

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL



**INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
ESCUELA DE GRADUADOS**

PROYECTO DE GRADUACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD
Y LA CALIDAD”**

TEMA

**ESTANDARIZACIÓN DE LOS NIVELES DE PRODUCTIVIDAD
EN EL MANTENIMIENTO (CASO BUQUES)**

AUTOR

ING. DAVID OCTAVIO RUGEL GONZALEZ

Guayaquil- Ecuador

AÑO

2008

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por brindarme la oportunidad de seguir preparándome y ser un mejor profesional.

A mis padres María y David que siempre me han inculcado valores positivos que aporten a ser una persona de éxito en la vida.

AGRADECIMIENTO

A mis tutoras Ana y Jacqueline que con sus conocimientos me han guiado en la elaboración de este proyecto para obtener mi especialización.

A la empresa XYZ por haber brindado las facilidades para el uso de su información.

A mis compañeros y amigos de grupo en los diferentes módulos: Rosa Elena, Ángel, Gustavo y Alejandro que con sus conocimientos aportaron a todos nuestros proyectos y tareas.

A todas esas personas que en su momento han sido un pilar en mi vida y me han apoyado siempre en todo aspecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

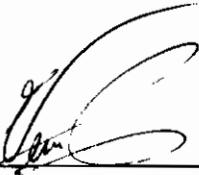
La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, así como el Patrimonio Intelectual del mismo, corresponde exclusivamente al **ICM (Instituto de Ciencias Matemáticas)** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

(Reglamento de graduación de ESPOL)



ING. DAVID OCTAVIO RUGEL GONZALEZ

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



MSc. Washington Armas Cabrera
DIRECTOR ICM



Ing. Francisco Torres Andrade
COORDINADOR MPC



MBA. Ana Cox de Novoa
DIRECTORA DE PROYECTO



MBA. Jacqueline Mejía Luna
EVALUADORA DE PROYECTO

AUTOR DEL PROYECTO



ING. DAVID OCTAVIO RUGEL GONZALEZ

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	5
CAPITULO 1.....	7
CONTEXTO.....	7
1.1 INTRODUCCION.....	7
1.2 ANTECEDENTES	7
1.3 DIAGNOSTICO DE LA SITUACION PROBLEMÁTICA.....	8
1.3.1. FORMULACION DEL PROBLEMA	8
1.3.2. OPORTUNIDADES DE MEJORA	8
1.4 DELIMITACIONES DEL PROYECTO.....	9
1.5 OBJETIVOS	9
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1.6 JUSTIFICACION.....	10
CAPITULO 2.....	11
MARCO REFERENCIAL	11
2.1 MARCO DE ANTECEDENTES.....	11
2.2 MARCO TEORICO	11
2.2.1 GESTION POR PROCESOS.....	11
2.2.2 SISTEMA DE MANTENIMIENTO.....	12
2.3 MARCO CONCEPTUAL	13
CAPITULO 3.....	16
DISEÑO METODOLOGICO	16
3.1 INTRODUCCION AL DISEÑO	16
3.2 ENFOQUE DEL ESTUDIO.....	16
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	17
3.3.1 POBLACION.....	17
3.3.2 MUESTRA.....	17
3.4 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	18
3.5 ANALISIS ESTADISTICO	19

3.5.1 CON RESPECTO AL TIPO DE UNIDAD.....	19
3.5.2 CON RESPECTO A LOS GRUPOS DE CONFIGURACIÓN.....	20
3.5.3 INDICADORES DE SISTEMAS Y EQUIPOS CRITICOS.....	26
3.6 CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	30
CAPITULO 4.....	32
PRESENTACION DE LOS RESULTADOS	32
4.1 ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.....	32
4.1.1 MAPEO DE PROCESOS DEL MANTENIMIENTO DE BUQUES	34
4.1.2 ESTANDARIZACIONES PARA EL MANTENIMIENTO.....	35
4.1.2.1 EN LA PLANIFICACION	36
4.1.2.2 EN LA EJECUCION.....	38
4.1.3 INDICADORES DE GESTION	43
CAPITULO 5.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1 CONCLUSIONES.....	47
5.1.1 CONCLUSIONES ESPECIFICAS.....	47
5.1.2 CONCLUSIONES GENERALES.....	48
5.2 SUMARIO DE CONTRIBUCIONES.....	49
5.3 RECOMENDACIONES.....	50
ANEXOS.....	51
ANEXO 1	51
CONFIGURACION DE BUQUES	51
ANEXO 2	54
ORDENES DE TRABAJO.....	54
BIBLIOGRAFÍA	55

CONTENIDO DE TABLAS

- TABLA 1: Configuración de Unidades**
- TABLA 2: Distribución de los tamaños muestrales**
- TABLA 3: Distribución de órdenes de trabajo por tipo de unidad**
- TABLA 4: Distribución de órdenes de trabajo por grupo de configuración**
- TABLA 5: Distribución de órdenes de trabajo del grupo de Comando y Vigilancia**
- TABLA 6: Distribución de órdenes de trabajo del grupo de Sistemas Auxiliares**
- TABLA 7: Distribución de órdenes de trabajo del grupo de Armamento**
- TABLA 8: Distribución de órdenes de trabajo internas del grupo de Comando y Vigilancia**
- TABLA 9: Indicadores de Tiempo**
- TABLA 10: Indicadores CMD**
- TABLA 11: Procedimiento general para reducción de fallas**
- TABLA 12: Acciones para la planificación del mantenimiento**
- TABLA 13: Lista de verificación de aspectos para la planificación del mantenimiento**
- TABLA 14: Registro de modo de fallas de equipos y sistemas**
- TABLA 15: Clasificación de la ocurrencia**
- TABLA 16: Clasificación de la severidad**
- TABLA 17: Indicadores de gestión**
- TABLA 18: Cronograma de actividades**
- TABLA 19: Gastos de personal**
- TABLA 20: Gastos de materiales**

CONTENIDO DE GRAFICOS

GRAFICO 1: Sistema típico de Mantenimiento

GRAFICO 2: Distribución de órdenes de trabajo por tipo de unidad

GRAFICO 3: Distribución de órdenes de trabajo por grupo de configuración

GRAFICO 4: Distribución de órdenes de trabajo del grupo de Comando y Vigilancia

GRAFICO 5: Distribución de órdenes de trabajo del grupo de Sistemas Auxiliares

GRAFICO 6: Distribución de órdenes de trabajo del grupo de Armamento

**GRAFICO 7: Distribución de órdenes de trabajo internas del grupo de Comando y
Vigilancia**

GRAFICO 8: Mapa de procesos en el mantenimiento de buques

GRAFICO 9: Flujo óptimo de registro de fallas

GRAFICO 10: Matriz de categorización de fallas

RESUMEN

El correcto funcionamiento de sistemas y equipos en un buque determinan el cumplimiento de los roles para los cuales fueron creados. El mantenimiento de los mismos aporta a la capacidad de operar de cada uno y en general a la operación de todo el buque. Por ese motivo resulta crítico que el mantenimiento de los equipos y sistemas sea realizado según lo establezcan los planes de mantenimiento expuestos por los proveedores y fabricantes de equipos y sistemas o por planes de mantenimiento desarrollados en base al análisis de registros de fallas tomadas de históricos de los diferentes equipos y sistemas.

El presente proyecto identificó los factores críticos del mantenimiento de buques sean estos equipos y sistemas, así como también a qué grupo están relacionados estos según la norma de configuración de buques, y que talleres y laboratorios realizaron los mantenimientos de los mismos.

A través de análisis cuantitativos basados en estadísticas descriptivas de los históricos de fallas se determinaron cuáles son los equipos y sistemas que más fallaron y el tiempo que conllevó su reparación en los respectivos talleres o laboratorios, para lo cual se calcularon indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, que permitieron dar un panorama más claro del mantenimiento de los equipos y sistemas de buques de la empresa analizada.

A partir de la evaluación realizada a través de los análisis estadísticos e indicadores, se plantea el mapa de procesos óptimo que permitirá optimizar el mantenimiento de equipos y sistemas de los buques, así como controlar la gestión del mismo a través de indicadores de gestión. De igual forma se elaboró el flujo óptimo de fallas que se debe aplicar para obtener la información necesaria para la elaboración de planes de mantenimiento que permitan tener una capacidad operativa alta y por ende el cumplimiento de sus roles.

CAPITULO 1

CONTEXTO

1.1 INTRODUCCION

Toda máquina o equipo sufre a lo largo de su vida una serie de degradaciones que si no son evitadas o eliminadas limitan la capacidad total para lo cual fueron creadas. Esto lleva a que cualquier máquina o equipo requiera a alguien que los maneje pero también a alguien que los repare; por lo tanto para obtener una tasa de utilización alta de de equipos y maquinarias se debe contar con un buen sistema de mantenimiento.

La capacidad operativa de un buque depende del eficiente funcionamiento de sus equipos, ya sean estos mecánicos, eléctricos o electrónicos. Cada uno de estos aporta a que la capacidad de operación se mantenga en un nivel óptimo en base a las necesidades de cada tipo de embarcación.

El propósito de este estudio es identificar los factores críticos de éxito en el mantenimiento de buques y establecer estándares que permitan mantener un alto nivel de capacidad operativa, reduciendo al mínimo el tiempo muerto de los equipos y maquinarias, mejorando la calidad del servicio de mantenimiento proporcionado e incrementando la productividad del funcionamiento de los mismos.

