



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA

TESIS

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GABINETE PARA UN
DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN MARÍTIMA.”**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

ING. VÍCTOR HUGO LÓPEZ CHÁVEZ

ASESOR:

M.I. SILVIO JOSÉ VILLAJUANA CERVANTES

MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO.

30 DE ENERO DE 2013

DEPENDENCIA: DIV. DE EST. DE POSG. E INV.
Oficio N° X/006/2013

Mérida, Yucatán a **10 de Enero de 2013**

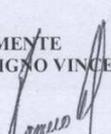
ASUNTO: SE AUTORIZA IMPRESIÓN

C. VÍCTOR HUGO LÓPEZ CHÁVEZ
PASANTE DE MAESTRIA EN INGENIERÍA
P R E S E N T E.

De acuerdo al fallo emitido por su asesor el **M.I. SILVIO JOSÉ VILLAJUANA CERVANTES**, y la comisión revisora integrada por el M.C. Hugo Joel Carrillo Escalante, el M.C. Javier Iván Cahuich Cupul, y el Dr. Pedro Jesús Herrera Franco, considerando que cubre los requisitos establecidos en el Reglamento de Titulación de los Institutos Tecnológicos le autorizamos la impresión de su trabajo profesional con la **TESIS**:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GABINETE PARA UN DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN MARÍTIMA”

ATENTAMENTE
IN HOC SIGNO VINCES


M.C RAMIRO ALPIZAR CARRILLO,
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

RAC/fjaa



S. E. P.
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE MERIDA
DIVISION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACION



SEP Instituto Tecnológico de Mérida, Km.5 Carretera Mérida-Progres A.P. 911
C.P. 97118 Mérida Yucatán, México, Tels. 964-50-00, Ext. 10001, 10401
10601, 10201 e-mail: itm@itmerida.mx http://www.itmerida.mx



RECONOCIMIENTO
A LA CALIDAD SEP
2012
100 POR CIENTO EN
SUS PROGRAMAS DE
BUENA CALIDAD



DEDICATORIAS

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta el final de una meta más en mi vida y haber brindado salud y serenidad para alcanzar mis objetivos.

A mi esposa Bianca.

Por toda su paciencia, apoyo y comprensión incondicional durante el transcurso de ésta etapa de mi vida, pero más que nada, por todo su amor.

A mi madre Carolina.

Por ser el pilar fundamental en mi vida y haberme inculcado los valores que hoy representan mi persona. Gracias por todo tu apoyo incondicional.

A mi familia.

A mis hermanos Mario, Loraine y Arturo que nunca han dejado de creer en mí y me han apoyado siempre en el momento que mas los he necesitado, los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores el Ing. Silvio José Villajuana Cervantes y Hugo Joel Carrillo Escalante por todo su apoyo académico y por compartirme sus experiencias para enriquecer mi proceso de aprendizaje.

Al Dr. José Ramón Atoche Enseñat, por su apoyo y motivación constante para crecer profesionalmente y superarme día a día.

Al Dr. Luis Alberto Muñoz Ubando por brindarme la oportunidad de trabajar en un proyecto que ha expandido mis conocimientos y ha hecho crecer en mi un interés por la investigación.

A todos mis compañeros y amigos del Laboratorio de Hardware y CINVESTAV por su amistad sincera brindada durante todo este tiempo.

RESUMEN

El trabajo que se presenta a continuación, surge como respuesta a la necesidad de diseñar y construir un gabinete para el resguardo e integración de un Dispositivo de Comunicación Marítima (DCM) para el proyecto “Desarrollo de Infraestructura Tecnológica de Sistemas de Adquisición y Comunicación Geoespacial para el Sector Pesquero de México”. Dicho dispositivo tiene como objetivo adquirir y comunicar información en tiempo real la ubicación geográfica de las embarcaciones, trayectorias de los viajes de pesca, enviar señales de auxilio y obtener información de factores ambientales.

A pesar de que actualmente en el mundo hay un gran número de dispositivos para el monitoreo satelital de las embarcaciones de flota mayor, hoy en día no existe algún dispositivo diseñado con las características necesarias para el funcionamiento en las embarcaciones de pesca artesanal o de flota menor, debido a la infraestructura necesaria para la instalación de dichos equipos. Por tal motivo, se plantea en la presente tesis el diseño del gabinete para el DCM que permita integrar y proteger los componentes electrónicos del sistema en condiciones de ambiente marino.

ABSTRACT

The paper presented below is a response to the need of design and build a case to keep safe and to integrate a Maritime Communication Device (DCM) for the Project “Development of Technological Infrastructure of Acquisition System and Geospatial Communication for the Fisheries Sector in México”. The purposes of this device are to obtain information on the environmental factors, acquire and communicate in a real-time all the information related to the geographical location of vessels, the routes fishing trips, in addition to send distress signals.

Although in the world there are many monitoring systems for large scale vessels, nowadays there isn't a device designed with the features needed for the operation of artisanal or small fishing boats, this due to the necessary infrastructure for the installation of such equipment. For that argument, this thesis shows the design of a case for the DCM that allows protecting the electronic components of the system in terms of the marine environment.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3

CAPÍTULO 2.- MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN	4
2.2 TELEMETRÍA	4
2.2.1 JAULA DE FARADAY	5
2.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO	6
2.3.1 METODOLOGÍA DE DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE LA CALIDAD	6
2.3.1.1 PRIMERA ETAPA: ESPECIFICACIONES	9
2.3.1.2 SEGUNDA ETAPA: DISEÑO CONCEPTUAL	12
2.3.1.3 TERCERA ETAPA: DISEÑO DE DETALLE	14
2.4 DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA	14

CAPÍTULO 3.- MARCO EXPERIMENTAL

3.1 INTRODUCCIÓN	16
3.2 PRIMERA ETAPA: ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	17
3.2.1 IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	18
3.2.2 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS Y EXPECTATIVAS DEL CLIENTE	19
3.2.3 DETERMINACIÓN DE LA IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS REQUERIMIENTOS Y EXPECTATIVAS DEL CLIENTE	21
3.2.4 BENCHMARKING	23
3.2.5 TRADUCCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS EN TÉRMINOS MENSURABLES	26
3.3 SEGUNDA ETAPA: DISEÑO CONCEPTUAL	28
3.3.1 LÍMITES DE SISTEMA Y FUNCIONES DE SERVICIO	28

3.3.2 DEFINICIÓN DE FUNCIÓN GLOBAL	29
3.3.3 ANÁLISIS FUNCIONAL DESCENDENTE	29
3.3.4 MATRIZ MORFOLÓGICA.....	32
3.3.5 EVALUACIÓN DE CONCEPTOS	32
3.4 TERCERA ETAPA: DISEÑO DE DETALLE	35
3.4.1 COMPONENTES DEL SISTEMA	36
3.4.2 DIBUJOS DE DETALLE	38
3.4.2.1 GABINETE	38
3.4.2.2 TAPA DE GABINETE	42
3.4.2.3 SUJETADOR DE BATERÍA	43
3.4.2.4 BASE DE FIJACIÓN PARA MONTAJE DE GABINETE	44
3.4.3 DIBUJOS DE ENSAMBLE.....	46
3.4.4 SELECCIÓN DE MATERIALES.....	48
3.4.4.1 ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO (ABS).....	51
3.4.4.2 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD).....	52
3.4.4.3 POLICARBONATO (PC).....	52

CAPÍTULO 4.- RESULTADOS

4.1 DEFINICIÓN DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL GABINETE	54
4.2 SELECCIÓN DE MATERIAL	60
4.3 INTEGRACIÓN DEL DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN MARÍTIMA	65

CAPÍTULO 5.- CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	68
--	----

REFERENCIAS

REFERENCIAS	70
-------------------	----

ANEXOS

ANEXOS.....	74
-------------	----

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1 Casa de la Calidad</i>	8
<i>Figura 3.1 Esquema general de funcionamiento del Dispositivo de Comunicación Marítimo</i>	17
<i>Figura 3.2 Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Vanguardia S.C. de R.L.</i>	19
<i>Figura 3.3 Clasificación de los requerimientos en obligatorios y deseables</i>	21
<i>Figura 3.4 Dispositivo SISMEP instalado en una embarcación de flota mediana (1)</i>	23
<i>Figura 3.5 Dispositivo SISMEP instalado en una embarcación de flota mediana (2)</i>	24
<i>Figura 3.6 Interpretación de la interfaz de usuario del SISMEP</i>	24
<i>Figura 3.7 Límites de Sistema</i>	28
<i>Figura 3.8 Análisis funcional descendente de la Función Global de Servicio (Nivel 1)</i>	30
<i>Figura 3.9 Análisis funcional descendente de la Función Global de Servicio (Nivel 2)</i>	30
<i>Figura 3.10 Análisis funcional descendente de la Función A1. Permitir el ensamble y proteger los componentes del sistema (Nivel 3)</i>	31
<i>Figura 3.11 Análisis funcional descendente de la Función A3. Aislar de vibración los componentes del sistema (Nivel 3)</i>	31
<i>Figura 3.12 Vista superior del Gabinete</i>	40
<i>Figura 3.13 Vista frontal del Gabinete</i>	40
<i>Figura 3.14 Vista lateral derecho del Gabinete</i>	41
<i>Figura 3.15 Vista lateral izquierda del Gabinete</i>	41
<i>Figura 3.16 Vista inferior del Gabinete</i>	42
<i>Figura 3.17 Vista inferior de la tapa del Gabinete</i>	43
<i>Figura 3.18 Vista superior del sujetador de batería</i>	44
<i>Figura 3.19 Vista superior de la base para montaje del gabinete</i>	45
<i>Figura 3.20 Vista lateral izquierda y derecha de la base para montaje del gabinete</i>	45
<i>Figura 3.21 Vista frontal de la base para montaje del gabinete</i>	46
<i>Figura 3.22 Vista superior del ensamble de componentes en gabinete</i>	47
<i>Figura 3.23 Vista frontal del ensamble de componentes en gabinete</i>	48
<i>Figura 4.1 Casa de la calidad del Diseño de Gabinete</i>	56
<i>Figura 4.2 Vista isométrica del Gabinete</i>	57
<i>Figura 4.3 Vista frontal del Gabinete</i>	58
<i>Figura 4.4 Dirección del ángulo de desmolde de la parte frontal del gabinete</i>	59

<i>Figura 4.5 Dirección del ángulo de desmolde principal del gabinete.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 4.6 Gráfica comparativa de propiedades mecánicas de materiales preseleccionados.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 4.7 Aplicación de cargas a la geometría del gabinete.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 4.8 Análisis de elementos finitos al gabinete.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 4.9 Distribución de tensiones en la ranura de acoplamiento de la tapa.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 4.10 Ensamble de componentes en gabinete.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 4.11 Integración del Dispositivo de Comunicación Marítimo.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 4.12 Vista isométrica del prototipo del Dispositivo de Comunicación Marítima.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 4.13 Vista frontal del prototipo del Dispositivo de Comunicación Marítima.....</i>	<i>67</i>

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 3.1 Ponderación de los requerimientos deseables.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 3.2 Componentes del SISMEP.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 3.3 Tabla comparativa (Benchmarking) SISMEP (X) vs DCM (O).....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 3.4 Traducción de los requerimientos en términos mensurables.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 3.5 Matriz Morfológica.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3.6 Análisis de Factibilidad.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 3.7 Análisis de Disponibilidad Tecnológica.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 3.8 Matriz de Decisión.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 3.9 Descripción de componentes del DCM.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 3.10 Lista de principales propiedades de materiales.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 3.11 Principales propiedades mecánicas del ABS.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 3.12 Principales propiedades mecánicas del PEAD.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 3.13 Principales propiedades mecánicas del PC.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 4.1 Resultados obtenidos.....</i>	<i>56</i>

CAPITULO 1.- INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El presente trabajo surge a partir de la necesidad de diseñar y desarrollar el gabinete del Dispositivo de Comunicación Marítima para el Proyecto “Desarrollo de Infraestructura Tecnológica de Sistemas de Adquisición y Comunicación Geoespacial para el Sector Pesquero de México”. Dicho proyecto surge como respuesta a las necesidades de información del sector pesquero, haciendo uso de las tecnologías de comunicación e información actuales, con la finalidad de conocer en tiempo real la ubicación geográfica de las embarcaciones, trayectorias de los viajes de pesca, tiempos y permanencias, enviar señales de auxilio en caso de emergencia y coleccionar información de factores ambientales como temperatura y salinidad[1]. Por tal motivo, se tiene contemplado la construcción de 400 dispositivos, los cuales serán distribuidos en distintas comunidades pesqueras de los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

El Sistema de Comunicación Marítima, el cual tiene como objetivo adquirir y comunicar datos entre las embarcaciones de flota menor y la infraestructura central de proceso[2], está compuesto por componentes electrónicos de última tecnología, los cuales debido a sus especificaciones técnicas no pueden estar expuestos en ambientes húmedos y/o corrosivos. Debido a lo anterior es necesario realizar el diseño del gabinete que permita que los elementos del sistema funcionen de forma adecuada en un ambiente marino.

Debido a las condiciones ambientales a las cuales estará expuesto el dispositivo, es necesario seleccionar el material adecuado para satisfacer los requerimientos y/o especificaciones técnicas de los componentes, razón por la cual, el material seleccionado deberá ser resistente a la corrosión, humedad, rayos ultravioletas, vibraciones y frecuencias generadas en las embarcaciones, entre otros

factores. Por otro lado, deberá evaluarse el funcionamiento de los componentes electrónicos en condiciones normales de uso y en caso de identificarse que las vibraciones generadas por las corrientes marinas y/o motor en la embarcación afecten de forma considerable al buen funcionamiento del equipo, deberá diseñarse un sistema de aislamiento vibratorio, con la finalidad de asegurar el correcto funcionamiento de cada uno de los componentes y por ende, del sistema.

Los sistemas de monitoreo satelital para embarcaciones también conocidos en inglés como Vessel Monitoring Systems (VMS), existen desde 1990 en diferentes partes del mundo aplicados generalmente en embarcaciones de flota mayor[3]. Dichos sistemas se encuentran basados en la comunicación vía satélite casi en tiempo real, emitiendo información importante sobre la ubicación geográfica, nombre y actividad de las embarcaciones[4]. La información emitida por los dispositivos es recibida en un centro de operaciones donde se procesan por medio de algún software de Sistemas de Información Geográfica (por ejemplo ArcGIS) para calcular y representar información relacionada con la ubicación, distancia, velocidad, entre otros,[5]y archivar en una base de datos la información capturada para su posterior estudio. Con ésta información se realizan estudios para definir las zonas de pesca y apoyar en la planificación y administración del espacio marino[6], así como también monitorear las zonas restringidas ayudando al control de la explotación pesquera a nivel mundial[7].

Desde el 2005 existe en México el Sistema de Localización y Monitoreo Satelital de Embarcaciones Pesqueras (SISMEP), el cual, se encuentra regulado a través de la Norma Oficial Mexicana NOM-062-PESC-2007. Dicho sistema emergió a raíz de incrementar las medidas de seguridad en alta mar y apoyar en situaciones de emergencia a las embarcaciones[8]. Asimismo el SISMEP, ha sido utilizado para incrementar la eficiencia en las operaciones de ordenamiento, inspección y vigilancia de las autoridades, así como resolver problemas de ordenamiento pesquero, además de brindar información valiosa para analizar las variaciones de la actividad y evaluar el esfuerzo de la pesca[9].

Aunque desde hace algunos años hay una gran diversidad de sistemas de monitoreo satelital para embarcaciones alrededor del mundo, no existe hoy en día algún sistema utilizado en embarcaciones de flota menor. Lo anterior se debe a que las pequeñas embarcaciones utilizadas para la captura de la pesca artesanal no cuentan con la infraestructura necesaria para la instalación de dichos equipos, debido a que la unidad central del equipo Transreceptor se instala en el interior de la cabina del capitán y el modem satelital se fija a una distancia mínima de 1.50 metros sobre cualquier dispositivo electrónico[10].

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un gabinete resistente a exposiciones en ambiente marino, el cual resguarde y proteja los componentes del Dispositivo de Comunicación Marítimo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar y seleccionar los materiales para aplicación en entornos marinos.
- Implementar una metodología de diseño para el desarrollo del gabinete planteado, de un modo conceptual y de detalle.
- Utilizar criterios de fabricación y diseño mecánico en el dimensionamiento y características físicas del gabinete.
- Analizar e identificar el modelo de producción más apropiado para la manufactura del gabinete.

CAPITULO 2.- MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

En el siguiente capítulo se presentan las definiciones y conceptos fundamentales tomados para el desarrollo del diseño del gabinete de un Dispositivo de Comunicación Marítima (DCM).

Primeramente se abordan los conceptos de Telemetría y Jaula de Faraday, debido a que son los principios mediante los cuales el DCM establecerá comunicación con el centro de operaciones del proyecto. Por tal razón es importante conocer las especificaciones de dichos sistemas, para evitar provocar alguna condición que afecte los objetivos del proyecto.

Posteriormente se menciona la metodología de diseño implementada para el desarrollo del gabinete, en el que se muestra la importancia y la razón por la cual se decidió seleccionar dicha metodología, así como también se describen las etapas principales para el diseño de un producto.

Finalmente se presenta la descripción de Diseño Asistido por Computadora (CAD), debido a que fue una de las herramientas más importantes utilizadas para el proceso del diseño conceptual de gabinete.

2.2 TELEMETRÍA

La telemetría es la tecnología que permite la medición remota de variables físicas y la transmisión de la información resultante hacia el operador del sistema telemétrico[11], con ésta tecnología es posible enviar órdenes a un dispositivo para que algún cambio deseable se ejecute[12].

Actualmente el envío de información de un sistema telemétrico con su operador se realiza mediante una comunicación inalámbrica, la cual puede realizarse mediante la tecnología satelital. Dicho sistema está compuesto principalmente por los siguientes elementos[13]:

1. *Adquisición de datos (Hardware)*.- Permite la adquisición de las variables físicas e información de campo.
2. *Comunicación e intermediación (Servidor para Telemetría)*.- Controla a los dispositivos de campo y resguarda la información remota en una base de datos.
3. *Acceso a la información (Usuario final)*.-Permite al usuario el acceso a la información, mediante diferentes interfaces o formas de visualización.

La telemetría es utilizada en un gran número de aplicaciones y ha servido como complemento en diversas áreas de investigación como la meteorología y la investigación espacial[14], un claro ejemplo de ésta aplicación es sin duda alguna el robot explorador “*Curiosity*”, enviado por la NASA al planeta Marte para examinar la superficie de éste planeta con el objetivo de determinar si alguna vez se dieron las condiciones necesarias para la vida microbiana[15].

Sin embargo, para que una comunicación inalámbrica telemétrica se realice de forma exitosa, debe de cumplir con ciertas condiciones físicas, entre las que destaca evitar el principio de la Jaula de Faraday.

2.2.1 JAULA DE FARADAY

Una Jaula de Faraday se puede definir como una superficie metálica que rodea un espacio e impide las perturbaciones producidas por campos eléctricos externos[16], es decir, proporciona un blindaje electromagnético[17]. Por tal razón cualquier componente colocado en el interior de la Jaula de Faraday no tendrán

afectación por ninguna acción eléctrica en el exterior por más intensa que sea[18], este principio explica la razón por la cual se pierde la señal de los teléfonos celulares dentro de un elevador.

Algunas de las aplicaciones más utilizadas de una Jaula de Faraday en la industria de las telecomunicaciones se encuentran en los cuerpos de los satélites, los cuales se fabrican de materiales especiales para proteger el equipo de descargas eléctricas en el exterior[19]. Por otro lado, algunos de los edificios de oficinas gubernamentales y centros operativos de diversos negocios, incluidos los casinos, se encuentran blindados bajo éste principio con el objetivo de evitar la intrusión electrónica en sus sistemas.

2.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Hoy en día, una de las herramientas más utilizadas en el diseño de productos y servicios a nivel internacional es la metodología del QFD. Dicha herramienta ha sido empleada por empresas importantes como National City Bank, Nokia, Rubbermaid, Universal Studios, entre otros[20].

2.3.1 METODOLOGÍA DE DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE LA CALIDAD

El método de Despliegue de la Función de la Calidad (llamado QFD por sus siglas en inglés Quality Function Deployment) es una metodología desarrollada por Akao[21] y Mizuno[22] con la finalidad de crear y establecer un procedimiento que permitiera ser capaz de entender las necesidades del cliente y sus requerimientos, es decir, que fuéramos capaces de escuchar la “Voz del cliente[23]. El QFD busca asegurar que los deseos y necesidades de los clientes sean traducidos en

características técnicas, las cuales son utilizadas por la compañía mediante la función del diseño a través de un equipo multifuncional que incluye todos los departamentos involucrados en la vida de un producto. Ésta metodología utiliza un método gráfico en el cual se expresan relaciones entre los deseos de los clientes y las características del diseño en la muy conocida “casa de la calidad”[24]. A continuación se enlistan algunos de los beneficios de ésta metodología.

