 59%            Presión: 901kpa</p> <p>Se aplica la perturbación al equipo sin que muestre signos de deterioro o mal funcionamiento.</p> <p>Se mide la potencia de salida: 30W ligeramente mayor que lo medido antes de someter a prueba</p> <p>Se presentan chispas en la conexión a tierra, posible mal contacto.</p> <p>Condiciones Climáticas:            Temperatura: 26C            Humedad: 59%            Presión: 901 kPa</p> <p>Se efectúa perturbación. El equipo se restablece al finalizar la prueba. No hay signos de deterioros ni pérdidas de funciones.            El equipo se apaga cuando la interrupción es mayor al 40%</p>
		-		
	400	+	20	
		-		
	500	+	20	
		-		
I-pe	800	+	20	
		-		
	900	+	20	
		-		
	1000	+	20	
		-		
<b>Interrupción</b>	<b>Duración</b>			
0%	5 seg.			
40%				
70%				

Tabla 14: Registro para Descargas por contacto y al aire Radio VHF ICOM

Punto	Pol.	Tensión(KV)			Observaciones
1	+	6	7	8	<p>Condiciones climáticas:            Temperatura: 28C            Humedad: 54%            Presión: 901kpa</p> <p>No se observan oscilaciones significativas de corriente en el amperímetro, tampoco perturbaciones en la pantalla.</p> <p>El consumo de corriente se mantiene en 4.7 A            La potencia mantiene 21W.</p>
	-				
2	+				
	-				
3	+				
	-				
4	+				
	-				
Punto	Pol.	Tensión(KV)			Observaciones
1	+	4	5	6	<p>Condiciones climáticas:            Temperatura: 28C            Humedad: 54%            Presión: 901 kPa</p> <p>En esta modalidad de descargas por contacto directo incluye descargas a planos de referencia vertical y horizontal como se recomienda en la normativa.            Funcionamiento normal, tanto la potencia como la corriente se mantiene en 22W y 4.77A            A pesar del calentamiento y de picos negativos en la medición de corriente el equipo se mantiene funcionando bien.</p>
	-				
2	+				
	-				
3	+				
	-				
4	+				
	-				

## 4.1.5.5 EUT: Radio VHF YAESU

Tabla 15: Registro de la prueba Surge y PQT Radio VHF Yaesu

Acoplamiento	Voltaje	Pol.	Rata de repetición	Observaciones
I-n	300	+	20	<p>Condiciones Ambientales:            Temperatura: 28C            Humedad: 56%            Presión: 901kpa</p> <p>Se aplica la perturbación al equipo sin que muestre signos de deterioro o mal funcionamiento.</p> <p>Al medir la potencia de salida se tienen 10W, se cree que las pérdidas se incrementan por el tipo de cable de antena, ya que no es el adecuado.</p> <p>Condiciones Climáticas:            Temperatura: 26C            Humedad: 59%            Presión: 901 kPa</p> <p>Se efectúa perturbación. El equipo se restablece al finalizar la prueba. No hay signos de deterioros ni pérdidas de funciones.</p> <p>El equipo se apaga cuando la interrupción es mayor al 40% al igual que todos los demás equipos.</p>
		-		
	400	+	20	
		-		
	500	+	20	
		-		
I-pe	800	+	20	
		-		
	900	+	20	
		-		
	1000	+	20	
		-		
<b>Interrupción</b>	<b>Duración</b>			
0%	5 seg.			
40%				
70%				

**Tabla 16: Registro para Descargas por contacto y al aire Radio VHF Yaesu**

Punto	Pol.	Tensión(KV)			Observaciones
1	+	6	7	8	Condiciones climáticas: Temperatura: 25C Humedad: 73% Presión: 900kpa  Las descargas en el punto 3 y 4 produce alta distorsión en la pantalla. Al apagar y encender se reestablece el funcionamiento.  Se quema el fusible de alimentación y a pesar de la distorsión en pantalla, la función de transmisión no se ve afectada. Es decir solo se ve afectado el display, más no la operatividad del equipo.
	-				
2	+				
	-				
3	+				
	-				
4	+				
	-				
Punto	Pol.	Tensión(KV)			Observaciones
1	+	4	5	6	Condiciones climáticas: Temperatura: 25C Humedad: 74% Presión: 900 kPa  Las descargas por contacto directo incluyen descargas a planos de referencia vertical y horizontal como se recomienda en la normativa.  La potencia medida es de 7.94W Funcionamiento normal.
	-				
2	+				
	-				
3	+				
	-				
4	+				
	-				

## 4.2 MATRIZ EMI

De acuerdo con el ítem B.4.2 de la norma IEC-60533, debe realizarse una matriz de interferencias electromagnéticas (matriz EMI) la cual contiene la información de cada equipo o sistema instalado en el Buque Nodriza Fluvial VI. En esta matriz se encuentran organizados todos los equipos y sistemas abordo clasificados de acuerdo a los grupos, en las filas aparecen los equipos receptores y en las columnas aparecen estos mismos como emisores. El llenado de la matriz fue realizado experimentalmente en una prueba de río, donde normalmente deben operar los Buques Nodriza.

El objetivo de la elaboración de la matriz de interferencias, es consolidar la información del comportamiento de los equipos cuando funcionan de manera simultánea y a través de ésta, detectar las fuentes de interferencias y tomar las decisiones pertinentes en pro de la minimización hasta niveles permisibles de emisión y susceptibilidad.

### 4.2.1 Pruebas de Río y Registro de datos

Las pruebas consistieron en realizar ensayos encendido/apagado de equipos y verificar si durante la operación simultánea existían interferencias, ruidos o alteración de funciones con respecto al equipo que funcionaba como receptor. En el desarrollo de la prueba se hizo énfasis en la operación paralela de radios, tanto en transmisión como en recepción y encendido/apagado de equipos con altas demandas de corriente al arranque como el sistema de aire acondicionado y cuartos fríos.

Los resultados de éstas pruebas se muestran en la matriz EMI de la tabla 17. Para expresar la interacción de los equipos durante la prueba de río, se utilizaron los símbolos de la tabla 18.

EQUIPOS Y GRUPOS DE INSTALACION	EQUIPOS/SISTEMAS ABORDO	TS	Rx	EMISORES																																							
				A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	C1	C2	D1	D2	E1	E2	E3	G1	G2	G3	H1	H2					
				A	RADIO COMUNICACION Y NAVEGACION	COMPAS MAGNETICO	ES	A1	■																																		
GPS	ES	A2				■																																					
RADIO HF 125 W DTS	ES	A3					■		#																																		
RADIO HF 125 W	ES	A4						■																																			
RADIO HF TACTICO	ES	A5						■	■																																		
RADIO VHF TACTICO	ES	A6								■																																	
RADIO VHF FM	ES	A7									■																																
RADIO UHF	ES	A8										■																															
RADIO VHF A M	ES	A9											■																														
RADIO VHF PORTATIL	ES	A10												■																													
TELEFONO SATELITAL	S	A11													■																												
TELEFONO MICROONDAS	S	A12														■																											
TELEFONOS AUTOEXCITADOS	S	A13															■																										
INTERCOMUNICADOR	S	A14																■																									
B	SISTEMAS DE GENERACION Y CONVERSION DE POTENCIA	GENERADORES	PP	B1																■																							
		TRANSFORMADOR	PP	B2																		■																					
		UPS RADIO Y COMUNICACIONES	PP	B3																			■																				
		UPS ARMA AUTOMATICA	PP	B4																				■																			
		FUENTES REGULADAS 12VDC	PP	B5																					■																		
		FUENTES REGULADAS 24 VDC	PP	B6																						■																	
		LAMPARAS FLUORESCENTES 2X20W	PP	B7																						■																	
		LAMPARAS FLUORESCENTES +LUZ PILOTO	PP	B8																							■																
		LAMPARAS DE CABECERA	PP	B9																								■															
C	EQUIPOS DE ENERGIA PULSADA	RADAR	EXP	C1																																							
		ECOSONDA	EXP	C2																																							
D	SISTEMAS DE CONTROL	INTERRUPTORES DE POTENCIA	PP	D1																																							
		PLC	PP	D2																																							
E	PROCESAMIENTO E INTERCOMUNICACION	COMPUTADORES	S	E1																																							
		DETECTORES DE HUMO	S	E2																																							
		DETECTORES DE TEMPERATURA	S	E3																																							
G	SISTEMAS INTEGRADOS	SISTEMA DE CONTROL DE LA PROPULSION	E	G1																																							
		SISTEMA RONZA CASAMATAS	E	G2																																							
		SISTEMA ESCORPION	E	G3																																							
H	EQUIPOS EN AREAS CLASIFICADAS	LUMINARIAS A PRUEBA DE EXPLOSION	PP	H1																																							
		BOMBAS DE SISTEMAS DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE	PP	H2																																							

