

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas



**IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA EMBARCACIONES
PESQUERAS**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR

ROBERT VALERIO TICONA VILCA

2014

AGRADECIMIENTO

A mis padres,

A ustedes les dedico estas palabras como un pequeño reconocimiento al esfuerzo y al apoyo incondicional que me han brindado en el transcurso de mi vida y mis estudios. Gracias por su confianza, su cariño y su eterno sacrificio y dedicación.

A mis hermanos,

Por ser mis mejores amigos y por qué me hacen saber que nunca estaré solo. Gracias por estar siempre ahí.

A toda mi familia,

Por apoyarme siempre, por el esfuerzo y por depositar su confianza en mí.
Gracias a todos por el cariño y el amor que me dan.

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	4
DESCRIPTORES TEMÁTICOS.....	5
INTRODUCCION.....	6
CAPITULO I: PENSAMIENTO ESTRATEGICO.....	8
1.1 DIAGNOSTICO FUNCIONAL	8
1.1.1 Empresa.....	8
1.1.2 Política de Gestión	9
1.1.3 Organización de la Empresa	9
1.1.4 Productos	11
1.1.5 Procesos	12
1.1.6 Clientes	16
1.1.7 Competencia	17
1.1.8 Proveedores.....	17
1.1.9 Procedimientos del Área de combustible.....	18
1.2 DIAGNOSTICO ESTRATÉGICO	19
1.2.1 Misión.....	19
1.2.2 Visión	19
1.2.3 Valores	19
1.2.4 Análisis FODA	20
1.2.5 Competencias	22
1.2.6 Modelo de Gestión	23
CAPITULO II: MARCO TEORICO	25
2.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	25
2.1.1. Implementación de un sistema de control de nivel para el suministro de petróleo de grupos electrógenos:.....	25
2.1.2. Prueba de rendimiento para motores marinos Caterpillar:	27
2.1.3. Empresas de servicio de control y monitoreo de combustible.....	29
2.2 MARCO TEORICO Y METODOLOGICO	32
2.2.1. Estrategia de control de procesos	32
2.2.2. Elementos de control de proceso	33
2.2.3. Curva de operación - gráficos de control	34

2.2.4.	Conceptos fundamentales del proceso actual control de consumo de combustible.	36
CAPITULO III: PROCESOS DE TOMA DE DECISIONES		42
3.1	Descripción del Problema:.....	42
3.1.1	Formulación del Problema.....	42
3.1.2	Identificación de causas del problema.....	47
3.1.3	Impacto económico del sistema actual de control de consumo de combustible.	50
3.1.4	Objetivo de la solución	53
3.2	Alternativas de solución.....	53
3.2.1.	Características del sistema de control utilizando de sensores de nivel en los tanques de combustible.	55
3.2.2.	Características del sistema de control utilizando sensores de flujo de combustible.	60
3.3	Metodología de evaluación.....	63
3.4	Riesgos de implementación de la alternativa.....	67
3.5	Selección de Alternativa	68
3.6	Implementación de la alternativa elegida: Sistema de control utilizando sensores de flujo de combustible.	68
3.6.1.	Instalación Mecánica del sistema:	68
3.6.2.	Instalación Electrónica del sistema.....	76
3.6.3.	Instalación del sistema de transmisión	79
3.6.4.	Ejecución del protocolo de validación del sistema instalado	82
3.7	Evaluación del sistema utilizando sensores de flujo de combustible.....	86
3.7.1.	Sistema de antiguo vs nuevo sistema de control consumo de combustible en embarcaciones pesqueras.....	86
3.7.2.	Precisión del nuevo sistema de control de consumo.	87
3.7.3.	Identificación y análisis del consumo del motor principal	88
3.7.4.	Identificación y análisis del consumo del sistema de enfriamiento....	89
3.7.5.	Determinación de políticas de ahorro de combustible.....	91
CAPITULO IV: EVALUACIÓN ECONÓMICA.....		93
4.1.	Costo de implementación del sistema de control de combustible	93
4.2.	Cronograma de implementación del sistema de control de combustible en las embarcaciones pesqueras.....	95
4.3.	Estimación del ahorro de combustible a través de control del RPM y porcentaje de paso de la hélice.....	98

CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES.....	102
GLOSARIO.....	105
BIBLIOGRAFÍA.....	108
ANEXOS	110

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe trata del desarrollo e implementación de una plataforma para el monitoreo y control del consumo de combustible en las embarcaciones pesqueras. Actualmente el control y monitoreo del consumo de combustible se realiza a través del reporte manual del stock de combustible del motorista de la embarcación hacia los radio operadores de Bahía, al ser un reporte manual constantemente se identifica errores en el registro, por otra parte la información obtenida no es lo suficiente para discriminar el consumo de combustible en las diferentes etapas de la operación de pesca (navegación, búsqueda y cala). Al ser el consumo de combustible el 30% de los costos de operación de pesca, llevar un control detallado del mismo se vuelve una tarea importante, es por ello que se evaluó junto con el área de proyecto nuevas alternativas de control, siendo la instalación de un sistema de control y registro electrónico de datos de consumo de combustible a bordo la plataforma escogida. El desarrollo del proyecto tuvo varias etapas, que incluyo trabajos de instalación mecánica, electrónica, transmisión de datos y termino con el desarrollo del protocolo de validación del sistema instalado, como resultado se pudo obtener información más detallada del comportamiento del consumo de los motores principales y auxiliares durante todas las etapas de operación de pesca, permitiéndonos posteriormente aplicar y monitorear políticas de ahorro de consumo de combustible.

DESCRIPTORES TEMÁTICOS

- ✓ Consumo de combustible en navegación.
- ✓ Operación de pesca
- ✓ Control de consumo de Combustible
- ✓ Combustible diesel B5
- ✓ Costo de operación de Pesca.

INTRODUCCION

Luego de la implementación de la ley de cuotas en el sector pesquero, la industria pesquera ha ido modificando constantemente sus políticas de operación para la extracción de la anchoveta, orientándose cada vez más a la eficiencia en sus procesos de extracción, en ese sentido la disminución de sus costos de extracción constituye una tarea constante dentro del modelo de gestión de la empresa.

Anualmente el consumo de combustible diesel B5 en las embarcaciones pesqueras constituye aproximadamente el 30% de sus costos de operación para la extracción de la pesca, esto es alrededor de 5 a 6 millones de galones de combustible es consumido en las diferentes tipos de operaciones de pesca (CHI Centro Norte, CHI sur, pesca CHD). Al ser tan importante el combustible dentro de su estructura de costo, tener cada vez un mejor control y uso de recurso constituye una tarea constante del Área de Gestión de Combustible, es por ello que se buscó nuevas alternativas de control de consumo de combustible. La idea de control del consumo de combustible no es algo relativamente nuevo, actualmente en el mercado existe soluciones integrales orientados para el control y monitoreo de consumo de combustible, todos ellos de altos costos y orientados principalmente al sector transporte, en ese sentido el Área de Gestión de Combustible con el apoyo de Área de Proyecto ha considerado conveniente desarrollar e implementar un sistema de control de consumo de combustible a la medida de las necesidades propias de nuestro negocio de pesca, ya que se cuenta

actualmente en el mercado con la suficiente tecnología para implementar un sistema de control de consumo de combustible en cada embarcación pesquera, y de esta manera poder tener una herramienta para establecer políticas de ahorro y gestión de consumo de combustible.

CAPITULO I

PENSAMIENTO ESTRATEGICO

1.1 DIAGNOSTICO FUNCIONAL

1.1.1 Empresa

Tecnológica de Alimentos S.A. es una empresa líder del sector pesquero dedicada a la extracción, transformación y comercialización de recursos hidrobiológicos para consumo humano directo e indirecto. Así mismo, presta servicios de astillero orientados a la construcción, modificación, mantenimiento y reparación de embarcaciones y artefactos navales.

A pesar de tener sólo 9 años en el mercado se ha convertido en la primera empresa productora de harina y aceite de pescado a nivel mundial, con 13 plantas de harina y aceite de pescado ubicadas a lo largo del litoral peruano, una planta de congelados ubicada en el Callao, cerca de 3,500 colaboradores y con una flota propia de 50 embarcaciones dotadas con equipos electrónicos de última generación. 14 de las cuales cuentan con sistemas de refrigeración (RSW) para consumo humano; garantizando un abastecimiento óptimo de pescado y comercializando nuestros productos en estricto cumplimiento de los más altos estándares de calidad.

1.1.2 Política de Gestión

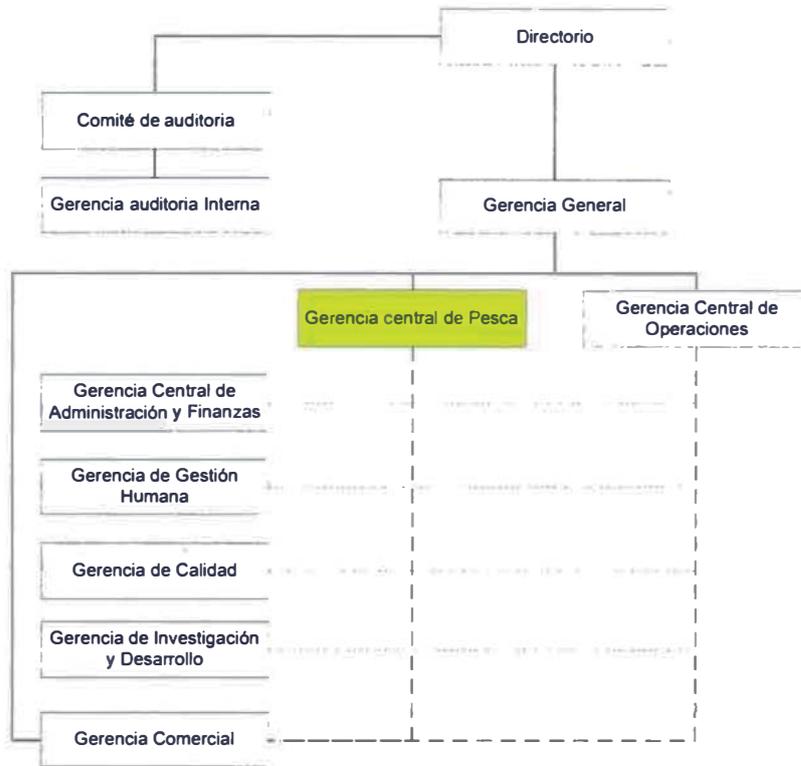
Esta empresa se dedica a la extracción, transformación y comercialización de alimentos e ingredientes marinos y servicios de astillero, siendo nuestros lineamientos los siguientes:

- **Satisfacer** las necesidades de nuestros clientes.
- **Brindar** productos inocuos y servicios de alta calidad.
- **Actuar** como una empresa responsable con sus recursos naturales y grupos de interés.
- **Prevenir** la contaminación ambiental, la ocurrencia de lesiones, enfermedades y actividades ilícitas.
- **Promover** la participación, consulta y desarrollo integral del personal.
- **Cumplir** con las regulaciones, normativas y compromisos aplicables.
- **Mejorar** e innovar continuamente productos, procesos y tecnología.

1.1.3 Organización de la Empresa

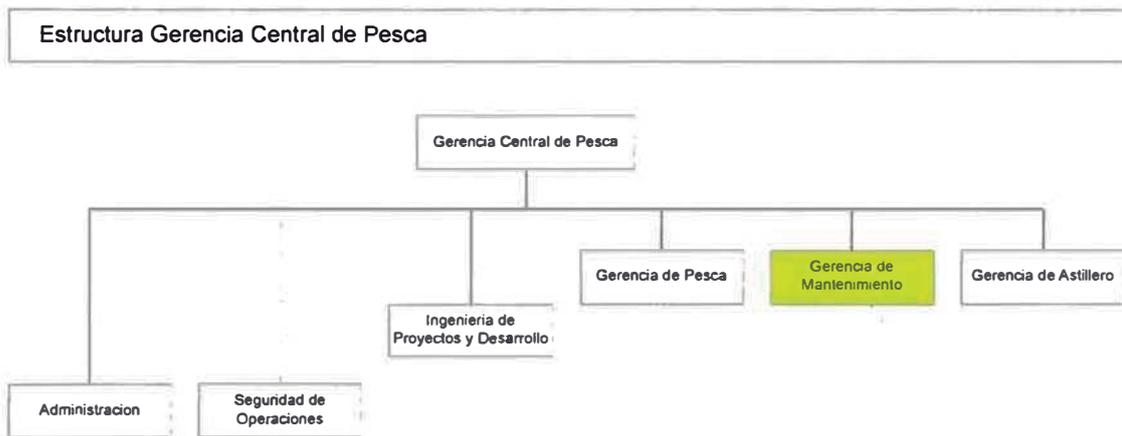
En los siguientes cuadros pretendemos ubicar dentro de la estructura organizacional de la empresa al área de combustible que es donde se desarrolla el presente informe.

Estructura General Alta Gerencia



Cuadro 1.1 Estructura de la Alta Gerencia de la Empresa

Fuente: Empresa Tecnológica de Alimentos S.A.



Cuadro 1.2 Estructura de la Gerencia central de Pesca.

Fuente: Empresa Tecnológica de Alimentos S.A.

Estructura Gerencia de Mantenimiento



Cuadro 1.3: Área de Gestión de Combustible.

Fuente: Elaboración Propia.

1.1.4 Productos

La empresa Pesquera ofrece dentro de la línea de consumo humano una gama de productos:

- a) Conservas: Conservas de jurel, caballa, bonito y anchoveta ya sean crudos, filetes, chunk, grated o desmenuzado que se comercializan en envases de tamaños diferentes para el mercado retail e industrial a nivel local e internacional.
- b) Harina: Tenemos harina de pescado secada al vapor, superprime, prime, taiwan 67, thailand, estándar.
- c) Aceites: Se produce aceite crudo de pescado 100% anchoveta.
- d) Congelados: Dentro de la planta de congelado y teniendo en cuenta el gran potencial de la anchoveta como producto para el consumo humano por su alto porcentaje de proteínas y Omega 3, se ofrece productos congelados de anchoveta.

1.1.5 Procesos

La empresa pesquera desarrolla diferentes procesos para la extracción, producción y comercialización de productos tanto para su línea Consumo Humano Directo y línea Consumo Humano Indirecto (harina y aceite de pescado).

En el presente trabajo describiremos brevemente los procesos para la extracción de cardumen que corresponde a macro proceso **Gestión Central de Pesca**, que es donde se desarrolla el presente trabajo. (Ver cuadro 1.4)

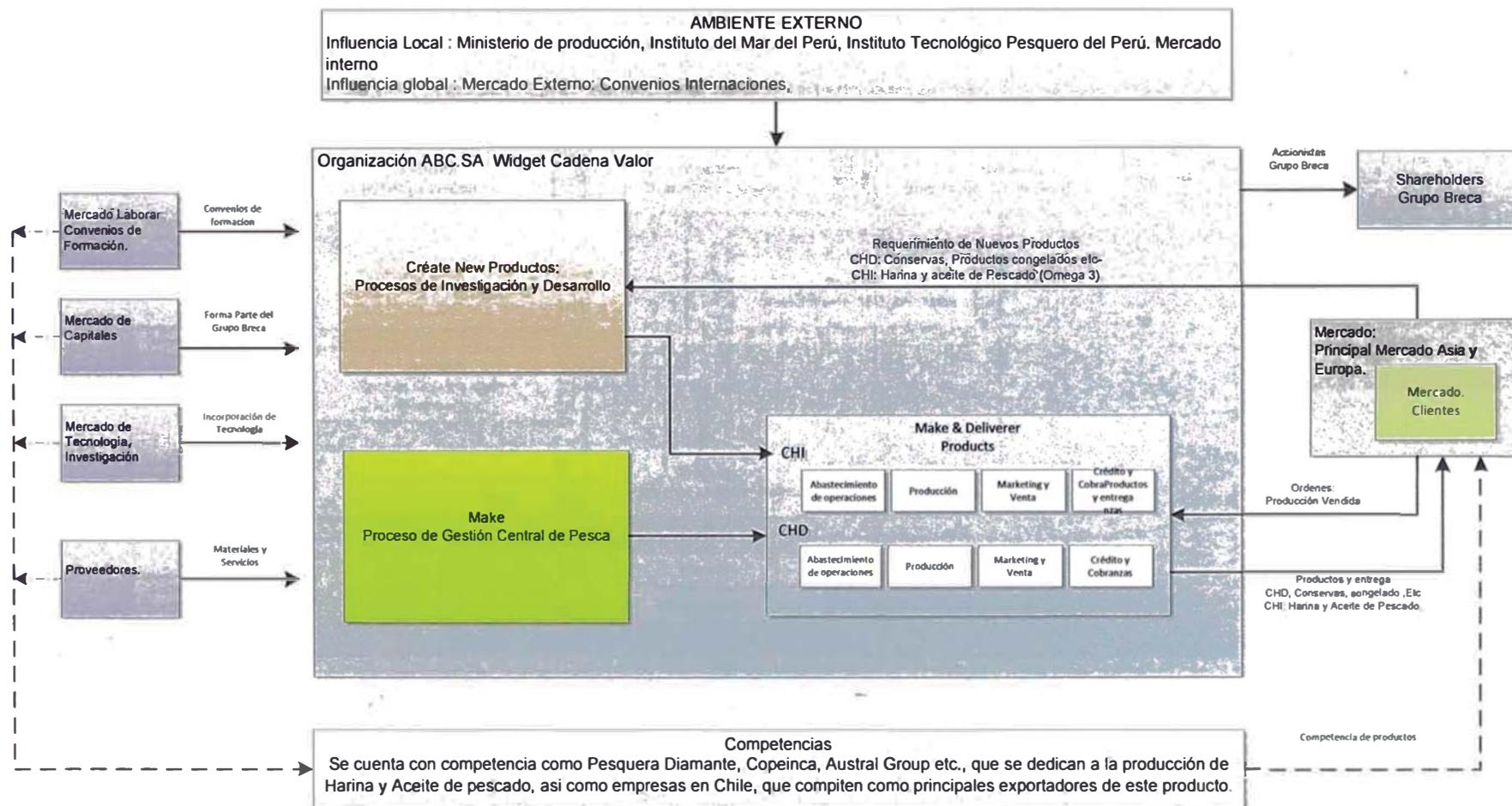
Los procesos que se desarrollan dentro de la Gestión Central de Pesca, están orientados a asegurar el cumplimiento de la cuota de extracción de pesca, que es el recurso que sirve de materia prima para las líneas de producción de consumo humano directo, fabricación de aceite y harina de pescado. (Ver cuadro 1.5)

Brevemente describiremos alguno de los procesos correspondiente a la Gestión Central de Pesca:

1. **Proceso estrategia de captura:** En ella se define las embarcaciones que ingresaran a operación, así como las zonas probables de pesca en base a la información satelital.
2. **Proceso de operación en muelle:** Son los procesos relacionados a las actividades en muelle, zarpe, arribo y maniobras de las embarcaciones en bahía.

3. **Proceso de Abastecimiento de Embarcación:** Son los procesos relacionados a las actividades de abastecimiento de víveres y tripulación de las embarcaciones.
4. **Proceso de Gestión del Centro de Pesca:** Son los procesos relacionados al control, seguimiento y cumplimiento de las cuotas de pesca, según las zonas de pesca autorizada por el ministerio de la producción.
5. **Proceso de Planeamiento y Reparación de Redes:** Son los procesos relacionados al mantenimiento y reparación de las redes de pesca antes y durante las temporadas de pesca.
6. **Proceso de Gestión de Seguridad en la Embarcación:** Son los procesos relacionados a mantenimiento y cumplimiento de las normas de seguridad antes y durante operación.
7. **Procesos de control de calidad de Mantenimiento:** Son los procesos relacionados al cumplimiento de la calidad de mantenimiento de los equipos de las embarcaciones.
8. **Procesos de planeamiento de mantenimiento:** Son los procesos relacionados a los mantenimientos preventivos, predictivo y correctivos de los equipos de las embarcaciones antes y durante las temporadas de pesca.
9. **Procesos de gestión de combustible:** Son todos los procesos relacionados al monitoreo y control del uso eficiente del combustible en las embarcaciones pesqueras antes y durante las temporadas de pesca.

Mapa de procesos - Empresa

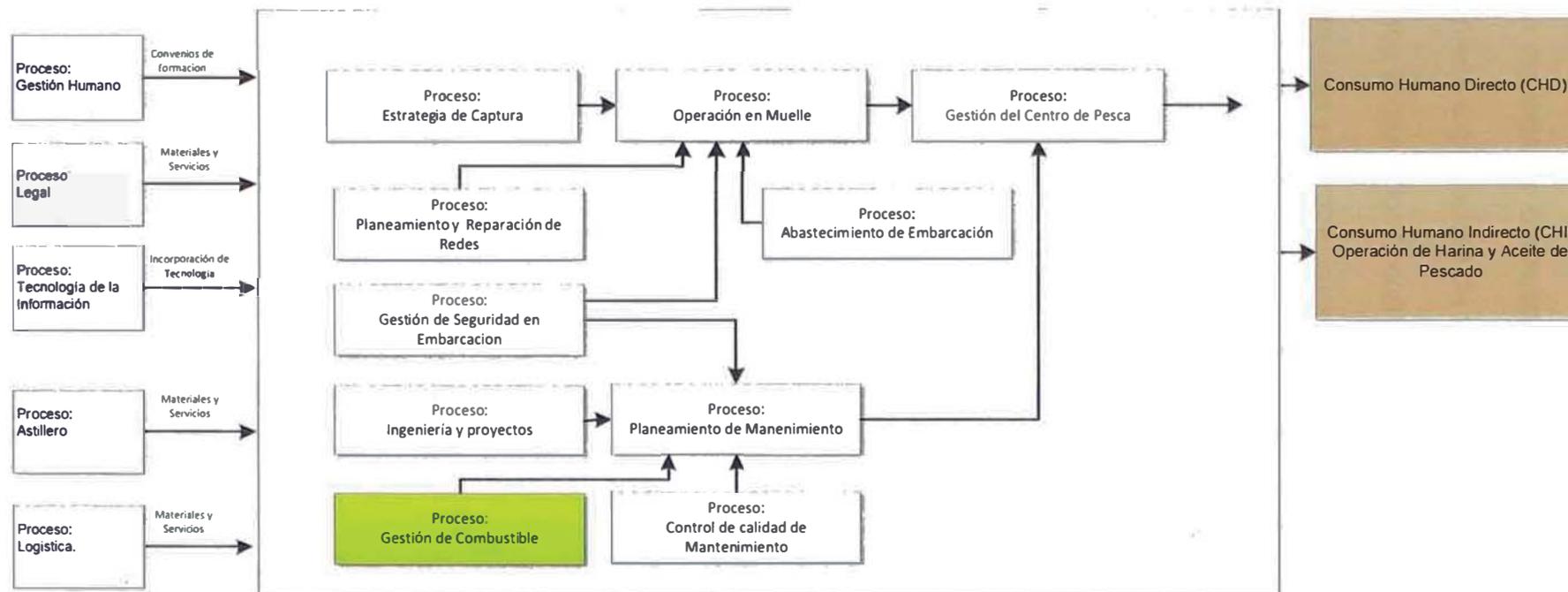


Cuadro 1.4: Mapa de proceso de la empresa.

Fuente: Elaboración Propia

Mapa de procesos – Gestión Central de Pesca

MACRO PROCESO GESTION CENTRAL DE PESCA



Cuadro 1.5: Mapa de proceso de Gestión Central de Pesca

Fuente: Elaboración Propia

1.1.6 Clientes

La Empresa ha logrado consolidarse en el mercado internacional como la primera empresa exportadora de Harina y Aceite de Pescado.

Sus productos llegan a los 5 continentes, siendo los principales destinos los mercados de Asia y Europa, cumpliendo con las exigencias y estándares de calidad de cada uno de ellos.

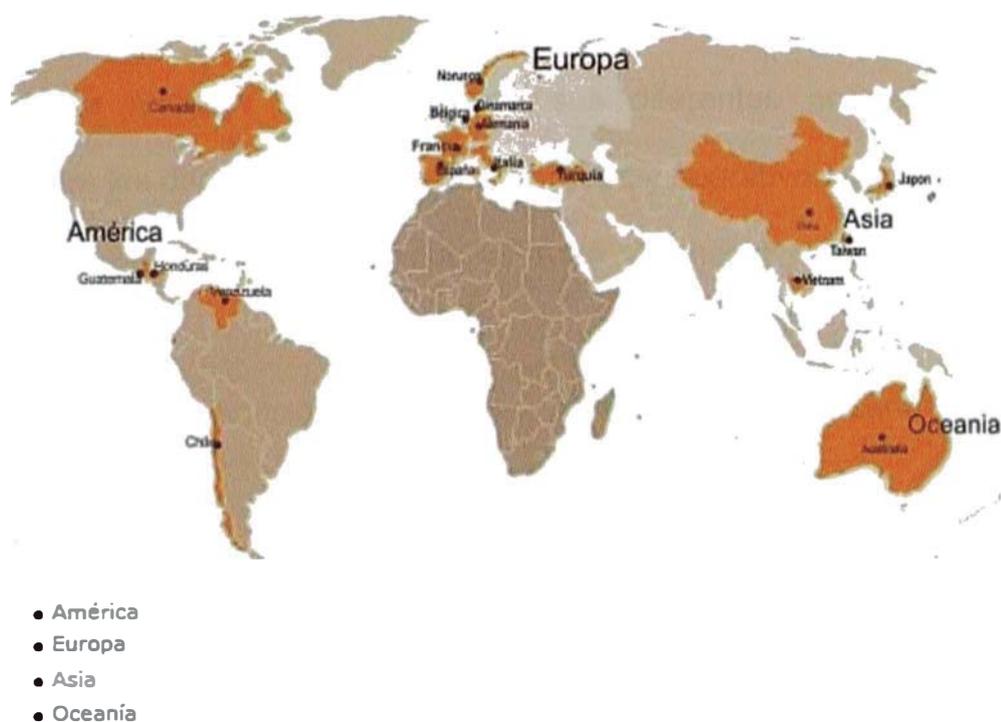


Ilustración 1.1 Países donde se exporta los productos de la empresa.

Fuente: Pagina web <http://www.tasa.com.pe/>

1.1.7 Competencia

Competencia Interna: Se encuentra varias empresas como la pesquera Diamante (11,6%), Corporación Pesquera Inca (Copeinca 11,5%) y Austral Group (9,6%), etc. (Fuente 2012)

Competencias Externa: Chile es también uno de los productores de Harina de Pescado.

1.1.8 Proveedores

Sostiene una relación estratégica con sus diferentes proveedores de servicios para los diferentes procesos extractivos y operativos de negocio.

Entre los proveedores relacionados al Área de gestión de combustible encontramos:

Marconsult: Provee servicios relacionados a auditoria de inventario de stock de combustible.

Perú control SAC: Provee servicios de instalación de equipos de control, sensores, PLC etc.

Indumetsa SAC: Provee servicios de montaje y desmontaje de estructuras metálicas en genera.

Ferreyros S.A: Es proveedor de equipos, motores Caterpillar línea marina para embarcaciones pesqueras.

1.1.9 Procedimientos del Área de combustible.

El presente informe se desarrolla en el área de combustible, es por ello que consideramos importante describir brevemente los procedimientos que se realizan con objetivo de medir, monitorear y controlar el uso eficiente del combustible:

Auditoria de combustible en naves pesqueras: Procedimiento mediante el cual se determina el stock físico de combustible en la embarcación, esto se realiza dos veces al mes en las embarcaciones pesqueras.

Registro de consumo de combustible de naves pesquera: Procedimiento mediante el cual se reporta y registra en el sistema, el stock de combustible al zarpe, arribo y descarga de la embarcación al puerto.

Traslado de combustible entre naves pesqueras: procedimiento mediante el cual se audita el stock real de combustible durante el traslado de combustible de una embarcación a otra.

Cálculo y Análisis de Ratios de Consumo de Combustible para Naves Pesqueras: Procedimiento mediante el cual se determina los ratios de consumo real y se compara con el presupuestado para su análisis.

1.2 DIAGNOSTICO ESTRATÉGICO

1.2.1 Misión

Brindar al mundo alimentos e ingredientes marinos de alta calidad y valor agregado, en armonía con la comunidad y el medio ambiente.

1.2.2 Visión

Ser una empresa de clase mundial, líder e innovadora en el aprovechamiento sostenible de recursos marinos con fines nutricionales.

1.2.3 Valores

Los valores que orienta la visión estrategia de la empresa son:

Desarrollo integral: Es el compromiso con la seguridad, el aprendizaje y la mejora de nuestra calidad de vida.

Integridad: Actuar con ética, seriedad y confiabilidad.

Excelencia: Ser innovadores y mejorar continuamente nuestros procesos, calidad y tecnología.

Sostenibilidad: Ser responsable en el uso de los recursos naturales y respetuosos del medio ambiente y comunidades donde operamos.

Nuestros Valores



Ilustración 1.2: Valores que orienta a la empresa.

Fuente: Pagina web <http://www.tasa.com.pe>

1.2.4 Análisis FODA

Fortalezas:

- Contar con el respaldo del grupo Breca, uno de los más importantes grupos de inversionistas.
- Contar con procedimientos y certificaciones que garantizan el cumplimiento de los más altos estándares de calidad de sus productos.
- Primer productor en el Perú de Harina de Pescado.
- Gran cartera de clientes en todos los continentes.

