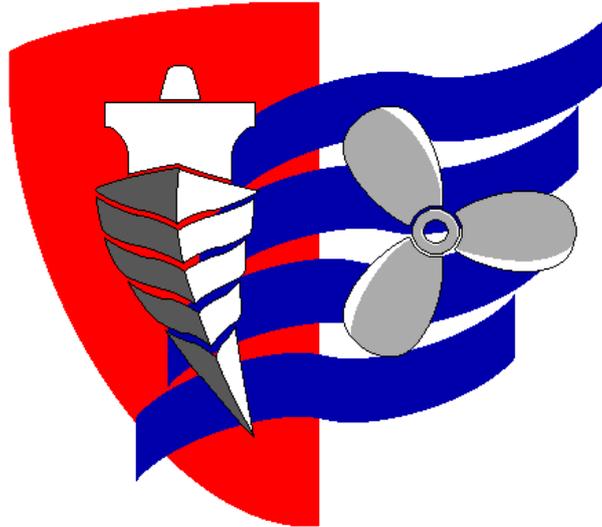


UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Máster

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Máster
**GOBIERNO E INYECCION ELECTRONICA
DE UN MOTOR MARINO**

**GOVERNMENT AND ELECTRONIC
INJECTION OF A MARINE ENGINE**

Para acceder al Título de Máster universitario en
INGENIERÍA MARINA

Autor: José Rafael Hernández Pérez
Director: Sergio García Gómez
Santander-octubre -2017

ÍNDICE GENERAL

Resumen	5
Summary	7
Palabras clave	9
1. Introducción	11
1.1. Naturaleza del trabajo.....	11
1.2. Contexto técnico.....	11
1.3. Antecedentes.....	11
1.4. Justificación.....	11
1.5. Objetivos	14
1.6. Relevancia	17
2. Memoria descriptiva	21
2.1. Planteamiento del problema.....	23
2.2. Sistema de control electrónico.....	24
2.3. Principales componentes del sistema.....	25
2.4. Control del motor.....	36
2.5. Controladores Viking 25: EFI y APP.....	37
2.5.1. Unidad APP.....	38
2.5.2. Unidad EFI.....	39
2.5.3. Unidades BCM.....	40
2.6. Sistemas de seguridades.....	42
2.7. Sistema de alarma.....	46
2.8. Redes de datos.....	48
2.9. Monitorización y alarmas.....	51
2.10. Pantalla gráfica.....	54
3. Aplicación práctica	61
3.1. Página de alarmas	61
3.2. Localización de fallos	63
3.2.1. Display de operador.....	64
3.2.2. Modo de alarmas.....	65
3.2.3. Modo display.....	65
3.2.4. Detección de rotura de hilo.....	67
3.3. Averías más comunes	69

3.3.1. Fallos de sensores.....	69
3.3.2. Fallos por temperatura.....	70
3.3.3. Fallo por comunicación.....	71
3.3.4. Fallos de indicación.....	72
3.4. Análisis y reparación de una avería.....	73
3.4.1. Fallo del EFI.....	74
3.4.2. Daños en el EFI.....	75
3.4.3. Posibles causas de la avería.....	76
3.4.4. Solución de la avería.....	76
4. Conclusiones.....	80
5. Anexos.....	86
6. Referencias Bibliografías.....	88

Resumen

En el trabajo haremos un recorrido sobre la gestión e inyección electrónica de un motor RUSTON RK 280 de 16 cilindros en V un motor de 4 tiempos diesel de “alta velocidad “de los 4 que equipa el Catamarán “Volcán de Tirajana”.

Veremos cómo se gestiona este, funcionamiento, alarmas, parámetros, planos así como las averías más comunes en el día a día sus soluciones, así como las ventajas y posibles inconvenientes de esta gestión e inyección electrónica.

Ya hace tiempo la electrónica sustituye y simplifica muchísimos mecanismos en toda nuestra vida cotidiana. Es por ello que era normal su implantación en la gestión de motores marinos también. En el campo marino lo habitual en motores de 4 tiempos es desde luego común el encontrar una gestión electrónica de del motor tanto en alarmas gestión y gobierno. Pero aun a día de hoy lo más común es que los motores de 4 tiempos sean alimentados por bombas mecánicas solidarias a una cremallera y a un regulador más o menos moderno.

La diferencia en este motor estriba pues en la ausencia física de un regulador convencional así como de la clásica cremallera solidaria de las bombas de inyección.

Este motor ha sido dotado de un sistema de regulación “Europa” (fabricante del equipamiento de control) que aúna la gestión e inyección de este motor mediante la recogida de parámetros su análisis y la orden de carga de este.

Summary

In the work we will do a tour on the management and electronic injection of a RUSTON RK 280 16-cylinder V-engine 4-stroke high-speed diesel engine of the 4 that equips the "Volcan de Tirajana" Catamaran.

We'll see how he is managed this operation, alarms, parameters, flat as well as most common faults in every day solutions, as well as the advantages and possible drawbacks of this management and electronic fuel injection.

Long electronics replaces and simplifies many mechanisms in our everyday life. Therefore, that was normal for implantation in the management of marine engines also. In the marine field 4-stroke engines typically since then common find us an electronic management of alarms both engine management and Government. But even today the more common is 4-stroke engines are fed by pumps mechanical solidarity to a zipper and a more or less modern regulator.

The difference in this engine is because the physical absence of a conventional regulator as well as classic solidarity injection pumps zipper.

This engine is equipped with a 'Europe' (the control equipment manufacturer) system that combines management and injection of this engine by using the parameters collection analysis and the load of this order.

Palabras clave

ICAN	EFI
Viking 25	MAA
BCM	ECU
HDMI	VOID
HDMI GRAFICAL	PIME
GRAVINER	POME
APP	SOME
DI	SIME

1. INTRODUCCION

1.1. NATURALEZA DEL TRABAJO

En esta memoria se hará un acercamiento a la gestión e inyección de un motor de 4 tiempos Ruston RK 280 de 7200 KW 16 cilindros en "V" en a una revoluciones máximas de 990 RPM. Es uno de los cuatro motores principales del catamarán "Volcán de Tirajana". Son motores perteneciente a la firma MAN & BW.

La idea de este trabajo es mostrar el sistema hacer una descripción del sistema de gobierno de este motor, de "Reguladores Europa" que es el artífice de la gestión del motor.

1.2. CONTEXTO TECNICO

El destinatario del presente proyecto es la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentará como Trabajo Fin de Máster para poder obtener el título de Máster en Ingeniería Marina.

1.3. ANTECEDENTES

Se trata de realizar un informe técnico mostrando la evolución de sistema tradicional en un motor a este de inyección electrónica mostrando sus elementos principales así como los pros y contras del sistema desde el punto de vista del operador y también las averías más comunes y sus soluciones.

1.4. JUSTIFICACION

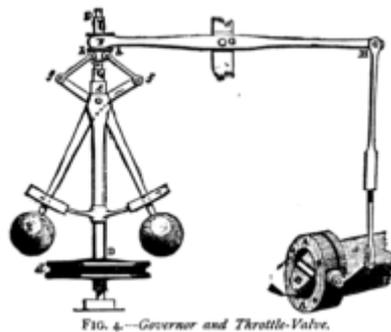
Par entender la justificación de la utilización de este sistema debemos ponernos en situación. El gobierno de la la demanda en venía siendo gobernada poer los reguladores de velocidad o reguladores centrífugos.

REGULADOR CENTRÍFUGO (Péndulo de Watt)

El regulador centrífugo es el sensor de una cadena mecánica de retroalimentación, que proporciona un parámetro que es función de la velocidad angular. Este parámetro puede ser un desplazamiento mecánico que actúe sobre una válvula de control de retroalimentación negativa que se suministra a un motor para mantener constante su velocidad.

Se compone de dos o más masas en rotación alrededor de un árbol giratorio. Como resultado de la fuerza centrífuga las masas tienden a alejarse del eje de rotación, pero al hacerlo se oponen a un sistema de resorte o a la fuerza de la gravedad a través de un sistema articulado, similar a un péndulo W.

Figura 1: Péndulo de Watt



Fuente web "Wikipedia" Regulador centrífugo

Un sistema de palanca transforma el movimiento radial de las masas en deslizamiento axial sobre un collar. Una palanca de cambios tiene esta última para transferir el mecanismo que se quiere controlar, como puede ser la válvula de paso de vapor o de combustible, o de agua en una tubería de carga.

Figura 2 : Motor de vapor Boulton y Watt, 1788.



Fuente web" Wikipedia" Regulador centrífugo

Aunque nunca se atribuyó a sí mismo la invención del regulador centrífugo, el primer sistema fue desarrollado por James Watt en 1788 a sugerencia de su socio Matthew Boulton. Era como un péndulo con dos masas suspendidas por dos brazos articulados y la última serie de innovaciones que Watt introdujo para los motores de vapor.

El regulador centrífugo se usaba para ajustar la distancia y la presión entre muelas de los molinos de viento desde el siglo XVII. Por lo tanto, hay un malentendido sobre el hecho de que James Watt fuera el inventor de este dispositivo.

Aún hoy una estatua gigante del regulador de Watt permanece erigida en Smethwick, en el condado inglés de West Midlands. Se le conoce como el flyball governor (regulador de bolas voladoras).

Otro tipo de regulador centrífugo consiste en un par de masas alrededor de un eje dentro de un cilindro, de alguna manera, parecido al diseño de un freno de tambor, las masas o el cilindro llevan un revestimiento de fricción. Este tipo de regulador se utilizó para estabilizar su velocidad de giro en el gramófono de Edison y en los tocadiscos accionados por resorte, así como en los mecanismos de marcado por disco de los teléfonos que, aunque en desuso, han llegado hasta nuestros días.

El gobierno clásico actual es por reguladores hidráulicos, fiables y sencillos unidos a una cremallera solidaria.

Foto: regulador de velocidad del PIME del Volcán de TENO



Fuente trabajo de campo

1.5. OBJETIVOS

El objeto es conocer el sistema , como funciona y para ello debemos conocer a cada uno de los elementos implicados así como sus funciones.

Conociendo por un lado el gobierno electrónico del motor a través de cada una de sus unidades, como gestionan electrónicamente la demanda sustituyendo el regulados convencional y como las bombas sin la cremallera habitual gestionan esa demanda de forma independiente y sin la habitual y solidaria barra de cremallera. Haremos también un recorrido por todos los elementos que componen el sistema de propulsión del buque.

1.5.1. DEFINICIONES

- **PIME, POME, SIME, SOME:** Es la abreviatura de de cada uno de los motores obvedeciendo a su posición en el buque. Si bien esta a babor, estribor o sie es el motor interior o exterior. Port, Stambort, Inner u Outer.

- **CONTROLADORES VIKING HMI 25:** Se trata de una familia de controladores basados en microprocesador válidos para múltiples aplicaciones, como regulación de velocidad y carga de motores, sistema de monitorización y alarmas, interface con otros sistemas, etc Su diferencia en el motor estriba en su configuración y su programa, EFI, APP, MAA o DI

Imagen: ECU controladores APP y DI



Fuente: Trabajo de campo

- **ICAN. Módulo:** panel de control y monitorización integrada (Integrated Control And Monitoring) situado sobre el enfriador de aceite contiene dos de las tarjetas Viking 25 , la APP y la EFI así como las dos BCM y las tarjetas convertidoras de señal RTD y las correspondientes entradas y salidas SKT.

Imagen: ICAN del PIME



Fuente: trabajo de campo

- **APP:** controlador de Aplicación (Application Controller) es una de las tarjetas programables Viking 25 está situada en la ECU el cuadro adjunto al motor.
- **DI:** módulo de interface de datos (Data Interface). Proporciona comunicaciones con el sistema de control del barco (Servowatch) y recoge datos externos a los motores. Está ubicado dentro de la ECU.
- **EFI:** es una de las tarjetas programables Viking 25. Controlador de inyección electrónica (Electronic Fuel Injection), montado dentro del ICAM es el EFI, que está alojado en el ICAM y que es el controlador maestro para la inyección del combustible. Este posee las siguientes funciones básicas.
 - Indicación de controlador OK (Healthy) mediante una salida digital
 - Enlace CAN bus usando protocolo TriCAN con los controladores de Monitorización y Alarmas (MAA) y el Interface de Datos (DI)
 - Enlace serie RS 485 usando protocolo IVC con el EFI
 - Soporta el display HMI de la ECU
 - Control de arranque con prelubricación
 - Control de velocidad

- Control de bombas AVLOS
- Control del bypass de la turbo
- Indicación de sobrecarga del motor
- Medida de velocidad de la turbo
- Dos salidas analógicas de velocidad del motor
- Salida analógica de “Fuelling rate” (tasa de inyección). Es lo que equivaldría en un motor normal a la posición de cremallera

Imagen: EFI del POME



Fuente trabajo de campo

- **BCM:** Unidad de mando que gestiona la inyección de las bombas, el momento de la inyección así como la cantidad de combustible en función de la señal recibida por la EFI.

Imagen: unidad BCM PIME banco A



Fuente: trabajo de campo

- **MAA:** módulo de monitorización y alarmas (Monitoring And Alarm), es una de las tarjetas programables Viking ,montado dentro del ICAM Se encarga de leer y monitorizar los parámetros del motor y dar, si procede señal de alarma.
- **HMI:** interface hombre-máquina. Pantalla de texto o gráfica que se comunica con un dispositivo inteligente (con alguno de los controladores Viking) En este caso disponemos de ambos. El HDMI operador que permite ver parámetros de las tarjetas EFI, APP o MAA. Y el HDMI Grafico una pantalla táctil que permite la visualización de los parámetros del motor.