- Menor tiempo de desarrollo desde el concepto hasta el arranque de producción.
- Pocos cambios de ingeniería con el producto en producción.
- Diseño congruente con las necesidades y expectativas del cliente, a través de equipos multidisciplinarios.
- Los requerimientos del cliente son medibles, alcanzables y potencialmente mejorables.
- Identifica las características críticas para la calidad del producto y su desempeño en el mercado.
- Promueve una mejor comunicación y labor de equipo entre el personal que interviene en todas las etapas.

Por todo lo anterior mencionado, el QFD puede definirse como un sistema estructurado que facilita el medio para identificar necesidades y expectativas de los clientes y traducirlas al lenguaje de la organización[25], es por tal motivo que dicha metodología también es considerada como una filosofía[26].

El elemento más importante del QFD es la denominada Casa de la Calidad (House of Quality), la cual, es la matriz de la que derivarán todas las demás. En la Figura 1.1 se presenta gráficamente la Casa de la Calidad, así como también se describe cada uno de los elementos de la matriz[27].

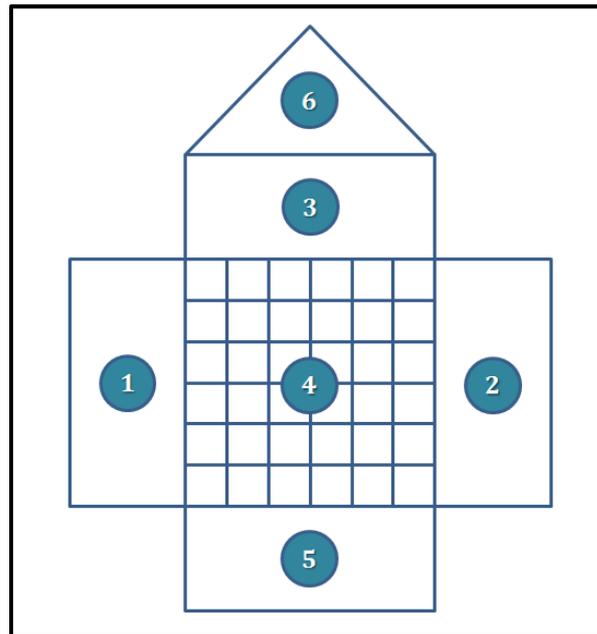


Figura 2.1 Casa de la Calidad

1.Requerimientos de los clientes.- Ésta es generalmente la primera parte de la matriz a completar dado que es la más importante. Debe considerarse la lista de los requerimientos de los clientes sobre el producto o servicio en sus propias palabras. También se deben priorizar dichos requerimientos de modo que se puede identificar como percibe el cliente la importancia relativa de cada uno.

2.Evaluación competitiva.- Muestra una comparación competitiva (Benchmark) de la empresa frente a los competidores relevantes en los atributos considerados más importantes por los clientes en la calidad del producto.

3.Características técnicas.- Esta sección de la Casa de la Calidad se refiere a las características técnicas o de ingeniería del producto o servicio que la empresa ha detectado que contribuyen de alguna forma en satisfacer las necesidades de los clientes.

4.Relaciones.- Esta sección es vital en la estructura de la Casa de la Calidad dado que relaciona cuantitativamente las necesidades de los clientes con las

características de calidad. Es importante identificar qué características técnicas contribuyen a satisfacer una determinada necesidad y en que magnitud sucede esto. Se utilizan notaciones gráficas que muestran relaciones “Fuertes”, “Medias” o “Bajas”.

5. Correlaciones.- Se identifican las correlaciones existentes entre las características técnicas.

6. Objetivos.- Muestra los valores metas a alcanzar en cada característica técnica y adicionalmente incorpora un benchmark entre la empresa y los competidores relevantes.

El QFD es una metodología que conduce el proceso de definición de un producto a lo largo de sus distintas fases, la cual incluye desde la identificación y necesidades de los clientes hasta el diseño de detalle y producción del producto. Asimismo y de forma complementaria, distintas técnicas y herramientas ayudan mejorar dichos procesos[26]. Para llevar a cabo dicho proceso, el QFD divide en tres etapas principales el diseño de un producto, las cuales son las siguientes:

- Especificaciones o comprensión del problema.
- Diseño conceptual.
- Diseño de detalle.

2.3.1.1 PRIMERA ETAPA: ESPECIFICACIONES

Ésta primera etapa de la metodología del QFD se puede aplicar mediante los siguientes 6 pasos.

1. Identificación del cliente.

En éste primer paso se identifica y define hacia quienes va dirigido el producto que se está diseñando, es decir, quien o quienes deben ser

considerados como clientes. Un cliente es todo aquel que sea impactado por el producto.

2. Determinación de los requerimientos y expectativas del cliente.

Una vez definido el o los clientes, el siguiente paso consiste en determinar sus requerimientos y expectativas. Dichos requerimientos son una descripción del beneficio que los usuarios finales del producto desean obtener.

Normalmente, durante las conversaciones con los clientes, se puede llegar a tener un gran número de requerimientos, entre los que se incluyen los requerimientos obligatorios y deseables. Los primeros se refieren a aquellas demandas que son inherentes en el producto y que de no cumplirse, el producto puede considerarse como satisfactorio. Los requerimientos deseables se refieren a aquellos que permiten cierta flexibilidad, de forma que su cumplimiento puede ser parcial y de no cumplirse en su totalidad el producto puede considerarse como satisfactorio[28].

3. Determinación de la importancia relativa de los requerimientos y expectativas del cliente.

Debido a que no todos los requerimientos y expectativas de los clientes tienen el mismo grado de importancia, los requerimientos suelen dividirse en deseables y obligatorios, tal como se mencionó en el punto anterior. Dicha importancia relativa ayuda a tomar decisiones que equilibran el costo de satisfacer algún requerimiento.

Debido a lo anterior, los requerimientos deseables se ponderan uno a uno contra sí mismo para darle una importancia jerárquica. Cabe

mencionar que los requerimientos obligatorios no pueden ser ponderados, debido a que de faltar alguno de éstos, el producto es considerado como no satisfactorio.

4. Benchmarking.

El Benchmarking es una herramienta que sirve para realizar una comparación de los productos o servicios ofrecidos de la competencia, respecto a los nuestros[29]. Dicha herramienta sirve para evaluar las fortalezas y debilidades de nuestros productos versus la competencia y tomar acciones correctivas en aquellas debilidades, con el objetivo de darle un mayor valor a nuestro producto.

5. Traducir los requerimientos y expectativas del cliente en términos mensurables de ingeniería.

Con el objetivo de cumplir con cada uno de los requerimientos del cliente, el producto debe satisfacer requerimientos que puedan medirse. Aunque existen algunos requerimientos que pasan directamente a ser medidos como metas de diseño o que son más fáciles de interpretar, existen otros que requieren de un análisis más profundo debido a que no pueden medirse. Los términos de ingeniería son aquellas magnitudes o características que puedan manejar o determinar para definir su producto, estos requerimientos pueden ser divididos en niveles de traducción.

6. Establecer metas de diseño.

El último paso de la metodología consiste en fijar las metas de diseño, las cuales son características mensurables que llevan asociadas

magnitudes y unidades de medición. Según Gurrutia [30], las metas de diseño se llevan a cabo tomando en cuenta lo siguiente:

- Los requerimientos del cliente.
- Las características del producto de la competencia.
- El valor agregado que se desea imprimir al nuevo producto.

2.3.1.2 SEGUNDA ETAPA: DISEÑO CONCEPTUAL

Un concepto es una idea que puede presentarse mediante un esquema, croquis, diagrama, bosquejo o un modelo tridimensional aproximado, es decir, es la representación gráfica de algo que podría convertirse en el futuro en un producto. Un concepto describe de manera aproximada la forma del producto, sus funciones, características, entre otras cosas[30].

La creatividad es la característica fundamental de ésta etapa, aprovechándose la información generada en la primera etapa del diseño para definir en primer lugar el modelo funcional del producto, para posteriormente conceptualizar las posibles soluciones del problema. De aquí de la identificación de todas las funciones que es necesario que desarrolle el producto, los cuales se puede lograr satisfacer las expectativas del cliente, para después generar una serie de alternativas de solución; después se evalúan estas alternativas de manera sistemática para llegar a una propuesta de solución[28].

El objetivo de la etapa de diseño conceptual es lograr la mejor propuesta de solución posible, para que en la siguiente etapa los esfuerzos de diseño se concentren en ella[31].

La metodología en ésta fase del proyecto, se basa en la estrategia de “La estructura o la forma siguen a la función”, esto es, que antes de comenzar con la

definición de las formas es necesario tener bien claras todas las funciones que debe realizar el producto, con la finalidad de que respondan las expectativas del cliente[30].

Cualquier producto suele realizar una gran diversidad de funciones, de entre todas ellas la más importante se le denomina **función global de servicio**. Dicha función corresponde a la finalidad del producto como un todo, es decir, es la actividad que es capaz de realizar el elemento en conjunto[32].

Debido a que ningún sistema se diseña independientemente del entorno en el cual se desenvolverá, deben establecerse los **límites** entre aquello que se va a diseñar y el entorno que lo rodea y restringe. Dicho entorno es el conjunto de los elementos físicos y humanos que están en relación con el producto durante su ciclo de vida, tales como: materiales, usuario, energía, etc.

Otra de las consideraciones importantes que deben tomarse en cuenta cuando se realiza el diseño conceptual, es que una vez obtenidas las funciones de servicio debe realizarse el **análisis funcional descendente**. Dicho análisis corresponde a un método en el cual se describen gráficamente las funciones internas del sistema, partiendo de lo general a lo más particular[33].

Una vez habiendo definido todas las funciones que realizará el producto, se procede a la realización de una matriz en la cual se anoten cada una de las funciones que requiere realizar el producto y las respectivas propuestas de cada uno, a éste diagrama se le conoce como **matriz morfológica**, la cual proporcionará un gran número de combinaciones posibles para la realización del diseño conceptual.

Por último y como resultado de las combinaciones arrojadas por la matriz morfológica para la realización del diseño conceptual, deberán evaluarse cada una de las propuestas y establecer un concepto global, la cual, será aquel concepto que cumpla con el mayor número de los requerimientos establecidos por el cliente.

2.3.1.3 TERCERA ETAPA: DISEÑO DE DETALLE

En ésta última etapa, se deberán presentar el diseño conceptual mediante dibujos o animaciones en el cual, se pueda apreciar que el producto cumple con todos los requerimientos establecidos en las dos etapas anteriores.

Asimismo, es en ésta etapa donde se sustenta científicamente la selección de cada uno de los materiales y/o mecanismos empleados en el diseño, mediante cálculos matemáticos y análisis de pruebas realizadas.

2.4 DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA

El Diseño Asistido por Computadora, también conocido por sus ingles CAD (Computer Aided Design), es una herramienta que permite mediante el uso de software computacionales crear, manipular, analizar y comunicar una idea[34], mediante la elaboración de bocetos y dibujos tridimensionales[35].

Hoy en día y debido al incremento de la competitividad en un mundo globalizado, ha provocado que las áreas de diseño y fabricación en distintas empresas incorporen dentro de sus herramientas el uso de software de Diseño Asistido por Computadora, debido a la preocupación por la reducción de costos, incremento de la calidad de los productos y la reducción progresiva del tiempo entre la etapa conceptual y la producción final del producto [36].

Uno de los aspectos más importantes generados mediante la utilización del CAD, es la velocidad y facilidad de manipular, analizar y modificar diseños complejos, haciendo posible la revisión de numerosas opciones antes de tomar una decisión final[35], permitiendo inclusive mediante la aplicación de la Ingeniería Asistida por Computadora (CAE, Computer Aided Engineering), conocer de manera

previa el comportamiento final del producto en condiciones controladas mediante análisis de elementos finitos para esfuerzos, deformaciones, deflexiones, entre otros[37].

Otro de los conceptos derivados de la utilización de programas informáticos para la reproducción y fabricación de los diseños elaborados a partir de programas CAD, es la Manufactura Asistida por Computadora (CAM, Computer Aided Manufacturing)[35], la cual, es utilizada para dirigir y controlar equipos de producción, provocando como consecuencia la automatización total o parcial de la fabricación de piezas[38]. El resultado de la integración de estas dos tecnologías, es el término conocido como CAD/CAM, en donde un claro ejemplo puede ser el diseño de una pieza tridimensional utilizando algún software de diseño CAD, como por ejemplo el Autodesk Inventor® para posteriormente exportarlo a Mastercam® (software CAM) y generar las instrucciones para la manufactura automática de las piezas utilizando por ejemplo un torno CNC. A continuación se presentan los beneficios de la integración CAD/CAM.

- Calidad en el producto.
- Menor tiempo de diseño.
- Reducción de costos de producción.
- Predicción de comportamientos sin necesidad de prototipos.
- Posibilidad de corregir errores en la etapa de diseño.
- Mejora la comunicación con los clientes

CAPITULO 3.- MARCO EXPERIMENTAL

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describen las actividades realizadas para la generación del diseño del gabinete, mediante la implementación de la metodología de diseño seleccionada para tal fin.

Durante el primera etapa del presente capítulo se podrá observar la primera fase de la metodología del QFD, la cual consiste en definir hacia quien va dirigido el producto e identificar las especificaciones y/o requerimientos que deberán tomarse en cuenta para que el producto funcione correctamente.

Posteriormente en la segunda etapa, se presenta la fase de conceptualización del producto, en donde se definen las funciones principales que desarrollará el dispositivo en proceso de diseño y se exploran las diversas opciones existentes para llegar al resultado del problema inicial.

Por otro lado, durante la tercera etapa se muestra el listado de componentes que deberá alojar el gabinete y que juntos forman el Dispositivo de Comunicación Marítima. Asimismo se expone los dibujos bidimensionales del diseño conceptual del gabinete, así como también se presentan las características de los materiales propuestos para la fabricación de dicho gabinete.

3.2 PRIMERA ETAPA: ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

El dispositivo de comunicación marítima será un pequeño módulo electrónico con dimensiones similares a un radio de VHF, el cual estará instalado en algunas embarcaciones de los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Con la construcción del dispositivo se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- Monitoreo de la trayectoria de 400 embarcaciones de la flota menor.
- Establecer un sistema de aviso de emergencia en tiempo real.
- Colectar datos de variables físico-químicas del entorno marino mientras opera la flota.
- Desarrollar una plataforma para visualizar y analizar la información espacial y temporal de la flota.

Un diagrama funcional aproximado se presenta en la Figura 3.1, en el cual se observa el procedimiento de funcionamiento que se describe a continuación:

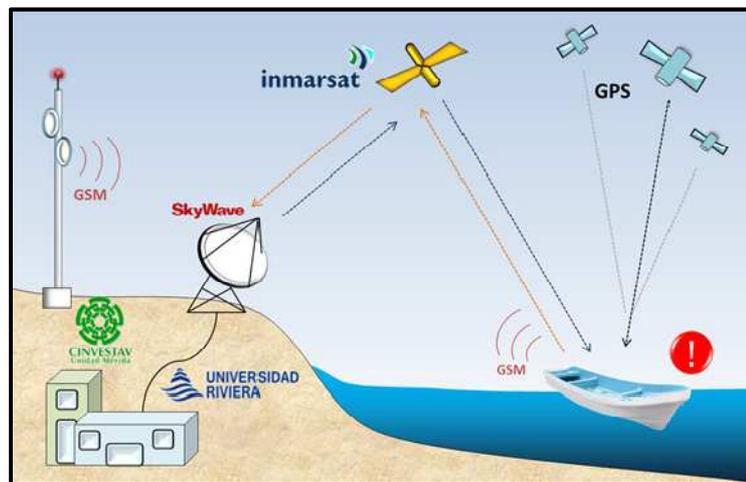


Figura 3.1 Esquema general de funcionamiento del Dispositivo de Comunicación Marítimo

- El dispositivo recibe posición GPS, datos del sensor y envía información.
- El servidor satelital recibe y envía la información a los nodos centrales (Universidad Riviera y Cinvestav Unidad Mérida).
- Los nodos estatales envían la información a los nodos estatales.
- Finalmente, los nodos estatales pueden enviar notificaciones a las embarcaciones.

3.2.1 IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Uno de los clientes que se tiene confirmado para el proyecto “Desarrollo de Infraestructura Tecnológica de Sistemas de Adquisición y Comunicación de Información Geoespacial para el Sector Pesquero de México”, se trata de la “Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Vanguardia S.C. de R.L.”, la cual se encuentra ubicada en la Isla de Holbox, Quintana Roo (Ver Figura 3.2).

A continuación se describen las características más importantes de dicha cooperativa, identificadas durante las visitas de campo.

- La cooperativa cuenta con 76 socios y 20 aspirantes con un total de 50 embarcaciones.
- La pesca se realiza a una distancia de 22 millas náuticas de la costa a profundidades de 20 a 22 brazas.
- Debido a que en la actualidad no son muy comunes los robos, los propietarios de las embarcaciones suelen dejar sus equipos y herramientas de trabajo en su lancha.
- En lo que respecta al equipamiento de las embarcaciones, todas cuentan con GPS y la gran mayoría tienen radio de VHF.

- Alrededor de 20 embarcaciones cuentan con consolas elaboradas con madera y fibra de vidrio para instalar y resguardar sus equipos de trabajo.
- Entre los problemas más comunes que presentan los integrantes de dicha cooperativa en alta mar, se encuentran las turbonadas, averías del motor y en algunas ocasiones desabasto de combustible.
- Los pescadores suelen realizar viajes con un máximo de 5 días a los campamentos pesqueros, donde se cuenta con un barco nodriza que realiza el acopio del producto extraído por las lanchas.



Figura 3.2 Sociedad Cooperativa de Producción
Pesquera Vanguardia S.C. de R.L.

3.2.2 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS Y EXPECTATIVAS DEL CLIENTE

El éxito o fracaso de cualquier producto en el mercado, recae en que tan aceptado o útil es éste para el consumidor, es por tal motivo y debido a la importancia que tiene la satisfacción total del cliente en la etapa de diseño de

cualquier producto, que a continuación se describe la lista de los requerimientos y expectativas más importantes.

- 1.** Resistente al medio ambiente.
- 2.** Estético
- 3.** El material utilizado no debe ser metálico.
- 4.** Fácil ensamble.
- 5.** Bajo mantenimiento.
- 6.** Simple manufactura.
- 7.** Tecnología de fabricación disponible.
- 8.** Costo unitario de fabricación bajo.
- 9.** Resistente al impacto.
- 10.** Fácil operación.
- 11.** Fácil instalación.
- 12.** Portátil.
- 13.** Permita la adherencia de adhesivos comerciales.

Debido a que no todos los requerimientos y expectativas del cliente tienen la misma importancia, la metodología del QFD separa dichas peticiones en obligatorios y deseables. Los primeros son aquellos que no pueden omitirse debido a que en caso de faltar alguno, el producto podría ser considerado como defectuoso. Por otro lado, los deseables son aquellos que en caso de faltar alguno de éstos, el producto podrá considerarse como aceptable. A continuación se presenta en la Figura 3.3 dicha clasificación para el presente diseño.

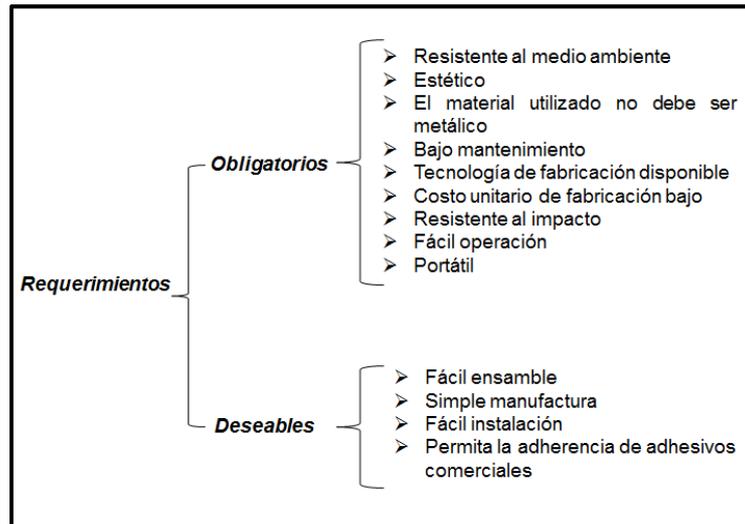


Figura 3.3 Clasificación de los requerimientos en obligatorios y deseables

3.2.3 DETERMINACIÓN DE LA IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS REQUERIMIENTOS Y EXPECTATIVAS DEL CLIENTE

Una vez obtenido el listado de los requerimientos deseables de nuestro producto, se procedió a realizar una comparación de los mismos con la finalidad de determinar cuál de los requerimientos tiene mayor relevancia. A continuación se presenta en la Tabla 3.1 la ponderación realizada.