Debilidades:

- Alta rotación de personal a nivel intermedio.
- Alta dependencia con el proveedor para los procesos de mantenimiento.
- Personal operativa con resistencia al cambio.
- La producción se concentra más en la harina estándar y no por las harinas especiales.

Oportunidades:

- Economía peruana equilibrada, lo cual permite seguir con el crecimiento.
- Facilidades de exportación con tratados de libre comercio.
- Nuevo sistema de cuota para extracción de anchoveta.
- Perú sigue siendo el mayor exportador de harina de pescado en el mundo, por su calidad.

Amenazas

- Volatilidad en los precios de combustibles.
- Variabilidad de biomasa: Tamaño, contenido graso, ubicación y cambios climáticos.
- Variación en la oferta y demanda de la harina.
- Economía mundial en recesión.

MATRIZ FODA

	<p>Debilidades (D)</p> <ul style="list-style-type: none"> Alta rotación de personal a nivel intermedio Alta dependencia con el proveedor para los procesos de mantenimiento. Personal operativa con resistencia al cambio. La producción se concentra más en la harina estándar y no por las harinas especiales. 	<p>Fortalezas (F)</p> <ul style="list-style-type: none"> Contar con el respaldo del grupo Breca, unos de los más importante grupos de inversionistas. Contar con procedimientos y certificaciones que garantiza el cumplimiento de los más altos estándares de calidad de sus productos. Primer productor en el Perú de Harina de Pescado. Gran cartera de clientes en todos los continentes.
<p>Oportunidades (O)</p> <ul style="list-style-type: none"> Economía peruana equilibrada, lo cual permite seguir con el crecimiento Facilidades de exportación con tratados de libre comercio Nuevo sistema de cuota para extracción de anchoveta Perú sigue siendo el mayor exportador de harina de pescado en el mundo, por su calidad 	<p>Estrategias (DO)</p> <ul style="list-style-type: none"> Establecer políticas para mantener capital humano, políticas de incentivos, comunicación y clima laboral. Buscar aumentar la producción en harinas especiales superprime de mayor valor agregado. 	<p>Estrategia (FO)</p> <ul style="list-style-type: none"> Mantener los procedimientos y certificaciones de calidad para ingresar a nuevos mercados. Aprovechar el sistema de cuotas para mejorar los costos de extracción de la anchoveta.
<p>Amenazas (A)</p> <ul style="list-style-type: none"> Volatilidad en los precios de combustibles Variabilidad de biomasa: Tamaño, contenido graso, ubicación y cambios climáticos Variación en la oferta y demanda de la harina. Economía mundial en recesión. 	<p>Estrategia (DA)</p> <ul style="list-style-type: none"> Aprovechar en las temporadas de veda, actividades recreativas para el personal operativo. Impulsar y desarrollar procesos de mejora continua al interior de los proveedores, para asegurar la calidad de los trabajos de mantenimiento. 	<p>Estrategia (FA)</p> <ul style="list-style-type: none"> Mejorar los procedimientos de control de consumo de combustible. Impulsar el consumo nacional de la sardina Peruana conocida como anchoveta.

Ilustración 1.3 Matriz FODA de la empresa TASA

Fuente: Elaboración propia

1.2.5 Competencias

La empresa cuenta con un modelo de competencias que le permite asegurar la adaptación del personal a la cultura de la empresa. En este sentido, se contemplan las conductas que nuestros colaboradores necesitan demostrar y desarrollar para alcanzar los objetivos propuestos.

En el 2011, este modelo de competencias se revisó y mejoró en función a los desafíos y planes estratégicos vigentes. Como resultado, el modelo contempla dos grupos de competencias: las Conductas Esenciales que corresponden a todo trabajador de la empresa, tanto tripulantes, operarios, empleados y gerentes; y las Conductas de Liderazgo referentes a todos los que tienen personal a su cargo (supervisores, jefes, subgerentes y gerentes):

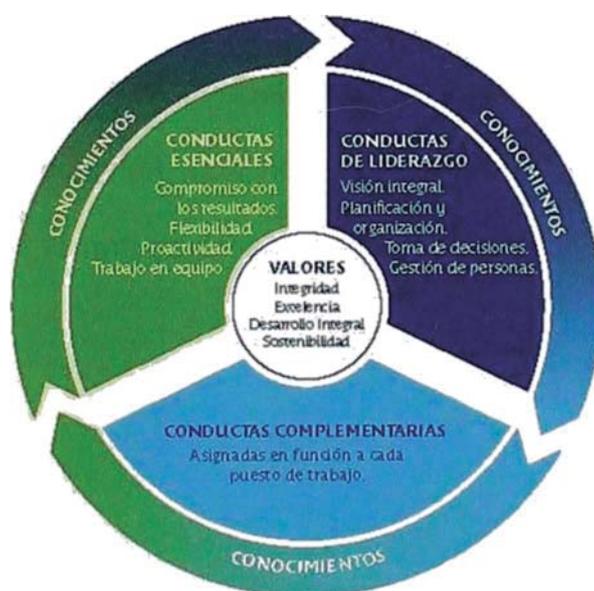


Ilustración 1.4 Competencias de la empresa.

Fuente: Pagina web <http://www.tasa.com.pe>

1.2.6 Modelo de Gestión

La empresa aplica un Modelo de Excelencia en la Gestión, que recoge prácticas universalmente aceptadas, promoviendo la autoevaluación y la gestión integral de la calidad. Este modelo está alineado al Malcolm Baldrige de Estados Unidos y al Premio Nacional a la Calidad y está estructurado en siete criterios:

1. Liderazgo
2. Planeamiento Estratégico
3. Orientación hacia Clientes y Mercado
4. Medición, Análisis y Gestión del Conocimiento
5. Orientación hacia el Personal
6. Gestión de Procesos
7. Resultados del Negocio.

El objetivo de aplicar este modelo es promover una cultura de mejora continua en la organización, que nos permita mantener nuestro liderazgo y ser reconocidos como una empresa de clase mundial.

MARCO GENERAL DEL MODELO DE EXCELENCIA EN LA
GESTION DE UNA PERSPECTIVA DE SISTEMA



Ilustración 1.5 Modelo de excelencia en la gestión de una perspectiva de sistema.

Fuente: Pagina web <http://www.tasa.com.pe>

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

La implementación de un sistema de control de consumo de combustible es algo relativamente nueva en el sector de pesca, es por ello que fue necesario revisar antecedentes bibliográficos, experiencias, conceptos teóricos de control de proceso y principios funcionamiento de motor de combustión para poder evaluar alternativas tecnologías a utilizar.

Se revisaron trabajos similares relacionados al control de consumo de combustible encontrando lo siguiente:

2.1.1. Implementación de un sistema de control de nivel para el suministro de petróleo de grupos electrógenos:

Esta tesis presentada por Claudio Danilo Acuña Oyarzun del año 2006 de la universidad de Magallanes, aborda el tema de control diferencial de niveles, para abastecer con petróleo dos estanques diarios de grupos electrógenos a través de una bomba eléctrica, ambos estanques se alimentan a su vez, con otra bomba, desde un estanque principal. Se pretende automatizar el proceso utilizando las tecnologías disponibles a través de un autómata programable y dispositivos de automatización industrial.

En Ilustración 2.1 se describe el proceso automatizado, mediante un PLC (Controlador lógico Programable) se lleva el mando de todo el sistema y se programa para activar o desactivar las válvulas solenoides (dos vías) y las bombas eléctricas que actúan en el proceso para bombear petróleo y mantener automáticamente los niveles de los tanques diarios de los grupos electrógenos.

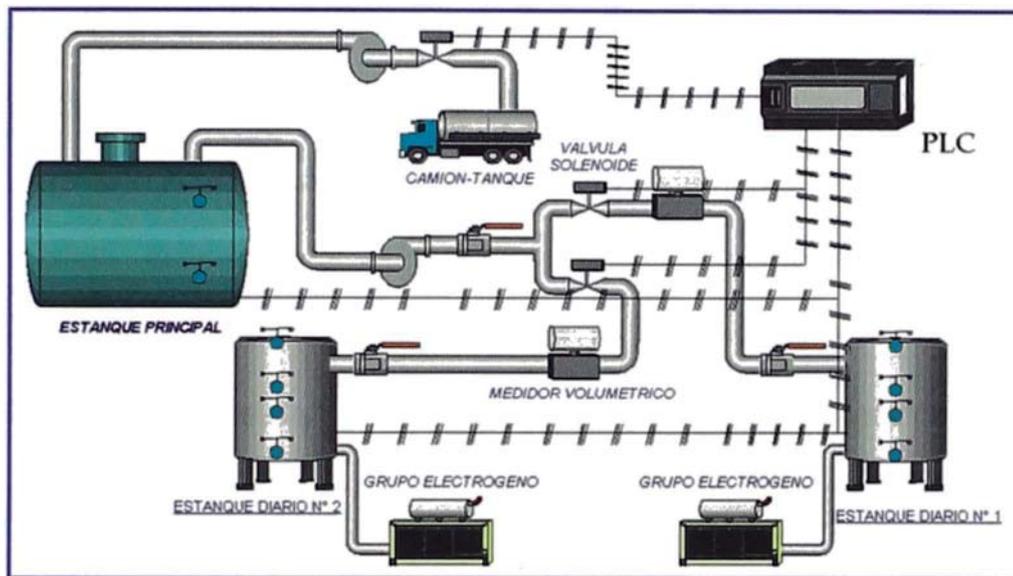


Ilustración 2.1 Esquema del sistema de control de nivel de suministro

Fuente: Tesis Implementación de un sistema de control de nivel para el suministro de petróleo de grupos electrógenos por Claudio Danilo Acuña- 2006

Componentes del sistema:

PLC:	Controlador Lógico Programable es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario.
Válvula solenoide de Entrada:	Dispositivo que permite o impide la entrada de combustible al estanque principal o exterior.
Medidor Volumétrico:	Medidor encargado de medir el volumen de combustible trasferido.
Tanque principal:	Es el tanque principal que almacena combustible.
Tanque diario:	Es el tanque de combustible para el abastecimiento diario para la maquina generadora.
Grupo electrógeno:	Equipo destinado a generar energía eléctrica.

Cuadro 2.1 componentes del sistema de control de nivel de suministro.

2.1.2. Prueba de rendimiento para motores marinos Caterpillar:

Son pruebas realizadas por Ferreyros a través de un protocolo desarrollado por Caterpillar para sus motores marinos, estas pruebas se realiza luego de un mantenimiento general al motor, dentro de estas pruebas incluye las pruebas de rendimiento de consumo de combustible.

Las pruebas de rendimiento de motor, también llamados “Pruebas CAMPAR”, consiste en evaluar el desempeño del motor en operación, a través de esta prueba se mide los diferentes sistemas del motor: sistema de combustible, sistemas de ventilación, pos enfriador, sistema de agua de camisas, sistema de intercambiador de calor, sistema de lubricación de motor, carga al eje, sistema de escape, presión de Carter, para nuestro caso examinaremos el mecanismo de evaluación para el sistema de combustible el cual consiste en la utilización de un equipo CAT Multi-Tool, un módulo de interfaz de diagnóstico (DIM), varios adaptadores de corriente y cables de alimentación. El DIM se conecta en la parte posterior del equipo, Multi-Tool y se utiliza para conectar herramientas de prueba (cables y sensores). El DIM es la interfaz entre las herramientas de prueba y las aplicaciones de software internas del equipo Multi-Tool.



Ilustración 2.2 Se muestra el equipo Multi-Tool Utilizado para la Prueba Campar.
Fuente: Manual de operación de Herramienta Grupo Multi-Tool por Caterpillar.

Para la evaluación del sistema de combustible a través de la prueba de rendimiento de motor (Prueba campar), se utiliza dos medidores, estas se conecta de manera individual a la línea de suministro y retorno de combustible de un motor.

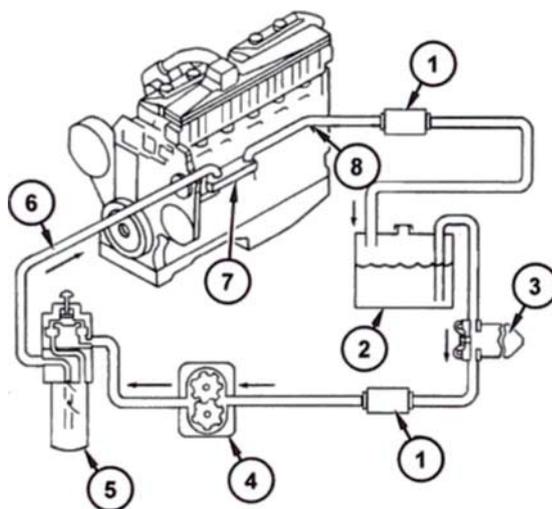


Ilustración 2.3 Componentes del sistema de evaluación de consumo del motor marino Caterpillar (Prueba campar), (1) medidor de caudal de combustible.
Fuente: Manual de operación de Herramienta Grupo Multi-Tool por Caterpillar.

- | | |
|---|--|
| (1) Medidor de caudal de turbina doble. | (5) Filtro de combustible |
| (2) Depósito de combustible diésel. | (6) Línea de suministro de combustible |
| (3) Filtro principal. | (7) Bomba de inyección de combustible. |
| (4) Bomba de transferencia de combustible | (8) Línea de retorno de combustible. (Las flechas señalan la dirección del caudal de combustible). |

2.1.3. Empresas de servicio de control y monitoreo de combustible.

A fin de poder tener una mayor referencia sobre los sistemas de control de combustible en el mercado se buscó información en la red, encontrado lo siguiente:

Abtel Peru S.A.C (<http://www.abtelperu.com/>) es una empresa posicionada en el sector telecomunicaciones, dentro de su amplia gama de servicios se encuentra el sistema de control de combustible marítimo (FUELTRAX), a través de este sistema mide el consumo de combustible e información adicional del motor y el barco.

Componentes principales del sistema FuelTrax

FuelTrax – En el barco	FuelNet – Red portal para la oficina
Master Electronics Unit (MEU)	Servicio de suscripción anual
Slave Electronics Unit (SEU)	Reportes gráficos del barco
Medidores, sensores, monitores	Reportes gráficos de la flota
Antenas para GPS y satélites Iridium	Reportes específicos / tabulares
Monitor para mostrar datos del uso de combustible	Datos a largo plazo

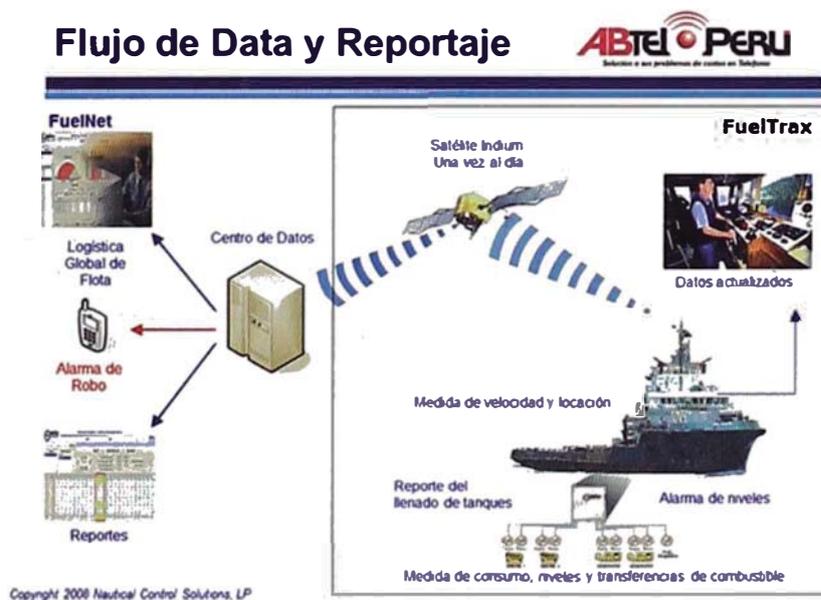


Ilustración 2.4 Esquema de transmisión de consumo Empresa ABELT PERU

Fuente: página web <http://www.abtelperu.com>

Azti Tecnalía (www.azti.es) es una empresa española que ha desarrollado dentro de su unidad de investigación marina un sistema de control y monitoreo de consumo de combustible.

Este sistema permite monitorear:

- Régimen del motor principal [RPM motor]. Medición real
- Consumo instantáneo de combustible del motor principal [Litros/hora]; calculado tras la obtención del modelo matemático durante las pruebas de mar.
- Velocidad del buque respecto del fondo (SOG, Speed Over Ground), en nudos [kn]. Calculado tras la obtención del modelo matemático durante las pruebas de mar; o se puede obtener (medición real) del GPS del buque.
- Consumo total acumulado de combustible [litros].
- Consumo parcial acumulado de combustible del motor principal [Litros]. Se puede poner a cero (=0) cuando se desee.
- Distancia recorrida en millas náuticas. Se puede poner a cero (=0) cuando se desee.
- El intervalo de tiempo de frecuencia de muestreo (seg.) se puede modificar a la frecuencia que se desee.

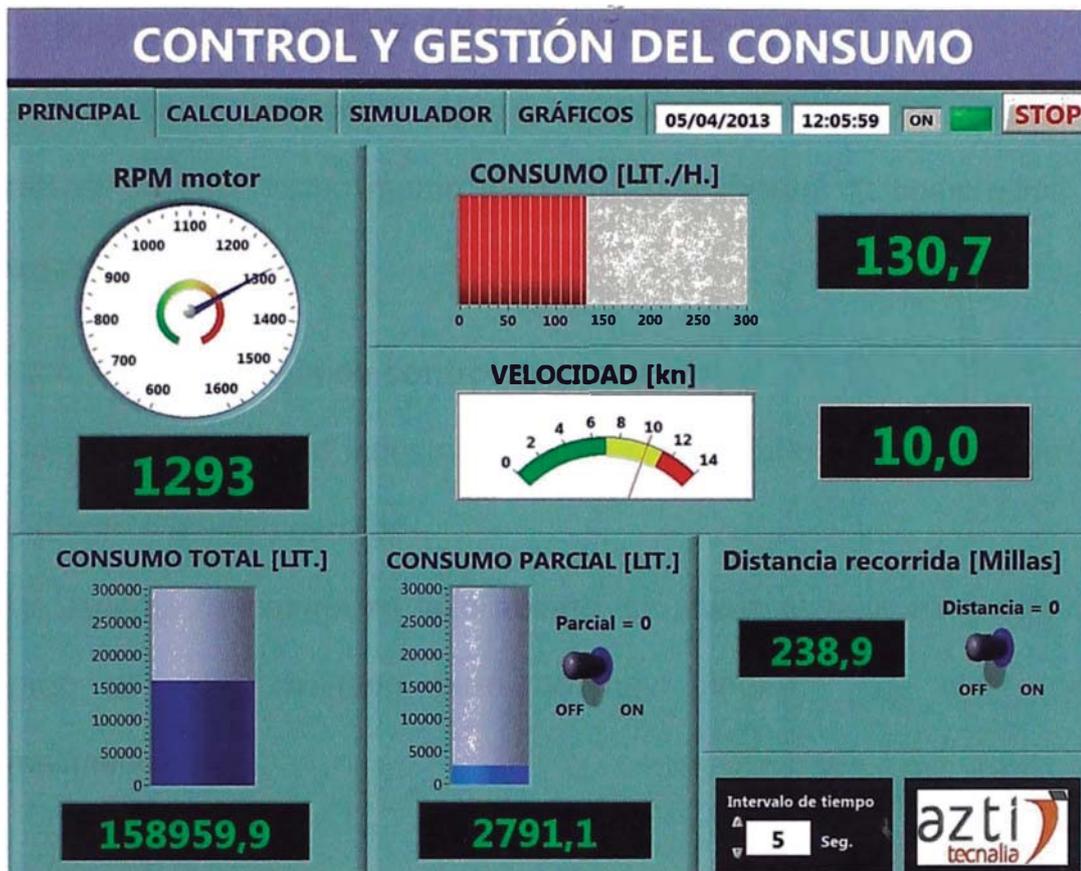


Ilustración 2.5 Muestra la pantalla del sistema de control de combustible.

Fuente: Presentación del programa de control de combustible de la empresa española Azti Tecnalia.

2.2 MARCO TEORICO Y METODOLOGICO

En esta parte describiremos algunos conceptos generales de sistema de control de proceso como marco teórico y para mejorar la comprensión del presente informe.

2.2.1. Estrategia de control de procesos

Los sistemas de control industrial pueden ser operados como sistemas en lazo abierto o en lazo cerrado.

En un sistema de control en lazo abierto, se ajusta el valor controlador de acuerdo al valor deseado pero no hay medición del valor actual (retroalimentación).

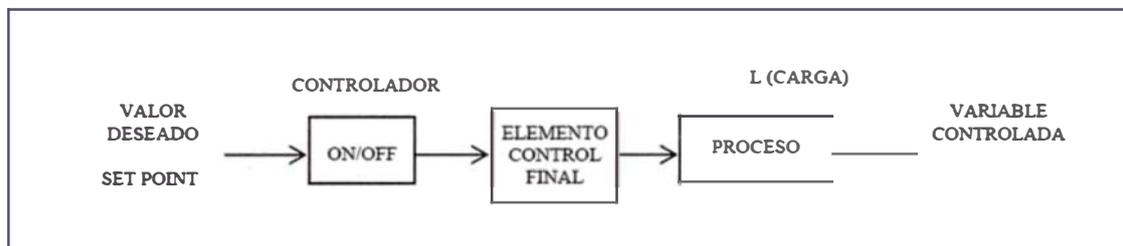


Ilustración 2.6 Sistema de control en lazo abierto

Fuente: Libro Automatización de Proceso industriales por Javier Ordax Cassá

Por otro lado, en un sistema en lazo cerrado o "Feed back" se mide la salida del proceso de forma que se compare con el valor deseado y se pueda automáticamente reducir el error. Por lo tanto existe retroalimentación.

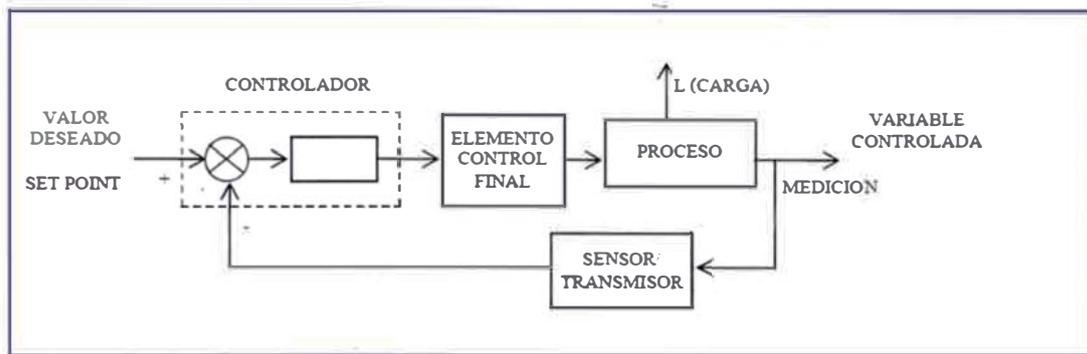


Ilustración 2.7: sistema de control en lazo cerrado

Fuente: Libro Automatización de Proceso industriales por Javier Ordax Cassá

La forma de ajustar el proceso en función del error se le denomina acción de control.

Las acciones de control, en el control clásico puede ser del tipo: ON-OFF, proporcional, proporcional derivativo (PD), proporcional Integral (PI), proporcional integral-derivativo (PDI).

En el presente sistema de control de consumo de combustible opera bajo la filosofía de control en lazo cerrado, ya que el consumo de los equipos en la embarcación es muy variable.

2.2.2. Elementos de control de proceso

Las partes básicas de un sistema de control incluye: el sensor (medición), el controlador, el elemento de control final (actuador), el proceso, las perturbaciones y la demanda de carga.

Sensor (medición): Es la determinación de la existencia de una magnitud o variable de lo que ocurre en el proceso. Esta tarea la realiza el sensor de

nivel, flujo etc. El sensor es capaz de detectar la variable, este elemento debe ser resistente a un ambiente industrial agresivo.

Controlador: la tarea básica de un controlador es ajustar el estado del proceso (variable de proceso) a un valor deseado (valor de referencia). La diferencia entre ambos valores es el error entonces el objetivo del controlador es reducir el error a cero o al mínimo. Dicha tarea la ejecuta el PLC.

Elemento de control final: es un dispositivo de influencia en el proceso ya que finalmente efectúa la acción sobre la variable a controlar.

Proceso: Se refiere al sistema físico o la magnitud física que se desea controlar, en este caso el proceso de registro y monitoreo de consumo de combustible.

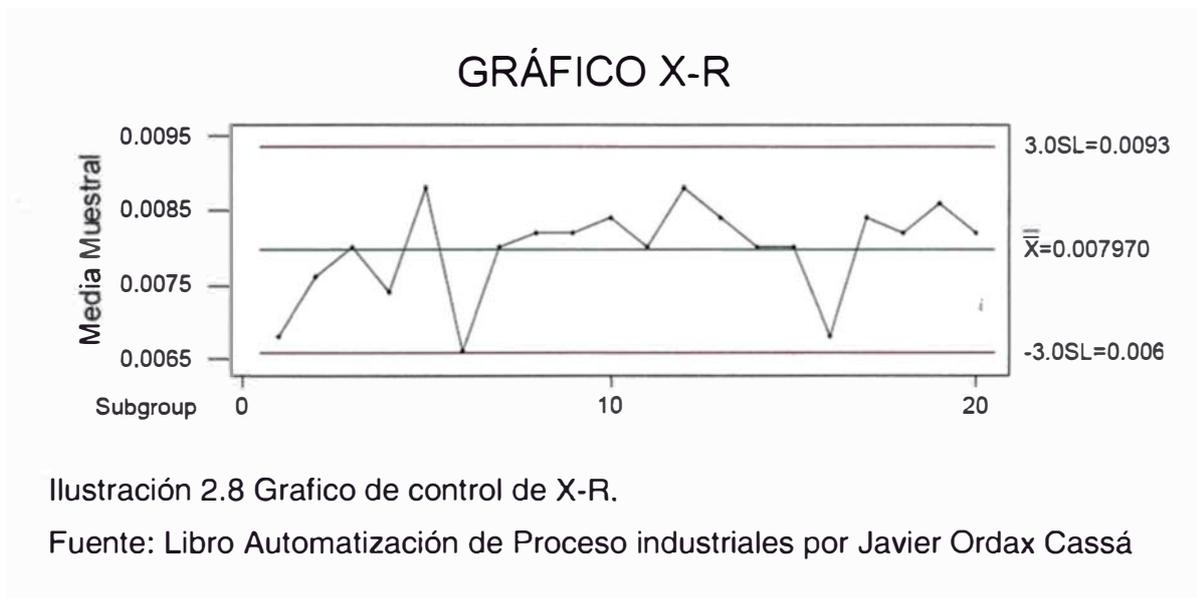
Perturbaciones: variable cuya aparición puede tener una probabilidad de ocurrencia. Se puede establecer como sobre carga del motor, fuga de combustible etc.

Demanda de carga: corresponde al consumo aleatorio del combustible por parte de los equipo.

2.2.3. Curva de operación - gráficos de control

Las curvas de operación son útiles para evaluar a priori la sensibilidad del gráfico de control frente a desplazamiento del proceso o al cambio de su variabilidad. De estas curvas se deduce que el hecho de que “*los puntos estén dentro de los límites*” proporciona muy poca seguridad de que el

proceso se encuentre realmente bajo control estadístico y pone de manifiesto las limitaciones de esta técnica. La aplicación de gráficos de control debe continuarse con técnicas estadísticas avanzadas encaminadas al conocimiento de los parámetros que influyen en el proceso (CTP en terminología 6 Sigma) y a la reducción de la variabilidad (o lo que es lo mismo, al aumento de los índices de capacidad).



2.2.4. Conceptos fundamentales del proceso actual control de consumo de combustible.

El sistema actual de control de consumo de combustible se basa en el balance de masa, es decir la cantidad de combustible consumido por el motor principal y grupos auxiliares en un tiempo T debe ser igual al descenso de stock de los tanques en ese mismo periodo de tiempo.

Para poder obtener esta información el ingeniero de máquinas toma lectura del stock de combustible a través de los visores de nivel instalado en cada uno de los tanques de combustible que se encuentran en la embarcación.

A continuación describiremos como se determina el volumen de los combustibles en una embarcación ejemplo TASA 57.

TANQUES COMBUSTIBLES TASA 57

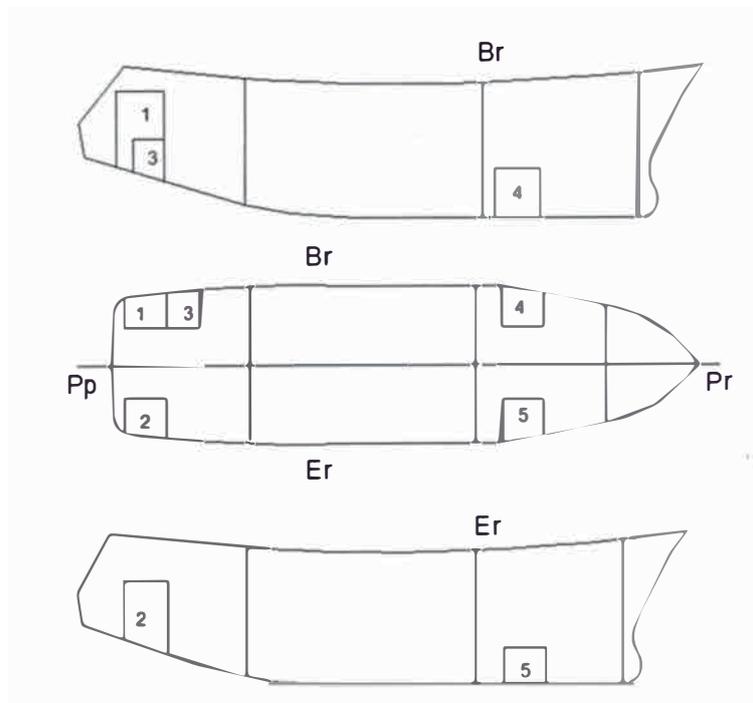


Ilustración 2.9 Distribución de Tanques de combustible Tasa 57

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda:

Proa [Pr]: Parte delantera de un barco.

