



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TEMA:

“Caracterización de técnicas y estrategias de mantenimiento en lanchas guardacostas patrulleras automatizadas.”

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

ELABORADO POR:

Tyrone Lennin Fajardo Ronquillo

GUAYAQUIL, MAYO 2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Tyrone Lennin Fajardo Ronquillo, como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO.

**TUTOR:**

-----  
**ING. JUAN GONZALEZ BAZAN**

**REVISORES**

-----  
**ING. RAFAEL HIDALGO AGUILAR**

-----  
**ING. EDUARDO MENDOZA M.**

-----  
**DIRECTOR DE LA CARRERA**  
**Ing. Miguel Armando Heras Sánchez**

**Guayaquil, Mayo 2014.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO.

### DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

TYRONE LENNIN FAJARDO RONQUILLO

#### DECLARA QUE:

El proyecto de grado denominado “Caracterización de técnicas y estrategias de mantenimiento en lanchas guardacostas patrulleras automatizadas.”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Guayaquil, Mayo de 2014

Tyrone Lennin Fajardo Ronquillo



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

### AUTORIZACIÓN

TYRONE LENNIN FAJARDO RONQUILLO

Autorizan a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del proyecto titulado: "Caracterización de técnicas y estrategias de mantenimiento en embarcaciones automatizadas." cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Mayo de 2014

TYRONE LENNIN FAJARDO RONQUILLO

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por proporcionarme toda sabiduría y ser la luz y guía de este, mi propósito así como la fuerza que inspira mi camino.

A mi familia, por ser los puntales importantes para alcanzar tan esperado triunfo, que representa el final de una de las etapas más importantes de mi vida y el inicio de otras que serán aún más enriquecedores.

Por último un agradecimiento especial a las personas que en esta etapa final de formación profesional han influido directamente con la supervisión, realización y corrección de este proyecto.

## **DEDICATORIA**

Es justo en estos momentos donde una persona puede darse cuenta que efectivamente han pasado los años, y solo uno mismo decide si estos pasan en vano o son realmente aprovechados.

La vida trae consigo momentos buenos y no tan buenos, y es ahí donde reconoces a quienes siempre estarán a tu lado para brindarte una mano amiga, es por ello que quiero agradecer a quienes en todo momento han sido mi apoyo y guía.

Esta tesis primeramente se la dedico con todo mi amor y cariño a Dios que nos dio la oportunidad de vivir y de concederme una familia preciosa.

Adicionalmente dedico esta tesis a mis padres quienes siempre confiaron en mí ciegamente son y serán mi guía en todo momento gracias por apoyarme en todos mis proyectos y por ser mis mejores amigos.

A mi esposas e hijos por estar siempre a mi lado todos estos años y confiar en mí y por todo el apoyo que me han brindado, gracias por enseñarme el amor a Dios y por ser unas personas muy especiales.

**TYRONE LENNIN FAJARDO RONQUILLO**

# ÍNDICE DE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	xviii
<b>CAPITULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.2.1. Delimitación del problema .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
<b>CAPITULO 2 .....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO TEÒRICO.....</b>	<b>4</b>
2.1. LA FUNCIÒN MANTENIMIENTO .....	4
2.1.1. ¿Qué es mantenimiento? .....	4
2.2. Funciones del Mantenimiento.....	4
2.3. Tipos de mantenimiento. ....	6
2.3.1. Mantenimiento correctivo: .....	6

2.3.2.	Mantenimiento preventivo: .....	6
2.3.3.	Mantenimiento predictivo:.....	6
2.3.4.	Mantenimiento cero horas:.....	7
2.3.5.	Mantenimiento en uso:.....	7
2.4.	Niveles de Mantenimiento.....	7
2.5.	Modelos de Mantenimientos posibles.....	9
2.5.1.	Modelo correctivo.....	9
2.5.2.	Modelo Condicional.....	10
2.5.3.	Modelo Sistemático.....	10
2.5.4.	Modelo de Alta Disponibilidad.....	11
2.6.	TPM Mantenimiento Productivo Total.....	12
2.6.1.	Introducción.....	12
2.6.2.	Conceptos y definiciones.....	13
2.6.3.	Principios del Mantenimiento Productivo Total (T.P.M).....	13
2.6.4.	Objetivos del Mantenimiento Productivo Total (T.P.M).....	14
2.7.	Metodologías de Implementación de mantenimiento Industrial.....	14
2.7.1.	Etapas del modelo de implementación del Mantenimiento Productivo Total (T.P.M)	15
2.7.2.	Etapas del modelo de implementación del Mantenimiento Basado en las Condiciones (M.B.C).....	17
2.7.3.	Etapas del modelo de implementación del Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (R.C.M).....	18
2.7.4.	Otras consideraciones.....	19
2.7.4.1.	Mantenimiento Legal.....	19



2.7.4.2.	Mantenimiento subcontratado a un especialista .....	20
2.7.4.3.	Indicaciones de los fabricantes en sus manuales técnicos. ....	20
2.8.	Consideraciones generales antes de implementar un plan de mantenimiento 21	
2.8.1.	Realizar un análisis previo a la implantación .....	21
2.8.2.	Selección de Equipos.....	22
2.8.3.	Periodicidad y alcance de las inspecciones .....	23
2.8.4.	Coste de Mantenimiento.....	25
<b>CAPITULO 3</b>	.....	<b>27</b>
<b>METODOLOGIA DE INVESTIGACION</b>	.....	<b>27</b>
3.1.	Metodología aplicada.....	27
3.2.	Técnicas y herramientas de recolección de datos.....	27
3.3.	Descripción de la embarcación en la que se desarrollará las técnicas y estrategias de mantenimiento estudiadas. ....	28
3.3.1.	Datos generales de la embarcación .....	28
3.3.2.	Organigrama de la Unidad .....	29
3.3.3.	Descripción de equipos de operaciones .....	29
3.3.3.1.	Equipos de navegación .....	29
3.3.3.2.	Equipos de comunicaciones externas .....	30
3.3.3.3.	Equipos de búsqueda y rescate.....	30
3.3.4.	Descripción de cubierta, estructura y máquinas externas .....	31
3.3.4.1.	Casco y superestructura .....	31
3.3.4.2.	Compartimentos estancos .....	31
3.3.4.3.	Tiras de Unidad .....	31

3.3.4.4.	Capacidad de remolque .....	32
3.3.4.5.	Grúa .....	32
3.3.5.	Características Generales de Equipos y Sistemas. ....	32
3.3.5.1.	Sistema de Gobierno .....	33
3.3.5.2.	Planta de aire acondicionado .....	33
3.3.5.3.	Planta de tratamientos de aguas negras y grises .....	33
3.3.5.4.	Planta de tratamiento de aguas aceitosas .....	33
3.3.5.5.	Planta de osmosis inversa sea-recovery .....	34
<b>CAPITULO 4</b>	.....	<b>35</b>
<b>DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO PARA LA EMBARCACIÓN.</b>	.....	<b>35</b>
4.1.	Análisis de la situación actual.....	35
4.2.	Selección y desarrollo del plan de mantenimiento .....	36
4.3.	Análisis de los diferentes niveles de la embarcación antes de implementar el Plan de Mantenimiento basado en TPM.....	37
4.4.	Diseño del plan de mantenimiento propuesto.....	43
4.5.	Desarrollo del plan de mantenimiento propuesto .....	44
4.6.	Programa o sistema de mantenimiento planificado .....	46
4.7.	Selección de equipos y maquinarias a incluir en el programa. ....	47
4.8.	Mantenimientos programados .....	48
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	.....	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	.....	<b>55</b>
<b>ANEXOS</b>	.....	<b>75</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Niveles de Mantenimientos preventivos .....	16
Figura 3. 1 : Organigrama de la Unidad lancha tipo OPV-2606 .....	29
Figura 3. 2: Compartimientos de estancos y tiras de unidad.....	31
Figura 4. 2: Diagrama de flujo de los niveles de una planta .....	38
Figura 4. 3: Diagrama de flujo de los niveles para la embarcación lancha tipo .....	39
Figura 4. 4: Aplicación del Diagrama de flujo de los niveles 1-2-3-4 .....	40
Figura 4. 5: Aplicación del Diagrama de flujo de los niveles 5 de la embarcación .....	41
Figura 4. 6: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama General de Radar de Nave.....	42
Figura 4. 7 Clasificación de los equipos y maquinarias a incluir en el programa .....	48
Figura 4. 8: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama General del girocompás .....	58
Figura 4. 9: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Consola de Mando.....	59
Figura 4. 10: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama General de Ploteador .....	60
Figura 4. 11: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama General del sistema .....	61
Figura 4. 12: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama General de la estación.....	62
Figura 4. 13: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama General de la estación .....	63
Figura 4. 14: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Radioteléfono MF/HF .....	64
Figura 4. 15: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama general del sistema .....	65
Figura 4. 16: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama general del NavTex .....	66
Figura 4. 17: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama general del Sistema.....	67

Figura 4. 18: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama general del Equipo .....	68
Figura 4. 19: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Puente de gobierno.....	69
Figura 4. 20: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Cubierta del puente de gobierno.....	70
Figura 4. 21: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 5 Equipos.....	71
Figura 4. 22: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6.....	72
Figura 4. 23: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 componentes de motor...	73
Figura 4. 24: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7 Elementos .....	74
Figura 4. 25: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-8 del Sistema de Gob....	75
Figura 4. 26: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 del Sistema de Gob.....	76
Figura 4. 27: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 del Sistema de Gob.....	77
Figura 4. 28: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 del Sistema de Gob.....	78
Figura 4. 29: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 del Sistema de Gob.....	79
Figura 4. 30: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 del Sistema de Gob.....	80
Figura 4. 31: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 del Sistema de Gob.....	81
Figura 4. 32: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 del Sistema de Tab..	82
Figura 4. 33: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 del Sistema de.....	83
Figura 4. 34: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 del Sistema .....	83
Figura 4. 35: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 del Sistema .....	84
Figura 4. 36: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 de la Planta .....	85
Figura 4. 37: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 de Reductores.....	86
Figura 4. 38: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 de Planta de OS.....	87
Figura 4. 39: : Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 de Planta.....	88

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Niveles de Mantenimiento .....	8
Tabla 2. 2: Etapas del modelo para la implementación del MBC .....	18
Tabla 2. 4: Componentes potenciales más expuestos a fallo.....	24
Tabla 4. 1 Mantenimientos programados .....	50
Tabla 4. 2 Plantilla de Inspecciones .....	50
Tabla 4. 3: Desarrollo del mantenimiento predictivo espectro de análisis .....	51
Tabla 4. 4 Programa de mantenimiento autónomo .....	52
Tabla 4. 5: Resumen del análisis de la embarcación por niveles.....	89

## RESUMEN

En esta tesis se estudia y comprende los diferentes tipos de mantenimiento existentes y recomendados por especialistas en diferentes fuentes bibliográficas, luego se aplica uno o varios de ellos en un caso real, una lancha guardacostas patrullera, la cual fue adquirida el 01 de febrero del 2013 y entrò en operaciòn inmediatamente el 02 de febrero del 2013 y hasta la actualidad no posee un Plan de Mantenimiento que ayude a prevenir posibles averías o daños.

En el capítulo uno de esta tesis se indica los aspectos generales del estudio, los precedentes o antecedentes, se plantea el problema y se trazan los objetivos.

En el capítulo dos se expone los fundamentos teòricos del estudio, la conceptualizaciòn del objeto a estudiar, tipos de mantenimiento, niveles y modelos de los mismos, como tambièn en que bazan sus principios y metodologías implementadas en las industrias actualmente acerca de los mantenimientos.

En el capítulo tres de esta tesis se puntualiza la metodología utilizada para la realizaciòn de la tesis, el enfoque y el método aplicado.

En el capítulo cuatro se estudia y desarrolla un plan de mantenimiento propuesto o referido que puede ser considerado como modelo inicial para ser utilizado en las embarcaciones tipo lanchas guardacostas patrulleras.

## **ABSTRACT**

Study and understand the different types of existing maintenance and recommended by specialists in different literature sources, then one or more of them was applied in a real case, a Coast Guard patrol boat , which was acquired on February 1, 2013 and went into operation immediately on February 2, 2013 and to date has no maintenance plan to help prevent possible damage or injury.

In chapter one of this thesis the general aspects of the study indicated, precedent or history, the problem arose and set objectives.

In chapter two the theoretical foundations of the study is published, conceptualizing the object of study, maintenance types, levels and models thereof, as well as their principles and methodologies currently implemented in industries about maintenance are supported.

In chapter three of this thesis the methodology used for the realization of the thesis, the focus and the method applied is pointed.

Chapter four studies and develops a proposed or referred to can be considered as an initial model for use in the Coast Guard patrol boat type craft maintenance plan.

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se refiere al tema de caracterizar técnicas y estrategias de mantenimiento en lanchas guardacostas patrulleras automatizadas, que se puede entender como una herramienta administrativa técnica que va a permitir determinar y establecer un conjunto de actividades metodológicamente bien establecidas y necesarias para alcanzar el propósito deseado.

Lo significativo y más relevante del estudio de estas técnicas y estrategias de mantenimiento aplicada específicamente a una lancha guardacosta patrullera automatizada, es que si bien es cierto los mantenimientos en la actualidad son herramientas muy bien utilizadas, definidas y aplicadas en las industrias y empresas no hay un modelo propuesto específicamente para una embarcación marítima del tipo mencionado anteriormente, partiendo desde el punto de vista que se puede comparar a esta como una pequeña industria automatizada móvil marítima que se compone con iguales o parecidos equipos tecnológicos y mecánicos utilizados en la industria.

Para analizar esta problemática es importante mencionar sus causas, una de ellas podría ser la poca demanda en el país de este tipo de embarcaciones que sirven especialmente para la protección marítima ante el auge delictivo en las zonas costeras del País como la lucha contra el tráfico de estupefacientes, combustible y hasta de personas, se sabe por información de la prensa y de la misma Armada Nacional del Ecuador en su página web <http://www.armada.mil.ec> que en el país sólo existen tres de este tipo de embarcaciones que fueron construidas por ASTINAVE en convenio con el Astillero DAMEN de Holanda entre el año 2012 y 2013 y que poseen capacidades disponibles de tecnología de punta, con sistemas modernos automatizados de vigilancia, navegación, operación y múltiples sistemas auxiliares y de propulsión y generación principal, el cual hace que se desempeñen de manera eficaz y eficiente en operaciones de vigilancia y reconocimiento como también en búsqueda y rescate.



La investigación de esta problemática se realizó por el interés de salvaguardar el buen funcionamiento y la conservación a largo tiempo de los diferentes equipos industriales automatizados existentes en estas embarcaciones que es propiedad no solo del Estado si no también de todos los Ecuatorianos.

En el marco metodológico se trató de estudiar los diferentes tipos de mantenimiento existentes buscando información bibliográfica en libros y manuales, identificando las características, técnicas y estrategias más relevantes del TPM (Mantenimiento Productivo Total) como un diseño o guía a proponer, con el objetivo de modelarlas y adaptarlas a un estudio de caso, específicamente en una lancha guardacostas patrullera, describiendo las técnicas y estrategias de mantenimiento que podrían utilizarse en este tipo de embarcaciones.

# CAPITULO 1

## ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO

### 1.1. Antecedentes

El autor Juan Díaz Navarro (2010) en el libro titulado técnicas de mantenimiento industrial explica que la expresión o palabra “mantenimiento” se la viene utilizando desde el año 1950, este concepto se ha desarrollado progresivamente desde la sencilla función de prevenir, corregir y revisar los equipos, aparatos o máquinas dentro de una industria, fábrica o mega artefactos, con el fin de que los ingenieros en sus diferentes carreras y profesiones optimicen el coste global que puede producir un daño o imprevisto en un momento determinado de funcionamiento.

Los servicios y planes de mantenimiento ocupan sitios muy importantes y variables dependiendo de los tipos de industria tales como:

- ✚ En centrales nucleares, industrias aeronáuticas y embarcaciones fluviales tanto comerciales como de defensa nacional y lucha anti delincencial.
  
- ✚ En industrias de proceso.
  
- ✚ Lugar secundario en empresas con bajos costos.

Se distinguen cuatro generaciones en la evolución del concepto de mantenimiento como lo indica el autor Francisco Javier González Fernández (2005) en el libro Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.

**1<sup>era</sup> Generación:** A partir de la revolución industrial hasta posterior de la 2<sup>da</sup> Guerra Mundial, en la actualidad es utilizada en algunas fábricas. El Mantenimiento se ocupa sólo de componer los desperfectos. Es el Mantenimiento Correctivo.

**2<sup>da</sup> Generación:** Entre la 2<sup>da</sup> Guerra Mundial y a finales de los años 70 se descubre el vínculo entre los años de funcionamiento de los equipos y probabilidad

de fallo. Se comienza a hacer sustituciones preventivas. Es el Mantenimiento Preventivo.

**3<sup>ra</sup> Generación:** Inicia en los años 80. Se empieza a efectuar estudios CAUSA-EFECTO para investigar el origen de los problemas. Es el Mantenimiento Predictivo diagnóstico anticipado para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles. Se comienza a hacer partícipe a producción en las tareas de detección de fallos.

**4<sup>ta</sup> Generación:** Inicia en los años 90 y es una parte del concepto de Calidad Total: "Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se minimiza el gasto. Es el Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR): Se concibe como una fase de la empresa al que contribuyen también otras divisiones de la empresa. Se identifica como principio de beneficios, frente al caduco concepto de mantenimiento como "mal necesario". La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias que involucra esto para la empresa es un riesgo que hay que tramitar, teniendo como propósito la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo de gasto posible.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Actualmente no se cuenta con manuales de Mantenimiento o Plan definido de Mantenimiento que ayude a prevenir incidentes de daños en equipos y maquinarias en embarcaciones automatizadas, aún más tratándose de una nave patrullera del Estado Ecuatoriano que vela por la seguridad, combate las actividades ilícitas, precautela la vida humana en el mar y contribuye a la preservación del medio ambiente marino costero del País.

### **1.2.1. Delimitación del problema**

Proponer un modelo de plan de mantenimiento para una embarcación automatizada, lancha guardacostas de la Armada Nacional del Ecuador.

### **1.3. Justificación**

Las personas encargadas de este tipo de embarcaciones automatizadas, lancha guardacostas patrulleras de la Armada Nacional del Ecuador han experimentado situaciones de múltiples daños en equipos y maquinarias sin tener la posibilidad de recurrir a una guía que les permita evitar o prevenir desperfectos, por eso la importancia y justificación de implementar un plan de mantenimiento organizando.

### **1.4. Objetivos**

Los objetivos son los siguientes:

#### **1.4.1. Objetivo General**

Desarrollar una propuesta de plan de mantenimiento para embarcaciones automatizadas tipo lanchas guardacostas patrulleras, para la toma de medidas oportunas ante eventuales averías de funcionamiento con el fin de garantizar su operatividad, disponibilidad y confiabilidad de los equipos y maquinarias durante todo el año.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

1. Caracterizar las diversas técnicas y estrategias de mantenimiento recomendadas por diferentes autores bibliográficos.
2. Caracterizar el entorno actual de una embarcación lancha guardacostas patrullera como estudio de caso.
3. Exponer un plan de Mantenimiento organizado para dicha embarcación.

## **CAPITULO 2**

### **MARCO TEÒRICO**

#### **2.1. LA FUNCIÓN MANTENIMIENTO**

##### **2.1.1. ¿Qué es mantenimiento?**

Navarro, J. D. (2010) en el libro Técnicas de Mantenimiento Industrial lo define al mantenimiento como una labor dentro de las empresas a la que se encarga la vigilancia del funcionamiento de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. Se puede entonces indicar que el mantenimiento es la unión de varias acciones necesarias para conservar ó restablecer un sistema en un estado que admita garantizar su funcionamiento a un costo pequeño. En virtud de lo explicado se indican las siguientes actividades.

1. Prevenir y/ó corregir daños o fallas.
2. Calcular y/ó evaluar el estado de las instalaciones.
3. Calcular gastos económicos.

#### **2.2. Funciones del Mantenimiento**

En términos muy usuales puede afirmar que las funciones principales del mantenimiento se pueden sintetizar en el cumplimiento de todas las labores necesarias para fijar y mantener el equipo de producción de modo que cumpla los requisitos normales del proceso.

La concreción de esta definición tan amplia dependerá de diversos factores entre los que pueden mencionarse el tipo de industria así como su tamaño, la política de la empresa, las características de producción, e incluso su emplazamiento. Aùn asi las tareas encomendadas al departamento encargado del mantenimiento puede definir entre distintas empresas, atendiendo a la estructura organizativa de la misma, con lo que las funciones de mantenimiento, en cada una de ellas, no serán obviamente las mismas.

Por tanto, dependiendo de estos factores citados por León, F. C. (1998). En el libro Tecnología del mantenimiento industrial, el campo de acción de las actividades de un departamento de ingeniería del mantenimiento puede incluir las siguientes responsabilidades.

- Conservar los equipos e instalaciones en situaciones operativas eficaces y seguras.
- Realizar un control del estado de los equipos así como de su disponibilidad.
- Efectuar todos los estudios para reducir el número de averías imprevistas.
- En obtención de los datos históricos disponibles, realizar una previsión de los repuestos de almacén necesarios.
- Intervenir en los proyectos de modificación del diseño de equipos e instalaciones.
- trasladar a cabo aquellas tareas que implican la modificación o reparación de los equipos o instalaciones.
- Instalación de nuevas maquinarias, dispositivos y equipos.
- Orientar a los mandos de producción.
- Velar por el correcto suministro y distribución de energía.
- Ejecutar el seguimiento de los costes de mantenimiento.
- Preservación de locales, incluyendo la protección contra incendios.
- Tramitar repuestos en almacenes
- Tareas de vigilancia.
- Tramitar la expulsión de residuos y desechos.
- Establecimiento y administración del servicio de limpieza.
- Suministrar el adecuado equipamiento al personal de la instalación.

Son importantes cualesquiera que sean las responsabilidades asignadas al servicio de mantenimiento que estas estén perfectamente definidas y sus límites de acción y autoridad claramente establecidos. Esto evita que determinadas actuaciones queden mal definidas.

### **2.3. Clases de mantenimiento.**

Se han fijado diferentes clasificaciones del mantenimiento, dependiendo de las posibles funciones que se le atribuyen a este, así como a la forma de desempeñarlas, se permita una clasificación basada en una orientación metodológico que en una mera relación de particularidades funcionales asignadas, que como se ha visto depende de muy diversos factores. Desde esta perspectiva analizada por (Calloni, 2004) en el libro llamado Mantenimiento eléctrico y mecánico para pequeñas y medianas empresas, pueden diferenciarse los siguientes tipos de mantenimiento.

- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento hard time o cero horas.
- Mantenimiento en uso.

#### **2.3.1. Mantenimiento correctivo:**

Es el mantenimiento que se realiza para devolver el equipo a condiciones de trabajo después de una avería o deficiencias percibidas y que son graves, suficiente para provocar una parada en la producción.( Gothenburg, Sweden, 2011)

#### **2.3.2. Mantenimiento preventivo:**

Es el mantenimiento que se lleva a cabo con regularidad o después de la inspección con el fin de mantener el equipo en condiciones de trabajo, también se refiere al mantenimiento según lo previsto. (Gothenburg, Sweden, 2011)

#### **2.3.3. Mantenimiento predictivo:**

El mantenimiento predictivo es aquel que está en monitoreo regular de la condición mecánica real, operativo eficiencia, y otros indicadores de la condición de funcionamiento de máquinas y quipos a través de sistemas de procesos que proporcionarán los datos necesarios para garantizar el máximo intervalo entre las

reparaciones y reducir al mínimo el número y el costo de las interrupciones no programadas creadas por fallas de la máquina. (Mobley, 2002)

#### **2.3.4. Mantenimiento cero horas:**

Es juntar algunos trabajos cuyo propósito es examinar los equipos a espacios programados antes de que aparezca alguna falla, bien cuando la seguridad del aparato ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta riesgoso hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Esta revisión gravita en mantener el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo sea nuevo. En estas revisiones se cambian o se reparan todos los dispositivos sometidos a deterioro. Se intenta garantizar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

#### **2.3.5. Mantenimiento en uso:**

Es el mantenimiento elemental de un dispositivo realizado por los mismos usuarios, se realizan una serie de trabajos elementales tales como obtención de datos, revisiones visuales, limpieza, lubricación, ajustes de tornillos, para las que no es necesario una formación, sino un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la plataforma del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total).