Tabla 17: Matriz EMI

**Tabla 18: Simbología utilizada en la matriz EMI**

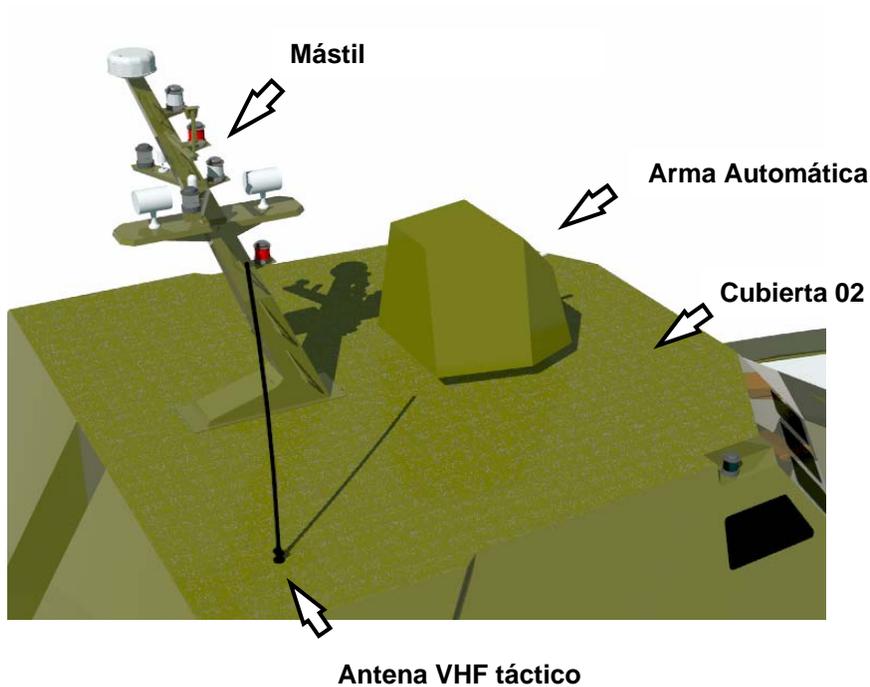
<b>símbolo</b>	<b>significado</b>
⊕	Interferencia posible pero no evidenciada en las pruebas
–	Interferencia no presente en las pruebas
#	Interferencia posible pero controlada
■	Interferencia presente en las pruebas
TS	Tipo de señal
ES	Extremadamente Sensible
PP	Potencialmente Perturbador
EXP	Extremadamente Perturbador
E	Especial
S	Sensible

En las pruebas de río realizadas, se encontró que la operación simultanea del sistema de ronza de la casamata identificado en la matriz EMI como G2, entorpece la comunicación de los teléfonos auto excitados (A13 en la matriz EMI) interrumpiendo por completo la señal de voz, por tanto, mientras alguna de las tres casamatas se encuentra en operación, no es posible la comunicación entre ellas y el puente por medio de teléfonos auto excitados y la tripulación del buque recurre a los radios VHF portátiles.

En las entrevistas con el radio operador del buque, éste manifestó que la antena del radio VHF táctico identificado en la matriz EMI como A6, tiene problemas en la recepción y transmisión cuando opera en modo de alta potencia; el radio operador realizando pruebas, encontró que batiendo la antena hacia proa lograba mejorar esta novedad en el enlace, por tanto, se asume que el mástil y/o sus equipos asociados son elementos que provocan alteraciones en el funcionamiento de este radio y debe ser revisada la ubicación de la antena en la cubierta o el material de fabricación del mástil y buscar soluciones asociadas a la

compatibilidad para reducir esta interferencia. En el isométrico de la Figura 28, se aprecia la disposición en cubierta 02 de la antena del radio A6 con problemas de interferencia donde se puede inferir que su patrón de radiación se ve afectado por el mástil, incluso, se podría considerar que los demás periféricos mostrados en la figura también pueden contribuir al problema.

**FIGURA 28. Isométrico detalle de ubicación de mástil y antena VHF**



En la matriz realizada en la tabla 18 se colocaron dos símbolos especiales: el símbolo #, que expresa la capacidad del equipo A3 de interceptar las comunicaciones de los equipos A4 Y A5, se denomina como interferencia controlada porque hace parte de la función del equipo A3 y se encuentra a opción del radio operador.

Por otro lado, el símbolo  $\oplus$  expresa interferencia posible pero no evidenciada en las pruebas. De esta forma, el principio de funcionamiento del equipo B8(Luminarias fluorescentes 2x20W con arrancador de descarga, el cual es

conocido como fuente de ruido) se consideró con posibilidad de interferencia en el funcionamiento de los radios. Con este precedente, fue realizada la prueba de encendido/apagado teniendo en cuenta que existen de este tipo de luminarias en la vecindad de los radios, pero no se hizo observable ninguna interferencia, con lo cual se concluye que el nivel de inmunidad de los radios instalados es mayor que el nivel de emisión de las lámparas mencionadas.

### 4.3 RESUMEN DE RESULTADOS

Las pruebas desarrolladas en el laboratorio de patronamiento eléctrico de la Universidad del Valle, permiten validar los niveles de inmunidad de los equipos sometidos ante perturbaciones simuladas. Con las pruebas “in situ” o de río, se prueban los equipos y sistemas con las condiciones ambientales reales y con las perturbaciones propias de la ubicación espacial de los equipos en el buque, lo cual permite tomar medidas más precisas para la reducción de interferencias. Los resultados de las pruebas se resumen en la tabla 19, a continuación:

**Tabla 19: Resumen de resultados de pruebas**

Equipo/ Sistema	Pruebas Realizadas	Criterio de evaluación	Resultado	Observaciones
Radio HFCOM M55	PQT ESD SURGE	A, C B B	Pasó	Ver reporte generado por el Best EMC en los anexos.
Radio VHF ICOM			Pasó	
Radio VHF YAESU			Pasó	
Radar			Pasó	
GPS			Pasó	
A6 (según Matriz EMI)	On/Off	Operación Normal	Interferencia en modo de Tx en alta potencia con mástil.	Tratamiento del problema en el capítulo de recomendaciones.
A13 (según Matriz EMI)			Interferencia en comunicación cuando opera G2	

## **5 SUGERENCIAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO Y ELECTRONICO DE NODRIZA VI CONSIDERANDO LA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA**

De acuerdo con el Anexo C de la norma IEC 60533, Las medidas que se toman en un análisis de compatibilidad electromagnética están orientadas a:

- Desacoplar las interferencias entre las fuentes y los equipos /sistemas asociados.
- Reducción del nivel de emisión.
- Incrementar la inmunidad a las perturbaciones de los equipos/sistemas afectados

En este capítulo, se anotarán las recomendaciones de la norma y se contrastará su aplicabilidad para mejorar el nivel de compatibilidad del buque Nodriza Fluvial VI; además serán tratadas las anomalías encontradas en las pruebas de río y se propondrá una solución a estas novedades.

### **5.1 MEDIDAS GENERALES PARA LA REDUCCIÓN DE INTERFERENCIAS**

Las medidas que se deben tomar para la reducción de interferencias electromagnéticas se aplican individualmente o en combinación, se resumen a continuación junto con su aplicabilidad en el Buque Nodriza:

### 5.1.1 Apantallamiento

El propósito de este tipo de protección es encapsular campos para que se reduzcan las emisiones y blindar equipos susceptibles contra interferencias de campos externos. Comúnmente se aplica realizando Instalación en encerramientos metálicos y uso de cables apantallados incluyendo terminales que permitan el aterrizamiento de la pantalla al encerramiento del equipo y al casco.