Tabla 3.1 Ponderación de los requerimientos deseables

Requerimientos deseables	Fácil ensamble	Simple manufactura	Fácil instalación	Permita la adherencia de adhesivos comerciales	Costo unitario de fabricación bajo	Total	Porcentaje de importancia
<i>Fácil ensamble</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Simple manufactura</i>	1	0	0	0	0	1	10
<i>Fácil instalación</i>	1	1	0	1	0	3	30
<i>Permita la adherencia de adhesivos comerciales</i>	1	1	0	0	0	2	20
<i>Costo unitario de fabricación bajo</i>	1	1	1	1	0	4	40

Tras haber realizado la ponderación de los requerimientos deseables para el desarrollo del gabinete, se presentan enseguida los resultados obtenidos por orden de importancia.

1. Costo unitario de fabricación bajo.
2. Fácil instalación.
3. Permita la adherencia de adhesivos comerciales.
4. Simple manufactura.
5. Fácil ensamble

3.2.4 BENCHMARKING

Como parte de un análisis comparativo del producto en proceso de diseño con su competencia directa y con el fin de determinar si el DCM se encuentra al nivel de los productos existentes actualmente en el mercado, se procedió a realizar un benchmarking. Es importante mencionar que el benchmarking es una herramienta destinada a lograr comportamientos competitivos de la oferta de los mercados monopolísticos, consistente en la comparación del desempeño de las empresas, a través de métrica de variables, indicadores y coeficientes[39].

Durante la realización del Benchmarking, se investigaron diversos productos existentes en el segmento del mercado al va dirigido el proyecto y se obtuvo como resultado que la competencia directa del DCM debido a las funciones que realiza es el Sistema de Localización y Monitoreo Satelital de Embarcaciones Pesqueras en México (SISMEP). Dicho sistema se encuentra vigente y en funcionamiento en la flota mediana y mayor de la República Mexicana[8]. Enseguida se presenta en las Figuras 3.4, 3.5 y 3.6 algunas imágenes correspondientes al SISMEP.



Figura 3.4 Dispositivo SISMEP instalado en una embarcación de flota mediana (1)



Figura 3.5 Dispositivo SISMEP instalado en una embarcación de flota mediana (2)



Figura 3.6 Interpretación de la interfaz de usuario del SISMEP

Como se puede observar en las figuras anteriores, el equipo SISMEP es instalado dentro de la cabina de mando de las embarcaciones pesqueras con motor estacionario, con una potencia nominal superior a 80 hp, cubierta corrida y eslora superior a 10.5 metros, las cuales operen en aguas de Jurisdicción Federal del Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe, dentro de la zona económica

exclusiva, así como para aquellas embarcaciones de bandera mexicana que realicen actividades de pesca en alta mar[8].

El equipo o transreceptor del SISMEP, se encuentra compuesto por los elementos que se presentan en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Componentes del SISMEP

Elemento	Figura
<i>Base / Soporte</i>	
<i>Cable de datos</i>	
<i>Panel de control</i>	
<i>Equipo Transreceptor</i>	
<i>Cable eléctrico</i>	
<i>Fusible de 3 amp. y portafusible tipo automotriz</i>	

Una vez realizada la investigación acerca de las características físicas y de funcionamiento del SISMEP, se procedió a realizar una comparación de dicho sistema versus el Dispositivo de Comunicación Marítima (DCM), la cual se presenta a continuación en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Tabla comparativa (Benchmarking) SISMEP (X) vs DCM (O)

No.	LISTADO DE REQUERIMIENTOS	MALO	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1	Resistente al medio ambiente			X	O	
2	El material utilizado no debe ser metálico			NA	O	
3	Estético			X	O	
4	Fácil ensamble		X		O	
5	Bajo mantenimiento				O,X	
6	Simple manufactura			O	X	
7	Tecnología de fabricación disponible			O	X	
8	Costo unitario de fabricación bajo			X	O	
9	Resistente al impacto		X		O	
10	Fácil operación				O	X
11	Fácil instalación		X		O	
12	Portátil		X			O
13	Permita la adherencia de adhesivos comerciales				X	O

3.2.5 TRADUCCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS EN TÉRMINOS MENSURABLES

Cuando algunos requerimientos de los clientes son suficientemente precisos o lo bastante entendible para un diseñador, se convierten directamente en metas de diseño, las cuales son características mensurables que llevan asociadas magnitudes y unidades de medición. En otros casos, los requerimientos del cliente deben someterse a un proceso de traducción para obtener los términos mensurables que nos dan lugar a la fijación de las metas de diseño[28].

A continuación se presenta en la Tabla 3.4 la traducción de los requerimientos en términos mensurables para el presente diseño.

Tabla 3.4 Traducción de los requerimientos en términos mensurables

Requerimientos del cliente	Traducción en términos mensurables	Unidades
Resistente al medio ambiente	Resistencia a la corrosión	mm/año
	Resistencia a los rayos ultravioleta	W/m2
	Que no permita transferencia de calor	°C
	Grado de Protección IP contra objetos solidos	Grado IP
	Resistente a la humedad	%
Estético	Color	Color
	Forma	Forma
	Rugosidad	Milímetros
El material utilizado no debe ser metálico	Tipo de material	Tipo de polímero
Fácil ensamble	Tiempo requerido para ensamble	Horas
	Numero de partes	#
	Numero de máquinas y/o herramientas necesarias para ensamble	#
	Grado de escolar de mano obra para ensamble	escolaridad
Bajo mantenimiento	Tiempo de operación sin requerir mantenimiento	Días
	Tiempo necesario para realizar mantenimiento	Horas
	Numero de partes críticas a dar mantenimiento	Numero
Simple manufactura	Tiempo necesario para manufactura	Horas
	Numero de operarios utilizados	#
	Numero máquinas y/o herramientas necesarias	#
	Tiempo de entrega de material	Días
Tecnología de fabricación disponible	Numero de procesos de manufactura a utilizar	#
	Tipo de materiales a utilizar	Tipo de polímero
	costo de materia prima	Pesos
Costo unitario de fabricación bajo	costo de manufactura	Pesos
Resistente al impacto	Tenacidad	KJ/m²
Fácil operación	Grado escolar del operador	Escolaridad
Fácil instalación	Tiempo necesario de instalación	Horas
	Grado de estudio de personal de mano de obra para instalación	escolaridad
	Número de piezas	#
	Numero de herramientas necesarias para instalación	#
Portátil	Masa	Kg.
	Tiempo de desmontaje de punto de instalación	Horas
	Volumen	cm³
	Numero de partes	#
Permita la adherencia de adhesivos comerciales	Material	Material

3.3 SEGUNDA ETAPA: DISEÑO CONCEPTUAL

En la presente etapa se abordará la segunda fase de la metodología del QFD aplicada para desarrollo de gabinete. Asimismo se presentarán cada una de las herramientas empleadas para la generación, evaluación y definición del modelo conceptual, con la finalidad de obtener un producto que cumpla con las expectativas y requerimientos del cliente.

3.3.1 LÍMITES DE SISTEMA Y FUNCIONES DE SERVICIO

Siempre que se pretenda encontrar el diseño ideal para cualquier producto, es necesario visualizarlo como un sistema mediante el cual se realiza una función global de servicio e identificar los límites del producto en diseño respecto a su entorno, así como también los factores o elementos del entorno con los que interactúa un producto durante su ciclo de vida. Enseguida se presenta en la Figura 3.7 los límites del sistema definidos para el presente proyecto.

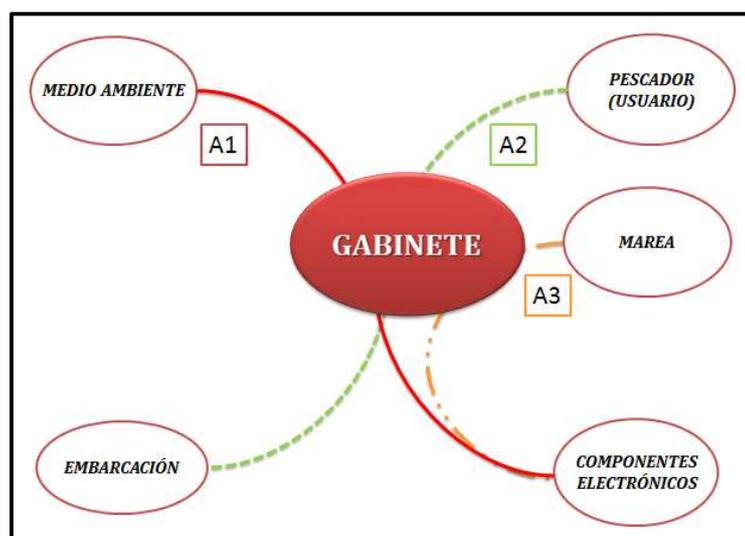


Figura 3.7 Límites de Sistema

3.3.2 DEFINICIÓN DE FUNCIÓN GLOBAL

Una vez establecidos los elementos con los que se relacionará el Dispositivo de Comunicación Marítima, se procedió a definir cada una de las funciones de servicio que deberá satisfacer, las cuales son las siguientes:

- Permitir el ensamble y proteger los componentes del sistema.
- Acoplar y desacoplar el gabinete en la consola.
- Aislar de vibración los componentes del sistema.

Al término de la definición de las funciones de servicio que brindará el producto, se seleccionó la función más importante y que engloba la razón principal por la cual el producto debe ser diseñado, es decir, la función global de servicio, la cual dio como resultado:

- ***Permitir el ensamble y proteger los componentes del sistema***

3.3.3 ANÁLISIS FUNCIONAL DESCENDENTE

Debido a que la función global de servicio ha sido definida, el siguiente paso consiste en realizar el análisis funcional descendente, el cual, es un análisis que consiste en la descripción gráfica de las funciones internas del sistema, descomponiendo de forma minuciosa cada una de las funciones que desarrollará el producto. En las siguientes Figuras 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11 se presentan los análisis funcionales descendentes de tres niveles de la función global de servicio.

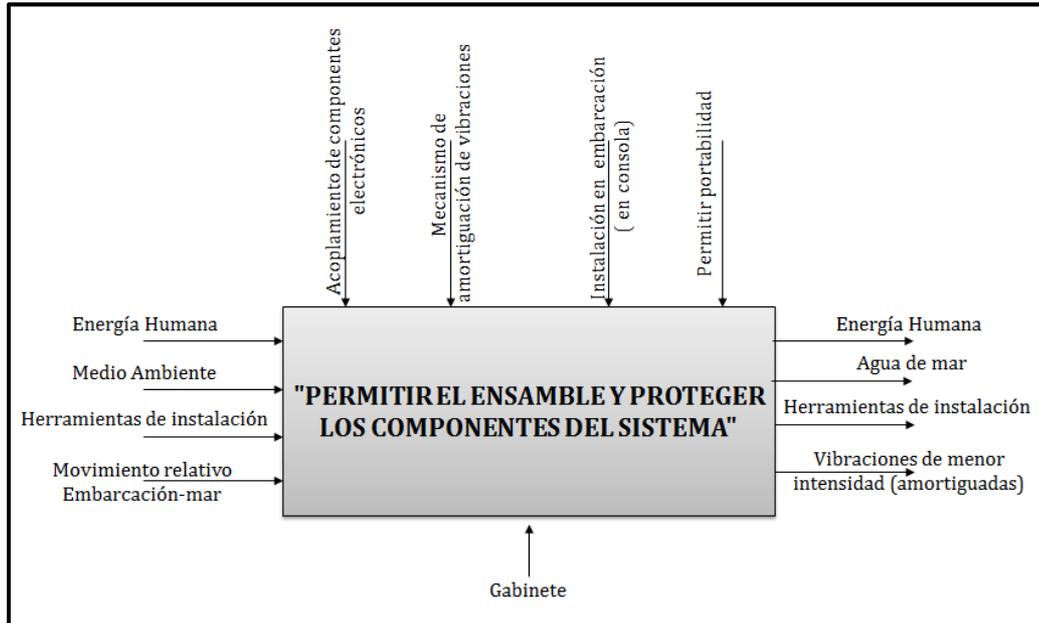


Figura 3.8 Análisis funcional descendente de la Función Global de Servicio (Nivel 1)

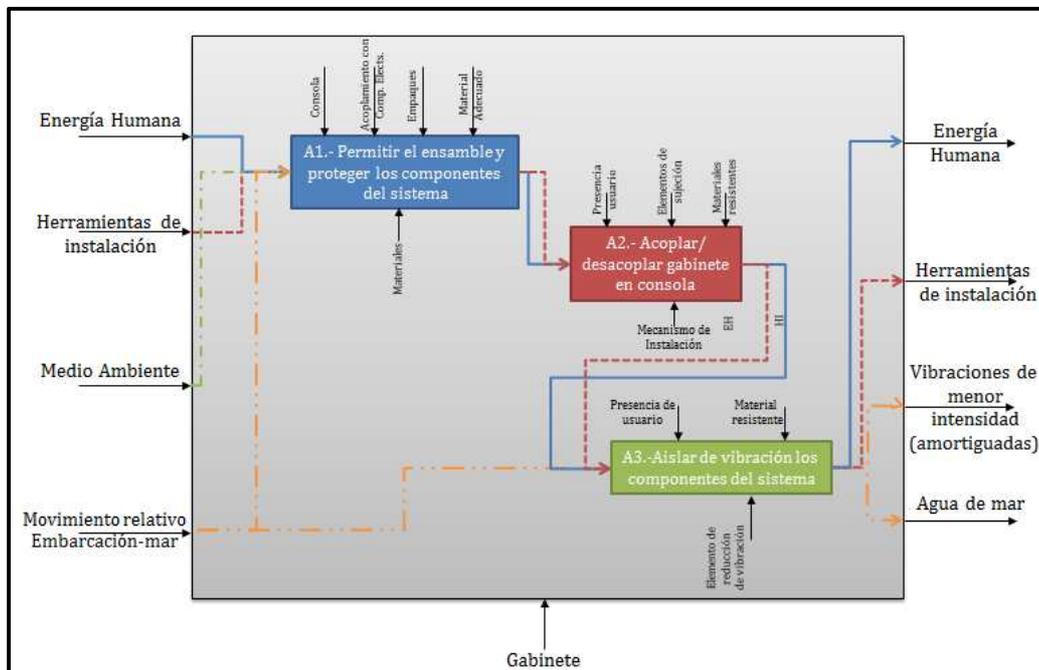


Figura 3.9 Análisis funcional descendente de la Función Global de Servicio (Nivel 2)

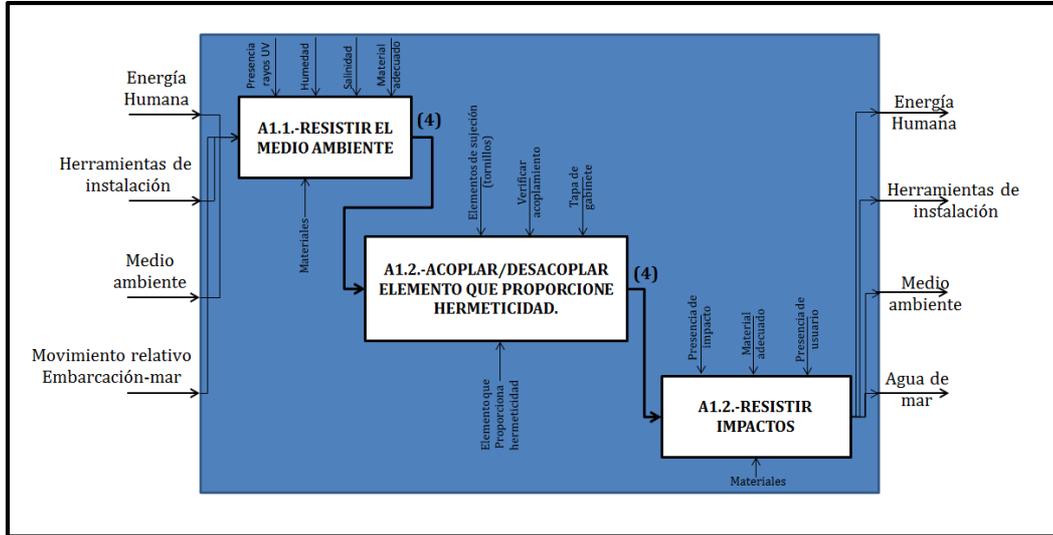


Figura 3.10 Análisis funcional descendente de la Función A1. Permitir el ensamble y proteger los componentes del sistema (Nivel 3)

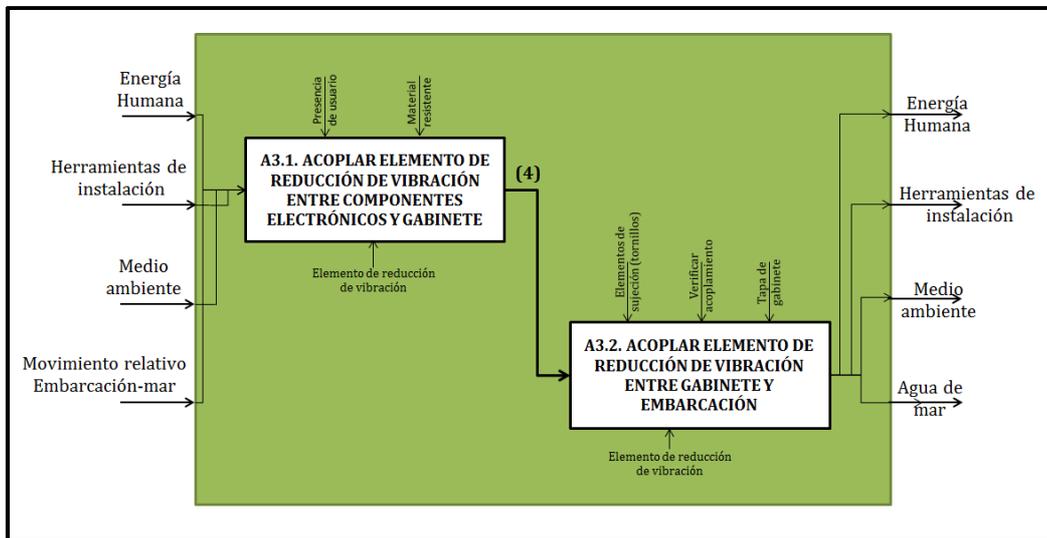
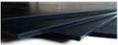


Figura 3.11 Análisis funcional descendente de la Función A3. Aislar de vibración los componentes del sistema (Nivel 3)

3.3.4 MATRIZ MORFOLÓGICA

Con el objetivo de generar el mayor número posible de soluciones para satisfacer las funciones que realizará nuestro producto y siguiendo con la metodología seleccionada, se realizó una matriz morfológica en la cual se expresan claramente las distintas opciones que se tienen respecto a materiales y mecanismos necesarios para el desarrollo del presente proyecto (ver Tabla 3.5).

Tabla 3.5 Matriz Morfológica

CONCEPTOS		1	2	3	4
A1: PERMITIR EL ENSAMBLE Y PROTEGER LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	A1.1.- RESISTIR EL MEDIO AMBIENTE	 IMPLEMENTACION DE POLICARBONATO	 IMPLEMENTACION DE POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO (HIPS)	 IMPLEMENTACION DE ABS(acrilo nitrilo butadieno estireno)	 PEAD(Polietileno de alta densidad)
	A1.2.- ACOPLAR ELEMENTO QUE PROPORCIONA HERMETICIDAD	 EMPAQUE DE ORING DE NITRILLO (DUREZA SHORE 60)	 SELLADOR A BASE DE SILICONA RESISTENTE A RAYOS UV	 SELLADOR A BASE DE POLIURETANO	
	A1.3.- RESISTIR IMPACTOS	 IMPLEMENTACION DE ADITIVO PLASTIFICANTE	 IMPLEMENTACION DE ADITIVO DE CARGA DE REFUERZO	 IMPLEMENTACION DE ADITIVO CLARIFICANTE	
A2: ACOPLAR/DESACOPLAR GABINETE EN CONSOLA	N/A	 RIEL DE ACOPLAMIENTO	 BASE DE ACOPLAMIENTO	 MENSULAS DE ACOPLAMIENTO	
A3: AISLAR DE VIBRACION LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	A3.1.- ACOPLAR ELEMENTO DE REDUCCION DE VIBRACION ENTRE COMPONENTES ELECTRONICOS Y GABINETE	 AMORTIGUACION POR ESPUMA	 RONDANAS DE NEOPRENO	 RONDANAS DE EPDM	
	A3.2.- ACOPLAR ELEMENTO DE REDUCCION DE VIBRACION ENTRE EMBARCACION Y GABINETE	 EMPAQUE DE EPDM rubber (ethylene propylene diene Monomer M-class)	 IMPLEMENTACION DE MATERIAL SINTETICO VIBRA CHECK	 RECUBRIMIENTO DE GABINETE CON ESPESOR DE HULE SBR ANTI IMPACTOS	 RECUBRIMIENTO DE GABINETE CON HULE DE NITRILLO

3.3.5 EVALUACIÓN DE CONCEPTOS

La evaluación de conceptos es la fase final para definir el diseño conceptual de cualquier producto. Dicho procedimiento consiste en la evaluación de los materiales y mecanismos seleccionados en la matriz morfológica, con la finalidad de seleccionar el concepto más idóneo. Asimismo, tiene como objetivo invertir la menor cantidad de recursos para la definición del concepto final.