### **2.4. Niveles de Mantenimiento.**

Al realizar un mantenimiento programado de un equipo o maquinaria hay que considerar algunas variables, como el nivel de daño, ajustes, arreglos, daños, lugar de aplicación o personal necesario para su aplicación, dando como resultado el siguiente resumen del cuadro 2.1



**Tabla 2. 1: Niveles de Mantenimiento**

NIVEL	CONTENIDO	PERSONAL	MEDIOS
1	-AJUSTES SIMPLES PREVISTOS EN ÓRGANOS ACCESIBLES. -CAMBIO ELEMENTOS ACCESIBLES Y FACILES DE EFECTUAR	OPERADOR, IN SITU	UTILLAJE LIGERO
2	-ARREGLOS POR CAMBIO ESTANDAR -OPERACIONES MENORES DE PREVENTIVO (RONDAS/GAMAS).	TÉCNICO HABILITADO, IN SITU	UTILLAJE LIGERO + REPUESTOS NECESARIOS EN STOCK.
3	-IDENTIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE AVERÍAS. -REPARACIÓN POR CAMBIO DE COMPONENTES Y REPARACIONES MECÁNICAS MENORES.	TÉCNICO ESPECIALIZAD O, IN SITU O TALLER.	UTILLAJE + APARATOS DE MEDIDAS + BANCO DE ENSAYOS, CONTROL, ETC.
4	-TRABAJOS IMPORTANTES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO.	EQUIPO DIRIGIDO POR TÉCNICO ESPECIALIZAD O (TALLER).	UTILLAJE ESPECÍFICO + MATERIAL DE ENSAYOS, CONTROL, ETC.
5	-TRABAJOS DE GRANDES REPARACIONES, RENOVACIONES, ETC.	EQUIPO COMPLETO, POLIVANTES, EN TALLER CENTRAL.	MAQUINAS-HERRAMIENTAS Y ESPECÍFICAS DE FABRICACIÓN (FORJA, FUNDICIÓN, SOLDADURA, ETC.)

**Fuente:** R González Álvarez - 2012 <http://repositorio.unican.es/>  
**Elaborado por:** Tyrone Fajardo Ronquillo

## **2.5. Modelos de Mantenimientos posibles.**

Cada modelo que se explican seguidamente contiene algunos tipos de mantenimiento, adicionalmente todos comprenden dos actividades: reconocimientos visuales y lubricación. Está demostrado que estas dos tareas en cualquier dispositivo es beneficiosa. Comprendido en el modelo más sencillo (Modelo Correctivo), en el que prácticamente dejamos el equipo hasta que se causa un daño, es provechoso mirarlo al menos una vez cada mes, y lubricarlo con productos adecuados a sus características. Las inspecciones visuales prácticamente no cuestan dinero y nos permitirá descubrir daños de manera prematura, y su solución por lo general será más económicas cuanto antes detectemos el problema. La lubricación siempre es rentable. Aunque sí representa un coste (lubricante y la mano de obra de aplicarlo), en general es tan bajo que está sobradamente justificado, ya que una avería por una falta de lubricación implicará siempre un gasto mayor. Hecha esta puntualización, podemos definir ya los diversos modelos de mantenimiento posibles como explica (Garrido, 2010) en el libro Organización y gestión integral de mantenimiento.

### **2.5.1. Modelo correctivo**

Este modelo es el más primordial, e incluye, además de las visitas visuales y la lubricación indicadas anteriormente, la reparación de daños que salgan. Es aplicable a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyos daños no suponen ningún inconveniente, ni económico ni técnico. En este tipo de equipos no es factible dedicar mayor recurso ni esfuerzo.

#### **MODELO CORRECTIVO**

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Reparación de averías.

### **2.5.2. Modelo Condicional**

Contiene acciones del modelo anterior, y adicionalmente, la ejecución de una serie de experimentos que condicionarán una actuación consecutiva. Si tras las pruebas descubrimos una falla, programaremos una intervención, si sucede lo contrario, no actuaremos sobre el dispositivo o máquina. Este modelo de mantenimiento es admitido en aquellos equipos de poco uso, o su probabilidad de fallo es baja.

#### MODELO CONDICIONAL

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Mantenimiento Condicional.
- Reparación de averías.

### **2.5.3. Modelo Sistemático**

Este modelo contiene un conjunto de actividades que se realizan sin que importe cuál es la condición del equipo; se realizan mediciones y pruebas para decidir si se ejecutan otros trabajos de mayor envergadura; y, por último, se resuelve los daños que surjan. Es un modelo de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en procedimientos productivos y cuyas averías causan algunos trastornos. Es importante recalcar que un equipo sujeto a un modelo de mantenimiento sistemático no tiene tareas con etapas fijas. Simplemente, un equipo con este modelo de mantenimiento puede tener trabajos sistemáticos, que se efectúen sin importar el tiempo que lleva andando o el estado de los elementos sobre los que se trabaja. Es la primordial diferencia con los dos modelos anteriores, en los que para realizar una labor debe presentarse alguna señal de fallo.

## MODELO SISTEMÁTICO

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Mantenimiento Preventivo Sistemático.
- Mantenimiento Condicional.
- Reparación de averías.

### **2.5.4. Modelo de Alta Disponibilidad**

Es el modelo más riguroso y minucioso de todos. Se aplica a equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir un daño o un mal funcionamiento. Son equipos a los que se exige niveles de disponibilidad muy elevados, por encima del 90%. La razón es el alto costo en producción que tiene un daño. Con una exigencia muy alta no se tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo (correctivo, preventivo sistemático). Para mantener estos equipos es oportuno emplear técnicas de mantenimiento predictivo, que nos conceda conocer el estado del equipo con él en funcionamiento, y a paradas programadas, que supondrán una inspección general completa, con una periodicidad generalmente anual o superior.

En esta revisión se cambian todos los elementos sometidas a desgaste o con posibilidad de fallo a lo largo del año (piezas con una vida inferior a dos años).

Estos controles se preparan con gran antelación, y no son iguales pues cada año cambian, la idea es no tener daños en estos equipos, en general no hay tiempo para subsanar convenientemente las incidencias que ocurren, siendo beneficioso realizar correcciones rápidas provisionales que permitan mantener el equipo en funcionamiento hasta la próxima verificación general. Por tanto, la puesta a cero anual debe incluir la resolución de todas aquellas reparaciones provisionales que hayan tenido que efectuarse a lo largo del año. Ejemplos de este modelo de

mantenimiento pueden ser turbinas de producción de energía eléctrica, hornos de elevada temperatura y motores que trabajan de forma continua.

## MODELO DE ALTA DISPONIBILIDAD

- Revisiones visuales.
- Lubricación.
- Reparación de daños.
- Mantenimiento Condicional.
- Mantenimiento Sistemático.
- Puesta a cero periódica, en fecha determinada (Parada).

## **2.6. TPM Mantenimiento Productivo Total**

### **2.6.1. Introducción**

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) nació en Japón gracias al trabajo del *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) como un método aplicado a lograr la exclusión de las seis notables pérdidas de los equipos, con la consecuencia de poder hacer factible la producción “Just in Time”, la cual tiene como propósito la desaparición sistemática de desperdicios. Estas pérdidas se hallan vinculadas con los dispositivos o máquinas dando lugar a la disminución en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos importantes: Tiempos muertos o detención del sistema productivo. Funcionamiento a velocidad menor a la capacidad de los equipos. Productos imperfectos o mal funcionamiento de las operaciones en un equipo. El TPM como lo expone Sacristán, F. R. (2001) en el libro mantenimiento total de la producción: proceso de implantación y desarrollo, es en el presente uno de los sistemas principales para lograr la eficiencia total, en base a la cual es posible lograr la competitividad absoluta esto supone elevar al máximo la eficiencia en calidad, tiempo y coste de la producción.

El resultado final que se persigue con la implementación del Mantenimiento Productivo Total es conseguir un grupo de equipos e instalaciones productivas más eficaces, una disminución de las inversiones necesarias en ellos y un incremento de la elasticidad del sistema productivo.

### **2.6.2. Conceptos y definiciones**

El propósito del mantenimiento de dispositivos, equipos y máquinas lo podemos precisar cómo conseguir un establecido nivel de disponibilidad de producción en condiciones de calidad exigible, con costo bajo y con una seguridad alta para el personal que las emplea y mantiene. Por disponibilidad se comprende la relación de tiempo en que está dispuesta para la producción respecto al tiempo total. Esta disponibilidad depende de dos factores críticos:

1. La periodicidad de las averías, y
2. El tiempo necesario para corregir las mismas.

El primero de estos factores recibe el nombre de fiabilidad, es un índice de la calidad de las instalaciones y de su estado de conservación, y se calcula por el tiempo medio entre daños. El segundo elemento denominado mantenibilidad es interpretado por una parte de la bondad del diseño de las instalaciones y por otra parte de la eficacia del servicio de mantenimiento. En efecto, un adecuado nivel de disponibilidad se alcanzará con unos óptimos niveles de fiabilidad y de mantenibilidad. Es decir, que sucedan pocos daños y que éstos se reparen inmediatamente.

### **2.6.3. Principios del Mantenimiento Productivo Total (T.P.M)**

El nuevo concepto de mantenimiento productivo total abarca cinco principios fundamentales que son:

- ❖ Colaboración de todo el grupo de personas de la fábrica, desde la alta dirección hasta los operarios de planta.

- ❖ Formación de una cultura corporativa dirigida a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias.
- ❖ Implementación de un sistema de gestión de las plantas productivas para la eliminación de las pérdidas.
- ❖ Implementación del mantenimiento preventivo como medio importante para lograr el propósito de cero pérdidas.
- ❖ Emplear los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

#### **2.6.4. Objetivos del Mantenimiento Productivo Total (T.P.M)**

Entre los propósitos importantes y fundamentales del TPM se tienen:

- ✚ Disminución de daños en los equipos.
- ✚ Disminución del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- ✚ Utilización eficaz de los equipos existentes.
- ✚ Registro de la precisión de las herramientas y equipos.
- ✚ Mantención de los recursos naturales y economía de energéticos. Formación y entrenamiento del personal.

### **2.7. Metodologías de Implementación de mantenimiento Industrial.**

El avance tecnológico ha impulsado el desarrollo de sistemas cada vez más complejos. Esta complejidad también se asocia a las tareas de mantenimiento, la gestión en mantenimiento procura reducir costos asociados al mantenimiento, en particular horas/hombre, y costos de reparación. Varias metodologías han sido empleadas para el logro de estos objetivos, tales como TPM (*Total Productive Maintenance*), RCA (*Root Cause Analysis*), mantenimiento preventivo, entre otras. (Quiroga Méndez, 2011)

### **2.7.1. Etapas del modelo de implementación del Mantenimiento Productivo Total (T.P.M)**

Las etapas de implementación del Mantenimiento productivo Total se conforma de la siguiente manera:

En la fase de Preparación se cuenta con las siguientes Etapas:

1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa.
2. Campaña de información
3. Formación de comités
4. Análisis de las condiciones existentes
5. Diagnóstico
6. Planificación.

En la fase de implantación se tienen las siguientes etapas.

1. Capacitación
2. Motivación, competencia y entorno de trabajo
3. Implantación de un sistema para monitoreo.
4. Determinación y cálculo de ratios e indicadores.
5. Experiencia piloto.
6. Aplicación de mantenimiento autónomo implementación de las 5 "S"
7. Aplicación de mantenimiento planificado.

En la fase de evaluación se tienen como etapa el análisis de resultados obtenidos.

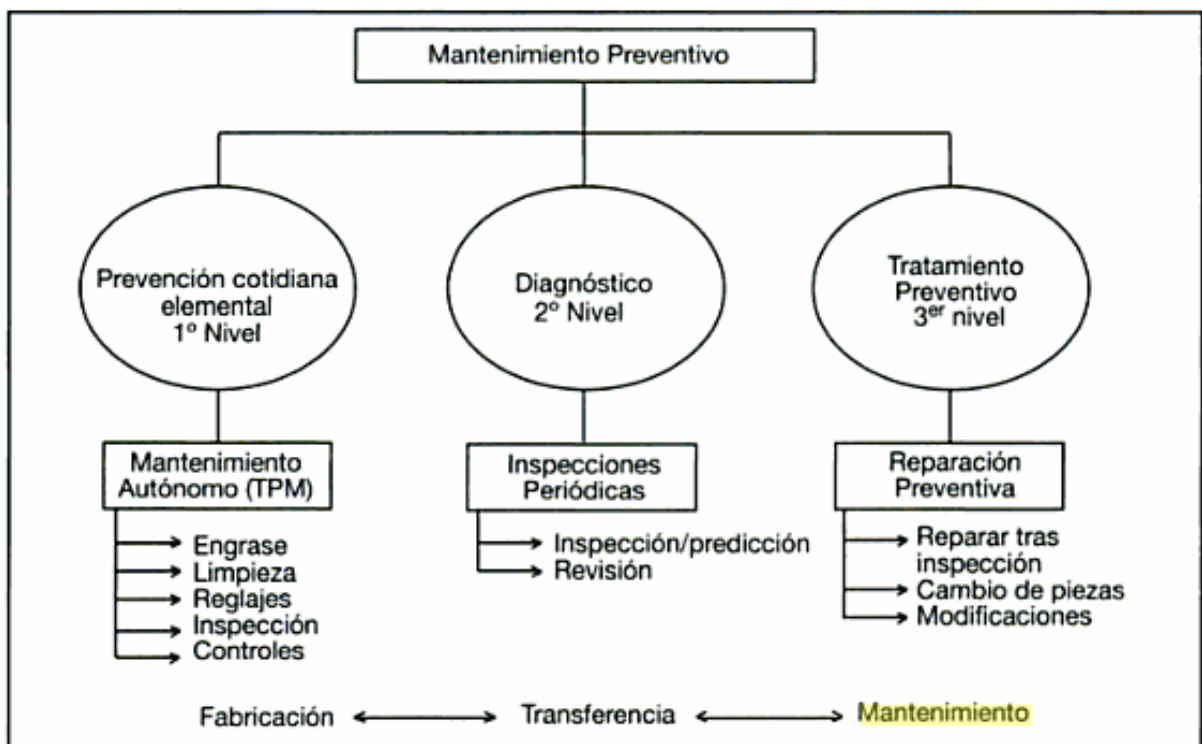
Finalmente en la fase de estandarización se tiene como etapa los resultados y luego se da comienzo a un nuevo proceso continuo de mejora en materia de fiabilidad y durabilidad.

Francisco Rey Sacristàn (2001) explica que es importante indicar que en la etapa de implantación o implementación hay que aplicar y desarrollar una gama de



mantenimientos autónomos , planificados y operativos como es el mantenimiento preventivo periódico programado realizado por el personal que opera el equipo o máquina, es de sentido global en una actividad TPM, este se compone por mantenimiento de prevención cotidiana elemental de nivel 1, donde se realizan mantenimientos autónomos como engrase, limpieza, reglajes, inspecciones y controles, mantenimiento preventivo de diagnóstico de nivel 2 donde se realizan inspecciones periódicas de predicción y revisión y finalmente el mantenimiento preventivo nivel 3, en el cual se realizan preparación preventiva para reparar tras una inspección, cambios de piezas y modificaciones.

**Figura # 2. 1 Niveles de Mantenimientos preventivos**



Fuente: Sacriatan, F.R (2001). Mantenimiento total de la producción (TPM)  
Elaborado por: Tyrone Fajardo Ronquillo

### **2.7.2. Etapas del modelo de implementación del Mantenimiento Basado en las Condiciones (M.B.C)**

El modelo de mantenimiento M.B.C trata de planificar el dominio a ejercer sobre el equipo y sus partes, con la finalidad de asegurar de que reúnan las condiciones necesarias para un funcionamiento correcto y puedan prevenirse posibles daños o anomalías de cualquier tipo.

En un sistema MBC la condición del equipo es probada en lapso real. Por lo general los métodos MBC se establecen en: basados en modelos, basados en conocimiento y basados en señales.

Entonces, el Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición, consiste como explica Héctor Huacuz. (2003) en su exposición en el primer congreso Mexicano de confiabilidad y mantenimiento, en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según su condición. Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas.

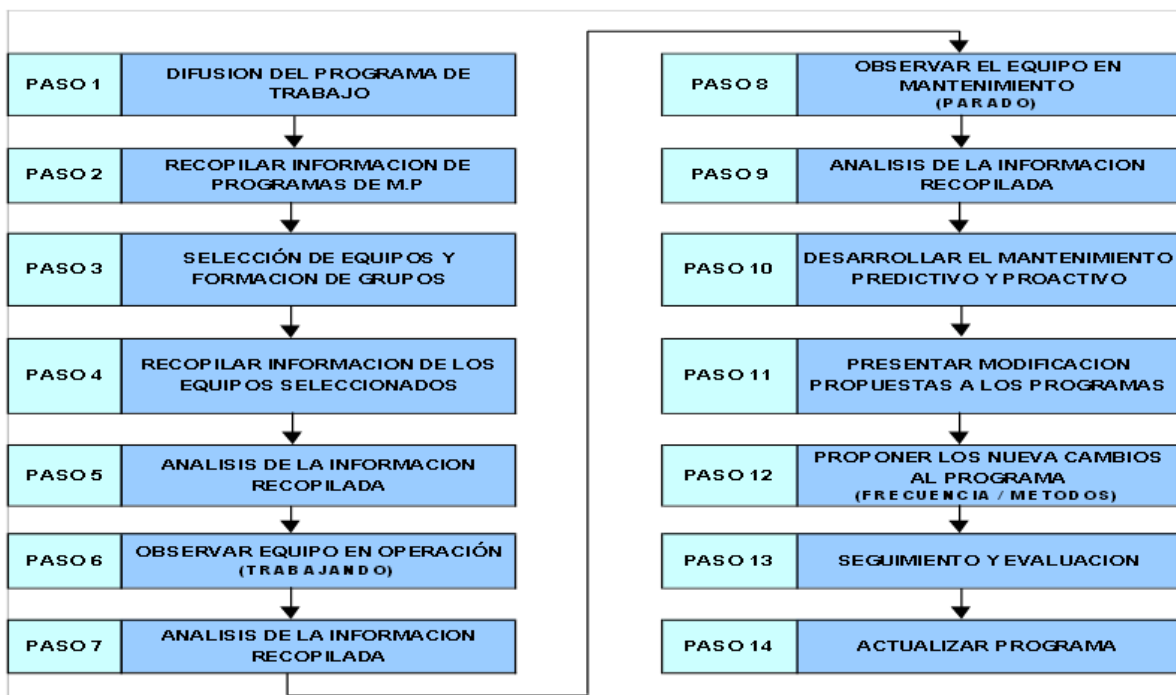
Dentro del proceso de decisión, y en el marco de las estrategias de Mantenimiento Proactivo posibles, se prioriza el MBC por sobre el reacondicionamiento cíclico. Y a su vez, éste por sobre la sustitución cíclica.

Ello se debe a que, en el caso del MBC, se trabaja bajo condiciones de “certeza” del fallo, buscándose avisos o señales físicas ciertas de que va a producirse la falla, mientras que las tareas preventivas se basan en datos estadísticos. (Sueiro, 2002).

Es decir que con el MBC se saca el máximo rendimiento de cada elemento sin sacrificar confiabilidad, lo que redundaría en la maximización del beneficio para la empresa.

En la tabla 2.3 se observa la metodología usada para el modelo de implementación del Mantenimiento Basado en las Condiciones.

**Tabla 2. 2: Etapas del modelo para la implementación del MBC**



**Tabla 2. 3: Etapas del modelo para la implementación del MBC**  
 Fuente: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/10frecuencia.pdf>

### 2.7.3. Etapas del modelo de implementación del Mantenimiento Centrado en Fiabilidad (R.C.M)

El Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM) es un modo de gestión de mantenimiento que se fundamenta en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de error y en la implementación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Podríamos decir que RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica como lo manifiesta Garrido, S. G. (2004) en el libro Organización y gestión integral de mantenimiento.

- a) Determinación de los fallos funcionales y técnicos de los sistemas que componen cada uno de los equipos.
- b) Determinación de los modos de fallo, tanto funcionales como técnicos.
- c) Estudio de las consecuencias de un fallo: clasificación de fallos en fallos a evitar y fallos a amortiguar.
- d) Determinación de medidas preventivas que eviten o amortigüen los efectos de los fallos.
- e) Selección de las tareas de mantenimiento que se ajustan al modelo de mantenimiento determinado para cada sistema.
- f) Determinación de las frecuencias óptimas para cada tarea.
- g) Agrupación de las tareas en rutas y gamas de mantenimiento, y elaboración del plan inicial de mantenimiento.
- h) Puesta en marcha de las rutas y gamas, y correcciones al plan inicial.  
Redacción de procedimientos de realización de las rutas y gamas.

#### **2.7.4. Otras consideraciones**

##### **2.7.4.1. Mantenimiento Legal**

(Nieves, 2011) en el libro Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica afirma que algunos equipos están sujetos a normativas o a reglas por parte de la administración, especialmente si son de riesgo para las personas y el entorno.

La Administración obliga la realización de una serie de trabajos, pruebas e inspecciones, e incluso algunas de ellas deben ser realizadas por empresas debidamente autorizadas para llevarlas a cabo. Estas tareas deben necesariamente incorporarse al Plan de Mantenimiento del equipo, sea cual sea el

modelo que se decida aplicarle. Algunos de los equipos sometidos a este tipo de mantenimiento son los siguientes:

- ❖ Equipos y aparatos a presión.
- ❖ Instalaciones de alta y media tensión.
- ❖ Torres de refrigeración.
- ❖ Determinados medios de elevación, de cargas o de personas.
- ❖ Vehículos.
- ❖ Instalaciones contraincendios.
- ❖ Tanques de almacenamiento de determinados productos químicos.

#### **2.7.4.2. Mantenimiento subcontratado a un especialista**

Cuando hablamos de un especialista, nos referimos a un individuo o empresa especializada en un equipo concreto. El especialista puede ser el fabricante del equipo, el servicio técnico del importador, o una empresa que se ha especializado en un tipo concreto de intervenciones.

Si se dan estas circunstancias, algunas o todas las tareas de mantenimiento deberemos subcontratarlas a empresas especializadas. El mantenimiento subcontratado a un especialista es, en general, la alternativa más cara, pues la empresa que lo ofrece es consciente de que no compite. La forma más razonable de evitarlo consiste en desarrollar un Plan de Formación que incluya entrenamiento específico en aquellos equipos de los que no se poseen conocimientos suficientes, adquiriendo además los medios técnicos necesarios.

#### **2.7.4.3. Indicaciones de los fabricantes en sus manuales técnicos.**

Los manuales del fabricante por lo que se pudo leer indican muy claramente en especial para equipos como maquinarias y sistemas de planta, que cuando hay condiciones de operación desfavorable pueden exigir intervalos de mantenimiento más breves, estos factores pueden ser productos agresivos como (Químicos o físicos), elevada temperatura del producto, productos que disuelven las grasas, ambiente como temperatura, polvo y vapores, además indican los manuales que es importante llevar el control periódico de estas máquinas ya que así se puede

mantener un seguro y eficaz funcionamiento, este control se lo puede realizar verificando las pantallas indicadoras de los equipos y llevando separadamente un programa tipo lista de chequeo en una hoja de Excel, como datos estadísticos.

Adicionalmente estos manuales sugieren que los mantenimientos preventivos y los mantenimientos correctivos sean realizados por personal del propio fabricante o por talleres debidamente autorizados por el propio fabricante.

## **2.8. Consideraciones generales antes de implementar un plan de mantenimiento**

Es necesario comprobar antes de implantar un plan de mantenimiento la posibilidad, la justificación y la viabilidad para lograr resultados satisfactorios y evitar equivocaciones en cuanto al tipo de mantenimiento a aplicar a cada uno de los equipos o planta así como el alcance que puede tener el mismo.

De acuerdo a lo que nos indica en su libro el Sr. León, F. C. (1998). Tecnología del mantenimiento industrial lo que debemos realizar antes de implantar un plan de mantenimiento es lo siguiente:

### **2.8.1. Realizar un análisis previo a la implantación**

En este debemos realizar un estudio detallado de las instalaciones considerando lo siguiente:

- a. Historial de las máquinas críticas
- b. Impacto en las paradas de producción
- c. Disponibilidad de los equipos
- d. Elaborar una base de datos con una ficha técnica de cada equipo implicado en la que debe incluir:
  1. Especificaciones y diseño del equipo
  2. Datos descriptivos del equipo: geométricos, limitaciones, tolerancias, materiales etc.
  3. Sistemas auxiliares necesarios
  4. Lista de anomalías/averías esperadas

5. Parámetros funcionales más significativos para la detección de desviaciones en el comportamiento normal.
6. Magnitudes físicas y unidades de medida que se obtienen de las técnicas predictivas a utilizar.
7. Valoración relativa de fiabilidad de elementos y probabilidad relativa de ocurrencia de averías.
8. Instrumentación existente en el sitio de operaciones.
9. Posibilidad de incluir otros parámetros de seguimiento funcional a los equipos.
- 10.Indicación de la necesidad ( o de la posibilidad ) de monitorización continua.
- 11.Otras observaciones complementarias.

### **2.8.2. Selección de Equipos.**

Lo que se realiza en esta fase es decidir o determinar que equipos serán incluidos en el programa previsto, se debe clasificar los equipos atendiendo principalmente a la significación funcional y a su repercusión económica, en el criterio de consideración a fallo se pueden considerar los siguientes:

- a. Parada de la instalación
- b. Disminución en su capacidad productiva.
- c. Reducción de calidad o un peligro eminente de ello

Adicionalmente podemos realizar una ponderación de la significación funcional de los mismos atendiendo su importancia en el proceso productivo para ello se pueden seguir diferentes criterios de clasificación como:

- a. Fiabilidad de los equipos
- b. Impacto en la producción.
- c. Particularidades de su mantenimiento.
- d. Seguridad.