1.2 ANTECEDENTES

El creciente desarrollo tecnológico en todos los niveles exige un nivel superior de competencias para desarrollar productos y servicios que satisfagan las necesidades de los clientes.

Por este motivo todos los equipos que conformen el proceso productivo deben ser confiables y capaces de mantenerse el mayor tiempo posible en funcionamiento, evitando incurrir en reparaciones costosas.

Este desarrollo ha permitido definir a la función de mantenimiento como una actividad clave en empresas que sustentan su actividad en el funcionamiento de equipos, tal como es el caso de los buques, que sustentan su funcionamiento en un sinnúmero de equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos.

1.3 DIAGNOSTICO DE LA SITUACION PROBLEMÁTICA

1.3.1. FORMULACION DEL PROBLEMA

Brindar un mantenimiento oportuno es un punto clave a la hora de referirse a niveles óptimos de capacidad operativa de equipos y sistemas. Es por este motivo que se plantea como problemática el mantenimiento que se realiza a los diferentes equipos y sistemas que conforman un buque, ya sea este mantenimiento preventivo o correctivo.

1.3.2. OPORTUNIDADES DE MEJORA

A través de la realización de este proyecto se pretende identificar los factores críticos de éxito en el mantenimiento de equipos y sistemas de los buques con el propósito de establecer un modelo de gestión de mantenimiento que permita realizar los mantenimiento preventivos y correctivos de la manera más eficiente, considerando los factores críticos analizados.

1.4 DELIMITACIONES DEL PROYECTO

El presente proyecto esquematiza un modelo genérico de gestión del mantenimiento de los buques, basado en análisis estadísticos de datos históricos de fallas reportadas de los diferentes equipos y sistemas.

La identificación de los factores críticos es realizada para tener una perspectiva de la problemática a resolver, mas no para establecer acciones puntuales sobre las mismas, debido a que el propósito es establecer un modelo de gestión de mantenimiento óptimo y no simplemente establecer alguna acción sobre ese factor.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un modelo de gestión del mantenimiento que permita mantener un alto nivel de la capacidad operativa de los buques, basado en un enfoque de gestión por procesos y haciendo uso de herramientas estadísticas que aseguren la medición de los mismos.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el proceso considerado como factor crítico en el mantenimiento de los buques.
- Determinar los factores que inciden en la productividad del proceso considerado como factor crítico en el mantenimiento.
- Establecer objetivos que permitan que el modelo de gestión del mantenimiento asegure un alto nivel de capacidad operativa de los buques.

- Establecer indicadores de gestión que permitan medir el cumplimiento de los objetivos.
- Establecer estándares para los indicadores de gestión.

1.6 JUSTIFICACION

Toda máquina o equipo sufre a lo largo de su vida una serie de degradaciones que si no son evitadas o eliminadas limitan la capacidad total para lo cual fueron creadas. Esto lleva a que cualquier máquina o equipo requiera a alguien que los maneje pero también a alguien que los repare; por lo tanto para obtener una tasa de utilización alta de de equipos y maquinarias se debe contar con un buen sistema de mantenimiento.

La capacidad operativa de un buque depende del eficiente funcionamiento de sus equipos, ya sean estos mecánicos, eléctricos o electrónicos. Cada uno de estos aporta a que la capacidad de operación se mantenga en un nivel óptimo en base a las necesidades de cada tipo de embarcación.

El propósito de este estudio es identificar los factores críticos de éxito en el mantenimiento de buques, implementar un modelo de gestión del mantenimiento y establecer estándares que permitan mantener un alto nivel de capacidad operativa, reduciendo al mínimo el tiempo muerto de los equipos y maquinarias, mejorando la calidad del servicio de mantenimiento proporcionado e incrementando la productividad del funcionamiento de los mismos.

CAPITULO 2

MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO DE ANTECEDENTES

Gabriela Bernal (2006) en el Primer Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación (CTS+I) expresó que “El creciente desarrollo tecnológico en todos los niveles exige un nivel superior de competencias para desarrollar productos y servicios que satisfagan las necesidades de los clientes”. Por este motivo todos los equipos que conformen el proceso productivo deben ser confiables y capaces de mantenerse el mayor tiempo posible en funcionamiento, evitando incurrir en reparaciones costosas.

Este desarrollo ha permitido definir a la función de mantenimiento como una actividad clave en empresas que sustentan su actividad en el funcionamiento de equipos, tal como es el caso de los buques, que sustentan su funcionamiento en un sinnúmero de equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 GESTION POR PROCESOS

En el contexto de gestión de las empresas se utiliza la expresión “gestión por procesos”, la cual se explica más ampliamente. La gestión de las organizaciones se centra en los procesos que ejecutan, independientemente de la actividad a la que se dedique la empresa. Lo importante es identificar aquellos procesos claves de las empresas, cuáles son sus entradas, salidas, recursos y controles.

La Norma ISO 9000 establece como fundamento de los sistemas de gestión de calidad el “enfoque basado en procesos” que lo establece como:

“Cualquier actividad o conjunto de actividades que utiliza recursos para transformar elementos de entrada en resultados, puede considerarse como un proceso.

Para que las organizaciones operen de manera eficaz tienen que identificar y gestionar numerosos procesos interrelacionados y que interactúen. A menudo, el resultado de un proceso, constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso. La identificación y gestión sistemática de los procesos empleados en la organización y en particular las interacciones entre tales procesos, se conoce como “enfoque basado en procesos”

2.2.2 SISTEMA DE MANTENIMIENTO

Un sistema de mantenimiento puede considerarse como un modelo de gestión por procesos, en el cual tiene como entradas la mano de obra, administración, herramientas, refacciones, etc, y como salidas el equipo funcionando, confiable y bien configurado para su correcta operación.

En un sistema de producción la principal meta es elevar al máximo las utilidades a partir de las oportunidades disponibles en el mercado y la secundaria en lo referente a los aspectos económicos y técnicos del proceso de conversión.

Gráfico 1: Sistema Típico de Mantenimiento



Fuente: Sistema de Mantenimiento, Planeación y Control - Salih Duffuaa

2.3 MARCO CONCEPTUAL

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este tipo de mantenimiento se lo realiza cuando el equipo es incapaz de seguir operando. No es un mantenimiento planificado y se lo conoce como una estrategia de operación hasta que falle. Se aplica principalmente en equipos electrónicos.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este tipo de mantenimiento es planeado para hacer frente a fallas potenciales y puede realizarse con base al uso o las condiciones del equipo.

MANTENIMIENTO DE OPORTUNIDAD

Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo cuando surge la oportunidad. Estas pueden presentarse durante períodos de paros generales planeados de algún sistema y puede utilizarse para efectuarse tareas conocidas de mantenimiento.

DETECCIÓN DE FALLAS

Acto o inspección que se realiza para evaluar el nivel de presencia inicial de fallas.

FALLA

Cese de la capacidad de una entidad para realizar su función específica designada.

ORDEN DE TRABAJO

Instrucción realizada por un medio (escrito o informático), especificando el trabajo que debe realizarse, recursos de personal, material, tiempos y otros.

CONFIABILIDAD

Medida de probabilidad para una operación libre de fallas, durante un intervalo de tiempo dado, que se relaciona con la reducción en la frecuencia de las fallas.

MANTENIBILIDAD

Se relaciona con la duración de las paradas por mantenimiento; es decir el tiempo que se toma en lograr las acciones de mantenimiento. Las características de mantenibilidad se determinan usualmente por el diseño del equipo, el cual determina los procedimientos de mantenimiento y duración de los tiempos de reparación.

DISPONIBILIDAD

Medida que determina la frecuencia de que un sistema funcione correctamente y listo para operar. Esta frecuencia se expresa como $(\text{tiempo en servicio})/(\text{tiempo en servicio} + \text{tiempo en parada})$.

El tiempo en servicio se refiere a la capacidad para desempeñar la tarea y el tiempo de parada se refiere a cuando no se tiene la capacidad para desempeñar la tarea.

CONFIGURACIÓN DE BUQUES

Norma internacional ESWBS(EXPENDED SHIP WORK BREAKDOWN STRUCTURE) que permite configurar un buque estructuralmente en grupos, subgrupos, sistemas y equipos (ver más en anexo 1). Los principales grupos de esta norma son los siguientes:

Tabla 1: Configuración de Unidades

CODIGO	DESCRIPCION
G100	CASCO Y ESTRUCTURA
G200	SISTEMA DE PROPULSION
G300	SISTEMA ELECTRICO
G400	COMANDO Y VIGILANCIA
G500	SISTEMAS AUXILIARES
G600	EQUIPOS Y ACCESORIOS EN GENERAL
G700	ARMAMENTO

CAPITULO 3

DISEÑO METODOLOGICO

3.1 INTRODUCCION AL DISEÑO

Para el desarrollo de este proyecto se ha considerado la realización de un análisis estadístico descriptivo de datos históricos de las órdenes de trabajo (ver anexo 2) generadas por cada uno de los buques. A partir de este análisis se puede tener una perspectiva más amplia de los problemas que pueden presentarse en el mantenimiento de los diferentes equipos y sistemas desde que se reporta la falla hasta que se ejecuta la reparación y el equipo queda completamente operativo.