Popa [Pp]: Parte trasera de un barco.

Babor [Br]: Es el lado izquierdo de la embarcación mirando de popa a proa.

Estribor [Er]: Es el lado derecho del barco mirando de popa a proa.

Entre los métodos utilizados para determinar la capacidad de los tanques de combustibles tenemos:

Método geométrico: Consiste en una medición directa o indirecta de las dimensiones exteriores o interiores del tanque, de las obras muertas positivas y negativas sin son acoplados.

Método Volumétrico: Se usa para cualquier tipo de tanque, la medición se realiza con la ayuda de una instalación patrón, que cuenta con un caudalímetro que garantice la exactitud requerida y una cinta metaliza patrón con plomada, ambos calibradas y certificadas por el organismo metrológico acreditado.

Para el caso de las embarcaciones pesqueras el método utilizado es el método volumétrico que consiste en tomar las medidas internas y externa del tanque (Ver ilustración 3.0) para luego utilizando un programa 3D determinar el volumen m³ del tanque (Ver Ilustración 3.1).

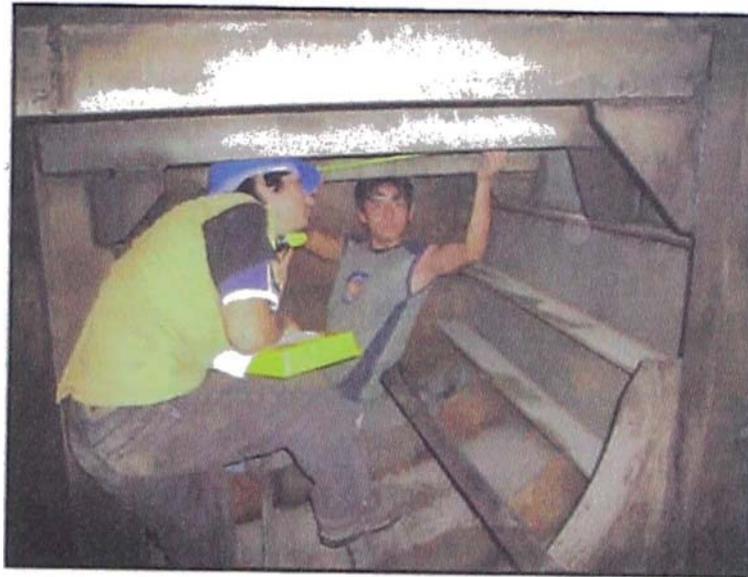


Ilustración 2.10 Toma de medidas internas de un tanque de combustible.
Fuente: Elaboración propia

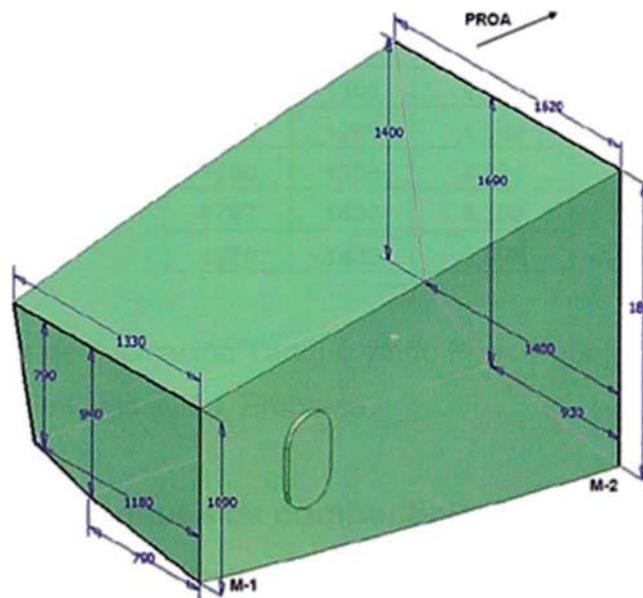


Ilustración 2.11 Determinación del Volumen de tanque de combustible utilizando Software SolidWorks 3D CAD.
Fuente: Elaboración propia

Una vez tomado las medidas y utilizando un programa de 3D se determina las tablas de cubicacion de cada tanque de combustible

HULLAJE TANQUE N° 3 (DIARIO POPA BR)

ALTURA (mm)	VOL (Gals)	VOL (m3)
490	100	0.379
648	200	0.757
771	300	1.136
876	400	1.514
974	500	1.893
1068	600	2.271
1161	700	2.650
1254	800	3.028
1345	900	3.407
1435	1000	3.785
1524	1100	4.164
1613	1200	4.542
1700	1300	4.921
1787	1400	5.300
1870	1480	5.602

Cuadro 2.2 Tabla de cubicación Tanque diario Popa Babor
Fuente: Informe de Cubicación, Empresa.

Capacidad de los tanques de combustible TASA 57

N° TANQUE	UBICACIÓN	VOLUMEN (m3)	CAPACIDAD NETA(Gls)
1	Almacenamiento Popa Babor	13.063	3,451.00
2	Almacenamiento Popa Estribor	11.012	2,909.00
3	Diario Popa Babor	5.602	1,480.00
4	Almacenamiento Proa Babor	14.85	3,923.00
5	Alamcenamiento Proa Estribor	14.812	3,913.00
Capacidad Neta:			15,676.00

Cuadro 2.3 Tabla resume de capacidad de tanques Tasa 57
Fuente: Informe de Cubicación, Empresa.

Con el informe de Cubicación se procede a instalar los visores y la regleta con las marcas de calado según el cuadro 2.2, en la ilustración 2.12 se muestra la ubicación del visor y la regleta.

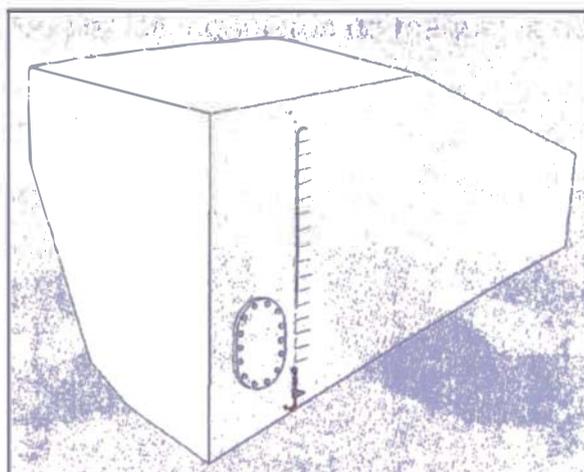


Ilustración 2.12. Ubicación del visor y la regleta con la carga de calado

Fuente: Elaboración propia

El informe de cubicación y los visores en los tanques permite al ingeniero de máquinas tomar las lecturas de stock de combustible.

Para el caso de los tanques 1,2 y 3 (ver ilustración 2.9) la lectura se realiza a través de los visores, para el casos de los tanques 4 y 5 (Ver ilustración 2.9), la lectura de stock se realiza utilizando una wincha de sondaje y la tabla de cubicación correspondiente.

<i>Lectura de nivel a través de visor</i>	<i>Lectura de nivel a través de sonda.</i>
--	---

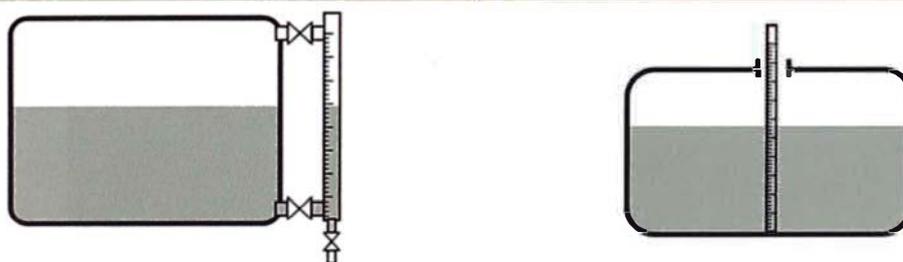


Ilustración 2.13. Método de lectura de los tanques de combustible

Fuente: Elaboración propia

El sistema actual de control de consumo de combustible es preciso cuando la embarcación no se encuentra escorado (escora igual a cero), pero en la práctica la embarcación en operación presenta Angulo de escora por lo que las lecturas realizadas por los ingenieros de máquinas no es precisa.

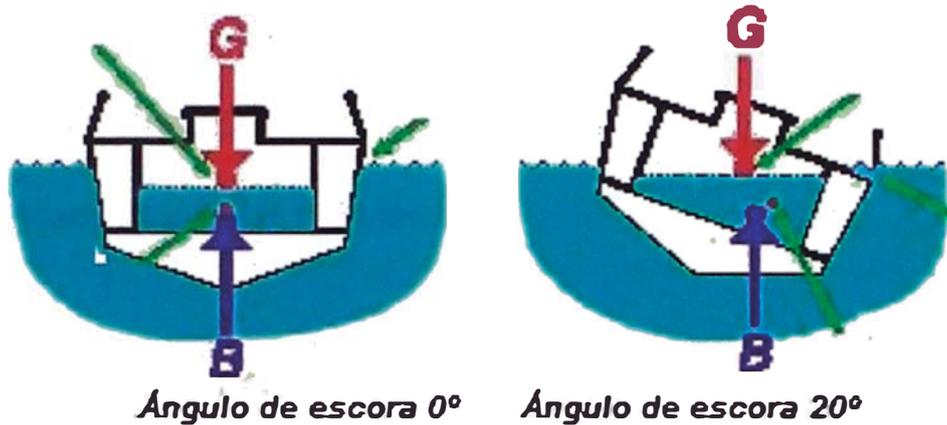


Ilustración 2.14 Angulo de escora en una embarcación.

Fuente: Elaboración propia

Todas estas lecturas poco precisas son registradas en el Parte Diario de Máquinas (PDM) y reportadas a los radio operadores para su registro en el Sistema - Portal SAP, esta información da como resultado muchos errores en la determinación real de consumo de combustible en las embarcaciones durante operación de pesca.

Fecha: 22-11-12		Embarcación: USA 73		Jefe de Máquinas: U. P. P. P. P.		FLOTA: <input type="checkbox"/>					
ZARPO		CAUSA									
<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		<input checked="" type="checkbox"/> PESCA <input type="checkbox"/> MANTENIMIENTO		<input type="checkbox"/> TRAVESIA <input type="checkbox"/> RED		<input type="checkbox"/> APOYO <input type="checkbox"/> OTRO					
		<input type="checkbox"/> CASCO (ESTRUCTURA) <input type="checkbox"/> MOTOR (PRINCIPAL)		<input type="checkbox"/> PROPULSION Y GOBIERNO <input type="checkbox"/> HIDRAULICO		<input type="checkbox"/> ELECTRONICO <input type="checkbox"/> ELECTRICO					
		<input type="checkbox"/> PANGA <input type="checkbox"/> FRIO				<input type="checkbox"/> Nº GALAS					
DATOS DE OPERACIÓN, CONTROL DE COMBUSTIBLE Y HORÓMETROS				CONTROL DE CONSUMO DE ACEITES							
OPERACIÓN	HORA	STOCK DE COMBUST.	HORÓMETROS					Flujómetro de Panga	MAGLINA	Caudal (litros)	CAUSAS DE CONSUMO
			M. PRINC.	AUX. 1	AUX. 2	AUX. 3	AUX. 4				
Arriba	13:45	4200	1713	1220	110			Motor Principal			
Bajar y abar								Motor Aux. Nº 1			
Fin descarga								Motor Aux. Nº 2			
Zarpo	13:05	4190	1713	1220	110			Motor Aux. Nº 3			
								Motor Aux. Nº 4			
								Motor Panga			
								Caudal Panga			
								Caudal Motor			
								Caudal Motor			
								Caudal Motor			

Ilustración 2.15 Parte Diario de Maquina PDM.

Fuente: Formato de registro de la empresa.

CAPITULO III:

PROCESOS DE TOMA DE DECISIONES

3.1 Descripción del Problema:

3.1.1 Formulación del Problema.

Deficiencias del sistema actual de control de consumo de combustible debido a que no proporciona una información precisa, confiable y suficiente para poder establecer políticas de ahorro y consumo de combustible.

Actualmente el proceso de registro y control de consumo de combustible durante la operación de Pesca se realiza de manera manual, este proceso consiste en tomar la lectura del stock de combustible de los tanques por parte del ingeniero de máquinas antes del zarpe de puerto, al arribo a puerto y al término de la descarga de la pesca (Ver ilustración 3.1),

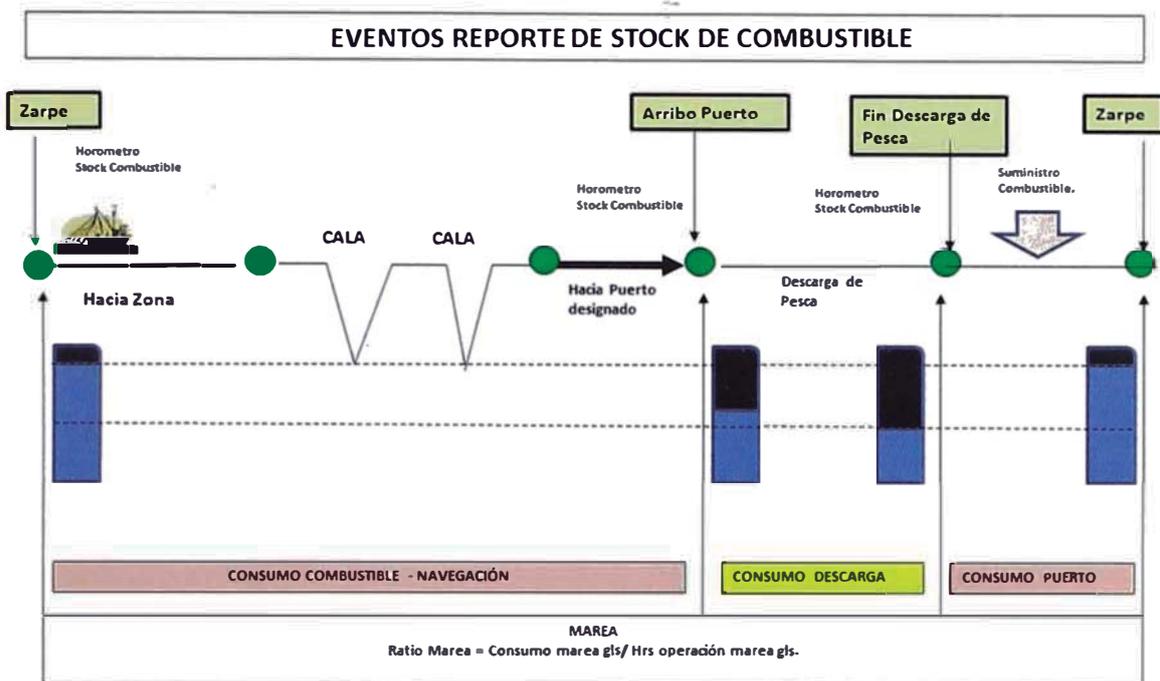


Ilustración 3.1 Diagrama de Eventos para el reporte de stock de combustible
Fuente: Elaboración propia

Cuadro descripción de eventos Ilustración 3.1

Nº Evento	Descripción
1 Zarpe:	Hacerse a la mar un barco desde un lugar fondeado (puerto)
2 Arribo a Puerto:	Llegada de una embarcación a puerto.
3 Fin de descarga:	Termino de descarga de la pesca en la chata.
4 Marea:	Es el periodo trascurrido desde el zarpe hasta el arribo a puerto.
5 Consumo en navegación:	Es el consumo de combustible realizado desde el zarpe a arribo a puerto.
6 Consumo en descarga:	Es el consumo de combustible realizado desde el arribo a puerto y el término de la descarga de pesca.
7 Consumo en Puerto:	Es el consumo de combustible desde el término de la descarga y el siguiente zarpe.
8 Consumo en marea:	Es la suma de consumo de navegación, descarga y puerto.

Las lecturas de stock de combustible en el evento zarpe, arribo y descarga a puerto son registrada en el Parte Diario de Maquina (PDM) para posteriormente ser dictado a los radio operadores de bahía en puerto, estos últimos son los responsables de su registro en el sistema Portal SAP (Ver ilustración 3.2).

Datos de marea

Marea: 000006173C Embarcacion: TASA 56 Motivo de marea: PESCA CH
 Cant Calas : Cant descarga: 53 690 Fech produccion: 12/12/2012

Cuadro de análisis

Evento	Fecha/hora Inicio	Stock Combustible	MP	Horómetros						Fluj	Suministros
				A1	A2	A3	A4	Panga			
Zarpe	12/12/2012 02:01	9.800.000	5.137	11.073	11.050	7.708	0	1.965	0	000	
Llegada a zona de pesca	12/12/2012 06:00	000	0	0	0	0	0	0	0	000	
Cala	12/12/2012 07:32	000	0	0	0	0	0	0	0	000	
Salida de zona de pesca	12/12/2012 13:22	000	0	0	0	0	0	0	0	000	
Arribo a puerto	12/12/2012 14:40	12.900.000	5.151	11.087	11.050	7.708	0	1.967	0	000	
Descarga	12/12/2012 17:51	000	0	0	0	0	0	0	0	000	
Descarga	12/12/2012 18:28	12.800.000	5.153	0	0	0	0	0	0	000	
Zarpe	12/12/2012 21:18	12.800.000	5.153	11.087	11.056	7.708	0	1.967	0	000	

Reporte y carga de consumos

Fase	Horas Ope. (Hr)	Consumo (Gln)	MP	Horómetros						(Gln/Hr)		
				A1	A2	A3	A4	Panga	Fluj	Real	Teórico	
Navegación	5.269	-3.100.000	14	14	0	0	0	2	0	-588.35	00	<input checked="" type="checkbox"/>
Busqueda	7.381	000	0	0	0	0	0	0	0	00	00	<input checked="" type="checkbox"/>
Cala	0.000	000	0	0	0	0	0	0	0	00	00	<input checked="" type="checkbox"/>
Descarga	3.800	100.000	2	0	0	0	0	0	0	26.32	00	<input checked="" type="checkbox"/>
Puerto	2.833	000	0	0	6	0	0	0	0	00	00	<input checked="" type="checkbox"/>
Marea	19.283	-3.000.000	16	14	6	0	0	2	0	-155.58	00	<input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 3.2. Pantalla de registro de stock de combustible del Portal SAP
 Fuente: Sistema Portal SAP de la empresa

Luego esta información es revisada y procesada por el ingeniero de control de combustible para generar los informes de ratios de consumo de combustible de cada embarcación (ver cuadro 3.2), es en esta etapa donde se ha encontrado durante las temporadas de pesca gran cantidad de registro de mareas con stock de combustible incorrectos, de los 4000 mareas de pesca registrada en un año el 10% de ellos contienen alguna inconsistencia en el stock de zarpe, arribo y descarga. (Ver cuadro 3.1).

**N° DE MAREAS
CON ERRORES DE REGISTRO DE STOCK DE COMBUSTIBLE**

MES	TIPO OPERACIÓN	N° MAREAS	N° MAREAS CON ERROR	% ERROR
1	Pesca CHD	56.00	8.00	14%
	Pesca CHI	121.00	2.00	2%
2	Pesca CHD	15.00	3.00	20%
	Pesca CHI	176.00	11.00	6%
3	Pesca CHD	28.00	3.00	11%
	Pesca CHI	72.00	5.00	7%
4	Pesca CHD	59.00	6.00	10%
	Pesca CHI	292.00	34.00	12%
5	Pesca CHI	894.00	69.00	8%
6	Pesca CHI	771.00	99.00	13%
7	Pesca CHI	696.00	62.00	9%
8	Pesca CHI	122.00	14.00	11%
9	Pesca CHI	15.00		0%
10	Pesca CHI	22.00		0%
11	Pesca CHI	168.00	8.00	5%
12	Pesca CHI	575.00	77.00	13%
		4,082.00	401.00	10%

Cuadro 3.1 Muestra el porcentaje de números de mareas con errores en el registro de stock de combustible.

Fuente: Elaboración propia

Reporte de Ratios de consumo de combustible del Portal SAP

REPORT DE RATIOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

N° Marea	Embarcación	Tipo Ope.	Cnpds	Honav	Hodes	Hopue	Homar	Conav	Codes	Copue	Comar	Rrnv	Rrdes	Rrpue	Rrmar	Feprd
55,118.000	TASA 315	PESCA CHI	173.945	18.280	4.970	.020	23.270	540.000	-35.000	.000	505.000	29.540	-7.042	.000	21.702	2012-05-30
54,872.000	TASA 43	PESCA CHI	340.505	29.000	4.450	.000	33.450	1,250.000	-970.000	.000	280.000	43.103	-217.978	.000	8.371	2012-05-28
54,569.000	TASA 61	PESCA CHI	323.875	19.290	5.820	.020	25.120	950.000	-120.000	.000	830.000	49.248	-20.619	.000	33.041	2012-05-26
55,121.000	TASA 34	PESCA CHI	88.070	17.830	1.720	1.950	21.500	590.000	1,100.000	-1,080.000	610.000	33.090	639.535	-553.846	28.372	2012-05-30
54,350.000	TASA 35	PESCA CHI	306.975	33.470	4.850	1.930	40.260	840.000	.000	-165.000	675.000	25.097	.000	-85.492	16.766	2012-05-25
54,831.000	TASA 36	PESCA CHI	36.880	15.730	2.720	8.450	26.900	354.000	1,000.000	-1,000.000	354.000	22.505	367.647	-118.343	13.160	2012-05-28
54,714.000	TASA 426	PESCA CHI	48.985	15.570	1.250	6.920	23.730	550.000	.000	-150.000	400.000	35.324	.000	-21.676	16.856	2012-05-27
54,854.000	TASA 47	PESCA CHI	23.520	12.710	5.230	5.120	23.060	300.000	30.000	-3,900.000	-3,570.000	23.603	5.736	-761.719	-154.814	2012-05-28
55,105.000	TASA 47	PESCA CHI	49.210	26.620	2.330	.670	29.620	300.000	10.000	-10.000	300.000	11.270	4.292	-14.925	10.128	2012-05-30
53,382.000	TASA 42	PESCA CHI	.000	49.050	.000	15.050	64.100	1,990.000	.000	-2,360.000	-370.000	40.571	.000	-156.811	-5.772	
54,717.000	TASA 55	PESCA CHI	58.740	15.080	1.630	3.780	20.500	1,370.000	10.000	-90.000	1,290.000	90.849	6.135	-23.810	62.927	2012-05-27
55,104.000	TASA 58	PESCA CHI	377.085	23.080	4.430	1.230	28.750	1,500.000	-200.000	.000	1,300.000	64.991	-45.147	.000	45.217	2012-05-30

Legenda:

Tipo Ope: Tipo de operación de Pesca, pudiendo ser consumo humano indirecto (CHI)-Anchoveta o Jurel Caballa (CHD).

Cnpds : Cantidad de pesca, Toneladas.

Honav: Horas de navegación, desde que zarpa y arriba a puerto.

Hodes : Horas de descarga, desde que arriba a puerto hasta que termina la descarga de la pesca a planta de procesamiento.

Hopue: Horas de estadía de la embarcación en puerto hasta el siguiente zarpe.

Homar: Horas de operación de marea, que es la suma de honav + hodes + hopue.

Conav: Consumo de combustible durante navegación.

Codes: Consumo de combustible durante descarga de pesca

Copue: Consumo de combustible durante estadía en puerto.

Comar: Consumo de combustible durante marea de pesca, que es la suma de Conav + Codes + Copue

Rrnv: Ratio de consumo durante navegación, igual Conav/Honav.

Rrdes: Ratio de consumo en descarga, igual Codes/Hodes

Rrpue: Ratio de consumo en puerto, igual Copue/Hopue.

Rrmar: Ratio de consumo en marea, igual Comar/Homar

Feprd: Fecha de producción de pesca, es la fecha de término de descarga.

Cuadro 3.2 Reporte de ratios de consumo de combustible de la embarcación (Glh.), Sistema Portal SAP de la empresa.

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 3.2 se muestra en rojo los registros incorrectos, originados por la mala lectura del motorista, mal registro del radio operador, etc.

3.1.2 Identificación de causas del problema

A través de la elaboración de diagrama causa – efecto se pudo identificar todas las causas y/o motivos por los cuales el sistema actual de control de consumo de combustible mediante lecturas de nivel es impreciso. (Ver ilustración 3.3)

Una vez identificados los factores serán analizados cuantitativamente con el diagrama de Pareto.

1. Listado de causas observados durante una temporadas de pesca

A continuación se muestra un listado de causas que ocasionan errores en el control de consumo de combustible en el sistema actual.

ITEM	CAUSA	TOTALES
A	Error de lectura por parte del motorista	25.00
B	Error de registro por parte de radio operador en el Sistema Portal SAP	20.00
C	Movimiento de la embarcación	4.00
D	Variación de volumen del combustible por la temperatura	1.00
E	Procedimiento de lectura incorrecto	3.00
F	Visores de los tanques en mal estado	10.00
G	Tanques de combustible con calados en mal estado	8.00
H	Tanques de combustible con informe de cubicación desactualizados	5.00

Fuente: Elaboración propia

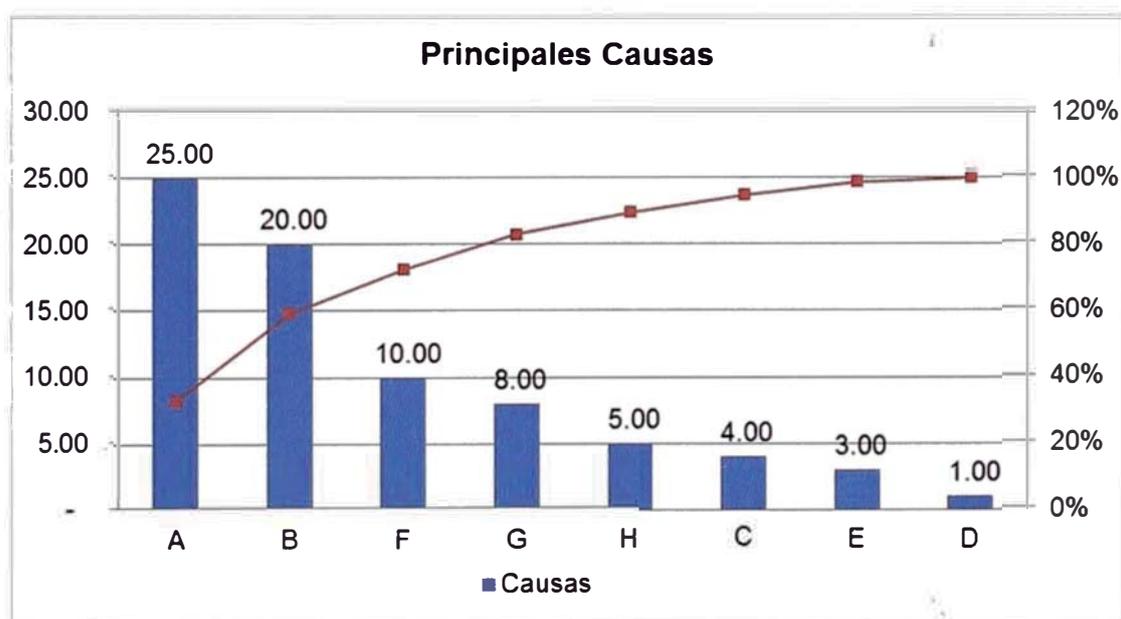
2. Clasificación de las causas

ITEM	CAUSA	PUNTOS	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
A	Error de lectura por parte del motorista	25.00	33%	25.00	33%
B	Error de registro por parte de radio operador en el Sistema Portal SAP	20.00	26%	45.00	59%
F	Visores de los tanques en mal estado	10.00	13%	55.00	72%
G	Tanques de combustible con calados en mal estado	8.00	11%	63.00	83%
H	Tanques de combustible con informe de cubicación desactualizados	5.00	7%	68.00	89%
C	Movimiento de la embarcación	4.00	5%	72.00	95%
E	Procedimiento de lectura incorrecto	3.00	4%	75.00	99%
D	Variación de volumen del combustible por la temperatura	1.00	1%	76.00	100%
TOTAL		76.00			

Cuadro 3.3 Clasificación de causas del problema del sistema actual

Fuente: Elaboración propia

3. Principales Causas



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la gráfica Pareto se encuentra que son cuatro las principales causas por las cuales el sistema actual de control de consumo de combustible no es confiable, y se debe tener en cuenta para buscar nuevas alternativas de control.