En primera instancia puede clasificarse entre las múltiples máquinas, equipos y dispositivos de la planta en estudio, teniendo en cuenta a su efecto sobre el proceso productivo de la siguiente manera:

- a. Equipos cuyo error provoca detener el proceso productivo o afectan negativamente a la capacidad normal de producción.
- b. Equipos cuyo error no provoca efectos tan rápidos sobre el proceso productivo.

Todo esto se lo hace con el fin de facilitar la selección de los equipos que deben incluirse en el plan de mantenimiento, y con el objetivo de establecer un orden de prioridad entre ellos.

De esta forma se los puede clasificar de la siguiente forma:

**Categoría A.** Equipos principales para la producción. Su error induce la parada o la pérdida inmediata de producción, o afectan seriamente a las condiciones de seguridad de la instalación.

**Categoría B.** Equipos principales para la producción. Su error no induce consecuencias rápidas sobre la producción, pero si este persiste, sus efectos si podrían resultar perjudiciales para la producción o seguridad de la instalación.

**Categoría C.** El resto de los equipos.

Este tipo de clasificación no debe ser una camisa de fuerza o deben aplicarse taxativamente, porque existen otros factores que deben ser considerados como la mayor o menor facilidad de reparación del equipo, tiempo de reparación, la existencia o no de repuestos, y los periodos de entrega de los mismos, entre otros.

### **2.8.3. Periodicidad y alcance de las inspecciones**

Cuando se habla de periodicidad y alcance de las inspecciones, es cuando nos referimos a una inspección tanto cuando se realiza el desmontaje total o parcial de un equipo o maquinaria para revisar su estado, en otras palabras esto está ligado al término mantenimiento preventivo, luego se analiza los parámetros funcionales del equipo o maquinaria como temperatura, vibración, consumo de energía,



combustible etc., propio de un mantenimiento predictivo, en todo caso la finalidad de cualquier inspección debe ser:

- a. Asegurar que el uso normal del equipo estén dentro de los parámetros o especificaciones usual del equipo.
- b. Examinar todos los componentes que presentan mayor exposición a fallos.
- c. Identificar los componentes que se encuentren deteriorados o fuera de sus condiciones normales operativas.
- d. Estimar el tiempo de vida de un componente en deterioro hasta la aparición del fallo, con el fin de prever su reparación o cambio.

A continuación en la tabla 2.2 se indican algunos componentes importantes que generalmente están expuestos a fallo, no obstante estos son datos estadísticos generalizados, por lo que hay particularidades dependiendo de las instalaciones que pueden hacer que algunos componentes no citados pudieran resultar los más críticos.

**Tabla # 2. 3: Componentes potenciales más expuestos a fallo**

COMPONENTES ESTACIONARIOS	COMPONENTES ROTATIVOS	COMPONENTES ALTERNATIVOS	OTROS COMPONENTES
Bancada	Ejes	Pistones	Freno
Carcasa	Rotores	Palancas	Embrague
Elementos de fijación	Àlabes	Seguidor de leva	Cierres y sellos
Tanques	Impulsadores	Vàlvulas	Rodamientos
Vasijas a presión	Volantes de inercia	Cables y cadenas	Cojinetes deslizam
Tuberías	Engranajes	Diafragmas	Circuitos lubricación
Intercambiadores	Levas	Muelles	Circuito refrigeración
Separadores	Accionamientos	Guías y correderas	Instrum. De medida
Distribuidores	Acoplamientos		Circuitos electricos
Colectores	Poleas y correas		Conexiones

**Fuente:** León, F. C. (1998). Tecnología del mantenimiento industrial Félix. Murcia: EDITUM

**Elaborado por:** Tyrone Fajardo Ronquillo

Adicionalmente una vez determinado el alcance de las inspecciones se establece las periodicidad de las mismas, el indicador para decretar el tiempo depende de la experiencia de los operadores o el estudio del comportamiento y la durabilidad de

ciertos materiales de los equipos, pero a veces cambian dependiendo las instalaciones y condiciones de trabajo, es recomendable que los intervalos de tiempo entre una inspección y otra se adapten a las exigencias de cada uno de los equipos bajo vigilancia y esto dependerá de la experiencia en la evolución temporal de los diferentes parámetros funcionales examinados ( desgaste, oxidación, suciedad, niveles de vibración, ruido, niveles de lubricación etc.), si la evolución hacia el fallo se produce normalmente y de forma progresiva los periodos serán más grandes que en aquellos casos en los que la evolución hacia el fallo se produce en poco tiempo.

En cualquiera de los dos casos el objetivo primordial debe ser que se determine el tiempo entre una inspección y otra antes del tiempo de su fallo, lamentablemente esto por lo general se lo conoce con la experiencia de sus operarios y es distinto para cada uno de los defectos posibles, por lo tanto siempre se estará asumiendo un riesgo.

#### **2.8.4. Coste de Mantenimiento.**

Para determinar la inversión requerida para implantar un plan de mantenimiento acorde a lo que se tiene se debe realizar las siguientes indagaciones como lo manifiesta (Nieves, 2011) en el libro Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica y estas son:

1. Lista total de averías reparadas, incluyendo los medios materiales y repuestos utilizados, medios de transporte, y recursos humanos.
2. Detalles de los tiempos de reparación.
3. Coste de cada una de las reparaciones, detallando los repuestos, materiales auxiliares, transporte y horas hombre.
4. Relación de daño ocasionado por cada fallo o parada.
5. Estimación de las pérdidas derivadas de la parada o disminución de la producción.

Esta información debe venir referida en un periodo de tiempo de por lo menos un año o más, Con este examen se podría tener una idea más clara de los beneficios de un adecuado plan de mantenimiento y de la inversión aproximada del mismo. Los gastos para poner en marcha un plan de mantenimiento pueden derivarse de las siguientes partidas:

1. Coste de la instrumentación, instalaciones y equipamiento necesario.
2. Coste de las modificaciones pertinentes en los equipos y en la instalación existente.
3. Coste del personal encargado de realizar la instalación del plan.
4. Coste de la integración del plan de mantenimiento a la estructura de la producción.
5. Preparación del personal encargado de ejecutar el plan
6. Coste del personal destinado a ejecutar el plan
7. Coste del mantenimiento del plan.

## **CAPITULO 3**

### **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Metodología aplicada.**

La investigación es explorativa y descriptiva, ya que se obtendrán datos para un plan de mantenimiento propuesto, los métodos de investigación utilizados en esta tesis son el método inductivo deductivo, realizamos un análisis de la información existente y la que se obtiene en documentos, registros de archivos, entrevistas directas, observación directa, buscando el acoplamiento más idóneo a las condiciones actuales de la embarcación, también utilizamos el método hipotético analítico ya que se revisó informes de interés al estudio para estar en condiciones de proporcionar recomendaciones que cristalicen el objeto esencial del presente plan de mantenimiento propuesto, finalmente se aplicó el método hipotético deductivo por que se plantean actividades de gestión alternas a un proceso para mejorarlo.

#### **3.2. Técnicas y herramientas de recolección de datos.**

Las técnicas y herramientas de recolección de datos utilizados en este trabajo fueron las siguientes:

La observación que consiste en examinar los fenómenos en forma directa y real para conseguir la información que se desea, en este caso se realizaron inspecciones visuales a la embarcación para determinar la situación actual de la misma, se revisó la estructura, el casco, la sala de máquina, sistemas de comunicación, equipos de navegación, tableros eléctricos, transformadores, banco de batería y sistemas de gobierno.

La entrevista que es una técnica para recabar información mediante preguntas a las personas que forman parte de la embarcación, se realizaron entrevistas no estructuradas al personal encargado tanto del departamento de operaciones y de ingeniería tales como los motoristas, radioperador, electricista y mecánicos.

Otra técnica utilizada como herramienta de recolección de dato fueron las fuentes indirectas o secundarias que se las consiguen de personas o instituciones que obtuvieron la información de forma directa, en este trabajo se utilizaron los diarios de máquinas, manuales de los fabricantes de los motores, generadores y reductores .

### **3.3. Descripción de la embarcación en la que se desarrollará las técnicas y estrategias de mantenimiento estudiadas.**

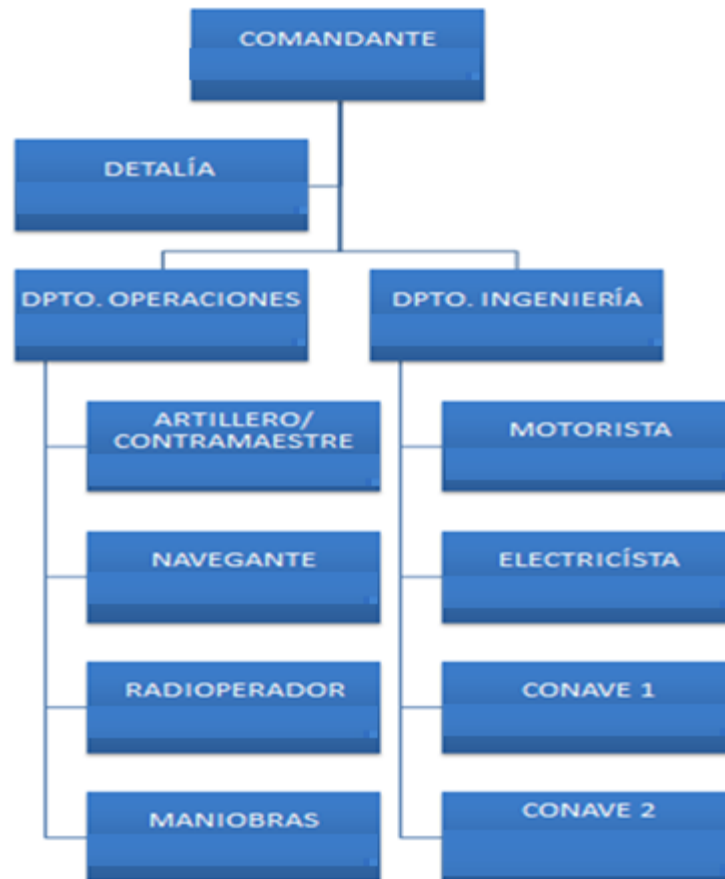
#### **3.3.1. Datos generales de la embarcación**

La LAE “Isla Santa Cruz” es la primera lancha tipo OPV-2606 (*Offshore Patrol Vessel*, Nave Patrullera Fuera de Costa/ 26m de eslora 06m de manga) en ser construida por ASTINAVE-EP en convenio con el astillero DAMEN (Holanda), a continuación se describe las características generales de la lancha en mención.

Como características generales de la lancha podemos indicar que está conformada por una eslora que alcanza los 26,50mtrs, una manga de 6,06mtrs y un calado de 1,80mtrs con capacidad de dotación de 10 personas.

### 3.3.2. Organigrama de la Unidad

Figura # 3. 1 : Organigrama de la Unidad lancha tipo OPV-2606



**Fuente:** Manual de Procedimientos y control interno de la Armada Nacional del Ecuador

**Elaborado por:** Tyrone Fajardo Ronquillo

### 3.3.3. Descripción de equipos de operaciones

#### 3.3.3.1. Equipos de navegación

Estos equipos son instrumentos electrónicos que ayudan a determinar la posición, rumbo y velocidades óptimas de la embarcación o lancha para llegar a cualquier lugar previamente indicado, estos equipos electrónicos se encuentran ubicados en la cabina principal y son los siguientes:

- ✚ Radar de Navegación FURUNO
- ✚ Girocompás ALPHATRON
- ✚ Compás Magnético
- ✚ GPS FURUNO
- ✚ Ecosonda FURUNO
- ✚ AIS FURUNO
- ✚ Estación Meteorológica

### 3.3.3.2. Equipos de comunicaciones externas

Son equipos electrónicos que sirven para comunicarse a través de ondas radioeléctricas entre dos estaciones una fija y otra móvil, con la finalidad de transmitir de manera simultánea, alternativa o en los dos sentidos.

- ✚ Radioteléfono GMDSS-VHF FURUNO
- ✚ Radioteléfono GMDSS-HF FURUNO
- ✚ Radio-base Red COGUAR MOTOROLA
- ✚ Inmarsat C - GMDSS
- ✚ Navtex FURUNO
- ✚ Radios Portátiles: Portuarios GMDSS, Red ARMADA MOTOROLA

### 3.3.3.3. Equipos de búsqueda y rescate

- ✚ Transponder SART (Search And Rescue Transponder), utilizado para emitir señal satelital y localizar embarcaciones y tripulación siniestradas ubicada en cámara de oficiales.
- ✚ Radiobaliza EPIRB (Emergency Position-Indicating Radio Beacon) con el fin de transmitir a un centro de coordinación de rescate, la identificación y posición exacta de un buque en cualquier lugar del mundo ubicada en el magistral.

### 3.3.4. Descripción de cubierta, estructura y máquinas externas

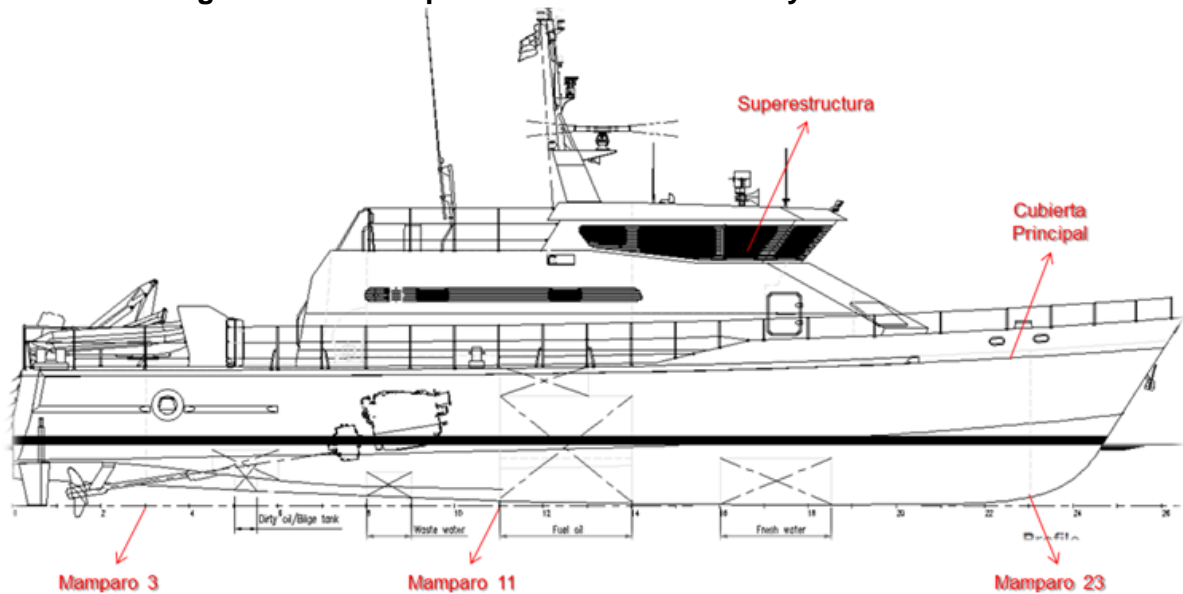
#### 3.3.4.1. Casco y superestructura

El casco y superestructura de la unidad está constituido por aluminio naval, el mismo que es un metal ligero, dúctil y maleable, pero aleado puede alcanzar resistencias de hasta 600 MPa( mega-pascal) a tracción, así como al ponerse al contacto con el aire se cubre rápidamente con una capa dura y transparente de óxido de aluminio que lo protege de la corrosión.

#### 3.3.4.2. Compartimentos estancos

Existen 3 compartimentos estancos, en los mamparos 3, 11 y 23.

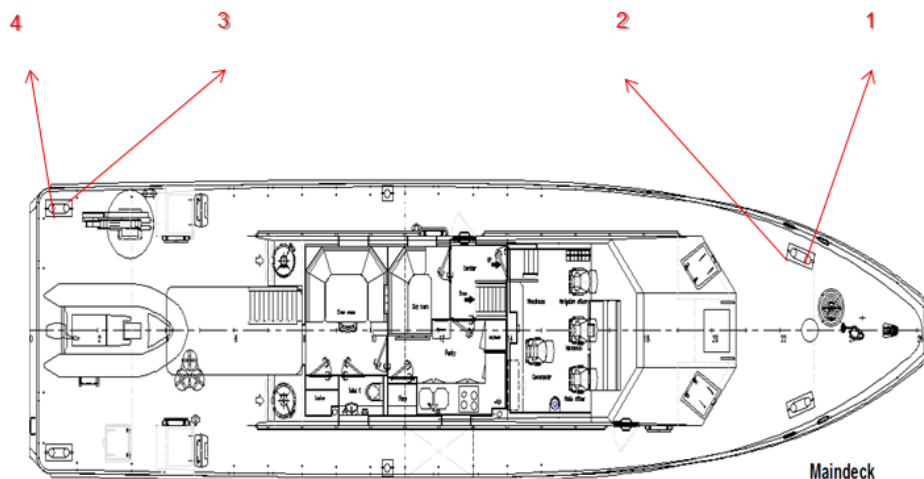
Figura # 3. 2: Compartimentos de estancos y tiras de unidad



#### 3.3.4.3. Tiras de Unidad

- TIRA 1.- Tira de proa
- TIRA 2.- Retenida de proa
- TIRA 3.- Retenida de popa
- TIRA 4.- Tira de popa





**Fuente:** Manual de descripción de especificaciones técnicas del Unidad lancha tipo OPV-2606 de la Armada Nacional del Ecuador.

#### 3.3.4.4. Capacidad de remolque

La unidad tiene capacidad para remolcar embarcaciones hasta 10 toneladas.

#### 3.3.4.5. Grúa

Grúa MARCA HEILA Ubicada en cubierta, popa, banda de babor y sirve para elevar cargas que se suspenden con un gancho.

- ✚ Máxima capacidad de carga con brazo extendido 5.17m 680 Kg
- ✚ Máxima capacidad de carga con brazo semi-extendido 1,93m 1800 Kg

#### 3.3.5. Características Generales de Equipos y Sistemas.

La embarcación cuenta con dos motores principales que funcionan con combustible a diesel, son de marca Caterpillar modelo C32 compuestos de 12 cilindros en V cada uno, estos motores están acoplados a reductores con una razón de reducción de 3:1 son de marca Reintejes, adicionalmente la embarcación cuenta con dos generadores marca Cartepillar modelo C4 con potencia de 69kw que generan voltaje trifásico de 440vac.

En la sala de máquina de la embarcación se encuentra ubicado el tablero eléctrico principal que distribuye voltajes de 440/220 y 110v, como también de 24V, adicionalmente cuenta con un banco de transformadores ubicado en servo y bancos de batería ubicados en las salas de máquina de babor y estribor.

#### **3.3.5.1. Sistema de Gobierno**

La unidad cuenta con una bomba eléctrica para el sistema de gobierno electro-hidráulico, adicionalmente posee un sistema de emergencia, mediante una palanca ubicada en el servo.

#### **3.3.5.2. Planta de aire acondicionado**

Sus componentes principales se encuentran en el cuarto de planta de aire acondicionado, que está ubicado en cubierta principal proa banda de estribor, posee un frecuencímetro el cual regula el compresor para mantener la temperatura establecida en el termostato, el compresor es marca Carlyle, semi-hermetico, además tiene un intercambiador de calor, condensador y dos bombas de agua salada ubicadas en sala de máquinas.

#### **3.3.5.3. Planta de tratamientos de aguas negras y grises**

Este sistema requiere del ingreso de agua de mar y de la inyección de cloro de manera automática, mismos que mezclados con los desechos, trabaja de manera centrifuga, el mismo que envía a la parte inferior los desechos sólidos y los desechos líquidos, ya tratados, los expulsa por la banda de estribor.

#### **3.3.5.4. Planta de tratamiento de aguas aceitosas**

Se encuentra ubicada en sala de máquinas, el mismo que separa el agua del aceite y combustible que se encuentran en sentinas, esto permite que los residuos de mencionados lubricantes vayan a un tanque ubicado en la popa de sala de máquinas, mientras que el agua es expulsada al mar, este proceso se realiza para no evitar la contaminación en el mar.

#### **3.3.5.5. Planta de osmosis inversa sea-recovery**

Se encuentra ubicada en la popa, a la cuadra de la cubierta 200, banda de babor, este proceso se realiza mediante la filtración bajo presión del agua salada a través de varias membranas, las mismas que permiten el paso del agua pero no de las sales e impurezas del mar, esto le da la capacidad a la unidad a producir 30 galones por hora aproximadamente de agua dulce.

## **CAPITULO 4**

### **DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO PARA LA EMBARCACIÓN.**

#### **4.1. Análisis de la situación actual.**

Actualmente la lancha tipo OPV-2606 nave patrullera fuera de costa fue entregada el 20 de diciembre del 2012 y fue incorporada en los muelles del comando de guardacostas el 1 de Febrero del 2013, cumpliendo su primera operación el 02 de febrero, cabe indicar que esta unidad fue armada y ensamblada en Ecuador por Astinave-EP, todo el equipamiento, materiales para la construcción e insumos, empleados se encontraban clasificados, mismos que fueron enviados por el astillero Holandés DAMEN, quien vendió el diseño, materiales, asesoramiento y servicio técnico al astillero ecuatoriano.

En esta lancha ya se han registrado algunos inconvenientes de funcionamiento por lo cual se ha procedido a realizar las respectivas correcciones, también se puede indicar que actualmente se realiza mantenimiento de máquinas y generadores cada 500 horas de navegación.

A continuación se puede describir los principales inconvenientes presentados entre el mes de enero y diciembre del año 2013 estos son:

- Planta de aire acondicionado problema presentado alarma de presión alta en el compresor.
- Bomba de combustible del generador de babor dañado.
- Bomba de refrigeración y lubricación del eje de estribor dañado.
- Breacker de cocina se activa espontáneamente.

- Planta de tratamiento de aguas negras y grises presentó fuga de Gases, inyector de cloro no trabaja.
- Circuito y bomba de lubricación del eje de estribor presentó residuos de suciedad tipo grasa.
- Bomba de combustible del generador de babor presentó daño por absorción de partículas en los tanques de combustible.

Igualmente se pueden describir los mantenimientos efectuados en el año 2013 que fueron:

- Maquinas principales , reductores y generadores Mantenimiento preventivo-correctivo (Cambios de filtros primarios y secundarios y cambio de aceites).
- Circuito y bomba de lubricación del eje de estribor Mantenimiento preventivo-correctivo , limpieza de residuos de grasa.
- Tanque de agua Mantenimiento preventivo-correctivo por desprendimiento de pintura

#### **4.2. Selección y desarrollo del plan de mantenimiento**

De acuerdo a lo investigado y estudiado se sabe que hoy en día existen algunas metodologías de mantenimiento usadas en diferentes plantas industriales, pero que la mezcla de los diferentes modelos de mantenimiento en cada uno de los equipos y maquinarias dan como resultado el Plan de Mantenimiento llamado en la actualidad Mantenimiento Productivo Total o TPM, este indica claramente que con un adecuado nivel de disponibilidad se alcanza unos óptimos niveles de fiabilidad y de mantenibilidad, es decir que ocurran pocas averías y que estas se reparen rápidamente, es lo que se tratará de describir en esta tesis un Plan de mantenimiento basado en TPM, es una técnica completa para poder elaborar un

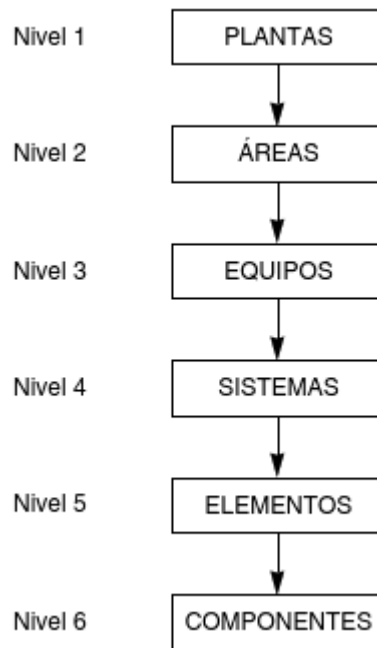
Plan de Mantenimiento, que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas y que es perfectamente adaptable al objeto de estudio una embarcación guardacosta patrullera automatizada, porque posee equipos mecánicos y electrónicos como los tiene una industria.

### **4.3. Análisis de los diferentes niveles de la embarcación antes de implementar el Plan de Mantenimiento basado en TPM.**

El estudiador (Garrido, 2010) en su libro Organización y gestión integral de mantenimiento, indica que antes de iniciar un plan de mantenimiento debemos analizar y diferenciar los niveles de una planta y cada una de las cuales puede estar dividida en diferentes zonas o áreas funcionales. Estas pueden tener en común la semejanza de sus equipos, una línea de producto determinada o una función. Cada una de estas áreas estará constituidos por un conjunto de equipos, iguales o diferentes, que tienen una forma propia. Cada equipo, a su vez, está separado en una serie de sistemas funcionales, que se apropia de una misión dentro de él. Los sistemas, a su vez, se separan en elementos (el motor de una bomba de lubricación será un elemento). Los componentes son partes más chicos que los elementos y son las partes que normalmente se cambian en una reparación.