En las consideraciones actuales, no existen criterios de selección de equipos de acuerdo a esta recomendación, se especifican encerramientos de acuerdo a su sitio e instalación e índice de protección necesario (IP), protección contra los choques mecánicos (índice IK), de igual forma sucede con las terminales de entrada a los equipos. A menos que sea especificado por el fabricante, se utilizan prensaestopas.

Como mejora al diseño con respecto a esta medida de aseguramiento de la compatibilidad, se incluirán terminales de cable que aterricen el apantallamiento de los cables de control y dado que no es necesario para los cables de potencia, se continuarán utilizando las prensaestopas para esta aplicación.

### 5.1.2 Aterrizamiento

Todas las partes metálicas no energizadas del buque deben ser aterrizadas firmemente al casco del mismo.

Las conexiones realizadas deben tener las siguientes características

- Baja impedancia HF
- Corta longitud
- Conexiones resistentes a la vibración propia del buque
- Resistencia a la corrosión

### ◆ Accesibilidad para rutinas de inspección

Las áreas de contacto para las conexiones deben ser limpias, libres de vestigios de corrosión o pintura aislante. Se recomienda la aplicación de spray anticorrosivo a estos puntos de aterrizamiento y realizar rutinas de limpieza durante la vida útil del buque.

Por rutinas de construcción en Cotecmar, estos puntos de aterrizamiento están siendo pintados y no existen especificaciones formales para el aterrizamiento de los equipos. Como una mejora al proceso de instalación de estos equipos se debe incluir en los planos de instalación los tópicos concernientes al aterrizamiento de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

De igual forma, deben ser incluidas en la lista de materiales los materiales adecuados para efectuar estas conexiones, como trenzas metálicas y tornillos para fijación, los cuales deben ser resistentes a la corrosión.

Se recomienda que la trenza metálica sea de cobre.

### **5.1.3 Selección y Ruteo de cables**

Para el ruteo y selección de cables en los buques tipo Nodrizza deben atenderse las siguientes recomendaciones:

- ◆ Los cables deben clasificarse en categorías de acuerdo con el tipo de señal que transportan. Como una medida preventiva de acuerdo con lo expresado en el ítem C.2.4 de la norma IEC 60533, los cables deben rutearse en las bandejas con 10 cm. de separación entre categorías; si la distancia que recorren es mayor a un metro. El mismo requerimiento debe establecerse si los cables operan con diferentes niveles de señal.

- ◆ Los cables que pertenecen a las categorías 1, 4 y 5 deben ser ruteados por una superficie metálica que puede ser la cubierta o un ducto metálico que no este aislado del casco/estructura del buque
- ◆ Los cables de categoría 3 y 4 deben ser ruteados por tubería metálica
- ◆ Debe utilizarse tubería metálica de por lo menos 1mm de espesor o utilizar cable apantallado de alta capacidad de blindaje toda vez que no sea posible garantizar los 10 cm. de separación entre cables de diferentes categorías o nivel de señal.
- ◆ El apantallamiento del cable nunca debe ser utilizado como conductor de retorno, exceptuando los cables coaxiales.
- ◆ Equipos de radio comunicación y periféricos auxiliares deben ser conectados con cables de alimentación de potencia apantallados
- ◆ Los cables para antenas receptoras deben ser instalados con doble apantallamiento. En caso que estos sean coaxiales estos deben ser ruteados por tubería metálica
- ◆ Los cables para radar y ecosonda deben ser doblemente apantallados o ser de tipo coaxial ruteado en tubería metálica

Entre las recomendaciones de la norma cabe anotar que la instalación de cables en bandejas fue realizada cerca de la cubierta inmediatamente superior utilizando bandejas metálicas.

En adelante, para la especificación de cableado de los buques nodriza se incluirán las siguientes especificaciones de acuerdo a la tabla C.1 de la norma IEC 60533.

**Tabla 20. Clasificación de cables**

Cables para	Nivel Tensión	clasificación emisión/ inmunidad	Categoría Cable	Tipo de cable	Estándar aplicable
Recepción señal de radio Recepción Señales Tv Señales de Video	0,1 mV a 500mV	Extremadamente sensible	3	Coaxial	IEC 60096-1
Señales análogas y digitales Señales telefónicas Señales de altavoces Señales de control Señales de alarma	0,1V a 115 V	Sensible	2	Trenzado, apantallado individualmente, apantallado por pares	IEC60092-374 IEC60092-375 IEC60092-376
Alimentación de potencia Iluminación	10 V A 1000 V	Potencialmente perturbador	1	Debajo de la cubierta: No apantallado; Encima de la cubierta: trenzado apantallado	IEC60092-350 IEC60092-353
Señales de transmisión de alta potencia Señales Pulsadas de alta potencia	10V a 1000 V	Extremadamente perturbador	4	Coaxial; apantallado para alimentación	Cable especial
Convertidores de estado sólido de alta potencia				Trenzado, apantallado	IEC60092-350 IEC60092-353
Aplicaciones especiales		Especial	5		
Fibra óptica			-		

Fuente: IEC 60533

#### **5.1.4 Filtrado y Protección Contra Sobretensiones**

La aplicación de filtros, componentes para sobretensiones o la combinación de ambos permiten reducir el acoplamiento de interferencias conducidas sin distorsionar las señales de potencia y señal deseadas.

Los filtros pueden ser aplicados al emisor de la perturbación y al equipo susceptible. Deben ser aplicados al emisor especialmente si hay un solo emisor o su nivel de emisión es considerablemente más grande que el de los otros emisores. Se aplican al equipo sensible cuando su susceptibilidad es alta comparada con otros equipos sensibles o cuando el número de equipos sensibles es menor que el número de emisores que deben filtrarse.

En sistemas con cables extensos deben ser colocados filtros debido a que existe el riesgo de interferencias inducidas. Los filtros insertados no deben perturbar las señales propias del sistema.

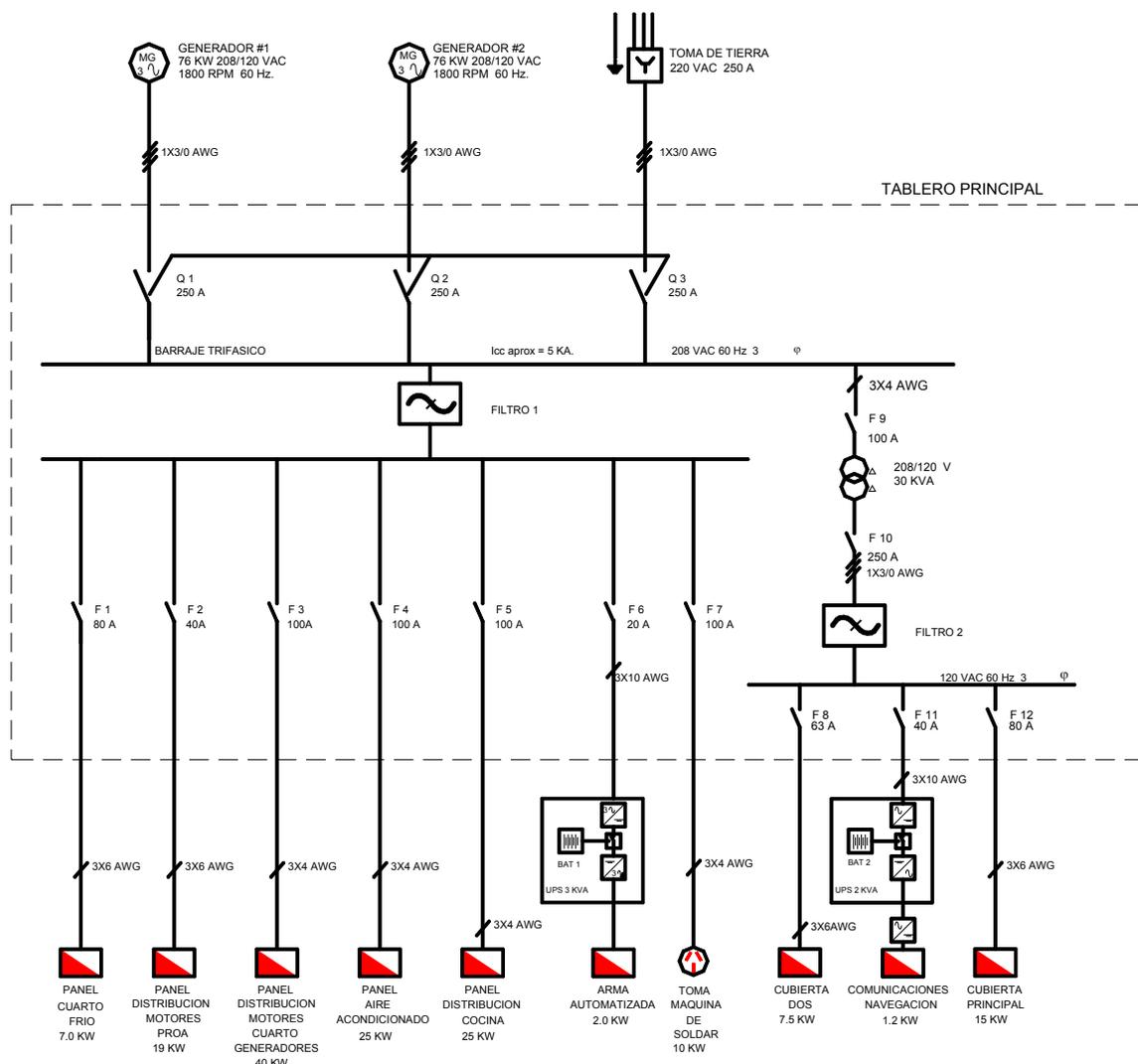
En el caso particular de estudio, los cables de control de mayor extensión son los del sistema de propulsión (60m), se consultará al proveedor del sistema concertando los datos con respecto a esta longitud.