Diagrama causa – Efecto para el error en el control de consumo de combustible

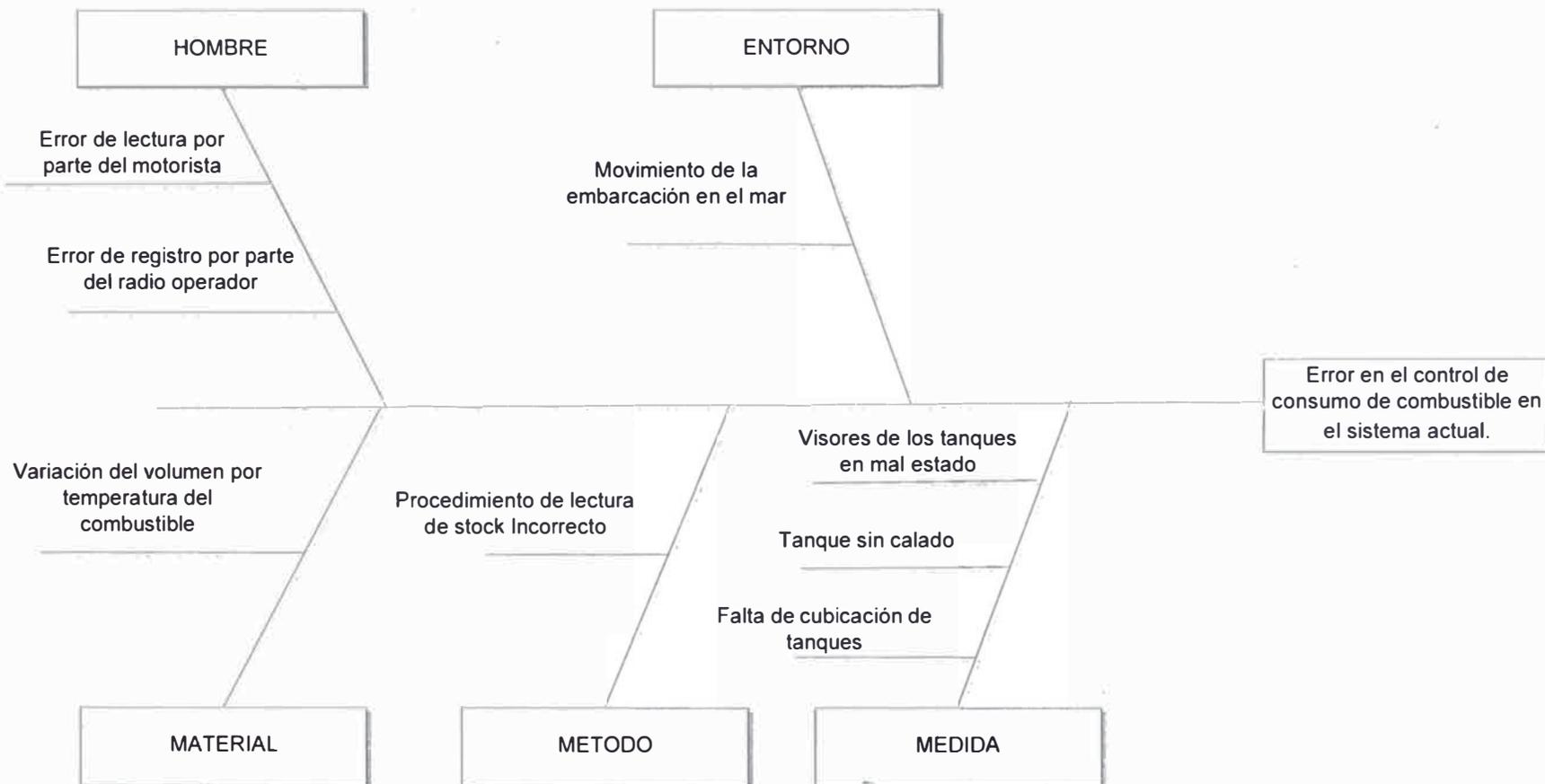


Ilustración 3.3 Ishikawa (Diagrama causa - efecto): análisis para determinar las causas en el error en el control de consumo de combustible en el sistema actual.

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.3 Impacto económico del sistema actual de control de consumo de combustible.

El mecanismo actual de control de consumo de combustible contempla solo la lectura de stock de los tanques de combustible, pero debido al movimiento de la embarcación y al estado de los visores, estos no son precisos, por lo que muchas de las lecturas tienen un margen de error del 1% de la capacidad del tanque.

Calculo de Error de lectura - Tasa 57				
N°				
Tanque	Ubicación	Capacidad gls	Error lectura (1%) gls	
1	Popa Babor	3451	34.51	
2	Popa Estribor	2909	29.09	
3	Diario Popa Babor	1480	14.8	
4	Proa Babor	3923	39.23	
5	Proa Estribor	3913	39.13	
Total		15676	156.76	
			Costo por Galón \$	3.8
			Valor en \$	595.69

Cuadro 3.4 Porcentaje de variación de lectura de nivel de combustible, Embarcación Tasa 57.

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 3.4 se muestra que para la Tasa 57, el máximo error de lectura corresponde a 156 gls, el cual representa \$ 595.00 aproximadamente.

CUADRO CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

Nombre E/P	FLOTA	Nombre Antiguo	CBOD™	Motor	Modelo	Gi/Hr	Capacidad B5	% ERROR LECTURA(1%)
TASA 47	1	SECHIN	342	CATERPILLAR	CAT 3508	30.5	6,388.00	63.88
TASA 31	1	JAYANCA	330	CATERPILLAR	CAT 3508	30.5	6,490.00	64.90
TASA 310	1	ZANA	341	CATERPILLAR	CAT 3508	30.5	6,897.24	68.97
TASA 220	1	MACABI 3	218	CATERPILLAR	C18	21.7	3,001.28	30.01
TASA 17	1	RIMAC 4	195	CATERPILLAR	C18	21.7	4,035.69	40.36
TASA 111	1	CAPLINA 8	193	MTU	6062-HK37	20.9	4,191.00	41.91
TASA 315	1	BRAVO 7	367	MTU	8V4000 M60R	46.3	5,587.82	55.88
TASA 218	1	BRAVO 10	207	MTU	6062-HK37	20.9	5,338.63	53.39
TASA 314	1	CONTUMAZA 4	352	VOLVO	TAMD 163A	27	5,240.00	52.40
TASA 413	2	OLMOS II	456	CATERPILLAR	CAT 3512	58.1	7,958.00	79.58
TASA 416	2	SALKANTAY	431	CATERPILLAR	CAT 3512	58.1	6,954.00	69.54
TASA 415	2	INDEPENDENCIA	446	CATERPILLAR	CAT 3512	51.9	8,308.00	83.08
TASA 418	2	INDEPENDENCIA	437	CATERPILLAR	CAT 3512	58.1	8,288.00	82.88
TASA 411	2	SIPAN	454	CATERPILLAR	CAT 3512	58.1	8,139.00	81.39
TASA 417	2	INANSA	452	CATERPILLAR	CAT 3512	58.1	7,300.00	73.00
TASA 412	2	SECHIN II	411	CATERPILLAR	CAT 3512	58.1	7,200.00	72.00
TASA 414	2	ESTRELLA	432	CATERPILLAR	CAT 3512B	62.21	5,412.00	54.12
TASA 425	2	BRAVO 9	414	CATERPILLAR	CAT 3512	58.1	10,590.73	105.91
TASA 420	2	GUILLERMO	381	CATERPILLAR	CAT 3512	58.1	10,154.00	101.54
TASA 61	2	SEBASTIAN	605	DEUTZ	SBV 6M628	72	21,183.00	211.83
TASA 45	2	TASA 45	374	MAN B&W	6L 23/30 ADKV	61.56	10,687.00	106.87
TASA 43	2	TASA 43	410	MAN B&W	6L 23/30 ADKV	61.56	10,769.00	107.69
TASA 44	2	TASA 44	410	MAN B&W	6L 23/30 ADKV	61.56	10,687.00	106.87
TASA 423	3	BRAVO 3	443	CATERPILLAR	CAT 3512B	56.5	4,300.00	43.00
TASA 210	3	PIZARRO 10	295	CATERPILLAR	CAT D379	31.8	4,036.00	40.36
TASA 38	3	TARATA 3	329	CATERPILLAR	CAT 3508B	36.8	6,258.00	62.58
TASA 21	3	LOBO I	330	CATERPILLAR	CAT 3508B	36.8	7,150.00	71.50
TASA 23	3	LOBO II	330	CATERPILLAR	CAT 3508B	36.8	7,150.00	71.50
TASA 36	3	FLAMINGO	330	CATERPILLAR	CAT 3508B	36.8	7,150.00	71.50
TASA 37	3	COSTA AZUL	330	CATERPILLAR	CAT 3508B	36.8	7,168.00	71.68
TASA 35	3	PUNTA SAL	330	CATERPILLAR	CAT 3508B	36.8	7,868.00	78.68
TASA 32	3	PEGASO	410	CATERPILLAR	CAT 3512B	48.6	6,301.39	63.01
TASA 22	3	MAYTE	330	CATERPILLAR	CAT 3508B	36.8	8,416.00	84.16
TASA 426	3	DON ENRIQUE	408	CATERPILLAR	CAT 3512	58.1	8,889.70	88.90
TASA 34	3	SAMOA	343	MTU	8V4000 M60R	46.3	6,900.00	69.00
TASA 424	3	BRAVO 4	413	MTU	8V4000 M60	59.4	8,896.34	88.96
TASA 419	4	DONA BEILA	408	CATERPILLAR	CAT 3512B	74.26	12,248.00	122.48
TASA 427	4	ESTHER 7	441	CATERPILLAR	CAT 3512B	74.26	12,248.00	122.48
TASA 71	4	DON ABRAHAM	730	CATERPILLAR	CAT 3606 - II	116.5	17,116.00	171.16
TASA 57	4	COPETA 4	592	CATERPILLAR	CAT 3516	69.4	15,676.00	156.76
TASA 58	4	COPETA 2	591	CATERPILLAR	CAT 3516	69.4	15,050.00	150.50
TASA 51	4	SIPESA 63	602	CATERPILLAR	CAT 3606 - I	108.5	16,403.45	164.03
TASA 53	4	MARU 2	546	CATERPILLAR	CAT 3516	69.4	16,595.00	165.95
TASA 52	4	SIPESA 62	605	CATERPILLAR	CAT 3606 - I	108.5	16,123.34	161.23
TASA 42	4	CARMEN LUISA	485	CATERPILLAR	CAT 3516	69.4	12,361.20	123.61
TASA 41	4	DON ANGEL	493	MAN B&W	6L 23/30 ADKV	61.56	10,333.00	103.33
TASA 59	4	COPETA 1	570	MAN B&W	8L 23/30 ADKV	83.22	15,022.00	150.22
TASA 54	4	JAVIER	578	MAN B&W	8L 23/30 ADKV	83.22	15,040.00	150.40
TASA 55	4	TASA 55	513	MAN B&W	8L 23/30 ADKV	83.22	14,946.00	149.46
TASA 56	4	SANTA ENMA	500	MAN B&W	8L 23/30 ADKV	83.22	19,491.00	194.91
TOTAL GLS							479,935.81	4,799.36

Cuadro 3.5 Capacidad de almacenamiento de combustible de toda la flota pesquera.

Fuente: Elaboración propia

Durante la temporada de pesca de anchoveta toda la flota, las 50 embarcaciones salen a operar, en operación un error de lectura del 1% de

su capacidad de stock de combustible representa alrededor de 4800 gls de imprecisión en los reportes de stock de combustible.

Por otro lado debemos considerar que el combustible representa alrededor del 30 % del costo de operación, esto es 16 millones de dólares anuales solo por consumo de combustible, en ese sentido la búsqueda de nuevos mecanismos de control de consumo de combustible se ha convertido en un elemento importante dentro de la política de gestión de la gerencia.

Estructura de Costo de Operación CHI Norte

Resumen	Detalle	Operación CHI Costo \$/ Tonelada	%
Costo Variable	Combustible	25.82	29%
	Tripulante Var.	35.37	40%
	Otros Costo Variables	5.25	6%
Costos Fijos		22.49	25%
Costo Total		88.93	100%

Nota:

CHI Norte, corresponde a la pesca de anchoveta zona centro-norte

Cuadro 3.6 Estructura de costo de operación de pesca de anchoveta año 2012.

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 3.6 se muestra la estructura de costo de operación de pesca del año 2012, en ese año el costo de combustible fue de 25.8 dólares por cada tonelada de pesca, por lo que se concluye el combustible representa el 30% del costo total de operación.

3.1.4 Objetivo de la solución

El objetivo del presente informe pretende describir la implementación de un nuevo sistema de control de consumo de combustible que nos permita controlar, monitorear y establecer políticas de ahorro de consumo de combustible en las embarcaciones pesqueras a través de:

- ✓ Sistema confiable de control y monitoreo constante del consumo de combustible en las embarcaciones.
- ✓ Estandarización de las mediciones y comparación de ratios de consumo
- ✓ Instalación de sistemas de control y registro electrónico de datos abordo, para ser transmitidos automáticamente a tierra y ser tratados en SAP.

3.2 Alternativas de solución

Para la búsqueda de una solución al problema actual del sistema de control de consumo de combustible se tomaron en consideración lo siguiente:

1. El análisis causa–efecto nos indica que el problema actual es el error humano, por tanto el sistema de control de consumo de combustible debe ser automatizado.(Ver cuadro 3.3)
2. El impacto económico del recurso a controla es sensible ya que el combustible representa el 30% de costos de operación. (ver cuadro 3.6)

3. Según el análisis FODA de la empresa, se cuenta con los recursos económicos para implementar un sistema de control automatizado y es una oportunidad para disminuir los costos de extracción, al ser la asignación de pesca por cuotas. (ver ilustración 1.3)

El área de proyectos junto con el área de combustible busco en el sector pesquero antecedentes de sistema de control de consumo de combustible automatizado pero no se encontraron. Por lo que se revisó en otros sectores industriales, encontrando dos alternativas las cuales se detallan a continuación.

Alternativa 01: Implementación de un sistema de control de consumo utilizando sensores de nivel en los Tanques de combustible.

Se trata de un sistema basado en el empleo de sensores de nivel y PLC (Controlador lógico programable) instalado a bordo de la embarcación con un sistema de comunicación satelital.

Alternativa 02: Implementación de un sistema de control de consumo utilizando sensores de Flujo de combustible.

Se trata de un sistema de monitoreo de consumo de combustible basados en el empleo se sensores de flujo y PLC instalado a bordo, está a la ves integrado a un panel PC para enviar la información a través de un modem 3G una vez que encuentra señal de internet cerca a puerto donde arribara la embarcación.

3.2.1. Características del sistema de control utilizando de sensores de nivel en los tanques de combustible.

Es un sistema de monitoreo de consumo de combustible basado en el empleo de sensores de nivel y PLC instalado a bordo de la embarcación con un sistema de comunicación satelital. Esto permitirá a los usuarios disponer, en su sede de operaciones, de los parámetros de consumo de combustible a bordo de la embarcación (ver ilustración 3.4).

Asimismo transmitir otros valores capturados por el sistema de adquisición de datos de abordo.

Este sistema se basa en el balance de masa, La cantidad de combustible consumido por el motor principal, grupos electrógenos así como lo surtido a la panga en un tiempo T debe ser igual al descenso de stock en los tanques en ese mismo tiempo (ver ilustración 3.5).

Si el descenso en el stock de los tanques es mayor a lo consumido entonces existe una pérdida de combustible.

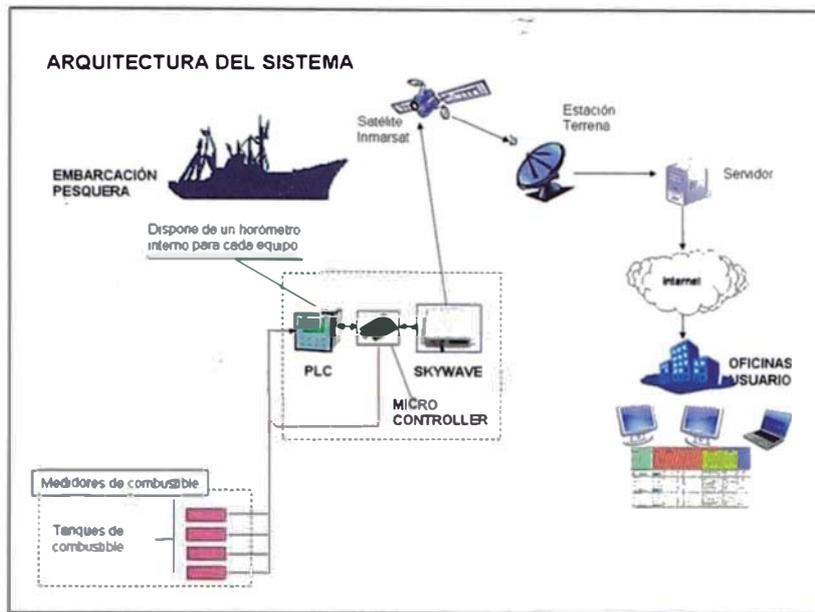


Ilustración 3.4. Arquitectura del sistema de control por sensor de nivel de combustible.

Fuente: Elaboración propia

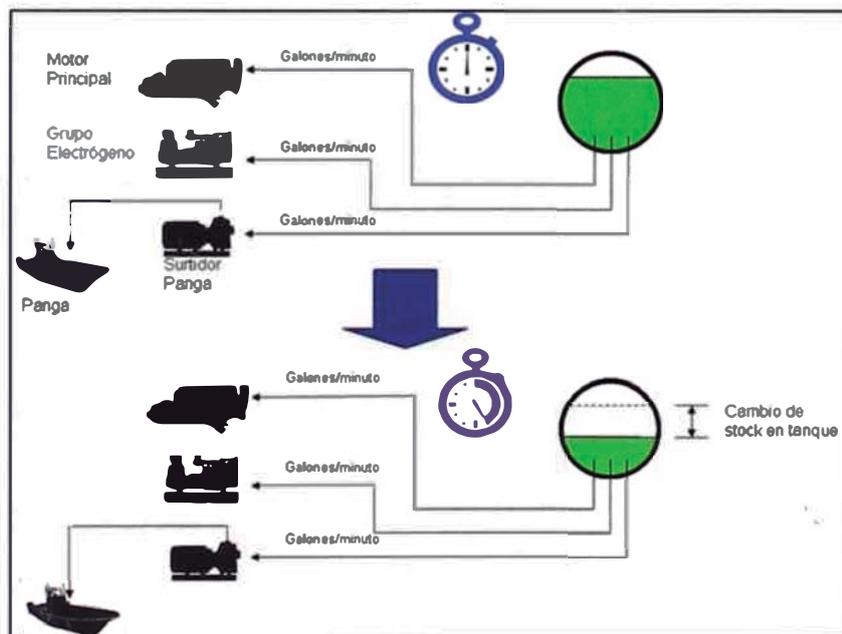


Ilustración 3.5. Visión conceptual del sistema de control por sensor de nivel de combustible (balance de masa).

Fuente: Elaboración propia

Este sistema nos permite el control de consumo por tramos de travesía. Desde una perspectiva de travesía podemos afirmar que el consumo de motor principal, de grupo(s) electrógenos, de lo surtido a la panga en un tramo de travesía debe ser igual a la diferencia de stock en los tanques durante el mismo tramo.

Para poder disponer de estos datos en tiempo real, se utilizara un sistema de comunicación de mensajes, los datos serán trasmitidos de acuerdo a eventos predefinidos a los largo de la travesía de la embarcación. Ver cuadro 3.7

Nº	Nombre del evento	Descripción de evento	Observaciones
1	Salida de zona de puerto	Cuando la embarcación sale del cerco perimétrico virtual de cualquier puerto	como zona de puerto (pueden ser ajustados o incrementados por usuario)
2	Entrada a zona de puerto	Cuando la embarcación entra al cerco perimétrico virtual de cualquier puerto	El cerco perimétrico virtual son los definidos por el ministerio como zona de puerto (pueden ser ajustados o incrementados por usuario)
3	Inicio de cala	Cuando se cumple la condición de navegación a menos de dos nudos por 1.5 horas	Puede ser ajustado a los criterios del usuario
4	Final de cala	Cuando se cumple la condición haber iniciado cala y de navegar a mas de dos nudos por 1.5 horas	Puede ser ajustado a los criterios del usuario

Cuadro 3.7 Cuadro de Eventos que disparan mensajes de trasmisión de datos al servidor.

Fuente: Elaboración propia

Para este propósito se pretende integrar sensores de nivel en los tanques, estos miden el nivel de combustible y lo trasmiten hacia el PLC, el PLC se encarga de procesar y registrar y almacenar la data, la idea es conectar a este un sistema de trasmisión de datos satelital a fin de que pueda ser trasmitida periódicamente a la sede central.

Para ello se hace necesario instalar un micro controlador para extraer la data del PLC y enviarlo al trasmisor satelital

Tamaño de mensajes: cada envío de datos consiste en dos mensajes de 25 bytes cada uno. De cada mensaje de 25 Bytes 2 están reservados para cabecera.

Interfaz de usuario: El acceso a los usuarios a los datos se realiza mediante una aplicación WEB. Esta aplicación Puede residir en un servidor en las instalaciones de la empresa o en las de un proveedor externo.

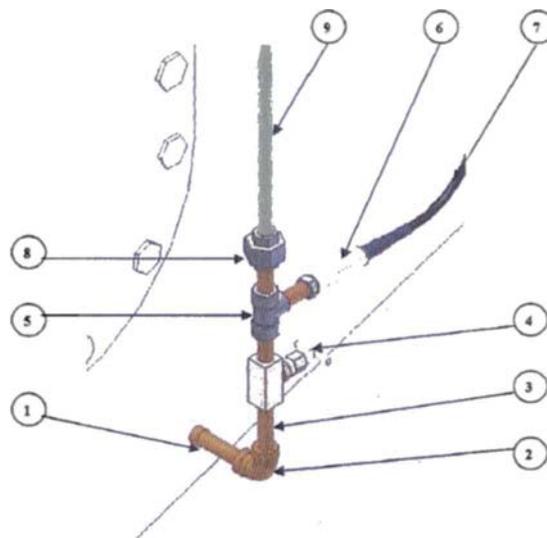


Ilustración 3.6. Esquema de instalación del sensor de presión en el tanque de combustible.

Fuente: Elaboración propia

Materiales:

- 1 Tubo de 1/4" de diámetro: Salida de tanque y toma de muestra de combustible
- 2 Codo de 1/4" de diámetro
- 3 Niple de 1/4" de diámetro
- 4 Válvula de aguja regulable.
- 5 "T" de 1/4" de diámetro
- 6 Sensor de presión electrónico
- 7 Conductor eléctrico: Transmite la información al PLC
- 8 Unión Universal 1/4" de diámetro
- 9 Tubo de 3/8" de diámetro. Entrada al tanque de la muestra.

Costos de Implementación de Sensores de Nivel y Trasmisión

Descripción	US\$	Cantidad	Total
Desarrollo de Sistema de Interfaz de Usuario			
Desarrollo e interfaz PLC	400.00	1	400.00
Programación terminal Satelital	250.00	1	250.00
Desarrollo aplicación WeB	200.00	1	200.00
Total			850.00
Costo por desarrollo del Software por cada embarcación			17.00
Instalación de Sensores y PLC			
Transmisor de Presión AEP	650.00	5	3,250.00
Monitoreo de Nivel en Tanques Diarios de Petróleo			
PLC	3,250.00	1	3,250.00
Sistema de Respaldo de Energia	700.00	1	700.00
Cableado, instalación y puesta en marcha	1,869.19	1	1,869.19
Cableado e Instalación del sensor de Presión	2,500.00	1	2,500.00
Servicio de limpieza de tanque	1,600.00	1	1,600.00
Costo por instalación de sensores y PLC por cada Embarcación			13,169.19
Instalación de Sistema de Trasmisión			
Equipos			
Skywave SureLinx 8100 (FOB)	780.00	1	780.00
Controlador de Comunicaciones	187.00	1	187.00
Regulador voltaje/cargador + batería backup	162.00	1	162.00
Servicio de Instalación			
Mano de Obra	25.00	1	25.00
Materiales	18.00	1	18.00
Case de Fibra de vidrio	72.00	1	72.00
Materiales Varios y Servicios	163.00	1	163.00
Trasporte y Viáticos	163.00	1	163.00
Costo por instalación de equipos de trasmisión por cada Embarcación			1,570.00
Total Costo total de implementación del sistema por Embarcación \$			14,756.19
Trasmisión de informacion Satelital.			
Servicio GPRS	22.00	1	22.00
Inmarsat Cargo Fijo Mensual	15.00	1	15.00
Costo Total de Trasmisión mensual por cada Embarcación (\$)			37.00

PLC: Controlador lógico programable

GPRS: Servicio General de Paquetes vía Radio

Cuadro 3.8: Estructura de costo para la implementación de sistema de control utilizando de sensores de nivel en los tanques de combustible.

Fuente: Elaboración propia

Nota:

El costo de instalación de los sensores y PLC es a todo costo por parte del proveedor.

Se debe considerar que hay un costo único por desarrollo de interfaz de usuario, y un costo mensual por trasmisión de datos.

Control de consumo de la embarcación: Mediante este concepto podemos afirmar que el consumo del motor principal, de grupos(s) electrógenos, es la diferencia de entre el flujo de ingreso y retorno, de esta manera podemos controlar el consumo de la embarcación.

$$\text{Flujo consumo} = \text{Flujo de ingreso} - \text{Flujo de retorno}$$

Para poder disponer de estos datos, la información recibida de los sensores de flujo y temperatura serán procesados en el PLC cada 30 segundos, y almacenadas en el panel PC, para luego ser transmitidos mediante un modem 3G a un servidor en tierra, de esta manera poder visualizar los consumo de combustible durante toda la marea y con ello poder hacer curvas de consumo y análisis.

Eventos de transmisión, la información del Panel PC será transmitido al servidor en tierra una vez que encuentre señal inalámbrica internet (Arribo a puerto).

Tamaño de mensajes

El panel PC almacenara la información procesada por el PLC de los sensores de flujo cada 30 segundos,

Interfaz de usuario:

El acceso a los usuarios a los datos se realiza mediante una aplicación WEB. Esta aplicación Puede residir en un servidor en las instalaciones de la empresa o en las de un proveedor externo.

Costo de Implementación de Flujo metros, PLC y Trasmisión de Datos

Descripción	US\$	cantidad	Total \$
Flujometro MP Kral	2,250.00	2	4,500.00
Flujometro Auxiliares OVAL	315.00	4	1,260.00
PLC	3,250.00	1	3,250.00
Sistema de Respaldo de Energía	700.00	1	700
Cableado, instalación y puesta en marcha	1,869.19	1	1,869.19
Flujometro Auxiliares OVAL	332.50	2	665
Programa. cambio d/aceites y muestreos	164.70	1	164.7
Sensor de temperatura. Para Motores Auxiliares.	148.50	6	891
Construcción, Instalación gabinetes metálico	181.79	1	181.79
Módulo de temperatura (Ad. para PLC)	257.40	1	257.4
Cableado sensor RPM de MP	145.50	1	145.5
Cableado flujómetro despacho panga	179.45	1	179.45
Cableado sensores temperatura. Grupo A1,A2	582.00	1	582
Instalación mecánica Flujómetro MP.	588.90	1	588.9
Inst. mecánica Flujómetro A1 y A2	524.10	1	524.1
Inst. mecánica Flujómetro A3	262.10	1	262.1
Cableado sensores	873.00	1	873
PANEL PC	1,750.00	1	1,750.00
Servicio de instalacion	1,220.00	1	1,220.00
Software de base	450.00	1	450
Software monitor	157.00	1	157
Interfaz para Usuario	160.00	1	160
			20,631.13

Leyenda:

Flujómetro MP: Se refiere a los flujómetros de ingreso y salida del motor principal (MP)

Flujómetros Auxiliares: Se refiere a los flujómetros a instalar a los motores auxiliares

PLC: Controlador lógico programable

Sensor RPM: Sensor que censa el número de revoluciones del motor principal.

PANEL PC: Computadora industrial que se comunica con el PLC.

Cuadro 3.9: Costo de implementación del sistema de control utilizando sensores de flujo de combustible para una embarcación pesquera.

Fuente: Elaboración propia

Nota:

Todos los trabajos para la instalación y operatividad del sistema de control de combustible son a todo costo por parte del proveedor.

La empresa solo proporciona los siguientes equipos (Flujómetros, sensores, PLC, Baterías de respaldo y Kit de Trasmisión Panel PC)

3.3 Metodología de evaluación

El proceso de selección de alternativa se definió en dos etapas, en la primera etapa se definió los factores de viabilidad y luego factores de atractivita de la solución.

Para los factores de viabilidad se consideró la viabilidad técnica, que es que tanto se adapta positivamente la alternativa a escoger, así también la viabilidad económica que se refiere al máximo beneficio al mínimo costo. Ver cuadro 3.10

Nº	Factores de Viabilidad	Descripción
1	Tiempo de Implementación del sistema.	Es el tiempo que nos toma desarrollar e implementar el sistema hasta su puesta en funcionamiento
2	Costo de Implementación de Equipos de Control	Es el costo de los equipos (Sensores, PLC), la alternativas 02 es más costosa debido a que utiliza mayor cantidad de sensores.
3	Costos de Trasmisión del Sistema	Es el costo de Trasmistir la información de la embarcación al servidor en Tierra para su procesamiento.
4	Costo de Mantenimiento del sistema	Es el costo de mantenimiento periódico de tipo predictivo y correctivo a fin de mantener operativo el sistema.

Cuadro 3.10 Factores de Viabilidad de la alternativa.