Para entender un poco mejor el cuadro siguiente muestra como se elabora esta estructura.

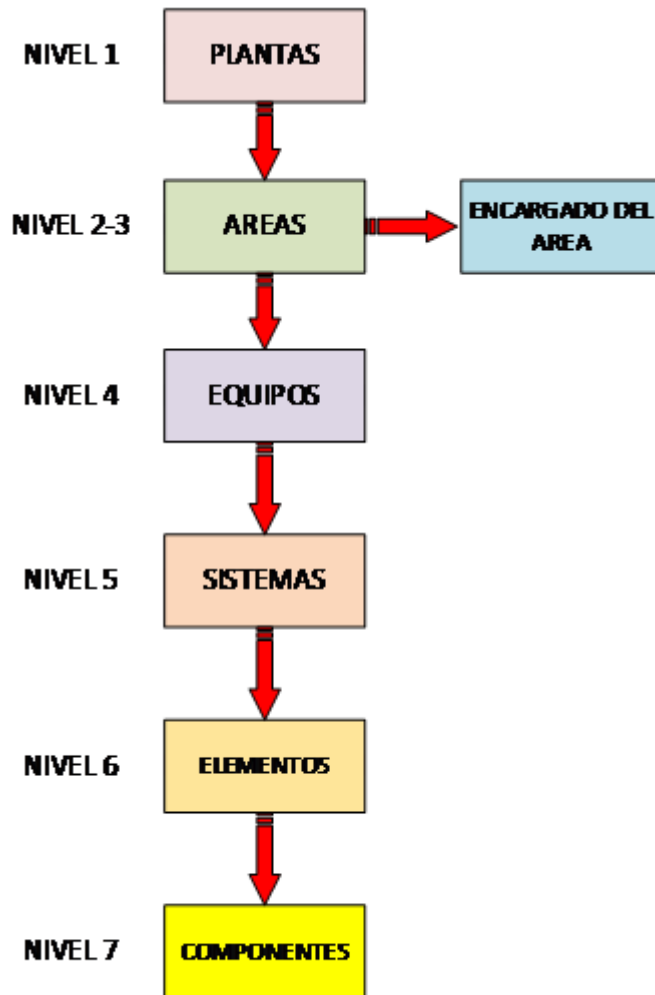
**Figura 4. 1: Diagrama de flujo de los niveles de una planta**



**Fuente:** Santiago García Garrido en su libro Organización y gestión integral de mantenimiento  
**Elaborado por:** Tyrone Fajardo Ronquillo

A continuación se elaborará esta estructura agregando dos niveles más que será la persona responsable en cada nivel dentro de la embarcación y el modelo o modelos de mantenimientos más adecuado para cada equipo.

**Figura # 4. 2: Diagrama de flujo de los niveles para la embarcación lancha tipo OPV-2606**



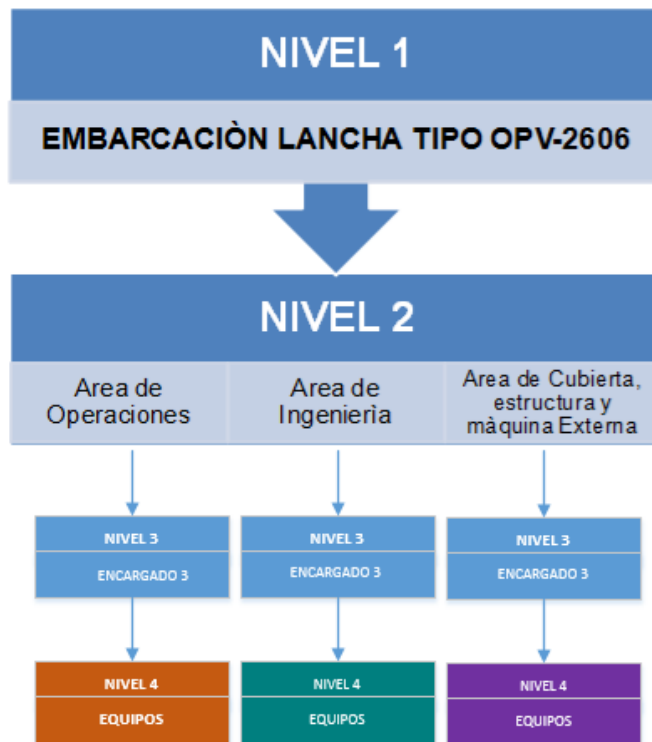
**Fuente:** Santiago García Garrido en su libro Organización y gestión integral de mantenimiento  
**Elaborado por:** Tyrone Fajardo Ronquillo

En la siguiente figura se describen en el diagrama de flujo los diferentes niveles de la embarcación, el nivel uno está comprendido por toda la lancha, mientras que el siguiente nivel el dos, el cual está dividido en tres áreas la embarcación, área de operaciones, de ingeniería y finalmente la de cubierta, el nivel tres están los nombres de las personas responsables por cada una de estas áreas y el nivel 4 se



encuentran los equipos que las personas están encargadas por cada área responsable.

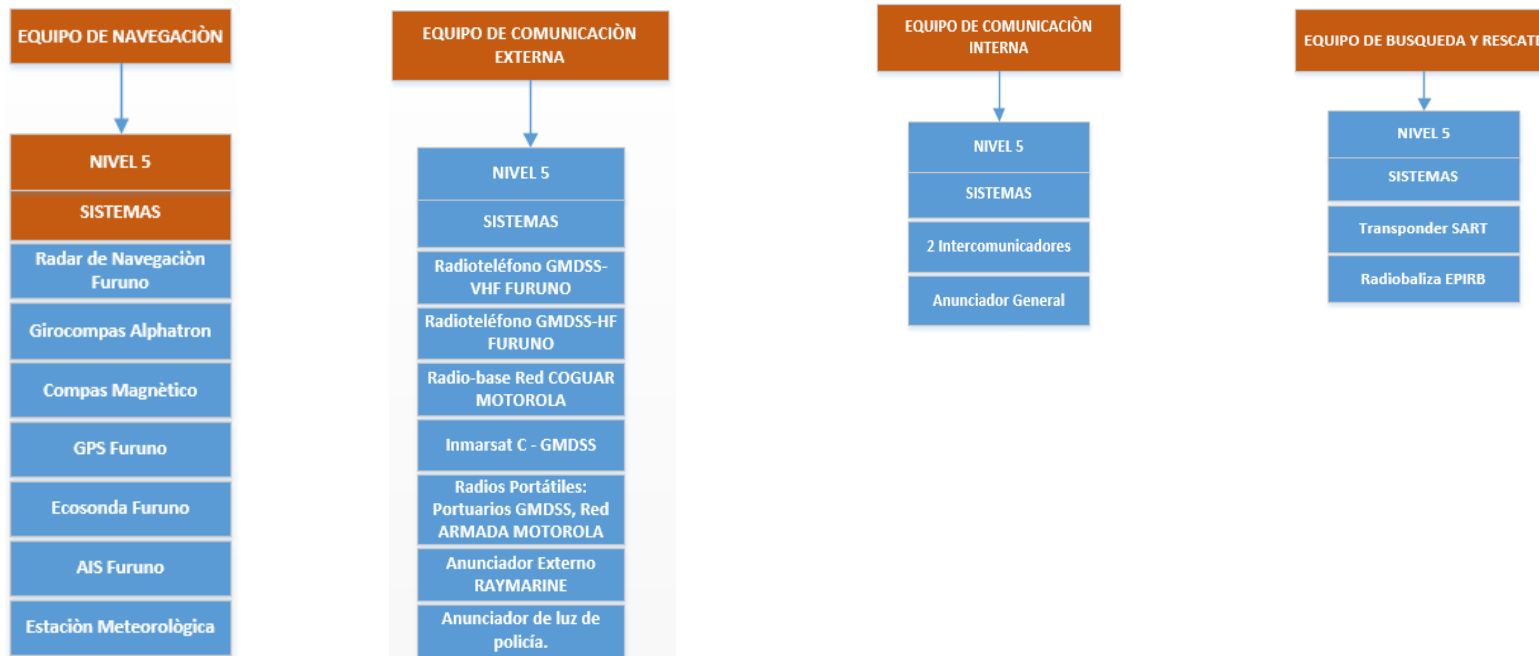
**Figura # 4. 3: Aplicación del Diagrama de flujo de los niveles 1-2-3-4 de la embarcación lancha tipo OPV-2606**



**Fuente:** Santiago García Garrido en su libro Organización y gestión integral de mantenimiento  
**Elaborado por:** Tyrone Fajardo Ronquillo

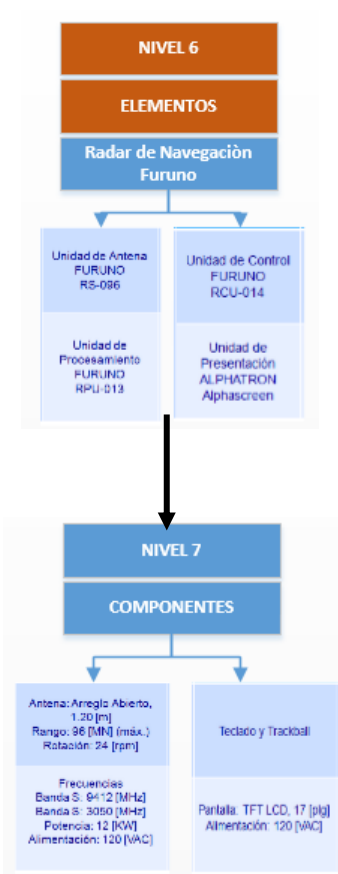
Continuando con el diagrama de flujo en la siguiente figura 4.4 observamos los diferentes equipos que componen el nivel 4, área de operaciones estos son los equipos de navegación, de comunicación externa como interna y el equipo de búsqueda y rescate, cada uno de ellos está conformado por diferentes sistemas tal como lo muestran el nivel número 5.

**Figura # 4. 4: Aplicación del Diagrama de flujo de los niveles 5 de la embarcación lancha tipo OPV-2606**



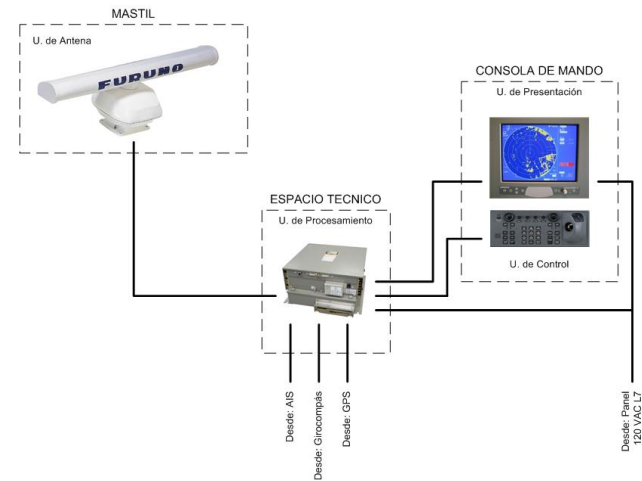
**Fuente:** Santiago García Garrido en su libro Organización y gestión integral de mantenimiento  
**Elaborado por:** Tyrone Fajardo Ronquillo

Continuando con el diagrama de flujo de la figura 4.5 observamos que en el nivel 6 se describen cada elementos de los sistemas, luego en el nivel 7 se detalla los componentes de cada elemento.



**Figura # 4. 5: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama General de Radar de Navegación**

### Diagrama General de Radar de Navegación



**Fuente:** Santiago García Garrido en su libro Organización y gestión integral de mantenimiento  
**Elaborado por:** Tyrone Fajardo Ronquillo

Antes de desarrollar el plan de mantenimiento propuesto, se anexa el diagrama de flujo completo al final de la tesis.

#### **4.4. Diseño del plan de mantenimiento propuesto**

Para el desarrollo del plan de mantenimiento propuesto nos basaremos en la metodología TPM estudiada anteriormente.

De acuerdo a lo estudiado en el libro del Autor Francisco Rey Sacristán llamado Mantenimiento total productivo (TPM), nos guiaremos en el modelo indicado que podemos implementar para un plan de mantenimiento basado en TPM, se justifica este modelo porque actualmente es un sistema que logra la eficiencia total en calidad, tiempo y coste en las industrias por tal razón se propone este modelo de mantenimiento, ya que en las embarcaciones automatizadas están implementados equipos tecnológicos y máquinas utilizadas en las industrias con la diferencia que este es un medio de transporte que no produce bienes ni fabrica, pero si presta servicio continuo y requiere de operadores de maquinarias que finalmente se convierten en parte del sistema al igual que en las industrias, por tanto se puede aplicar el modelo propuesto.

Esta consta de las siguientes partes:

##### **Preparación:**

En resumen los aspectos de gestión más importantes son:

- Debe haber el deseo de la alta dirección para llevar a cabo un programa TPM, y ponerlo en consideración de todo el público involucrado.
- Analizar las condiciones existentes de la planta en este caso la embarcación será la planta para este estudio.

## **Implementación**

Las etapas más importantes en esta fase son:

1. Mejorar la efectividad del equipo (seleccionar los que tienen mayor ocurrencia de fallas, analizar causa y efectos para actuar).
2. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo (Aplicar mantenimiento diario, revisión y chequeo con un programa básico, puede ser en una hoja de cálculo o de forma manual).
3. Desarrollar un programa de mantenimiento planificado (Mantenimiento periódico o con parada, el correctivo y el predictivo).
4. Capacitación para los operarios de los equipos y máquinas (entrenamiento a los líderes de cada grupo).
5. Gestión temprana de equipos (cambiar a nuevos diseños de equipos que proporcionen alta fiabilidad y mantenibilidad)

## **Consolidación**

Consolidación del TPM y elevación de metas (Mantener y mejorar los resultados obtenidos, mediante un programa de mejora continua).

Anteriormente se realizó un análisis de la embarcación por niveles, a continuación se presenta un cuadro resumen del análisis y las condiciones actuales en que se encuentran los equipos y maquinaria.

### **4.5. Desarrollo del plan de mantenimiento propuesto**

Para desarrollar el plan de mantenimiento propuesto se debe realizar varios procedimientos entre los cuales están la verificación visual de los equipos electrónicos y máquinas, consulta al personal encargado de cada área (Operaciones, Ingeniería y de cubierta, estructura y maquina externa) y finalmente

la recolección de datos en el campo de trabajo que conforman los sistemas de la embarcación.

Además se debe realizar un análisis cuantitativo del problema planteado, que se está presentando y que puede continuar creciendo en el futuro, esto permitirá proponer los cambios pertinentes para lograr implementar un sistema de mantenimiento factible, confiable y seguro para la embarcación lancha guardacostas patrullera automatizada.

Adicionalmente es importante implementar fichas o formatos que sirvan para suministrar el control de las actividades de mantenimiento de un modo eficaz y eficiente entre estas tenemos:

Reporte de inspección de los equipos y maquinarias que pueden ser fichas realizadas en excel donde se pueden anotar los desperfectos que se puedan observar a simple vista y que pueden ser efectuadas semanalmente.

Paradas programadas que se pueden planificar a la embarcación con el propósito de realizar la mayor cantidad de trabajos preventivos y correctivo.

Reporte de sala de máquina que puede ser un formato para anotar las actividades diarias donde se refleja información acerca de la máquina principal y auxiliar.

Posibles fallas de los equipos, reporte que puede servir para orientar y localizar a los maquinistas y operadores sobre fallas en los equipos.

Los cronograma de actividades de mantenimiento son actividades programadas basadas en hora de trabajo promedio por cada equipo, sistema, elementos y componentes.

Fichas de control de los generadores de corriente alterna y continua, que deben ser estructuradas por las partes del motor, con un cuadro de observaciones donde se

anotaran las fallas de los equipos, adicionalmente se debe especificar la ubicación del motor y serie del mismo, tipo de trabajo realizado y fecha de revisión.

Fichas técnicas donde se describe información técnica referente al equipo, ubicación año de instalación, componentes, sistema que pertenece y demás especificaciones.

#### **4.6. Programa o sistema de mantenimiento planificado**

En la actualidad existen sistemas de gestión de mantenimiento asistido por computadoras, es un software que puede colaborar en la planificación estratégica de actividades de mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo etc, como ejemplo de uno de estos sistemas tenemos el llamado SYSMAN (Sistema de gestión de labores de mantenimiento), es versátil de fácil implementación e instalación y altamente capacitado para cumplir con las necesidades operativas dentro del área de trabajo como nos indica en sus página web de información [http://www.insolca.com/sysman/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4&Itemid=4](http://www.insolca.com/sysman/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=4).

Este programa cuenta con bases de datos modificables, en el cual se puede cambiar y crear nuevos reportes, con la ventaja adicional de utilizar el asistente propio del programa para realizar esta tarea.

Puede cambiar los denominativos y adaptarlos a su estructura de organización, adicionalmente puede importar y exportar archivos a otros programas, es compatible con tecnología cliente/servidor para aceptar múltiple usuarios, tiene restricciones de acceso que sirven para el registro de usuarios y grupos de usuarios al sistema, con el objetivo de llevar un control o limitarlos a algunas características del sistema para su labores.

Puede ayudar a llevar el flujo de recursos como materiales o mano de obra, elabora reportes gráficos y puede llevar el control de inventario de materiales y repuestos para llevar una proyección de consumo para el futuro, adicionalmente se puede

programar mantenimientos preventivos por frecuencia de tiempo y reportes de lectura como kilometraje, millas, temperatura, vibración, etc.

#### **4.7. Selección de equipos y maquinarias a incluir en el programa.**

Esta discriminación se la puede realizar clasificando los equipos de acuerdo al significado funcional y a su repercusión económica tal como se indica en el marco teórico capítulo 2 página 39 consideraciones generales antes de implementar un plan de mantenimiento, selección de equipos, visto de esa manera es importante considerar la clasificación de acuerdo a las pautas que entregue el personal de la embarcación en cuanto a clasificación de los sistemas, el diseño y el montaje presentado a continuación en la figura 4.7 , es obra del estudiante que realizó la investigación.

En la Categoría A se encuentran todos los sistemas que provoquen parada total y pérdida inmediata o afecten a las condiciones de seguridad de la embarcación, aquí se encuentra la sala de máquina, el sistema eléctrico y las plantas de tratamiento.

En la Categoría B se encuentran todos los sistemas en los cuales una falla o parada imprevista no detiene el funcionamiento normal de la embarcación, pero este afecta a la prestación del servicio en esta encontramos equipos de comunicación interna y externa, equipos de navegación y equipos de búsqueda y rescate.

En la Categoría C se encuentran el resto de los equipos aquí tenemos la cubierta, estructura y máquinas externas.



**Figura # 4. 6 Clasificación de los equipos y maquinarias a incluir en el programa**

PLANTA												
EMBARCACIÓN LANCHA TIPO OPV-2606												
AREAS												
OPERACIONES				INGENIERÍA			CUBIERTA, ESTRUCTURA Y MAQUINA EXTERNA					
ENCARGADOS DE AREA												
ENCARGADO 1			ENCARGADO 2			ENCARGADO 3						
EQUIPOS												
Navegación	Comunicación Externa	Comunicación Interna	Busqueda y Rescate	Sala de Máquina	Electrico	Planta de Tratamiento	Cubierta y Estructura	Maquina Externa				
SISTEMAS												
CATEGORIA B				CATEGORIA A			CATEGORIA C					
1. Radar de Navegación Furuno	1. Radioteléfono GMDSS-VHF FURUNO	1. Dos Intercomunicadores	1. Transponder SART	1. Dos Máquinas caterpillar modelo C32	1. Sistema a Tierra	1. Sistema de planta de aire acondicionado	1. Casco y Superestructura	1. Dos grúas				
2. Giro compas Alphantron	2. Radioteléfono GMDSS-HF FURUNO		2. Radiobaliza EPIRB						2. Dos Generadores caterpillar modelo C4, 64kW	2. Sistema de tableros eléctricos	2. Planta de tratamientos de aguas negras y grises	2. Compartimientos y estancos
3. Compas Magnético	3. Radio-base Red COGUAR MOTOROLA			3. Dos Reductores Reintjes	3. Sistema de Transmisión	3. Planta de tratamiento de aguas aceitosas	3. Tiras de unidad					
4. GPS Furuno	4. Inmarsat C - GMDSS											
5. AIS Furuno	5. NAVTEX FURUNO NX-700		2. Anunciador General	5. Sistema cargador	7. Sistema de Gobierno							
6. Estación Metereológica	6. Radios Portátiles: Portuarios GMDSS, Red ARMADA MOTOROLA											
	7. Anunciador Externo RAYMARINE											
	8. Anunciador de luz de policía.											

Elaborado por: Tyrone Fajardo Ronquillo

#### 4.8. Mantenimientos programados

Una vez clasificados los equipos y maquinarias para incluir en el programa, se desarrolla una gama de mantenimientos que van a depender de algunas variables como el nivel de daño, ajustes, arreglos, lugar de aplicación o personal necesario para su aplicación dando como resultados diferentes modelos de mantenimientos como el autónomo, correctivo, preventivo, predictivo etc. tal como se expone en el marco teórico capítulo 2 página 26.

A continuación en el cuadro se expone una gama de mantenimiento que se pueden aplicar en la etapa de implementación del Mantenimiento productivo total TPM.

En la tabla 4.2 observamos una matriz que nos indica el tipo de mantenimiento programado y el tipo de equipo a realizar esta labor, si nos damos cuenta el mantenimiento autónomo se lo realiza a todos los equipos del sistema porque son prácticamente de rutina diaria y que cada operario lo puede y debe realizar, en el mantenimiento de calidad preventivo donde se realiza un control del equipo, máquina y componentes y donde no es necesario parar la embarcación no se ha considerado la cubierta y estructura, ya que estos requieren de paradas prolongadas para su mantenimiento, en el mantenimiento planificado no se consideró los equipos de navegación, de comunicación interna y externa y equipos de búsqueda y rescate la razón es porque estos equipos son electrónicos y por lo general no sufren desgastes, además son compactos y sellados finalmente en el mantenimiento predictivo hemos señalados a los equipos de navegación, comunicación interna, sala de máquina, sistema eléctrico y plantas de tratamiento ya que estos equipos de acuerdo a la información proporcionada tienen entre su estructura electrónica o eléctrica un menú de herramientas de análisis tanto estadísticas y de alarmas que puede predecir algún daño o problema e incluso por la experiencia y conocimiento que pueda tener el operador, esto se lo puede realizar con plantillas de revisiones por cada equipo tal como se muestran en la tabla 4.1

**Tabla # 4. 1 Mantenimientos programados**

	EQUIPOS								
	Navegación	Comunicación Externa	Comunicación Interna	Busqueda y Rescate	Sala de Máquina	Eléctrico	Plantas de Tratamiento	Cubierta y Estructura	Maquina Externa
Mantenimiento Autónomo	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mantenimiento de calidad preventivo (control del equipo y componentes)	X	X	X	X	X	X	X		X
Mantenimiento Planificado (Eliminar los problemas con planes de mejora)					X	X	X	X	X
Mantenimiento Predictivo	X		X		X	X	X		

Elaborado por: Tyrone Fajardo Ronquillo

**Tabla # 4. 2 Plantilla de Inspecciones**

INSPECCIONES										
PLANTA.										
FECHA.										
UNIDAD MANTENIBLE	EQUIPO	ESTADO EN EL QUE SE ENCONTRO			PUEDE CONTINUAR TRABAJANDO		REQUIERE MANTTO. INMEDIATO		SE APLICA METODO DE TRABAJO	OBSERVACIONES
		BIEN	REGULAR	MA L	SI	NO	SI	NO		

Fuente: www.noria.com.mx

Elaborado por: Tyrone Fajardo Ronquillo

Es importante recalcar que también se puede llevar una plantilla realizada en excel como alternativa si no se tiene un sistema o programa de mantenimiento planificado para la realización de un mantenimiento predictivo este debe recoger

información para análisis como muestra la tabla 4.3 en el que indica el equipo la categoría y tipo, el tipo de falla su modo y causa y el método el cual fue detectado.

**Tabla # 4. 3: Desarrollo del mantenimiento predictivo espectro de análisis**

<b>Espectro del Mantenimiento Predictivo</b>				
<b>EQUIPO</b>		<b>FALLA</b>		<b>MÉTODO DE DETECCIÓN</b>
<b>Categoría</b>	<b>Tipo</b>	<b>Modo</b>	<b>Causa</b>	
Máquinas Rotatorias	Bombas Motores Compresores Ventiladores	Perdida prematura de rodamientos	Fuerza excesiva	Análisis de Lubricante y Vibraciones
		Falla de lubricación	Lubricación pobre, baja o inadecuada: Temperatura y humedad	Análisis Ferrografía y Espectrografía
Equipo Eléctrico	Motores Cable Arrancadores Transformadores	Falla de aislamiento	Temperatura	Pruebas de: Resistencia, Índice de polarización. Escaneo Infrarrojo Análisis de aceite
		Efecto Corona	Método por humedad en los empalmes	Ultrasonido
Transferencia de calor	Intercambiadores Condensadores	Suciedad	Sedimentos Reconstrucción	Cálculos de transferencia de calor
Contenedores y equipo Contenedores y Equipo de transferencia	Tanques Tubería Reactores	Corrosión	Ataque Químico	Medición de corrosión Medición de espesores
		Grieta por esfuerzo	Metal fatigado	Emisión acústica

**Fuente:** www.noria.com.mx  
**Elaborado por:** Tyrone Fajardo Ronquillo

En la Tabla 2.3 de la página 42 del autor : León, F. C. (1998). Tecnología del mantenimiento industrial hace referencia a los componentes potenciales más expuestos a fallo, donde se nota claramente que son los equipos y componentes de máquinas, motores, plantas y circuitos eléctricos, es ahí donde concentraremos también nuestra atención en el plan propuesto.