Imagen: HDMI Operador SIME



Fuente trabajo de campo

Imagen: HDMI Grafico PIME



Fuente trabajo de campo

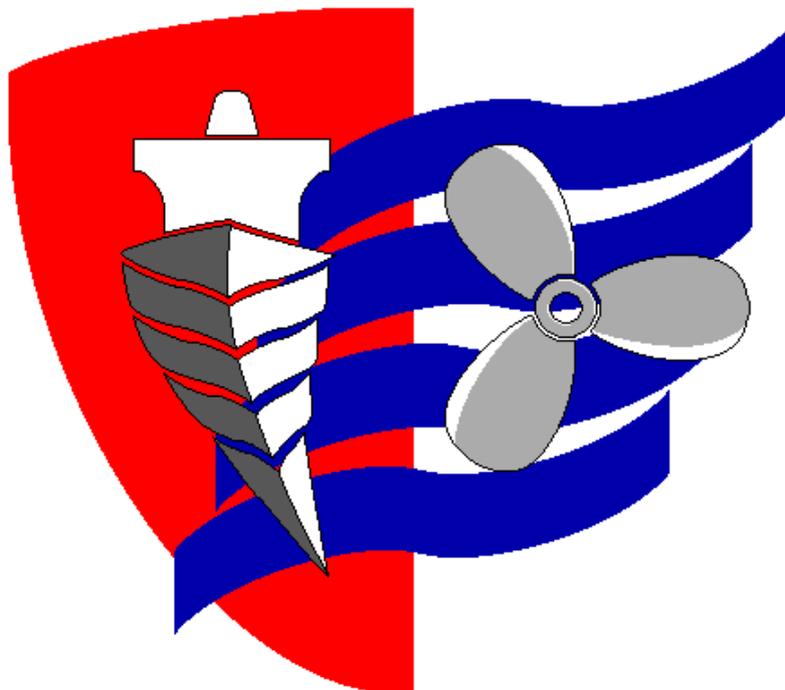
- **MCC:** centro de control de motores (Motor Control Centre).
- **SCS:** sistema de control del buque (Ships Control Siystem). En nuestro caso está implementado en LIPS.
- **CoCoS-EDS:** sistema de monitorización y supervisión basado en computador (Computer Controlled Surveillance – Engine Diagnostic System), que comunica con las ECUs de los 4 motores y es independiente del SCS. En nuestro caso esto es el sistema de monitorización de Servowatch. aunque en algún plano se nombra a esta tarjeta, la “CoCoS” no existe como tal.
- **CANBUS:** red de campo de área de control (Controller Area Network) para comunicaciones a alta velocidad.
- **MODBUS:** protocolo standard de comunicaciones suministrado por MODICON.
 - **RS232:** línea de comunicaciones serie punto a punto standard.
 - **RS485:** línea de comunicaciones serie multipunto standard.

1.6. RELEVANCIA

REGULATEURS EUROPA es uno de los líderes mundiales en el suministro de soluciones de control y monitoreo. Desde los reguladores mecánicos y electrónicos hasta los sistemas de vigilancia y control llave en mano para aplicaciones marinas, de tracción, industriales y offshore. 60 años de experiencia en el desarrollo de filosofías de control y monitoreo para los principales motores es evidente en los productos y servicios suministrados a los constructores de motores, empresas de servicios públicos y operadores de buques, además de muchos otros usuarios en todo el mundo.

Los reguladores Viking 25 son sistemas digitales programables de gestión gobierno e inyección de motores diesel. A través de conexiones digitales intercomunicadas. Ofrecen soluciones cómodas de gobierno simplificando componentes mecánicos.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAÚTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Memoria descriptiva

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1. GENERALIDADES

El equipamiento suministrado por Reguladores Europa está diseñado para controlar y monitorizar un motor MAN B&W RK280. El suministro consta de los siguientes elementos:

- Un panel de distribución de alimentaciones: es un panel montado en sala de máquinas. Se conecta mediante conectores multihilo a la ECU, al detector de niebla en el cárter y al ICAM. Dispone de bloques de terminales para la conexión del cableado del barco
- Una unidad de control electrónico de motor (ECU): es un panel montado sobre el mamparo en sala de máquinas, que dispone de 3 compartimentos. Contiene el controlador de Aplicación, el controlador DI, los módulos de seguridades correspondientes a disparos (shutdowns) y reducciones de velocidad (slowdowns), la distribución interna de las alimentaciones, el detector de sobrevelocidad (speed switch) y las conexiones externas. El acceso a los componentes del armario se hace mediante las dos puertas frontales y mediante un panel inferior abatible. Hay dispositivos para interface con el operador en ambas puertas. Mediante conectores multihilos se hacen las conexiones con el panel de alimentaciones, el detector de niebla en el cárter y el panel ICAM montado sobre el motor. Dispone de bloques de terminales para la conexión del cableado del barco.
- Un panel ICAM para control y monitorización integrados, montado sobre el propio motor sobre el enfriador de aceite. Contiene una serie de módulos acondicionadores de señales, un controlador de inyección EFI y un controlador de Monitorización y Alarmas (MAA). El acceso a los componentes internos se hace mediante dos tapas desmontables. Montado sobre el exterior del ICAM hay dos módulos controladores de bancos (BCMs) y dos puertos de comunicaciones dispuestos para conectar un terminal de mano Viking HMI. Mediante conectores multihilo

se proporciona conexión hacia la ECU, el panel de alimentaciones y hacia los raíles de sensores en el motor.

- Un raíl de señales de banco A y otro del banco B, montados sobre el motor
- Un raíl para EFI de banco A y otro de banco B, montado sobre el motor
- Un rail de sensores de temperaturas de cojinetes (dos secciones) montado sobre el motor
- Un rail de interface en el extremo del volante de inercia montado sobre el motor
- Un conjunto de cables multihilos y de cables de dispositivos para la interconexión de los distintos raíles y paneles

2.2. EL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO

Este sistema controla el motor, y se basa en los siguientes conceptos:

- Desarrolla funciones de monitorización y de control de forma, independiente, pero basándose en el mismo hardware
- Manejo y operación del motor y control de la inyección electrónica
- Unidades inteligentes de activación de solenoides inteligentes (BCMs)
- Adquisición y acondicionamiento de las señales de todos los sensores del motor
- Interface de comunicaciones serie entre las principales unidades funcionales
- Sistemas de seguridades en lógica cableada (hard-wired)
- Interface de datos a los sistemas de monitorización del buque
- Todo el cableado del motor desarrollado mediante raíles de conexión. Los sensores y las solenoides se conectan mediante cables cortos y enchufes
- Cableado externo al motor mediante cables multihilos
-

2.3. HERRAMIENTAS DE RESOLUCION

El sistema está compuesto por varios elementos, los cuales se pueden dividir de varias formas. Estos elementos son:

- Un panel ICAM (Integrated Control and Monitoring Unit).

Que es un panel que va montado sobre el enfriador de aceite del motor. En él se contienen los principales equipos de control y de monitorización, el EFI que es el controlador de la inyección electrónica y el MAA que es el encargado de la monitorización y alarmas del motor. Externo al ICAM están también los BCMs (controladores de las solenoides de las bomba de inyección) este panel tiene un único compartimento. Dispone de dos tapas en la parte superior que se pueden levantar para acceder a su interior. Hay conectores de múltiples pines para las conexiones con la ECU y con el panel de alimentaciones (bien directamente o a través del raíl del extremo libre del motor) y con los raíles de sensores del motor. Las principales funciones del panel son constituir un punto central en el motor para interconectar los raíles de sensores del motor, acondicionar las señales de monitorización para el controlador MAA, alojar los controles de la inyección (el controlador de inyección, EFI, y los controladores de los dos bancos, BCMs) y servir de interface entre el motor y el panel ECU.

Imagen: detalle tarjetas MAA y acondicionadores de señal de ICAN PIME



Fuente: trabajo de campo

Estos elementos se pueden dividir en externos a las placas y en internos a esta.

Equipos externos:

- Hay dos BCMs. Estos controlan las solenoides de las bombas de combustible de los distintos cilindros y también proporcionan una regulación de velocidad de backup para caso de emergencia.
- Dos puertos de comunicaciones RS232 para diagnósticos

Equipos internos:

- Controlador EFI. Se encarga de las siguientes funciones:
 - Monitoriza los pickups del motor y controla a los BCMs
 - Monitoriza la presión de aire de carga para imponer limitaciones de combustible
 - Controla la secuencia de arranque: Dicha secuencia la inicia el controlador de Aplicación
 - Control digital de velocidad (conmutadores subir/bajar cableados)
 - Control analógico de velocidad (recibe la consigna desde el controlador de Aplicación)
 - Control de la secuencia de parada
 - Mapa de inyección: cantidad de combustible e inicio de la inyección.
 - Enlace de comunicaciones serie CANBUS a los BCMs (para control)
 - Enlace de comunicaciones serie RS485 al controlador de Aplicación (para control)
 - Enlace de comunicaciones serie RS232 al módulo de conmutación conmutador automática de comunicaciones serie (serial auto-switch module) (display)

- Controlador MAA con las siguientes funciones:
 - Monitorización de sensores del motor (temperaturas, presiones, niveles, etc.)

- Dispara alarmas
 - Proporciona salidas hacia la ECU para reducción de velocidad generada por el MAA, unidad OK (healthy), alarma activa y alarma audible
 - Recibe entradas para aceptar, resetear y habilitar las alarmas
 - Enlace de comunicaciones serie CANBUS a los controladores de Aplicación y DI (para monitorización)
 - Enlace de comunicaciones serie RS485 al controlador de Aplicación (para control)
 - Enlace de comunicaciones serie RS232 al módulo de conmutación automática de comunicaciones serie (serial auto-switch module) (para display)
- Módulos de interface analógicos:
 - Dos módulos de 16 canales cada uno para acondicionamiento de señales para el MAA. Incluye señales de termopares, 4-20 mA o entradas digitales.
 - Dos módulos de 16 canales cada uno para acondicionamiento de señales para el MAA. Incluye señales de Pt-100 (RTDs) y entradas de 4-20 mA.
 - Módulo de conmutación automática de comunicaciones serie
 - Proporciona conmutación de las señales de las líneas serie RS232 del MAA a la ECU o a los dos puertos de diagnósticos del panel ICAM. También ordena al MAA que cambie de protocolo si está conectado el display gráfico en la ECU
 - Módulo de alimentación y configuración
 - Proporciona una alimentación regulada en tensión para sensores específicos sobre el motor, además de la selección del número de cilindros y el sentido de rotación del motor.

Imagen: ICAN PIME



Fuente Trabajo de campo

- Un panel de control del motor (ECU).

Este panel tiene 3 compartimentos. Sobre la puerta izquierda hay una unidad de interface de operador Viking 25 que consta de un teclado de membrana con un display con 4 líneas de texto, un indicador de rpm, indicadores de estados y pulsadores. En la puerta derecha hay un display gráfico con pantalla táctil, indicadores de estados y pulsadores. También hay una tapa inferior.

Las conexiones con el panel de alimentaciones, los detectores de niebla en el cárter y el panel ICAM, se hacen mediante conectores de múltiples pines. Además hay terminales para la conexión al cableado del barco.

El panel constituye el punto central del sistema de control. Permite al operador controlar localmente el motor, mediante los controles existentes en el panel o remotamente mediante los sistemas de control del barco (LIPS).

La pantalla y teclado Viking de la puerta izquierda permite al operador interrogar a los controladores EFI, de Aplicación ó MAA y ver fallos, mostrar informaciones de estados y modificar parámetros de los sistemas.

La pantalla táctil de la puerta derecha permite al operador visualizar las alarmas actuales, información de estados y datos de canales, procedentes del sistema MAA.

Internamente dentro del armario están dispuestos los controladores de Aplicación y el controlador DI, así como el detector de sobrevelocidad, los módulos de acondicionamiento de señales y de slowdown y shutdown y relés de interface y terminales. Contiene los siguientes módulos:

- Módulos de seguridades para shutdown y slowdown
- Módulo detector electrónico de velocidad para protección de sobrevelocidad
- Controlador de Aplicación Viking 25
- Controlador de Interface de Datos Viking 25
- Pantalla gráfica táctil para mostrar valores, estados y alarmas
- Unidad de interface con pantalla y teclado Viking HMI
- Lámparas, pulsadores, relés, fusibles y tarjetas de entradas y salidas.
 - Equipo montado sobre el panel en puerta izquierda.
 - **Viking HMI:** display de 4 líneas de 20 caracteres cada una, con teclado de membrana con 12 teclas. Tiene enlace de comunicaciones serie con el controlador digital Viking 25 que se haya seleccionado. Permite mostrar fallos y modificar variables de programas.
 - **Indicador de rpm:** 0-1200 rpm
 - **Puertos serie Viking Vision** de los controladores de Aplicación y EFI
 - **Indicadores:** MAA CONTROLLER HEALTHY (blanco), DI CONTROLLER HEALTHY (blanco), EFI CONTROLLER HEALTHY (blanco) y APPLICATION CONTROLLER HEALTHY (blanco).
 - **Pulsadores:** CONTROL SYSTEM RESET (ámbar, con luz) y HMI RESET (Negro)

- Equipamiento interno Compartimento izquierdo
- **Controlador de Aplicación (AC) Viking 25** que se encarga de las siguientes funciones: Habilita las seguridades del motor y salidas de niveles de velocidad, Demanda de velocidad de motor como entrada 4-20 mA para el controlador EFI, Enclavamiento para el embrague, Enclavamientos para el arranque de motor, Demanda de arranque para el controlador EFI, Control de válvula de bypass de la turbo, Control de la bomba del módulo de combustible, Salidas analógicas de rpm del motor (4-20 mA), Salida de valor de combustible/carga (4-20 mA) (equivaldría a una posición de cremallera en un motor convencional), Enlace de comunicaciones serie CANBUS con los controladores DI y MAA (para monitorización local), Enlace de comunicaciones serie RS485 con el controlador EFI (para control) y Enlace de comunicaciones serie RS232 con el módulo conmutador serie (serialchangeover module) (para el display).
- **Controlador Viking 25 de interface digital (DI)** con las siguientes funciones: Monitoriza el módulo de control de combustible para el controlador MAA, Monitoriza los sensores de nivel de tanque para el controlador MAA, Monitoriza la presión de agua salada para el controlador MAA, Monitoriza los sensores de la reductora para el MAA, Monitoriza el estado del panel de alimentaciones para el MAA, Monitoriza el estado de los módulos de reducción de máquina y disparos de motor para el MAA, Monitoriza el estado del controlador EFI y del controlador de Aplicación para el MAA, Enlace de comunicaciones serie CANBUS con los controladores de Aplicación y el MAA (monitorización local) y Enlace de comunicaciones serie RS485 con el sistema de monitorización del buque (SIMS) (monitorización remota)
- **Módulos de interface analógicos:** Sirven para acondicionar señales analógicas para los controladores Viking 25 de Aplicación y DI
- **Módulo conmutador de comunicaciones serie (serial changeover):** Proporciona un puerto de diagnósticos CAN y una

conmutación de las señales de los enlaces de comunicaciones serie de los controladores EFI, MAA y de Aplicación con la pantalla gráfica de operador o el display de texto (HMI) de Viking montados sobre la puerta del armario. También indica al MAA que hace falta el protocolo Modbus para las comunicaciones con el HMI gráfico.