3.2 ENFOQUE DEL ESTUDIO

El enfoque que se le ha dado al presente proyecto es el establecimiento de un modelo genérico de gestión del mantenimiento basado en el análisis descriptivo de las órdenes de trabajo (O/T) generadas por los buques. Este modelo puede ser ajustado en base a las necesidades y características de cada organización.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 POBLACION

Para el estudio se ha considerado 53689 órdenes de trabajo generadas en el periodo 2006 - 2007 por una empresa dedicada al mantenimiento de buques a la cual llamaremos “EMPRESA XYZ”, debido a la confidencialidad de los datos utilizados.

3.3.2 MUESTRA

Para efecto de minimizar el tiempo utilizado en analizar los datos de este proyecto se ha considerado un muestreo estratificado proporcional para poblaciones infinitas con un nivel de confianza del 95% y un error del 5%. La fórmula aplicada para este cálculo es:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 PQ}{e^2}$$

P	0.5
Q	0.5

$$Z_{\alpha/2} = 1.96$$
$$e^2 = 0.0025$$

Para este nivel de confianza y error se calculó un tamaño muestral de 384 distribuido proporcionalmente en los siguientes tipos de buques:

Tabla 2: Distribución de los tamaños muestrales

TIPO DE BUQUE	CANTIDAD DE O/T	% DE O/T	TAMAÑO MUESTRA
TIPO A	30039	56%	215
TIPO B	7438	14%	53
TIPO C	6775	13%	48
TIPO D	4492	8%	32
TIPO E	4033	8%	29
TIPO F	912	2%	7
TOTAL	53689	100%	384

3.4 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

TIPO DE BUQUE

Esta variable define el tipo de buque que generó una orden de trabajo. Este tipo puede ser tipo A, tipo B, tipo C, tipo D, tipo E y tipo F. Los tipos de buques están dados en base a la función para la cual fueron creados.

UNIDAD

Esta variable permite identificar todos los buques clasificados según la variable “tipo de buque”. El TIPO A tiene las unidades A1, A2, A3, A4, A5 y A6. El tipo B tiene las unidades B1 y B2. El TIPO C tiene las unidades C1, C2, y C3. El TIPO D tiene las unidades D1, D2, D3, D4 y D5. El TIPO E tiene las unidades E1, E2, E3 y E4. El TIPO F tiene las unidades F1, F2 y F3.

GRUPO

Esta variable define a qué nivel de configuración está asociada un sistema o un equipo que ha reportado una falla y ha solicitado una orden de trabajo.

CATEGORÍA

Esta variable permite definir el sistema específico que ha reportado una falla y ha solicitado una orden de trabajo.

3.5 ANALISIS ESTADISTICO

3.5.1 CON RESPECTO AL TIPO DE UNIDAD

Debido a que existen diversos tipos de buques es importante considerar qué tipo de unidades son las que generan la mayor cantidad de órdenes de trabajo, para en un posterior análisis verificar los motivos.

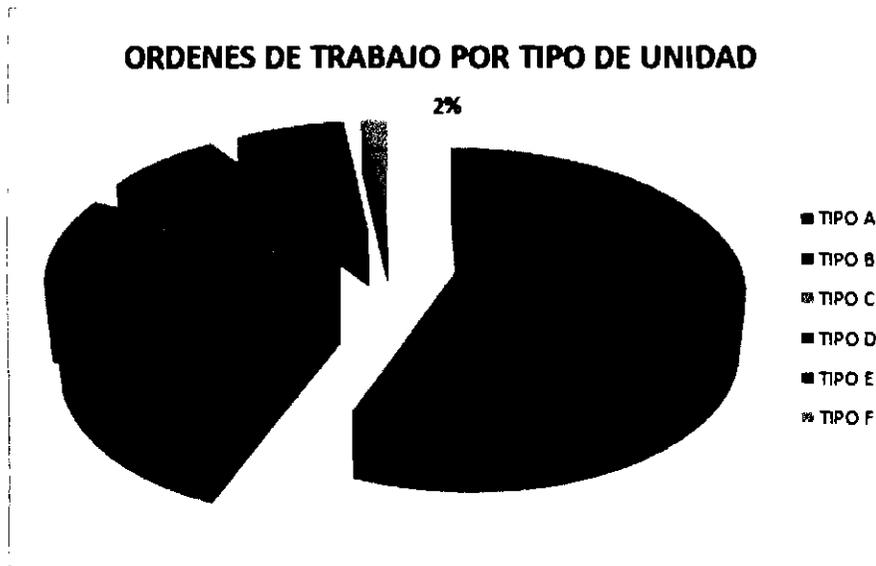
La cantidad de O/T generadas depende del número de unidades que existe de cada tipo y del estado de confiabilidad y disponibilidad de las mismas.

De las órdenes de trabajo muestreadas se obtuvo, que estaban distribuidas de la siguiente manera según el tipo de unidad:

Tabla 3: Distribución de O/T por Tipo de Unidad

TIPO DE UNIDAD	CANTIDAD DE O/T	% DE O/T
TIPO A	215	56%
TIPO B	53	14%
TIPO C	48	13%
TIPO D	32	8%
TIPO E	29	8%
TIPO F	7	2%
TOTAL	384	100%

Gráfico 2: Distribución de O/T por Tipo de Unidad



*Elaborado por: Ing. Octavio Rugel G.
Fuente: Ordenes de trabajo de empresa XYZ (2006 – 2007)*

El 56% de las O/T fueron generadas por el tipo de buque A, el 14% las generó el tipo de buque B, el 12% las generó el tipo de buque C. Los tipos de unidades D y E generaron 8% de las O/T cada una; mientras que el 2% de las O/T fueron generadas por las unidades tipo F.

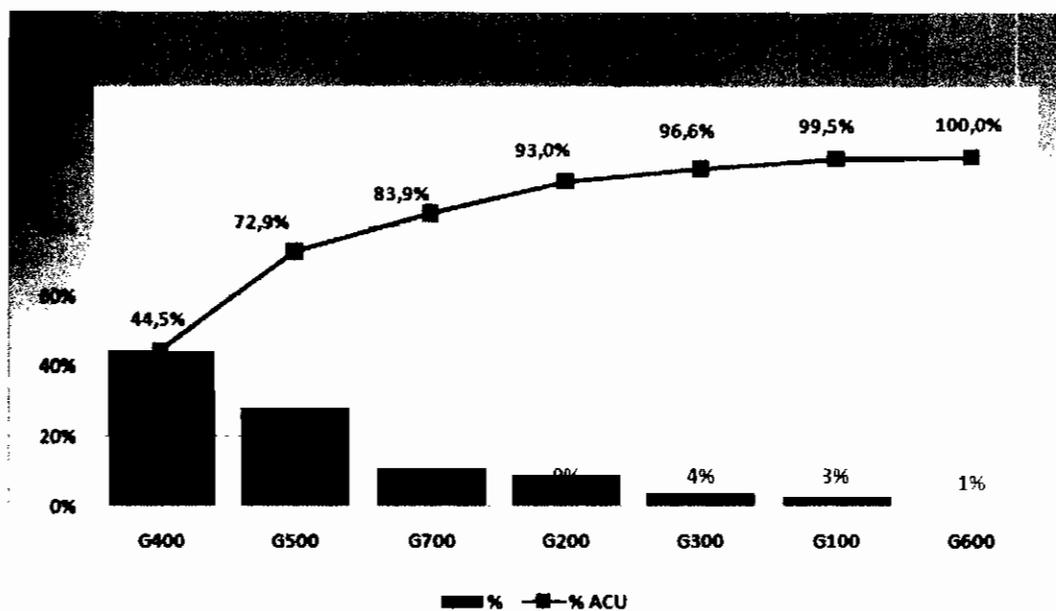
3.5.2 CON RESPECTO A LOS GRUPOS DE CONFIGURACIÓN

Todos los tipos de unidades consideradas en este proyecto están configuradas según la norma internacional ESWBS. Según los datos muestreados, las órdenes de trabajo están distribuidas según la norma de configuración de la siguiente manera:

Tabla 4: Distribución de O/T por grupo de configuración

GRUPO	CANTIDAD DE O/T	% DE O/T
G400	171	45%
G500	109	28%
G700	42	11%
G200	35	9%
G300	14	4%
G100	11	3%
G600	2	1%
TOTAL	384	100%

Gráfico 3: Distribución de O/T por Grupo de Configuración



Elaborado por: Ing. Octavio Rugel G.

Fuente: Ordenes de trabajo de empresa XYZ (2006 – 2007)

Los grupos de Comando y Vigilancia (G400), Sistemas Auxiliares (G500) y Armamento (G700) representan el 83.9% de las órdenes de trabajo muestreadas. Es decir que estos tres grupos generan más del 80% de las órdenes de trabajo totales.

Considerando que los grupos 400, 500 y 700 representan más del 80% de las órdenes de trabajo generadas, se presentan a continuación cuáles son los sistemas de estos grupos que solicitaron mantenimientos.