Para el desacoplamiento de las áreas del buque, deberán insertarse en el sistema eléctrico los siguientes filtros

Entre la zona de puente y la zona de distribución de potencia general se debe colocar un filtro RFI capaz de desacoplar 30 dB en el rango de 10KHz a 30MHz. A pesar de la recomendación de la norma este filtro no será considerado porque el principio de operación de las UPS 1 y 2 instaladas a bordo tienen tecnología traee on-line, la cual consiste en la rectificación completa de la señal sinusoidal de entrada logrando una onda 100% pura a la salida/alimentación de los equipos.

En las zonas de potencia general y acomodación se debe desacoplar el equivalente a la diferencia de los límites de emisión entre la zona de distribución Especial y la zona respectiva; estos filtros se tendrán en cuenta para el diseño, este cambio afecta el diagrama unifilar tal como se muestra en la figura 35.

**FIGURA 29. Filtros necesarios en el diagrama unifilar**



## **5.2 MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO A**

El cable de alimentación desde el tablero principal o tablero de emergencia a los equipos de radiocomunicación y navegación debe ser ruteado en forma continua sin empalmes.

El aterrizamiento de estos equipos debe realizarse preferiblemente de forma individual.

### **5.2.1 Selección de equipos y disposición**

Los equipos radio transmisores deben tener antenas de baja impedancia

Los radio transmisores y receptores con antenas de alta impedancia deben ser instaladas de tal manera que el cable ruteado debajo de la cubierta sea de la longitud mas corta posible.

## **5.3 MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO B**

Para los equipos electrónicos deben utilizarse transformadores de aislamiento con apantallamiento metálico entre las bobinas primaria y secundaria. En los buques nodriza existen transformadores de aislamiento entre la zona de distribución de potencia especial y la zona de acomodación, de igual forma las UPS utilizadas cuentan con transformador para la relación de transformación que utilizan en la etapa de rectificación de onda.

#### **5.4 MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO C**

El radar y el sonar son equipos que trabajan con energía pulsada. Este pulso de energía se genera durante la etapa de transmisión y puede causar interferencia a otros equipos.

Durante la etapa de recepción el radar y sonar son susceptibles a interferencia de parte de otros equipos.

Los cables del radar que manejan señal de alta potencia deben ser tan cortos como sea posible. Estos cables no deben ser instalados cerca de antenas de radio a menos que estén ruteados en tubería metálica.

La instalación realizada para el radar incluye una ruta crítica dado que el fabricante pide la ruta mas corta posible, no se encuentra ruteado con otras antenas receptoras, pero será atendida la recomendación de rutearlo por tubería metálica.

#### **5.5 MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO D**

El grupo D es considerado como una fuente de interferencia debido a que el swicheo los equipos de maniobra generan perturbaciones en la red eléctrica, de igual forma las corrientes de arranque de las bombas y motores.

Se recomienda utilizar limitadores de voltajes en las salidas de estas líneas, sin embargo no pudo estudiarse este efecto en este trabajo dado que el equipo Best

EMC no tenía habilitado temporalmente éste módulo de pruebas. Se recomienda realizar un estudio más profundo para tener acciones correctivas al respecto. Por otro lado en el estudio realizado para el análisis de sobretensiones, no se tuvieron resultados que afectaran notoriamente el funcionamiento del sistema.

## **5.6 MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO E**

Los equipos de este grupo generalmente son suministrados con fuentes de poder conmutadas. Estas fuentes de poder conectadas a motores de posición, relés, relés electrónicos etc. pueden inducir niveles considerables de perturbación. Para este grupo deben tenerse en cuenta las recomendaciones mencionadas para los grupos B y D (Ítems 5.3 y 5.5 respectivamente) .

La transmisión de datos por cables extensos puede generar atenuación en la señal de transmisión de datos. Por esta razón, es posible que se requieran preamplificadores antes de conectar los cables al sensor. Si se transmiten señales con niveles de señal bajos, puede requerirse un protocolo de corrección de señal para una operación satisfactoria de los elementos de alarma.

Los buques nodriza tienen 39 m. de eslora, la longitud que debe recorrer un cable de señal para los sensores no sobrepasa el 15% de esta longitud, por tanto a pesar que existen cables de extenso recorrido, no se evidencian los problemas mencionados en este ítem.

En el rango de frecuencias mayores a 100KHz y en señales de bajo nivel, los conductores de los cables utilizados deben ser trenzados y apantallados en toda la extensión del cable. El apantallamiento debe ser continuo contrario a lo expuesto en el ítem 5.1.2 deben conectarse a tierra solo en un extremo. La

conexión a tierra debe estar del lado del sensor, si el sensor se encuentra aterrizado. Si no, la conexión debe realizarse en el panel de alarmas. El apantallamiento debe ser aislado de la estructura del buque a lo largo de su longitud para prevenir interferencia por acoplamiento galvánico.

Esta consideración será tomada en cuenta para el cableado del sistema de alarmas mostrado en el Anexo C. De acuerdo a esta recomendación estos cables no serán aterrizados en los pasos estancos.

## **5.7 MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO F**

Los equipos no eléctricos pueden causar interferencia si están fabricados de un material metálico o conductor ya que en los puntos de contacto pueden circular corrientes de Eddy.

Las corrientes parasitas se inducen por campos electromagnéticos en la cubierta exterior. Por ejemplo por las antenas transmisoras, y se encuentran generalmente a lo largo del casco y la superestructura del buque.

El nivel de perturbación es directamente proporcional al nivel de vibración transmitido a estos equipos y se incrementa con el cambio en la conductividad en los puntos de contacto. Fenómeno que puede presentarse con la corrosión.

Los puntos críticos en la cubierta exterior son comúnmente:

- Torniquetes flojos de los aparejos como cornamusas, mástil, bitas, bordas
- Cables sueltos o flojos
- Muebles o aparatos grandes mal sujetos o aflojados

En este caso en particular se apunta el problema detectado con el radio VHF en transmisión de alta potencia durante las entrevistas a la tripulación del buque. Se recomienda una exhaustiva revisión de todos los elementos metálicos o conductores no eléctricos y revisión de sus mecanismos de fijación.

## **5.8 MEDIDAS ESPECIALES PARA EL GRUPO G**

La propiedad característica de los sistemas integrados, es que tienen piezas y elementos de diferentes fabricantes, muchas veces conectados por cables de gran longitud.