En la tabla 2.1 de la pagina 25 se observa el mantenimiento programado autónomo en este se realizan ajustes simples, cambios de elementos accesibles y fáciles, limpieza diarias, inspecciones de puntos clave, formación y capacitación y se entrega un informe de las fallas que no puedan repararse en ese instante, en la

tabla 4.3 se puede observar la clasificación indicada anteriormente, donde se muestra una matriz que indica el mantenimiento programado por frecuencia, ejecutante y equipos que lo integran.

**Tabla # 4. 4 Programa de mantenimiento autónomo**

PLAN DEL MANTENIMIENTO PROGRAMADO	Frecuencia	Ejecutante	EQUIPOS									
			Navegación	Comunicación Externa	Comunicación Interna	Busqueda y Rescate	Sala de Máquina	Eléctrico	Plantas de Tratamiento	Cubierta y Estructura	Maquina Externa	
1 Capacitación de los equipos y máquinas a utilizar	SEMESTRAL	OPERADOR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 Antes de encender los equipos realizar una limpieza simple	DIARIO	OPERADOR	X	X	X	X						
3 Revisión de pantallas de diagnóstico como puntos claves y sonidos extraños	DIARIO	OPERADOR	X	X	X	X	X	X	X	X		
4 Registro de fallas detectadas en programa manual o sistematizado	DIARIO	OPERADOR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**Elaborado por:** Tyrone Fajardo Ronquillo

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones.**

Basados en los resultados obtenidos, se puede concluir que implementado un Plan de Mantenimiento para cualquier embarcación ayudara a mantener a los equipos y sistemas principales de este tipo de transporte fluvial en condiciones aceptables de funcionamiento y operatividad con tolerancia cero a daños y perdida en la producción.

Se puede concluir que el realizar mantenimientos paliativos de prevención y corrección sólo en el instante que ocurre el problema del equipo se está sobre una situación de grandes riesgos para la producción de una planta, en este caso específico estudiado de una embarcación, de tal forma que las consecuencias pudieran ser desde estar mucho tiempo parada en muelle hasta el daño severo del equipo produciendo altos costos de reparación.

Definitivamente que al planificar un mantenimiento basado en la metodología TPM aseguramos principalmente el conocer exactamente lo que se tiene en la actualidad en la planta, es como se realizara una radiografía de la misma, ya que al definir los niveles de esta observamos con mayor claridad las debilidades y fortalezas que tiene y se puede definir con mayor facilidad los modelos de mantenimiento a aplicar construyendo un sistema de producción ordenado, disciplinado, potente y efectivo.

## **Recomendaciones.**

Se recomienda para llevar un excelente control del plan de mantenimiento y la aplicación de los diferentes modelos y metodologías efectuar plantillas en hojas de Excel individualizadas por equipo y máquinas, aunque lo ideal es obtener un sistema o software especializado que ofrezcan arquitecturas abiertas y reportes personalizados que ayuden a la administración de las operaciones.

Además es recomendable incluir en los planes de mantenimiento dos capacitaciones por año de los operadores encargados ya que esto ayudará a reconocer el buen funcionamiento de los equipos y a determinar con mayor agilidad y predicción de algún error o problema.

Es importante el contacto constante con distribuidores y fabricantes de los equipos y maquinas con la finalidad de obtener recomendaciones y sugerencias en un determinado momento y porque además se puede hacer uso de sus planes de mantenimiento preventivos y correctivos de niveles cuatro y cinco tal como lo explica el cuadro 2.1

## BIBLIOGRAFIA

### Documentos recuperados

Àlvarez, R. G. (01 de Julio de 2012). *Unican*. Recuperado el 15 de octubre de 2013, de <http://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/836/Rub%C3%A9n%20Gonz%C3%A1lez%20%C3%81lvarez.pdf?sequence=1>

Bahamonde, A. I. (05 de Enero de 2010). *Universidad Politecnica de Cataluña*. Recuperado el 25 de 10 de 2013, de <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/8949>

PALADINES, M. F. (01 de 01 de 2005). *Escuela Superior Politecnica del Litoral*. Recuperado el 05 de 10 de 2013, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/7981>

### Libros

Calloni, J. C. (2004). *Mantenimiento Electrico Y Mecanico Para Pequeñas Y Medianas Empresas*. Buenos Aires: Nobuko.

Fernandez, F. J. (2005). *Teoría y practica del mantenimiento industrial avanzado*. Madrid: FC Editorial.

Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. España: Ediciones Díaz de Santos.

Huacuz, H. (2003). Determinación de la frecuencia optima de Mantenimiento . *Primer congreso de Mexicano de confiabilidad y mantenimiento* (págs. 1-45). Mexico: Noria Latin América .

Navarro, J. D. (2010). *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. Madrid: Marcombo.

Nieves, A. A. (2011). *Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica*. Editorial Vértice.

Quiroga Méndez, J. O. (2011). *Implementación de un mantenimiento basado en la condición usando modelado y simulación*. Colombia: D - Ingeniería e Investigación .

Sacristán, F. R. (2001). *Mantenimiento Total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. FC Editorial.



Sueiro, I. G. (2002). Mantenimiento Basado en las condiciones. *Tecnología y Mantenimiento* , 14-16.

Lefcovich, M. (2009). *TPM mantenimiento productivo total: un paso más hacia la excelencia empresarial*. Buenos Aires, Argentina: El Cid Editor.

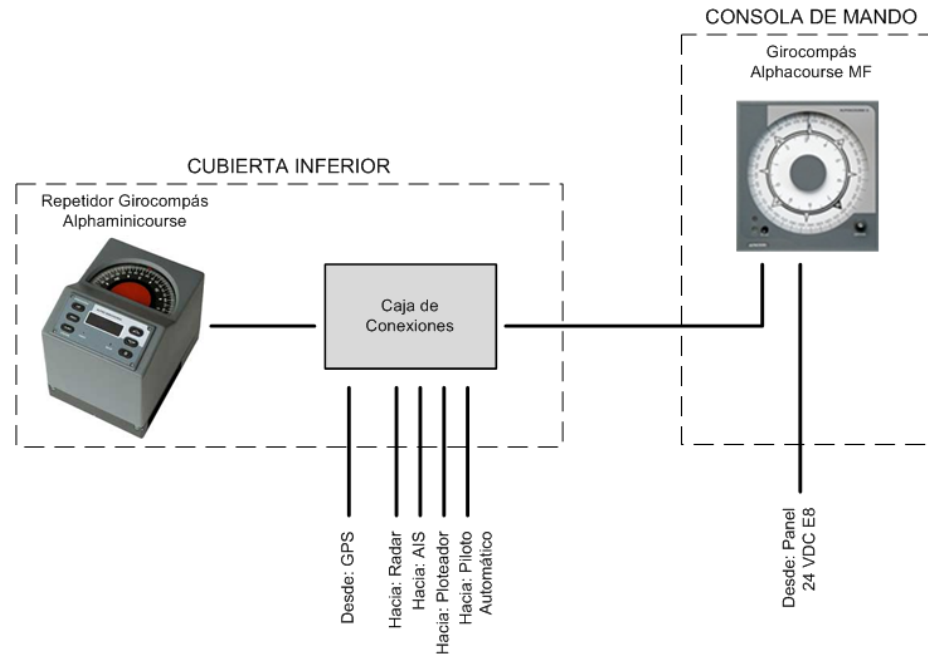
León, F. C. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial Félix*. Murcia: EDITUM.

## **ANEXOS**

DIAGRAMAS DE FLUJO DE ELEMENTOS Y COMPONENTES DE LA EMBARCACIÓN.

TABLA RESUMEN DEL ANÁLISIS Y LAS CONDICIONES ACTUALES EN QUE SE ENCUENTRAN LOS EQUIPOS Y MAQUINARIA.

# Diagrama General del Girocompás



**Figura # 4. 7:** Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama General del Girocompás

**Fuente:** Manual de Girocompas

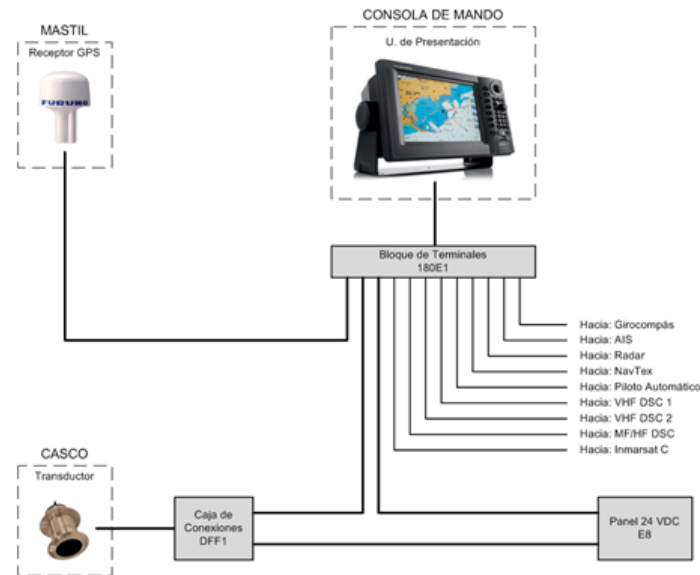


## COMPAS MAGNÈTICO



**Figura # 4. 8:** Diagrama de flujo nivel 6-7-8 del compas magnético  
**Fuente:** Manual de Compas Magnético

## Diagrama General del Ploteador – Ecosonda - GPS



**Figura # 4. 9:** Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama General de Ploteador GPS  
**Fuente:** Manual del Ploteador



Diagrama General del Sistema de Identificación Automática

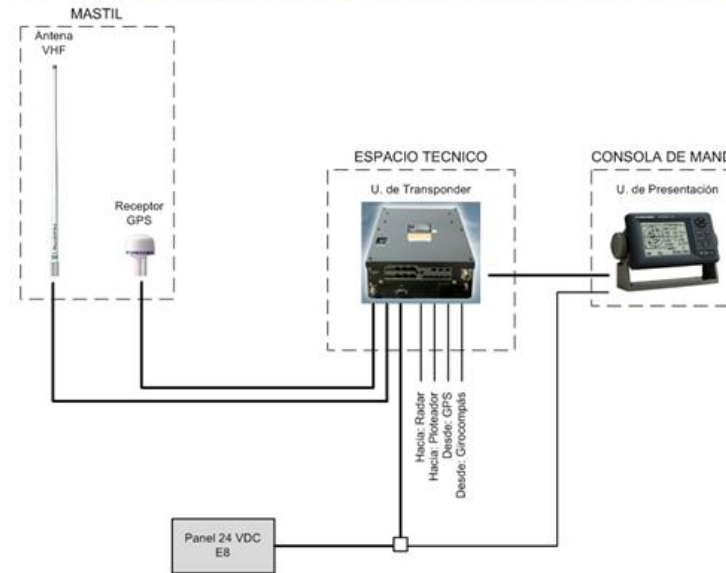
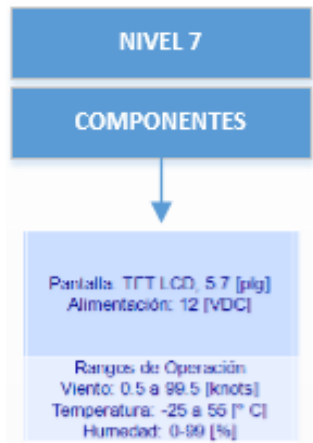
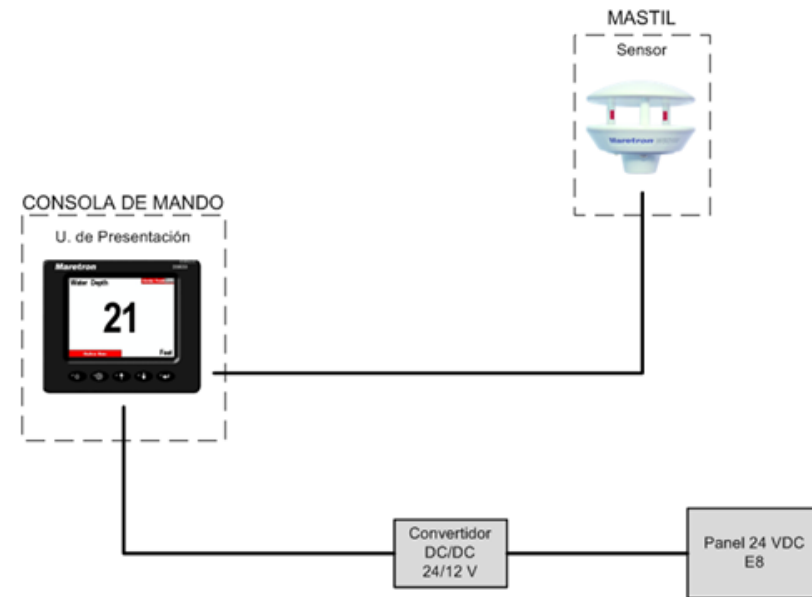


Figura # 4. 10: Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama General del sistema de identificación automática

Fuente: Manual del sistema



## Diagrama General de la Estación Meteorológica



**Figura # 4. 11:** Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama General de la estación Meteorológica  
**Fuente:** Manual de la Estación Meteorológica

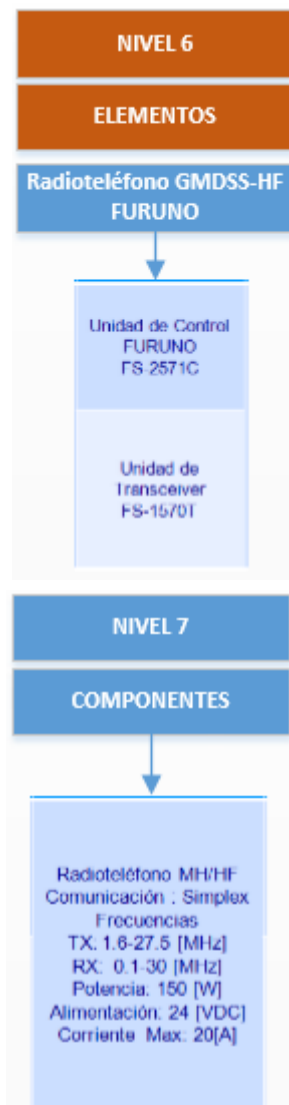


(02) Radioteléfono VHF  
 SAILOR  
 6222



**Figura # 4. 12:** Diagrama de flujo nivel 6-7-8 Radioteléfono  
**Fuente:** Manual Radioteléfono

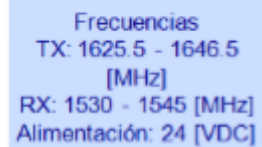
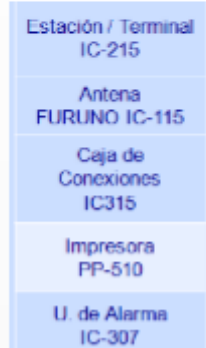




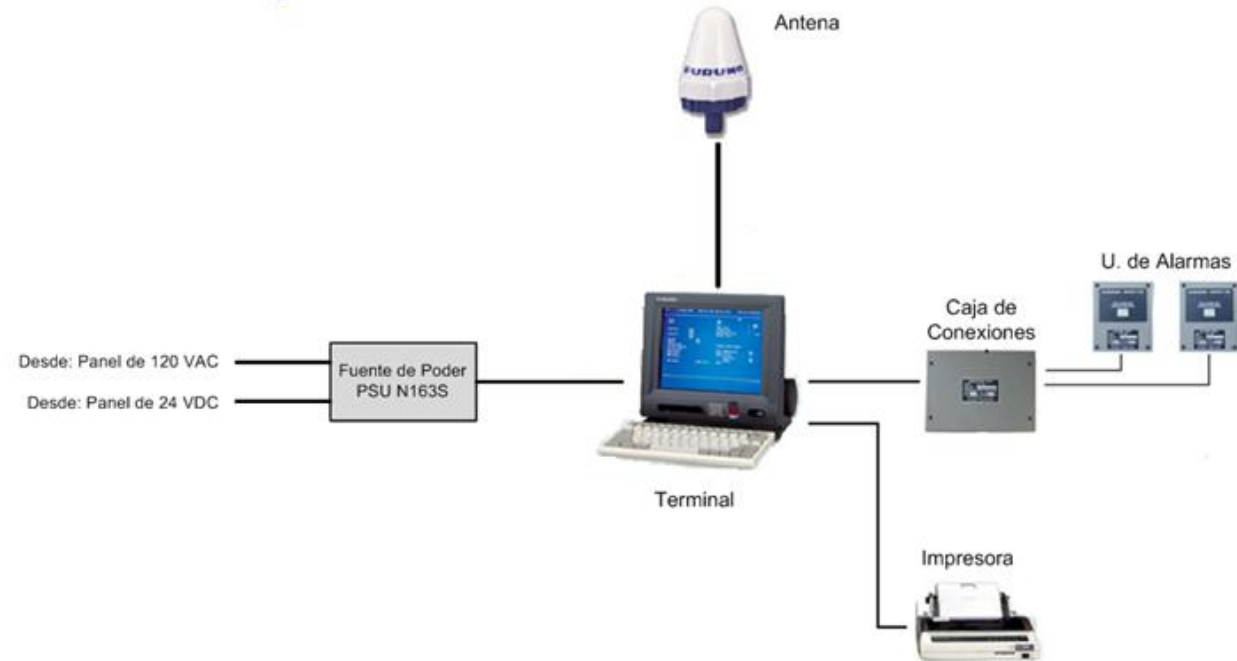
## Radioteléfono MF/HF FURUNO FS-2570



**Figura # 4. 13:** Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Radioteléfono MF/HF  
**Fuente:** Manual Radioteléfono MF/HF



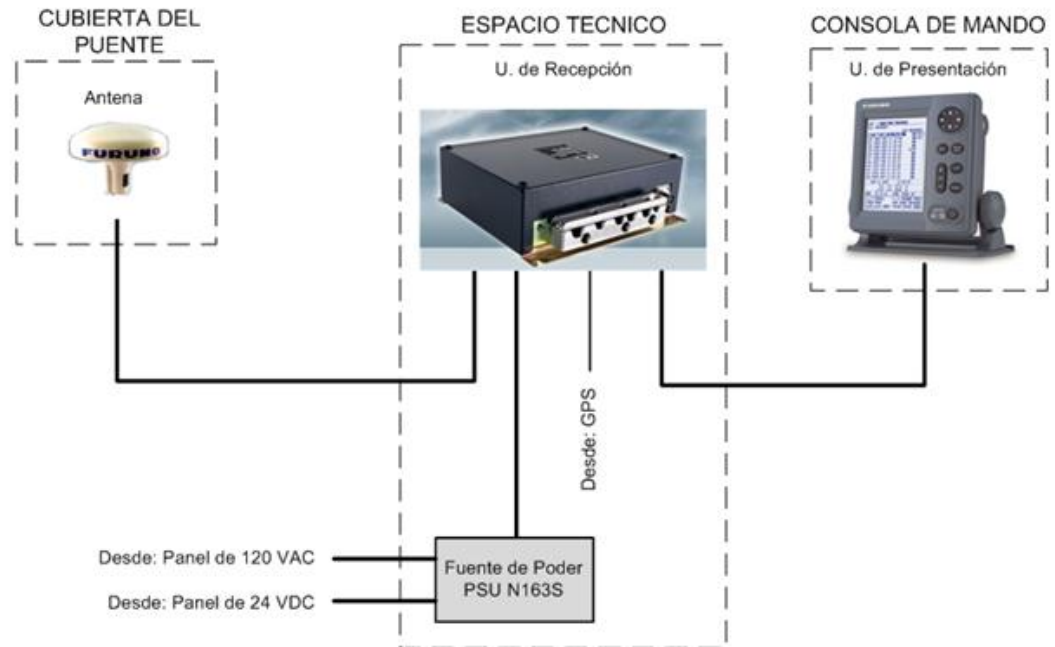
## Diagrama General del Sistema Inmarsat C



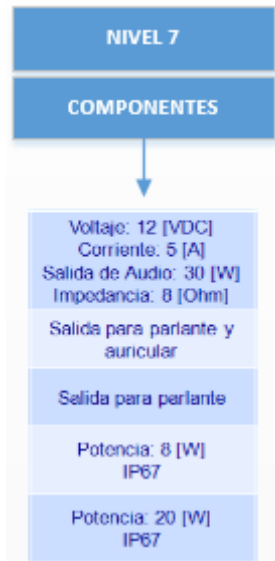
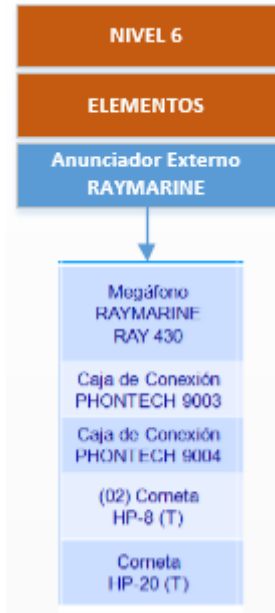
**Figura # 4. 14:** Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama general del sistema Inmarsat  
**Fuente:** Manual del sistema



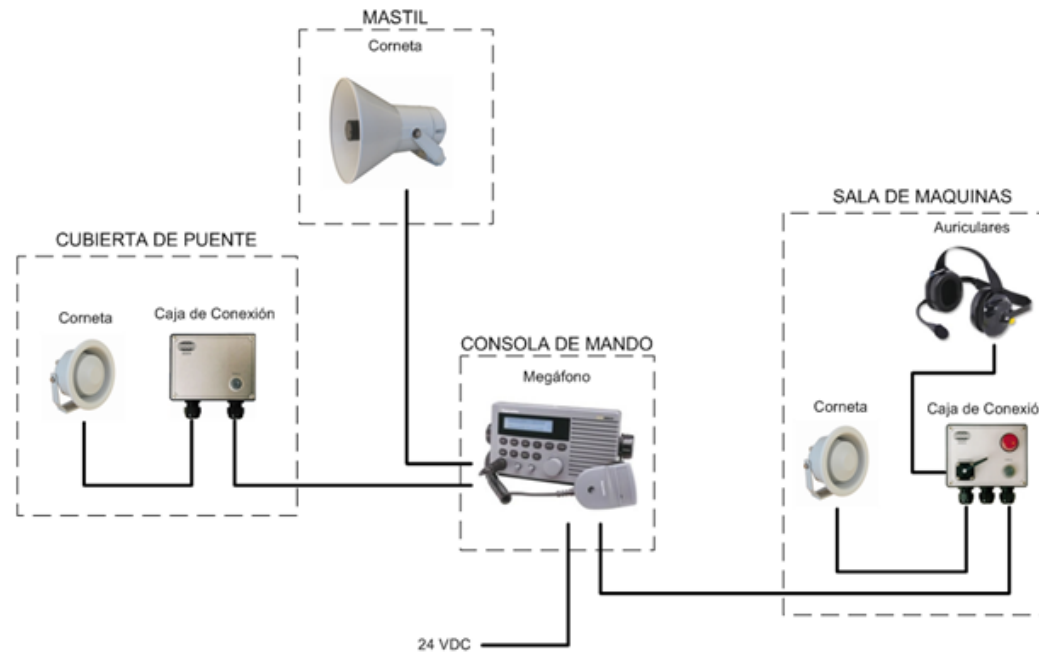
## Diagrama General del NavTex



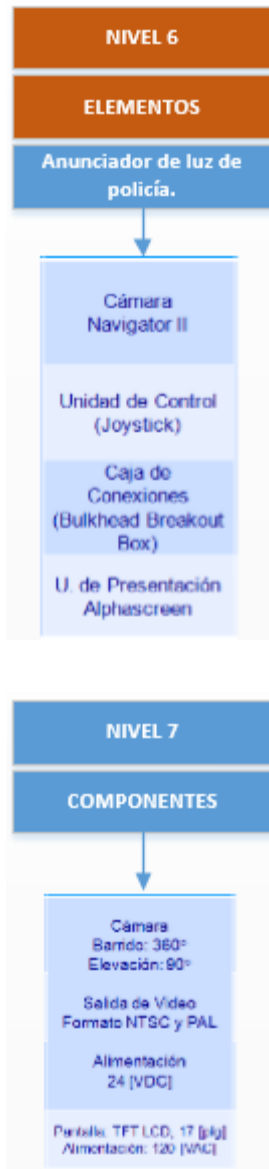
**Figura # 4. 15:** Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama general del NavTex  
**Fuente:** Manual del Nav Tex