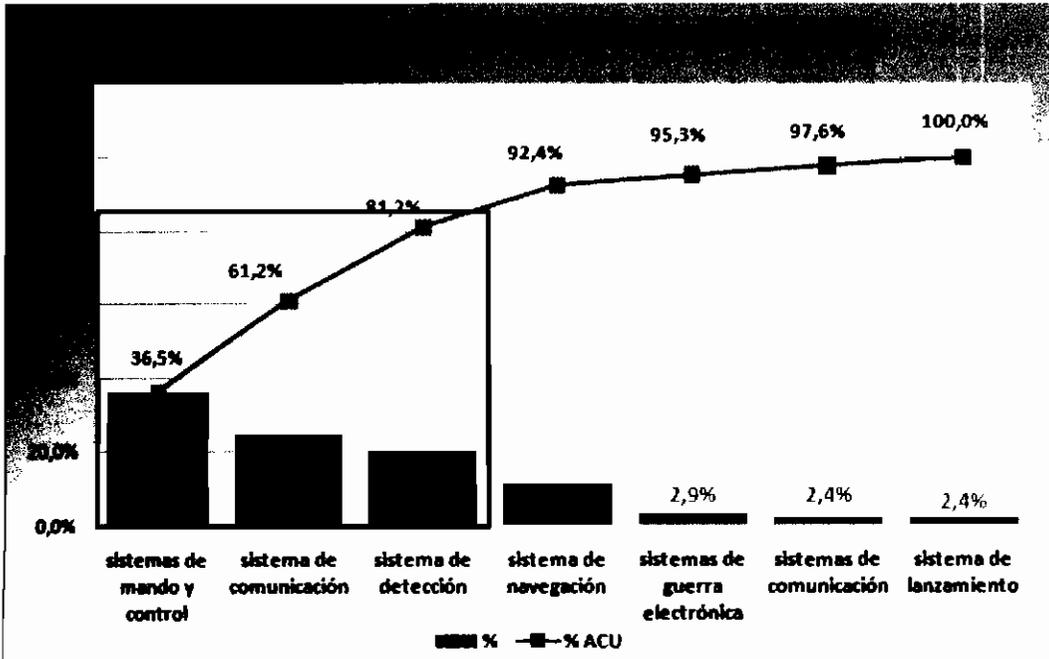
GRUPO 400

Este grupo engloba todos los sistemas y equipos electrónicos que forman parte de un buque. A continuación se presentan los sistemas electrónicos que generaron órdenes de trabajo para este grupo según los datos muestreados.

Tabla 5: Distribución de O/T de G400

GRUPO 400	CANTIDAD DE O/T	% DE O/T
Sistemas de mando y control	62	36.5%
Sistema de comunicación	42	24.7%
Sistema de detección	34	20.0%
Sistema de navegación	19	11.2%
Sistemas de guerra electrónica	5	2.9%
Sistemas de comunicación	4	2.4%
Sistemas de lanzamiento	4	2.4%
TOTALES	170	100.0%

Gráfico 4: Distribución de O/T de G400



Elaborado por: Ing. Octavio Rugel G.
Fuente: Ordenes de trabajo de empresa XYZ (2006 – 2007)

Del grupo de Comando y Vigilancia los sistemas de Mando y Control, Comunicación y de Detección representan el 81.2% del total de órdenes de trabajo generadas para todo este grupo.

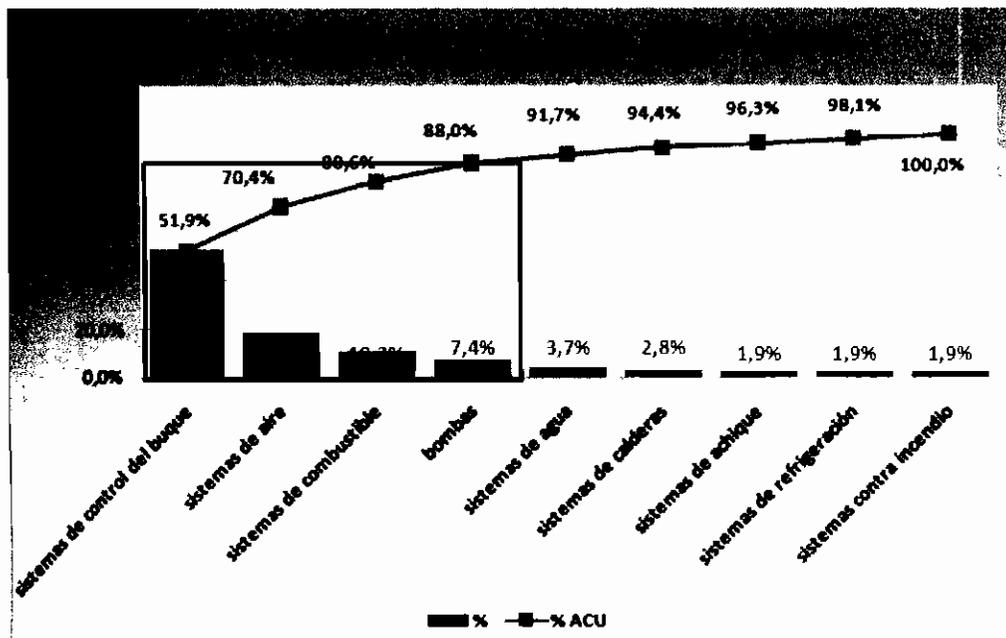
GRUPO 500

Este grupo contempla todos los sistemas auxiliares de un buque, tal como son Sistemas de Combustible, Agua, Refrigeración, Aire, entre otros. A continuación se presentan los sistemas auxiliares que generaron órdenes de trabajo en la muestra analizada en el período indicado.

Tabla 6: Distribución de O/T de G500

GRUPO 500	CANTIDAD DE O/T	% DE O/T
Sistemas de control del buque	56	51.9%
Sistemas de aire	20	18.5%
Sistemas de combustible	11	10.2%
Bombas	8	7.4%
Sistemas de agua	4	3.7%
Sistemas de calderas	3	2.8%
Sistemas de achique	2	1.9%
Sistemas de refrigeración	2	1.9%
Sistemas contra incendio	2	1.9%
TOTALES	108	100.0%

Gráfico 5: Distribución de O/T de G500



Elaborado por: Ing. Octavio Rugel G.

Fuente: Ordenes de trabajo de empresa XYZ (2006 – 2007)

El 88% de las órdenes de trabajo generadas para el grupo de sistemas auxiliares fue para solicitar mantenimientos a los sistemas de control del buque, sistemas de aire, sistemas de combustible y bombas.

GRUPO 700

En este grupo se contempla todo tipo de armamento mayor y menor, así como también el almacenamiento y custodio de la misma. A continuación se presenta cómo se distribuyeron las órdenes de trabajo en este grupo.

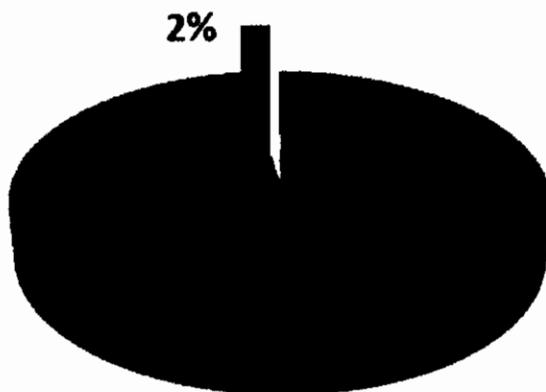
Tabla 7: Distribución de O/T de G700

GRUPO 700	CANTIDAD DE O/T	% DE O/T
Armamento mayor	43	97.7%
Almacenamiento de munición	1	2.3%
TOTALES	44	100.0%

Gráfico 6: Distribución de O/T de G700

ORDENES DE TRABAJO POR SISTEMAS (G700)

■ armamento mayor ■ almacenamiento de munición



Elaborado por: Ing. Octavio Rugel G.

Fuente: Ordenes de trabajo de empresa XYZ (2006 – 2007)

El 98% de las órdenes de trabajo generadas para el grupo de armamento se realizaron para solicitar mantenimientos al armamento mayor de los buques.

3.5.3 INDICADORES DE SISTEMAS Y EQUIPOS CRITICOS

Los sistemas y equipos críticos considerados para medir confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad fueron los del grupo 400 agrupados en los sistemas de mando y control debido al acceso a los datos.

Los diferentes mantenimientos de equipos electrónicos se realizan en laboratorios especializados. A continuación se presenta la distribución de órdenes de trabajo internas generadas en el 2007 para los diferentes laboratorios:

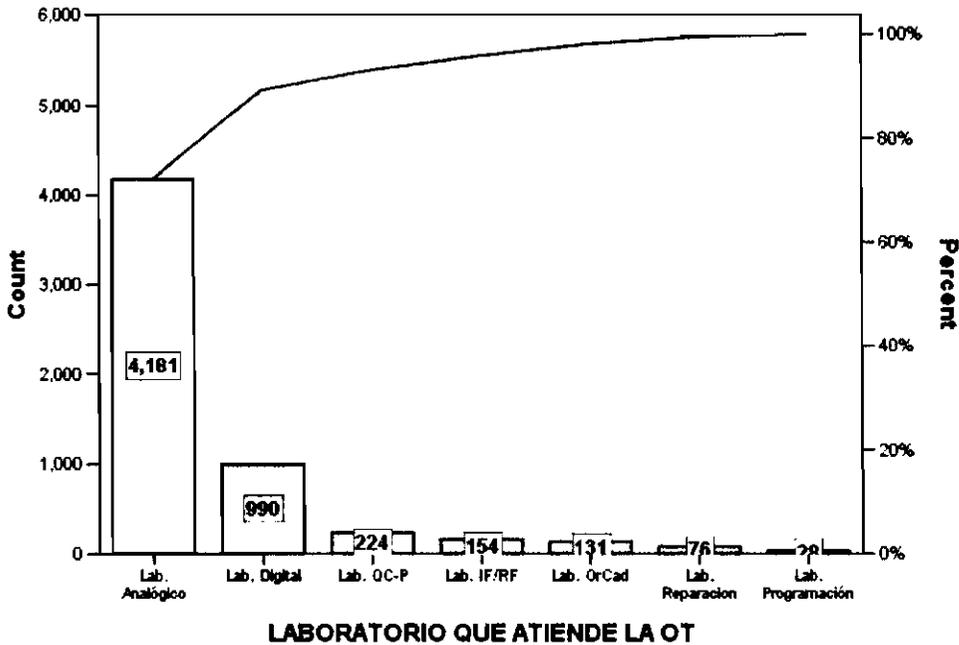
Tabla 8: Distribución de O/T internas del G400

Laboratorio	Cantidad de O/T	% de O/T
Lab. Analógico	4181	72%
Lab. Digital	990	17%
Lab. QC-P	224	4%
Lab. IF/RF	154	3%
Lab. OrCad	131	2%
Lab. Reparación	76	1%
Lab. Programación	28	0%
Total general	5784	100%

Como se puede observar el laboratorio que más órdenes de trabajo internas atendió fue el laboratorio Analógico con el 72% del total de órdenes de trabajo generadas en el año 2007.