Además es común que estos sistemas se encuentren dispersos en todas las zonas del buque, como sucede con el sistema de propulsión.

Se recomienda que los fabricantes del equipo realicen pruebas de laboratorio y que los equipos sean certificados para operar en el ambiente donde serán instalados.

En caso que se presenten problemas de interferencia como pérdida de datos etc. se recomienda utilizar las medidas de filtrado, apantallamiento y ruteo de cables de la forma antes mencionada.

Esta recomendación será transferida a los proveedores que suministran los sistemas integrados como casamatas, sistema de propulsión, etc. y serán requeridos estos certificados para instalaciones posteriores en la serie de buques que se encuentra pendiente por construir.

## **5.9 MEDIDAS ORGANIZACIONALES**

### **5.9.1 Operación abordó**

En el análisis EMC abordó y bajo las condiciones operacionales reales, pueden producirse interferencias electromagnéticas que no pueden ser resueltas por las medidas mencionadas en este capítulo, en este caso se requiere coordinar la operación de estos equipos o sistemas tomando las siguientes medidas:

- Formalización de restricción de operación simultánea. Es un problema que se produce comúnmente con la transmisión simultánea de radios
- Documentar los procedimientos y restricciones en caso que las transferencias puedan causar daños a la tripulación
- Colocar avisos de alerta para restringir el acceso de personal en las áreas donde se detecten campos electromagnéticos muy intensos.

En el caso de los buques mas grandes y complejos, por ejemplo los tipo fragata, existen restricciones de tránsito por las cubiertas exteriores cuando se encuentra funcionando el radar, en el caso de los buques nodriza esta restricción no existe, en adelante se debe estudiar este efecto y verificar si es necesario generar restricciones al respecto.

### **5.9.2 Mantenimiento y Reparación**

Las medidas que se toman durante la construcción del buque, pueden degradarse durante su vida útil, esta degradación es causada por agentes propios del funcionamiento del buque como son:

- Vibraciones e impactos
- Influencias climáticas
- Envejecimiento
- Corrosión
- Sobrevoltaje
- Corrientes parasitas

En los manuales de operación del buque debe incluirse la información que permita mantener los niveles deseados de compatibilidad, estas medidas deben ser respetadas por la tripulación. Deben realizarse rutinas periódicas que incluyan inspecciones visuales que permitan verificar el estado del sistema de aterrizamiento y apantallamiento.

Cuando se realiza la entrega de los buques nodriza, además de la documentación entregada para la operación del buque, se realizan entrenamientos a la tripulación por medio de conferencias y pruebas de mar y río. Serán incluidos en el entrenamiento del grupo eléctrico y electrónico los aspectos pertinentes de compatibilidad electromagnética que les permita realizar correcta y periódicamente estas rutinas.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

A partir de la caracterización en compatibilidad electromagnética realizada en el Buque Nodriza Fluvial VI se tiene que:

- El conocimiento del tipo y nivel de las señales de potencia y control que se manejan en la embarcación permite determinar la especificación del cable a utilizar en cada sistema, de igual forma permite conocer las distancias y condiciones en las cuales debe ser ruteado para disminuir la susceptibilidad a las múltiples interferencias, propias del funcionamiento del buque.
- El nivel de inmunidad electromagnética conducida en el Buque Nodriza Fluvial VI se encuentra limitado al nivel de desacoplamiento entre sus zonas, selección del cableado apropiado y redistribución de los equipos de la cubierta 02.

A pesar que los equipos seleccionados para la realización de pruebas de conformidad no son los mismos que están instalados actualmente en el buque y solo son una muestra representativa con las características necesarias para operación marina, se pueden extrapolar los resultados a que los niveles de susceptibilidad presentados por los equipos del buque se encuentran en niveles aceptables en cuanto a las exigencias de la norma IEC 60533 .

Las pruebas de río realizadas permitieron consolidar la Matriz EMI y conocer las interferencias que se están presentando actualmente en el buque. Por medio de

este estudio, se facilitó la caracterización de estas anomalías y se concluye que los niveles de emisión de los equipos considerados como las fuentes de ruido mas importantes del buque no son las que están causando las interferencias encontradas, sino que el problema de compatibilidad se encuentra en bajos niveles de apantallamiento y aterrizamiento de equipos no críticos como el sistema de ronza de las Casamatas.

Las recomendaciones que se consignaron en este trabajo, para realizar diseños eléctricos mas acordes los criterios de Compatibilidad Electromagnética , permiten que Cotecmar pueda brindarle a sus clientes y en especial a la Armada Nacional, sistemas eléctricos mas robustos con menos posibilidades de falla e interferencia.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

Se deben enriquecer las especificaciones de la lista de materiales con los requerimientos de la norma IEC605033 en los ítems 6 y 7 que hacen referencia a los límites de emisión e inmunidad de acuerdo a la clasificación de equipos en grupos.

Se recomienda que dentro de la documentación que se solicita a los proveedores de producto (p.e. manuales de operación, mantenimiento, partes etc.) se incluyan los certificados de conformidad EMC con entorno marino y los requerimientos de aterrizamiento tal como lo especifica la norma IEC-60533.

Optimizar las condiciones de la puesta a tierra de la unidad incluyendo en la lista de materiales elementos adecuados para efectuar el aterrizamiento (cables de color verde y amarillo, trenzas metálicas)

Se recomienda ampliar el estudio de compatibilidad electromagnética para los equipos de los grupos A y C, que son los más susceptibles a las interferencias, apegándose a las recomendaciones específicas que tiene la norma IEC 60945 (Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems General requirements Methods of testing and required test results Edition 4.0 (200208) para estos grupos)

Debe realizarse un estudio para la optimización de la distribución de antenas actual, estando abiertos a las opciones de las otras cubiertas o sitios disponibles en el buque y tener en cuenta su patrón de radiación, frecuencias de operación, tipo de modulación y potencia.

Realizar la prueba Bursa (Transitorios eléctricos rápidos en ráfagas) dado que no fue posible dentro del alcance de esta tesis por encontrarse averiado este módulo del equipo en el laboratorio de Patronamiento Eléctrico de la Universidad del Valle.

Crear rutinas de inspección que permitan verificar las puestas a tierra y realizar ensayos para verificación de la compatibilidad del buque por medio de la prueba on/off.

Verificar la incidencia de las ondas electromagnéticas que se producen cuando el radar está en funcionamiento con las personas que transitan sobre la cubierta de vuelo.

**BIBLIOGRAFIA**

LOBODA, Marek. Electromagnetic Compatibility and Overvoltage Protection of Electronics Equipment Connected to Low Voltage installations. Seminario de Compatibilidad Electromagnética Universidad de Valle. Colombia, Nov-Dic 2001

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. Electrical and electronic installations in ships-Electromagnetic compatibility. Segunda edición. IEC, 1999. 49 pág:il. (IEC 60533)

COMISIÓN ELECTROTECNICA INTERNACIONAL. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA (CEM). PARTE 4: Técnicas de ensayos y de medida. SECCIÓN 2: Ensayo de inmunidad a las descargas electrostáticas. Norma básica de CEM. Primera edición. IEC, 1995. 34 pág. (IEC 61000-4-2)

COMISIÓN ELECTROTECNICA INTERNACIONAL. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA (CEM). PARTE 4: Técnicas de ensayos y de medida. SECCIÓN 11: Ensayo de inmunidad a variaciones en la fuente de alimentación. Norma básica de CEM. Primera edición. IEC, 1995. 31 pág. (IEC 61000-4-11)

COMISIÓN ELECTROTECNICA INTERNACIONAL. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA (CEM). PARTE 4: Técnicas de ensayos y de medida. SECCIÓN 5: Ensayo de inmunidad a descargas tipo rayo. Primera edición. IEC, 1995. 34 pág:il. (IEC 61000-4-5)

SEBASTIÁN, José Luís. Fundamentos de compatibilidad electromagnética. Madrid: Adison-Wesley, 1999. 434 pág.

Memorias Seminario en Compatibilidad Electromagnética (EMC) Universidad Nacional. 1 y 2 de Octubre del 2004.