Fuente: Elaboración propia

Para los factores de atractividad se definió como el grado de cumplimiento de la alternativa al desempeño deseado. Ver cuadro 3.11

N°	Factores de Atractividad	Descripción
1	Escalabilidad del sistema	Es la habilidad del sistema para adecuarse a nuevos requerimientos sin perder su capacidad de respuesta.
2	Arquitectura abierta	Es la capacidad de añadir, modernizar y cambiar componentes sin estar condicionado por el fabricante
3	Precisión del sistema	Para nuestro caso se refiere al grado de exactitud de la información proporcionada del consumo de combustible, de las pruebas realizadas se concluyó que el sistema de control por sensor de flujo proporcionaba información más precisa

Cuadro 3.11 Factores de Atractividad de la alternativa.

Fuente: Elaboración propia

Una vez definido cada uno de los factores para las 2 dimensiones de la matriz, se procedió a asignar un peso entre 0 (no importante) hasta 1.0 (muy importante), el peso otorgado para cada factor expresa la importancia relativa del mismo y el total de todos los pesos en su conjunto debe tener la suma de 1.0.

El siguiente paso fue asignar la escala de valoración para cada factor:

Muy Bueno	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy Malo	1

Por último paso se procedió a realizar la calificación de cada uno de las alternativas. Ver cuadro 3.12

- Alternativa 01: Implementación de un sistema de control de consumo de combustible utilizando sensores de nivel en los tanques.
- Alternativa 02: Implementación de un sistema de control de consumo de combustible utilizando sensores de flujo.

CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

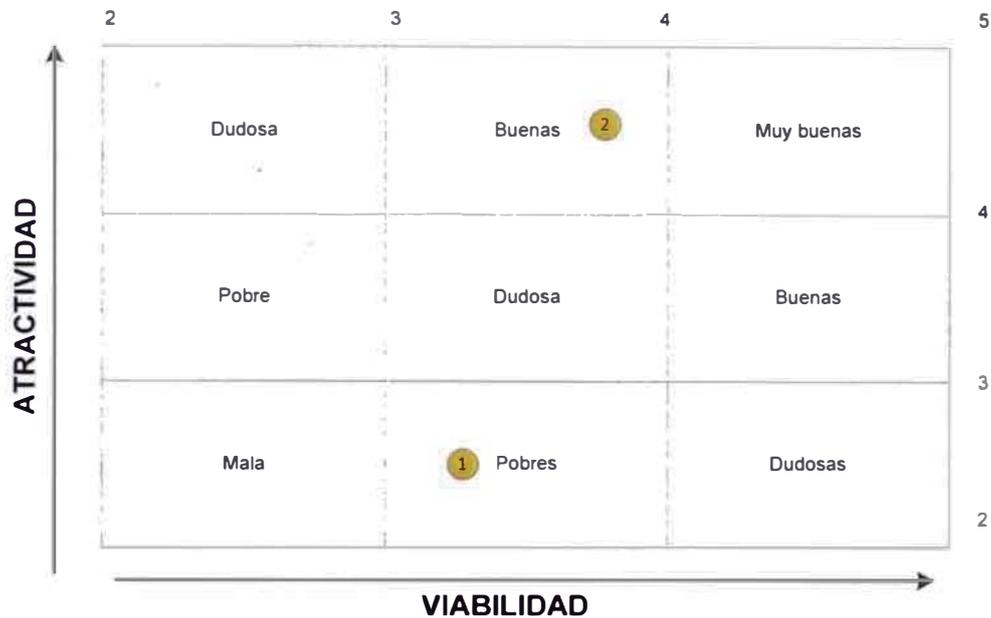
Factor de Viabilidad	Pesos	Alternativa 01		Alternativa 02	
		Calificación	Peso ponderado	Calificación	Peso ponderado
Tiempo de implementación	0.2	4	0.8	3	0.6
Costo de implementación	0.3	4	1.2	3	0.9
Costo de transmisión	0.3	2	0.6	5	1.5
Costo de mantenimiento	0.2	3	0.6	3	0.6
Total	1		3.2		3.6

Factor de Atractividad	Peso	Alternativa 01		Alternativa 02	
		Calificación	Peso ponderado	Calificación	Peso ponderado
Escalabilidad del sistema	0.2	2	0.4	4	0.8
Arquitectura abierta	0.3	2	0.6	4	1.2
Presición del Sistema	0.5	3	1.5	5	2.5
Total	1		2.5		4.5

Cuadro 3.12 Calificación de las alternativas.

Fuente: Elaboración propia

MATRIZ REGISTRO DE LAS ALTERNATIVAS



- 1 Alternativa 1: Implementación de un sistema de control de consumo de combustible utilizando sensores de nivel en los tanques
- 2 Alternativa 2: Implementación de un sistema de control de consumo de combustible utilizando sensores de flujo

Cuadro 3.13 Matriz registro de alternativas.

Fuente: Elaboración propia

La matriz de dos dimensiones viabilidad y atractividad, los dos ejes tienen valores de 0 a 5 y lo que se pretende es clasificar la alternativa en "muy buenas", "buena", "dudosa", "pobres" y malas, del cuadro 3.13 se concluye que la alternativa 02 es la más viable y atractiva a implementar.

3.4 Riesgos de implementación de la alternativa

La alternativa 02 presenta riesgos inherentes a todo proyecto, estas son:

- Falta de disponibilidad de la embarcación para realizar los trabajos de instalación.
- Altos sobre costos en los trabajos de instalación por imprevistos técnicos.
- Falta de disponibilidad de los Contratistas para la instalación del sistema.
- Errores de lectura de los sensores por ubicación inadecuada.
- Problemas de suministro de equipos por parte de proveedores.
- Incumplimiento del protocolo de validación del sistema.

Todos estos riesgos serán minimizados y controlado con una adecuada planificación.

3.5 Selección de Alternativa

De lo señalado en el punto anterior se escogió la alternativa dos que es la implementación de un sistema de control de combustible utilizando sensores de flujo y temperatura en la línea de ingreso y retorno en los motores, con un sistema de transmisión Panel PC más un módulo de transmisión 3G hacia un servidor en tierra.

3.6 Implementación de la alternativa elegida: Sistema de control utilizando sensores de flujo de combustible.

Para la implementación del sistema de control de combustible se desarrolló en 04 etapas:

3.6.1. Instalación Mecánica del sistema:

Consiste en los trabajos de calderería e instalación de los flujómetro en la línea de combustible tanto para el motor principal (MP), como para los motores auxiliares (MA) de la embarcación.

N°	Actividad	Proveedor	Tiempo
1	Confección e instalación de línea de by pass y línea de entrada y salida para flujómetros Kral OME 32 para el motor principal de 1/2" o 3/4" según corresponda	INDUMETSA	1 Dia x motor
2	Confección e instalación de línea de 1/4" para flujómetro Oval LSF45	INDUMETSA	1 Dia x motor
3	Confección e instalación de línea de 1/8" para flujómetro Oval LSF41 para los motores TR3	INDUMETSA	1 Dia x motor

El motor principal es el encargado de proporcionar propulsión a la embarcación y como tal consume alrededor del 70% de combustible de la embarcación, es por ello que se consideró utilizar flujómetro Kral modelo

OME 32 que son equipos de alta precisión y desempeño para medir el consumo del motor.

Los Flujómetro KRAL son los medidores de flujo más precisos para aplicaciones industriales. Cuentan con una precisión de 0.1% lo que los hace superiores a otro tipo de flujómetro, este tipo de flujómetro se usa en los motores principales donde los consumos son elevados y por lo tanto el error de medición debe ser mínimo.

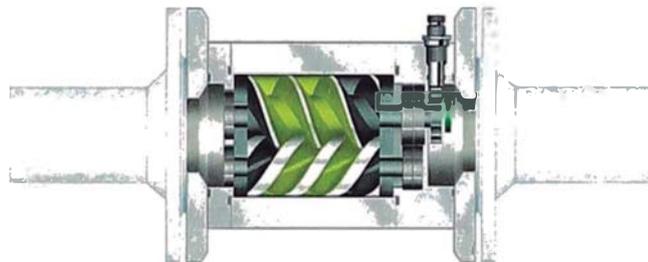


Ilustración 3.9 Muestra la parte interior del Flujómetro kral (Tornillo).

Fuente: Manual de fabricante Kral.

A continuación procedemos a describir la instalación de los flujómetro en el motor principal (MP).

Instalación del flujómetro en la línea de ingreso del motor principal debe estar ubicado lo más cercano al motor según ilustración 3.10.

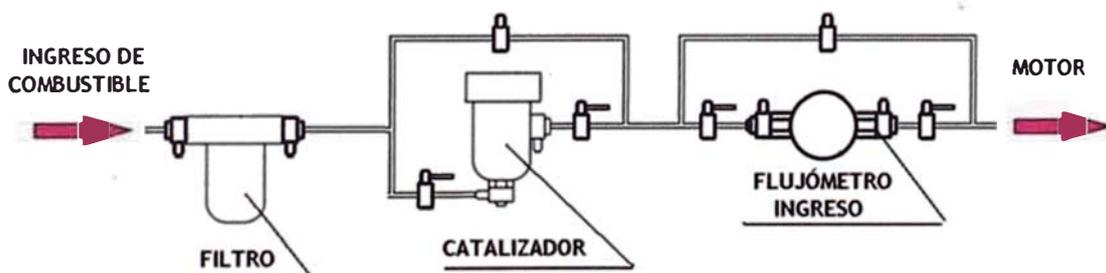


Ilustración 3.10 Diagrama de instalación de flujómetro de entrada.

Fuente: Elaboración propia

Instalación del flujómetro en la línea de retorno del motor principal según ilustración 3.11

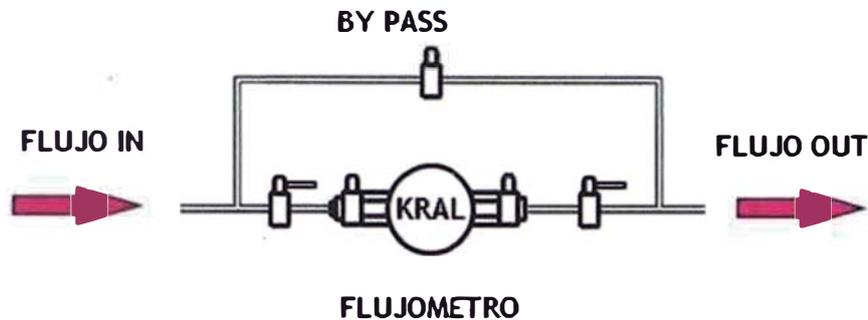


Ilustración 3.11 Diagrama de instalación de flujómetro de retorno.

Fuente: Elaboración propia

Aspectos técnicos a considerar para la instalación

- El flujómetro de salida es el único elemento de la línea de retorno y debe ser instalado lo más cerca al motor.
- El orden del filtro y el catalizador es indiferente ya que cumplen funciones distintas.
- El flujómetro es el último elemento de la línea de ingreso y debe instalarse lo más cerca al motor.
- Evitar el uso excesivo de codos y la variación del diámetro de tuberías.

A continuación mostramos la ubicación del flujómetro de ingreso y retorno en el motor principal. Ver ilustración 3.12.

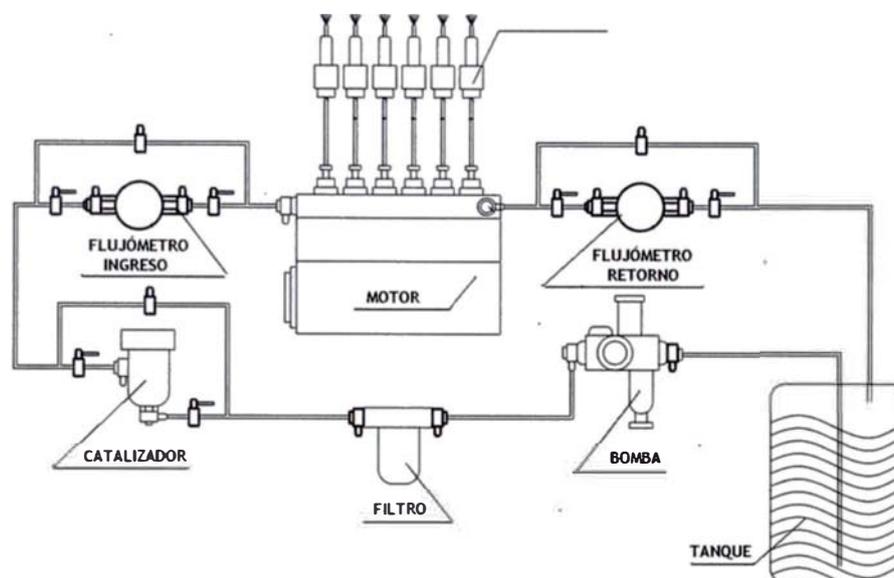


Ilustración 3.12 Ubicación de los flujómetro en la línea del motor principal

Fuente: Elaboración propia

Leyenda de la ilustración 3.12

Nº	Componentes / Equipos	Descripción
1	Tanque	Depósito de combustible.
2	Filtro	Este elemento se encarga de filtrar el combustible, separar las partículas o sedimentos que puedan dañar el motor. Ubicación: Debe ubicarse después del tanque y antes del flujómetro.
3	Bomba	La bomba de baja presión permite el flujo de combustible en el sistema. Ubicación: Después del tanque y antes de los demás equipos.
4	Catalizador	Este elemento tiene como función limpiar el combustible de elementos contaminantes y corrosivos Ubicación: Debe instalarse después de la bomba y antes del flujómetro.
5	Flujómetro de Ingreso	Sensores que permiten medir el flujo de combustible a la entrada del motor. Ubicación: Los flujómetro deben ir lo más cerca al motor.
6	Flujómetro de Retorno	Sensores que permiten medir el flujo de combustible a la salida del motor. Ubicación: Los flujómetro deben ir lo más cerca al motor.
7	Motor Principal	Equipo mecánico utilizado para generar propulsión a la embarcación.

Para la instalación de la tubería donde se montan los flujómetro Kral se debe considerar los diferentes modelos de motor principal que se disponen en la flota de embarcaciones pudiendo utilizar tubería de 1/2" pulgada para los motores Caterpillar y tuberías de 3/4" para motores MTU a fin de evitar problemas restricción del combustible. Ver cuadro 3.14

Lista de modelos de motor principal en las embarcaciones de pesca

Motor	Modelo	RPM	Potencia	Consumo Gilh	DIAMETRO	TIPO SENSOR RPM
CATERPILLAR	C18	1800	454 HP	21.7	1/2" para manguera o tubería	Tarjeta Interfase RPM
	CAT 3508	1200	600 HP	30.50	1/2" para manguera o tubería	Tarjeta Interfase RPM
	CAT 3508B	1200	775 HP	36.8	1/2" para manguera o tubería	Sensor Pick UP
	CAT 3512	1200	1200 HP	51.90	1/2" para manguera o tubería	Tarjeta Interfase RPM
	CAT 3512B	56.5	1130 HP	48.6	1/2" para manguera o tubería	Sensor Pick UP
	CAT 3516	69.4	1410 HP	69.40	1/2" para manguera o tubería	Tarjeta Interfase RPM
	CAT 3606-I	900	2380 HP	108.5	1/2" para manguera o tubería	Tarjeta Interfase RPM
	CAT 3606-II	1000	2481 HP	116.50	1/2" para manguera o tubería	Sensor Pick UP
DEUTZ	CAT D379	1250	565 HP	31.8	1/2" para manguera o tubería	Tarjeta Interfase RPM
	SBV 6M628	900	1448 HP	72.00	1/2" para manguera o tubería	Sensor Pick UP
MAN B&W	6L 23/30 ADKV	900	1287 HP	61.56	1/2" para manguera o tubería	Sensor Pick UP
	8L 23/30 ADKV	900	1716 HP	83.22	1/2" para manguera o tubería	Sensor Pick UP
MTU	6062-HK37	1800	450 HP	20.9	3/4" para manguera o tubería	Sensor Pick UP
	8V4000 M60	1800	1180 HP	59.40	3/4" para manguera o tubería	Sensor Pick UP
	8V4000 M60R	1600	940 HP	46.3	3/4" para manguera o tubería	Sensor Pick UP

Cuadro 3.14 Modelo de motores principales que se cuenta en las embarcaciones de pesca.

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente ilustración se muestra la instalación de los flujómetros en el motor principal.

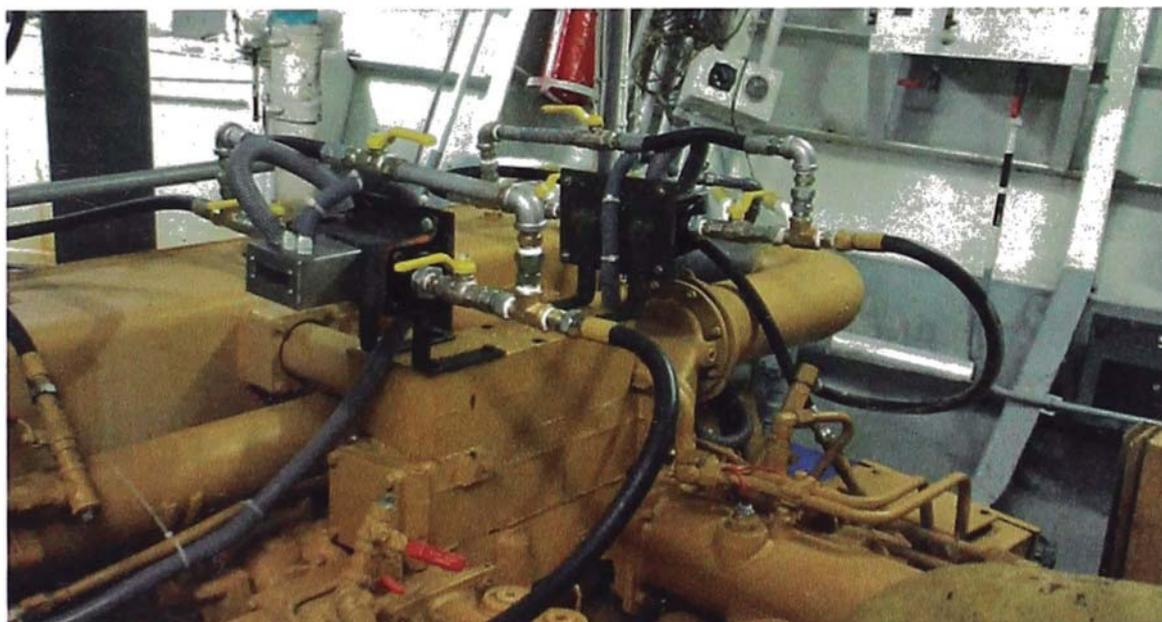


Ilustración 3.13 Instalación mecánica de los flujómetro Kral en el motor principal

Fuente: Imagen tomada al motor de la Tasa 57.

Instalación mecánica de los flujómetros en el motor auxiliar:

Los motores marinos auxiliares se utilizan principalmente como grupos electrógenos y están diseñadas para trabajar con bombas eléctricas, hidráulicas, winches y otros equipos que operan en una embarcación.

Por otra parte se ha encontrado que los motores auxiliares consumen el 30% del combustible en una operación de pesca, es por ello que se consideró utilizar Flujómetro de menor precisión (Flujómetro Oval).

Flujómetro Oval es un flujómetro de desplazamiento positivo usado para la medición de pequeños flujos, es ideal para el control de los motores auxiliares ya que los consumos son menores

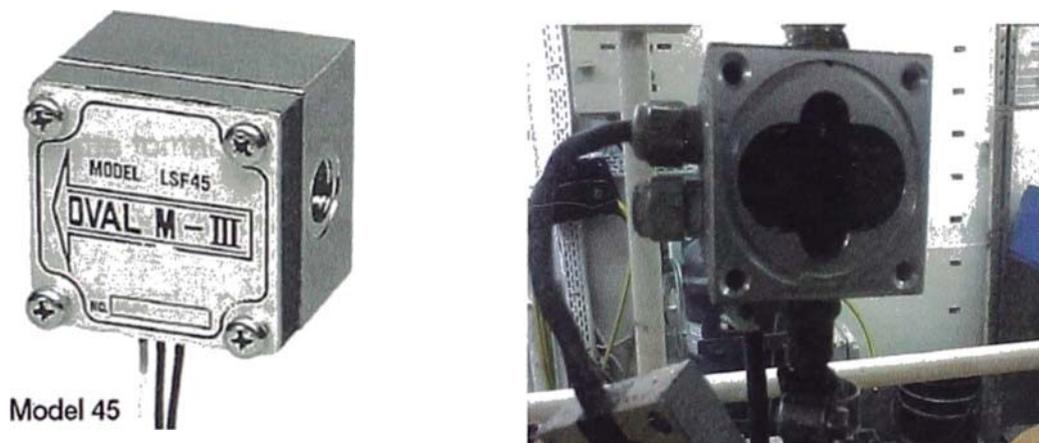


Ilustración 3.14: Flujómetro Oval usado para los motores auxiliares.

Fuente: Catalogo de Fabricante

El Flujómetro OVAL está basado en un sistema cerrado de 2 rotores que giran conforme el flujo atraviesa el sensor, por cada giro se envía un pulso al PLC, y según la cantidad de pulsos en un intervalo de tiempo se mide el flujo de combustible.

Los rotores son los elementos más importantes y delicados del medidor ya que siempre están en contacto con el combustible y por lo tanto con cualquier sedimento que se encuentre en el combustible terminara dañando los dientes del rotor, por lo que se recomienda colocarse luego de los filtros de combustible (ver ilustración 3.16).

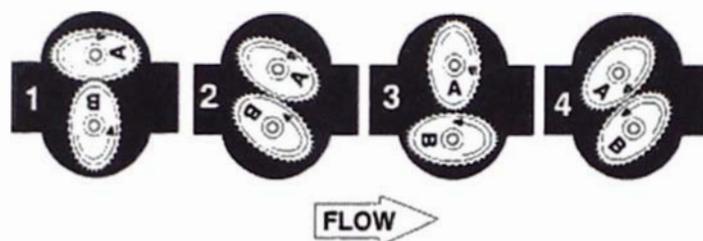


Ilustración 3.15: Rotores dentro del Flujómetro Oval.

Fuente: Catalogo de Fabricante

Para la instalación de los flujómetro oval en la línea de combustible del motor auxiliar se debe tomar en cuenta el siguiente orden de elementos en la línea, ya que la ubicación incorrecta del Flujómetro oval puede originar errores de lectura del sensor del pulso.

Ubicación del Flujómetro Oval

Nº	Componetes
1	Tanque de combustible
2	Filtro Racord
3	Filtro Primario
4	Catalizador
5	Flujómetro Oval para ingreso
6	Bomba de trasferencia
7	Filtro Donaldson
8	Bomba de inyeccion
9	Motor auxiliar
10	Flujómetro Oval para retorno
11	Tanque de combustible

Cuadro 3.15: Ubicación del Flujómetro oval en la línea de combustible del motor auxiliar.

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración 3.16 se muestra el flujómetro oval instalado en la línea de ingreso de combustible en el motor auxiliar CAT 3406 de la embarcación de la Tasa 56.

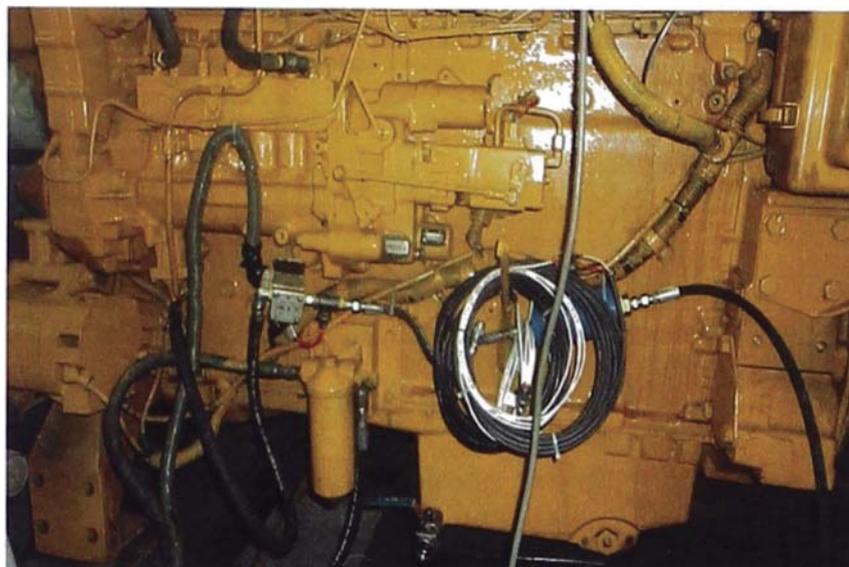


Ilustración 3.16 Ubicación del flujómetro Oval en la línea de abastecimiento del motor Auxiliar CAT 3406.

Fuente: Imagen tomada al motor auxiliar de la embarcación Tasa 56.

LISTA DE MOTORES AUXILIARES

FABRICANTE	MODELO	POTENCIA	RPM	CONSUMO GLH	DIAMETRO	MODELO FLUJOMETRO OVAL
CATERPILLAR	CAT 3304	99 HP	1800	6.70	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
	CAT 3306	275 HP	1800	15.20	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
	CAT 3406	428 HP	1800	20.10	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
	CAT 3408	410 KW	1800	30.20	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
CUMMINS	KTA19-M3	600 HP	1800	30.00	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
JOHN DEERE	4039	58 HP	1800	4.00	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
	4045TFM50	60 Kw	1800	5.75	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
	6125SFM	250HP	1800	18.00	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
	6135AFM75	150HP	1800	7.00	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
	JD 6068T	68Kw	1800	4.00	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
LISTER PETER	HR-3	44 HP	1800	2.20	1/8" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 41
	TR-1	58 HP	1800	0.67	1/8" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 41
	TR-2	10.8KW	1500	0.97	1/8" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 41
	TR-3	17.7 HP	2200	1.25	1/8" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 41
MTU	5042-4000 (4-53)	108 HP	2400	4.00	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
	MTU 3-71	99HP	1800	4.50	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
	MTU 6-71	180HP	3600	18.00	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
	MTU D-353	80HP	1800	4.00	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
PERKINS	4.236NA	80 HP	1800	4.00	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
	MSLB5MA	85 KW	1800	5.60	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45
	PERKINS LD35008	68KW	1800	4.00	1/4" conector para manguera o tubería	OVAL LSF 45

Cuadro 3.16 Lista de modelo de flujómetro ova a utilizar según tipo de motor auxiliar.

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Instalación Electrónica del sistema

La segunda parte corresponde a la instalación eléctrica del sistema de control de combustible el cual se describe a continuación:

Nº	Actividad	Proveedor	Tiempo
1	Instalación de tablero del PLC en la sala de máquinas de la embarcación.	Peru Control SAC	1 Dia x embarcacion
2	Instalación del tablero de respaldo de batería de 24 Voltios	Peru Control SAC	6 hr x embarcacion
3	Cableado del sensor de pulso del motor principal al PLC	Peru Control SAC	6 hrs x motor
4	Cableado del sensor del temperatura del flujómetro del MP al PLC.	Peru Control SAC	6 hrs x motor
5	Instalación del sensor Pick up del rpm en el Motor Principal	Peru Control SAC	3 hrs x motor
6	Cableado del sensor Pick Up del rpm del MP al PLC.	Peru Control SAC	6 hrs x motor
7	Cableado del sensor del pulso del Oval del Motor auxiliar al PLC.	Peru Control SAC	6 hrs x motor
8	Programación y configuración del PLC.	Peru Control SAC	1 Dia x embarcacion

Para la lectura de los rpm del motor principal se instaló un sensor Pick Up inductivo que permite medir la velocidad de giro del motor.

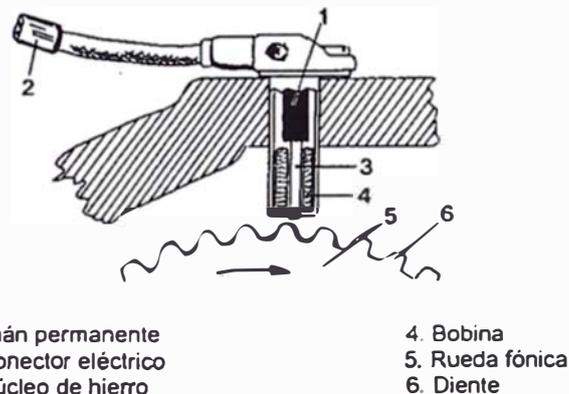


Ilustración 3.17 Esquema de funcionamiento de un sensor Pick Up (sensor inductivo).

Fuente: Pagina Web

El PLC utilizado para el sistema de control de combustible es serie XMH3 integrado PLC&HMI, de fabricación china Xinje Electronic Co,

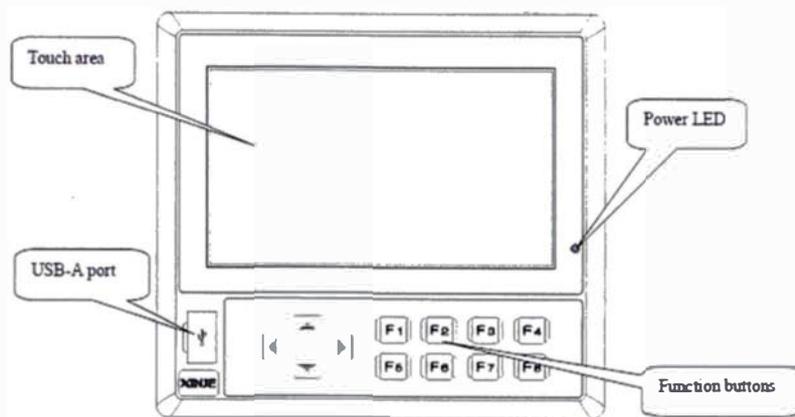


Ilustración 3.18: PLC (Controlador lógico programable) utilizado para la recepción de la información de los sensores (Serie XMH3 integrado PLC&HMI).