Gráfico 7: Distribución de O/T internas de laboratorios del G400

PARETO DE ORDENES DE TRABAJO DE LABORATORIOS DEL GRUPO 400



Elaborado por: Ing. Octavio Rugel G.
 Fuente: Ordenes de trabajo de empresa XYZ (2006 – 2007)

El 83% de los equipos específicos que recibieron mantenimiento en los laboratorios mencionados anteriormente lo representan 4 equipos que pertenecen al grupo de mando y control. Debido a que son equipos electrónicos muy complejos y por guardar la confidencialidad de los datos proporcionados por la empresa XYZ llamaremos a estos equipos E₁, E₂, E₃ y E₄.

A continuación se presenta la cantidad de fallas que tuvieron los equipos en el año 2007, los tiempos medios entre fallas y el tiempo medio de reparación; todos los indicadores están en días. Estos indicadores fueron calculados a través de una hoja electrónica en Excel con los tiempos tomados del reporte de fallas de los equipos y sistemas en el período mencionado.

Tabla 9: Indicadores de Tiempo

EQUIPO	# FALLAS EN EL AÑO	Tiempo medio entre fallas (TMEF) (días)	Tiempo medio de reparación (TMR)	λ (1/TMEF) (días)
E ₁	53	6.887	170.974	0.145
E ₂	103	3.544	131.128	0.282
E ₃	416	0.877	118.256	1.140
E ₄	98	3.724	95.067	0.268
Total general	670	0.545	121.013	1.836

El equipo E₁ ha tenido 53 fallas en el año 2007, teniendo un tiempo promedio entre fallas de 6.88 días, 170.97 días en promedio de reparación y un coeficiente de 0.145 para el cálculo del indicador de mantenibilidad.

El equipo E₂ ha tenido 103 fallas en el año 2007, teniendo un tiempo promedio entre fallas de 3.54 días, 131.12 días en promedio de reparación y un coeficiente de 0.282 para el cálculo del indicador de mantenibilidad.

El equipo E₃ ha tenido 416 fallas en el año 2007, teniendo un tiempo promedio entre fallas de 0.877 días, 118.25 días en promedio de reparación y un coeficiente de 1.14 para el cálculo del indicador de mantenibilidad.

El equipo E₄ ha tenido 98 fallas en el año 2007, teniendo un tiempo promedio entre fallas de 3.724 días, 95.06 días en promedio de reparación y un coeficiente de 0.268 para el cálculo del indicador de mantenibilidad.

La siguiente tabla muestra los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad medidos para los cuatro equipos considerados críticos luego del análisis realizado.

Tabla 10: Indicadores CMD

EQUIPO	CONFIABILIDAD (TMEF)/(TMEF+TMR)	MANTENIBILIDAD (1 - EXP(-λ))	DISPONIBILIDAD (365 - TMR)/(365)
E ₁	3.9%	14%	53%
E ₂	2.6%	25%	64%
E ₃	0.7%	68%	68%
E ₄	3.8%	24%	74%

El equipo E₁ presenta una confiabilidad de 3.9%, siendo un valor sumamente bajo, lo que implica que el equipo está teniendo muchas fallas. La mantenibilidad de 14% indica que los tiempos de mantenimiento de este equipo son relativamente bajos, es decir se reparan de forma rápida. La disponibilidad del 53% representa el tiempo que tendría disponible en el año para operar el equipo.

La confiabilidad del equipo E₂ es del 2.6%, representando esto un alto nivel de fallas del equipo. La mantenibilidad de 25% representa una capacidad alta de mantenimiento y la disponibilidad del 64% indica la el tiempo .con el que podría operar el equipo con las fallas presentadas.

El equipo E₃ representa la más baja confiabilidad con 0.7%, indicando que es el equipo que más fallas registra. El indicador de mantenibilidad de 68% expresa que este equipo amerita de un tiempo alto para su reparación y la disponibilidad del 68% indica el tiempo en que operaría el equipo en las condiciones dadas.

La confiabilidad del equipo E₄ es del 3.8%, representando un alto nivel de fallas al igual que el resto de equipos. La mantenibilidad del 24% indica que en promedio este equipo requería un tiempo de mantenimiento relativamente alto. La disponibilidad del 74% indica que este equipo tiene un alto grado de operación a pesar de las fallas presentadas.

3.6 CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El diseño e implementación de este proyecto está planificado para un tiempo de cinco meses, tal como se observa en el siguiente cronograma:

Tabla 18: Cronograma de Actividades

ACTIVIDAD	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5
Análisis de datos históricos					
Análisis de situación actual					
Diseño del sistema de gestión					
Implementación del Sistema					

Para el desarrollo del presente proyecto es necesario considerar los siguientes gastos en los que se incurre en la realización del mismo.

Tabla 19: Gastos de Personal

ITEM	CANTIDAD	VALOR/HR	TOTAL DE HRS.	TOTAL
Asesores	1	\$ 30.00	100	\$ 3,000.00
Movilización/viáticos	-	-	-	\$ 500.00
Total de Personal				\$ 3,500.00

Tabla 20: Gastos de Materiales

ITEM	CANTIDAD	COSTO UNIT	TOTAL
Computador	1	\$ 150.00	\$ 150.00
Impresora	1	\$ 80.00	\$ 80.00
Software(Licencia SPSS)	1	\$ 250.00	\$ 250.00
Resmas de papel	4	\$ 5.00	\$ 20.00
Cartuchos de tinta	4	\$ 15.00	\$ 60.00
Otros	-	-	\$ 50.00
Total de materiales			\$ 610.00

TOTAL DEL PROYECTO	\$ 4110
-------------------------------	----------------

Los gastos de personal incluyen la asesoría por parte de una persona especialista en sistemas de Gestión de Calidad, al igual que los gastos por movilización y alimentación del mismo.

Los gastos materiales incluyen el uso de computador, impresora, suministros de oficina y otros gastos adicionales como energía eléctrica, agua, etc.

El presupuesto total del proyecto es de 4110 dólares americanos.

CAPITULO 4

PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

4.1 ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Luego de los análisis realizados a órdenes de trabajo generadas por las diferentes unidades, los grupos en base a la norma de configuración, los sistemas y equipos específicos de estos grupos, se observa que no existe un procedimiento que permita obtener información de calidad para establecer un indicador para medición del mantenimiento y operación de los equipos y sistemas. Por ese motivo se considera la elaboración de un procedimiento general para reducción de fallas.

Tabla 11: Procedimiento general para reducción de fallas

EMPRESA XYZ	REDUCCION DE FALLAS	PG-001
1.- Recopilar información histórica sobre fallas repetitivas		
- Identificar averías y fallos repetitivos, clasificarlos por tipo de equipo o sistema		
- Identificar las causas de los fallos		
- Levantar información de costos de reparación, TMEF, TMR		
- Identificar acciones correctivas utilizadas en el pasado		
2.- Identificar las causas y sus factores		
- Realizar análisis de Causa/efecto		
- Implementar acciones de emergencia y estudiar acciones definitivas		
- Preparar controles para medir las mejoras		
3.- Identificar fallas en equipos similares		
- Evaluar posibles repeticiones de fallas en equipos similares		
- Desarrollar un sistema de inspección para esta clase de fallas		
- Incluir estas acciones como parte del mantenimiento planificado		