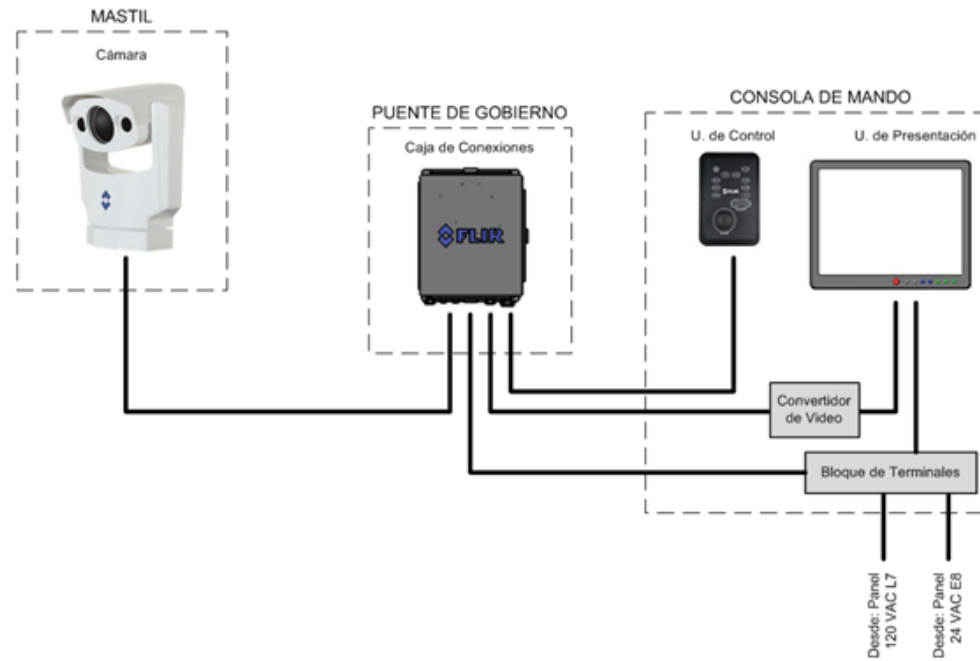
## Diagrama General del Sistema de Megafonía



**Figura # 4. 16:** Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama general del Sistema Megáfono  
**Fuente:** Manual del sistema



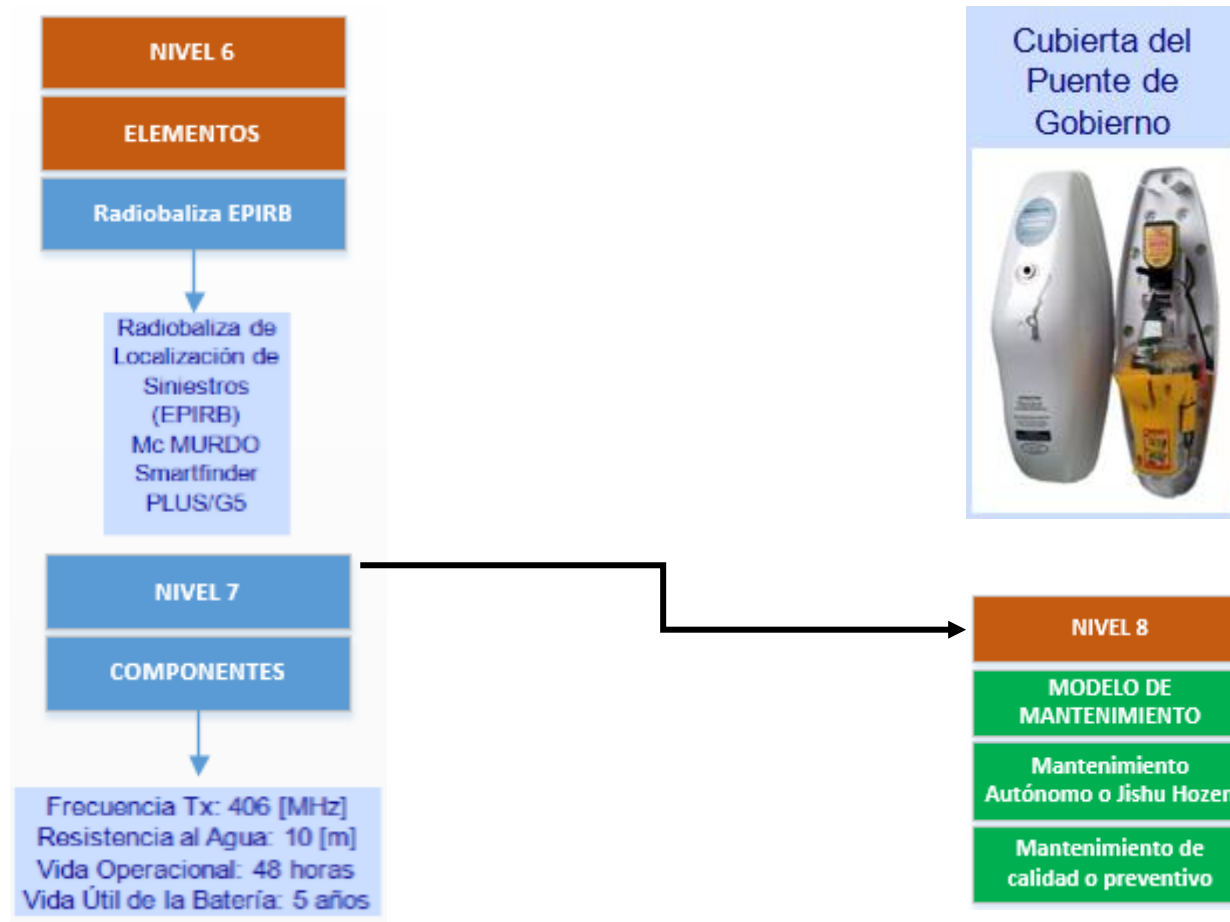
## Diagrama General del Equipo de Vigilancia



**Figura # 4. 17:** Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Diagrama general del Equipo de Vigilancia  
**Fuente:** Manual del equipo de Vigilancia



**Figura # 4. 18:** Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Puente de gobierno.  
**Fuente:** Manual del Puente de gobierno



**Figura # 4. 19:** Diagrama de flujo nivel 6-7-8 y Cubierta del puente de gobierno  
**Fuente:** Manual del puente de gobierno



**Figura # 4. 20:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 5 Equipos  
**Elaborado por:** Tyrone Fajardo Ronquillo



NIVEL 6

ELEMENTOS

2 Màquines caterpillar  
modelo C32

MAQUINA PRINCIPAL			
Lugar	Características Técnicas	# de Serie	Foto
<b>Babor</b>	Marca: Caterpillar Modelo: C32 TTA Rating: D RPM: 2000 - 2300 Potencia: 1600bhp Peso: 3520 kg Combustible: Diesel	RNY01525	
<b>Estribor</b>	Marca: Caterpillar Modelo: C32 Rating: D RPM: 2000 - 2300 Potencia: 1600bhp Peso: 3520 kg Combustible: Diesel	RNY01574	

**Figura # 4. 21:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6

**Fuente:** Manual Caterpillar

NIVEL 7  
COMPONENTES

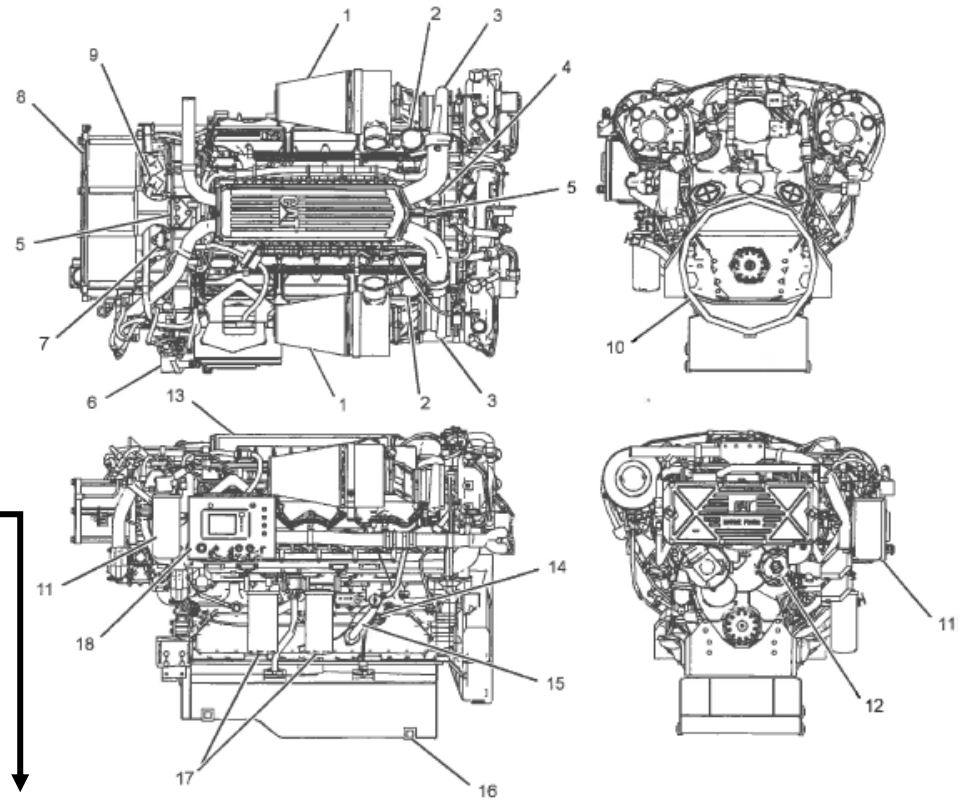


Ilustración 10

a01425476

Motor marino C32 con un sistema de enfriamiento de intercambiador de calor

- |  |  |   |
|--|--|---|
| (1) Elementos del filtro del aire                        | (8) Intercambiador de calor                  | (16) Tapón de drenaje del aceite del cárter |
| (2) Respiraderos del cárter                              | (9) Termostato del refrigerante              | (17) Filtros de aceite del motor            |
| (3) Turbocompresores                                     | (10) Caja del volante                        | (18) Tablero de control                     |
| (4) Bomba de transferencia de combustible                | (11) Filtro de combustible                   |   |
| (5) Cáncamos de levantamiento                            | (12) Bomba de agua de mar                    |   |
| (6) Bomba de cebado de combustible                       | (13) Posenfriador                            |   |
| (7) Tapa del tubo de llenado del sistema de enfriamiento | (14) Indicador del nivel de aceite del motor |   |
|  | (15) Tubo de llenado del aceite del motor    |   |

**Figura # 4. 22:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 componentes de motor Caterpillar  
**Autor:** Manual motor Caterpillar

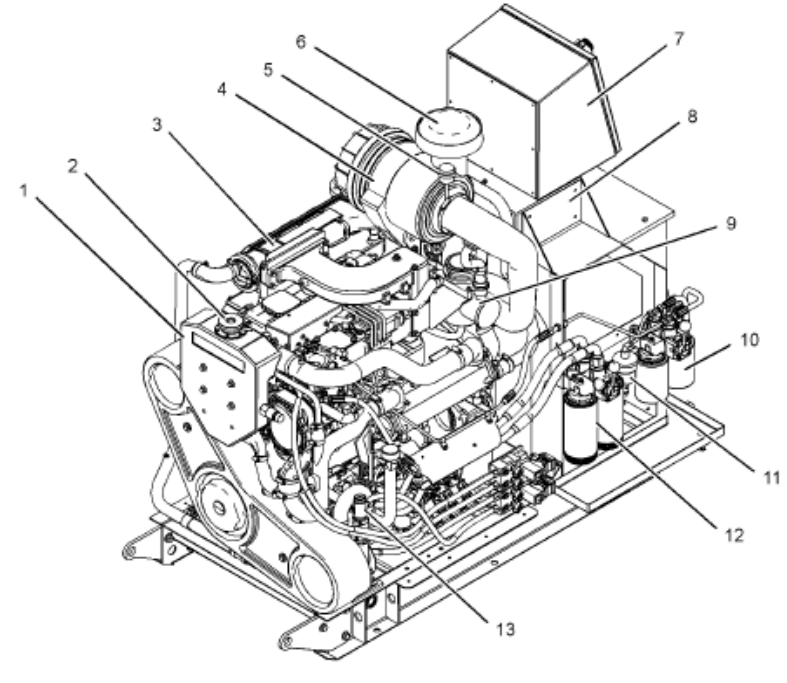
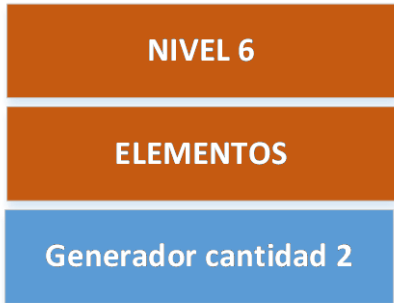
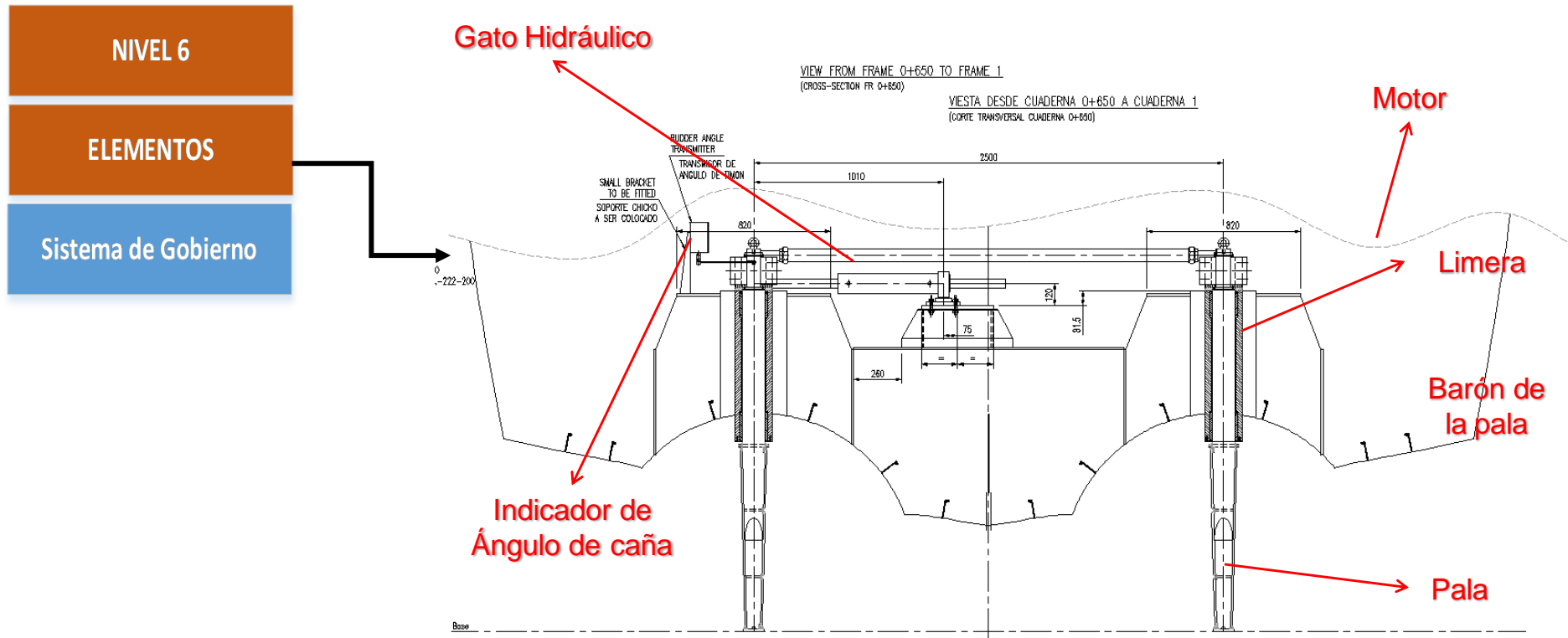


Illustration 12 g02162614  
 Typical example

(1) Expansion tank	(6) Rain cap for air cleaner	(11) Fuel priming pump
(2) Filler for engine coolant	(7) MCS control panel	(12) Duplex oil filters
(3) Aftercooler	(8) Generator terminal box	(13) Water inlet for auxiliary water pump
(4) Air cleaner	(9) Crankcase breather	
(5) Indicator for the air cleaner	(10) Duplex fuel filters	

**Figura # 4. 23:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7 Elementos y componentes del Generador Caterpillar  
**Autor:** Manual generador Caterpillar



**Figura # 4. 24:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-8 del Sistema de Gobierno  
**Fuente:** Planos de diseño

NIVEL 7

COMPONENTES

LIMERA

Tipo de bocín en el cual en su interior reposa el barón de la pala.

Diámetro exterior: 200 mm

Diámetro interior menor: 130 mm

Diámetro interior mayor: 150 mm

Longitud: 800 mm

PALA

Cantidad: 2

Material: Aluminio

Peso total: 280 kg

Ancho: 710 mm

Altura: 2026 mm

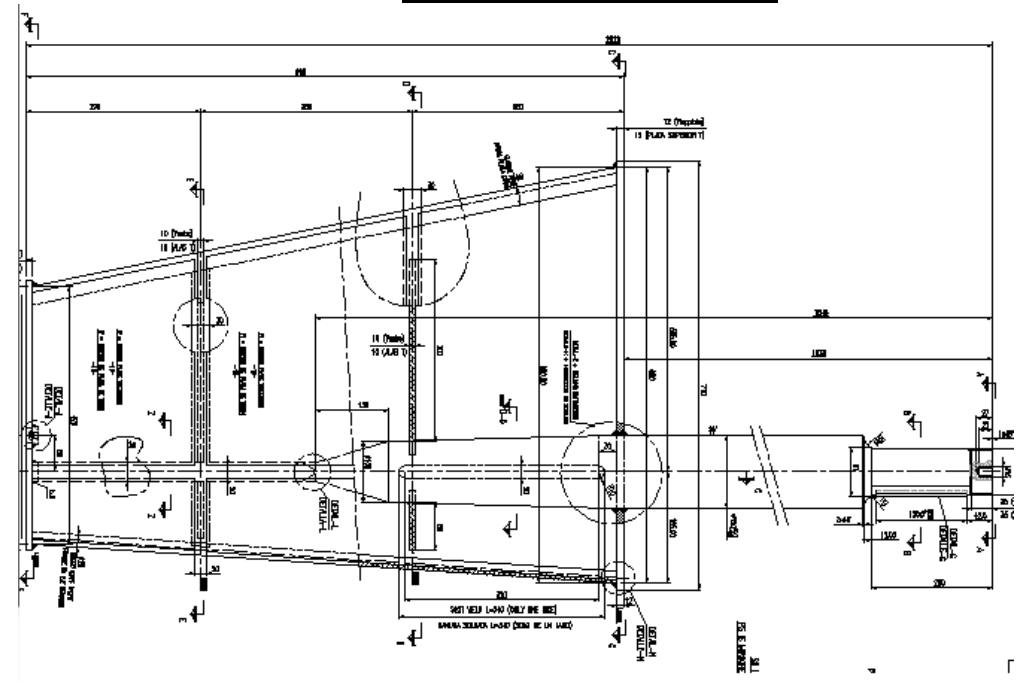
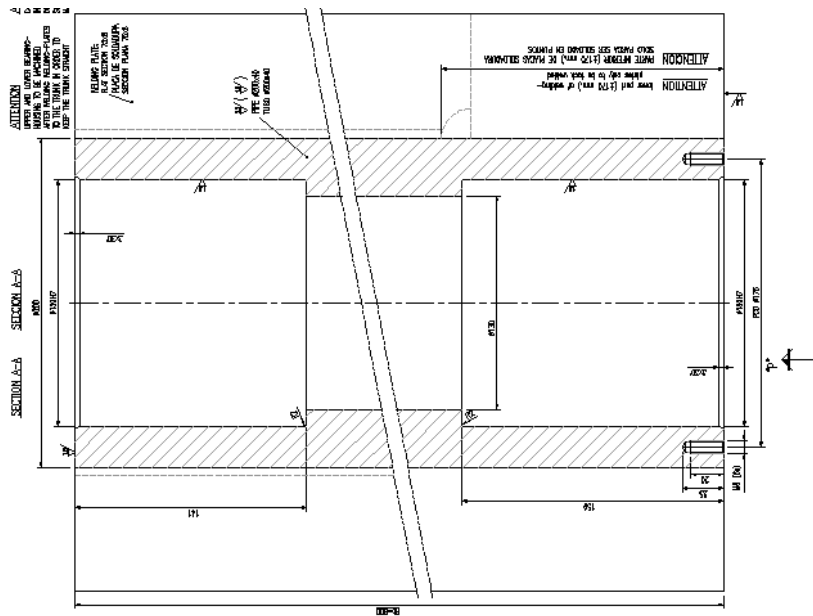
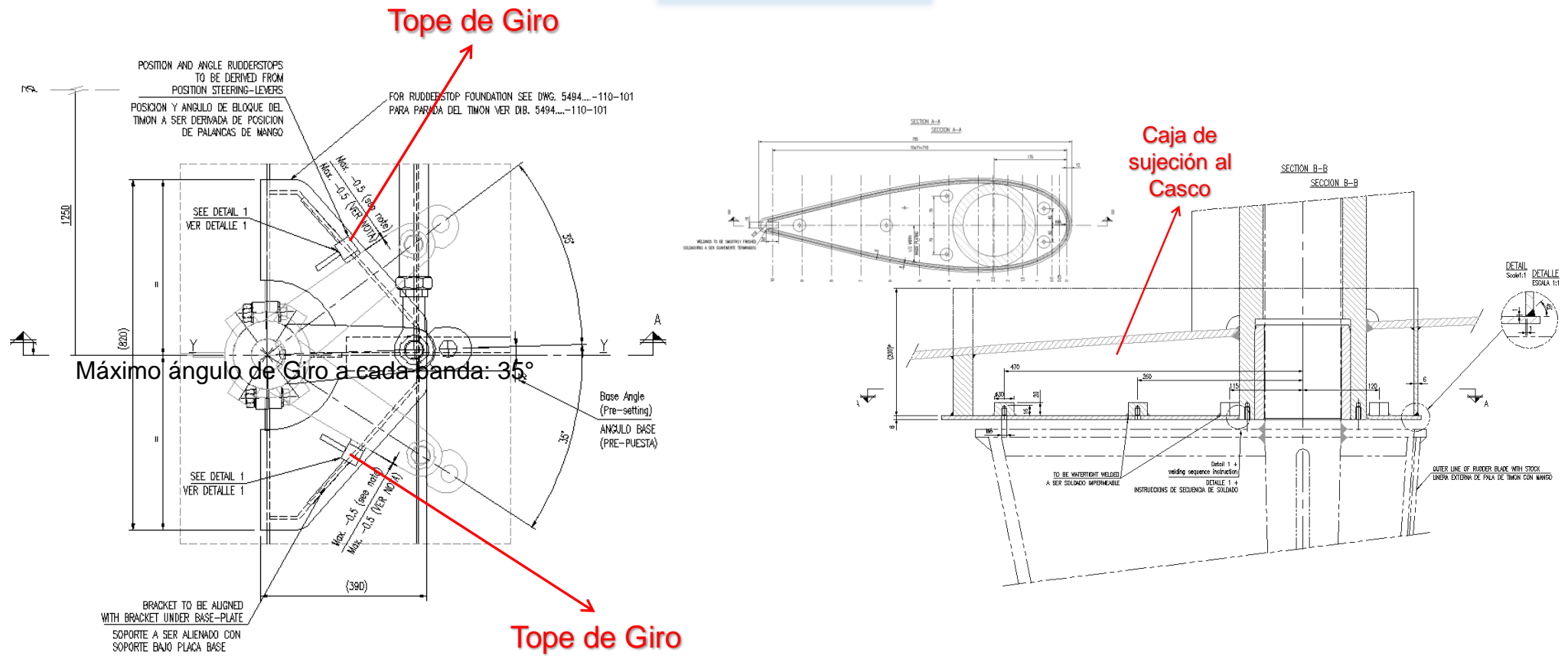


Figura # 4. 25: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 del Sistema de Gobierno

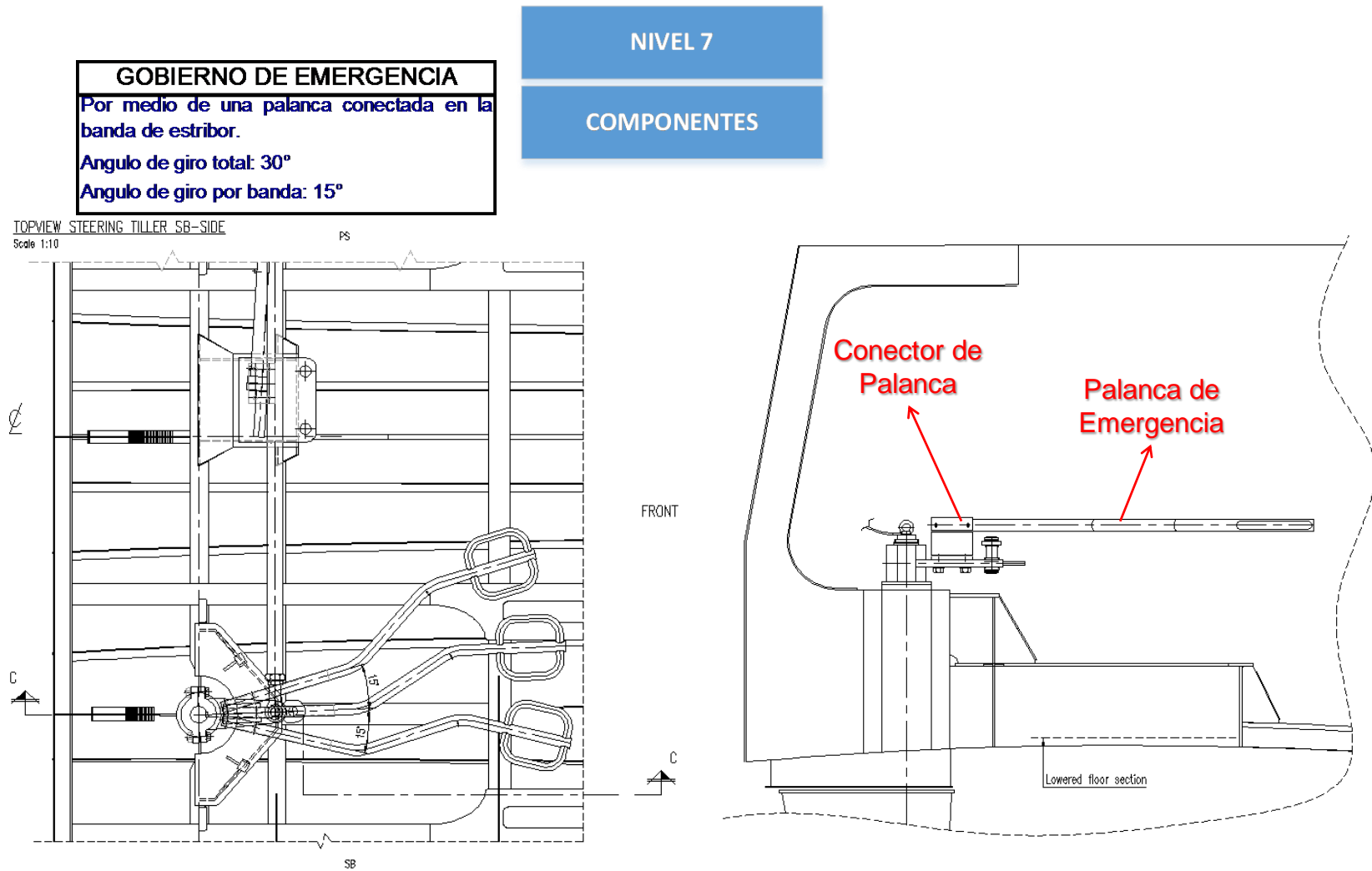
Fuente: Planos de diseño

**NIVEL 7**

**COMPONENTES**



**Figura # 4. 26:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 del Sistema de Gobierno  
**Fuente:** Planos de diseño



**Figura # 4. 27:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 del Sistema de Gobierno  
**Fuente:** Planos de diseño

NIVEL 7

COMPONENTES

### CONECTOR DE PALANCA

Es el conector entre la palanca de emergencia y el gobierno mecánico de la banda de estribor.