Una de las herramientas más utilizadas para la evaluación de ésta etapa es el análisis basado en la factibilidad del concepto. Éste análisis tiene como propósito valorar cualitativamente y cuantitativamente las ventajas y desventajas de las diversas opciones obteniendo como resultado la mejor iniciativa utilizando el menor cantidad de recursos. Enseguida se presenta en la Tabla 3.6 el análisis de factibilidad realizado.

Tabla 3.6 Análisis de Factibilidad

Función	Subfunción	Opciones	Evaluación
			1- No funciona 2- Podría funcionar si se hacen ajustes 3- Es muy factible
A1: PERMITIR EL ENSAMBLE Y PROTEGER LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	A1.1.- RESISTIR EL MEDIO AMBIENTE	IMPLEMENTACION DE POLICARBONATO	3
		IMPLEMENTACION DE POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO	2
		IMPLEMENTACION DE ABS	3
		PEAD Polietileno	2
	A1.2.- ACOPLAR ELEMENTO QUE PROPORCIONA HERMETICIDAD	EMPAQUE DE ORING DE NITRIL (DUREZA SHORE 60)	3
		SELLADOR A BASE DE SILICONA RESISTENTE A RAYOS UV	1
		SELLADOR A BASE DE POLIURETANO	1
	A1.3.- RESISTIR IMPACTOS	IMPLEMENTACION DE ADITIVO PLASTIFICANTE	2
		IMPLEMENTACION DE ADITIVO DE CARGA DE REFUERZO	3
IMPLEMENTACION DE ADITIVO CLARIFICANTE		1	
A2: ACOPLAR/DESACOPLAR GABINETE EN CONSOLA	N/A	RIEL DE ACOPLAMIENTO	3
		BASE DE ACOPLAMIENTO	3
		MENSULAS DE ACOPLAMIENTO	3
A3: AISLAR DE VIBRACION LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	A3.1.- ACOPLAR ELEMENTO DE REDUCCION DE VIBRACION ENTRE COMPONENTES ELECTRONICOS Y GABINETE	AMORTIGUACION POR ESPUMA	1
		RONDANAS DE NEOPRENO	3
		RONDANAS DE EPDM	3
	A3.2.- ACOPLAR ELEMENTO DE REDUCCION DE VIBRACION ENTRE EMBARCACION Y GABINETE	EMPAQUE DE EPDM rubber (ethylene propylene diene Monomer M-class)	3
		IMPLEMENTACION DE MATERIAL SINTETICO VIBRA CHECK	2
		RECUBRIMIENTO DE GABINETE CON ESPESOR DE HULE SBR ANTI IMPACTOS	3
		RECUBRIMIENTO DE GABINETE CON HULE DE NITRIL	3

Una vez determinada la factibilidad de las distintas opciones para cumplir con las funciones principales del gabinete, se prosiguió a realizar la evaluación de la disponibilidad tecnológica (ver Tabla 3.7) que actualmente existe en el mercado con la intención de capitalizar el proyecto y evitar futuros problemas que pudieran presentarse debido a ésta circunstancia.

Tabla 3.7 Análisis de Disponibilidad Tecnológica

Función	Subfunción	Opciones	Evaluación
			1 - Desarrollada 2- Disponible 3- Al alcance para su utilización
A1: PERMITIR EL ENSAMBLE Y PROTEGER LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	A1.1.- RESISTIR EL MEDIO AMBIENTE	IMPLEMENTACION DE	1, 2 Y 3
		IMPLEMENTACION DE POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO	1, 2 Y 3
		IMPLEMENTACION DE ACRILO NITRILO BUTADIENO ESTIRENO (ABS)	1, 2 Y 3
		IMPLEMENTACION DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)	1, 2 Y 3
	A1.2.- ACOPLAR ELEMENTO QUE PROPORCIONA HERMETICIDAD	EMPAQUE DE ORING DE NITRILO (DUREZA SHORE 60)	1, 2 Y 3
		SELLADOR A BASE DE SILICONA	
		SELLADOR A BASE DE POLIURETANO	
	A1.3.- RESISTIR IMPACTOS	IMPLEMENTACION DE ADITIVO PLASTIFICANTE	1, 2
		IMPLEMENTACION DE ADITIVO DE CARGA DE REFUERZO	1, 2 Y 3
IMPLEMENTACION DE ADITIVO CLARIFICANTE			
A2: ACOPLAR/DESACOPLAR GABINETE EN CONSOLA	N/A	RIEL DE ACOPLAMIENTO	1, 2 Y 3
		BASE DE ACOPLAMIENTO	1, 2 Y 3
		MENSULAS DE ACOPLAMIENTO	1, 2 Y 3
A3: AISLAR DE VIBRACION LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	A3.1.- ACOPLAR ELEMENTO DE REDUCCION DE VIBRACION ENTRE COMPONENTES ELECTRONICOS Y GABINETE	AMORTIGUACION POR ESPUMA	
		RONDANAS DE NEOPRENO	1, 2 Y 3
		RONDANAS DE EPDM	1, 2
	A3.2.- ACOPLAR ELEMENTO DE REDUCCION DE VIBRACION ENTRE EMBARCACION Y GABINETE	EMPAQUE DE EPDM rubber (ethylene propylene diene Monomer M-class)	1, 2
		IMPLEMENTACION DE MATERIAL SINTETICO VIBRA CHECK	1, 2
		RECUBRIMIENTO DE GABINETE CON ESPESOR DE HULE SBR ANTI IMPACTOS	1, 2
RECUBRIMIENTO DE GABINETE CON HULE DE NITRILO	1, 2 Y 3		

Tras haber realizado los análisis de factibilidad y disponibilidad tecnológica, el último paso para definir los componentes y materiales a utilizar para el desarrollo conceptual del diseño, consiste en realizar una evaluación a través de una matriz de decisión. Dicho método consiste en calificar cada concepto respecto a su capacidad para cumplir con los requerimientos del cliente. La comparación de dichos conceptos dará como resultado la selección de las mejores opciones, así como también permitirá contar con una referencia para tomar decisiones. A continuación se presenta en la Tabla 3.8 el desarrollo de la matriz de decisión realizada para el presente proyecto.

Tabla 3.8 Matriz de Decisión

Ideas a comparar	Importancia	Criterios de evaluación																						
		IMPLEMENTACION DE POLICARBONATO	IMPLEMENTACION DE POLIESTER DE ALTO IMPACTO	IMPLEMENTACION DE AEROS	PEAO Polietileno	EMPAQUE DE ORIGEN DE NYLON (DUREZA SHORE D5)	SELLADOR A BASE DE SILICONA RESISTENTE A RAYOS UV	SELLADOR A BASE DE POLIURETANO	IMPLEMENTACION DE ADITIVO PLASTIFICANTE	IMPLEMENTACION DE ADITIVO DE CARGA DE REFUERZO	IMPLEMENTACION DE ADITIVO CLARIFICANTE	BIB. DE ACOPLAMIENTO	BASE DE ACOPLAMIENTO	MINISILAS DE ACOPLAMIENTO	AMORTIGUACION POR ESPUMA	RONDANAS DE ABOFIBRO	RONDANAS DE EPDM	EMPAQUE DE EPDM (elástico para propulsión de Motor de P-100)	IMPLEMENTACION DE MATERIAL SINTETICO VIBRA CHECK	RECUBRIMIENTO DE GABINETE CON RESINA DE PULE SFRANTI IMPACTOS	RECUBRIMIENTO DE GABINETE CON HULE EN TIRILLO			
Método de Evaluación																								
Factibilidad		★	★	★	★	★		★				★	★	★		★	★	★	★	★	★	★	★	★
Disponibilidad Tecnológica		0	0	0	0	0		0			0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RESISTENTE AL MEDIO AMBIENTE	1	☺		☺	☺	☺																		☺
EL MATERIAL UTILIZADO NO DEBE SER METALICO	2	☺	☺	☺	☺								☺	☺										☺
ESTETICO	3	☺		☺		☺																		☺
FACIL ENSAMBLE	4					☺						☺	☺	☺										☺
BAJO MANTENIMIENTO	5	☺		☺												☺								
SIMPLE MANUFACTURA	6															☺								
TECNOLOGIA DE FABRICACION DISPONIBLE	7		☺	☺	☺											☺								
COSTO UNITARIO DE FABRICACION BAJO	8			☺	☺																			
RESISTENTE AL IMPACTO	9	☺	☺	☺	☺	☺							☺	☺			☺							☺
FACIL OPERACIÓN	10											☺		☺										
FACIL INSTALACION	11					☺							☺	☺			☺							☺
PORTATIL	12															☺								☺
PERMITA LA ADHERENCIA DE ADHESIVOS COMERCIALES	13	☺	☺	☺						☺						☺								☺
Totales		6	4	8	5	5				4		3	5	7		10							8	

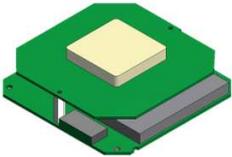
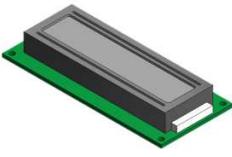
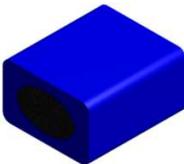
3.4 TERCERA ETAPA: DISEÑO DE DETALLE

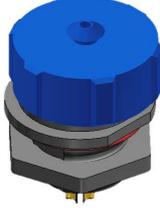
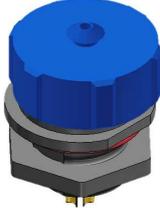
La última etapa de la metodología seleccionada para el desarrollo del diseño del gabinete es la conocida como diseño de detalle. En ésta fase se presenta la generación de todas las especificaciones necesarias para producir el diseño final. Asimismo se presentan cada uno de los componentes del sistema que albergará el gabinete, planos bidimensionales, ensambles, análisis por elementos finitos, fundamento teórico de la selección de materiales y tecnología utilizada para la reproducción del prototipo.

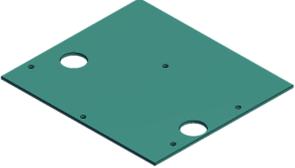
3.4.1 COMPONENTES DEL SISTEMA

Antes de iniciar con el modelado del gabinete, se procedió a investigar con el equipo responsable del desarrollo electrónico, los componentes seleccionados que integrarán el Dispositivo de Comunicación Marítima, con el objetivo de definir las dimensiones y morfología final del gabinete. Una vez obtenidos dichos elementos, se procedió a realizar el modelo tridimensional de cada componente mediante el software de diseño CAD (Computer Aided Design) Autodesk Inventor 2012, tomando en consideración las especificaciones y tolerancias descritas en los datasheets. En la Tabla 3.9 se presenta el modelado final de los componentes y una breve descripción de los mismos.

Tabla 3.9 Descripción de componentes del DCM

Componente	Descripción
<p>Modem satelital</p> 	<p>Permite la comunicación con la base de datos por comunicación satelital, cuando el DCM se encuentre fuera del área de cobertura GSM.</p>
<p>Pantalla LCD 16 x 2</p> 	<p>Pantalla de cristal líquido mediante la cual el usuario podrá interactuar con el sistema del DCM.</p>
<p>Batería de alimentación</p> 	<p>Es una batería de Iones de Litio (LI-ion) y es la encargada de alimentar el sistema hasta por 3 días consecutivos, siempre y cuando el DCM carezca de una fuente de alimentación externa.</p>

<p>Sirena de aviso/alarma</p> 	<p>Este componente sirve como un indicador auditivo que tendrá como objetivo avisar a los usuarios cuando exista un mensaje en el sistema.</p>
<p>Conector NMEA</p> 	<p>Conector con grado de protección IP68 que servirá para acoplar diversos sensores que cuenten con un protocolo de comunicación NMEA con el sistema.</p>
<p>Conector de alimentación</p> 	<p>Conector con grado de protección IP68 que servirá como punto de conexión para la alimentación del sistema y la recarga de la batería.</p>
<p>Botón de confirmación</p> 	<p>Push button con grado de protección IP67 que se utilizará para la confirmación de mensajes informativos y verificación del estado del sistema.</p>
<p>Botón de emergencia</p> 	<p>Push button con grado de protección IP67 que será utilizado exclusivamente en caso de presentarse una emergencia.</p>

<p>Tarjeta electrónica</p> 	<p>Es la tarjeta donde estarán incluidos todos los componentes electrónicos necesarios para el funcionamiento del sistema.</p>
---	--

3.4.2 DIBUJOS DE DETALLE

Con el objetivo de diseñar todos los componentes que integrarán el gabinete del Dispositivo de Comunicación Marítima con las dimensiones finales que deberán tener cuando sea construido, se decidió diseñar y modelar cada uno de los componentes en escala real, es decir *1:1*, debido a que permite visualizar el producto final con mayor certidumbre. A continuación se presentan los elementos que integran el gabinete, sin embargo es importante mencionar que las figuras que se presentan en ésta sección son de carácter ilustrativas y los planos acotados se encuentran en la sección de Anexos.

3.4.2.1 GABINETE

Una vez realizada la modelación de todos los componentes que integrarán el DCM, se procedió a desarrollar el diseño conceptual del gabinete tomando en consideración los requerimientos del cliente y las especificaciones obtenidas por el equipo responsable del sistema electrónico mediante sus pruebas de funcionamiento. Por tal motivo y de manera ilustrativa, se presentan a continuación desde la Figura 3.12 a la Figura 3.16 los planos correspondientes al gabinete.

Asimismo se describen cada una de las principales configuraciones realizadas en dicha pieza.

- A (1 - 2).- Soportes de fijación para la sujeción de la batería de alimentación.
- B (1 - 4).- Soportes de fijación para la sujeción del modem satelital seleccionado.
- C (1 - 4).- Soportes de fijación para la sujeción de la tarjeta electrónica.
- D (1 - 4).- Cavidad para atornillado y fijación de la tapa en gabinete.
- E (1).- Compartimiento para la fijación de la pantalla LCD.
- F.- (1 - 1A).- Convexidad para la junta hermética del gabinete.
- G (1).- Cavidad para visualización de la pantalla LCD al exterior.
- H (1 - 2).- Cavidad para la fijación de push buttons seleccionados.
- I (1 - 2).- Cavidad para la fijación de conectores seleccionados.
- J (1).- Cavidad para visualización de la sirena de aviso/confirmación con el exterior.
- K (1 - 2).- Compartimiento para la fijación de los injertos roscables.
- L (1).- Área definida para la adhesión del identificador del gabinete.