Fuente: Manual del fabricante

Características del PLC:

- Control lógico integrado, E/S analógico, HMI en una sola unidad.
- Pantalla HMI fácil de editar, táctil.
- LCD 800*480 pixeles, 7 pulgadas
- 12 teclas de función.
- Puerto de descarga multifuncional: descargar programa PLC y HMI con el mismo cable
- Descarga de HMI a través del puerto USB

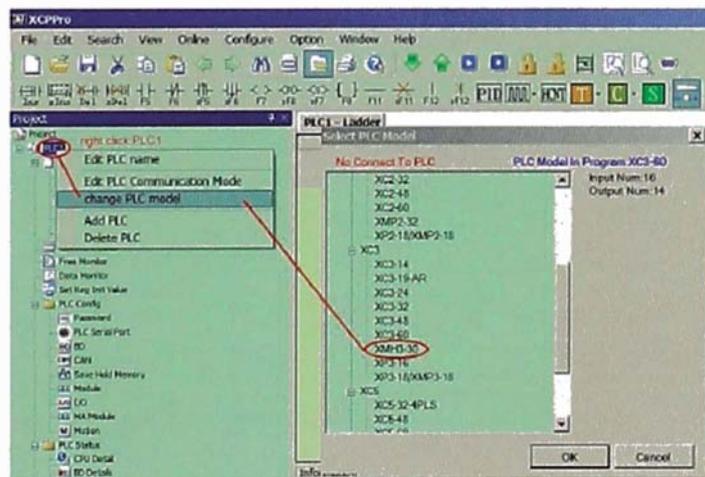


Ilustración 3.19: Programa utilizado en el PLC, XCPPro versión 3.3

Fuente: Manual del fabricante.

Adicionalmente se mandó a fabricar un case para el PLC a fin de protegerlo de los contaminantes de la sala de máquinas, por otra parte cuenta con un sistema de respaldo de batería de 24 Voltios a fin de evitar que el PLC quede sin energía durante los cambio de generadores.

El PLC instalado cuenta con tarjetas para la recepción de la información de los sensores de flujo y temperatura. Ver ilustración 3.18.



Ilustración 3.20: PLC (Controlador lógico programable) instalado en la sala de máquinas.

Fuente: Imagen tomada PLC de la embarcación Tasa 57.

3.6.3. Instalación del sistema de trasmisión

Para la trasmisión de la información del PLC al servidor a tierra se realizaron las siguientes actividades:

N°	Actividad	Proveedor	Tiempo
1	Instalación de la línea para cableado de popa a proa, tubería de 1"	INDUMETSA	1 Dia x embarcacion
2	Montaje e instalación del Panel PC en el camarote del motorista	Peru Control SAC	6 hr x embarcacion
3	Cableado de la línea de data y alimentación de energía del Panel PC al PLC de la sala de máquinas a través de la tubería de 1"	Peru Control SAC	1 Dia x embarcacion
4	Instalación del inversor del 24 VDC a 220 VAC.	Peru Control SAC	6 hr x embarcacion
5	Instalación del Wireless N Router 3G/3.75G y configuración del Panel PC.	Peru Control SAC	6 hr x embarcacion
6	Configuración y programación del servidor en tierra para la recepción de datos.	Peru Control SAC	1 Dia x embarcacion

El kit de equipos utilizado para la trasmisión de datos del sistema de control de combustible incluye:

- Tablero para el montaje del Panel PC, tipo Poliéster, uso naval
- Panel PC, Display 8.4" touch Screen Full color, Aton N270 (1.6GHz,512 KB L2, 533 MHz FSB, 2.5W) DDR2-1G. LED Back Light HD: 160 GB Puerto: 6 (01 RS 485,05 RS 232/422)), Alimentación Eléctrica: 12-24 VDC, 56 Vamax, Carcaza de aluminio, CE, FCC, IP65, SLOT Para módulo 3G.
- Router 3G, Marca: TP LINK, Modelo 3G.

El Panel PC es un equipo robusto y altamente eficiente que integra conjuntamente un completo ordenador más pantalla táctil.



Ilustración 3.21: Panel PC utilizado para el almacenamiento y transmisión de la información

Fuente: Imagen tomada Panel PC adquirido para el proyecto

En la siguiente ilustración se muestra la aplicación web utilizado para la visualización de datos de consumo de sistema de control de combustible.



Ilustración 3.22: Aplicación Web desarrollado en PHP.

Fuente: Imagen tomado a la página web del sistema de control de combustible.

En la siguiente ilustración se muestra el esquema final del sistema de control de combustible luego de la instalación mecánica de los flujómetros, instalación eléctrica, programación del PLC y la instalación del sistema para la transmisión de datos.

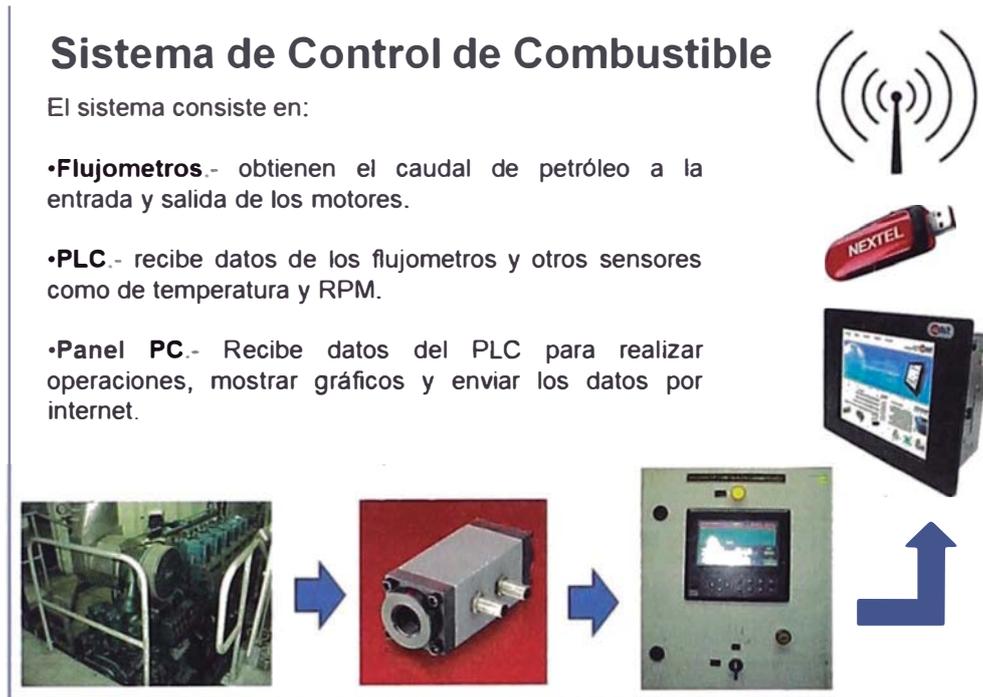


Ilustración 3.23: Esquema del sistema de combustible instalado

Fuente: Elaboración propia.

3.6.4. Ejecución del protocolo de validación del sistema instalado

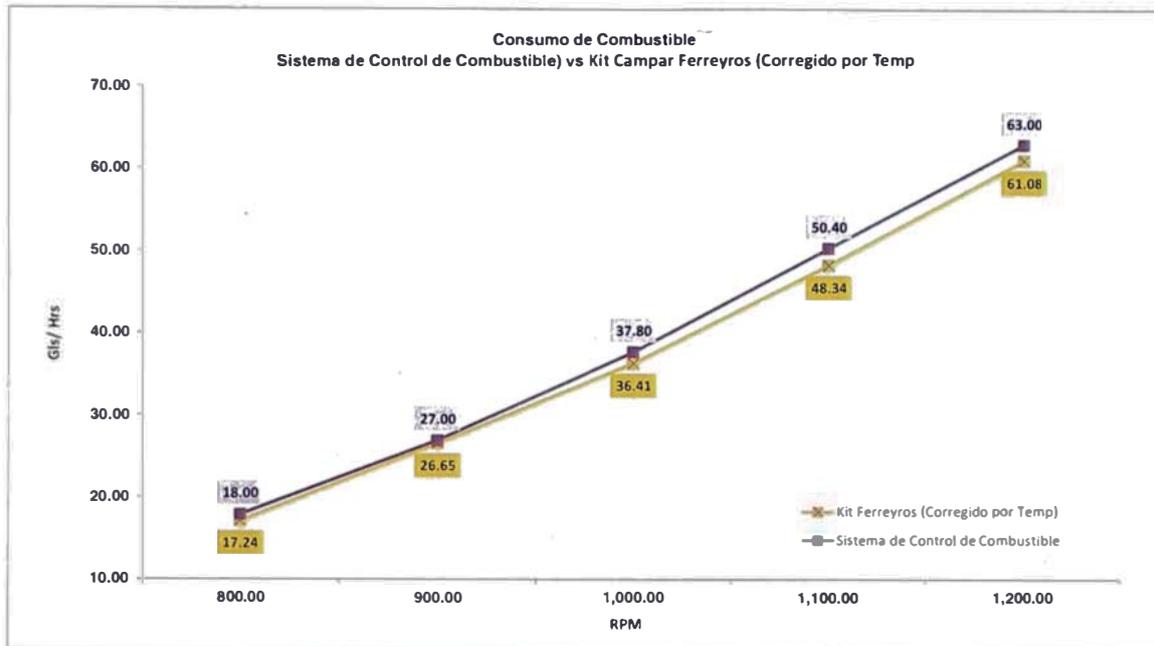
Una vez terminado la instalación de la parte mecánica, eléctrica y electrónica del sistema se procedió a realizar las pruebas de validación del correcto funcionamiento y lectura de los sensores instalados en la embarcación, para ello se utilizó el Kit Campar de Ferreyros para la medición de Combustible como instrumento para comparación de lecturas de los flujómetros.

El procedimiento de validación del sistema consiste en:

Nº	Actividad	Responsable
1	Lectura de la medición del caudal de entrada y salida del combustible en la línea de combustible del motor principal, con el Kit campar de Ferreyros y el sistema de control de combustible instalado.	Ing. Combustible
2	Lectura de la temperatura del combustible en la línea de ingreso y salida del motor principal.	Ing. Combustible
3	Corrección de caudal según la lectura de temperatura, una vez corregidos los caudales se procede a realizar la resta.	Ing. Combustible
4	El resultado es el consumo real del motor corregido a 15 °C o 60 °F	Ing. Combustible

A continuación mostramos los resultados obtenidos en la prueba de validación realizado al sistema de control de combustible instalado en la Tasa 57.

Las condiciones de la prueba: Bodegas llenas, navegación en contra corriente, variación de RPM del motor principal Ascendente, Tanque de agua dulce 3400 gls, Bodega con 500 TN.



RPM	DATA Ferreyros (Corregido por Temp)	DATA Sistema de Control de Combustible	VARIACION FLUJO
	GAL/H	GAL/H	
800.00	17.24	18.00	4.2%
900.00	26.65	27.00	1.3%
1,000.00	36.41	37.80	3.7%
1,100.00	48.34	50.40	4.1%
1,200.00	61.08	63.00	3.0%

Cuadro 3.17: Comparación de sistema de control de consumo instalado con el Kit Campara de Ferreyros.

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro adjunto se muestra la variación obtenida entre los sensores del sistema de control instalado y el Kit campara de Ferreyros, una variación de lecturas de 4%, por lo que se concluyó que se encontraba del rango de tolerancia.

Para ver del formato de protocolo de Validación del sistema de control de combustible ver anexo 109, formato de registro de datos anexo 110.

Para ver el detalle de las lecturas obtenido durante la prueba de validación del sistema Tasa 57 ver anexo página 111.

Una vez validado las lecturas del sistema de control de combustible se procedió revisar el desempeño del sistema en operación:

- a) Revisar que el consumo de cada motor según el SCC (Sistema de Control de Combustible) se encuentre dentro de los valores de fábrica.
- b) Que el consumo total registrado por el sistema se encuentre dentro de los reportado por el motorista según el cálculo de diferencia de stock inicial – final.

Consumo del motor principal por el SCC

Nombre E/P	Nº Moto	DESCRIPCION	Cons. gal/h
TASA 57	MP	CAT 3516	69.4

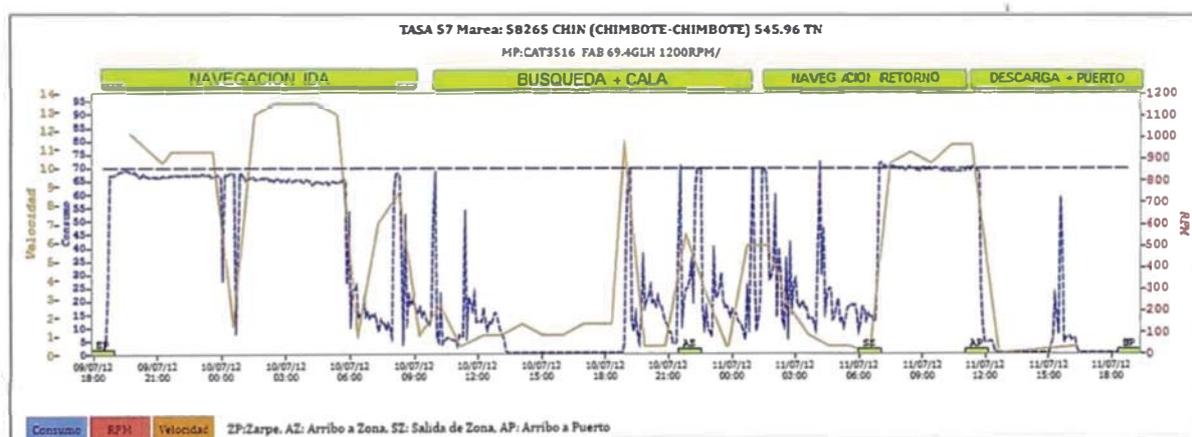


Ilustración 3.24 Grafico de consumo de motor principal en operación de pesca.
Fuente: Elaboración Propia.

En la ilustración 3.24 se observa que el consumo registrado por el sistema de control de combustible para el motor principal se encuentra dentro de los parámetros de consumo de fábrica.

Consumo del motor auxiliar 01 por el SCC:

Nombre E/P	N° Motor	DESCRIPCION	Cons. gal/h
TASA 57	MA1	CATERPILLAR 3304	6.7

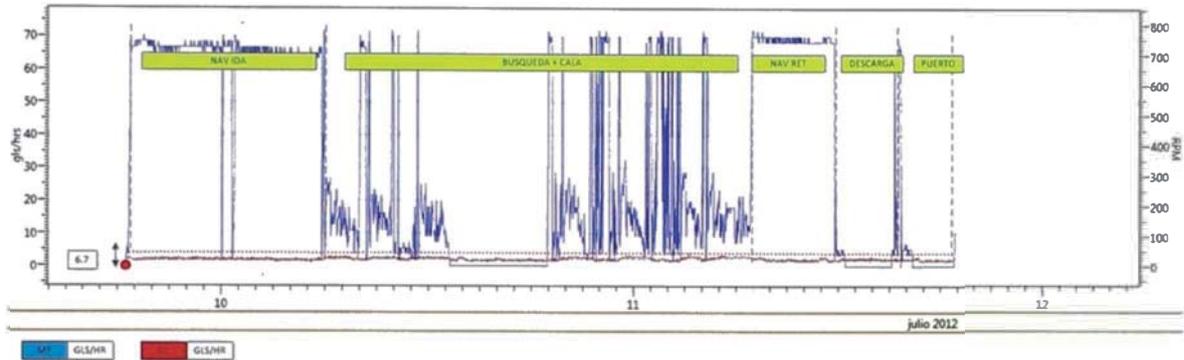


Ilustración 3.25 Registro de consumo del motor auxiliar 01 por el SCC

Fuente: Elaboración Propia

El consumo registrado para el auxiliar 01 se encuentra dentro de los parámetros de fábrica es menor al máximo consumo de fábrica de 6 Glh.

Consumo del motor auxiliar 02 por el SCC

Nombre E/P	N° Motor	DESCRIPCION	Cons. gal/h
TASA 57	MA2	CATERPILLAR 3406	20

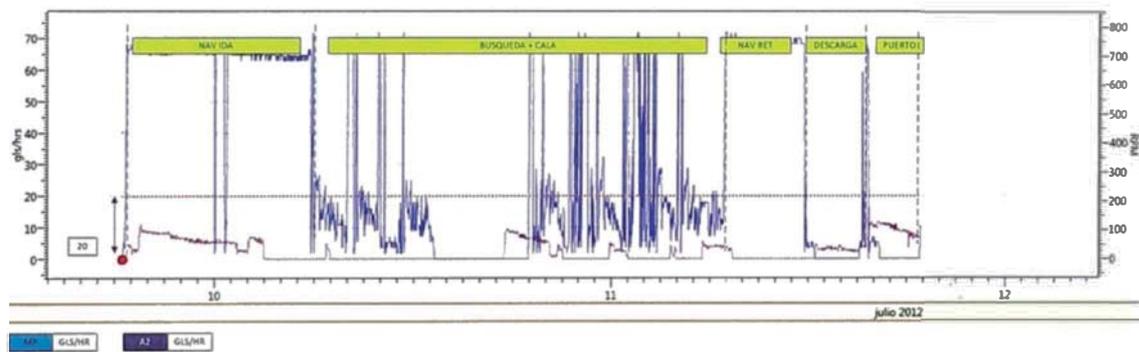


Ilustración 3.26 Registro de consumo del motor auxiliar 02 por el SCC

Fuente: Elaboración Propia

El consumo registrado por el auxiliar 02 se encuentra dentro de los parámetros de fábrica, es menor al máximo consumo de fábrica de 20 Glh.

Cuadro comparativo entre lo reportado por el motorista y lo registrado por el SCC.

TASA 57						CONSUMO REPORTE MOTORISTA				CONSUMO SISTEMA DE CONTROL COMBUSTIBLE					
Num. Marea	Motivo	Puerto de Zarpe	Fecha de Zarpe	Puerto de Arribo	Fecha de Arribo	Stock Inicial	Suministro	Consumo Total	Stock Final	MP	A1	A2	A3	Consumo Total	DES V
56.265.000	PESCA CHI	CHIMBOTE	2012-07-09	CHIMBOTE	2012-07-11	10.360.00	.00	1.630.00	8.750.00	1.475.94	102.38	1.227.8		1.701.10	-4%
						1.630.00				1.701.10 -4%					
										GLS -71.10					

Cuadro 3.18 Reporte de consumo de Motorista Vs el sistema de control de combustible.

Fuente: elaboración Propia

En cuadro 3.18 se puede apreciar que existe una diferencia de 4 % entre lo reportado por los motorista y lo registrado por el sistema de control, esto se debe a que existe un error de lectura del nivel de tanque, propia del movimiento de la embarcación

3.7 Evaluación del sistema utilizando sensores de flujo de combustible

3.7.1. Sistema de antiguo vs nuevo sistema de control consumo de combustible en embarcaciones pesqueras.

En el seguimiento realizado al sistema de control de combustible instalado en la embarcación Tasa 57, se encontró que durante 12 mareas consecutivas los datos de stock proporcionados por los motoristas indican un consumo 7% mayor que lo registrado por el nuevo sistema. Ver cuadro 3.19

TASA 57							CONSUMO REPORTE MOTORISTA				CONSUMO SISTEMA DE CONTROL COMBUSTIBLE					
Num. Marea	Motivo	Puerto de Zarpa	Fecha de Zarpa	Puerto de Arribo	Fecha de Arribo	Stock Inicial	Suministro	Consumo Total	Stock Final	MP	A1	A2	A3	Consumo Total	DESV	
57,700.000	PESCA CHI	CALLAO	2012-06-26	CHICAMA	2012-06-28	10,800.00	.00	2,200.00	8,600.00	2,045.71	142.57		110.63	2,298.91	-4%	
57,887.000	PESCA CHI	CHICAMA	2012-06-30	CHICAMA	2012-06-30	10,906.00	.00	736.00	10,170.00	801.34	36.39		44.16	881.89	8%	
57,986.000	PESCA CHI	CHICAMA	2012-07-02	CHIMBOTE	2012-07-03	9,450.00	3,000.00	1,880.00	10,770.00	1,343.06	76.36		72.03	1,491.45	13%	
58,265.000	PESCA CHI	CHIMBOTE	2012-07-09	CHIMBOTE	2012-07-11	10,380.00	.00	1,630.00	8,750.00	1,441.71		86.91	82.31	1,610.93	1%	
58,441.000	PESCA CHI	CHIMBOTE	2012-07-11	CHIMBOTE	2012-07-13	8,750.00	.00	1,350.00	7,400.00	1,016.91		92.44	79.69	1,189.04	14%	
58,585.000	PESCA CHI	CHIMBOTE	2012-07-13	CHIMBOTE	2012-07-14	7,400.00	5,000.00	1,200.00	11,200.00	968.48		50.70	26.50	1,045.68	15%	
58,659.000	PESCA CHI	CHIMBOTE	2012-07-14	CHIMBOTE	2012-07-16	11,200.00	.00	1,600.00	9,600.00	1,088.49		84.59	53.26	1,226.34	30%	
58,912.000	PESCA CHI	CHIMBOTE	2012-07-17	CHIMBOTE	2012-07-18	9,500.00	.00	500.00	9,000.00	589.91		31.83	38.07	659.91	24%	
58,964.000	PESCA CHI	CHIMBOTE	2012-07-18	CHIMBOTE	2012-07-19	9,000.00	2,000.00	1,150.00	9,850.00	965.51	52.33		20.11	1,037.94	11%	
58,985.000	PESCA CHI	CHIMBOTE	2012-07-19	CHICAMA	2012-07-21	9,850.00	.00	1,650.00	8,200.00	1,449.30	87.82		71.15	1,608.27	3%	
59,219.000	PESCA CHI	CHICAMA	2012-07-22	CHICAMA	2012-07-22	8,200.00	.00	700.00	7,500.00	560.00	27.20		45.70	632.90	11%	
59,284.000	PESCA CHI	CHICAMA	2012-07-22	CHIMBOTE	2012-07-23	7,500.00	.00	1,300.00	6,200.00	1,100.26	52.10		43.57	1,185.93	9%	
15,696.00										14,679.19					7%	
										1,016.81						

Cuadro 3.19 Reporte de consumo de Motorista Vs el sistema de control de combustible.

Fuente: elaboración Propia

3.7.2. Precisión del nuevo sistema de control de consumo.

El nuevo sistema de control de combustible permite obtener de manera más precisa información de consumo y horas de operación de cada equipo y de esta manera obtener los ratios consumo de combustible para cada etapa de operación. Ver cuadro 3.20

OPERACIÓN	DATOS DE CONSUMO - SISTEMA CONTROL DE COMBUSTIBLE									PORTAL SAP				
	MP			A1	A2	A3	A4	TOTAL SCC		Gls.	hr	gl/hr		
	Gls.	hr	gl/hr	Gls.	Gls.	Gls.	Gls.	Gls.	hr	gl/hr				
Navegación														
Nav. Ida	245.49	4	61.37											
Busqueda														
Nav. Retor	181.5	3	60.50											
	1,924.32	62.50	30.79		207.60	576.79		2,708.71	62.50	43.34		2,730.00	62.50	43.68
Descarga	5.80				6.60	12.14		24.54	3.00	8.18			3.00	-
Puerto	19.88	13.00	1.98		29.42	4.03		53.33	7.30	7.31		160.00	7.30	21.92
Total Marea	1,950.00	75.00		0.12	243.62	592.96		2,786.58				2,890.00	72.80	39.70

Cuadro 3.20 Reporte de consumo durante deferente etapas de operación, embarcación Tasa 41 (95% corresponde al consumo de navegación).

Fuente: elaboración Propia.

A continuación en la ilustración 3.27 se muestra que el nuevo sistema de control nos permite identificar el consumo de combustible durante cada etapa de operación Tanto del motor principal como los motores auxiliares, y de esta manera establece políticas de ahorro, ejemplo evitar encender el motor principal cuando se encuentra en puerto.

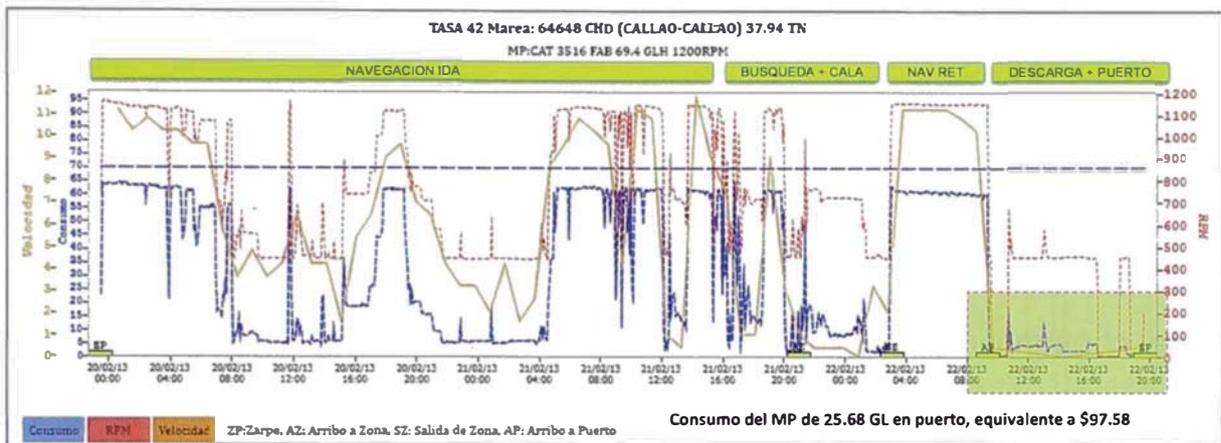


Ilustración: 3.27 Reporte de consumo de combustible durante etapas de operación.

Fuente: elaboración Propia

3.7.3. Identificación y análisis del consumo del motor principal

Con el nuevo sistema de control de combustible por flujo se puede identificar si el motor principal se encuentra sobre cargado o no, y de esta manera programar una revisión al motor, rediseño de casco, hélice etc.

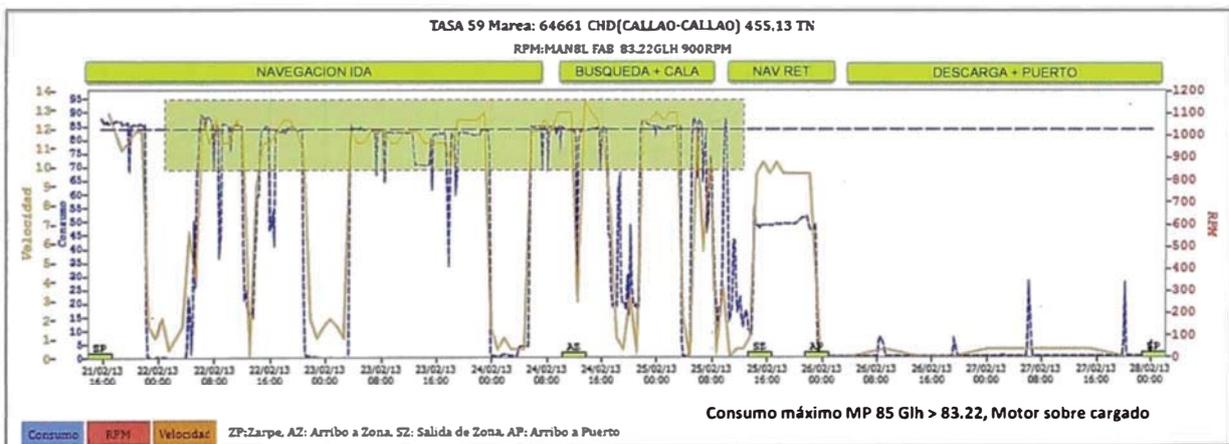


Ilustración: 3.28 Gráfica de consumo del motor principal sobre cargado Tasa 59.

Fuente: elaboración Propia

Nota: Se dice que un motor está sobre cargado cuando su consumo de combustible encuentra cercano o por encima de los parámetros máximos de consumo de fábrica.

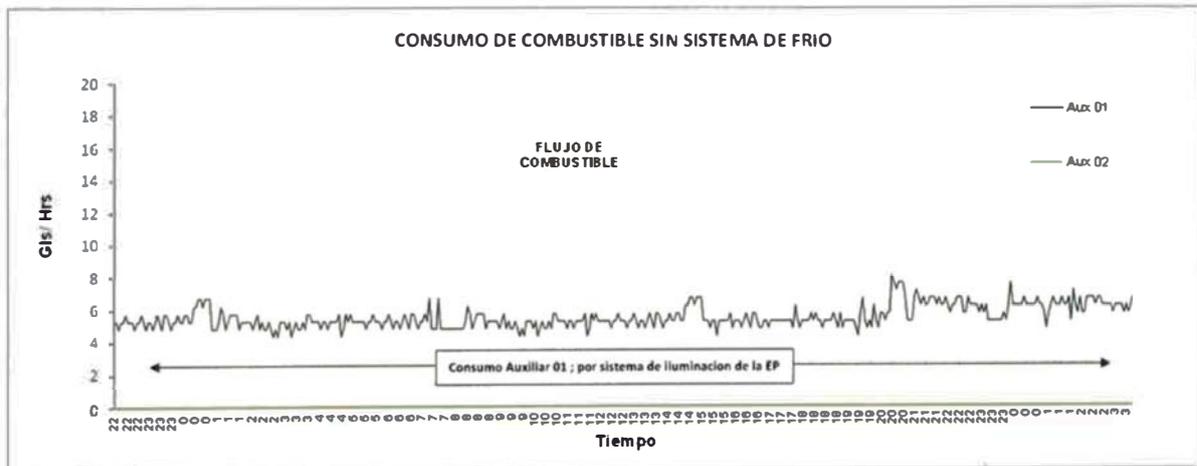
3.7.4. Identificación y análisis del consumo del sistema de enfriamiento.