Material: Acero

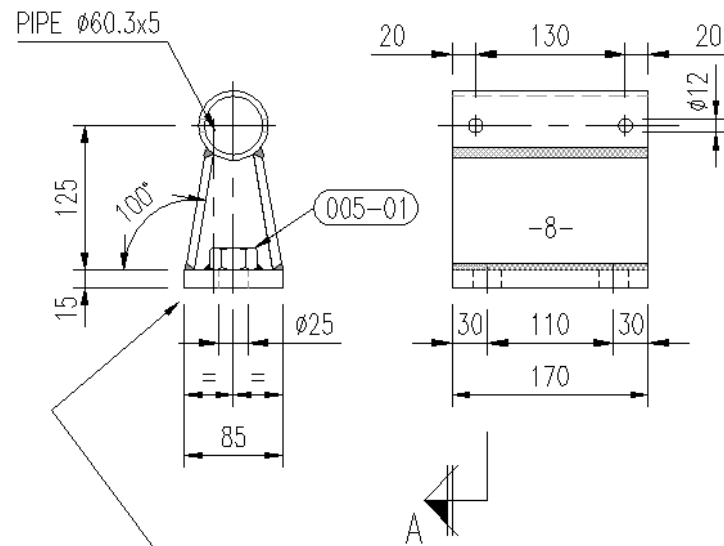
Longitud máxima: 170 mm

### PALANCA DE EMERGENCIA

Palanca para mover pala de forma mecánica, como emergencia.

Longitud máxima: 1550 mm

Material: Acero



ATTENTION:

NUTS (M24) TO BE WELDED IN PLACE BEFORE WELDING THE SIDE-PLATES

TOPVIEW EMERGENCY TILLER  
(to be produced 1x / yardno.)

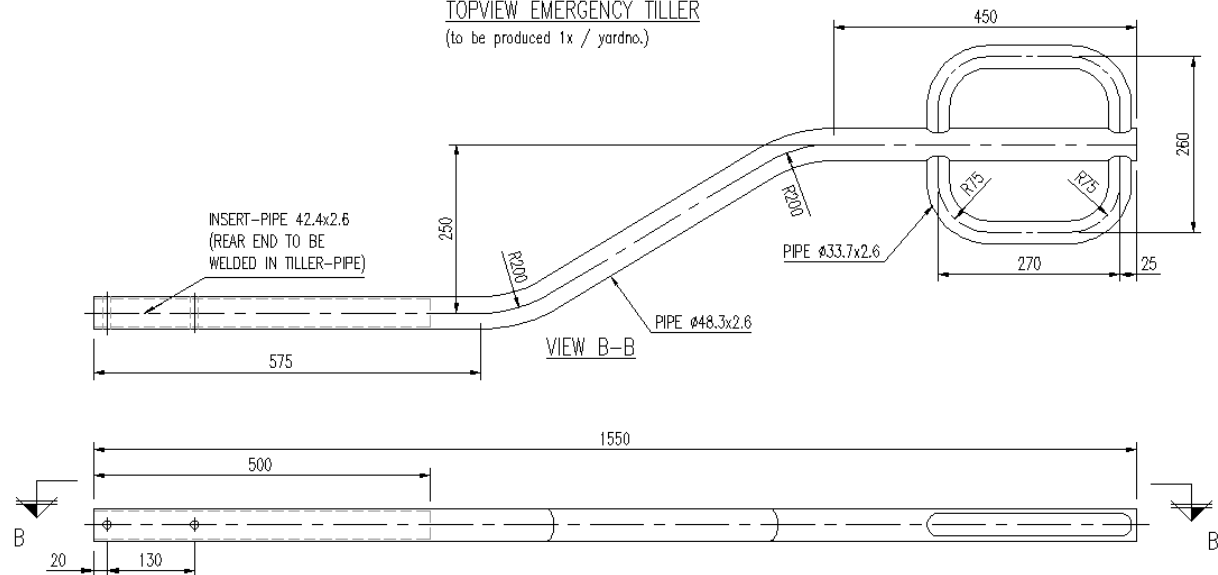


Figura # 4. 28: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 del Sistema de Gobierno

Fuente: Planos de diseño

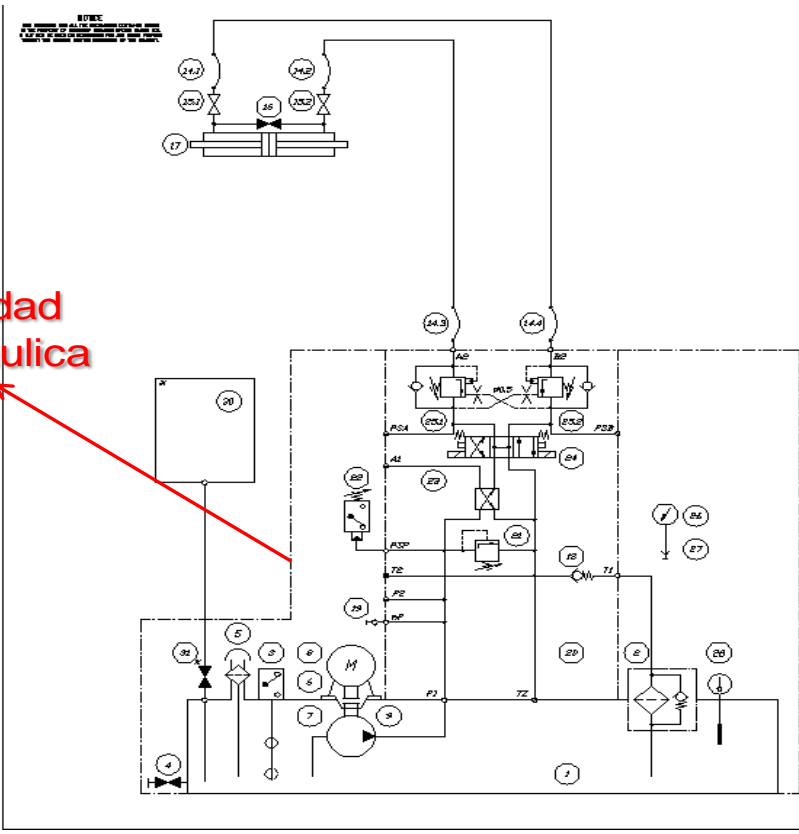


**NIVEL 7**

---

**COMPONENTES**

Unidad  
Hidráulica



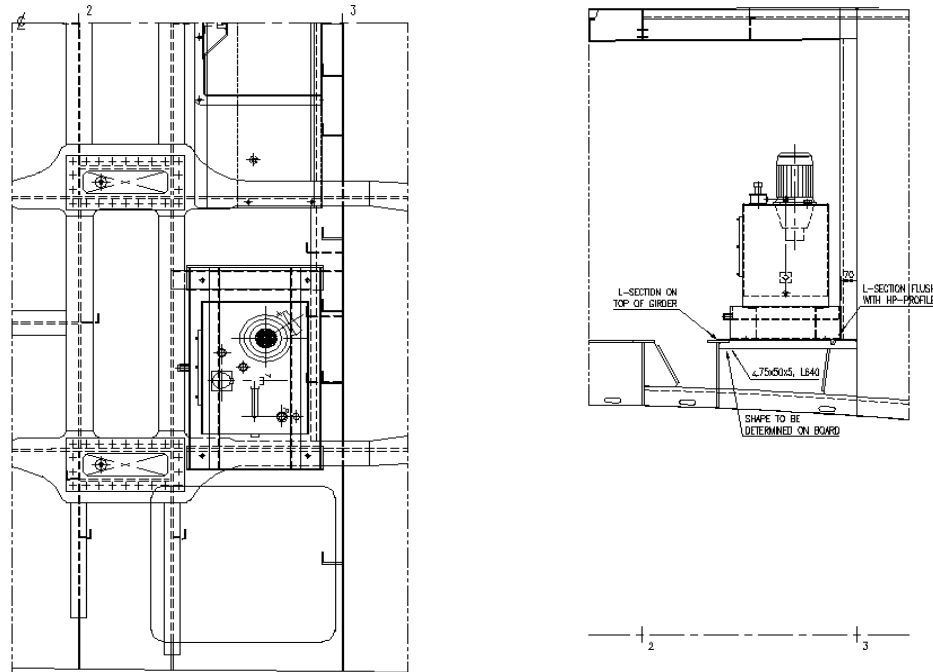
TANK	= 75	10"																																																																											
Pump	0	= 7.5	No-No																																																																										
* FOREWORK TO BE CLEANED AND PRESSURE TESTED 15 TIMES BEFORE PRESSURE WITH CLASS BEFORE CONNECTING EQUIPMENT																																																																													
ALL PIPE LINES 1.5x2																																																																													
* REF. ONLY NO SPERRY SUPPLY																																																																													
<p>P. 0.5 at max torque = 100 Bar          P. 1.0 at 1500 RPM = 125 Bar          P. 0.5 at 2000 RPM = 150 Bar</p>																																																																													
21	2	222 VALVE	REF. ONLY																																																																										
20	1	HEADER TANK	REF. ONLY																																																																										
27																																																																													
22	1	TEMPERATURE GAUGE	FIS 650-E-250																																																																										
27	1	PR. GAUGE 3/8" DN	CSM-3M	262901-2629	2629-2																																																																								
25	1	PRESSURE GAUGE	3-250000/400 OF 262901-2629																																																																										
23	1	COUNTER BAL. VALVE	EDM-20-MC2	262901-2629																																																																									
24	1	4/3 CONT. VALVE	264V-3-DCH-MN7-50		264V20																																																																								
29	1	ORDS-OVER PLATE	20M-3-02-50																																																																										
26	1	PRESSURE SWITCH	257427	262901-2629	0.5-2500																																																																								
21	2	RELIEF VALVE	2642-N-2M	262901-2629																																																																									
20	1	MANIFOLD	7057-6AC																																																																										
19	1	CHECK RESTR	25M-11V2		2629-2																																																																								
18	1	CHECK VALVE	264V-16 Z4																																																																										
17	1	CYLINDER		262901-2629																																																																									
16	1	BYPASS VALVE	262901-2629																																																																										
15	1	222 VALVE	262901-2629																																																																										
14	4	NOSE	262901-2629																																																																										
13																																																																													
12																																																																													
11																																																																													
10																																																																													
9	1	PUMP	262901-2629																																																																										
8	1	E-WITCH	25M-11V2		2629-2																																																																								
7	1	BELL HOUSING	262901-2629																																																																										
6	1	FLEX COUPLING	262901-2629																																																																										
5	1	FLEX COUPLING	262901-2629																																																																										
4	1	LEVEL SWITCH	262901-2629																																																																										
3	1	LEVEL SWITCH	262901-2629																																																																										
2	1	RETURN FILTER	262901-2629																																																																										
1	1	TANK	262901-2629																																																																										
No	Qty	Description	Reference	Part Number	Remarks																																																																								
<table border="1"> <tr> <td>Tolerances</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>± 0.125 mm</td> <td>1 = 20 x 0.2 mm</td> <td>2 = 20 x 0.2 mm</td> <td>3 = 20 x 0.2 mm</td> <td>4 = 20 x 0.2 mm</td> <td>5 = 20 x 0.2 mm</td> </tr> <tr> <td>± 0.25 mm</td> <td>6 = 20 x 0.2 mm</td> <td>7 = 20 x 0.2 mm</td> <td>8 = 20 x 0.2 mm</td> <td>9 = 20 x 0.2 mm</td> <td>10 = 20 x 0.2 mm</td> </tr> <tr> <td>± 0.5 mm</td> <td>11 = 20 x 0.2 mm</td> <td>12 = 20 x 0.2 mm</td> <td>13 = 20 x 0.2 mm</td> <td>14 = 20 x 0.2 mm</td> <td>15 = 20 x 0.2 mm</td> </tr> </table>						Tolerances						± 0.125 mm	1 = 20 x 0.2 mm	2 = 20 x 0.2 mm	3 = 20 x 0.2 mm	4 = 20 x 0.2 mm	5 = 20 x 0.2 mm	± 0.25 mm	6 = 20 x 0.2 mm	7 = 20 x 0.2 mm	8 = 20 x 0.2 mm	9 = 20 x 0.2 mm	10 = 20 x 0.2 mm	± 0.5 mm	11 = 20 x 0.2 mm	12 = 20 x 0.2 mm	13 = 20 x 0.2 mm	14 = 20 x 0.2 mm	15 = 20 x 0.2 mm																																																
Tolerances																																																																													
± 0.125 mm	1 = 20 x 0.2 mm	2 = 20 x 0.2 mm	3 = 20 x 0.2 mm	4 = 20 x 0.2 mm	5 = 20 x 0.2 mm																																																																								
± 0.25 mm	6 = 20 x 0.2 mm	7 = 20 x 0.2 mm	8 = 20 x 0.2 mm	9 = 20 x 0.2 mm	10 = 20 x 0.2 mm																																																																								
± 0.5 mm	11 = 20 x 0.2 mm	12 = 20 x 0.2 mm	13 = 20 x 0.2 mm	14 = 20 x 0.2 mm	15 = 20 x 0.2 mm																																																																								
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">DAMEN SHIPYARDS GORINCHEM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>REV. 04/02</td> <td>CLASS BY MARCH</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DATE: 20-11-12</td> <td>FOR REFERENCE ONLY</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO.</td> <td>STATUS FINAL</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Hortrop Drummond Sperry Marine B.V.</td> </tr> </table>						DAMEN SHIPYARDS GORINCHEM			REV. 04/02	CLASS BY MARCH		DATE: 20-11-12	FOR REFERENCE ONLY		NO.	STATUS FINAL		Hortrop Drummond Sperry Marine B.V.																																																											
DAMEN SHIPYARDS GORINCHEM																																																																													
REV. 04/02	CLASS BY MARCH																																																																												
DATE: 20-11-12	FOR REFERENCE ONLY																																																																												
NO.	STATUS FINAL																																																																												
Hortrop Drummond Sperry Marine B.V.																																																																													
<table border="1"> <tr> <td>DATE</td> <td>DESCRIPTION</td> <td>DATE</td> <td>APPROVED FOR REV</td> <td>DATE</td> <td>APPROVED</td> </tr> <tr> <td>20-11-12</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>20-11-12</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">DRAWN BY: HORTROP, GORINCHEM</td> <td colspan="2">CHECKED BY: HORTROP, GORINCHEM</td> <td colspan="2">DATE: 20-11-12</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">Sperry Marine</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">TITLE: HYDRAULIC DIAGRAM</td> </tr> <tr> <td colspan="6" style="text-align: center;">PLUJ.P.L.S.C</td> </tr> <tr> <td colspan="6">TOLERANCES: 1. 0.125 mm (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)</td> </tr> <tr> <td colspan="6">THERMAL PROTECTION: (SEE SPEC)</td> </tr> <tr> <td colspan="6">ACI: 154319</td> </tr> <tr> <td colspan="6">DRAWING NO.: 190488-D211</td> </tr> <tr> <td colspan="6">FILE NO.: 190488-D211.200</td> </tr> <tr> <td colspan="6">SHEET: 01 OF 02</td> </tr> </table>						DATE	DESCRIPTION	DATE	APPROVED FOR REV	DATE	APPROVED	20-11-12				20-11-12		DRAWN BY: HORTROP, GORINCHEM		CHECKED BY: HORTROP, GORINCHEM		DATE: 20-11-12		Sperry Marine						TITLE: HYDRAULIC DIAGRAM						PLUJ.P.L.S.C						TOLERANCES: 1. 0.125 mm (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)						THERMAL PROTECTION: (SEE SPEC)						ACI: 154319						DRAWING NO.: 190488-D211						FILE NO.: 190488-D211.200						SHEET: 01 OF 02					
DATE	DESCRIPTION	DATE	APPROVED FOR REV	DATE	APPROVED																																																																								
20-11-12				20-11-12																																																																									
DRAWN BY: HORTROP, GORINCHEM		CHECKED BY: HORTROP, GORINCHEM		DATE: 20-11-12																																																																									
Sperry Marine																																																																													
TITLE: HYDRAULIC DIAGRAM																																																																													
PLUJ.P.L.S.C																																																																													
TOLERANCES: 1. 0.125 mm (UNLESS OTHERWISE SPECIFIED)																																																																													
THERMAL PROTECTION: (SEE SPEC)																																																																													
ACI: 154319																																																																													
DRAWING NO.: 190488-D211																																																																													
FILE NO.: 190488-D211.200																																																																													
SHEET: 01 OF 02																																																																													

**Figura # 4. 29:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 del Sistema de Gobierno  
**Fuente:** Planos de diseño

NIVEL 7

COMPONENTES

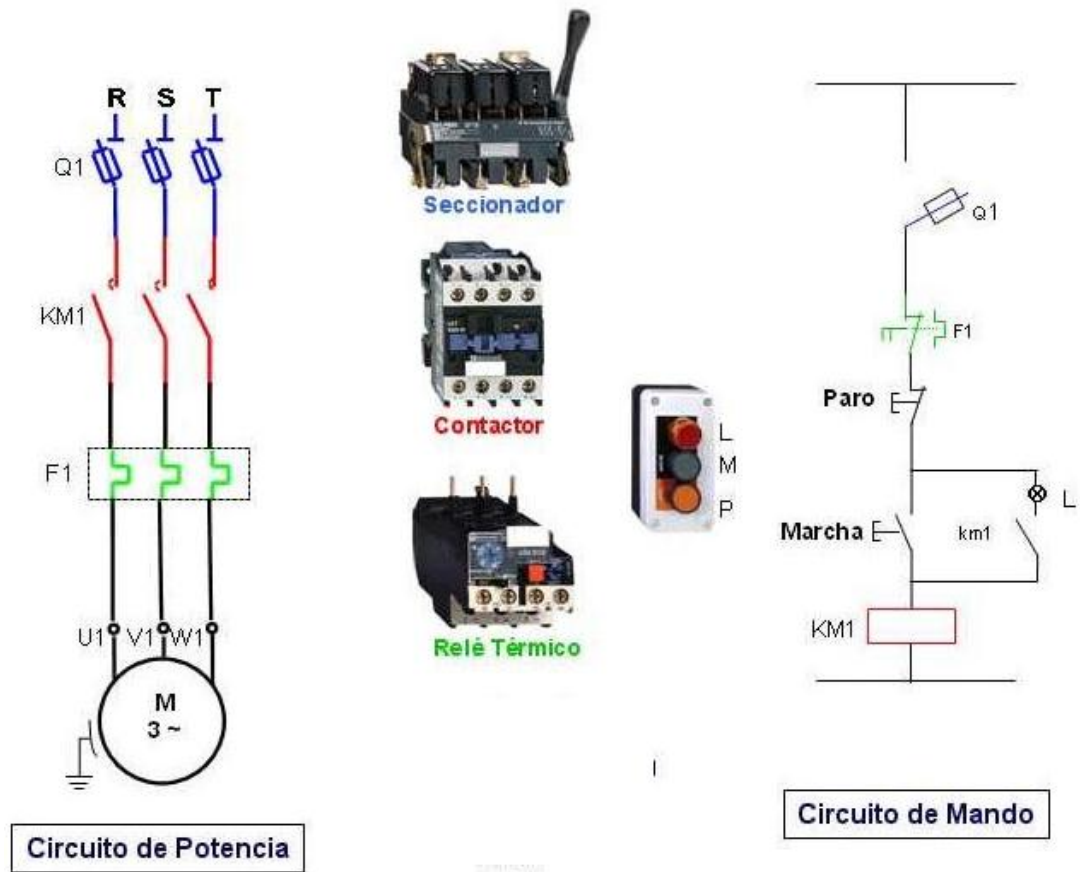
### UNIDAD HIDRAULICA DE GOBIERNO



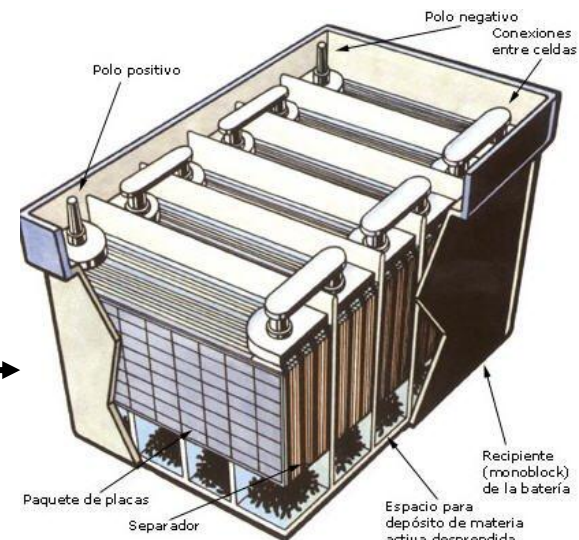
**Figura # 4. 30:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 7 del Sistema de Gobierno