- **Selector de protocolo Viking Vision** para el puerto 1 del controlador DI

Imagen: Compartimento lado Izq. ECU PIME



Fuente: trabajo de campo

- Puerta lado derecho
- **OPERATOR DISPLAY APP/EFI/MAA:** Display gráfico con pantalla táctil para mostrar los valores de los sensores y la indicación de los estados de alarmas. El display está siempre disponible pero las comunicaciones con él se desactivan si se selecciona el display de texto de Viking como el panel local alternativo.

- **Indicadores:** REMOTE CONTROL (control remoto blanco), REMOTE CONTROL NOT ACCEPTED (control remoto no aceptado amarillo), BACK-UP MODE (modo backup amarillo), ENGINE RUNNING (motor en marcha verde) y MAA FAULT (fallo de MAA amarillo)
- **Pulsadores:** EMERGENCY STOP (parada de emergencia girar para liberarlo), START ENGINE (arrancar motor local verde), STOP ENGINE (parar motor local rojo), PROTECTION RESET (reseteo de las seguridades rojo con luz), TEST LAMPS (test de lámparas Amarillo) y ALARM MUTE (silenciar alarma blanco)
- **Selectores:** LOCAL/REMOTE (estación de control local/remota), LOWER/N/RAISE (bajar/subir velocidad del motor) y MANUAL ALARM COMMISSION (habilitar manualmente las alarmas)
- **Instrumentos:** Contador de horas de funcionamiento

Imagen: 12 ECU puerta dcha. PIME

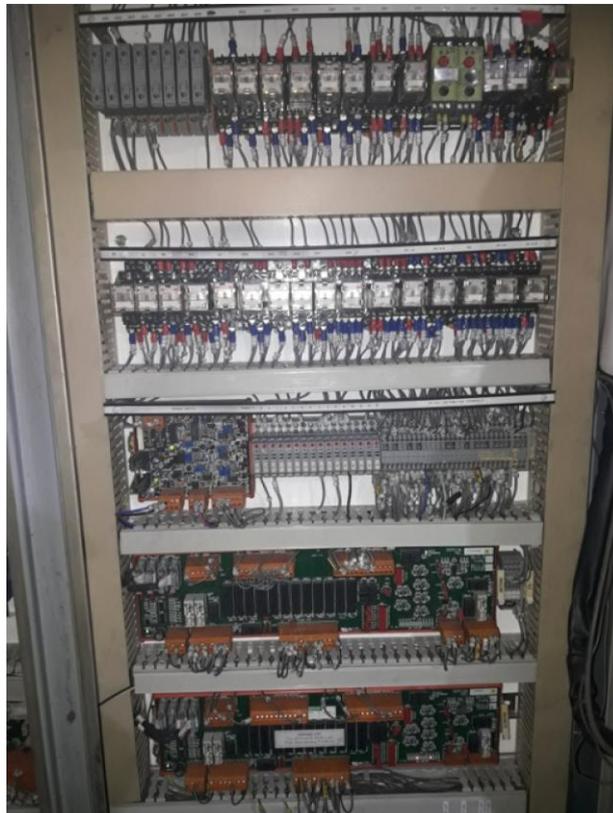


Fuente: trabajo de campo

- Compartimento lado derecho
- **Módulo de seguridades de disparos (Shutdown Module):** Dispone de 9 canales como máximo, Se puede seleccionar detección de rotura de hilo para cada uno de los canales, Los contactos son del

tipo “cierre ante fallo”, Contacto para indicación común de seguridad actuada en el panel, Interface multiplexor para monitorización en MAA de disparos individuales y módulo OK (module healthy), Detección de fallo de detección de velocidad de reserva (motor en marcha y detección de nivel de velocidad de 50 rpm), activo sólo cuando el controlador de Aplicación está OK, Nivel de 50 rpm repetido al controlador de Aplicación para detectar fallo en modo de operación normal, Dispone de varios canales (Pulsador de parada de emergencia actuada ECU ó SCS, Pulsador de parada de emergencia en el motor, Baja presión de aceite para baja velocidad, Baja presión de aceite para alta velocidad, Sobrevelocidad, Alta temperatura de cojinetes si no está seleccionado como slowdown en el MAA, Disparo por 2 de 4 slowdowns y Alta temperatura de agua HT si no se ha seleccionado slowdown)

Imagen: Compartimento lado derecho ECU PIME



Fuente: trabajo de campo

- Un panel de alimentaciones que contiene toda la distribución de las alimentaciones a los distintos equipos.
- Detector de niebla en el cárter “Graviner” El panel del detector de niebla consta de un teclado, una pantalla y un módulo de terminación. Monitoriza los sensores montados en el motor (uno por cada crank space) y puede disparar una alarma (fallo de sensor o de comunicaciones) o un slowdown (alto nivel de niebla detectado).

Imagen: Equipo detector de niebla Graviner POME



Fuente: trabajo de campo

- Raíles de cableado

Todo el cableado del motor está encapsulado dentro de raíles de acero o está prefabricado en forma de cables con conexiones que se puedan enchufar.

Un conjunto de 3 raíles pasa por cada lado del motor. Hay un raíl para cables de control, un raíl para alimentaciones y señales para energizar las solenoides y un raíl que contiene los tubos de distribución del sistema AVLOS.

Un raíl en una o dos partes que pasa por debajo del motor para recoger todas las señales de los sensores de temperatura de los cojinetes principales.

Un raíl en el extremo del motor correspondiente al volante de inercia. Este raíl actúa como punto de conexión para muchos de los sensores del motor y como punto de terminación de los cables procedentes de la ECU.

Imagen: cableado ICAN SIME



Fuente: trabajo de campo

➤ Pickups (perception heads)

Hay dos pickups de tipo pasivo que detectan el paso de los dientes del volante de inercia y que los usa el controlador EFI para el cálculo de la velocidad del motor. Uno de ellos actúa como master y el otro como reserva con vistas a mejorar la fiabilidad del sistema (redundancia).

Hay dos pickups de tipo activo que vigilan una serie de 60 agujeros existentes en el volante de inercia, uno de los cuales uno está cegado. Sirven para detectar la posición del cigüeñal para que el control de la inyección ajuste el control del timing, es decir el control del instante donde debe empezar la inyección para cada cilindro. El agujero que falta actúa como un punto cero de referencia. Estos pickups están conectados cada uno de ellos a los dos BCMs.

Hay dos pequeños pickups que miran a una marca en el eje de camones para detectar el ciclo de encendido para el motor de cuatro tiempos (sólo para el arranque). De nuevo actúan como master y como reserva. Estos pickups están conectados cada uno de ellos a los dos BCMs.

Hay un pickup simple que se emplea para obtener una protección independiente de sobrevelocidad. Este pickup está monitorizado por el módulo de detección de velocidad presente en la ECU (speed switch).

Puede haber también pickups externos al motor dispuestos sobre el eje para medir la velocidad de éste. Estos pickups los emplea LIPS, no el control de los motores.

2.4. CONTROL DEL MOTOR

El motor RK280 dispone de un sistema de *inyección electrónica*. El sistema se conoce como Unit Pump System. Con este sistema se puede controlar tanto la cantidad de combustible inyectado como el punto inicial de la inyección. En un motor regulado de forma convencional sólo se puede controlar la cantidad de combustible, mientras que el tiempo de inyección está fijado por la mecánica del motor (las levas).

Mediante el ajuste del inicio de la inyección (timing) es posible optimizar la inyección de combustible para diferentes condiciones de funcionamiento. Esto afectará tanto a los consumos como a las emisiones.

En un motor convencional la cantidad de combustible se controla mediante un governor mecánico montado sobre el propio motor que se encarga de mover las cremalleras de combustible. También se puede emplear un regulador electrónico que da señales a un actuador con un mecanismo de posicionamiento electrohidráulico, que es el que se encarga de mover las cremalleras de combustible. En cualquiera de estos casos el inicio de la inyección viene dictado por el perfil del eje de camones. El final de la inyección sí está controlado por el governor que mueve las cremalleras y varía con ello la posición de un puerto helicoidal en las bombas de combustible.

Con el sistema montado en el RK280, las bombas de combustible operan sobre un gran rango angular pero la inyección sólo se produce cuando se energiza una solenoide en la bomba para evitar el drenaje. Análogamente la inyección concluye cuando al solenoide se desenergiza y se permite drenar el combustible de nuevo. El control y la operación de la válvula es muy crítico.

Imagen: Bomba de inyección y conector SOME



Fuente: trabajo de campo

El inicio de la inyección está mapeado dentro del software del controlador y es una función de la velocidad y de la carga del motor en cada momento. Este mapa de inyección se ha obtenido como fruto de múltiples tests del motor. Por este motivo está codificado de forma que no se cambie. En todo caso se puede ajustar ligeramente el inicio de la inyección, pero no el mapa de inyección. Esto es importante, ya que las emisiones del motor están certificadas para el mapeado definido de fábrica. Pequeños cambios en el mapeado pueden no causar diferencias significativas en el funcionamiento del motor pero podrían cambiar dramáticamente la emisión de gases de escapes.

2.5. CONTROLADORES VIKING 25: EFI Y APP

El sistema de control incluye dos unidades de control Viking 25. El Viking 25 es un controlador electrónico digital basado en una sola placa. Se puede programar para desarrollar una gran variedad de funciones. En nuestro caso

disponemos de 4 unidades por motor, cada una de las cuales desarrolla una función distinta. De las 4 unidades sólo dos realizan funciones de control.

2.5.1. Unidad APP es la unidad de control situada en la ECU

Imagen: unida APP SIME



Fuente: trabajo de campo

Funciones básicas:

- Indicación de controlador OK (Healthy) mediante una salida digital.
- Enlace CAN bus usando protocolo TriCAN con los controladores de Monitorización y Alarmas (MAA) y el Interface de Datos (DI).
- Enlace serie RS 485 usando protocolo IVC con el EFI.
- Soporta el display HMI de la ECU.
- Control de arranque con prelubricación.
- Control de velocidad.
- Control de bombas AVLOS.
- Control del bypass de la turbo.

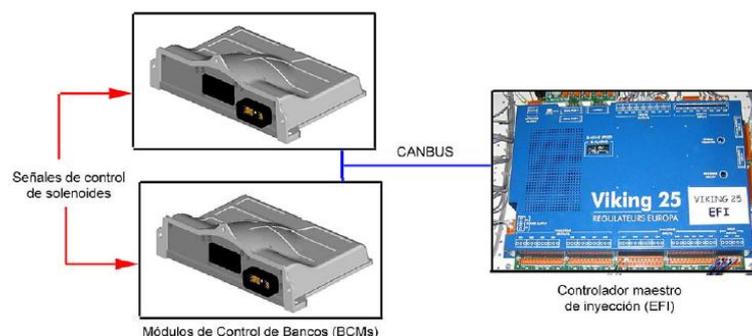
- Indicación de sobrecarga del motor
- Medida de velocidad de la turbo
- Dos salidas analógicas de velocidad del motor
- Salida analógica de “Fuelling rate” (tasa de inyección). Es lo que equivaldría en un motor normal a la posición de cremallera.

2.5.2. Unidad EFI

Una unidad es el EFI, que está alojado en el ICAM y que es el controlador maestro para la inyección del combustible. La segunda unidad es el controlador de aplicación que está alojado dentro de la ECU. Este se encarga de una serie de controles misceláneos relacionados con el motor, como por ejemplo la prelubricación y de recoger datos que proceden de fuentes externas al motor.