JARDÓN, Hidelberto. Compatibilidad Electromagnética de los Sistemas de Radiocomunicación. Ed. Alfaomega 1996. 230pág.

BALCELLS, JOSEPH; DAURA, FRANCESC; ESPARZA, RAFAEL; PALLAS RAMON. Interferencias Electromagneticas en sistemas Electronicos. 1 Ed. Cataluña: AlfaOmega marcombo, 1991. 420P

DEF-STAN SERIES 59-41 -ELECTRICAL AND ELECTRONIC. Electromagnetic compatibility. Code of practice for military vehicles installation guidelines. Reino Unido, 1994 (<http://www.dstan.mod.uk/data/59/041/0600010.pdf>)

ELLIS, Norman. Interferencias Electricas Handbook. Segunda Ed. España: Paraninfo 1999. 300P

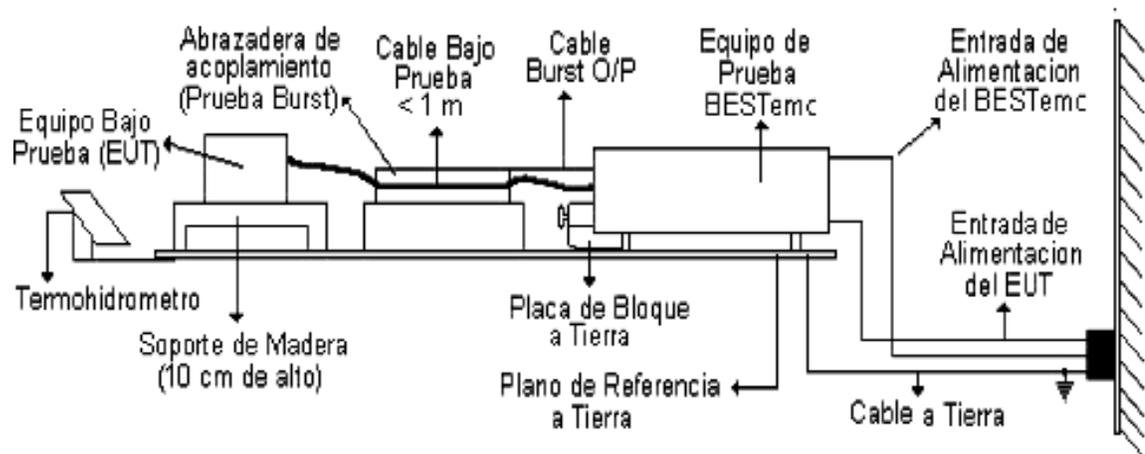
SOTO HERNANDEZ, Claudia Cristina. Análisis y ensayos de pruebas de inmunidad electromagnética conducida. Santiago de Cali, 2003. 200p. Tesis (Ingeniera Electricista). Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería, escuela de Ingeniera eléctrica y electrónica.

## ANEXOS

### ANEXO A. PRUEBAS DE INMUNIDAD CONDUcida

#### ◆ Montaje general para las pruebas de inmunidad electromagnética conducida

El esquema general para la realización de las pruebas es el siguiente:



Consiste generalmente de un plano de referencia a tierra ubicado en una mesa de madera de aproximadamente 80cm de alto. Sobre él se instalan los equipos y la instrumentación necesaria para el desarrollo de las pruebas. Las distancias mínimas entre los equipos utilizados, se especifican en cada una de las pruebas; por lo tanto, para llevar a cabo alguna prueba específica, deben verificarse los diferentes ítems que se deben tener en cuenta para su ejecución.

Este montaje se aplica para las pruebas de inmunidad electromagnética conducida de transitorios eléctricos rápidos (BURST), impulsos tipo rayo (SURGE) y prueba de calidad de potencia (PQT), cuando las interferencias son transmitidas al equipo

por su cable de alimentación AC o DC. Para la aplicación de las pruebas BURST y SURGE usando los cables de señal y control, se requiere de equipos especiales para el acoplamiento de la interferencia hacia estos cables; como la abrazadera de acoplamiento capacitivo para la prueba BURST.

La prueba de descargas electrostáticas no es descrita como una prueba de inmunidad electromagnética conducida en sí, sin embargo, el montaje de prueba es el mismo a diferencia que la alimentación tomada desde el BEST EMC no está disponible para éste propósito.

#### ✦ **Descripción de los equipos de prueba**

Las pruebas de inmunidad electromagnética se rigen por ciertos procedimientos normativos, al igual de que requieren de una serie de equipos. Particularmente debe contarse con los siguientes:

**Instrumento de prueba Best EMC:** Es un generador de interferencias electromagnéticas, el cual proporciona la facilidad de realizar las pruebas de inmunidad electromagnética conducida y las pruebas de descarga electrostática en equipos eléctricos y electrónicos. Su construcción suministra todos los pre-requisitos básicos para una operación segura y confiable.

**Elementos y accesorios que hacen parte del equipo Best EMC:** (cable serial al PC, conector de entrada y salida de alimentación del equipo bajo prueba, conectores de entrada y salida del enclavamiento, cable de alimentación del instrumento Best EMC y, placa y perilla del bloque a tierra).

**Plano de referencia a tierra (GRP):** Es una lámina de superficie conductiva, cuyo potencial es usado como una referencia común. Es construido de aluminio con 0.25mm de espesor, y cuyo tamaño es de 1m2.

**Equipo bajo prueba (EUT):** Es el equipo que será sometido a la aplicación de perturbaciones electromagnéticas, siguiendo los procedimientos correspondientes de cada una de las pruebas.

**Soporte aislante:** Es un soporte de madera donde será ubicado el EUT durante la aplicación de las pruebas, con el fin de aislarlo del plano de referencia a tierra.

**Manual de instrucciones del BESTemc:** Es un documento en el cual se especifica como debe ser el manejo del equipo BESTemc para realizar cada una de las pruebas, y que especificaciones y precauciones deben tenerse en cuenta para ello.

**Computador con la instalación previa del software de control WINBEST:** Este debe ser un computador que cumpla con el hardware y requerimientos del sistema para que el WINBEST pueda ser instalado y utilizado.

#### ◆ **Conexión del EUT**

El EUT es dispuesto y conectado de tal manera que se cumpla con sus requerimientos funcionales, acorde a las especificaciones determinadas dentro de su documentación técnica. Debe ser conectado al sistema de tierra por medio de un conductor externo, si así lo especifica el fabricante del equipo. Si las fuentes de señal de operación reales no están disponibles para el EUT, ellas deben ser simuladas.

Si el EUT es monofásico, las pruebas son realizadas conectándolo directamente al generador BESTemc. En el caso de EUTs trifásicos, las pruebas se llevan a cabo por medio de un acoplador externo trifásico, con el cual el Laboratorio no cuenta por el momento.

La alimentación del EUT se toma directamente desde el generador BESTemc en el caso de probar la línea de alimentación; para la prueba sobre los cables de

señal y/o control puede ser tomada directamente desde el BESTemc o desde cualquier otra toma de alimentación. En el caso de la prueba de descargas electrostáticas, el equipo no es conectado directamente al BESTemc, y por lo tanto, la alimentación debe tomarse desde otra toma.

Para aplicaciones de DC, la fuente de alimentación DC es tomada por una fuente de suministro externo conectada en la parte posterior del BESTemc en los caminos positivo y negativo de los conectores de 4mm allí disponibles. Con la ayuda del conector Uvar i/p ubicado allí también, se facilita la disminución del voltaje en la fase de alimentación del EUT a cualquier nivel que esté a la entrada del Uvar i/p, para las pruebas PQT. En el conector de la salida de alimentación del BESTemc para el EUT, la polaridad es L = positivo y N = negativo, la cual debe coincidir con la del toma de conexión del EUT.

#### ✦ **Precauciones generales para las pruebas**

Estas instrucciones son aspectos de seguridad que forman una parte integral del instrumento BESTemc y deben estar disponibles en todo momento para el personal interesado en la ejecución de las pruebas.