Con la información del sistema de control de combustible por flujómetro es posible identificar los consumos de combustible incurrido por la refrigeración de la bodega por golpe de frío o recirculación inversa, encontrando el consumo adicional por mantener anchoveta de mejor calidad para planta.

CUADRO COMPARATIVO
VARIACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE MOTOR AUXILIAR POR CAMBIO EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

EMBARCACIÓN TASA 54													
CONSUMO DE COMBUSTIBLE SIN SISTEMA DE FRIO						CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON GOLPE DE FRIO			CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON GOLPE DE FRIO Y RECIRCULACIÓN				
Motores	Modelo	Ratio Tec. gls/hr	Ratio Op. gls/hr	Horas	Total	Ratio Op. gls/hr	Horas	Total	Ratio Op. gls/hr	Horas	Total		
Auxiliar 01	CATERPILLAR-3406	22.6	6.00	30.00	180.00	6.00	30.00	180.00	12.00	7.00	84.00		
Auxiliar 02	CATERPILLAR-3406	22.6	-	-	-	10.00	8.00	80.00	10.00	30.00	300.00		
					180.00				260.00			384.00	
VARIACIÓN DE CONSUMO GLS												80.00	124.00
VARIACIÓN DE CONSUMO GLS/HR												2.67	4.13

Cuadro 3.21 Cuadro comparativo de consumo de combustible por uso del sistema de refrigeración.



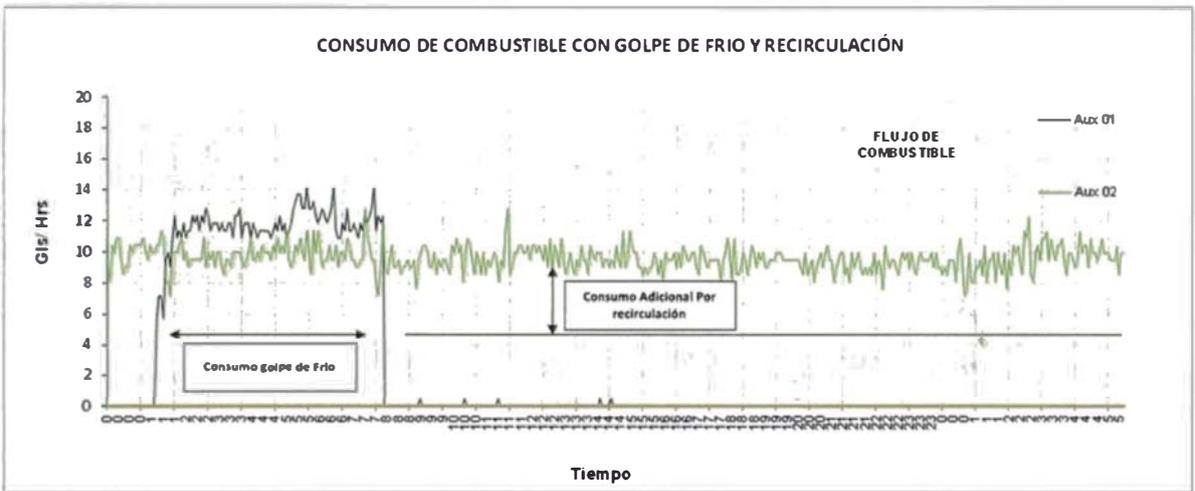
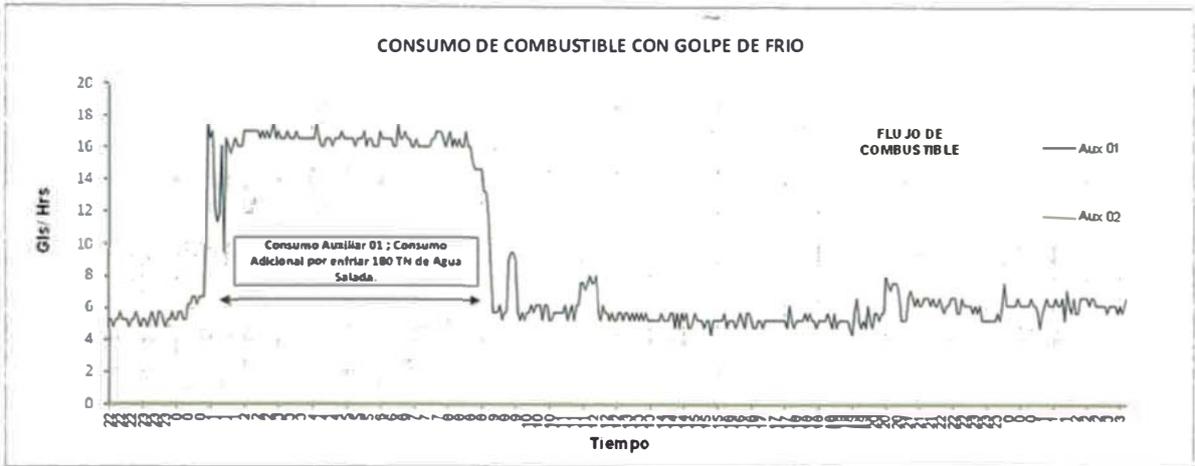


Ilustración 3.29: Graficas de consumo del motor auxiliar para los diferentes escenarios de enfriamiento de la anchoveta.
 Fuente: Elaboración propia.

3.7.5. Determinación de políticas de ahorro de combustible

Con el nuevo sistema de control de combustible instalado en la flota de frío, se procedió a programar pruebas de velocidad a fin de determinar el comportamiento del consumo de motor principal a diferentes velocidades de navegación, encontrando oportunidades para el ahorro de combustible.

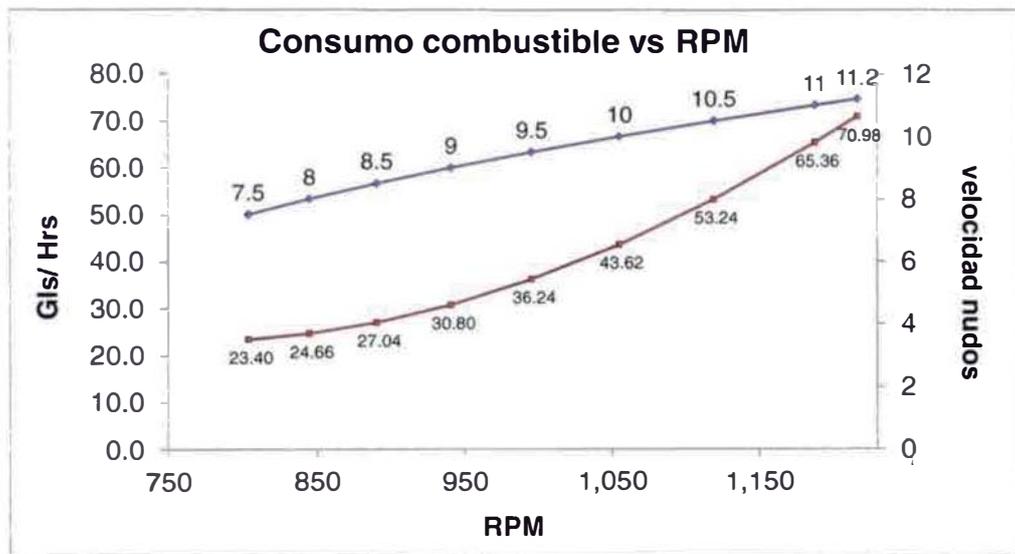


Ilustración 3.30: Graficas de consumo vs RPM, embarcación de paso fijo.

Fuente: Elaboración propia.

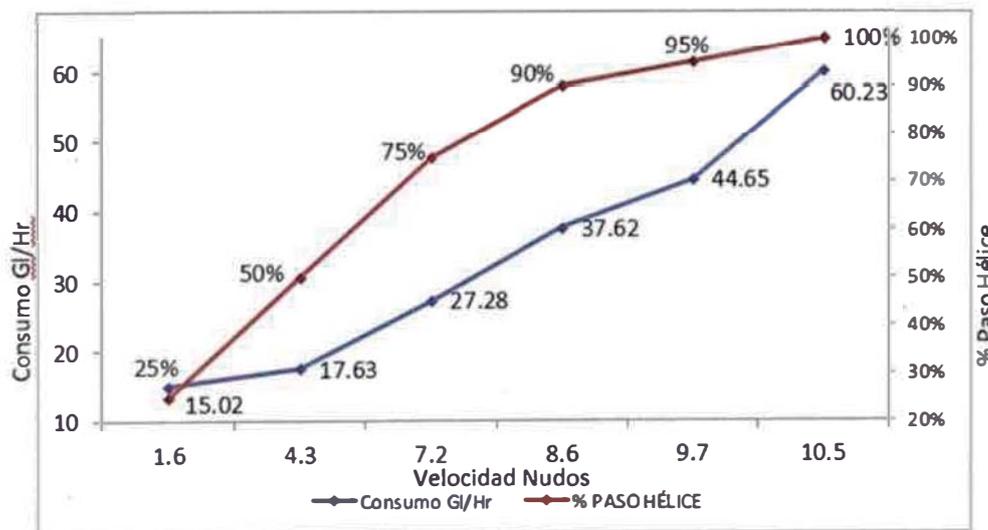


Ilustración 3.31: Graficas de consumo vs % de paso de la hélice, embarcación de paso variable.

Fuente: Elaboración propia

De las ilustraciones 3.30 y 3.31 se puede determinar que disminuyendo el RPM para el caso de las embarcaciones de paso fijo, y bajando el porcentaje de paso para el caso de las embarcaciones con hélice de paso variable es posible disminuir el consumo de combustible si afectar la velocidad de navegación de la embarcación. En ese sentido se estableció una política de ahorro de combustible, que consiste en bajar los RPM y % de paso durante la navegación de ida y retorno de zona de pesca. Ver cuadro 3.22

No	Flota	Nombre E/P	Nombre Antiguo	Motor	RMP	HELICE	%PASO y RPM (OPTIMA)
1	F4	TASA 41	DON ANGEL	MAN B&W 6L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	900 RPM - 90% a 95% PASO
2	F4	TASA 419	DOÑA BEILA	CAT 3512B	1200	PASO FIJO	1000 a 1100 RPM
3	F4	TASA 42	CARMEN LUISA	CAT 3516	1200	PASO FIJO	1000 a 1100 RPM
4	F4	TASA 427	ESTHER 7	CAT 3512B	1200	PASO FIJO	1000 a 1100 RPM
5	F4	TASA 51	SIPESA 63	CAT 3606 - I	900	PASO VARIABLE	900 RPM - 90% a 95% PASO
6	F4	TASA 52	SIPESA 62	CAT 3606 - I	900	PASO VARIABLE	900 RPM - 90% a 95% PASO
7	F4	TASA 53	MARU 2	CAT 3516	1200	PASO FIJO	1000 a 1100 RPM
8	F4	TASA 54	JAVIER	MAN B&W 8L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	900 RPM - 90% a 95% PASO
9	F4	TASA 55	TASA 55	MAN B&W 8L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	900 RPM - 90% a 95% PASO
10	F4	TASA 56	SANTA ENMA	MAN B&W 8L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	900 RPM - 90% a 95% PASO
11	F4	TASA 57	COPETSA 4	CAT 3516	1200	PASO FIJO	1000 a 1100 RPM
12	F4	TASA 58	COPETSA 2	CAT 3516	1200	PASO FIJO	1000 a 1100 RPM
13	F4	TASA 59	COPETSA 1	MAN B&W 8L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	900 RPM - 90% a 95% PASO
14	F4	TASA 71	DON ABRAHAM	CAT 3606 - II	1000	PASO VARIABLE	1000 RPM - 90% a 95% PASO

Cuadro 3.22 Política de ahorro para las embarcaciones de frío.

Fuente: elaboración Propia

Para ver el cuadro completo de la política de ahorro para todas las embarcaciones ver anexo 112.

CAPITULO IV: EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.1. Costo de implementación del sistema de control de combustible

Para la implementación del sistema de control de combustible en las 50 embarcaciones de pesca se realizó en tres etapas:

La primera etapa comprende las 18 embarcaciones, principalmente de la flota 04 que consume el 50 % del combustible total.

La segunda etapa comprende 17 embarcaciones y la tercera etapa comprende 15 embarcaciones.

El monto total presupuestado para la implementación del sistema de control de combustible en toda la flota es de 916,160.00 dólares. (Ver cuadro 4.1)

PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE

Etapa	EP	TOTAL INST. MECANICA \$	TOTAL INST. ELECTRICA \$	TOTAL INST. TRANSMISION \$	TOTAL ADICIONES \$	TOTAL INST. SCC \$	Presupuesto Original \$
1	18.00	113,230.00	161,888.21	80,082.00	5,339.00	360,539.21	370,365.00
2	17.00	113,372.61	100,409.64	75,569.00	6,100.00	295,451.25	296,795.00
3	15.00	80,670.00	110,812.50	66,679.00	-	258,161.50	249,000.00
						914,151.96	916,160.00

Cuadro 4.1 Presupuesto asignado para la implementación del sistema de control de combustible.

Fuente: elaboración Propia

En el siguiente cuadro 4.2 se detalla el presupuesto asignado para la implementación del sistema de control de combustible para cada embarcación de pesca.

**PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE
ETAPA 1**

EP	Flota	Motor Principal	No. Motor Auxiliar	No. Motor LISTER	TOTAL INST. MECANICA \$	TOTAL INST. ELECTRICA \$	TOTAL INST. TRANSMISION \$	TOTAL ADICIONES \$	TOTAL INST. SCC \$	Presupuesto Original \$
TASA 41	4	MAN B&W 6L	3	1	8,450.00	9,670.93	4,449.00	-	22,569.93	22,312.00
TASA 419	4	CAT 3516	2	2	7,960.00	10,232.20	4,449.00	603.00	23,244.20	24,367.00
TASA 42	4	CAT 3516	3	1	7,980.00	9,270.33	4,449.00	-	21,699.33	21,787.00
TASA 427	4	CAT 3516	3	2	7,980.00	10,225.73	4,449.00	648.00	23,302.73	24,367.00
TASA 43	2	MAN B&W 6L	2	1	7,020.00	8,307.33	4,449.00	-	19,776.33	20,258.00
TASA 44	2	MAN B&W 6L	2	1	7,020.00	8,192.33	4,449.00	-	19,661.33	20,259.00
TASA 45	2	MAN B&W 6L	2	1	7,020.00	8,190.33	4,449.00	-	19,659.33	20,258.00
TASA 51	4	CAT 3606 - I	2	1	2,990.00	8,216.33	4,449.00	683.00	16,338.33	16,987.00
TASA 52	4	CAT 3606 - I	1	1	2,030.00	7,919.33	4,449.00	96.00	14,494.33	14,933.00
TASA 53	4	CAT 3516	4	1	4,440.00	9,891.73	4,449.00	-	18,780.73	19,041.00
TASA 54	4	MAN B&W 8L	3	0	7,980.00	8,882.33	4,449.00	-	21,311.33	22,050.00
TASA 55	4	MAN B&W 8L	3	0	3,480.00	8,295.33	4,449.00	-	16,224.33	16,987.00
TASA 56	4	MAN B&W 8L	3	0	3,480.00	9,584.33	4,449.00	95.00	17,608.33	17,957.00
TASA 57	4	CAT 3516	3	0	7,980.00	8,929.33	4,449.00	-	21,358.33	22,051.00
TASA 58	4	CAT 3516	3	0	7,980.00	9,089.33	4,449.00	720.00	22,238.33	23,162.00
TASA 59	4	MAN B&W 8L	3	0	7,980.00	9,089.33	4,449.00	2,494.00	24,012.33	24,026.00
TASA 61	2	DEUTZ SBV 6M628	3	0	7,980.00	8,834.33	4,449.00	-	21,263.33	22,313.00
TASA 71	4	CAT 3606 - II	3	0	3,480.00	9,067.33	4,449.00	-	16,996.33	17,250.00
					113,230.00	161,888.21	80,082.00	5,339.00	360,539.21	370,365.00

**PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE
ETAPA 2**

EP	Flota	Motor Principal	No. Motor Auxiliar	No. Motor LISTER	TOTAL INST. MECANICA \$	TOTAL INST. ELECTRICA \$	TOTAL INST. TRANSMISION \$	TOTAL ADICIONES \$	TOTAL INST. SCC \$	Presupuesto Original \$
TASA 220	1	CAT C18	0	2	6,426.00	4,646.92	4,449.00	-	15,521.92	12,635.00
TASA 423	3	CAT 3512B	2	1	7,589.71	5,488.92	4,445.00	-	17,523.63	17,760.00
TASA 414	2	CAT 3512	0	2	5,925.35	6,093.92	4,445.00	164.00	16,628.27	17,760.00
TASA 420	2	CAT 3512	2	1	7,622.76	5,638.92	4,445.00	-	17,706.68	17,760.00
TASA 315	1	CAT D398	0	2	6,508.27	6,273.92	4,445.00	449.00	17,676.19	17,760.00
TASA 47	1	CAT 3508	0	2	6,508.27	6,273.92	4,445.00	452.00	17,679.19	17,760.00
TASA 415	2	CAT 3512	0	2	6,267.76	6,273.92	4,445.00	659.00	17,645.68	17,760.00
TASA 417	2	CAT 3512	0	2	6,508.27	6,273.92	4,445.00	219.00	17,446.19	17,760.00
TASA 424	3	CAT D398	1	2	6,798.35	6,273.92	4,445.00	177.00	17,694.27	17,760.00
TASA 210	3	CAT D379	0	2	6,275.35	6,093.92	4,445.00	839.00	17,653.27	17,760.00
TASA 426	3	CAT 3512	2	1	7,844.35	5,336.92	4,445.00	-	17,626.27	17,760.00
TASA 425	2	CAT 3512	3	1	7,721.35	5,270.92	4,445.00	-	17,437.27	17,760.00
TASA 411	2	CAT 3512	0	2	6,275.35	6,093.92	4,445.00	24.00	16,838.27	17,760.00
TASA 412	2	CAT 3512	0	2	6,275.41	6,093.92	4,445.00	839.00	17,653.33	17,760.00
TASA 413	2	CAT 3512	0	2	6,275.36	6,093.92	4,445.00	595.00	17,409.28	17,760.00
TASA 416	2	CAT 3512	0	2	6,275.35	6,093.92	4,445.00	839.00	17,653.27	17,760.00
TASA 418	2	CAT 3512	0	2	6,275.35	6,093.92	4,445.00	844.00	17,658.27	17,760.00
					113,372.61	100,409.64	75,569.00	6,100.00	295,451.25	296,795.00

**PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE
ETAPA 3**

EP	Flota	Motor Principal	No. Motor Auxiliar	No. Motor LISTER	TOTAL INST. MECANICA \$	TOTAL INST. ELECTRICA \$	TOTAL INST. TRANSMISION \$	TOTAL ADICIONES \$	TOTAL INST. SCC \$	Presupuesto Original \$
TASA 17	1	CAT C18	2	2	4,270.00	7,387.50	4,449.00	-	16,106.50	16,600.00
TASA 111	1	MTU 6062-HK37	3	3	4,800.00	7,387.50	4,445.00	-	16,632.50	16,600.00
TASA 218	1	MTU 6062-HK37	2	2	4,270.00	7,387.50	4,445.00	-	16,102.50	16,600.00
TASA 21	3	CAT 3508B	2	2	6,480.00	7,387.50	4,445.00	-	18,312.50	16,600.00
TASA 23	3	CAT 3508B	2	2	4,270.00	7,387.50	4,445.00	-	16,102.50	16,600.00
TASA 32	3	CAT 3512B	1	1	3,740.00	7,387.50	4,445.00	-	15,572.50	16,600.00
TASA 34	3	MTU 8V4000M60R	2	2	4,270.00	7,387.50	4,445.00	-	16,102.50	16,600.00
TASA 35	3	CAT 3508B	1	1	3,740.00	7,387.50	4,445.00	-	15,572.50	16,600.00
TASA 36	3	CAT 3508B	2	2	6,480.00	7,387.50	4,445.00	-	18,312.50	16,600.00
TASA 37	3	CAT 3508B	2	2	6,480.00	7,387.50	4,445.00	-	18,312.50	16,600.00
TASA 38	3	CAT 3508B	2	3	7,010.00	7,387.50	4,445.00	-	18,842.50	16,600.00
TASA 22	3	CAT 3508B	2	2	6,480.00	7,387.50	4,445.00	-	18,312.50	16,600.00
TASA 31	1	CAT 3508	1	1	5,950.00	7,387.50	4,445.00	-	17,782.50	16,600.00
TASA 310	1	CAT 3508	1	1	5,950.00	7,387.50	4,445.00	-	17,782.50	16,600.00
TASA 314	1	POR DEFINIR	2	2	6,480.00	7,387.50	4,445.00	-	18,312.50	16,600.00
					80,670.00	110,812.50	66,679.00	-	258,161.50	249,000.00

Cuadro 4.2 Presupuesto total del sistema de control de combustible.

Fuente: Elaboración propia

4.2. Cronograma de implementación del sistema de control de combustible en las embarcaciones pesqueras.

La implementación del sistema de control de combustible a través de sensores de flujo se inició a partir de año 2012, teniendo en cuenta lo siguiente:

1. Se dio prioridad a las embarcaciones de frío por ser de mayor consumo
2. Se coordinó la disponibilidad de la embarcación e inicio de temporadas de pesca según el área de Pesca
3. Se consideró a las embarcaciones que tenían programado subir a Astillero.
4. Se consideró los cambios de motor en las embarcaciones según el área de planeamiento de mantenimiento.
5. Se coordinó de los trabajos de instalación al área de mantenimiento de pesca a fin de evitar daños a los equipos (sensores de flujo) durante el mantenimiento programado a los motores.

Para el inicio de la primera temporada de pesca de anchoveta centro norte 2014 se debe tener transmitiendo 41 embarcaciones de pesca, es responsabilidad del Área

de Gestión de Combustible hacer el seguimiento de la información registrada a fin de mantener la confiabilidad del sistema de control de combustible.

CRONOGRAMA DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE - ETAPA 1

EP	Flota	Año 2012												Año 2013												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
TASA 41	4	SCC																								
TASA 419	4	SCC																								Tras
TASA 42	4																									Tras
TASA 427	4																									Tras
TASA 43	2	SCC																								Tras
TASA 44	2	SCC																								Tras
TASA 45	2	SCC																								Tras
TASA 51	4																									Tras
TASA 52	4																									Tras
TASA 53	4																									Tras
TASA 54	4																									Tras
TASA 55	4																									Tras
TASA 56	4																									Tras
TASA 57	4																									Tras
TASA 58	4																									Tras
TASA 59	4																									Tras
TASA 61	2																									Tras
TASA 71	4																									Tras

Leyenda: Subio a Astillero SCC Programado Instalación
SCC Instalacion del Sistema de control de combus Tras Programado Trasmisión
Tras Instalacion del Sistema de Trasmision

CRONOGRAMA DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE - ETAPA 2

EP	Flota	Año 2012										Año 2013										Año 2014					
		Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
TASA 220	1																										Tras
TASA 423	3																										Tras
TASA 414	2																										Tras
TASA 420	2																										Tras
TASA 315	1																										Tras
TASA 47	1																										Tras
TASA 415	2																										Tras
TASA 417	2																										Tras
TASA 424	3																										Tras
TASA 210	3																										Tras
TASA 426	3																										Tras
TASA 425	2																										Tras
TASA 411	2																										Tras
TASA 412	2																										Tras
TASA 413	2																										Tras
TASA 416	2																										Tras
TASA 418	2																										Tras

Leyenda: Subio a Astillero SCC Programado Instalación
SCC Instalacion del Sistema de control de combustible Tras Programado Trasmisión
Tras Instalacion del Sistema de Trasmision

4.3. Estimación del ahorro de combustible a través de control del RPM y porcentaje de paso de la hélice.

A través de la implementación del sistema de control de combustible se encontró que es posible elaborar una política de ahorro a partir del control de RPM del motor y porcentaje de paso de la hélice. (Ver punto 3.7.5)

Se elaboró una estimación a partir de las horas de travesía presupuestadas para el año 2014 y el ratio de consumo glh de travesía obtenido en el año 2013, encontrando que es posible obtener un ahorro de hasta 134.5 mil galones de combustible durante un año para la pesca de anchoveta, esto es 511,216.00 dólares, por lo que el costo de la instalación del sistema de control a todo la flota se recuperaría en 2 año aproximadamente.

Para el logro de este objetivo será necesario:

1. Capacitar al Ing. de máquina/motorista sobre la adecuada manipulación de los sensores a fin de evitar daños al sistema.
2. Capacitar al Ing. de máquina/motorista para el reporte inmediato ante cualquier avería del sistema y así garantizar el funcionamiento continuo del sistema.
3. Elaborar un mantenimiento periódico del sistema, sensores de flujo, temperatura, rpm y PLC.
4. Establecer un stock de seguridad de flujómetros ante cualquier avería, para evitar quedarnos sin información del sistema.

5. El ing. de combustible deberá realizar el monitoreo constante del sistema a fin de garantizar la confiabilidad de la información y el cumplimiento de la política de ahorro.

Cuadro de ahorro de combustible estimado para CHI Norte 2014 aplicando política de RPM y porcentaje de paso de hélice.

Nombre E/P	Flota	Motor	Potencia (HP)	RPM	GI/Hr TEORICO MAX	GI/Hr Real con PAhorro 2013	GI/Hr Real con PAhorro 2014	Horas 2014 Travesía	Galones 2014 Travesía	Galones 2013 Travesía estimado	Galones Ahorro 2013 vs 2014
TASA 17	1	CAT C18	450	1800	22.70	22.01	22.02	541	11,923	11,918	5
TASA 220	1	CAT C18	600	1800	27.00	24.62	25.00	899	22,467	22,121	346
TASA 111	1	MTU 6062-HK37	450	1800	20.90	20.27	20.27	550	11,158	11,158	0
TASA 218	1	MTU 6062-HK37	450	1800	20.90	20.27	20.27	900	18,253	18,253	0
TASA 47	1	CAT 3508	600	1200	30.50	29.31	28.85	552	15,913	16,169	-256
TASA 31	1	CAT 3508	600	1200	30.50	29.37	28.85	537	15,482	15,766	-284
TASA 310	1	CAT 3508	600	1200	30.50	28.92	28.85	861	24,825	24,889	-65
TASA 314	1	MTU 8V4000M60R	850	1200	51.40	49.62	44.66	658	29,374	32,638	-3,264
TASA 315	1	MTU 8V4000M60R	850	1200	46.30	42.13	37.92	1,015	38,477	42,752	-4,275
TASA 411	2	CAT 3512	1200	1200	58.10	49.03	46.80	671	31,417	32,914	-1,497
TASA 412	2	CAT 3512	1200	1200	58.10	51.50	48.15	770	37,065	39,644	-2,579
TASA 413	2	CAT 3512	1200	1200	58.10	44.29	40.05	881	35,302	39,042	-3,740
TASA 414	2	CAT 35128	1500	1200	62.21	52.79	48.59	774	37,633	40,885	-3,252
TASA 415	2	CAT 3512	1060	1200	51.90	47.91	44.37	697	30,913	33,373	-2,459
TASA 416	2	CAT 3512	1200	1200	58.10	50.64	49.68	772	38,325	39,069	-744
TASA 417	2	CAT 3512	1200	1200	58.10	52.05	45.22	709	32,043	36,889	-4,845
TASA 418	2	CAT 3512	1200	1200	58.10	52.31	46.41	671	31,148	35,109	-3,961
TASA 420	2	CAT 3512	1200	1200	58.10	50.32	46.16	822	37,959	41,381	-3,422
TASA 425	2	CAT 3512	1200	1200	58.10	55.20	49.68	799	39,669	44,077	-4,408
TASA 61	2	DEUTZ 58V 6M628	1448	900	72.00	65.76	61.92	792	49,039	52,081	-3,042
TASA 43	2	MAN B&W 6L 23/30 ADKV	1287	900	61.56	57.06	52.63	642	33,767	36,608	-2,841
TASA 44	2	MAN B&W 6L 23/30 ADKV	1287	900	61.56	57.77	53.01	723	38,311	41,749	-3,437
TASA 45	2	MAN B&W 6L 23/30 ADKV	1287	900	61.56	57.71	52.74	683	36,036	39,432	-3,396

Nombre E/P	Flota	Motor	Potencia (HP)	RPM	GI/Hr TEORICO MAX	GI/Hr Real con PAhorro 2013	GI/Hr Real con PAhorro 2014	Horas 2014 Travesía	Galones 2014 Travesía	Galones 2013 Travesía estimado	Galones Ahorro 2013 vs 2014
TASA 21	3	CAT 3508B	775	1200	36.80	34.96	31.46	698	21,951	24,390	-2,439
TASA 23	3	CAT 3508B	775	1200	36.80	34.96	31.46	722	22,704	25,227	-2,523
TASA 35	3	CAT 3508B	775	1200	36.80	34.28	31.46	679	21,372	23,286	-1,914
TASA 36	3	CAT 3508B	775	1200	36.80	34.96	31.46	646	20,330	22,589	-2,259
TASA 37	3	CAT 3508B	775	1200	36.80	34.96	31.46	756	23,776	26,418	-2,642
TASA 38	3	CAT 3508B	775	1200	36.80	34.96	31.46	784	24,660	27,400	-2,740
TASA 22	3	CAT 3508B	775	1200	36.80	34.96	31.46	964	30,339	33,710	-3,371
TASA 426	3	CAT 3512	1200	1200	58.10	50.37	47.06	716	33,695	36,064	-2,368
TASA 32	3	CAT 35128	1005	1200	48.60	43.74	39.37	764	30,067	33,408	-3,341
TASA 423	3	CAT 35128	1130	1350	56.50	48.90	43.65	822	35,883	40,199	-4,316
TASA 210	3	CAT D379	565	1350	31.80	28.62	25.76	572	14,736	16,373	-1,637
TASA 424	3	MTU 8V4000M60R	850	1200	59.40	44.70	40.69	856	34,827	38,262	-3,435
TASA 34	3	MTU 8V4000M60R	940	1600	47.00	43.24	38.92	699	27,221	30,245	-3,025
TASA 42	4	CAT 3516	1410	1200	69.40	65.10	58.77	778	45,700	50,621	-4,921
TASA 419	4	CAT 35128	1500	1200	74.26	54.69	46.08	679	31,270	37,111	-5,841
TASA 427	4	CAT 35128	1500	1200	74.26	65.71	60.08	813	48,842	53,422	-4,581
TASA 53	4	CAT 3516	1410	1200	69.40	64.56	56.70	832	47,151	53,687	-6,536
TASA 57	4	CAT 3516	1410	1200	69.40	62.91	56.00	766	42,893	48,183	-5,289
TASA 58	4	CAT 3516	1410	1200	69.40	62.09	56.70	769	43,618	47,765	-4,147
TASA 51	4	CAT 3606 - I	2380	900	108.50	85.33	87.12	794	69,153	67,734	1,419
TASA 52	4	CAT 3606 - I	2380	900	108.50	78.50	81.09	632	51,250	49,610	1,639
TASA 71	4	CAT 3606 - II	2481	1000	116.50	102.68	95.58	698	66,678	71,628	-4,950
TASA 41	4	MAN B&W 6L 23/30 ADKV	1287	900	69.40	60.73	55.08	692	38,125	42,036	-3,911
TASA 54	4	MAN B&W 8L 23/30 ADKV	1716	900	83.22	80.16	73.35	775	56,845	62,124	-5,279
TASA 55	4	MAN B&W 8L 23/30 ADKV	1716	900	83.22	59.31	67.20	848	57,018	50,325	6,693
TASA 59	4	MAN B&W 8L 23/30 ADKV	1716	900	83.22	82.54	72.80	747	54,386	61,661	-7,275
TASA 56	4	MAN B&W -BL 23/30 ADKV	1716	900	83.22	69.72	64.75	830	53,744	57,873	-4,129
					51.48	46.84	37.248		1,744,733	1,879,264	-134,531

Cuadro 4.4 Ahorro estimado de combustible aplicando política de RPM y % paso óptimo.