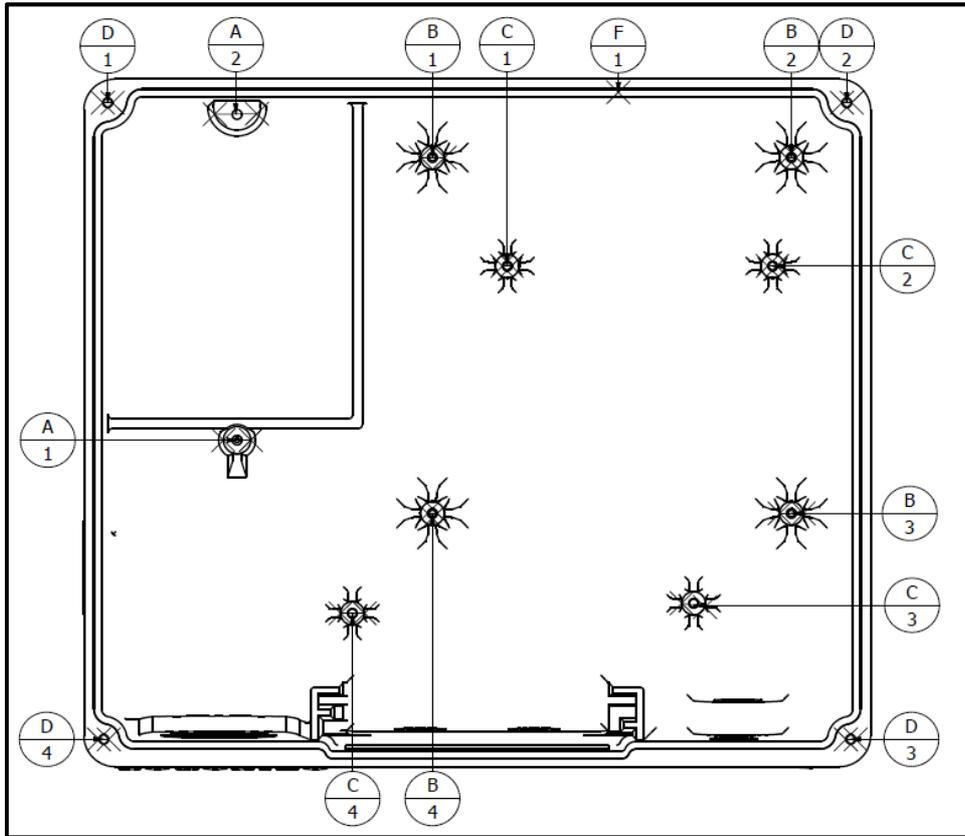


Figura 3.12 Vista superior del Gabinete

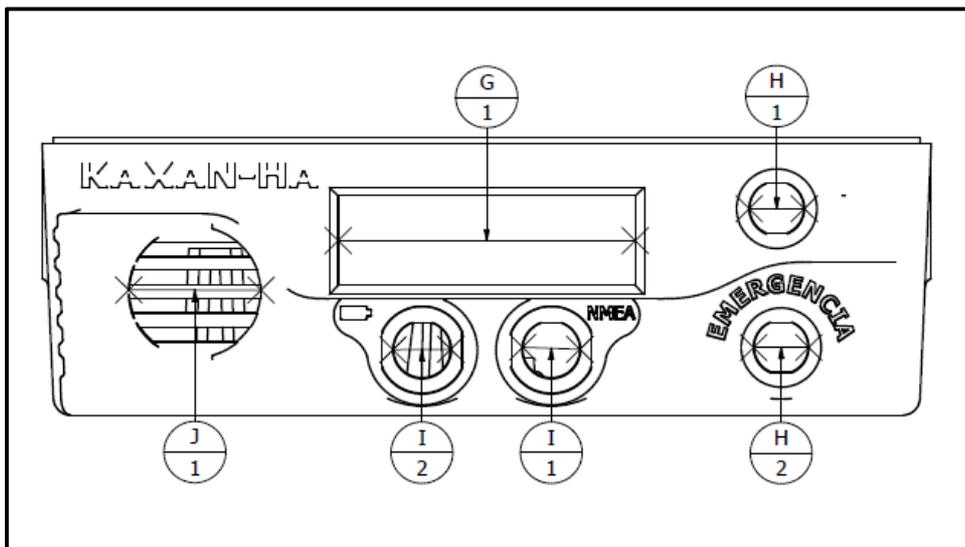


Figura 3.13 Vista frontal del Gabinete

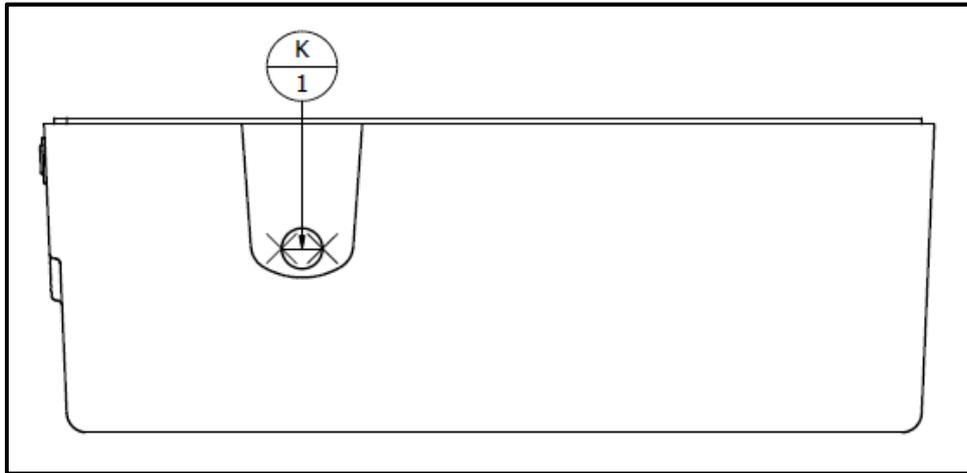


Figura 3.14 Vista lateral derecho del Gabinete

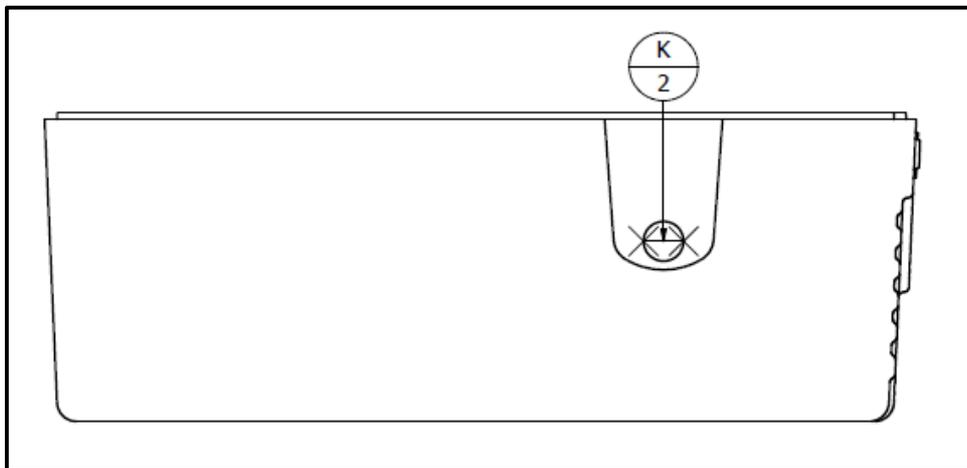


Figura 3.15 Vista lateral izquierda del Gabinete

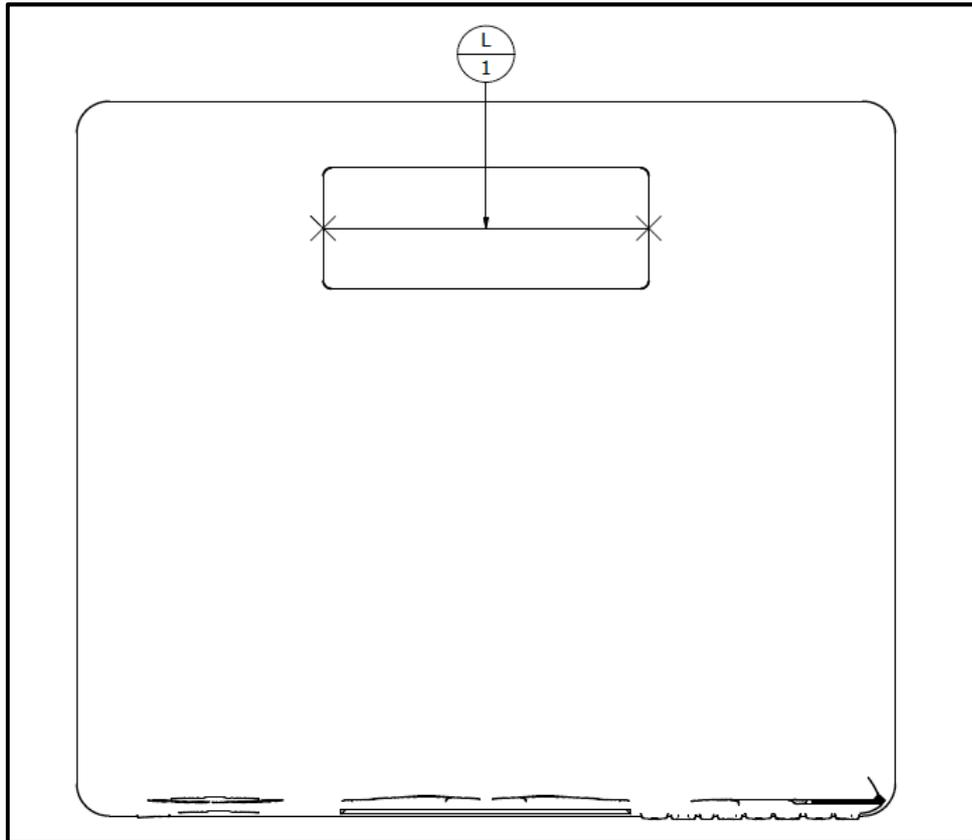


Figura 3.16 Vista inferior del Gabinete

3.4.2.2 TAPA DE GABINETE

Al igual que el gabinete y tomando en consideración la especificación de hermetismo del sistema, se realizó el diseño de la tapa del gabinete. Dicho elemento cuenta con un área definida y especialmente diseñada para el alojamiento del empaque, que evitará la admisión de polvo y humedad al interior del gabinete. Enseguida se presenta en la Figura 3.17 el plano ilustrativo de la tapa, así como una breve descripción de las principales configuraciones.

- D (1-A- 4-A).- Cavidad para la fijación de la tapa en gabinete.
- F (1-A).- Concavidad para la junta hermética del gabinete.

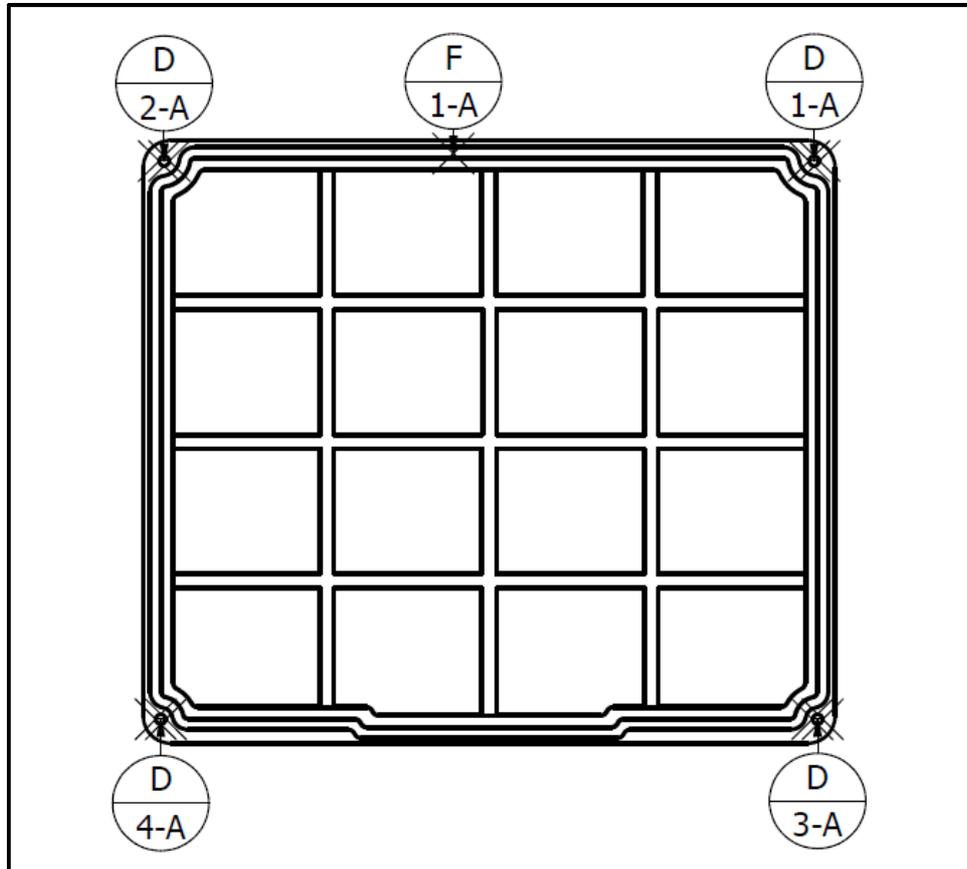


Figura 3.17 Vista inferior de la tapa del Gabinete

3.4.2.3 SUJETADOR DE BATERÍA

Por otro lado y debido a la geometría de la batería, fue necesario diseñar dentro del gabinete un espacio definido con las dimensiones de la batería y sus respectivas tolerancias, sin embargo, debido a que dicho componente no contaba con alguna configuración específica para poder sujetarlo al gabinete, se realizó el diseño de una pequeña pieza que tiene la función de inmovilizar la batería dentro de su área específica, atornillando la pieza en los puntos A-1 y A-2 (ver Figura 3.12) a

través de los puntos L-1 y L-2 (ver Figura 3.18). Enseguida se presenta una figura que ilustra dicha pieza.



Figura 3.18 Vista superior del sujetador de batería

3.4.2.4 BASE DE FIJACIÓN PARA MONTAJE DE GABINETE

Finalmente y con la finalidad de sujetar el gabinete en un punto definido de las embarcaciones, se diseñó una pequeña base con características similares a las utilizadas para la instalación de radios de banda civil, pero con particularidades especiales y las dimensiones necesarias para que pueda fijarse el gabinete. A continuación se presenta una breve definición de los puntos más importantes y sus ilustraciones correspondientes (ver Figuras 3.19 al 3.21).

- M (1 - 4).- Puntos de fijación en las embarcaciones.
- N (1 - 2).- Ranuras para la sujeción del gabinete.
- O (1).- Área definida para el gabinete.

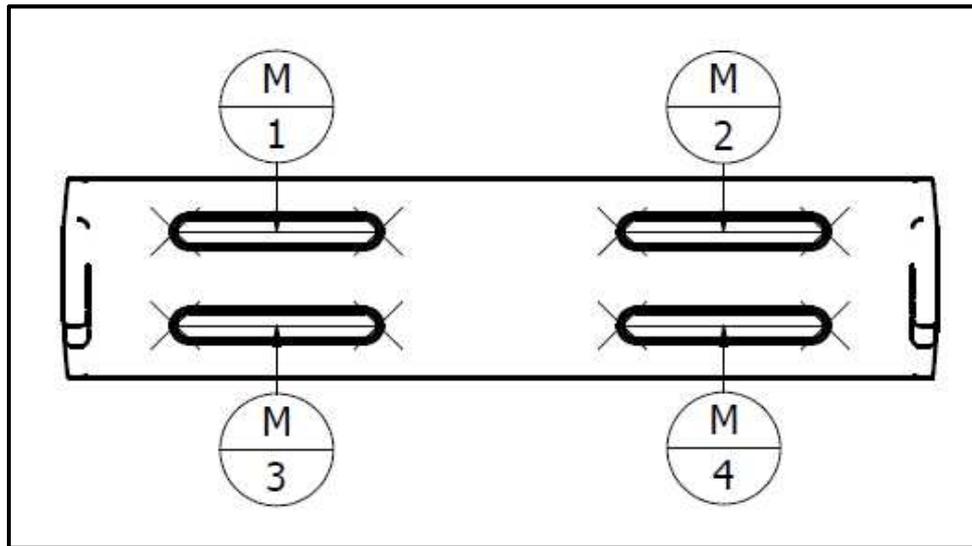


Figura 3.19 Vista superior de la base para montaje del gabinete

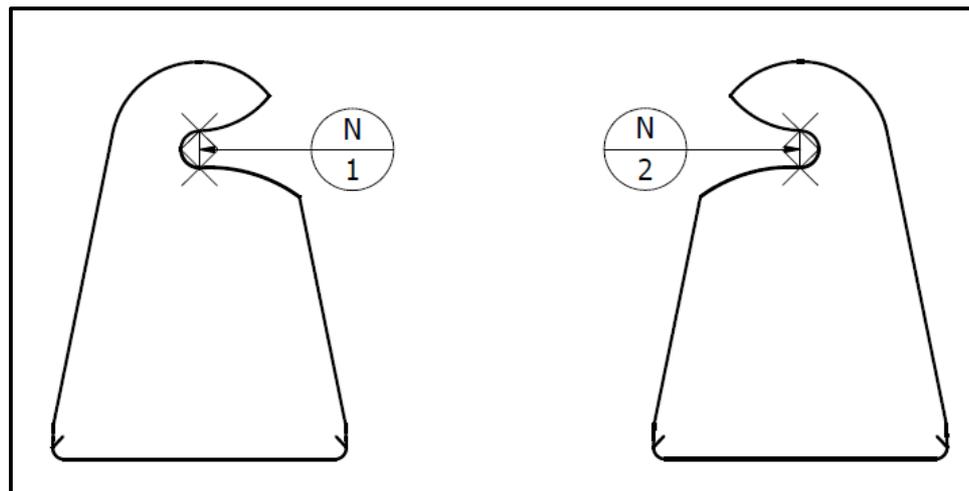


Figura 3.20 Vista lateral izquierda y derecha de la base para montaje del gabinete

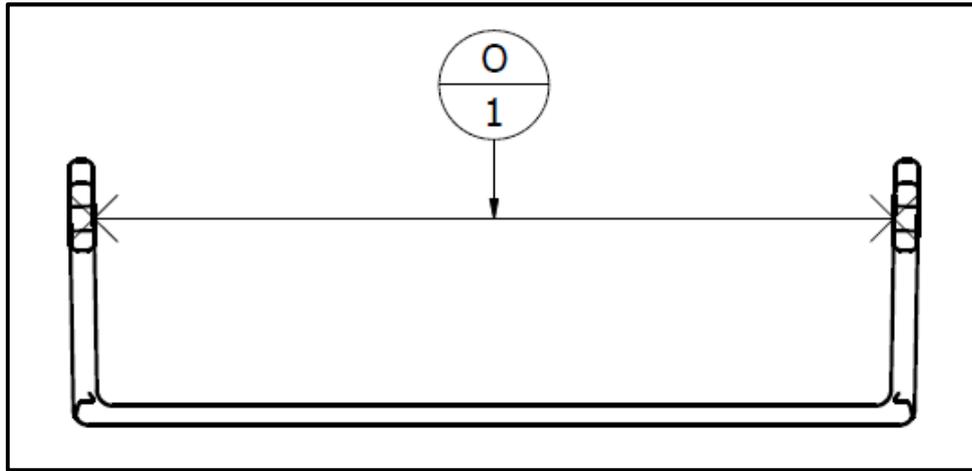


Figura 3.21 Vista frontal de la base para montaje del gabinete

3.4.3 DIBUJOS DE ENSAMBLE

Una vez diseñadas las piezas que conforman el gabinete y definidos los componentes del sistema, se procedió a realizar el ensamble de todos los componentes en el gabinete utilizando nuevamente el software Autodesk Inventor 2012, el cual no solo sirvió para realizar el acoplamiento de los componentes en el gabinete, sino que además sirvió para validar las tolerancias establecidas y verificar mediante un análisis de interferencia, que los componentes no se afecten mutuamente con la finalidad de permitir el correcto funcionamiento del sistema.

Por otro lado, mediante el ensamble de los componentes se pudo desarrollar el procedimiento idóneo para el armado del Dispositivo de Comunicación Marítima en la línea de producción, provocando evitar errores y retrasos en la línea de ensamble. A continuación se presenta en las Figuras 3.22 y 3.23 las ilustraciones del ensamble del gabinete, así como también el listado de los componentes incluidos en el.

A. Gabinete

B. Sujetador de batería

- C.** Batería
- D.** Modem satelital
- E.** Tarjeta electrónica
- F.** Botón de emergencia
- G.** Botón de confirmación
- H.** Conector NMEA
- I.** Conector de alimentación
- J.** Pantalla LCD
- K.** Sirena de aviso/alarma

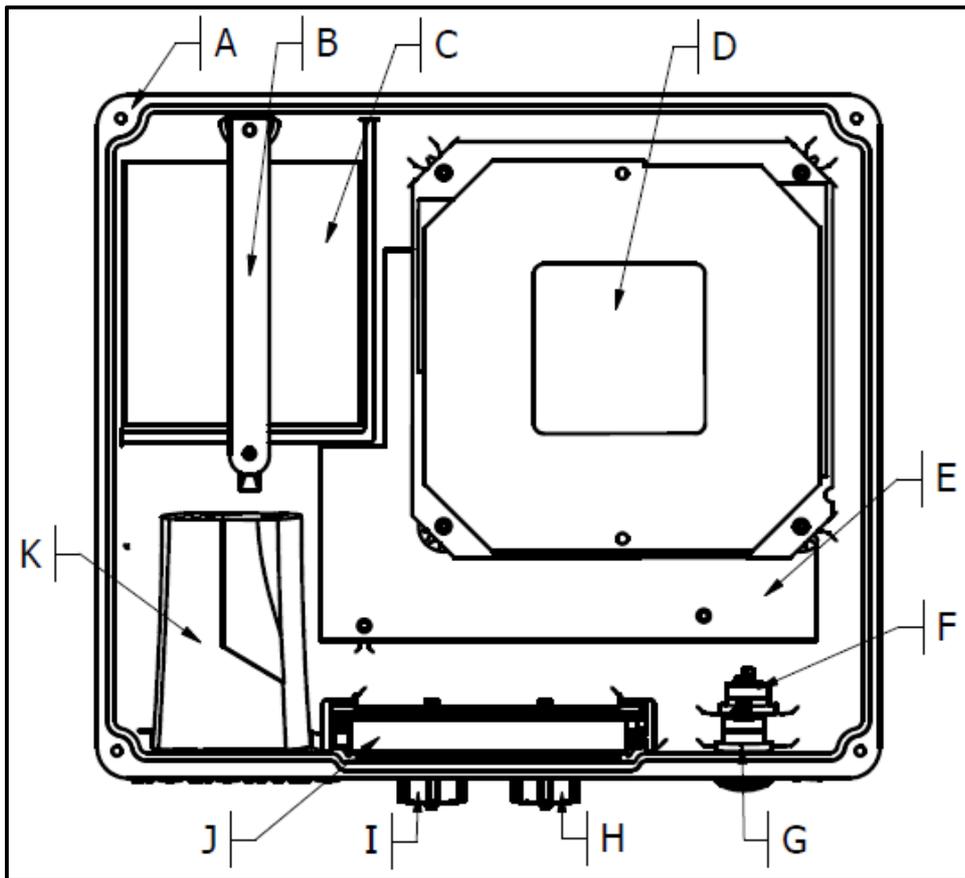


Figura 3.22 Vista superior del ensamblaje de componentes en gabinete

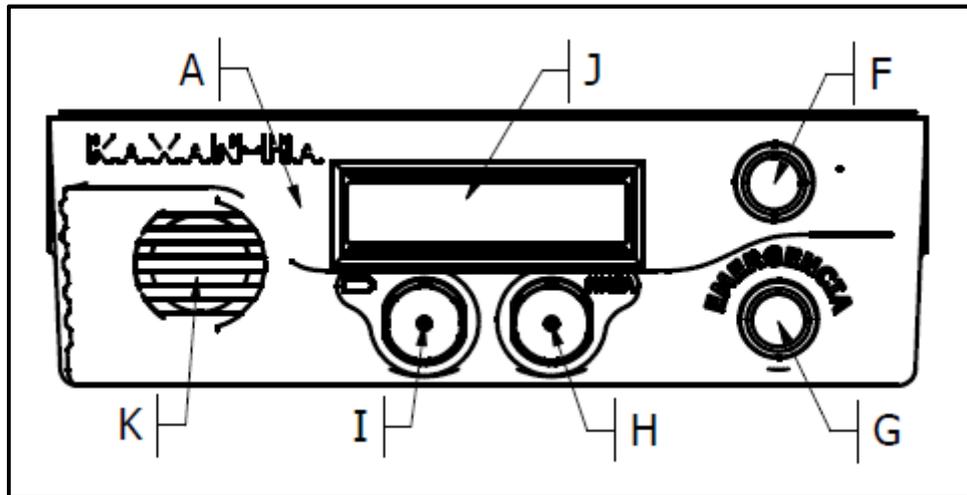


Figura 3.23 Vista frontal del ensamble de componentes en gabinete

3.4.4 SELECCIÓN DE MATERIALES

Uno de los factores fundamentales en el desarrollo del presente trabajo, es la definición del material a implementar en el diseño del gabinete, lo anterior se debe a que existen un gran número de factores a considerar para una adecuada selección del material.

Actualmente y debido a los avances tecnológicos, han surgido una gran cantidad de materiales de ingeniería con nuevas características y propiedades que pueden ser utilizados en distintas aplicaciones logrando mejores resultados que los materiales comercialmente conocidos. Sin embargo es importante hacer mención que para la selección de un material, es necesario considerar la disponibilidad tecnológica de los procesos de fabricación para evitar en un futuro que el material

seleccionado no pueda ser utilizado por el alto costo que representa la fabricación o porque no existe un proceso para que pueda ser fabricado.