**Fuente:** Planos de diseño

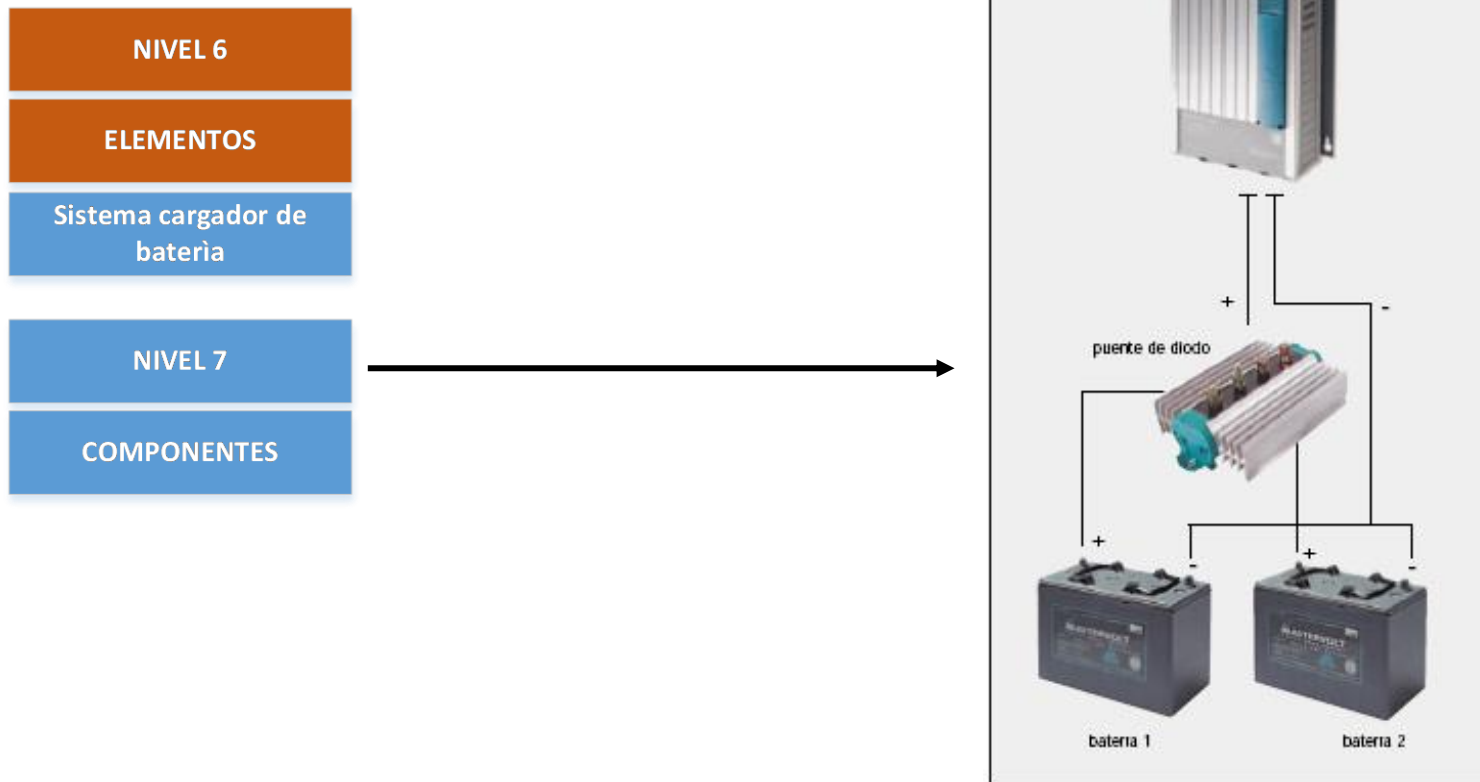
NIVEL 6
ELEMENTOS
Sistema de tableros eléctricos
NIVEL 7
COMPONENTES



**Figura # 4. 31:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 del Sistema de Tablero Eléctrico  
**Fuente:** Planos de diseño Eléctrico

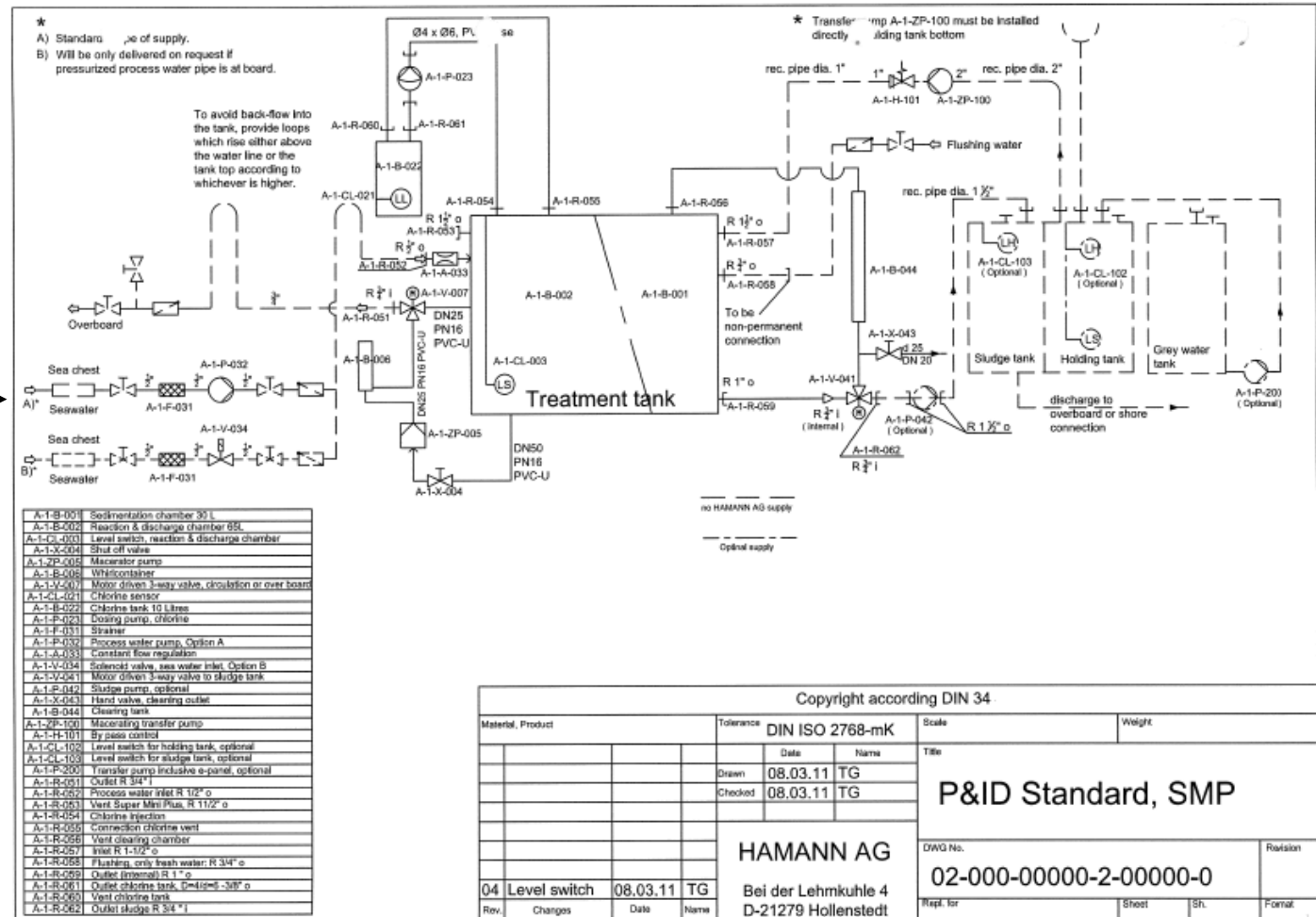


**Figura # 4. 32:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 del Sistema de Banco de Batería  
**Fuente:** Planos de diseño Eléctrico



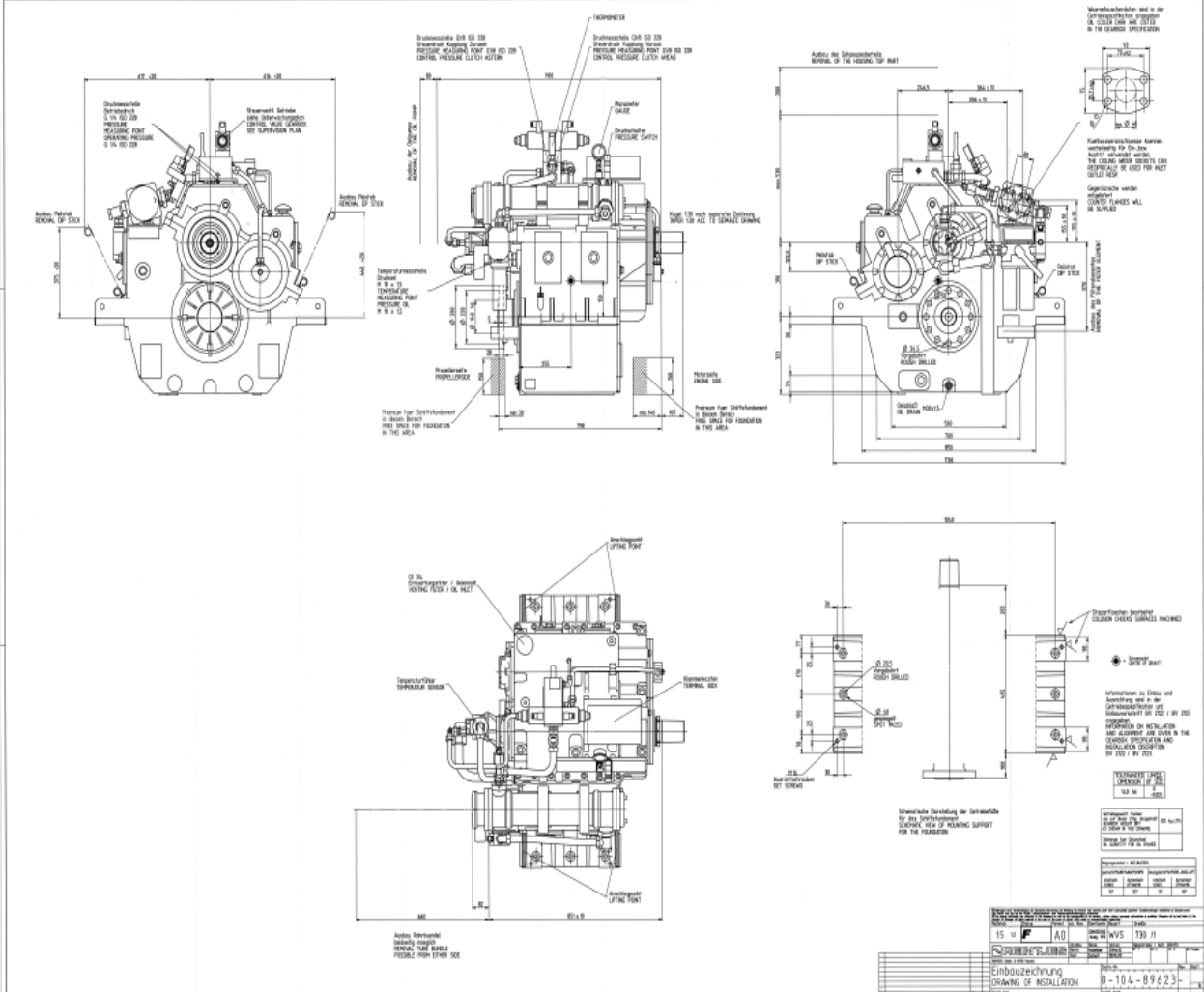
**Figura # 4. 33:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 del Sistema de Banco de Batería  
**Fuente:** Planos de diseño Eléctrico

- NIVEL 6
- ELEMENTOS
- Planta de tratamientos de aguas negras y grises
- NIVEL 7
- COMPONENTES



**Figura # 4. 34:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 de la Planta de Tratamiento de aguas negras y grises  
**Autor:** manual Hamann AG

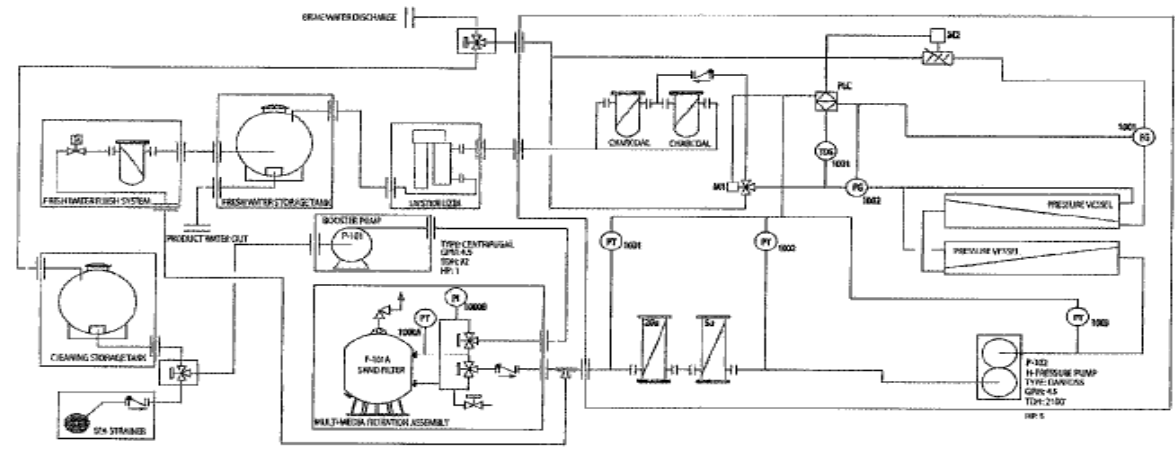
- NIVEL 6
- ELEMENTOS
- 2 Reductores Reintjes
- NIVEL 7
- COMPONENTES



**Figura # 4. 35:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 de Reductores  
**Fuente:** Manual de reductores

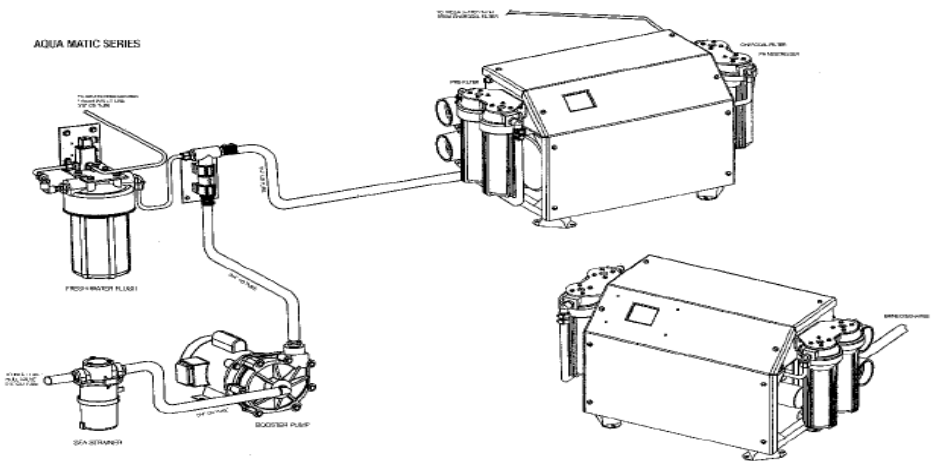
- NIVEL 6
- ELEMENTOS
- Planta de osmosis inversa sea-recovery
- NIVEL 7
- COMPONENTES
- NIVEL 8
- MODELO DE MANTENIMIENTO
- Mantenimiento Autónomo o Jishu Hozen
- Mantenimiento de calidad o preventivo
- Mantenimiento Planificado y predictivo

Note: Refer to the bigger drawing foldout at the end of this manual.



PT-Pressure Transducer  
 PI-Pressure Indicator  
 M-Meter  
 FG-Flow Gauge  
 TDS-TDS Meter  
 P-Pump  
 PLC-Program Logic Controller

INSTALLATION MATRIX  
 (STANDARD FILTERS AND FRESH WATER FLUSH)



Note: Refer to illustrations on pages 3-8 for detail interconnection example.

**Figura # 4. 36:** Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 de Planta de Osmosis Inversa  
**Autor:** Manual de Planta



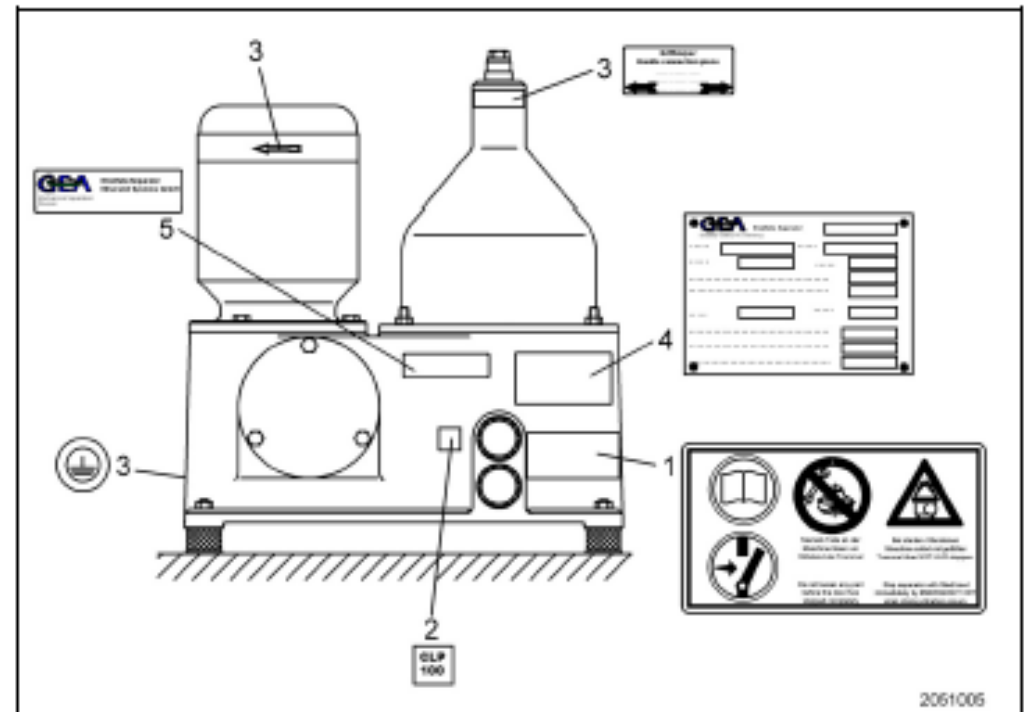


Fig.1 Ejemplo de inspección de una centrífuga

- 1 Rótulos adhesivos de seguridad
- 2 Calidad del aceite
- 3 Placas
- 4 Placa de características
- 5 Placa del fabricante

Figura # 4. 37: Aplicación del Diagrama de flujo de nivel 6-7-8 de Planta de Tratamiento de Aguas Aceitosas

Fuente: Manual de Fabricante de la Planta de tratamiento

**Tabla # 4. 5: Resumen del análisis de la embarcación por niveles.  
Elaborado por: Tyronne Fajardo Ronquillo**

PLANTA												
EMBARCACIÓN LANCHA TIPO OPV-2606												
AREAS												
OPERACIONES					INGENIERÍA			CUBIERTA, ESTRUCTURA Y MAQUINA EXTERNA				
ENCARGADOS DE AREA												
ALVARADO					CATANA			ENCARGADO 3				
EQUIPOS												
Navegación		Comunicación Externa		Comunicación Interna		Busqueda y Rescate		Sala de Máquina	Elctrico	Planta de Tratamiento	Cubierta y Estructura	Maquina Externa
SISTEMAS												
NIVEL 5	1. Radar de Navegación Furuno	1. Radioteléfono GMDSS-VHF FURUNO	1. Dos Intercomunicadores	1. Transponder SART	1. Dos Máquinas caterpillar modelo C32	1. Sistema a Tierra	1. Sistema de planta de aire acondicionado	1. Casco y Superestructura				
	2. Giro compas Alphatron	2. Radioteléfono GMDSS-HF FURUNO			2. Dos Generadores caterpillar modelo C4, 64kW	2. Sistema de tableros eléctricos	2. Planta de tratamientos de aguas negras y grises	2. Compartimientos y estancos				
	3. Compas Magnético	3. Radio-base Red COGUAR MOTOROLA				3. Sistema de Transformadores	3. Planta de tratamiento de aguas aceitosas	3. Tiras de unidad				
	4. GPS Furuno	4. Inmarsat C - GMDSS				4. Sistema de Banco de batería						
	5. AIS Furuno	5. NAVTEX FURUNO NX-700	2. Anunciador General	2. Radiobaliza EPIRB	3. Dos Reductores Reintjes	5. Sistema cargador de batería	4. Planta de osmosis inversa sea-recovery	4. Sistema de fondeo				1. Dos grúas
	6. Estación Meteorológica	6. Radios Portátiles: Portuarios GMDSS, Red ARMADA MOTOROLA				6. Sistema contra incendio						
		7. Anunciador Externo RAYMARINE				7. Sistema de Gobierno						
		8. Anunciador de luz de policía.										
ELEMENTOS												
NIVEL 6	1. antena, control, procesamiento, unidad de prestación	1. Antena, Transreceptora	1. tarjeta de control, amplificador, microfono	1. Transponder de busqueda y rescate.	1. Motor caterpillar modelo C32 potencia 1600	1. Conductores de tierra, electrodos de puesta a tierra.	1. Aires acondicionados	1. aluminio naval				
	2. Caja de conexión, repetidor, giro compas	2. Unidad de control, transceiver			2. Motor caterpillar modelo C4, 69kw	2. Tablero principal. Tablero elec. 24v. Tablero elec. 440/220/ 110, Tablero elec. 110/24	2. Valvula de circulación de 3vias, Transmisor de nivel, Valvula shutoff, Macerator pap, Valvula shutoff de limpieza, tanque de limpieza, valvula de 3vias sludg, whirlcontainer.	2. planchas y tiras de madera, puertas				
	3. Compas Magnético	3. Radio base				3. Transformador	3. Bastidor, tambor, rodete centripeto, accionamiento, capó, motor.	3. Tiras o cabos				
	4. Mastil, consola de mando, casco, caja de conexión, panel de 24vdc	4. Antena, Fuente de poder, terminal, impresora, caja de conexión alarmas	2. tarjeta de control, amplificador, microfono	2. Radiobaliza de localización de siniestro.	3. Reductores marca Reintjes WVS/WLS, bombas de aceite, filtro de aceite, Termocambiador, valvula de presión, valvula de control, sistema de control, sistema de lubricación.	4. Baterías						1. gruas de brazos, cilindros hidráulicos, servomotores
	5. Receptor, antena, consola de mando, U, transponder, panel 24vdc	5. Antena, unidad de recepción, unidad de presentación, fuente de poder.				5. Cargador de Batería						
	6. Consola de mando, sensor, convertidor, panel 24vdc	6. Radio portatil				6. Extintores, bombas, manta apagallamas	4. Motor, Filtros multimedias, Filtro simple, filtro doble, luz ultra violeta, booster pump	4. Cabrestante, Cadena, Freno de volante, Boza de mar, Boza de cadena, Ancla				
	7. Corneta, caja de conexión, megáfono, auriculares.				7. Bombas electricas y mecánicas							
	8. Cámara, unidad de control, caja de conexión, unidad de presentación, convertidor de video.											
COMPONENTES												
NIVEL 7	1. Antena, pantalla, teclado, Trackball, circuitos electrónicos	1. Equipo compacto compuesto de dispositivos electrónico, perilla, pantalla , pulsadores, tarjetas electrónica, amplificador.	1. tarjeta de control, amplificador, microfono	1. Radar, GPS	1. Alternador, conectores, modulos de control electrónico, sensores electrónicos, inyectores, bombas de aceite, pistones, arrancador, bomba de combustible	1. Conductores de tierra, electrodos de puesta a tierra.	1. Compresor, panel de control, filtro, sensor termostato, condensador, ventilador	1. aluminio naval				
	2. indicador digital, dial giroscopico, repetidor girocompas, circuitos electrónicos	2. Equipo compacto compuesto de dispositivos electrónico, perilla, pantalla , pulsadores, tarjetas electrónica, amplificador.			2. Alternador, conectores, modulos de control electrónico, sensores electrónicos, inyectores, bombas de aceite, pistones, arrancador, bomba de combustible	2. Seccionador, contactor, relé termicos, pulsadores, circuitos de potencia, circuitos de mando	2. cámara de sedimentación, cámara de reacción y descarga, válvulas, motor, sensores, regulador de flujo, tanque de limpieza, inyector de cloro.	2. planchas y tiras de madera, puertas				
	3. luz nocturana, montaje, soporte, circuito electrónico.	3. Equipo compacto compuesto de dispositivos electrónico, perilla, pantalla , pulsadores, tarjetas electrónica, amplificador.				3. Bornes de alta tensión, tapa soportes, bornes de baja tensión cuba.	3. Aro de cierre, diafragma, anillos, platos, tambor, eje principal,	3. Tiras o cabos				
	4. Receptor, transductor, pantalla, circuitos electrónicos	4. fuente de poder, pantallas, componentes electrónicos				4. Polos negativo y positivo, conexiones entre celldas, recipiente de batería, paquetes de placa, separador						
	5. Pantalla, amplificador, antenas, circuitos electrónico	5. fuente de poder, pantallas, componentes electrónicos	2. tarjeta de control, amplificador, microfono	2. Batería, tarjeta electrónica		5. unidad central, puente de diodos, tarjetas electronicas, baterías.						1. gruas de brazos, cilindros hidráulicos, servomotores
	6. Pantalla, sensor, alimentación, convertidor, circuitos electrónicos.	6. Radio portatil			3. Manómetro, generador de bomba, set de muestra de aceite, ventilación del filtro	6. Manómetro, mangera, valvula, cilindro, agente extintor, tubo sifon, boquilla.	4. tranductor, indicador, bomba, condensadores	4. Cabrestante, Cadena, Freno de volante, Boza de mar, Boza de cadena, Ancla				
	7. Parlantes, fuentes de poder, tarjetas electrónicas.				7. Gata hidráulica, indicador de angulo de caña, motor, limera, baron de la pala, tope de giro, caja de sujeción de casco, conector de palanca, palanca de emergencia, unidad hidráulica							
	8. caja de conexión, terminales, fuentes de poder, tarjetas electrónicas											