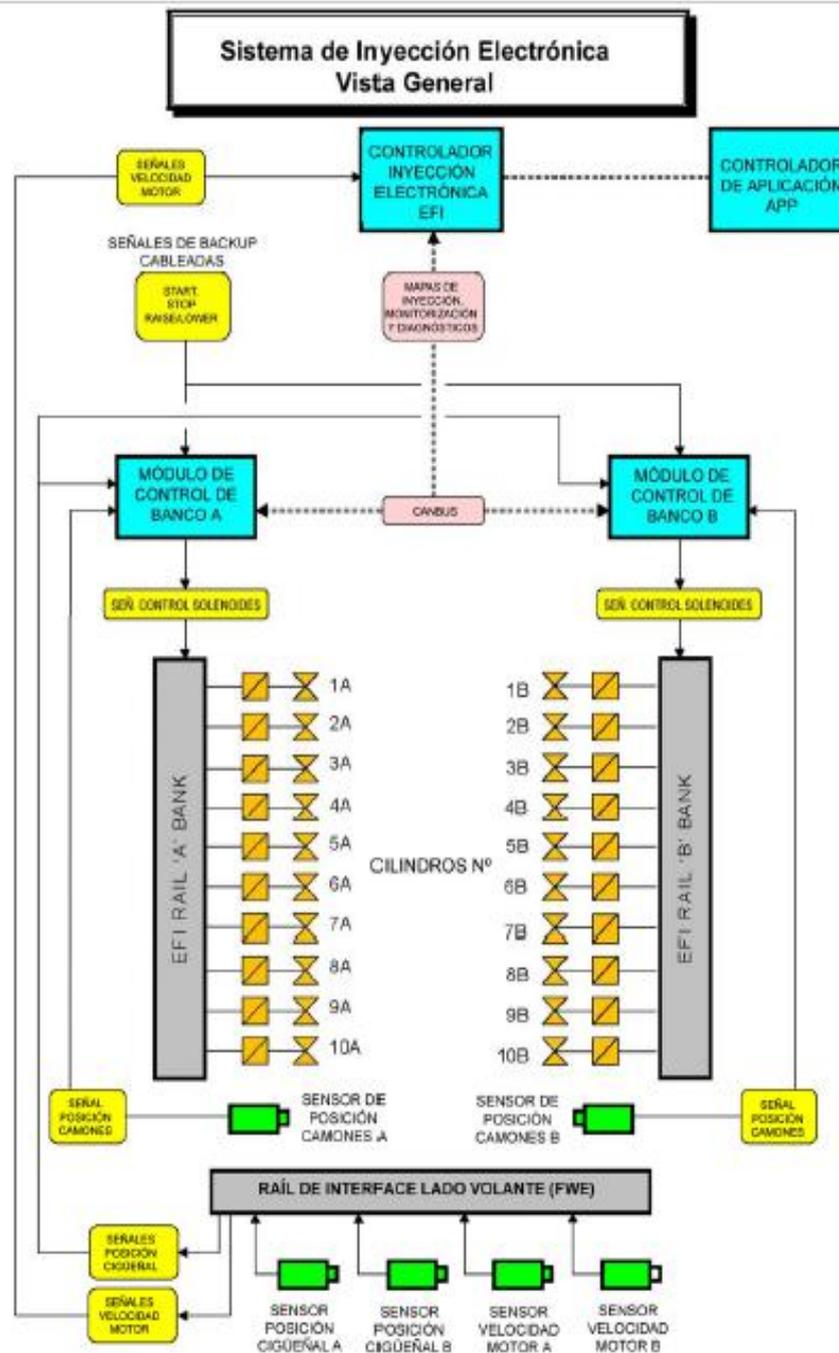
El controlador maestro de la inyección se comporta como si se tratara de una instalación convencional con governor electrónico. Su función es controlar el funcionamiento del motor y controlar su velocidad. La principal diferencia respecto a un controlador de un motor convencional es que además de controlar la velocidad también controla el timing de la inyección. La otra diferencia es que en lugar de un actuador y una cremallera de combustible, el EFI interactúa con el motor mediante dos unidades inteligentes que actúan sobre los solenoides de las bombas.

Imagen: esquema de control



Fuente: manual Regulators Europe

Imagen: ESQUEMA GRAL. DE INYECCION



Fuente: manual Regulators Europe

2.5.3. Unidades BCM

Estas unidades se llaman BCMs (Bank Control Modules). Cada uno de ellos actúa sobre 8 solenoides de bombas de inyección. Hay una unidad destinada para cada banco el "A" y "B" del motor. Puesto que es necesario intercambiar una gran cantidad de información entre los BCMs y el EFI, el sistema utiliza un bus de comunicaciones de tipo CAN (Controller Area Network).

Imagen: unidad BCM PIME banco A**Fuente: trabajo de campo**

Un motor con inyección electrónica no puede operar si hay pérdida de alimentación eléctrica o hay fallo del control. Con un motor convencional un governor electrónico se puede soportar en caso de fallo mediante un regulador de bolas de emergencia o reserva. Este tipo de reserva mecánico no se puede implementar en el caso de la inyección electrónica, por lo que hay que buscar otros medios para aumentar la seguridad del funcionamiento del motor.

En el motor RK280, los modos de fallo del control están diseñados para obtener la máxima disponibilidad posible sin falta de utilizar controladores redundantes. El diagrama siguiente muestra como los BCMs pueden proporcionar una regulación básica en caso de que falle el controlador maestro.

Imagen: detalle de la indicción de una unidad BCM



Fuente: trabajo de campo

Cuando falla un BCM, también se le puede cambiar por uno de respeto, manteniendo el motor en marcha sobre un solo banco a baja velocidad y baja carga. En este caso se hace un cambio en caliente del BCM averiado y no es necesario realizar sobre él ningún tipo de ajuste, ya que el nuevo BCM detecta (mediante ciertas entradas) el tipo de motor y el banco que debe de controlar. Esto lo hace mediante señales codificadas procedentes de una tarjeta especial presente en el ICAM.

2.6. SISTEMA DE SEGURIDADES

Las funciones referidas a las seguridades del motor, disparos y reducciones de velocidad, son totalmente independientes de las funciones de control y de monitorización del motor, si bien el estado del sistema de seguridades se envía también al sistema de alarmas.

Dentro de la ECU hay montados dos módulos que se encargan de las funciones de seguridades del motor. Uno se encarga de las reducciones de velocidad (slowdowns) mientras que el otro vigila los disparos (shutdowns). Con algunas excepciones que se verán en la descripción funcional del sistema, las funciones de seguridad trabajan basándose en detectores de tipo todo-nada (presostatos, termostatos, detectores de nivel, etc) y operan sobre relés. Esto

minimiza el riesgo de un fallo de modo común, es decir de aquellos fallos que afectan a la vez a más de una función.

Imagen: Transmisores de presión y presotatos todo/ nada de aceite POME

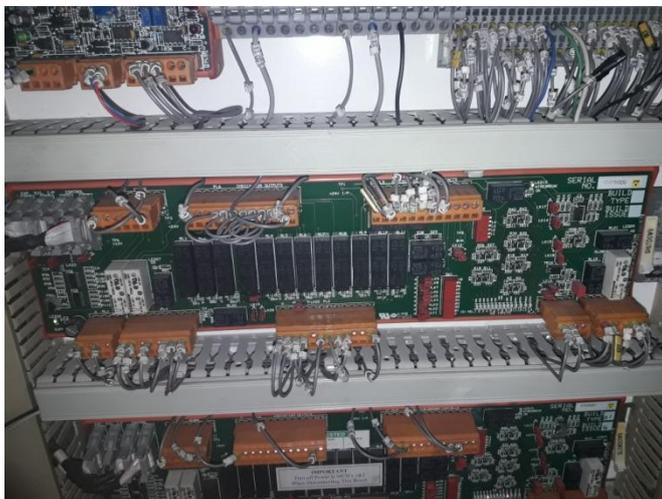


Fuente: trabajo de campo

Los disparos y slowdowns no se deben de producir por problemas no críticos, como puede ser la rotura de hilo de un sensor. Por este motivo los detectores empelados para las seguridades están configurados para cerrar ante fallo a diferencia de los detectores empleados para las alarmas, los cuales normalmente abren ante fallos.

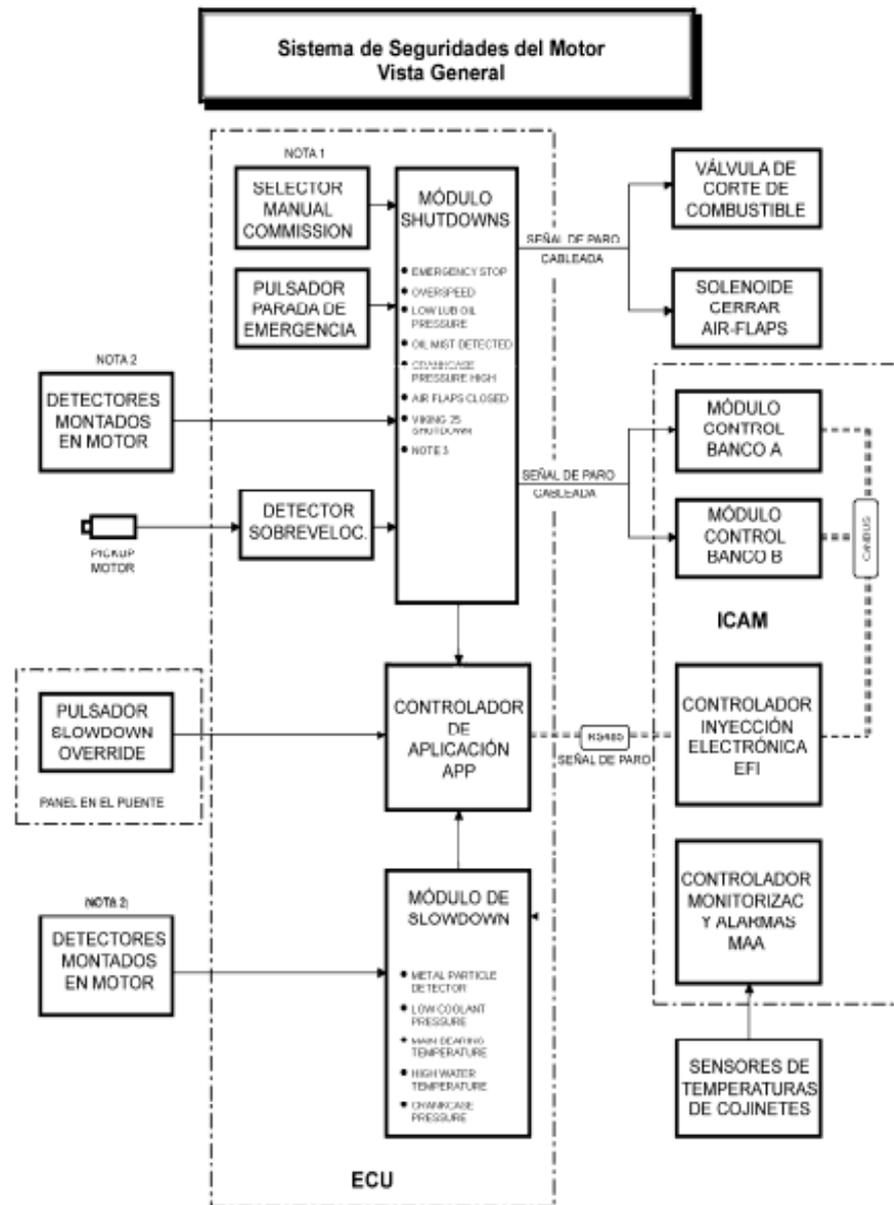
Para evitar la posibilidad de que una seguridad no opere en caso de emergencia por tener una rotura de cable, los detectores empleados tiene detección de rotura de hilo.

Imagen: Detalle tarjeta Slowdowns y Shutdown ECU PIME



Fuente: trabajo de campo

Imagen: Esquema de seguridades del motor



NOTA 1: SELECTOR PARA HABILITACIÓN MANUAL DE LAS PROTECCIONES PARA PODER NAVEGAR EN MDO BACKUP (MANUAL / LOCAL)
 NOTA 2: TODO LOS SENSORES DE CAMPO DEBEN DE TENER DETECCIÓN DE ROTURA DE HILO
 NOTA 3: DISPARO POR 2 DE 4 ENTRE PRESIÓN SELLOS CAMONES, NIEBLA EN CARTER, PARTÍCULAS DE METAL Y PRESIÓN EN CÁRTER

Fuente: manual Regulators Europe

2.7. SISTEMA DE ALARMA

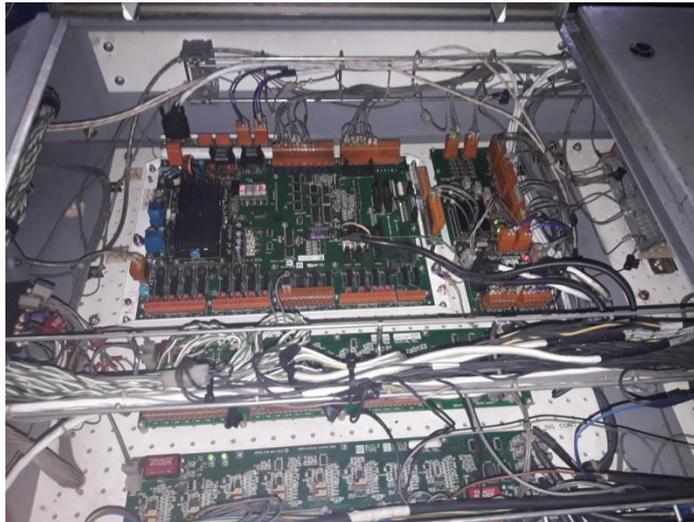
El sistema de alarma del RK280 es parte integral del motor. Los valores medidos mediante transductores o captados mediante detectores (todo-nada) para señalar condiciones de alarmas se manejan en el propio motor en vez de enviarlas a un sistema de monitorización externo. Esto tiene la ventaja de suministrar el motor ya totalmente chequeado en un estado en el que el astillero lo puede instalar con el mínimo posible de cableado externo.

Los tipos de señales que se manejan son básicamente:

- Para altas temperaturas, tales como las de los escapes, se emplean termopares de tipo K
- Para temperaturas más bajas, como temperatura de agua o de cojinetes se emplean Pt.-100
- Las presiones, niveles y caudales normalmente se miden con transmisores con señal de salida en el rango de 4-20 mA

Las señales de medida tomadas del motor tienen que acondicionarse, es decir convertirse en un formato standard, tal que el sistema pueda entenderlas y a continuación debe de ser escaladas en el sistema para poder representarlas en unidades de ingeniería.

El sistema de alarmas, que está alojado dentro del ICAM consta de 4 placas acondicionadoras de señales y un controlador MAA Viking 25 con entradas multiplexadas. El multiplexado permite al Viking 25 MAA explorar un gran número de canales de entrada que tiene que ser preprocesados por las tarjetas de acondicionamiento de señales. El tiempo de exploración (scan time) para este proceso es de 1 seg para todos los canales,, lo cual resulta suficientemente rápido.

Imagen: tarjeta MAA, acondicionadora de señal ICAN PIME**Fuente trabajo de campo**

El MAA tiene utilidades para poder mostrar cada parámetro en unidades de ingeniería y para tener ajustes de alarmas por alto, por bajo, por desviación respecto a la media y por velocidad de cambio. El tipo de alarma elegido dependerá de la variable medida. Algunas alarmas sólo están habilitadas (commissioned) cuando el motor está en marcha para evitar que se disparen alarmas absurdas, como alarmas de baja presión a motor parado. Una detección de velocidad independiente en la ECU proporciona esta referencia de motor en marcha para la habilitación de las alarmas.