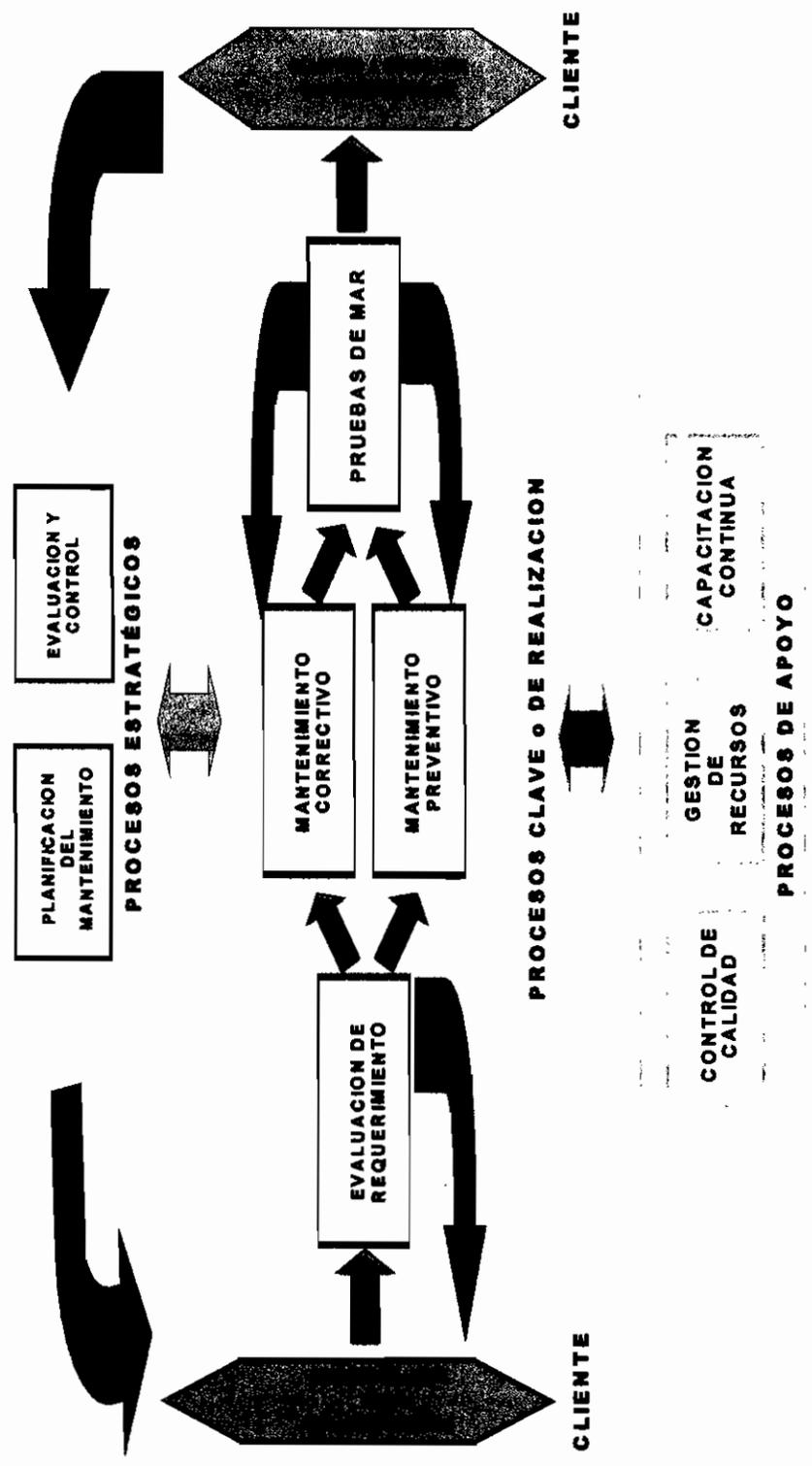
4.- Prevenir repetición en equipos similares		
- Documentar las acciones correctivas y preventivas para cada falla		
- Preparar el plan de mantenimiento preventivo		
- Evaluación de los resultados obtenidos		
5.- Estandarizar los resultados		
- Establecer puntos de control (estadísticamente)		
- Modificación de planes de mantenimiento preventivo		
- Documentar las mejoras para futuros estudios de fiabilidad de equipos		
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

Elaborado por: Ing. Octavio Rugel G.

Fuente: Curso de Análisis de fallas, Omar Aguilar, Santiago 2004

4.1.1 MAPEO DE PROCESOS DEL MANTENIMIENTO DE BUQUES

Gráfico 8: Mapa de procesos en el mantenimiento de buques



Se consideran procesos estratégicos tanto a la planificación de los mantenimientos, ya sea para los mantenimientos preventivos, recorridos y modernizaciones de las unidades; así mismo a la evaluación y control de la gestión integral del mantenimiento.

Los procesos claves que intervienen en el mantenimiento de buques son:

- Evaluación del requerimiento; se determina si el requerimiento solicitado es válido en base a la información proporcionada.
- Mantenimiento Preventivo o Correctivo; se realiza el mantenimiento del sistema o equipo que ha presentado fallas en caso de ser un correctivo o se ejecuta un mantenimiento planificado basado en un modo de fallas en el caso de un preventivo.
- Pruebas de mar; se realizan las pruebas necesarias para comprobar que el sistema o equipo trabaja correctamente con todas sus capacidades de funcionamiento.

Los procesos de apoyo considerados son el control de calidad para verificación de la calidad del mantenimiento realizado, la gestión de los recursos, donde se contempla el financiamiento de los mantenimientos, así como también recurso humano y material, y la capacitación continua del personal técnico que debe estar al día en el mantenimiento de los equipos y sistemas de las unidades.

4.1.2 ESTANDARIZACIONES PARA EL MANTENIMIENTO

Debido a la importancia que tiene el mantenimiento para la operatividad de los diferentes equipos y sistemas que comprenden un buque, resulta indispensable establecer ciertos lineamientos y bases de información que permitan asegurar un mantenimiento adecuado en el tiempo indicado que aumente la operatividad y capacidad de funcionamiento de los mismos.

4.1.2.1 EN LA PLANIFICACION

La Planificación del mantenimiento es importante debido a que permite evitar o minimizar fallas imprevistas, reparar fallas declaradas, fortalecer la seguridad, evitar condiciones que incrementen el desgaste de equipos y sistemas, limpieza de ciertos sistemas y calibración de instrumentos y sistemas de control.

Para asegurar la calidad en la planificación del mantenimiento es importante que se lleven registros de Frecuencia, secuencia, costos de mantenimiento entre otros. También debe considerarse que para mejorar la planificación se debe realizar recorridos de inspección, análisis de órdenes de trabajo repetitivas, análisis de fallas y gráficos de control.

Para la elaboración de la Planificación del mantenimiento se deben considerar acciones inmediatas y mediatas, las cuales se muestran a continuación:

Tabla 12: Acciones para la Planificación del Mantenimiento

INMEDIATA	MEDIATA
- Recomendaciones del fabricante del equipo o sistema	- Investigación propia sobre comportamiento de equipos y/o partes
- Recomendaciones del fabricante de la parte del equipo o sistema	- Aplicación de nuevas tecnologías de equipos o de sistemas de monitoreo
- Experiencia de personal técnico en equipos similares	

A continuación se presenta una lista de verificación en la cual se detalla aspectos importantes que deben considerarse para la planificación integral del mantenimiento de equipos y sistemas de los buques.

Tabla 13: Lista de verificación de aspectos para la planificación del mantenimiento

ASPECTOS A CUBRIR		SI	NO
Disponibilidad de almacenamiento de equipos desmontados			
Equipos de verificación y pruebas para realizar control y evaluación de calidad del mantenimiento			
Herramienta de gestión de O/T			
Listado de herramientas necesarias para mantenimientos específicos			
Manuales técnicos de equipos y sistemas (operación y mantenimiento)			
Personal capacitado para realizar mantenimientos			
Plan de adquisición de repuestos y materiales para mantenimientos preventivos			
Plan de mantenimientos preventivos por sistemas y equipos			
Plan de renovación de equipos y sistemas en base al tiempo de vida útil de los mismos			
Presupuesto de acorde a las necesidades de los mantenimientos			
Registro de mantenimientos realizados			
Registro de proveedores de materiales y repuestos calificados en base a las necesidades			
Registro de proveedores de servicios de mantenimiento (en caso de ser necesario contratación)			
Registro de tiempos promedios para los mantenimientos planificados			
Stock de inventario de repuestos y materiales			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Fecha:	Fecha:	Fecha:	

Elaborado por: Ing. Octavio Rugel G.