- El BESTemc y sus accesorios trabajan a altos voltajes. El manejo inapropiado o inadecuado puede ser fatal.
- El Instrumento BESTemc debe ser usado únicamente con el propósito expresado por el fabricante.
- No se debe exceder la temperatura ambiente, ni la humedad relativa permitida.
- El BESTemc sólo puede operar en ambientes secos. Cualquier condensación que ocurra debe ser evaporada antes de ponerlo en funcionamiento.

- Las personas que tengan un marcapasos no deben operar el instrumento, ni aproximarse al sitio de prueba mientras esté en operación.
- El instrumento mismo no produce excesiva radiación; sin embargo, aplicar pulsos de interferencia al equipo bajo prueba puede causar que este y sus cables empiecen a radiar interferencias electromagnéticas.
- El equipo bajo prueba junto con sus accesorios y cables, deben ser considerados como energizados durante una prueba
- Nunca se debe conectar o desconectar el EUT cuando se está llevando a cabo la prueba.
- Tan pronto el EUT muestre señales de daño, la prueba debe pararse y desconectarse.

#### ◆ **Procedimiento General de Prueba**

Los pasos que se deben seguir para probar la inmunidad de un equipo frente a la presencia de interferencias electromagnéticas en su cableado, se pueden detallar como sigue a continuación.

1) *A partir de las especificaciones de mercado, determinar qué tipo de equipo es y en qué entorno se utilizará finalmente y, por consiguiente, si hay alguna norma específica de producto y familia de productos aplicable a él.*

La clasificación del entorno dependerá de la conexión eléctrica utilizada finalmente para el equipo. En cuanto a las normas, las de producto y familia de productos deben ser siempre aplicadas en primer lugar en caso de que existan, estas tienen

la ventaja sobre las normas genéricas de clarificar un poco más los aspectos relativos a las pruebas.

*2) Si no se puede aplicar ninguna norma específica de producto, comprobar las normas genéricas para ver si las pruebas en ellas especificadas son aplicables.*

Sin embargo, en ambos casos (norma de producto y familia de productos, o norma genérica), debe efectuarse una discusión con la entidad que solicita las pruebas (normalmente es el fabricante del equipo), para esclarecer todos los aspectos que las normas no definen. Aunque la descripción, el generador y los métodos de prueba son dados en las normas básicas.

*3) Una vez determinadas las normas que se utilizarán, se debe decidir cuales son los niveles de prueba y a qué entradas del equipo se aplicarán (caja, cables de alimentación, cables de señal / control).*

*4) A partir de esta información se diseña un plan de pruebas, que especifique detalladamente el montaje de prueba del EUT y cualquier equipo asociado, las pruebas que en él se realizarán y el criterio de aceptación establecido.*

El conocimiento de los requisitos del plan de pruebas permitirá, hasta cierto punto, introducir medidas de inmunidad electromagnética en el diseño del equipo, ya que la tolerancia de las pruebas y los puntos que le serán aplicados ya habrían sido especificados.

La descripción funcional y la definición del criterio de aceptación, durante y como consecuencia de la prueba aplicada, deben ser proporcionadas por el fabricante y ser anotadas en el reporte de prueba. Esto se detallará más adelante en el apartado correspondiente a la evaluación de los resultados de prueba.

5) *Finalmente, la prueba se realiza desarrollando los siguientes puntos: la verificación de las condiciones de referencia del laboratorio, verificación preliminar de la operación correcta del EUT, montaje y revisión previa de la prueba, la ejecución de la prueba, y por ultimo la evaluación de los resultados de prueba.*

### ANEXO B: PLAN DE PREUBAS EUTs

Para la realización de cada una de las pruebas de inmunidad, se fabricó para cada EUT un plan de pruebas que se muestran a continuación:

(1)Equipo: Radio HF ICOM		(2) Modelo: IC-M700		(3)Grupo: A		(4)Turno: 01	
Pruebas a realizar: Surge, PQT y ESD							
(5)Dimensiones(mm)		H: 116.4	W: 291.4	L: 315	(6)Tipo de carcasa: metálica y pasta		
(7)No. Serial: 52146				(8)Forma de ensayo: <input checked="" type="checkbox"/> Sobremesa			
Cable de señal							
Tipo de cable:		RG -58 -> SO- 239					
Conexión:		Conexión normal RF					
Chaqueta:		Blindado – Apantallado					
Tipo de Terminal:		PL 259(salida Tx o Rx)					
Longitud:		Depende de la ubicación de la antena.					
Apantallamiento		Tipo malla					
Cable de Potencia:							
Tipo de cable:		No 12 AWG					
Conexión:		Plus -> VDC					
Chaqueta:		Caucho					
Tipo de Terminal:		---					
Longitud(mm):		130					
Apantallamiento		---					
Modo de Operación		Descripción					
A 3J		Funcionamiento en la parte alta de la banda. Se utiliza cuando las condiciones climáticas son desfavorables.					
A 3A Uper		Funcionamiento en la parte baja de la banda. Se utiliza cuando las condiciones climáticas son favorables.					
A 3H Am		No se usa para transmisión AM -> 50W. Recepción solamente.					

Condiciones Ambientales	
Presion	---
Temperatura	-20° -> +60°
Humedad	---
Entrada de Señal	
Sensibilidad: USB, CW, FSK, AFSK (Para 12dB SINAD)	6.3V (0.5 – 1.5999 MHz) 1V (1.6 – 1.7999 MHz) 0.35V típica (1.8 – 29.999MHz) 32 V (0.5-1.5999MHz) 6.3V (1.6 – 1.7999MHz) 2.2V típica ( 1.6 – 29.999 MHz)
Relación de rechazo de espurias	80dB( 1.6 – 2999MHz)
Salida de señal	
Potencia de salida	150W PEP(por debajo de 24MHz)
Emisión de espurias	-75dB típico.
Supresión de la portadora	65 dB típico.
Supresión indeseada de bandas laterales	70dB típico.
Entrada de Potencia	
Tensión	13.6 V <input checked="" type="checkbox"/> VDC <input type="checkbox"/> VAC
Corriente[A]	10 A
Equipo Adicional	
Acoplador	Enlace entre Tx y la antena.
OBSERVACIONES	
<p>Antes de ser sometido a ensayos, se verifica el funcionamiento del equipo para contar con datos reales medidos y que sirvan de referencia.  Ancho de banda: 1.6 -&gt; 29.99MHz  Consumo StandBy: 1.03 A -&gt; 12.08 V  Consumo Tx (modulando): 10A (máx.) -&gt; 7A (Típica)  Consumo 20W a frecuencia 11.49 HzM</p>	

Tabla 21: Plan de pruebas para Radio HF ICOM M700

(1)Equipo: Radio VHF ICOM		(2) Modelo: IC- M55		(3)Grupo: A		(4)Turno: 02	
Pruebas a realizar: Surge, PQT y ESD							
(5)Dimensiones(mm)		H: 50.5	W: 140	L:163	(6)Tipo de carcasa: metálica con panel frontal aislante		
(7)No. Serial: 276656				(8)Forma de ensayo: <input checked="" type="checkbox"/> Sobremesa			
Cable de señal							
Tipo de cable:		RG -58 -> SO- 239					
Conexión:		Conexión normal RF					
Chaqueta:		Blindado – Apantallado					
Tipo de Terminal:		PL 259(salida Tx o Rx)					
Longitud:		Depende de la ubicación de la antena.					
Apantallamiento		Tipo malla					
Cable de Potencia:							
Tipo de cable:		No 12 AWG					
Conexión:		Plus -> VDC					
Chaqueta:		Caucho					
Tipo de Terminal:		---					
Longitud(mm):		110					
Apantallamiento		---					
Modo de Operación		Descripción					
standBy		No transmite. No recibe					
Llaveo		Funcionamiento antes de modular, dispuesto a transmisión.					
Transmision		Operación normal en modo transmisor con antena acoplada					
Recepción		Operación normal tipo receptor.					
Condiciones Ambientales							
Presion		---					
Temperatura		-10° -> +60°					