Las alarmas y la información de estados generados dentro del ICAM se combinan con datos procedentes del controlador de aplicación y se transmiten mediante un bus CAN a un controlador de interface de datos Viking 25 (el DI), ubicado en el ECU. Estos datos se ponen a disposición del sistema de monitorización y supervisión general del barco. Para ello el DI dispone de dos enlaces de comunicaciones serie con protocolo MODBUS.

Imagen: relación de alarmas POME en HDMI Grafica



Fuente: Trabajo de campo

Mediante una línea de comunicaciones independiente de tipo RS232, la información de alarmas y de estados se muestra sobre una pantalla gráfica de tipo táctil montada en el frontal de la ECU. Esta pequeña pantalla muestra de forma esquemática los distintos sistemas del motor y muestra los valores de medidas y estados de señales.

Como display secundario, los datos se pueden enviar al Viking HMI. La función de éste, normalmente es interrogar a uno de los controladores del sistema para mostrar información o incluso para hacer ajustes en él.

2.8. REDES DE DATOS

El sistema utiliza varias redes de comunicaciones independientes para intercambiar información entre los distintos controladores, BCMS, pantallas de operador y sistema de monitorización del buque. Sus principales funciones se definen a continuación.

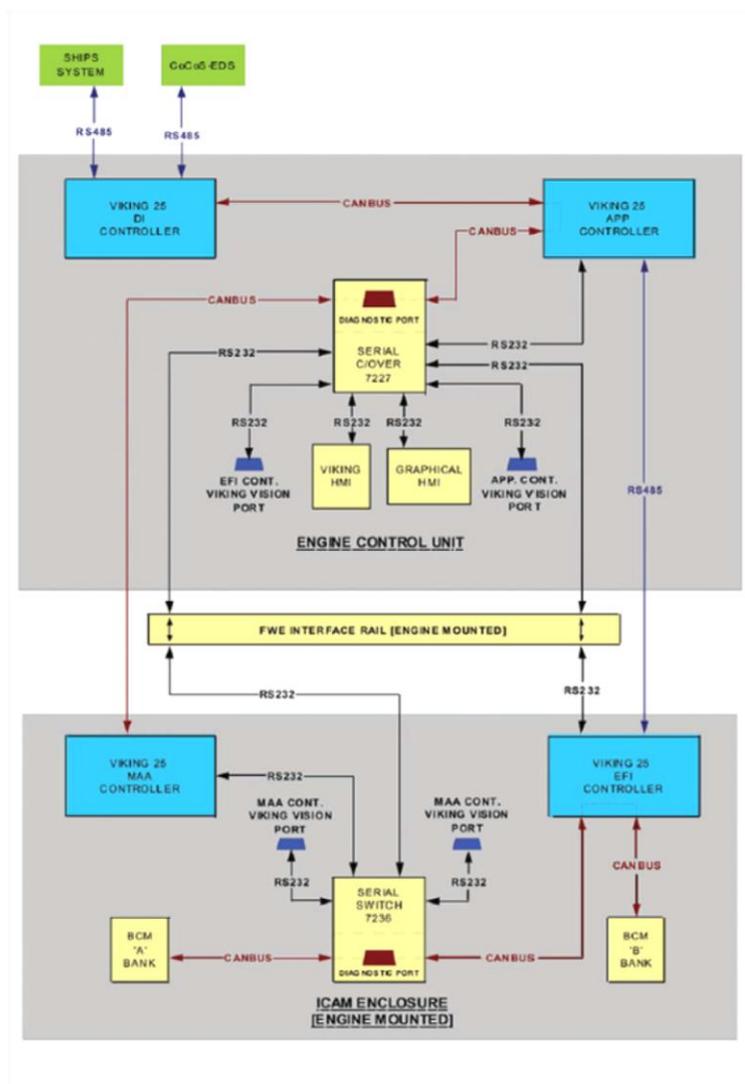
- CANBUS entre EFI y BCMS. Se trata de un enlace de alta velocidad que permite el intercambio de datos entre los dos BCMS y el controlador EFI. Hay un puerto de diagnóstico en el módulo conmutador serie (serial switch) presente en el ICAM, que permite la conexión de un ordenador portátil para monitorización.

- RS485 entre EFI y controlador de Aplicación. Enlace punto a punto entre el EFI y el controlador de Aplicación. Permite el intercambio de datos de control y a través de esta línea el controlador de Aplicación recibe información de estados procedente del EFI y de los BCMs.
- RS232 EFI. Enlace punto a punto entre el controlador EFI y la ECU. Permite conectar el display HMI de Viking o bien un ordenador portátil usando el puerto disponible en la puerta de la ECU. Estos podrán acceder a la información o ver y editar parámetros en el controlador EFI.
- CANBUS entre MAA, controlador de Aplicación y DI. Enlace de comunicaciones de alta velocidad que permite el intercambio de datos entre el MAA, el controlador de Aplicación y el DI. Hay un puerto de diagnósticos en el conmutador de comunicaciones serie (serial changeover module) existente en la ECU, que permite conectar un ordenador portátil para monitorización. El MAA lee información de estados procedente del controlador de Aplicación y del DI. Esto se combina con medidas del motor monitorizadas por sus propios módulos de entradas/salidas, que se procesan y se repiten hacia el controlador DI. El controlador DI permite al sistema de monitorización del barco poder ver esta información.
- RS232 MAA. Enlace punto a punto que permite utilizar un dispositivo HMI, que puede ser uno de los displays montados en la ECU (Viking HMI o display gráfico) o un terminal de mano Viking HMI conectado en el ICAM, para interrogar al MAA. La línea está normalmente conectada a la ECU donde el display gráfico muestra la información de las alarmas. En este modo el display gráfico solicita información al MAA mediante protocolo MODBUS. En caso de que el display gráfico no esté operativo o de que se deseen hacer cambios en la configuración del MAA, se puede seleccionar el display Viking HMI en la ECU, con lo que cambia el protocolo para este dispositivo. Si se usa un terminal portátil Viking HMI conectado a uno de los dos puertos en el ICAM, el enlace con la ECU queda desactivado (el display gráfico y el Viking HMI de la ECU mostrarán pérdida de comunicaciones) y cambia el protocolo empleado. Al quitar el terminal de mano, la comunicación con la ECU se restablece automáticamente aunque hay que tener en cuenta que si está conectado

el display Viking HMI, será necesario hacerle un reset manual mediante el correspondiente pulsador de la ECU.

- RS232 controlador de Aplicación. Enlace punto a punto entre el controlador de Aplicación y la ECU. Permite conectar el panel HMI de Viking o bien un ordenador portátil usando el puerto disponible en la puerta de la ECU. Éstos podrán acceder a la información o ver y editar parámetros en el controlador.
- RS485 entre DI y SCS. Enlace punto a punto entre el controlador DI y el sistema de control del buque, que permite el intercambio de datos de monitorización utilizando un protocolo MODBUS.
- RS485 entre DI y sistema de monitorización del barco. Enlace punto a punto entre el controlador DI y un sistema de monitorización opcional que permite el intercambio de datos de monitorización utilizando un protocolo MODBUS.

Imagen: Control electrónico del motor



Fuente: Manual Regulators Europa

2.9. MONITORIZACIÓN Y ALARMAS

El controlador MAA procesa los datos monitorizados por sus propios módulos de entradas y salidas y los recibidos a través del CANBUS procedentes de los controladores de Aplicación y del DI. Más adelante se incluye una lista de todas las señales monitorizadas.

El MAA procesa cada señal individualmente utilizando los parámetros almacenados en su sistema de menús. Esos parámetros pueden definir niveles de alarma por alto, bajo, desviación, retardos, bloqueos, etc., para cada entrada procesada.

Hay entradas de bloqueo de alarma que se cierran para inhibir determinados canales de alarma en el caso de que el motor esté parado.

Siempre que se activa una nueva alarma se desenergiza una salida de alarma audible y se envía un contacto al SCS.

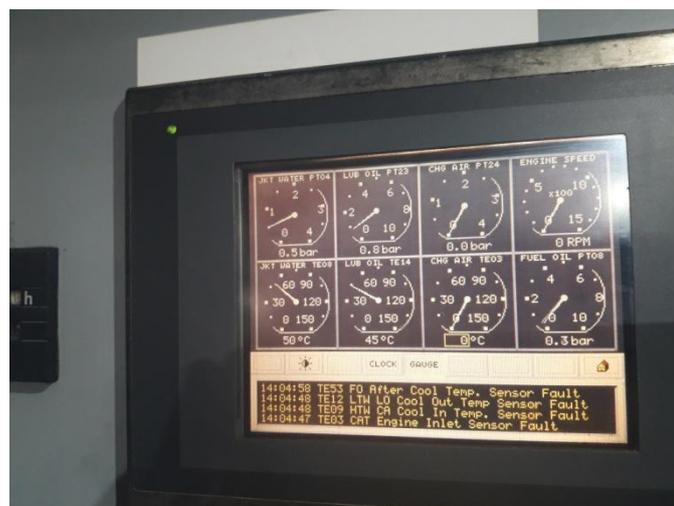
Una salida se desactivará para iluminar el indicador MAA FAULT en la ECU y un contacto que se envía al SCS.

El pulsador ALARM MUTE cancela la salida de alarma audible. La alarma sólo se puede aceptar y resetear mediante el SCS a través de las redes de comunicaciones.

También se activan salidas para generar un slowdown (por alta temperatura de agua de camisas y si no está seleccionado como disparo por alta temperatura de cojinetes) o un disparo (por alta temperatura de cojinetes si no está seleccionado como slowdown). La selección de la lata temperatura de cojinetes como slowdown o como disparo se hace a través de los menús del MAA.

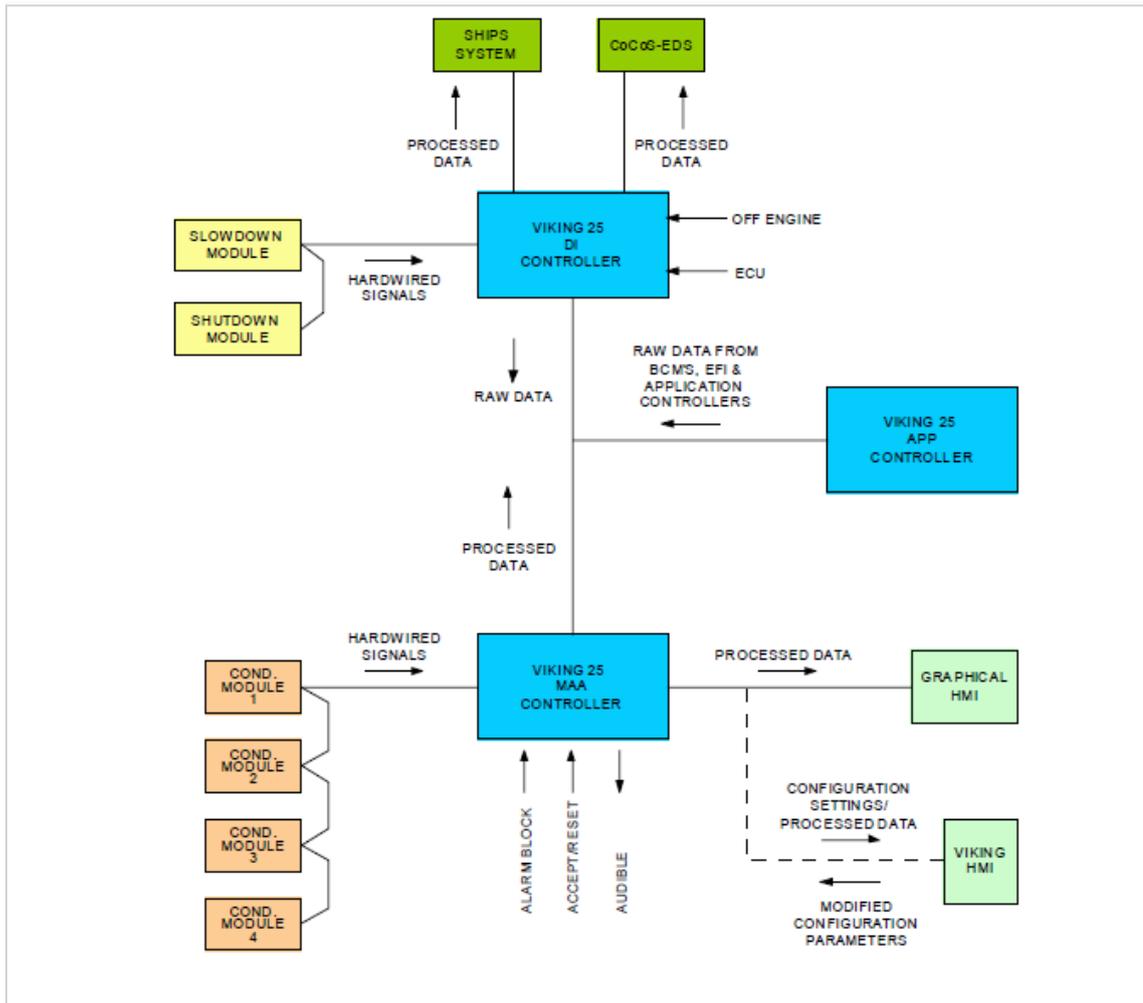
Los valores de los canales y sus condiciones de fallo están disponibles en las redes de comunicaciones para mostrarlos en pantallas locales o remotas.

Foto: HDMI grafica SOME con alarmas activas en la parte inferior



Fuente: Trabajo de campo

Imagen: Diagrama de flujo de monitorización y alarmas



Fuente: Manual Regulators Europa

2.10. PANTALLA GRÁFICA

- Pantalla inicial Al arrancar la unidad, o al pulsar la tecla HOME para salir de un submenú se muestra la pantalla gráfica inicial.