Para la selección adecuada de un material es necesario utilizar alguno de los métodos para la selección de materiales existentes, los cuales son basados en una serie de parámetros físicos, mecánicos, eléctricos y de fabricación que determinan la técnica de un material [40]. Enseguida se muestran algunos de éstos parámetros en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Lista de principales propiedades de materiales

Propiedades insensibles a la microestructura	Propiedades sensibles a la microestructura
<ul style="list-style-type: none"> ○ Densidad ○ Módulo de elasticidad ○ Conductividad térmica ○ Coeficiente de expansión térmica lineal ○ Punto de fusión ○ Temperatura de transición vítrea ○ Corrosión uniforme (mm/año) ○ Costo por unidad de masa 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Resistencia ○ Ductilidad ○ Tenacidad a la fractura ○ Fatiga ○ Termofluencia ○ Impacto ○ Dureza
Otras propiedades	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Facilidad de colado ○ Facilidad para el tratado térmico ○ Conformabilidad ○ Maquinabilidad ○ Soldabilidad 	

Debido al gran número de factores que afectan la selección de materiales, se decidió emplear uno de los métodos más utilizados hoy en día para dicho proceso, el

cual consistió en utilizar una base de datos de renombre internacional (Matweb ®), la cual, además de presentar una información detallada de la mayoría de las propiedades de los materiales, permite la descarga de archivos electrónicos para la simulación de distintos análisis mediante softwares CAD/CAE/CAM, como por ejemplo el Análisis de Elementos Finitos (FEA).

Tras haber conocido las propiedades de interés, requerimientos del cliente y definido el diseño conceptual del gabinete, se procedió a realizar una investigación exhaustiva del material a implementar que cumpla con las necesidades de nuestro objetivo.

Es importante hacer mención que con la finalidad de evitar el principio de la jaula de Faraday explicado en el punto 2.2.1 y tomando en consideración el proceso de fabricación, se determinó que el material utilizado para la fabricación del gabinete debería ser un polímero o material compuesto.

Al realizar el primer paso de la investigación de algunos materiales, se seleccionaron y analizaron un total de 8 materiales los cuales cumplían con la mayoría de los requerimientos para el gabinete, de los cuales, se preseleccionaron 3 por presentar las mejores propiedades, los cuales fueron los siguientes:

- Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)
- Polietileno de Alta Densidad (PEAD)
- Policarbonato (PC)

A continuación se describe brevemente las características más importantes de cada uno éstos materiales.

3.4.4.1 ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO (ABS)

El Acrilonitrilo Butadieno Estireno conocido también por siglas en inglés como ABS (AcrylonitrileButadieneStyrene), es un plástico de ingeniería que destaca por reunir una excelente combinación de propiedades mecánicas. Lo anterior se debe a que los bloques de Acrilonitrilo proporcionan rigidez, resistencia a diversos ataques químicos y estabilidad a la temperatura. Los bloques de Butadieno, el cual es un elastómero, proporcionan tenacidad a cualquier temperatura y finalmente el bloque de Estireno aporta resistencia mecánica[41].

Dicha mezcla de propiedades dan como resultado mejores propiedades que la integración de cada uno de los elementos, es decir, forman una sinergia (Ver en el Anexo las hojas técnicas). A continuación se presenta en la Tabla 3.11 algunas de las propiedades mecánicas más importantes de dicho material.

Tabla 3.11 Principales propiedades mecánicas del ABS

Propiedades	Sistema Métrico	Sistema Inglés
Dureza Rockwell R	90.0 – 119	90.0 - 119
Fuerza de tracción máxima	26.0 – 65.0 Mpa	3770 -9430 psi
Límite elástico	20.0 – 61.4 Mpa	2900 – 7540 psi
Elongación de ruptura (%)	2.40 – 110	2.40 - 110
Módulo de elasticidad	1.52 – 1700 GPa	220 – 247000 ksi
Módulo de flexión	1.61 – 5.90 GPa	233 – 856 ksi

Entre las aplicaciones del material destaca su utilización en piezas de automóviles, radios, televisores, carcasa de batidoras de cocina, cubiertas de motor, entre otros[42].

3.4.4.2 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)

El Polietileno de Alta Densidad es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno con una distribución de peso molecular angosta, el cual se destaca por presentar una excelente procesabilidad, buena capacidad para mezclarse con polímeros de baja densidad y sus propiedades mecánicas dependen de la composición y de su estructura[37]. Enseguida se presenta en la *Tabla 3.12* las propiedades mecánicas con mayor relevancia.

Tabla 3.12 Principales propiedades mecánicas del PEAD

Propiedades	Sistema Métrico	Sistema Inglés
Dureza Rockwell R	33.0 – 52.0	33.0 – 52-0
Fuerza de tracción máxima	10.0 – 43.0 MPa	1450 – 6240 psi
Límite elástico	11.0 – 43.0 MPa	1600 – 6240 psi
Elongación de ruptura (%)	3.20 – 2080	3.20 – 2080
Módulo de elasticidad	0.565 – 1.57 GPa	81.9 – 228 ksi
Módulo de flexión	0.280 – 1.81 GPa	40.6 – 263 ksi

Por otro lado el Polietileno de Alta Densidad se caracteriza por su resistencia al impacto, no transmite olores ni sabores, fácilmente reciclable, muy buena procesabilidad por los métodos de conformados para los termoplásticos, como inyección y extrusión, entre otros[43].

Entre sus principales aplicaciones destacan la fabricación de envases, artículos para el hogar, cubetas, juguetes, recipientes para alimentos, tapas [44].

3.4.4.3 POLICARBONATO (PC)

El policarbonato es un material amorfo que está compuesto por el bisfenol A y el fosgeno que al reaccionar desprende ácido clorhídrico y se forma la macromolécula[45]. El PC se distingue por sus excelentes propiedades mecánicas,

entre las que destacan la alta tenacidad y buena resistencia a la Termofluencia (Ver en el Anexo las hojas técnicas). Éste material es uno de los mejores termoplásticos debido a su resistencia al calor, el cual puede utilizarse a temperaturas cercanas a los 125°C y es resistente al fuego[41].

El policarbonato puede transformarse por los sistemas habituales de los termoplásticos, entre los cuales incluye el moldeo por inyección, extrusión y termoconformado[46]. En la tabla siguiente se presentan las principales propiedades mecánicas de éste material.

Tabla 3.13 Principales propiedades mecánicas del PC

Propiedades	Sistema Métrico	Sistema Inglés
Dureza Rockwell R	115 – 123	115 – 123
Fuerza de tracción máxima	48.3 – 124 MPa	7010 – 18000 psi
Límite elástico	37.0 – 191 MPa	5370 – 27700 psi
Elongación de ruptura (%)	2.00 – 233	2.00 – 233
Módulo de elasticidad	1.38 – 7.58 GPa	200 – 1100 ksi
Módulo de flexión	1.38 – 14.9 GPa	200 – 2160 ksi

Las aplicaciones del PC incluyen los cascos de seguridad, vidrios de ventanas a prueba de balas, aisladores eléctricos, aparatos médicos, guardas para maquinaria, lentes ópticos y partes que requieran estabilidad dimensional [37].

CAPITULO 4.- RESULTADOS

El capítulo que se presenta a continuación tiene como finalidad presentar y describir los resultados obtenidos durante el proceso de diseño del gabinete para un dispositivo de comunicación marítima. Asimismo, se exponen las razones y la fundamentación por las cuales se decidió seleccionar los materiales propuestos.

4.1 DEFINICIÓN DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL GABINETE

Como ya se ha mencionado anteriormente, la metodología utilizada para desarrollar el presente proyecto es la conocida como el QFD. Dicha metodología está compuesta por tres etapas, las cuales están descritas y fueron desarrolladas en el capítulo anterior.

Una vez obtenida y definida toda la información relacionada con las características necesarias para considerar el gabinete como un producto satisfactorio, se procedió a integrar y concentrar dicha información en el gráfico de Despliegue de Funciones de Calidad, también conocida como “La casa de la calidad”. En la Figura 4.1 puede observarse el gráfico del QFD desarrollado para apoyar el diseño del gabinete. Cabe mencionar que dicho gráfico no solo representa las características físicas y requerimientos necesarios para el desarrollo del producto, sino que también, apoyó frecuentemente en la toma de decisiones respecto a las consideraciones pertinentes en la selección de los materiales, morfología interna y externa del gabinete, dimensiones, peso, texturas y todos los parámetros necesarios a considerar durante el proceso de manufactura y ensamble de los componentes en dicho gabinete.

Posteriormente, durante la segunda etapa se definieron todas las funciones que realizaría el gabinete y se establecieron los límites del sistema para poder identificar los elementos con los que interactuará el producto durante su periodo de vida. Dicho proceso tuvo como consecuencia la identificación de las características y materiales a emplear en el gabinete respondiendo a cada una de las subfunciones del mismo, las cuales fueron desarrolladas en la segunda etapa del capítulo anterior. Para poder seleccionar las mejores alternativas para cada una de las subfunciones, se utilizaron diversas herramientas de evaluación, entre las que destacan los análisis de factibilidad, disponibilidad tecnológica y matriz de decisión, obteniendo finalmente los resultados que se presentan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Resultados obtenidos

FUNCIÓN	SUBFUNCIÓN	RESULTADO
A1: Permitir el ensamble y proteger los componentes del sistema	A1.1.- Resistir el medio ambiente	Implementación de ABS
	A1.2.- Acoplar el elemento que proporciona hermeticidad	Empaque Oring de EPDM
	A1.3.- Resistir impactos	Implementación de aditivo de carga de refuerzo
A2: Acoplar/desacoplar gabinete en consola	N/A	Ménsula de acoplamiento
A3: Aislar de vibración los componentes del sistema	A3.1.- Acoplar elemento de reducción de vibración entre componentes electrónicos y gabinete.	Rondanas de Neopreno
	A3.2.- Acoplar elemento de reducción de vibración entre embarcación y gabinete.	Recubrimiento de gabinete con nitrilo

Una vez traducidos todos los requerimientos del cliente en parámetros técnicos apropiados y definido los conceptos mediante los cuales se aseguraría el correcto funcionamiento del gabinete, se procedió a realizar el diseño conceptual utilizando el software de Diseño e Ingeniería Asistida por Computadora (CAD/CAE) Autodesk Inventor 2012. A continuación se presenta en la Figura 4.2 el dibujo tridimensional del gabinete.



Figura 4.2 Vista isométrica del Gabinete

Del mismo modo y empleando algunas de las herramientas del software utilizado para diseñar el gabinete, se realizaron diversos análisis necesarios a considerar para obtener una pieza inyectada de plástico que cumpla con todos los requerimientos necesarios para su correcto funcionamiento. Entre las consideraciones que destacan se encuentran la uniformidad de los espesores, la facilidad del desmolde de la pieza, el flujo del material a través de la pieza, análisis de esfuerzos, entre otros.

Cuando se diseña una pieza mediante la cual su fabricación será realizada a través del proceso de inyección de plástico, es indispensable tomar en consideración

la forma en que será expulsada la pieza una vez terminada la inyección de la misma. Uno de los elementos más importantes en el desarrollo de éste proyecto fue sin duda el diseño de la pieza inferior del gabinete, debido a que es en ésta donde se alojan todos los componentes del sistema de comunicación marítimo y se ensamblan los componentes de la interfaz de usuario.

Como puede observarse en la Figura 4.3, la parte frontal de la pieza inferior del gabinete cuenta con una morfología singular, entre las que resalta los agujeros pasantes destinados al ensamble del buzzer, conectores, pantalla y botones. Debido a éstas características de la pieza y tomando en consideración que el molde para su fabricación tendría que estar compuesto por al menos 3 elementos, fue necesario agregar ángulos de desmolde en dos direcciones. La primera es referente a la dirección de la expulsión del molde frontal, tal como se puede observar en la Figura 4.4. En dicha figura es posible visualizar el resultado del análisis, donde la zona verde indica que la pieza saldría sin problemas hacia la dirección indicada por la flecha. En la figura 4.5 se observa la dirección de expulsión del molde principal, donde la zona verde indica que la expulsión del molde superior no dañaría la pieza y la zona azul muestra que la pieza podría ser expulsada del molde inferior sin problema alguno.

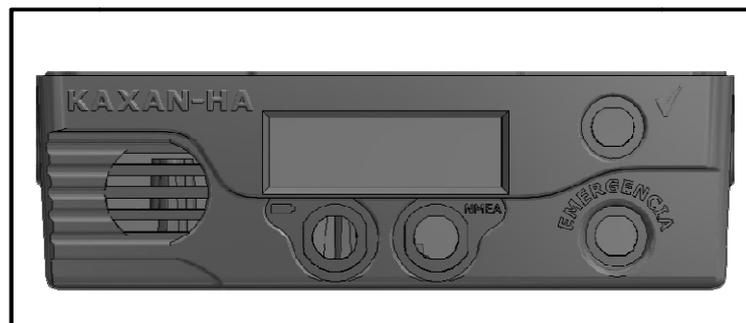


Figura 4.3 Vista frontal del Gabinete

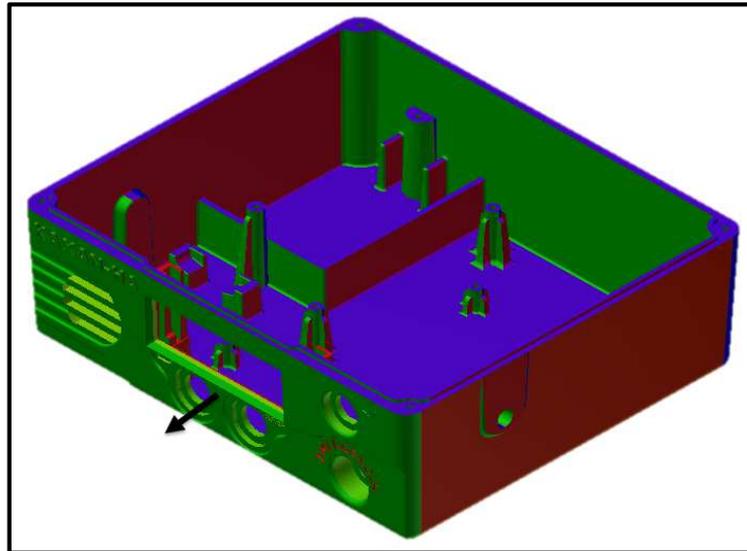


Figura 4.4 Dirección del ángulo de desmolde de la parte frontal del gabinete

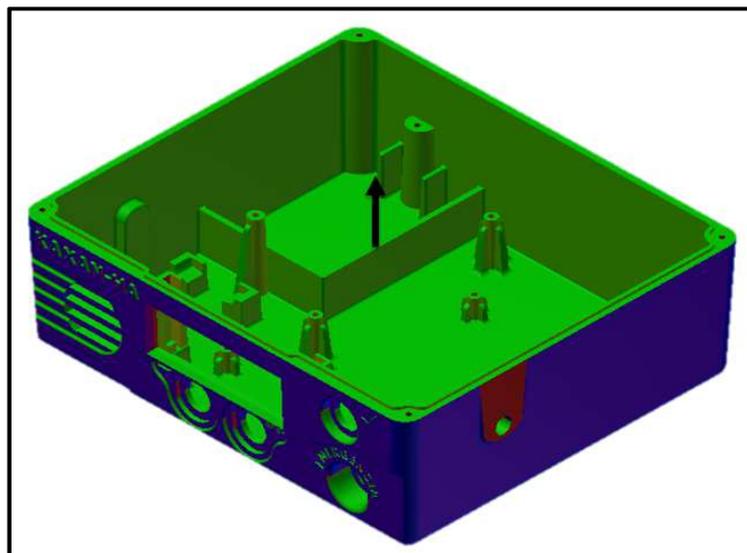


Figura 4.5 Dirección del ángulo de desmolde principal del gabinete

4.2 SELECCIÓN DE MATERIAL

La selección de los materiales para el diseño del presente proyecto, es sin duda alguna uno de los puntos más importantes a destacar, debido al entorno en el cual estará expuesto y los requerimientos técnicos de los componentes que integran el sistema del Dispositivo de Comunicación Marítima.

En el capítulo anterior se mencionó en la etapa de los requerimientos y especificaciones, la necesidad de evitar que el material para fabricar el gabinete debería ser metálico, debido a que de ser así, provocaría el fenómeno de la jaula de Faraday impidiendo el correcto funcionamiento del sistema. Debido a lo anterior y tomando en consideración la disponibilidad tecnológica para la manufactura de piezas y la flexibilidad en el diseño del gabinete, se decidió utilizar algún material plástico, utilizando para su manufactura el proceso de inyección. Por tal motivo, fue necesario realizar un análisis de los materiales disponibles comercialmente tomando entre otras características, su disponibilidad, bajo costo y sobre todo que cumpla con los requerimientos necesarios del proyecto.

En el capítulo anterior en el punto 3.4.4 *Selección de materiales*, pudo observarse que tras una investigación y aplicando distintas herramientas de evaluación se preseleccionaron 3 de los materiales que cumplían con las especificaciones del gabinete, los cuales fueron el Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), Polietileno de Alta Densidad (PEAD) y el Policarbonato (PC). Posteriormente y utilizando una base de datos con reconocimiento internacional, se realizó un análisis comparativo de los tres materiales con la finalidad de seleccionar el que mejor cumpla con todos los requerimientos. Es importante hacer mención que en el Anexo del presente documento podrán encontrar una tabla comparativa de todas las propiedades de dichos materiales.

Del mismo modo y mediante la ayuda de herramientas gráficas se realizó el análisis comparativo de las principales propiedades mecánicas tal y como se puede observar en la Figura 4.6.

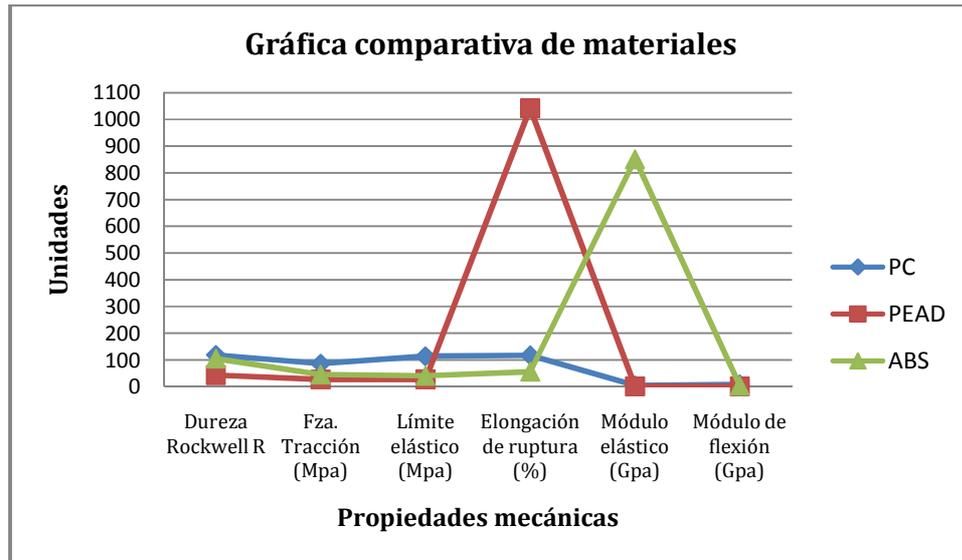


Figura 4.6 Gráfica comparativa de propiedades mecánicas de materiales preseleccionados.

En la figura 4.6 puede observarse claramente que el Policarbonato presenta mejores resultados en las tres primeras propiedades mecánicas, como por ejemplo, en la Dureza Rockwell R el Policarbonato presenta 13.88% mayor dureza que el ABS y 180% que el PEAD. En lo que respecta a la fuerza de tracción el PC presenta en 89.34% mejores resultados que el ABS y 225.09% que el PEAD. Asimismo en el límite elástico el PC se mantiene con un 180.1% sobre el ABS y 322.22% sobre el PEAD. En lo que respecta a la elongación de ruptura, el PEAD presenta mejores características respecto al PC y ABS. Finalmente el ABS muestra mayor módulo elástico que el de los otros materiales.

Sin embargo, aunque el Policarbonato presenta mejores propiedades, es importante recordar que los tres materiales mencionados cumplen con los requerimientos establecidos, razón por la cual se procedió a realizar el análisis

de costos de los materiales en el mercado obteniendo que el PC presenta un precio 80.46% mayor que el ABS y 107% que el PEAD. Por tal razón y tomando en cuenta que el gabinete será instalado en el interior de consolas de fibra de vidrio o madera, la cual protegerá en cierto grado de estar el gabinete a la intemperie, se llegó a la conclusión que el material a implementar para la manufactura del gabinete debería ser el Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS).

Posteriormente, con la finalidad de validar y verificar el comportamiento del material seleccionado para la producción en serie de los gabinetes, se procedió a realizar una simulación mediante el Análisis de Elementos Finitos (FEA por sus siglas en inglés). Dicho análisis es una técnica automatizada utilizada de forma cotidiana en el ámbito ingenieril para conocer el comportamiento del material en condiciones controladas, por tal motivo y utilizando el mismo software empleado para el diseño del gabinete, se realizó la simulación empleando el análisis de esfuerzo-deformación aplicando una carga de $20\text{Kg}/\text{cm}^2$ de fuerza uniformemente distribuida en las caras de la geometría del gabinete, tal y como se muestra en la Figura 4.7.