Fuente: elaboración Propia

CONCLUSIONES

1. El nuevo sistema de control de combustible nos permite establecer políticas de ahorro de combustible, que consiste en controlar el rpm y porcentaje de paso óptimo de la hélice para la navegación hacia la zona de pesca, se ha estimado para el año 2014 un ahorro de 134.5 mil galones solo para operación de pesca de anchoveta. (ver cuadro 3.22).
2. Se determinó que el nuevo sistema de control de consumo de combustible por medio de sensores de flujo es más preciso debido a que se utiliza flujómetro Kral que tiene una precisión de 0. %.
3. Se encontró que los consumos determinados a partir de los reportes de stock de combustible eran 7% mayor que los registrados por los sensores de flujo. (Ver cuadro 3.19).
4. El sistema de control de consumo por medio de sensores nos permite discriminar el consumo por cada etapa de operación (consumo en navegación, descarga y puerto) encontrando que el 95% del consumo corresponde al consumo en navegación. (Ver cuadro 3.20)
5. El nuevo sistema de control de combustible nos permite identificar si un motor esta sobrecargado, es decir cuando su consumo está

cercano al máximo consumo de fábrica, de esta manera programar mantenimiento correctivo. (ver ilustración 3.28).

6. El nuevo sistema de consumo de combustible nos permite identificar el consumo adicional de combustible por aplicar sistema de refrigeración a la anchoveta a fin de mantener la calidad del pescado, aproximadamente 4gls adicionales por cada hora de operación. (Ver cuadro 3.21).

RECOMENDACIONES

Como resultado de la experiencia adquirida con las primeras instalaciones a las embarcaciones se debe anotar las siguientes recomendaciones:

1. Seleccionar de manera adecuada el Flujómetro, esta debe ser adecuada para las características de flujo de operación del motor donde se va a instalar.
2. Evitar variaciones en el diámetro en la línea de abastecimiento de combustible ya que altera el flujo y presión de combustible, ocasionando errores de lectura de los sensores.
3. La ubicación inadecuada del Flujómetro en la línea de ingreso de combustible en el motor principal puede generar errores de lectura del sensor de flujo, por lo que se debe tener cuidado en su ubicación, se recomienda instalar lo más cercano al motor.
4. La instalación del Flujómetro de ingreso y salida debe ir acompañado de un bypass en la línea para poder desviar la alimentación de combustible en caso de obstrucción del Flujómetro.
5. Verificar la lectura correcta del sensor de temperatura de ingreso y retorno, para realizar la corrección del volumen del flujo por efecto de

la temperatura (el volumen del combustible se expande por efecto de la temperatura), y así asegurar que se calcula la diferencia a una misma temperatura.

6. Una vez terminado y validado el funcionamiento individual de los sensores en cada motor, se debe realizar una prueba de sistema en condiciones de operación, a fin de evaluar el desempeño del sistema de control instalado.
7. Se recomienda continuar con la instalación del sistema de control por sensor de flujo en las demás embarcaciones por etapas (grupos de embarcaciones), siguiendo las recomendaciones y experiencias adquiridas en la primera instalación piloto.
8. Para continuar con el adecuado avance de la instalación del nuevo sistema de control de consumo, es necesario coordinar constantemente con las demás áreas (mantenimiento y pesca) a fin de realizar los trabajos sin contratiempos por falta de disponibilidad de la embarcación.
9. Se debe elaborar un procedimiento para la desinstalación del sistema (Hoja de ruta de actividades), cuando el motor sea cambiado o bajado de la embarcación para un mantenimiento total (Over hall) y así evitar

que los equipos del sistema de control de consumo de combustible sean dañados.

10. Debido a la gran cantidad de información desprendida del nuevo sistema de control de consumo por sensores de flujo, se hace necesario desarrollar un programa para el análisis y tratamiento de los datos generados.

11. Desarrollar pruebas de navegación con el sistema de control de combustible a fin de elaborar estadística de consumo para diferentes cargas de motor, velocidad y así determinar la velocidad de navegación económica para cada embarcación.

GLOSARIO

Consumo Combustible Puerto: Es el consumo de combustible en puerto realizado después de finalizado la descarga y la espera del siguiente zarpe.

Consumo Combustible descarga: es el consumo de combustible realizado en la chata durante la descarga de la pesca a planta.

Consumo Combustible Cala: es el consumo de combustible de la embarcación realizado durante la operación de cala.

Consumo Combustible operación de pesca: es la suma de los consumo de navegación, búsqueda y cala.

Consumo Combustible navegación: Es el consumo de combustible de la embarcación realizado durante la navegación del puerto a la zona de pesca.

Consumo Combustible Búsqueda: Es el consumo de combustible de la embarcación realizado durante la búsqueda del cardumen.

Flota de Pesca: Es el conjunto de embarcaciones de pesca que compartes características de diseño y capacidad de Bodega.

Ing. de Combustible: Personal de Tasa, asignado como responsable de gestionar controlar y monitorear el consumo de las embarcaciones pesqueras.

Ing. de Maquinas / Motorista: Personal de Tasa, asignado como responsable del mantenimiento y operatividad de la embarcación durante la operación de pesca.

Instalación mecánica del Sistema de control de combustible: Corresponde a todos los trabajos necesarios para la instalación de los

elementos mecánicos del sistema, instalación de la tubería y los flujómetro en la línea de combustible del tanque de combustible al Motor.

Instalación electrónica del sistema de control de combustible:

Corresponde a todos los trabajos necesarios para la instalación de los elementos electrónicos del sistema, sensores de flujo, temperatura, pulso y rpm, así como también la instalación del tablero PLC y su sistema de respaldo de batería a bordo.

Instalación Sistema de Trasmisión de datos: Corresponde a todos los trabajos necesarios para la instalación de los equipos de trasmisión (Panel PC, Tableros y Router 3G).

Marea pesca CHI Centro Norte: Corresponde a las mareas cuya pesca de anchoveta se realiza desde el paralelo 16, esta pesca es destinado para la fabricación de harina de pescado.

Marea pesca CHI Sur: Corresponde a las mareas cuya pesca de anchoveta, se realiza desde el paralelo 16 hasta 20, esta pesca es destinado para la fabricación de harina de pescado.

Mareas pesca CHD: Corresponde a las mareas de pesca de Jurel y/o Caballa destinada para el consumo humano directo.

Motor Principal: Es el equipo principal para la propulsión de la embarcación pesquera para la navegación a la zona de pesca.

Motor Auxiliar: Es el equipo destinado para las operaciones auxiliares de la embarcación, pudiendo ser iluminación, maniobras del sistema hidráulico, para la refrigeración del sistema de frío.

Radio Operador Bahía: Personal de Tasa, asignado como responsable de controlar los zarpes y arribos de la embarcación al Puerto.

SAP: es un ERP (Enterprise Resource Planning o Planificación de Recursos de la Empresa) básicamente es una arquitectura de software para empresas que facilita e integra la información entre las funciones de manufactura, logística, finanzas y recursos humanos de una empresa.

Portal SAP: Sistema informático desarrollado para el registro de la información de la operaciones de pesca, pudiendo ser información de zarpe, y arribo de la embarcación.

BIBLIOGRAFÍA

Acuña Oyazun, Claudio Danilo **Tesis IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL PARA EL SUMINISTRO DE PETRÓLEO DE GRUPOS ELECTRÓGENOS** del año 2006.

Barca, R.G., **CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS** (Junio 2001)
<http://www.calidad.com.ar/calid111.html>

Esguar **TEORIA DE MOTORES DE COMBUSTION** – Tecnólogo H.
Centro de Educación Ocupacional MacroSup.

Lluhch Hernadez, Rafael **MOTORES DIESEL MARINOS** –, Barcelona España.

Mendiburu Diaz, Henry Antonio **Libro SISTEMAS DE CONTROL DE PROCESOS, Capítulo I.**

Rodríguez Badal **Libro “La Gestión por Procesos”, Ediciones Folio S.A. 1997. 132 páginas.**

Torres González, Ángel Alberto **Tesis SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLE** del año 2006.

Ordax Cassá, Javier **Libro Automatización de Proceso industriales.**

MANUAL DE OPERACIÓN DE LA HERRAMIENTA CATERPILLAR -
Noviembre 2010 - (Grupo Multi-Tool 2 348-5430).

Página web Abtel Peru S.A.C (<http://www.abtelperu.com/>). (Abril 2004)
Empresa peruana que ofrece servicio de control y monitoreo de consumo de combustible.

Página web - Opendat (<http://www.opendat.cl/>) – (Abril 2014) Empresa de ingeniería de sistema, dedicada asesorar y desarrollar proyectos de informática.

Página web Azti Tecnia (www.azti.es) – (Abril 2014) Empresa española dedicado a la investigación marina.

CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (Marzo 2013)
<http://www.calidad.com.ar/controe7.html>

ANEXOS ~

Anexo 1: Formato de protocolo de validación del sistema de control de combustible.....	página 111
Anexo 2: Formato de registro de datos del protocolo de validación del Sistema de Control de Combustible.....	página 112
Anexo 3: Tabla de registro de lectura de la prueba de validación del sistema de control de combustible de la Tasa 57.....	página 113
Anexo 4: Política de ahorro de combustible.....	página 114

ANEXO 1

Protocolo de validación del sistema de control de combustible.

1 Objetivo

Validar el funcionamiento y la información registrada por el sistema de control de combustible

2 Alcance

Aplica a todas las embarcaciones que tengan instalados el sistema

3 Verificación Sistema de control de combustible

3.1 Componentes Mecánico

Flujómetro de Ingreso

Verificar la correcta ubicación del Flujómetro dentro del sistema de ingreso. (Debe estar después de la bomba primaria de combustible)

Verificar la no existencia de fuga en el sistema de ingreso (bomba, catalizador, flujómetro)

Verificar que las válvulas estén ubicadas de tal manera no genere restricción del flujo de combustible (no genere pérdida hidráulica).

Verificar la no pérdida de presión

Max, min presión de trabajo del motor

Verificar la distribución de los flujómetro bajo el nuevo estándar

Flujómetro Retomo

Verificar la correcta ubicación del Flujómetro dentro del sistema de ingreso. (Debe estar después de la bomba primaria de combustible)

Verificar la no existencia de fuga en el sistema de ingreso (bomba, catalizador, flujómetro)

Verificar que las válvulas estén ubicadas de tal manera no genere restricción del flujo de combustible (no genere pérdida hidráulica).

Verificar la no pérdida de presión

Max, min presión de trabajo del motor

3.2 Sistema Electrónico

Flujómetro de Ingreso

En el Sensor Pulso

Verificar visualmente que este encendido el led Verde (sistema energizado)

Verificar visualmente el led Naranja intermitente, indica la lectura de flujo de sensor.

Verificar número de pulsos por Galón

Numero de pulsos, temperatura, densidad, factor de corrección volumétrico)

En el Sensor Temperatura

Verificar la correcta lectura de la temperatura del sensor, comparando con otro instrumento

Rango de variación +- 5% - para temperatura

Flujómetro de Retomo

En el Sensor Pulso

Verificar visualmente que este encendido el led Verde (sistema energizado)

Verificar visualmente el led Naranja intermitente, indica la lectura de flujo de sensor.

Verificar número de pulsos por Galón

Numero de pulsos, temperatura, densidad, factor de corrección volumétrico)

En el Sensor Temperatura

Verificar la correcta lectura de la temperatura del sensor, comparando con otro instrumento

Rango de variación +- 5% - para temperatura

Presión de combustible

Revisar la lectura de presión de ingreso y retomo de combustible (manómetro de presión)

Presión Baja: Flujómetro Ingreso obstruido manómetro en lado descarga de Flujómetro

Presión Alta: Flujómetro Retomo obstruido manómetro en lado ingreso Flujómetro

Se compara la lectura de presión con lo que indica el fabricante

Sensor RPM

Verificar la correcta lectura de rpm del motor, se compara lo que indica el motor con el PLC

Registro

Sensor RPM	Valor rpm real Motor	Lectura PLC	Variación
Min RPM			5% +-
Media RPM			5% +-
Max RPM			5% +-

3.3 Verificación de la Lógica del PLC

Validar los parámetros utilizados en la programación del PLC

Parámetros temperatura, etc., factor K del Flujómetro

ANEXO 2

Formato para el registro de datos del sensor de flujo de combustible.



REGISTRO LECTURA CONSUMO - SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE - KIT CAMPAR

EMBARCACION: _____

FECHA: _____

HORA INICIO: _____

EQUIPO DE MEDICION: _____

HORA TERMINO: _____

CARGA: _____

TANQUE AGUA BODEGAS: _____

TANQUE COMBUSTIBLE STOCK INICIAL: _____

TANQUE COMBUSTIBLE STOCK FINAL: _____

TOMA	RPM	FIUJO GAL / H			TEMPERATURA °C		PRESION PSI
		IN	OUT	DIF	IN	OUT	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

TOMA	RPM	FIUJO GAL / H			TEMPERATURA °C		PRESION PSI
		IN	OUT	DIF	IN	OUT	
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							

TOMA	RPM	FIUJO GAL / H			TEMPERATURA °C		PRESION PSI
		IN	OUT	DIF	IN	OUT	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

TOMA	RPM	FIUJO GAL / H			TEMPERATURA °C		PRESION PSI
		IN	OUT	DIF	IN	OUT	
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							

ANEXO 3

TABLA DE REGISTRO DE LECTURAS DEL SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE

RPM	Estos valores se corrigen a 60 °F												
	Kit Ferreyros (DISPLAY)					S.C. Combustible		Corrección por temperatura PLC			Corrección con DATOS TABLA		
	TIEMPO	FIUJO GAL / H				TEMPERATURA °C		FIUJO GAL / H			FIUJO GAL / H		
	SUPPLY	RETURN	DIF	BURN RATE	IN	OUT	IN	OUT	DIF	IN	OUT	DIF	
800		189.5	175.3		15.2	32.2	48.1	186.79	170.57	16.23	187.00	170.78	16.22
		192.4	176.0		15.7	32.9	48.1	189.54	171.16	18.38	189.76	171.46	18.29
		188.3	174.3		15.4	32.9	48.1	185.50	169.51	15.99	185.71	169.81	15.91
		193.2	174.4		15.4	32.9	48.1	190.33	169.61	20.72	190.55	169.91	20.64
		189.1	175.3	13.8	15.2	32.9	48.1	186.29	170.48	15.81	186.50	170.78	15.72
		190.9	175.1	15.8	15.2	32.9	48.1	188.06	170.29	17.77	188.28	170.59	17.69
		187.0	173.2	13.8	15.7	32.9	48.1	184.22	168.44	15.78	184.43	168.74	15.70
				15.47						17.24			17.17

RPM	Estos valores se corrigen a 60 °F													
	Kit Ferreyros (DISPLAY)					S.C. Combustible		Corrección por temperatura PLC			Corrección con DATOS TABLA			
	TIEMPO	FIUJO GAL / H				TEMPERATURA °C		FIUJO GAL / H			FIUJO GAL / H			
	SUPPLY	RETURN	DIF	BURN RATE	IN	OUT	IN	OUT	DIF	IN	OUT	DIF		
900	00:29:10	213.7	188.0	25.7	24.60	32.9	47.9	210.53	182.87	27.66	210.77	183.18	27.58	
	00:29:15	209.7	186.1	23.6	25.1	32.9	49.9	206.58	180.71	25.88	206.82	181.04	25.78	
	00:29:20	209.2	185.1	24.1	24.6	32.9	49.9	206.09	179.74	26.35	206.33	180.07	26.26	
	00:29:25	209.7	185.3	24.4	23.7	32.9	49.9	206.58	179.93	26.65	206.82	180.26	26.56	
	00:29:30	209.9	186.3	23.6	23.7	32.9	49.9	206.78	180.90	25.88	207.02	181.23	25.78	
	00:29:35	212.0	186.2	25.8	23.4	32.9	49.9	208.85	180.81	28.04	209.09	181.14	27.95	
	00:29:40	212.0	186.6	25.4	23.4	32.9	49.9	208.85	181.19	27.66	209.09	181.52	27.56	
	00:29:50	212.1	187.9	24.2	22.9	32.9	49.9	208.95	182.46	26.49	209.19	182.79	26.40	
	00:29:55	210.3	186.4	23.9	23.3	32.9	49.9	207.18	181.00	26.18	207.41	181.33	26.08	
	00:30:10	207.6	183.2	24.4	22.8	32.9	49.9	204.52	177.89	26.62	204.75	178.22	26.53	
	00:30:15	210.4	186.2	24.2	22.8	32.9	49.9	207.27	180.81	26.47	207.51	181.14	26.37	
	00:30:20	210.9	187.3	23.6	23.3	32.9	49.9	207.77	181.87	25.89	208.00	182.21	25.80	
					23.64						26.65			26.56

RPM	Estos valores se corrigen a 60 °F												
	Kit Ferreyros (DISPLAY)					S.C. Combustible		Corrección por temperatura PLC			Corrección con DATOS TABLA		
	TIEMPO	FIUJO GAL / H				TEMPERATURA °C		FIUJO GAL / H			FIUJO GAL / H		
	SUPPLY	RETURN	DIF	BURN RATE	IN	OUT	IN	OUT	DIF	IN	OUT	DIF	
1000	00:31:10	226.6	193.1	33.5	33.6	33.4	48.3	223.14	187.76	35.38	223.40	188.09	35.31
	00:31:15	229.9	194.7	35.2	32.5	33.4	48.3	226.39	189.32	37.07	226.65	189.65	37.00
	00:31:25	232.1	197.3	34.8	32.7	33.4	48.3	228.56	191.85	36.71	228.82	192.18	36.64
	00:31:40	231.5	196.6	34.9	33.1	33.4	48.3	227.96	191.17	36.80	228.23	191.50	36.73
	00:31:55	230.0	195.7	34.3	34.3	33.4	48.3	226.49	190.29	36.20	226.75	190.63	36.12
	00:32:00	230.9	197.4	33.5	34.9	33.4	48.3	227.37	191.94	35.43	227.64	192.28	35.36
	00:32:05	229.3	193.9	35.4	32.8	33.4	48.3	225.80	188.54	37.26	226.06	188.87	37.19
	00:32:10	232.2	197.1	35.1	34.0	33.4	48.3	228.65	191.65	37.00	228.92	191.99	36.93
	00:32:20	230.9	197.0	33.9	33.9	33.4	48.3	227.37	191.56	35.82	227.64	191.89	35.75
					33.53						36.41		

RPM	Estos valores se corrigen a 60 °F												
	Kit Ferreyros (DISPLAY)					S.C. Combustible		Corrección por temperatura PLC			Corrección con DATOS TABLA		
	TIEMPO	FIUJO GAL / H				TEMPERATURA °C		FIUJO GAL / H			FIUJO GAL / H		
	SUPPLY	RETURN	DIF	BURN RATE	IN	OUT	IN	OUT	DIF	IN	OUT	DIF	
1100	00:34:35	238.9	195.2	43.7	46.1	33.6	48.7	235.2	189.7	45.5	235.49	190.08	45.41
	00:34:40	240.6	194.4	46.2	47.4	33.6	48.7	236.9	189.0	47.9	237.16	189.30	47.86
	00:34:45	242.5	194.5	48	46.1	33.6	48.7	238.8	189.1	49.7	239.04	189.39	49.64
	00:34:50	241.4	195	46.4	48.2	33.6	48.7	237.7	189.5	48.1	237.95	189.88	48.07
	00:34:55	242.2	193.9	48.3	47.1	33.6	48.7	238.5	188.5	50.0	238.74	188.81	49.93
	00:35:00	241.5	194.4	47.1	47.1	33.6	48.7	237.8	189.0	48.8	238.05	189.30	48.75
				47.00						48.34			48.28

RPM	Estos valores se corrigen a 60 °F												
	Kit Ferreyros (DISPLAY)					S.C. Combustible		Corrección por temperatura PLC			Corrección con DATOS TABLA		
	TIEMPO	FIUJO GAL / H				TEMPERATURA °C		FIUJO GAL / H			FIUJO GAL / H		
	SUPPLY	RETURN	DIF	BURN RATE	IN	OUT	IN	OUT	DIF	IN	OUT	DIF	
1200		247.8	189.9	57.9	57.7	32.9	49.9	244.1	184.4	59.7	244.40	184.74	59.66
		247.3	188.6	58.7	57.8	32.9	49.9	243.6	183.1	60.5	243.90	183.47	60.43
		245.3	188.4	56.9	59.1	32.9	49.9	241.7	182.9	58.7	241.93	183.28	58.66
		249.6	187.2	62.4	59.1	32.9	49.9	245.9	181.8	64.1	246.17	182.11	64.06
		250.4	189.8	60.6	60.1	32.9	49.9	246.7	184.3	62.4	246.96	184.64	62.32
				57.76						61.08			61.03

ANEXO 4

POLITICA DE AHORRO LISTA DE RMP Y % DE PASO DE VARIABLE PARA EL MP

No	Flota	Nombre E/P	Nombre Antigo	Motor	RMP	HELICE	RPM-%PASO (OPTIMA)
1	F1	TASA 111	CAPLINA 8	MTU 6062-HK37	1800	PASO FIJO	1600-1700
2	F1	TASA 17	RIMAC 4	CAT C18	1800	PASO FIJO	1600-1700
3	F1	TASA 218	BRAVO 10	MTU 6062-HK37	1800	PASO FIJO	1600-1700
4	F1	TASA 220	MACABI 3	CAT C18	1800	PASO FIJO	1600-1700
5	F1	TASA 31	JAYANCA	CAT 3508	1200	PASO FIJO	1150-1200
6	F1	TASA 310	ZAÑA	CAT 3508	1200	PASO FIJO	1150-1200
7	F1	TASA 314	CONTUMAZA 4	VOLVO TAMD 163A - B	1800	PASO VARIABLE	1700-100% paso
8	F1	TASA 315	BRAVO 7	MTU 8v4000 M60R	1600	PASO FIJO	1500-1600
9	F1	TASA 47	SECHIN	CAT 3508	1200	PASO FIJO	1100-1150
10	F2	TASA 411	SIPAN	CAT 3512	1200	PASO FIJO	1000-1100
11	F2	TASA 412	SECHIN II	CAT 3512	1200	PASO FIJO	1000-1100
12	F2	TASA 413	OLMOS II	CAT 3512	1200	PASO FIJO	1000-1100
13	F2	TASA 414	ESTRELIA	CAT 3512B	1200	PASO FIJO	1000-1100
14	F2	TASA 415	INDEPENDENCIA I	CAT 3512	1200	PASO FIJO	1000-1100
15	F2	TASA 416	SALKANTAY	CAT 3512	1200	PASO FIJO	1000-1100
16	F2	TASA 417	INANSA	CAT 3512	1200	PASO FIJO	1000-1100
17	F2	TASA 418	INDEPENDENCIA I	CAT 3512	1200	PASO FIJO	1000-1100
18	F2	TASA 420	GUILLERMO	CAT 3512	1200	PASO FIJO	1000-1100
19	F2	TASA 425	BRAVO 9	CAT 3512	1200	PASO FIJO	1000-1100
20	F2	TASA 43	TASA 43	MAN B&W 6L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	800-100% paso
21	F2	TASA 44	TASA 44	MAN B&W 6L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	800-100% paso
22	F2	TASA 45	TASA 45	MAN B&W 6L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	800-100% paso
23	F2	TASA 61	SEBASTIAN	DEUTZ SBV 6M628	900	PASO VARIABLE	800-100% paso
24	F3	TASA 21	LOBO I	CAT 3508B	1200	PASO FIJO	1000-1100
25	F3	TASA 210	PIZARRO 10	CAT D379	1350	PASO FIJO	1000-1100
26	F3	TASA 22	MAYTE	CAT 3508B	1200	PASO FIJO	1000-1100
27	F3	TASA 23	LOBO II	CAT 3508B	1200	PASO FIJO	1000-1100
28	F3	TASA 32	PEGASO	CAT 3512B	1200	PASO FIJO	1000-1100
29	F3	TASA 34	SAMOA	MTU 8V4000M60R	1600	PASO FIJO	1500-1600
30	F3	TASA 35	PUNTA SAL	CAT 3508B	1200	PASO FIJO	1000-1100
31	F3	TASA 36	FLAMINGO	CAT 3508B	1200	PASO FIJO	1000-1100
32	F3	TASA 37	COSTA AZUL	CAT 3508B	1200	PASO FIJO	1000-1100
33	F3	TASA 38	TARATA 3	CAT 3508B	1200	PASO FIJO	1000-1100
34	F3	TASA 423	BRAVO 3	CAT 3512B	1200	PASO FIJO	1000-1100
35	F3	TASA 424	BRAVO 4	MTU 8V4000 M60	1800	PASO FIJO	1700-1800
36	F3	TASA 426	DON ENRIQUE	CAT 3512	1200	PASO FIJO	1000-1100
37	F4	TASA 41	DON ANGEL	MAN B&W 6L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	800-100% paso
38	F4	TASA 419	DOÑA BEILA	CAT 3512B	1200	PASO FIJO	1000-1100
39	F4	TASA 42	CARMEN LUISA	CAT 3516	1200	PASO FIJO	1000-1100
40	F4	TASA 427	ESTHER 7	CAT 3512B	1200	PASO FIJO	1000-1100
41	F4	TASA 51	SIPESA 63	CAT 3606 - I	900	PASO VARIABLE	900 - 80 a 90% paso
42	F4	TASA 52	SIPESA 62	CAT 3606 - I	900	PASO VARIABLE	900 - 80 a 90% paso
43	F4	TASA 53	MARU 2	CAT 3516	1200	PASO FIJO	1000-1100
44	F4	TASA 54	JAVIER	MAN B&W 8L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	800-100% paso
45	F4	TASA 55	TASA 55	MAN B&W 8L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	800-100% paso
46	F4	TASA 56	SANTA ENMA	MAN B&W 8L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	800-100% paso
47	F4	TASA 57	COPETSA 4	CAT 3516	1200	PASO FIJO	1000-1100
48	F4	TASA 58	COPETSA 2	CAT 3516	1200	PASO FIJO	1000-1100
49	F4	TASA 59	COPETSA 1	MAN B&W 8L 23/30 ADKV	900	PASO VARIABLE	800-100% paso
50	F4	TASA 71	DON ABRAHAM	CAT 3606 - II	1000	PASO VARIABLE	900-100% paso