Imagen: Pantalla de Inicio



Fuente: Manual B&W

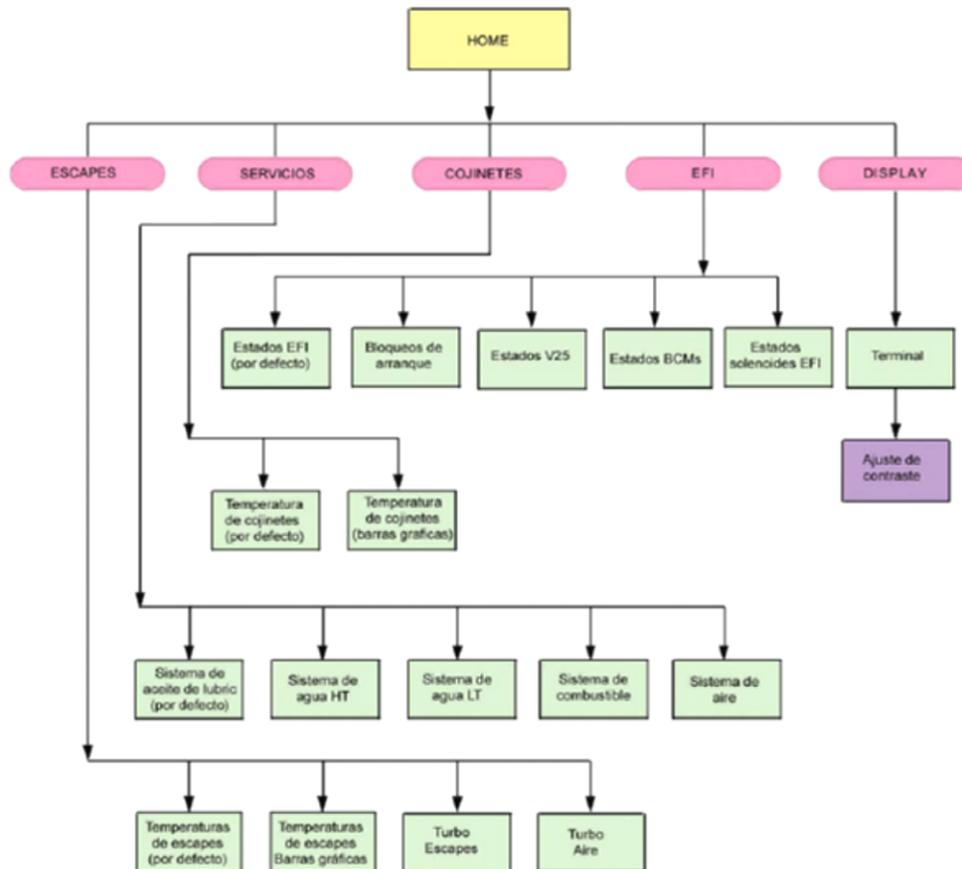
En la pantalla aparece la última alarma disparada y se representan unas teclas, mediante las cuales el operador puede navegar por las distintas páginas:

- 1) Tecla para páginas de submenú de escapes, que incluyen los valores de los escapes, barras gráficas y parámetros de escapes/aire de la turbo.
- 2) Tecla para páginas de submenú de Servicios que incluyen los sistemas de aceite de lubricación, combustible, agua HT, agua LT y aire.
- 3) Tecla para páginas de submenú de Cojinetes que incluyen valores de temperaturas y barras gráficas
- 4) Tecla para páginas de submenú del EFI, que incluyen inyectores, controladores V25, BCMs, enclavamientos de arranque y páginas de estados EFI
- 5) Tecla para páginas de submenú de Display que incluyen los ajustes de fecha, hora y contraste

6) Ventana de alarma con botón táctil para mostrar la página de alarmas

Estructura de menús, no se muestran las páginas de alarmas, si bien se puede acceder a ellas desde cualquier página gráfica

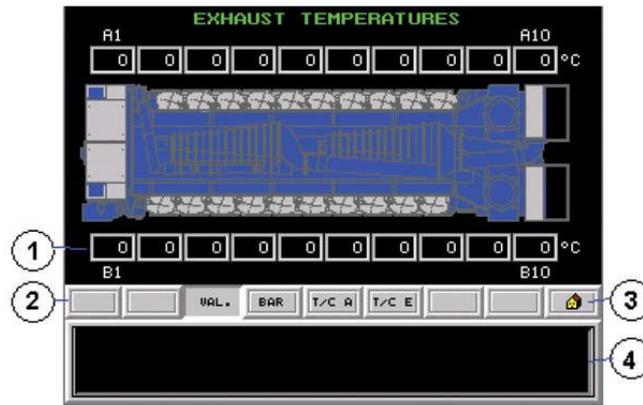
Imagen: Menús



➤ Menú de gases de escapes

- 1) Valor de medida
- 2) Teclas para seleccionar otras páginas como por ejemplo barras gráficas o turbo.
- 3) Tecla para volver a la página inicial
- 4) Ventana de alarma

Imagen: Menú de escapes

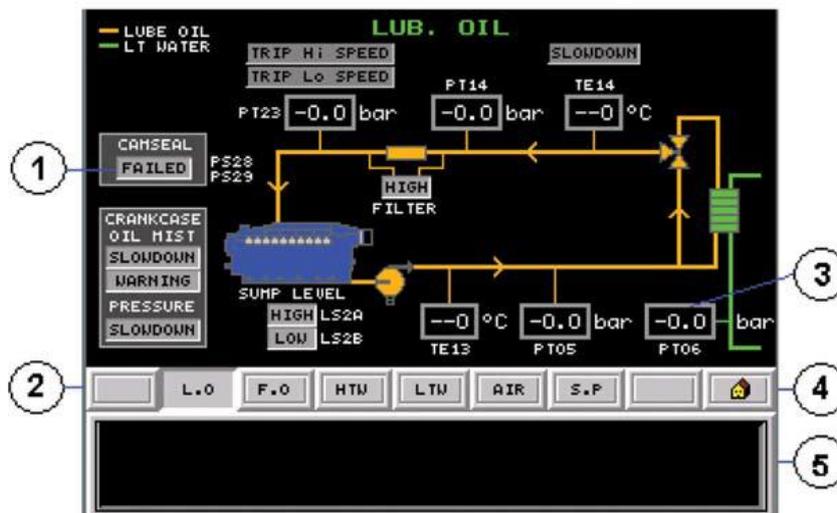


Fuente: Manual B&W

➤ **Menú de servicios**

- 1) Texto que cambia cuando la señal está en alarma. El texto será amarillo con fondo rojo en caso de aviso (warning) o rojo en caso de disparo si la alarma está activada
- 2) Teclas para seleccionar otras páginas como por ejemplo sistemas de combustible, agua HT/LT o aire
- 3) Valor de medida
- 4) Tecla para volver a la página inicial
- 5) Ventana de alarma

Imagen: Menú de servicios



Fuente: Manual B&W

➤ **Menú de cojinetes**

- 1) Valor de medida
- 2) Teclas para seleccionar otras páginas como por ejemplo valores de temperaturas o barras gráficas
- 3) Tecla para volver a la página inicial
- 4) Ventana de alarma

Imagen: Menú cojinetes



Fuente: Manual B&W

➤ **Menú de EFI**

- 1) Valor de medida
- 2) Animación que cambia que cambia cuando la señal está en alarma. En caso de fallo el fondo será amarillo (warning). En caso de indicación de un estado normal el fondo será verde (healthy).
- 3) Teclas para seleccionar otras páginas como por ejemplo inyectores, controladores V25, BCMs o enclavamientos de arranque
- 4) Tecla para volver a la página inicial
- 5) Ventana de alarma

Imagen: Menú EFI

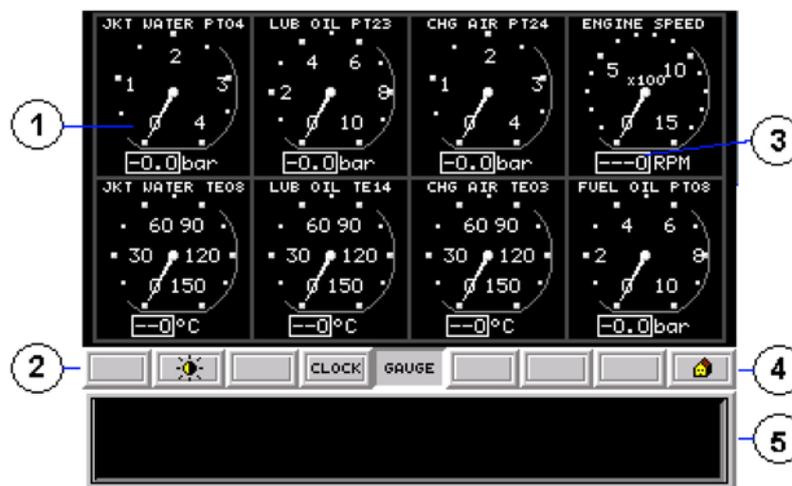


Fuente: Manual B&W

➤ **Menú de display**

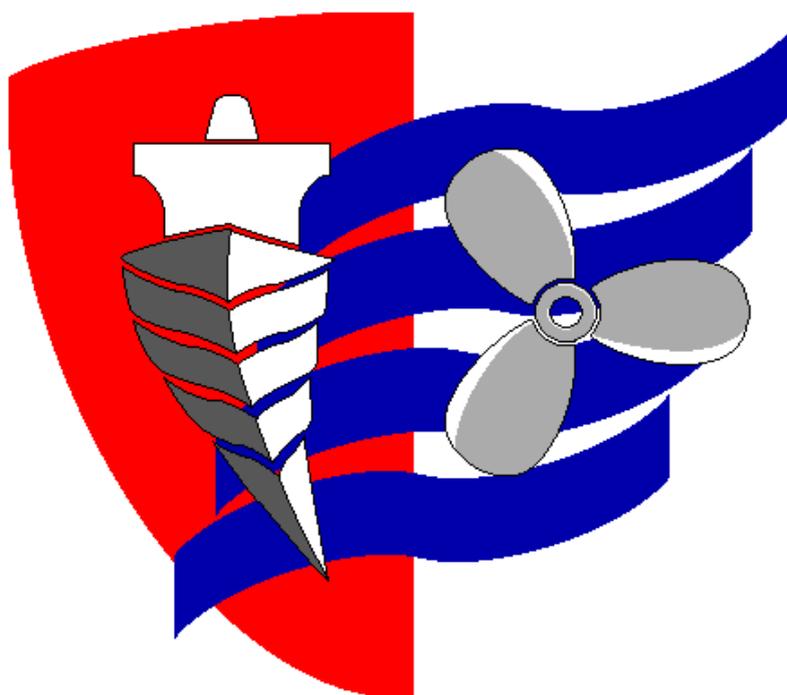
- 1) Animación para indicar un valor de medida
- 2) Teclas para seleccionar otras páginas como por ejemplo reloj y contraste
- 3) Valor de medida
- 4) Tecla para volver a la página inicial
- 5) Ventana de alarma

Imagen: Menú Display



Fuente: Manual B&W

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAÚTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



Aplicación práctica

3. Aplicación práctica

En este capítulo haremos un recorrido por los incidentes más comunes y como desde el punto de vista del operador se ve el día a día de esta instalación.

Está sometida a calor y vibraciones que junto con la humedad forman un triangulo fatídico para el envejecimiento de cualquier sistema electrónico.

Tanto el sistema de gobierno como inyección de este buque fueron, “experimentales” eso unido a la desaparición de los motores “Ruston” absorbidos por MAN & BW.

En varias ocasiones se nos informo de que este junto con otros pocos barcos más eran los únicos poseedores de estos sistemas.

Lógicamente el transcurso del tiempo requiere la sustitución de piezas y componentes.

Pero la poca cantidad de estos, el transcurso de los años, así como la propia evolución aboca a una reconversión total en un futuro no muy lejano.

Incluso afecta al sistema de LIPS de Wärtsilla. Ya desde el fabricante en asistencias técnicas se nos ha advertido que varias de las tarjetas de gobierno y control no se fabrican.

3.1. Página de alarmas.

En la ventana de alarmas, aparecen las 4 últimas alarmas. Los colores empleados son:

- Amarillo: alarma activa
- Rojo: disparo activo



El formato de cada línea es:

- 08:01:45: hora a la que ocurrió el evento
- PT08: número de tag
- F.O. Pressure Low: texto de alarma

Al pulsar sobre la ventana de alarmas se muestra la página de overview de alarmas

Imagen: Overview



Fuente: Captura de pantalla

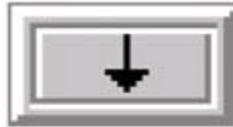
Las teclas permiten al operador filtrar o navegar por la lista de alarmas.

- 1) Lista de alarmas
- 2) Teclas para seleccionar otras pantallas, como todas las alarmas, sólo avisos, sólo disparos, siguiente página, página anterior y retorno

Nótese que ésta es una pantalla sólo de información. Las alarmas hay que aceptarlas desde el sistema de supervisión del buque a través de comunicaciones o desde la ECU mediante el pulsador correspondiente.

Las funciones de las teclas son las siguientes:





Desplazarse arriba y abajo por la lista de alarmas



Teclas para filtrar alarmas



Retornar a la pantalla anterior



Retornar a la pantalla inicial

3.2. Localización de fallos

El primer paso para poder localizar un fallo es identificar si éste es interior o exterior al panel. En los paneles se dispone de fusibles y relés con leds que pueden ayudar a la localización de fallos. Los leds asociados a los fusibles se

encienden para indicar un fusible fundido, mientras que los correspondientes a los relés se encienden cuando un relé tiene la bobina energizada.