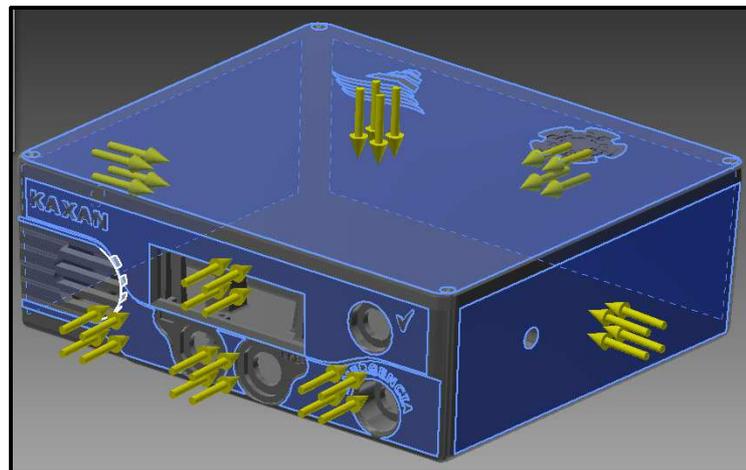


Figura 4.7 Aplicación de cargas a la geometría del gabinete

Una vez aplicadas las cargas correspondientes al gabinete, se realizó la discretización de la geometría del gabinete con la finalidad de realizar el análisis de tensión posterior y poder verificar las deformaciones nodales a lo largo de las diversas secciones de la pieza. Tras haber realizado los pasos anteriores, se procedió a realizar la simulación del objeto con los parámetros asignados, obteniendo finalmente como resultado los presentados en la Figura 4.8.

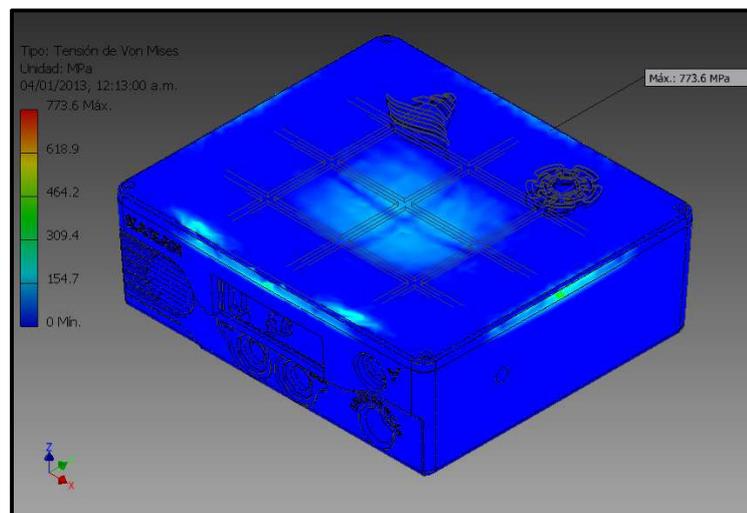


Figura 4.8 Análisis de elementos finitos al gabinete

En la Figura 4.8 puede observarse claramente las secciones que presentan un mayor factor de concentración de esfuerzos, los cuales están representados con el color azul más claro. Asimismo se pudo validar que la incorporación de los nervios reforzantes en la tapa del gabinete, brindan una alta restricción operando como una reacción ante cualquier carga aplicada de manera axial al diseño. Por otro lado es posible visualizar que las paredes del gabinete no sufren elongación por las cargas aplicadas, debido a que al realizar el ensamble de las piezas, la rigidez de la ranura a alto relieve de la tapa y al acoplarse con el gabinete inferior brinda una estructura con mayor resistencia a la tensión, provocando con esto un funcionamiento óptimo para nuestros objetivos.

Con la finalidad de representar de forma más clara la zona crítica de la pieza se presenta la Figura 4.9, donde es posible visualizar que en la zona media de la arista interna de la ranura de acoplamiento de la tapa, es donde se presenta la mayor probabilidad de fractura de la pieza con un esfuerzo a la tensión de 773.6 MPa, lo anterior como resultado del análisis resultante con las especificaciones antes mencionadas.

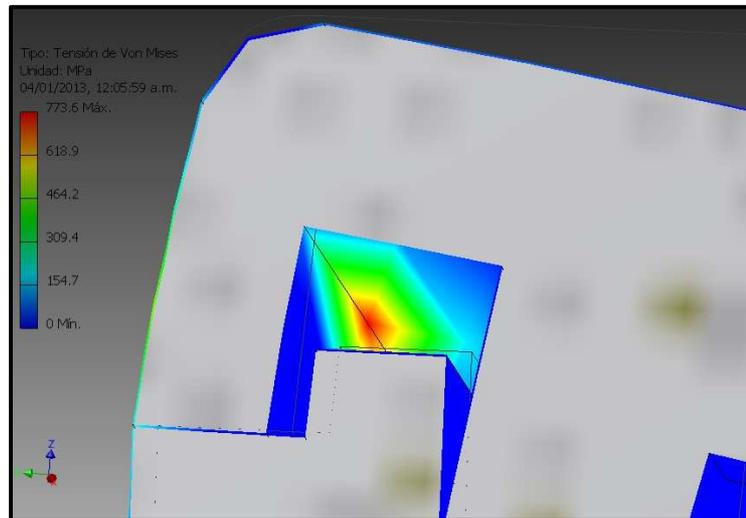


Figura 4.9 Distribución de tensiones en la ranura de acoplamiento de la tapa.

Por otro lado, en lo que respecta al material empleado para la manufactura del O-ring, se realizaron diversas pruebas de inmersión para verificar el sellado de la junta del gabinete, utilizando materiales como Neopreno, Nitrilo, Silicón y EPDM (Etileno-Propileno-Dieno-Monómero), los cuales son polímeros utilizados en el ramo industrial para un gran número de aplicaciones.

Mediante dicha prueba, pudo observarse que el Neopreno y Nitrilo presentaban una Dureza Shore A superior a 70, lo cual impedía el correcto sellado al momento de cerrar el gabinete, debido a que la fuerza producida al momento del cierre era insuficiente para poder deformar el O-ring con el nivel de aplastamiento establecido en las hojas técnicas del proveedor. Posteriormente se realizó la prueba utilizando un empaque de silicón, en el cual se pudo observar resultados similares a

los presentados por el Neopreno y Nitrilo, a diferencia que mediante el cierre del gabinete, el nivel de aplastamiento se logró cerca de un 92% de su longitud, lo cual provocaba que en la parte superior frontal del gabinete hubiera filtración de agua al interior del mismo, logrando con esto, incumplir con los requerimientos de dicho elemento. Finalmente se utilizó un O-ring de EPDM con una Dureza Shore A de 40 ± 5 , obteniendo un nivel de aplastamiento uniforme del 18% a lo largo de todo el empaque, alcanzando el hermetismo total al interior del gabinete.

Una vez seleccionado el material para la manufactura de la junta hermética del gabinete y con el objetivo de identificar el alcance de utilización del Dispositivo de Comunicación Marítima, se procedió a evaluar bajo el estándar del grado de protección IP su nivel de equipamiento, el cual hace referencia al estándar estadounidense *ANSI/IEC 60529-2004*. Aplicando dicha norma y mediante la realización de diversas pruebas, fue posible identificar que el gabinete cumple con las características necesarias para un ser designado con un *IP66*, lo cual significa, que el interior del gabinete se encuentra totalmente protegido contra el polvo y contra los efectos de la inmersión de 15 centímetros y hasta 1 metro por un periodo de 30 minutos.

4.3 INTEGRACIÓN DEL DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN MARÍTIMA

Una vez validado el diseño del gabinete y definidos todos los componentes que integrarán el Dispositivo de Comunicación Marítima, se procedió a realizar el ensamble de cada uno de los elementos en las áreas definidas, tal y como se puede observar en la Figura 4.10. Es importante hacer mención que todos los elementos que integran dicho dispositivo fueron modelados de forma tridimensional en escala 1:1, razón por la cual permitió en todo momento verificar el correcto ensamble en el gabinete.

Posteriormente, al realizar el ensamble de todos los componentes dentro del gabinete, se procedió a realizar un análisis de interferencia con la finalidad de verificar

que los elementos del sistema estén correctamente fijados en sus lugares correspondientes y validar la ausencia de obstrucciones o choques entre los elementos que puedan afectar el correcto funcionamiento del mismo, obteniendo finalmente la integración de todos los elementos para conseguir el Dispositivo de Comunicación Marítima que se representa en la Figura 4.11.

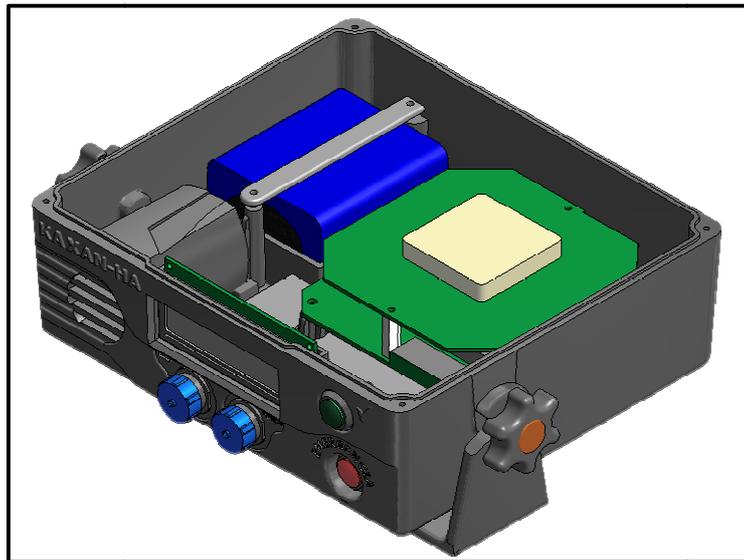


Figura 4.10 Ensamble de componentes en gabinete



Figura 4.11 Integración del Dispositivo de Comunicación Marítimo

Finalmente y con el objetivo de visualizar el gabinete de forma física a un mayor nivel de detalle y validar el ensamble de todos los componentes que integran dicho dispositivo, se procedió a reproducir un prototipo mediante la tecnología FDM (Fused Deposition Modeling), tal y como se puede observar en la figuras 4.12 y 4.13. Dicha reproducción, además de servir para realizar pruebas funcionales del sistema, se utilizó para presentar ante el comité directivo responsable del proyecto el diseño final del dispositivo de comunicación marítima.



Figura 4.12 Vista isométrica del prototipo del Dispositivo de Comunicación Marítima



Figura 4.13 Vista frontal del prototipo del Dispositivo de Comunicación Marítima

CAPITULO 5.- CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Con el desarrollo de ésta tesis fue posible obtener el diseño del gabinete funcional para el Dispositivo de Comunicación Marítima del proyecto Fordecyt-143329, cumpliendo con todos los requerimientos establecidos para dicho elemento y validado por el comité directivo del proyecto.

Asimismo se pudo determinar que el mejor material para manufacturar todas las piezas que integran el gabinete mediante el proceso de inyección de plástico es el Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), mismo que fue validado por medio de cálculos numéricos y analíticos que soportara las cargas en condiciones normales de operación.

Por otro lado, se logró obtener mediante la tecnología de Fused Deposition Modeling (FDM), el primer prototipo del gabinete, el cual permitió realizar diversas pruebas de funcionamiento del sistema, validar las dimensiones del mismo para el ensamble de los componentes y sirvió como referencia para la manufactura de los moldes de inyección de plástico.

Mediante la utilización del software de Diseño Asistido por Computadora Autodesk Inventor 2012 ® para el desarrollo de las piezas del gabinete, se pudieron obtener los archivos electrónicos en formato estándar necesarios para que cualquier empresa del giro pueda manufacturar los moldes. Por ésta razón y debido a los bajos costos de producción que ofrece el mercado asiático, se fabricaron los moldes y se realizó la primera corrida de producción con la inyección de 500 piezas en plástico ABS.

Actualmente se han ensamblado 200 Dispositivos de Comunicación Marítima, los cuales fueron instalados en los 4 estados participantes de la República Mexicana y se encuentran en monitoreo constante por las dependencias pioneras del proyecto. Asimismo se realizó la solicitud del registro del Modelo de utilidad del gabinete ante

el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial con el número de folio MX/E/2012/041309 y finalmente se realizó el documento técnico correspondiente a la solicitud de patente del Dispositivo de Comunicación Marítima.

Debido a los excelentes resultados obtenidos con el desarrollo del proyecto “Desarrollo de Infraestructura Tecnológica de Sistemas de Adquisición e Información Geoespacial para el Sector Pesquero de México”, se pretende reemplazar algunos componentes que integran en la actualidad el Dispositivo de Comunicación Marítima con el objetivo de reducir los costos y obtener un producto con dimensiones más reducidas que provoque un alto impacto durante su comercialización.

REFERENCIAS

1. INVIPESCA. *Localización en tiempo real de embarcaciones pesqueras costeras en México*. 2011; Available from: <http://invipesca.blogspot.mx/2011/07/localizacion-en-tiempo-real-de.html>.
2. Riviera, U. *Proyecto: Desarrollo de Infraestructura Tecnológica de Sistemas de Adquisición y Comunicación de Información Geospacial para el Sector Pesquero de México*. 2010; Available from: http://www.universidadriviera.com/unir2010/inv/proy_inv_1.pdf.
3. JI, E.Á., et al., *Desarrollo de infraestructura tecnológica para la obtención de información geo-espacial de la dinámica de la flota menor*, in *Reuniones Nacionales de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal y Acuícola-Pesquera2011*: León, Guanajuato.
4. Canada, F.a.O. *Vessel Monitoring System*. 2012; Available from: <http://www.glf.dfo-mpo.gc.ca/Gulf/FAM/CP/VMS>.
5. Saitoh, S.-I., et al., *Some operational uses of satellite remote sensing and marine GIS for sustainable fisheries and aquaculture*. ICES Journal of Marine Science, 2011. **68**(4): p. 687-695.
6. S., J., L. J., and H. J., *Assesing fishery footprints and the trade-offs between landings value, habitat sensitivity, and fishing impacts to inform marine spatial planning and an ecosystem approach* ICES Journal of Marine Science, 2012. **69**(6): p. 1053-1063.
7. M., M.C., et al., *Estimating high resolution trawl fishing effort from satellite-based vessel monitoring system data*. ICES Journal of Marine Science, 2007. **64**(2): p. 248-255.
8. Conapesca. *Sistema de Localización y Monitoreo Satelital de Embarcaciones Pesqueras*. 2010; Available from: <http://200.94.129.210/>.
9. Wakida-Kusunoki, A.T., et al., *Análisis de la distribución espacial del esfuerzo pesquero de la flota camaronera mexicana en el Golfo de México y el mar*

- Caribe por medio del sistema satelital de monitoreo de embarcaciones.*
Ciencia Pesquera, 2010. **18**(1): p. 43-50.
10. Satelital, A., *Programa de Seguimiento Satelital de Embarcaciones Pesqueras*, Conapesca, Editor 2010: Mazatlán, Sin.
 11. Martin, G., et al., *ECG por telemetría utilizando tecnología NEST*. 2006.
 12. Neri Vela, R., *Comunicaciones por satélite*. México: Internacional Thomson Editores, SA de CV, 2003: p. 452.
 13. Exemys. *Telemetría Celular*. 2008; Available from:
<http://exemys.com.ar/beta/espanol/productos/1modulo-de-telecontrol-y-telemetria-celular-gsm-gprs/doctelemetria.pdf>.
 14. Patiño, A., *Prototipo de telemetría de temperatura para una alberca*, 2009, Instituto Politecnico Nacional: México, D.F.
 15. Milenio, *El "Curiosity" mueve su brazo robotico por primera vez en Marte*, in *Milenio2012*: México, D.F.
 16. Serway, R.A. and J.S. Faughn, *Fisica para bachillerato general/General High School Physics*. 2006: Cengage Learning Editores.
 17. Dubock, P., et al., *The Envisat satellite and its integration*.ESA bulletin, 2001. **106**: p. 26-45.
 18. Aguilar J and S. F., *Cuestiones de Física*. 2002, Barcelona, España.
 19. Brown, P. and T. Nassif, *Solar Weather Effects On Satellites*, in *SatMagazine2012*. p. 32-35.
 20. Mazur, G. *Voice of the customer (define): QFD to define value*. 2003.
 21. Akao, Y., *Quality function deployment: integrating customer requirements into product design*. 2004: Productivity Pr.
 22. Akao, Y. *QFD: Past, present, and future*. 1997.
 23. Chavelas, S.L.S., *Aplicacion de herramientas estadísticas en un contexto Seis Sigma a un proceso de servicios de salud*. 2006.
 24. AGUILAR, D.R.P.R., *CURSO DE SEIS SIGMA*. 2006.
 25. Talavera, C. *QFD - Despliegue de la Función de Calidad*. 2011; Available from: <http://www.aiteco.com/qfd-despliegue-de-la-funcion-de-calidad/>.

26. VIÑAS TUBAU, D., et al., *QFD APLICADO: COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN DE CARA AL MERCADO*. Asociación Española de Ingeniería Gráfica, 2006.
27. QFD, A.L.d. *Casa de la Calidad o Función de Despliegue de la Calidad (QFD)*. 2011; Available from:
http://www.gestiondecalidadtotal.com/casa_de_la_calidad.html.
28. DELGADO ROMERO, V., *Diseño conceptual y de detalle de un dispositivo para ensayos de impacto y precarga a tensión unidireccional en materiales compuestos*, Tesis para la obtención del grado de ingeniero en aeronáutica, IPN ESIME Ticomán, 2010, Distrito Federal, México.
29. Bernal, M.B.A.L., U. Dornberger, and M.B.A.J.A. Suvelza, *QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD) PARA SERVICIOS*.2009.
30. Gurrutia, A., *Análisis y Diseño del Producto*. 2011, Mérida, Yucatán.
31. Ocampo, G., *Determinación Experimental de las propiedades en corte de una lámina fabricada en materiales compuestos*, 2009, Instituto Politécnico Nacional: México, D.F.
32. Martínez, J., *Diseño y construcción de un prototipo de trituradora de desperdicios domésticos orgánicos*, 2009, Instituto Politécnico Nacional: México, D.F.
33. Morales, A., *Intercepción en movimiento de piezas metálicas que no cumplen con requerimientos de calidad*, 2010, Instituto Politécnico Nacional: México, D.F.
34. Molineaux, J.V., *Desarrollo de proyectos usando CAD*. 2006: Intec.
35. Render, B., *Principios de administración de operaciones*. 2004: Pearson Educación.
36. Pérez Rodríguez, R., *Caracterización y representación de los requerimientos funcionales y las tolerancias en el diseño conceptual: aportaciones para su implantación en los sistemas CAD*. 2002: Universitat Politècnica de Catalunya.
37. Kalpakjian, S. and S.R. Schmid, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. 2002: Pearson Educación.

38. Del Caño, A., M.P. de la Cruz, and L. Solano, *Diseño, ingeniería, fabricación y ejecución asistidos por ordenador en la construcción: evolución y desafíos a futuro*. Informes de la Construcción, 2007. **59**(505): p. 53-71.
39. Maldonado, E. *Las nuevas realidades organizacionales y las respuestas gerenciales*. Gerencia UNY 2010-3. 2010; Available from: <http://experienciarseuny20103.blogspot.com/2010/10/eduimbert-maldonado-benchmarking-el.html>.
40. González, H.Á. and D.H. MESA, *La importancia del método en la selección de materiales*. Scientia Et Technica, 2004(24): p. 175-180.
41. Groover, M.P., *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. 1997: Pearson Educación.
42. Barrios, E.M., *POLÍMEROS EN LA INDUSTRIA VENEZOLANA COMENTARIOS SOBRE SU QUÍMICA Y APLICACIONES*.
43. Sánchez, M.T. and P. de las Infantas, *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas*. 2003: Mundi-Prensa Libros.
44. Petroquímica, P., *Hoja de Datos Técnicos Polietileno de Alta Densidad Grado 60120*. 2005.
45. Bilurbina, L. and F. Liesa, *Materiales no metálicos resistentes a la corrosión*. Vol. 40. 1990: Marcombo.
46. Mansilla, G. and E. Brandaleze, *RELEVAMIENTO DE TENSIONES INTERNAS EN POLICARBONATO DETERMINADO MEDIANTE RELAJACIÓN DE TENSIONES POR CURVADO*.