Fuente: Curso de Análisis de fallas, Omar Aguilar, Santiago 2004

4.1.2.2 EN LA EJECUCION

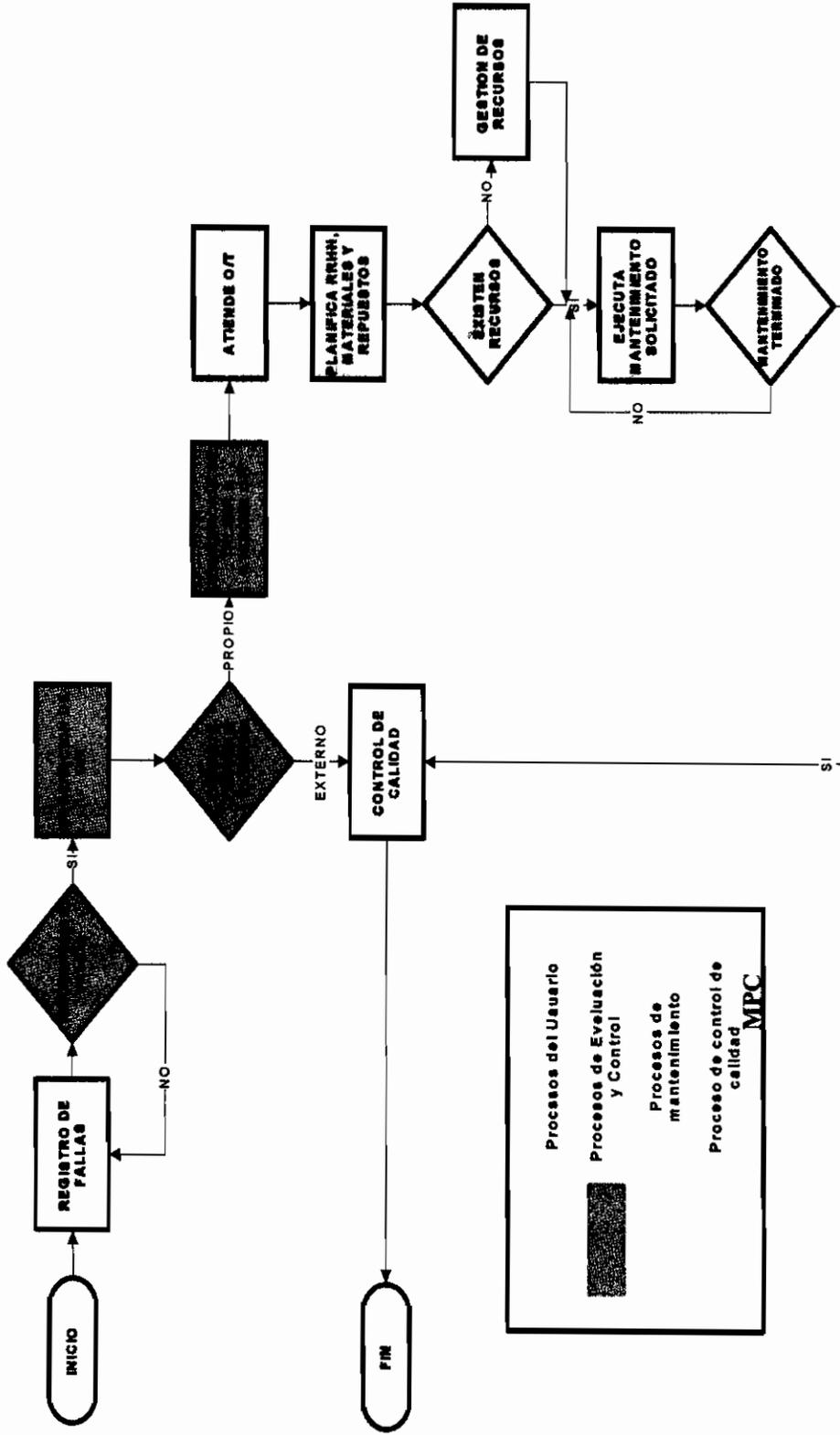
En el mapa de procesos se puede observar que la ejecución del mantenimiento inicia a través de un requerimiento del usuario, por lo que es importante que la información que se suministre en el requerimiento sea la más idónea para evitar retrasos por fluidez de la orden de trabajo.

El mantenimiento preventivo depende en gran parte de la planificación que se realice. De este mantenimiento pueden estimarse más fácilmente costos, tiempos y tareas, debido a que gran parte de los mismos parten de las recomendaciones que realizan los fabricantes de los sistemas, equipos y partes a través de los manuales de operación y mantenimiento.

La gestión del mantenimiento correctivo resulta un poco más compleja y es necesario que se realicen análisis históricos de los datos registrados para verificar tendencias y se establezcan mantenimientos preventivos que reduzcan la inoperatividad de los equipos y sistemas.

A continuación se presenta el flujo óptimo de registro de fallas de equipos y sistemas de buques para obtener la información necesaria para el correcto análisis de la misma.

Gráfico 9: Flujo óptimo de registro de fallas



Procesos del Usuario

Procesos de Evaluación y Control

Procesos de mantenimiento

Proceso de control de calidad

MPC

La información que se genere a través del flujo del registro de la falla servirá para medir a través de indicadores el nivel de productividad en el funcionamiento y mantenimiento de los equipos y sistemas. Por este motivo es importante poner a consideración la información mínima necesaria para obtener los indicadores de gestión.

A continuación se presenta una tabla en la que consta información básica a registrarse para fallas de los equipos y sistemas.

Tabla 14: Registro de modo de fallas de equipos y sistemas

SISTEMA	EQUIPO	MODO DE FALLA	FRECUENCIA (ANUAL)	IMPACTO (HRS)	PERDIDA TOTAL (HRS/AÑO)

Se puede observar que es necesario registrar a qué equipo y sistema se le va a registrar el modo de falla, la frecuencia al año con la que ocurre este modo de falla y el impacto que genera (expresado en horas). La pérdida total resulta del producto entre el impacto y la frecuencia. El impacto y la pérdida total pueden ser expresados en términos monetarios para obtener un indicador de gastos por mantenimiento.

Luego de registrar los modos de falla es necesario establecer prioridades, para lo cual se ha considerado los criterios de ocurrencia y severidad que se relacionan con la frecuencia de la falla y el grado del impacto de la falla respectivamente.

La ocurrencia de la falla está clasificada en base a la siguiente tabla que se muestra a continuación:

Tabla 15: Clasificación de la Ocurrencia

CLASIFICACION	DESCRIPCION DE LA FRECUENCIA
1	No se espera que ocurra durante la vida útil del equipo o sistema
2	Se espera que ocurra al menos una vez al año
4	Se espera que ocurra al menos una vez en el semestre
8	Se espera que ocurra al menos una vez al mes

De igual forma se establece la clasificación de la severidad de la falla, para lo cual también se presenta la siguiente tabla.

Tabla 16: Clasificación de la Severidad

CLASIFICACION	MEDIO AMBIENTE	PERDIDA DE PRODUCCION	DAÑOS A EQUIPOS O INSTALACIONES
1	Daño potencial mediano	Menos de 1 hora	Menos de 1000 dólares
2	Sin problemas del tipo legal o mediático	De 1 a 8 horas	De 1000 a 5000 dólares
4	Con problemas de tipo legal o mediático	De 8 a 24 horas	De 5000 a 20000 dólares
8	Problemas de tipo mediático Nacional e Internacional	Más de 24 horas	Más de 20000 dólares

Con las clasificaciones de ocurrencia y severidad se puede armar la matriz de categorización de fallas. La prioridad resulta del producto entre la clasificación de la ocurrencia y la severidad.

Gráfico 10: Matriz de categorización de fallas

O	8	16	32	64
C	4	8	16	32
U	2	4	8	16
R	1	2	4	8
R				
E				
N				
C				
I				
A				

SEVERIDAD

Una prioridad de 1 a 4 se interpreta como de menor significancia. Indica un menor riesgo y ocasionalmente no se toma acción alguna sobre estas fallas.

La prioridad de 8 se interpreta como de significancia moderada. Indica un riesgo moderado y ocasionalmente de toma alguna acción sobre estas fallas.

La prioridad de 16 establece un alto riesgo, por lo que se realizan evaluaciones selectivas para implementar mejoras específicas.

La prioridad de 32 a 64 se interpreta como un riesgo crítico. Se realizan cambios significativos en el sistema, se modifica el diseño y se mejora la fiabilidad de cada uno de los componentes.

4.1.3 INDICADORES DE GESTION

Es indispensable gestionar el mantenimiento a través de indicadores que permitan tener una perspectiva clara de la situación actual del servicio que se está brindando. Por ese motivo se ha planteado indicadores de gestión que sirvan para controlar el proceso integral de mantenimiento de los buques.

Los indicadores planteados están basados en medir los procesos claves que intervienen en el servicio de mantenimiento que se brinda.

Tabla 17: Indicadores de Gestión

PROCESO	OBJETIVO	RESPONSIBLE	INDICADOR	FORMULA	FRECUENCIA	META
Planificación del Mantenimiento	Ejecutar las tareas de planificación del mantenimiento integral (actividades, presupuestos, cronogramas)	Dirección de Mantenimiento	% asignación de recursos para mantenimientos	Total de recursos asignados / Total de Recursos planificados	cuatrimestral	100%
			% de ejecución del Plan de capacitaciones	Total de capacitaciones ejecutadas / Total de capacitaciones planificadas	cuatrimestral	100%
			% de O/T realizadas por empresas externas	Total de O/T ejecutadas por empresas externas / Total de O/T generadas	mensual	10%

Tabla 17: Indicadores de Gestión

PROCESO	OBJETIVO	RESPONSIBLE	INDICADOR	FORMULA	FRECUENCIA	META
Evaluación y Control	Evaluar los mantenimientos realizados y controlar la ejecución de proyectos de mantenimiento integral	Direccionamiento Estratégico y Evaluación de Gestión	% ejecución presupuestaria planificada	Total de dinero gastado en mantenimientos planificados/Total de dinero planificado	trimestral	100%
			% avance del Plan de mantenimiento anual	Total de mant. Ejecutados / Total de mant. Planificados	trimestral	100%
Evaluación de requerimientos	Evaluar la calidad de la información proporcionada por el usuario para que se genere la respectiva O/T para un mantenimiento específico	Usuario	% de solicitud de requerimientos rechazados	Total de requerimientos rechazados/ total de requerimientos realizados	mensual	10%
Mantenimiento Preventivo	Ejecutar mantenimientos planificados en base a los requerimientos realizados	Área o sección técnica especialista	% de ejecución de mantenimientos preventivos	Total de O/T ejecutadas por mant. Preventivos / Total de O/T generadas para mant. Internos	mensual	100%