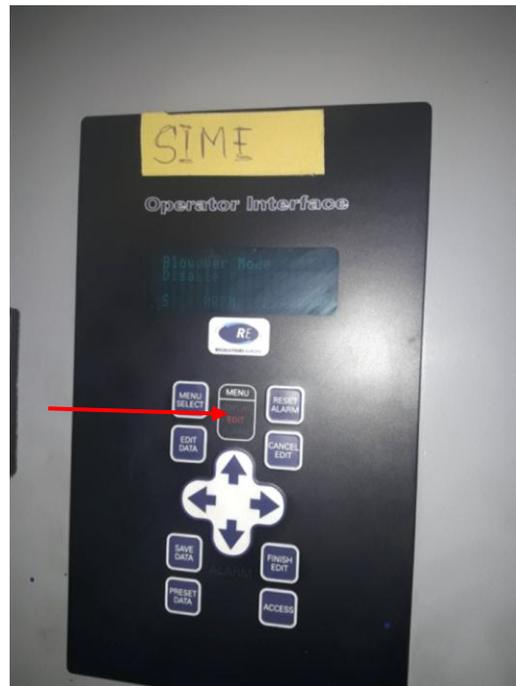
3.2.1. Display de operador

Las alarmas las detectan los controladores EFI, Aplicación y MAA. En condiciones normales se muestran sobre el display gráfico. Las alarmas generadas por el software están causadas por el fallo al detectar una señal digital o analógica o por no obtenerse el feedback esperado ante una señal de salida de control.

Como ayuda a la localización de fallos se puede utilizar el display de operador V25. Este display se conecta al controlador deseado mediante el selector presente en la ECU. Para establecer la comunicación una vez usado el selector hay que pulsar el botón HMI RESET. Si se selecciona el MAA se pierde la comunicación con el display gráfico. En este caso una vez que se haya terminado de trabajar con el MAA conviene volver a posición EFI o APP.

Hay tres menús que pueden ayudar a la localización de fallos, permitiendo al operador ver señales de entradas, activar/desactivar salidas o modificar parámetros, además de ver las alarmas activas.

Imagen: Display HMI SIME



Fuente: trabajo de campo

3.2.2. Modo de alarmas

Para ver las alarmas actuales de un determinado controlador, hay que pulsar MENU SELECT hasta que se encienda el led ALARM. A partir de ahí se usan las teclas de flecha arriba y flecha abajo para moverse por la lista de alarmas.

Las alarmas se muestran en el siguiente formato:

Imagen: Formato de Alarmas

Fail To Prime		
Alarm 01 of 01		
19:37:31		04/11/05
S	0RPM	L -33.3%

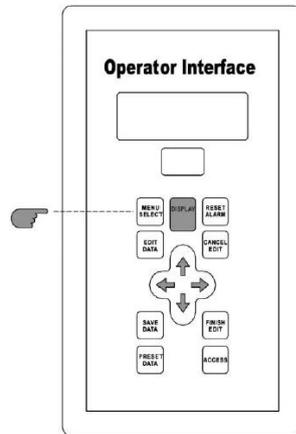
Fuente: Manual Regulators Europe

3.2.3. Modo display

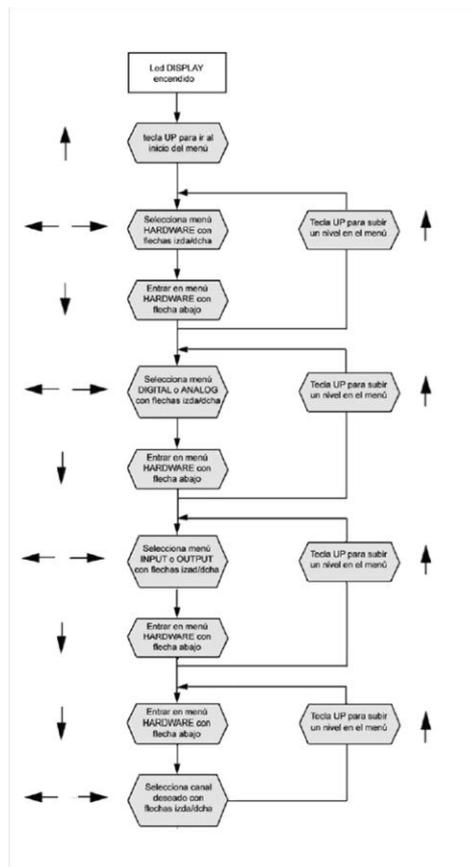
Para ver el estado de las entradas y salidas analógicas y digitales, hay que pulsar MENU SELECT hasta que se encienda el led DISPLAY. A partir de aquí

se usan las teclas de flecha arriba y flecha abajo para navegar por el sistema de menús para mostrar el canal deseado.

Imagen: Operador HMI



Fuente: Manual Regulators Europe



Fuente: Manual Regulators Europe

3.2.4. Detección de rotura de hilo en módulos de slowdown y shutdown

Estos módulos disponen de 14 canales con detección de rotura de hilo seleccionable mediante puentes. El circuito de rotura de hilo vigila la tensión en el lado positivo del relé de disparo para chequear la continuidad del cable desde el sensor. Para ello es necesario que haya una resistencia de 5k6 en bornas de los contactos del sensor. Cuando se conectan dos contactos en paralelo, (por ejemplo para una entrada de parada de emergencia del motor), cada uno de ellos debe de tener una resistencia de 33K en sus contactos.

Si un contacto se desconecta (rotura de hilo) la tensión de feedback pasa a valer 0V, el led verde (healthy) se apaga y se abre un contacto para iniciar una alarma a través del interface multiplexor del DI.

En el módulo de disparos también se chequea la continuidad del relé de disparo del EFI. Para ello se hace pasar una pequeña corriente por su bobina y se monitoriza la caída de tensión en ella. Si la bobina queda en circuito abierto, la tensión sube a 24V, el led verde se apaga y se abre un contacto para disparar una alarma a través del interface multiplexor del DI.

Hay leds para indicar el estado de cada uno de los canales con detección de rotura de hilo. Se pueden ver en las siguientes tablas. También hay DIP switches para cada canal de rotura de hilo que permiten chequear el circuito de detección de roturas. Esto no afecta al estado del circuito de disparo.

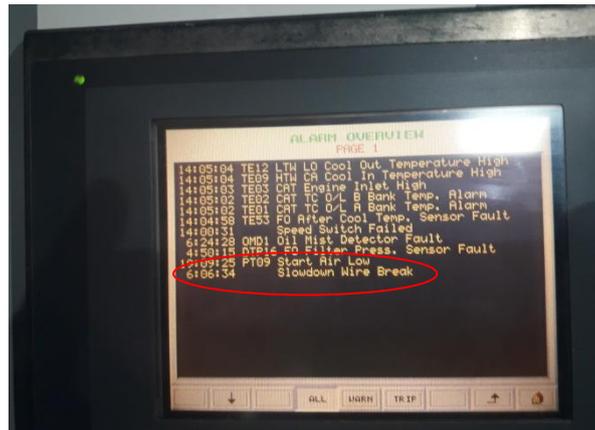
En el módulo de disparos también se incorpora un circuito de fallo del detector de velocidad. Si la seguridades del motor están habilitadas, el controlador de aplicación ha fallado y no hay salida de motor en marcha procedente del detector de velocidad (speed switch) el led verde se apaga y se abre un contacto para disparar una alarma a través del interface multiplexor del DI. En este caso el aviso de fallo del detector de velocidad es muy importante ya que es la única protección de sobrevelocidad del motor.

Tabla 1

LED	COLOR	DESCRIPCIÓN
1	rojo	Rotura de hilo de slowdown iniciado por el MAA
2	rojo	No se usa
3	rojo	No se usa
4	rojo	Rotura de hilo de baja presión de agua HT
5	rojo	Rotura de hilo de alta temperatura de agua HT (si seleccionada)
6	rojo	Rotura de hilo de alta presión en el cárter
7	rojo	No se usa
8	rojo	Rotura de hilo de niebla en el cárter (canal duplicado)
9	rojo	Rotura de hilo del detector de partículas de metal
10	rojo	Rotura de hilo de alta presión en sellos de eje de camones
11	rojo	Rotura de hilo de niebla en el cárter
12	rojo	No se usa
13	rojo	No se usa
14	rojo	No se usa
15	verde	Todos los canales bien (healthy)

En caso de una alarma de rotura de hilo, habría que determinar a qué sensor corresponde observando su led según las tablas anteriores. Para sensores del motor habría que comprobar todas las conexiones enchufables entre la ECU, el ICAM y el sensor. Para la parada de emergencia del SCS hay que chequear el cableado externo. Para el fallo del detector de velocidad, si el indicador de rpm del panel está funcionando, comprobar que el led de velocidad de ralentí (led 6) está encendido. En caso contrario el módulo detector de velocidad tiene un fallo. Si el indicador no funciona habrá que comprobar que la alimentación al módulo está bien (led2 verde activado) y que el pickup está conectado correctamente.

Hay que tener en cuenta que las condiciones de rotura de hilo se deben de corregir lo primero posible, ya que mientras esa alarma está presente el motor no está totalmente protegido.

Imagen: Alarma de hilo roto en PIME**Fuente: trabajo de campo**

En muchas ocasiones no es un hilo roto sin que puede que su resistencia de final de línea presenta algún problema, sustituyéndola se puede resolver el problema.

3.3. AVERÍAS MÁS COMUNES

Abordaremos este capítulo desde el punto de vista del operador. No desde un punto de vista teórico sino desde el operador.

3.3.1. Fallos de sensores

Los fallos de sensores normalmente se detectan y se muestran en el sistema de monitorización o sobre los displays de la ECU. En el sistema hay 5 tipos de sensores:

- Digital: contacto abierto/cerrado. Su continuidad se puede chequear con un polímetro (ohmios). A veces se puede puentear la señal en los terminales o bien desconectarla para probar su funcionamiento
- Termopares: el sensor genera una tensión en mV proporcional a la diferencia de temperaturas entre su unión caliente y su unión fría. Punteando sus terminales, el display debe de mostrar la temperatura ambiente (unión fría). Para simular el sensor hace falta una fuente de

mV (o un calibrador Fluke). Para el tipo de termopares empleado (tipo K) $0\text{mV} = 0^\circ\text{C}$ y $20.64\text{ mV} = 500^\circ\text{C}$ sin compensación de unión fría.

- Pt100: sonda de temperatura con una resistencia de 100 ohmios a 0°C . Su resistencia aumenta al aumentar la temperatura. Para comprobarla, desconectarla y medir su resistencia., donde $100\text{ ohmios} = 0^\circ\text{C}$ y $138.5\text{ ohmios} = 100^\circ\text{C}$. Se puede simular con una caja de décadas o con un calibrador Fluke. El sensor se conecta a un módulo acondicionador en el cual se convierte en señal de 4 a 20 mA y pasa a través de un fusible.
- 4-20mA: normalmente se alimentan desde el panel (con la excepción de la demanda de velocidad) y pasan por un fusible en el módulo al que se conectan. Cuando se alimentan desde el equipo, se pueden chequear midiendo las tensiones de salida y retorno respecto a 0V de la alimentación. El polímetro debería de mostrar una tensión continua en la salida y una tensión menor en el retorno. Para chequear el lazo de corriente se debe de desconectar un terminal y leer los mA con el polímetro conectado en serie en el lazo. Para simular el sensor se debe de utilizar un calibrador del tipo Fluke.
- Pickups: puede ser de tipo pasivo (pickup magnético) o activo (alimentados a 24Vcc) los cuales dan una salida cuando un objeto metálico pasa frente a ellos. Se debe de chequear que no se deposite suciedad en la cabeza y que haya el huelgo necesario entre la cabeza y el diente del volante. Para chequear un pickup pasivo hay que desconectarlo de los terminales y comprobar su resistencia (debe de ser baja) con un polímetro. Para chequear un pickup activo hay que comprobar que su alimentación está presente y que da señal de salida ante presencia cercana de un metal. Para simular el sensor se puede usar un oscilador para generar pulsos o bien un calibrador Fluke.

3.3.2. Fallos por temperatura

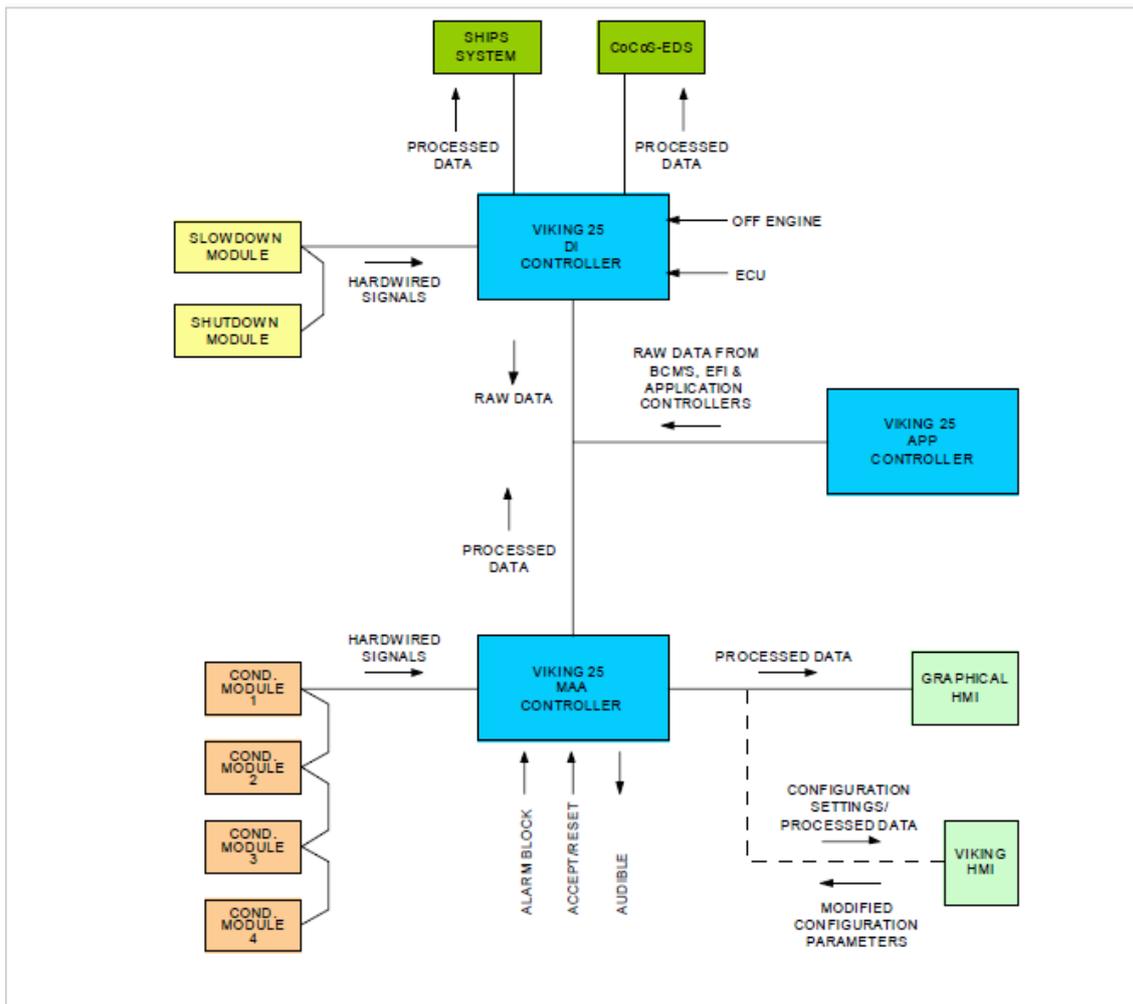
El mayor enemigo de la electrónica son la temperatura la humedad y las vibraciones.