ANEXOS

ANALISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

	ABS	PEAD	PC
PROPIEDADES FÍSICAS			
Bulk Density (g/cc)	--	0.529 - 0.625	--
Density (g/cc)	0.350 - 1.35	0.924 - 1.05	0.950 - 1.54
Apparent Bulk Density (g/cc)	--	0.590 - 0.610	--
Water Absorption (%)	0.0500 - 2.30	0.000 - 0.0500	0.0150 - 0.400
Moisture Absorption at Equilibrium (%)	0.200 - 0.220	0.0100 - 0.0500	0.120 - 0.350
Water Absorption at Saturation (%)	0.300 - 1.00	0.0100	0.260 - 0.350
Particle Size (µm)	--	5.00 - 1200	--
Viscosity(cP)	--	32000 - 200000	--
Viscosity Measurement()	--	280 - 460	--
Viscosity Test(cm ³ /g)	--	--	42.0 - 68.0
Environmental Stress Crack Resistance(hour)	--	1.00 - 3000 2.00 - 10.0	--
Oxidative Induction Time (OIT)(min)	--	20.0 - 100	--
Maximum Moisture Content()	0.150	--	0.0200
Linear Mold Shrinkage(cm/cm)	0.00240 - 0.00800	0.0100 - 0.0300	0.00100 - 0.0100
Linear Mold Shrinkage, 6.35 mm section(cm/cm)	--	--	0.00700 - 0.0100
Linear Mold Shrinkage, Transverse(cm/cm)	0.00250 - 0.00800	0.0130 - 0.0300	0.00400 - 0.00800
Melt Flow(g/10 min)	0.0800 - 80.0	0.0250 - 1610	1.30 - 120
Base Resin Melt Index(g/10 min)	--	2.00 - 20.0	--
Spiral Flow(cm)	--	15.5 - 53.8	--
Collected Volatile Condensable Material(%)	--	0.0500 - 1.00	--
PROPIEDADES QUÍMICAS			
Styrene Content(%)	0.0500	--	--
PROPIEDADES MECÁNICAS			
Hardness, Rockwell M()	--	--	65.0 - 122
Hardness, Rockwell R()	90.0 - 119	33.0 - 52.0	115 - 123
Hardness, H358/30(MPa)	85.0 - 104	--	--

Hardness, Shore D()	--	55.0 - 76.0	--
Ball Indentation Hardness(MPa)	86.0 - 115	35.0 - 45.0	--
Tensile Strength, Ultimate(MPa)	20.0 - 52.0 26.0 - 65.0	10.0 - 43.0	48.3 - 124
Film Tensile Strength at Yield, MD(MPa)	--	21.0 - 35.0	--
Film Tensile Strength at Yield, TD(MPa)	--	23.0 - 37.5	--
Film Elongation at Break, MD(%)	--	595 - 900	--
Film Elongation at Break, TD(%)	--	650 - 950	--
Tensile Strength, Yield(MPa)	20.0 - 61.4	11.0 - 43.0	37.0 - 191
Elongation at Break(%)	2.40 - 110	3.20 - 2080	2.00 - 233
Elongation at Yield(%)	1.70 - 6.00	6.60 - 44.0	5.80 - 110
Modulus of Elasticity(GPa)	0.778 - 1700	0.565 - 1.57	1.38 - 7.58
Flexural Modulus(GPa)	1.61 - 5.90	0.280 - 1.81	1.38 - 14.9
Flexural Yield Strength(MPa)	40.0 - 111	13.8 - 40.7	27.6 - 234
Compressive Yield Strength(MPa)	--	4.00 - 31.7	18.0 - 86.2
Compressive Modulus(GPa)	--	0.689	--
Secant Modulus(GPa)	--	0.758 - 1.54	--
Izod Impact, Unnotched(J/cm)	0.981 - NB	2.45 - 5340	0.600 - 5340
Izod Impact, Unnotched (ISO)(kJ/m²)	39.2 - NB NB - NB	--	--
Charpy Impact Unnotched(J/cm²)	2.00 - NB	1.60 - NB	8.20 - NB
Charpy Impact, Notched(J/cm²)	0.500 - 14.0	0.200 - 11.0	0.600 - 8.90
Gardner Impact(J)	1.80 - 22.6	--	11.3 - 169
Tensile Impact Strength(kJ/m²)	--	34.0 - 349	546 - 630
Dart Drop, Total Energy(J)	--	--	11.0 - 169
Falling Dart Impact(J)	2.82 - 37.6	31.2 - 176	27.5 - 1300
Puncture Energy(J)	--	--	50.0 - 65.0
Coefficient of Friction()	--	0.0700 - 0.300	0.320 - 0.900
Coefficient of Friction, Static()	--	--	0.180 - 0.700
Tensile Creep Modulus, 1 hour(MPa)	2200 - 2500	400 - 570	2100 - 2200
Tensile Creep Modulus, 1000 hours(MPa)	1500 - 1900	270 - 400	17.0 - 1900
Elmendorf Tear Strength, MD(g/micron)	--	0.600 - 1.60	--
Elmendorf Tear Strength, TD(g/micron)	--	1.70 - 23.0	--
Dart Drop(g/micron)	--	1.50 - 2.00	--

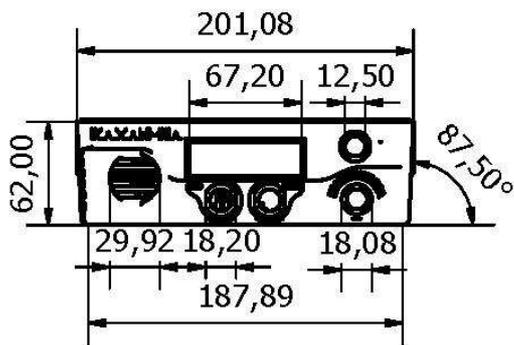
Taber Abrasion, mg/1000 Cycles()	50.0 - 115	--	10.0
Abrasion()	--	85.0 - 350	--
Film Tensile Strength at Break, MD(MPa)	--	35.6 - 55.0	--
Film Tensile Strength at Break, TD(MPa)	--	28.0 - 50.0	--
Tangent Modulus(MPa)	--	1170 - 1280	--
Izod Impact, Notched(J/cm)	0.100 - 6.40 0.480 - 1.87	0.196 - 5340	0.480 - NB
Izod Impact, Notched (ISO)(kJ/m ²)	2.00 - 48.0 6.00 - 13.0	11.0 - 80.1	40.0 - 80.0
PROPIEDADES ELÉCTRICAS			
Electrical Resistivity(ohm-cm)	1.00e+9 - 1.00e+18	1.00e+6 - 1.00e+17	100000 - 1.00e+17
Surface Resistance(ohm)	1000 - 2.00e+17	100 - 1.00e+15	100 - 1.00e+16
Static Decay(sec)	0.300 - 3.00	--	--
Dielectric Constant()	2.00 - 3.50	1.00 - 5.00	2.80 - 3.40
Dielectric Strength(kV/mm)	15.7 - 53.0	18.7 - 150	14.9 - 38.0
Dissipation Factor()	0.00400 - 0.0150	0.0000400 - 0.00100	0.000500 - 0.0150
Arc Resistance(sec)	60.0 - 120	--	60.0 - 120
Comparative Tracking Index(V)	92.0 - 600	600	85.0 - 600
Hot Wire Ignition, HWI(sec)	7.00 - 30.0	--	30.0 - 120
High Amp Arc Ignition, HAI(arcs)	15.0 - 120	--	0.000 - 120
High Voltage Arc-Tracking Rate, HVTR(mm/min)	25.4 - 150	--	10.0 - 80.0
PROPIEDADES TÉRMICAS			
CTE, linear(μm/m-°C)	0.800 - 155	20.0 - 225	15.0 - 117
CTE, linear, Transverse to Flow(μm/m-°C)	73.8 - 100	--	65.0 - 76.0
Specific Heat Capacity(J/g-°C)	1.96 - 2.13	--	1.20 - 1.70
Thermal Conductivity(W/m-K)	0.128 - 0.200	0.288 - 0.400	0.163 - 0.290
Melting Point(°C)	--	121 - 137	--
Crystallization Temperature(°C)	--	112 - 117	--
Maximum Service Temperature, Air(°C)	77.0 - 109	70.0 - 120	115 - 135
Hot Ball Pressure Test(°C)	75.0 - 90.0	--	--
Deflection Temperature at 0.46 MPa (66 psi)(°C)	68.0 - 140	47.2 - 87.8	98.0 - 208
Deflection Temperature at 1.8 MPa (264 psi)(°C)	65.0 - 220	37.6 - 80.0	77.8 - 187

	94.0 - 94.0		
Vicat Softening Point(°C)	45.0 - 135	67.0 - 194	100 - 218
Minimum Service Temperature, Air(°C)	--	-200 - -60.0	--
Brittleness Temperature(°C)	--	-180 - -60.0	--
Glass Transition Temp, Tg(°C)	105 - 109	--	143 - 152
UL RTI, Electrical(°C)	50.0 - 80.0	--	75.0 - 130
UL RTI, Mechanical with Impact(°C)	50.0 - 80.0	--	75.0 - 130
UL RTI, Mechanical without Impact(°C)	50.0 - 80.0	--	75.0 - 130
Flammability, UL94()	HB - 5VA	HB	HB - 5VA
Oxygen Index(%)	19.0 - 30.0	17.0 - 20.0	24.0 - 35.0
Glow Wire Test(°C)	650 - 960	--	750 - 960
Shrinkage(%)	--	0.960 - 3.50	--
PROPIEDADES ÓPTICAS			
Refractive Index()	--	--	1.58 - 1.59
Haze(%)	--	--	0.500 - 1.10
Gloss(%)	25.0 - 96.7	--	90.0
Yellow Index(%)	--	4.00 - 5.00	--
Transmission, Visible(%)	0.000 - 88.0	--	78.0 - 91.0
PROPIEDADES DE MANUFACTURA			
Processing Temperature(°C)	160 - 274	82.2 - 280	227 - 343
Feed Temperature(°C)	191 - 210	--	--
Rear Barrel Temperature(°C)	149 - 250	149 - 232	210 - 338
Middle Barrel Temperature(°C)	177 - 255	154 - 243	221 - 338
Front Barrel Temperature(°C)	191 - 260	160 - 246	227 - 371
Nozzle Temperature(°C)	191 - 274	160 - 246	227 - 343
Adapter Temperature(°C)	221 - 241	--	--
Die Temperature(°C)	221 - 241	--	--
Head Temperature(°C)	199 - 221	--	--
Mold Temperature(°C)	10.0 - 85.0	10.0 - 65.6	54.4 - 160
Ejection Temperature(°C)	--	--	130 - 200
Injection Velocity(mm/sec)	200 - 240	--	200
Drying Temperature(°C)	70.0 - 93.3	37.8 - 80.0	70.0 - 130
Dry Time(hour)	2.00 - 24.0	1.00 - 3.00	2.00 - 48.0
Moisture Content(%)	0.0100 - 0.150	--	0.0200 - 0.0400

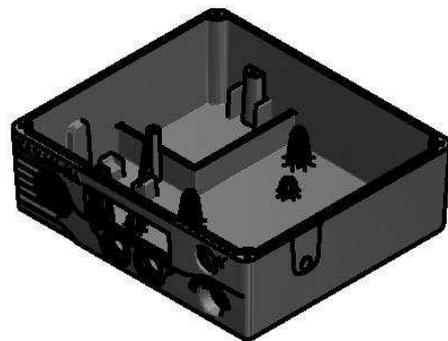
Dew Point(°C)	-29.0 - -17.8	--	-28.9
Injection Pressure(MPa)	4.14 - 130	2.76 - 103	5.52 - 152
Back Pressure(MPa)	0.000 - 2.00	--	0.345 - 1.38
Clamp Pressure(MPa)	30.8 - 69.0	--	27.6 - 69.0
Shot Size(%)	30.0 - 80.0	--	30.0 - 80.0
Vent Depth(cm)	0.00380 - 0.00760	--	0.00250 - 0.00760
Cushion(cm)	0.317 - 0.635	--	--
Screw Speed(rpm)	25.0 - 100	--	20.0 - 100

BASE DE FIJACIÓN PARA MONTAJE DE GABINETE

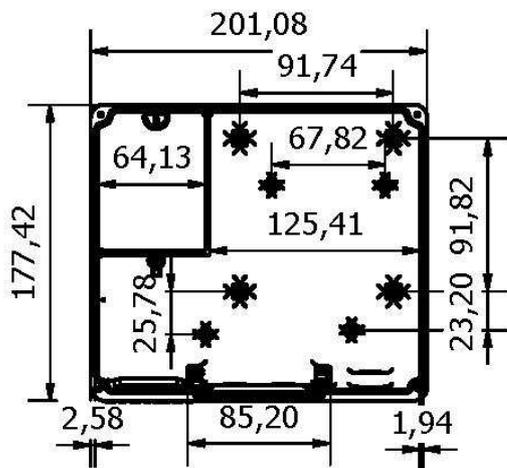
VISTA FRONTAL



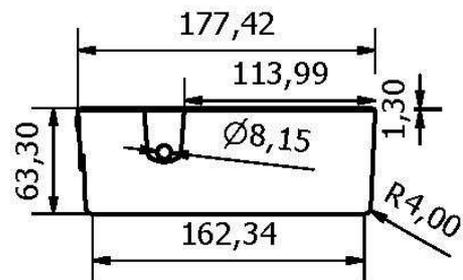
VISTA ISOMÉTRICA



VISTA SUPERIOR



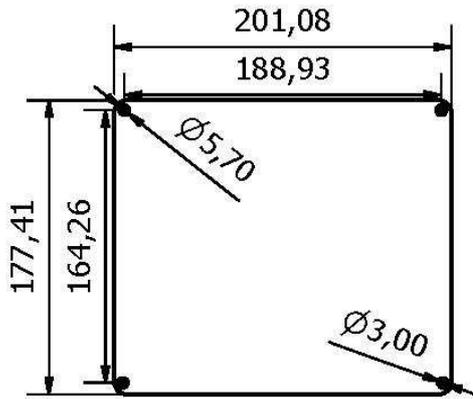
VISTA LATERAL



Diseño de Ing. Víctor Lopez	Revisado por Dr. R. Atoche	Aprobado por Ing. S. Villajuana	FECHA 15/01/2013
Instituto Tecnológico de Mérida		Gabinete	
Escala 1 : 4		Edición V-3	Hoja 1 / 1

TAPA DE GABINETE

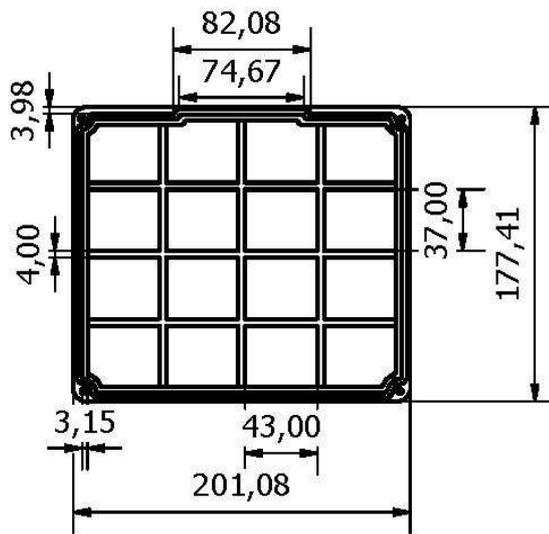
VISTA SUPERIOR



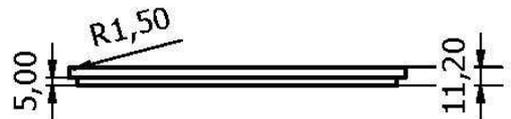
VISTA ISOMÉTRICA



VISTE INFERIOR



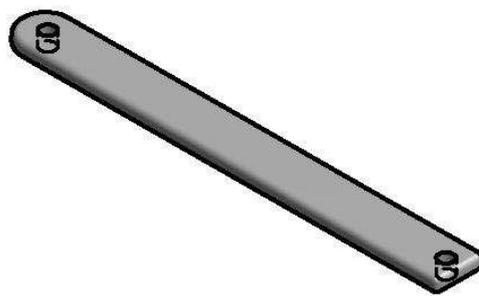
VISTA LATERAL



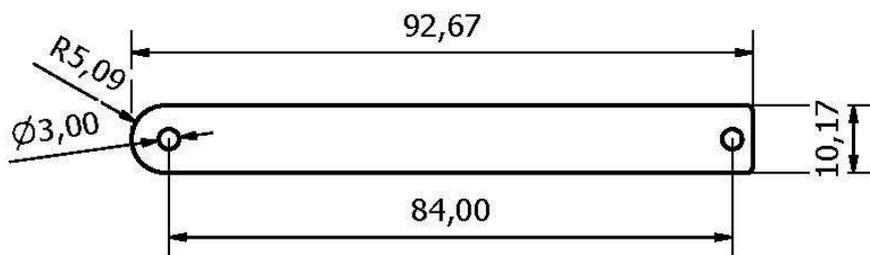
Diseño de Ing. Víctor Lopez	Revisado por Dr. R. Atoche	Aprobado por Ing. S. Villajuana	FECHA 15/01/2013
Instituto Tecnológico de Mérida		Tapa de Gabinete	
		Escala 1 : 4	Edición V-2
		Hoja 1 / 1	

SUJETADOR DE BATERÍA

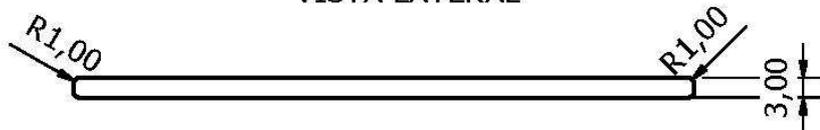
VISTA ISOMÉTRICA



VISTA SUPERIOR



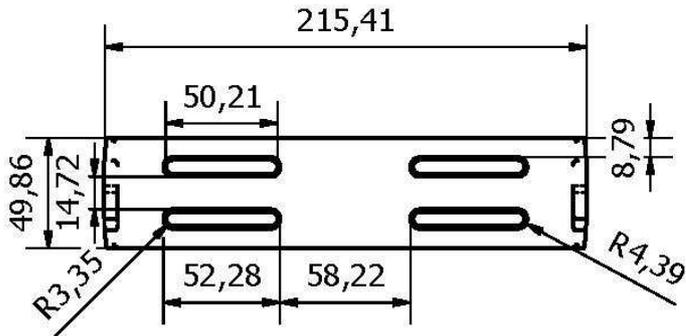
VISTA LATERAL



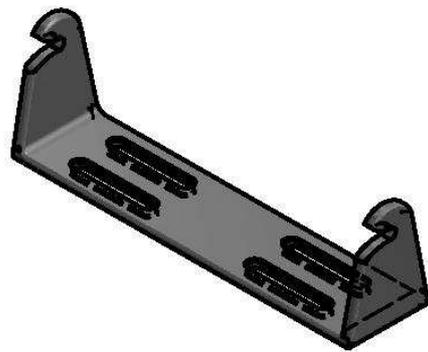
Diseño de Ing. Víctor Lopez	Revisado por Dr. R. Atoche	Aprobado por Ing. S. Villajuana	FECHA 15/01/2013
Instituto Tecnológico de Mérida		Sujetador de Batería	
		Escala 1 : 1	Edición V-2
		Hoja 1 / 1	

BASE DE FIJACIÓN PARA MONTAJE DE GABINETE

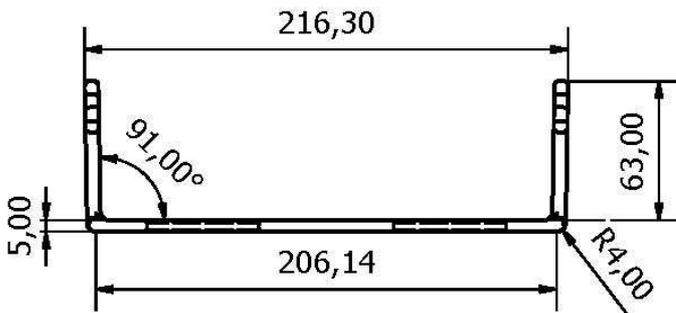
VISTA SUPERIOR



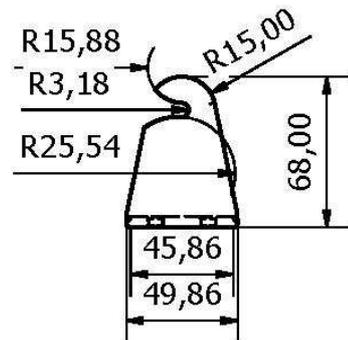
VISTA ISOMÉTRICA



VISTE INFERIOR



VISTA LATERAL



Diseño de Ing. Víctor Lopez	Revisado por Dr. R. Atoche	Aprobado por Ing. S. Villajuana	FECHA 15/01/2013
Instituto Tecnológico de Mérida		Base de fijación para montaje de gabinete	
Escala 1 : 3		Edición V-2	Hoja 1 / 1