Tabla 17: Indicadores de Gestión

PROCESO	OBJETIVO	RESPONSIBLE	INDICADOR	FORMULA	FRECUENCIA	META
Mantenimiento Correctivo	Ejecutar mantenimientos no planificados de equipos que presentan fallas	Área o sección técnica especialista	% de ejecución de mantenimientos correctivos	Total de O/T ejecutadas por mant. Correctivos / Total de O/T de mant. Correctivo generadas	mensual	80%
Pruebas	Realizar pruebas en mar y tierra de equipos y sistemas que han recibido mantenimiento	Área o sección técnica especialista	% de pruebas exitosas en el primer intento	Total de pruebas exitosas al primer intento / Total de pruebas realizadas	mensual	80%
Control de Calidad	Realizar el control de calidad en el mantenimiento, materiales, repuestos y personal	Área o sección técnica especialista	% de informes positivos de control de calidad	Total de informes de calidad emitidos con resultados positivos / Total de informes de calidad realizados	mensual	90%

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

5.1.1 CONCLUSIONES ESPECIFICAS

El trabajo realizado con la empresa XYZ permite tener una perspectiva acerca del servicio de mantenimiento que se realiza a buques. Se ha evidenciado en base a los grupos de configuración de unidades, cuales son aquellos grupos, sistemas y equipos que se pueden considerar críticos para el mantenimiento debido a la frecuencia de fallas que presentan. Es así que se pueden emitir las siguientes conclusiones específicas:

- El 70% de las órdenes de trabajo muestreadas fueron generadas por los tipos de unidades A y B.
- El 83.9% de las órdenes de trabajo muestreadas están representadas por los grupos de comando y vigilancia, sistemas auxiliares y armamento.
- El 81.2% de las órdenes de trabajo muestreadas del grupo de comando y vigilancia fueron generadas por los sistemas de mando y control, comunicaciones y detección.
- El 88% de las órdenes de trabajo muestreadas del grupo de sistemas auxiliares fueron generadas por los sistema de control del buque, aire, combustible y bombas.

- El 98% de las órdenes de trabajo muestreadas del grupo de armamento fueron generadas por los sistemas de armamento mayor.
- Considerando que el grupo de comando y vigilancia es el que genera más órdenes de trabajo, se observó que el 72% de las mismas eran resueltas por el laboratorio analógico.
- Debido a la gran cantidad de fallas registradas para los equipos del grupo de comando y vigilancia, el indicador de confiabilidad es sumamente bajo.
- El indicador de mantenibilidad indica que el tiempo en que se ejecutan los mantenimientos es muy largo, es decir que la reparación de un equipo del grupo de comando y vigilancia dura demasiado tiempo.
- El promedio de disponibilidad de los equipos del grupo de comando y vigilancia es del 65%.

5.1.2 CONCLUSIONES GENERALES

Considerando que la propuesta realizada es genérica y aplicable a cualquier tipo de organización dedicada al mantenimiento de buques se expresan ciertas conclusiones generales basadas en las conclusiones específicas presentadas en el punto anterior.

- En todo mantenimiento realizado a buques existen equipos y sistemas que pueden ser considerados críticos debido a la cantidad de fallas que reportan y la gravedad de las mismas.
- Los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad son absolutamente necesarios para el seguimiento y control de las actividades de operación y mantenimiento de los equipos y sistemas de los buques.

5.2 SUMARIO DE CONTRIBUCIONES

El presente proyecto aporta un modelo genérico de gestión del mantenimiento de buques. Es decir que la propuesta realizada con los procesos, indicadores y otros presentados en este documento puede ser aplicada por cualquier empresa dedicada a actividades de mantenimiento de buques.

A pesar de que se analizaron datos específicos de la empresa XYZ, este análisis sirvió para identificar aquellas actividades, equipos, sistemas y otros que pueden ser considerados críticos en el momento de realizar el mantenimiento de los buques.

Tal como se puede observar en el mapa de procesos, se contempla un mantenimiento integral, desde los procesos estratégicos como la planificación y seguimiento de todas las actividades referentes al mantenimiento, los procesos de apoyo como el control de calidad de los trabajos realizados, materiales y otros, la gestión de los recursos sean estos económicos y no económicos y la capacitación continua que debe recibir el personal para cumplir de forma óptima los trabajos asignados. De igual forma se contempla los procesos claves del mantenimiento desde la evaluación del requerimiento de mantenimiento sea este correctivo o preventivo, hasta las pruebas realizadas para comprobar el correcto funcionamiento del equipo o sistema que ha recibido el mantenimiento.

De igual forma se establecen lineamientos a considerar en las diferentes etapas del mantenimiento para asegurar la optimización del mismo.

5.3 RECOMENDACIONES

Luego del análisis realizado referente a una empresa dedicada a brindar el servicio de mantenimiento de buques se pueden emitir ciertas recomendaciones para que el mantenimiento integral sea el más óptimo posible.

- Es indispensable que se lleve registro de las fallas, horas de encendido y apagado de los diferentes equipos y sistemas de los buques para medición de indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los mismos.
- La alta dirección debe estar comprometida con la empresa para que asigne los recursos necesarios para poder cubrir los mantenimientos preventivos que se hayan planificado.
- Se debe concientizar a todo el personal de que todos forman parte del sistema integral de mantenimiento para lo cual debe haber incentivos al personal que no necesariamente deben ser económicos.
- Los indicadores de gestión que sean considerados, deben ser herramienta fundamental para tomar decisiones acerca de la gestión integral del mantenimiento.
- Se debe invertir en la capacitación del personal, equipamiento e infraestructura para efecto de tener la capacidad de realizar mantenimientos que son solicitados a empresas externas.

ANEXOS

ANEXO 1

CONFIGURACION DE BUQUES

Para el desarrollo de este proyecto se consideró la norma de configuración de buques ESWBS (EXPANDED SHIP WORK BREAKDOWN STRUCTURE) utilizada por la empresa XYZ.

Esta norma internacional aplicada inicialmente por instituciones militares permite establecer árboles jerárquicos de información en los cuales se determinan grupos básicos que contienen los sistemas y estos a su vez todos los equipos que conforman un buque.

A continuación se presentan los grupos que contempla esta norma:

CODIGO	DESCRIPCION
G100	CASCO Y ESTRUCTURA
G200	SISTEMA DE PROPULSION
G300	SISTEMA ELECTRICO
G400	COMANDO Y VIGILANCIA
G500	SISTEMAS AUXILIARES
G600	EQUIPOS Y ACCESORIOS EN GENERAL
G700	ARMAMENTO
G800	INTEGRACION INGENIERIA
G900	SERVICIO DE APOYO Y MONTAJE DEL BUQUE

G100: CASCO Y ESTRUCTURA

Este grupo contempla los sistemas y equipos que conforman la estructura o carcasa del buque. Entre estos se puede mencionar las cubiertas, mamparos, mástiles, planchajes y otros.

G200: SISTEMA DE PROPULSION

Este grupo considera los sistemas y equipos que el buque necesita para desplazarse. Entre estos se contempla los motores de propulsión que pueden ser eléctricos, combustión interna, gas, etc. También se considera dentro de este grupo los sistemas y equipos de apoyo a la propulsión como sistemas de combustible, sistemas de aire para la propulsión, entre otros.

G300: SISTEMA ELECTRICO

En este grupo se considera los sistemas y equipos utilizados para la generación eléctrica, iluminación y distribución de la energía eléctrica.

G400: COMANDO Y VIGILANCIA

Este grupo contempla todos los equipos y sistemas electrónicos agrupados en base a su funcionalidad como los sistemas de navegación, las comunicaciones interiores y exteriores, sistemas de control y comando, sistemas radáricos y de control de armamento.

G500: SISTEMAS AUXILIARES

En este grupo se contempla los sistemas y equipos que aportan a la climatización del buque, agua dulce para consumo, agua salada para enfriamiento de maquinarias, sistemas de aire, gas, entre otros.

G600: EQUIPOS Y ACCESORIOS EN GENERAL

En este grupo se considera los espacios de trabajo y habitabilidad como camarotes, cocina, bodegas, etc. También contempla mamparos superficiales, escaleras, botes y boyas salvavidas.

G700: ARMAMENTO

Este grupo es utilizado por instituciones netamente militares en la cual se contempla todo el armamento mayor y menor que contenga el buque.

G800: INTEGRACION INGENIERIA

En este grupo se contempla soporte de diseño del buque, la integración de sistemas específicos básicamente electrónicos y mecánicos.

G900: SERVICIO DE APOYO Y MONTAJE DEL BUQUE

Este grupo es utilizado netamente por buques especiales denominando diques flotantes, en los cuales se realiza mantenimiento a otros buques.

ANEXO 2

ORDENES DE TRABAJO

A continuación se detalla el formato de órdenes de trabajo utilizado por la empresa XYZ para ejecución de las mismas.

EMPRESA XYZ			
Número de O/T:	Descripción de O/T:	Referencia:	
Rutina/Ruta:	Estado:	Tipo de O/T Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/>	
Buque emisor:	Departamento destino:		
Fecha Emisión:	Fecha Cierre Prog.:	Fecha Cierre Real:	
Equipo:			
RECURSO HUMANO			
Cédula	Apellidos y Nombres	Especialidad	Horas Plan.
MATERIALES			
Cantidad	Descripción	Unidad	Precio

BIBLIOGRAFÍA

- SALIH O. DUFFUAA, A. RAOUF, JOHN DIXON CAMPBELL. Sistemas de mantenimiento : Planeación y Control. México, DF : Editorial LIMUSA, S.A. de C.V., 2000. 418 p.
- OMAR AGUILAR. Análisis de Fallas. Santiago, 2004, 55 p. Curso de análisis de fallas.