Humedad	---
<b>Entrada de Señal</b>	
Sensibilidad	Menos de 0.3uV para 12dB SINAD
Rango de frecuencias	156 ~ 163 MHz
Frecuencias intermedias	Primera: 21.4 MHz; Segunda: 455 kHz
<b>Salida de señal</b>	
Potencia de salida	Alta: 25W; Baja 1W
Rango de frecuencia	156 -> 157.5 MHz
Corriente de drenaje	Alta potencia: 5.5A
<b>Entrada de Potencia</b>	
Tensión	13.8 V <input checked="" type="checkbox"/> VDC <input type="checkbox"/> VAC
Corriente[A]	5.5 A
<b>Equipo Adicional</b>	
Acoplador	Enlace entre Tx y la antena.
<b>OBSERVACIONES</b>	
<p>Antes de ser sometido a ensayos, se verifica el funcionamiento del equipo para contar con datos reales medidos y que sirvan de referencia.  Consumo StandBy: 0.19 A -&gt; 12.08 V  Consumo Tx (modulando y carga 50Ohms): 4.5A (máx.)  Consumo Llaveo: 2.63 A  Consumo Recepción: 350mA</p>	

Tabla 22: Plan de pruebas para Radio VHF ICM55

(1)Equipo: Radio VHF YAESU		(2) Modelo: FT-2800		(3)Grupo: A		(4)Turno: 03	
Pruebas a realizar: Surge, PQT y ESD							
(5)Dimensiones(mm)		H: 160	W: 50	L: 185	(6)Tipo de carcaza: metálica y pasta		
(7)No. Serial:3N241392				(8)Forma de ensayo: <input checked="" type="checkbox"/> Sobremesa			
Cable de señal							
Tipo de cable:		RG -59					
Conexión:		Conexión normal RF y directa con la antena					
Chaqueta:		---					
Tipo de Terminal:		PL 259					
Longitud:		---					
Apantallamiento		Tipo malla					
Cable de Potencia:							
Tipo de cable:		No 12 AWG					
Conexión:		Plus -> VDC					
Chaqueta:		Caucho					
Tipo de Terminal:		---					
Longitud(mm):		110					
Apantallamiento		---					
Modo de Operación		Descripción					
FM		Transmisión en frecuencia modulada					
StandBy		No transmite - No recibe					
Llaveo		Funcionamiento intermedio entre Tx y Rx.					
Condiciones Ambientales							
Presion		---					
Temperatura		-20° -> +60°					
Humedad		---					

Entrada de Señal	
Frecuencias Intermedias	21.7 MHz & 450 kHz
Selectividad(-6/-60dB)	12 kHz/ 28kHz
Rechazo de Frecuencia Imagen	70 dB
Sensibilidad(SINAD 12 dB)	0.2uV
Salida de señal	
Potencia de salida	65 W/25 W/ 10W/ 5W
Emisión de espurias	Mejor que -60dB
Tipo de modulación	Reactancia Variable
Desviación Máxima	± 5kHz/ ±2.5kHz
Entrada de Potencia	
Tensión	13.6 V <input checked="" type="checkbox"/> VDC <input type="checkbox"/> VAC
Corriente[A]	10 A(65W)/ 7A(25W)/ 5A(10W)/ 4A(5W)
Equipo Adicional	
----	----
OBSERVACIONES	
<p>Antes de ser sometido a ensayos, se verifica el funcionamiento del equipo para contar con datos reales medidos y que sirvan de referencia.  Ancho de banda: 1.6 -&gt; 29.99MHz  Consumo FM: 40W  Consumo StandBy: 12.08V -&gt; 290mA  Consumo Llaveo: 12.08V -&gt; 8.1A</p>	

Tabla 23: Plan de pruebas para Radio VHF YAESU

(1)Equipo: Radar FURUNO		(2) Modelo: 1930		(3)Grupo: C		(4)Turno: 04		
Pruebas a realizar: Surge, PQT y ESD								
(5)Dimensiones(mm)		H: 410	W:360	L: 250	(6)Tipo de carcaza: metálica y pasta			
(7)No. Serial:28193093				(8)Forma de ensayo:				<input checked="" type="checkbox"/> Sobremesa
Cable de señal								
Tipo de cable:		Multifilar 30H 6537-0						
Conexión:		Cuadro macho de 23 pines						
Chaqueta:		---						
Tipo de Terminal:		PL 259						
Longitud:		17 m						
Apantallamiento		Dobre apantallado de aluminio.						
Cable de Potencia:								
Tipo de cable:		No 12 AWG						
Conexión:		Cuadrado hembra 23						
Chaqueta:		Caucho						
Tipo de Terminal:		---						
Longitud(mm):		110						
Apantallamiento		---						
Modo de Operación		Descripción						
StandBy		Radar encendido, antena quieta y no hay radiación.						
Video		Radiación de alta potencia para detección de obstáculos de acuerdo a la escala asignada. Puede ser: Alta mar(12 a 24 mi) o zarpe atraque(1 a 2 mi).						
Solo barrido		Funcionamiento ocasional para evitar desajustes en el mecanismo de rotación de la antena. No hay radiación						
Condiciones Ambientales								
Presion		---						
Temperatura								

Humedad	---
Salida de señal	
Frecuencia & Modulación	9410Mhz $\pm$ 30MHz
Potencia Pico	3 kW
Ancho de banda	7 Mhz (pulsos cortos/medios) 3 Mhz(pulsos largos)
Polarización	Horizontal
Entrada de Potencia	
Tensión	13.6 V <input checked="" type="checkbox"/> VDC <input type="checkbox"/> VAC
Corriente[A]	10 A(65W)/ 7A(25W)/ 5A(10W)/ 4A(5W)
Equipo Adicional	
----	----
OBSERVACIONES	
<p>Antes de ser sometido a ensayos, se verifica el funcionamiento del equipo para contar con datos reales medidos y que sirvan de referencia.  Ancho de banda: 1.6 -&gt; 29.99MHz  Consumo Video: 5.76A -&gt;12V  Consumo StandBy: 12V -&gt; 3.13A  Consumo Barrido: 12V -&gt; 4A</p>	

Tabla 24: Plan de pruebas para Radar

(1)Equipo: GPS RAYTHEON NAV		(2) Modelo: 398		(3)Grupo: A		(4)Turno: 05	
Pruebas a realizar: Surge, PQT y ESD							
(5)Dimensiones(mm)		H: 110.5	W:195.5	L: 68	(6)Tipo de carcaza: Pasta completamente		
(7)No. Serial: KC61517				(8)Forma de ensayo: <input checked="" type="checkbox"/> Sobremesa			
Cable de señal							
Tipo de cable:		PG11 GPS					
Conexión:		Directa a la antena.					
Chaqueta:		---					
Tipo de Terminal:		Rosca					
Longitud(m):		10					
Apantallamiento		---					
Cable de Potencia:							
Tipo de cable:		No 12 AWG					
Conexión:		Polaridad DC					
Chaqueta:		---					
Tipo de Terminal:		Caiman					
Longitud(mm):		200					
Apantallamiento		---					
Modo de Operación		Descripción					
Recepcion		Funcionamiento normal del dispositivo, cuando se enciende y se enlaza con satélites.					
Condiciones Ambientales							
Presion		---					
Temperatura		0° a 50°					
Humedad		---					
Salida de señal							

Longitud/ Latitud	Norte o sur 6 dígitos, 0.001 min. de precisión; este oeste 7 dígitos a 0.001 min. precisión
Velocidad y curso	SOG & COG calculado a partir de los cambios de posición L/L
Tiempo faltante	Basado en la velocidad y el curso es el tiempo que falta para llegar al próximo waypoint.
Salida de datos	Puerto simple; NMEA 0180/0183 & sea talk
Entrada de datos	Se acepta NMEA 0 183, VTG, RMC, GGA para el sensor GPS. Del sensor Loran se acepta NMEA 0 183, GLL, VTG, RMC, GGA.
Entrada de Potencia	
Tensión	10 - 16 V <input checked="" type="checkbox"/> VDC <input type="checkbox"/> VAC
Corriente[A]	236 mA.
Equipo Adicional	
Antena	Elemento de recepción para las señales satelitales de alta frecuencia.
OBSERVACIONES	
Antes de ser sometido a ensayos, se verifica el funcionamiento del equipo para contar con datos reales medidos y que sirvan de referencia. Consumo normal < 6 W(recepción)	

Tabla 25: Plan de pruebas para GPS