Si bien en cuanto a la humedad no es lo habitual si hay fallos de digamos diseño en la ventilación que pueden propiciar la entrada de agua en determinadas condiciones ambientales. La ventilación puede forzar la entrada de agua en el aire proveniente del mar.

Sobre todo afecta a los motores exteriores, POME y SOME. Se ha trabajado mucho en este aspecto para evitarla. La superestructura de la cubierta de pasaje en este tipo de embarcaciones “bascula sobre el resto sobre unos “silent-block” habiendo un espacio entre ambas. Espacio cubierto por unas protecciones que acusaban el paso del tiempo propiciando la entra de agua a los espacios de maquinas. Así mismo la propia entrada de aire aunque a resguardo.

3.3.3. Fallo de comunicación.

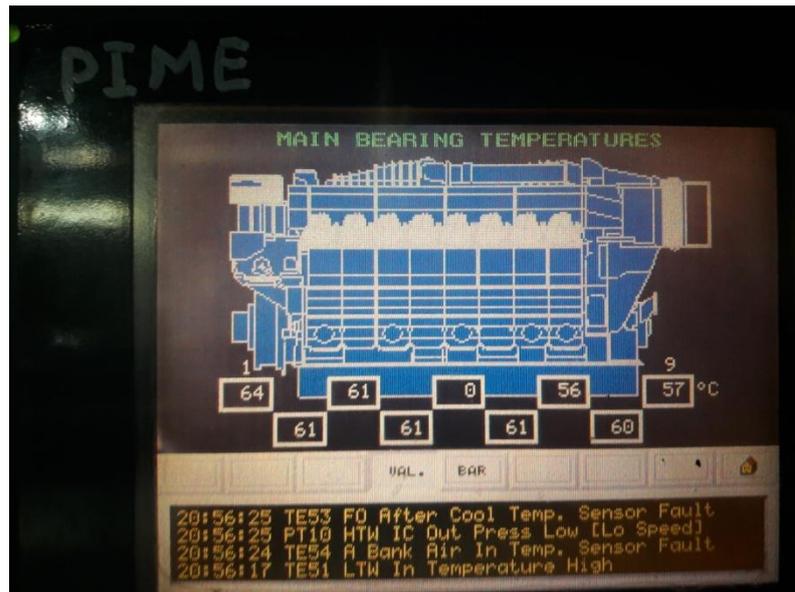
Como ya hemos explicado las cuatro tarjetas programables Viking 25 EFI y APP en la ICAN y MAA y DI en la ECU están interconectadas en un diagrama de flujo.



3.3.4. Fallos de indicación

Los fallos de indicación son una constante en los motores los raíles de comunicación están sujetos a calor, movimientos y constantes fugas de aceites, combustible y agua. Esos unido a al deterioro por la antigüedad a motivado el tener que cambiar todos los raíles de los motores para asegurar una correcta comunicación.

Imagen: fallo de comunicación con cojinetes



Fuente: trabajo de campo

Además estos falsos contactos provocan fallos en las tarjetas RTD que transforman la señal de analógico en digital. Provocando que varios canales falseen señales y que para el funcionamiento tengan que ser desconectados con el peligro que ello conlleva para la operativa del motor.

3.4. ANÁLISIS Y REPARACIÓN DE UNA AVERÍA

A continuación se explicará una avería en concreto, explicando como sucedió, como se reaccionó y como se solucionó

3.4.1. Fallo de EFI.

Mientras se hacía una navegación normal, el motor SIME se paró súbitamente. El motivo aparente era; “fallo de comunicación” y error “Healty” de la propia EFI.

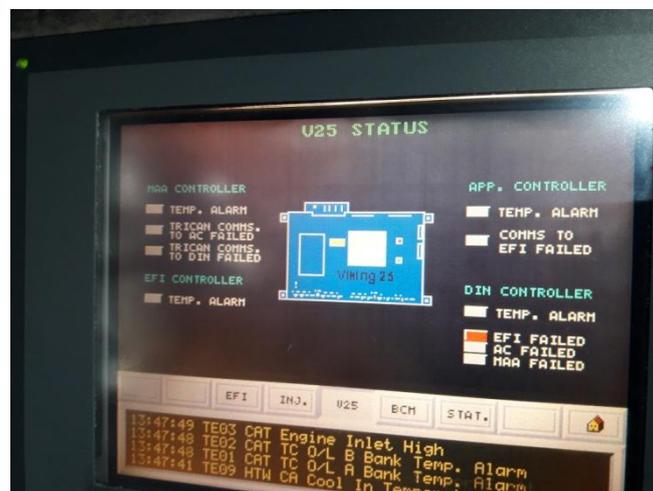
El motor no arrancaba normalmente.

Imagen: mensaje de error en el SIME



Fuente: trabajo de campo

Imagen: indicación en la pantalla V25 HDMI fallo de la EFI SIME (rojo)



Fuente: Trabajo de campo

Se hizo un examen exhaustivo normalmente estos fallos son debidos a errores de comunicación entre las Viking 25, motivados por calor que afecta a estas tarjetas de los motores interiores, vibraciones que pueden provocar un breve corto entre los cables comunicación o una rotura de un hilo.

Pero en este caso se confirmo lo inevitable, la tarjeta había fallado y estaba ella misma mal.

El motor en caso de fallo de la EFI permite su funcionamiento en modo "Buck Up"

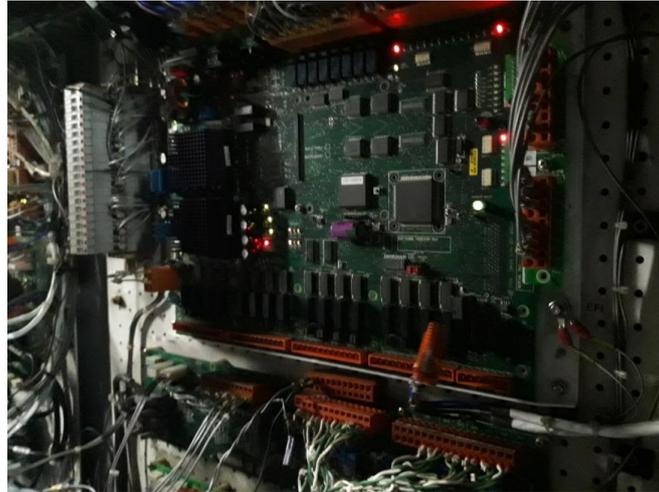
La pérdida de empuje de un motor supone una merma considerable en la velocidad del buque. En una línea prima el servicio y la puntualidad sobre todo. Se verifico que el motor si se podía arrancar y operar a través de las BCM o módulos de inyección de cada banda.

Se permite una operación en modo emergencia sin superar el 80 % de la carga.

Para poder operar el motor en caso de fallo de la EFI que es quien gestiona la inyección del motor se deben seguir los siguientes pasos.

- Poner el módulo de combustible en modos manual arrancando las bombas de circulación y alimentación.
- Arrancar las bombas de prelubricacion y calefacción en modo manual.
- Un operario "engañara" al sistema activando y desactivando en la ECU "MANUAL COMMISSION ALARM" esto activara la señal de motor en marcha.
- Se presionara manualmente el motor de arranque al tiempo que el pulsador de arranque esto provocará el arranque del motor. Y hará que el modulo permanezca en marcha aun pasándolo a modo remoto.
- Se pondrán en marcha la extracción del cárter y se pondrán en parada las bombas de prelubricacion y circulación de agua.
- Se embragara la reductora en modo manual, puesto que aunque en la consola del puente se iluminara el listo para embragar no lo permitirá al no recibir en nuestro caso información de la EFI y del tacómetro de revoluciones del motor.
- Se pasara el mando al puente desde donde se subirán vueltas hasta el 80 % de carga en modo digital.

Imagen: tarjeta EFI del SIME con fallo (led en rojo)



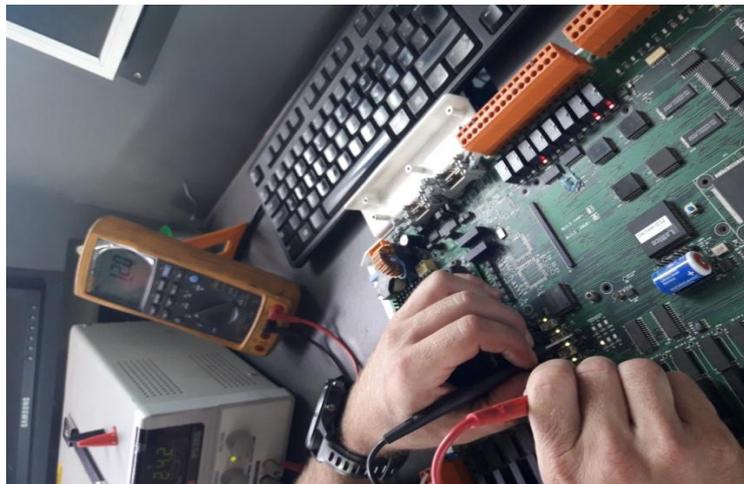
Fuente: trabajo de campo

3.4.2. Daños en la EFI

Se examinó la tarjeta y se constató que uno de sus salidas la de “Healty” tenía su fusible y saltado por sobre tensión. El canal se examinó y se dedujo que mantenía un consumo anormal.

La posible causa era una de las entradas digitales, la correspondiente con “PT 12” que es la entrada de la señal de presión de barrido desde el transmisor de presión PT12.

Imagen: verificación de la tarjeta EFI



Fuente: Trabajo de campo

3.4.3. Posibles causas de la avería

La causa se atribuye al calor y al envejecimiento de la electrónica. Siguiendo el esquema electrónico se vio que una de las entradas digitales, la correspondiente con el transmisor de presión de barrido, PT12 estaba

quemado. La pastilla de esa entrada daba apenas 4 Ω cuando el resto daban megas. Se procedió a retirarla y el fallo por y el relé no volvió a fallar.

Imagen: pastilla retirada



Fuente: trabajo de campo

3.4.4. Solución de la Avería

A bordo teníamos dos tarjetas EFI una supuestamente permitía el arranque en ralentí y otra estaba sin ajustar los parámetros de cada motor.

Las tarjetas son Viking 25 y su diferencia entre todas es su programación como hemos dichos que las transforma en EFI, MAA, APP y DI. Pero a su vez deben ser ajustadas para cada motor para que su funcionamiento sea el óptimo.

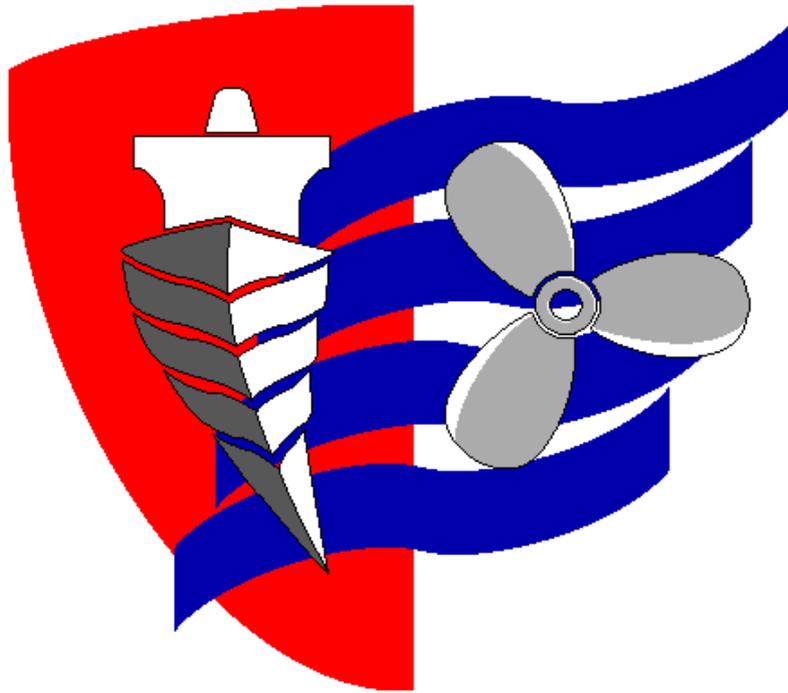
Primera solución se tomo una tarjeta APP nueva y se le descargo su programa y se le cargo el programa EFI del SIME ajustado para este motor.

LA siguiente que es que se está trabajando en ella es comprar nuevas tarjetas Viking 35. La sustituta que físicamente es casi idéntica pero cambia sus procesadores. Y soporta el programa de las antiguas 25 obsoletas y fuera del mercado.

Para ello se requirió asistencia técnica de Omega y de MAN B&W.

Una vez descargado el programa de la antigua EFI del SIME en la tarjeta MAA de respeto, se instalo y el motor funciono correctamente sin mostrar avería

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAÚTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

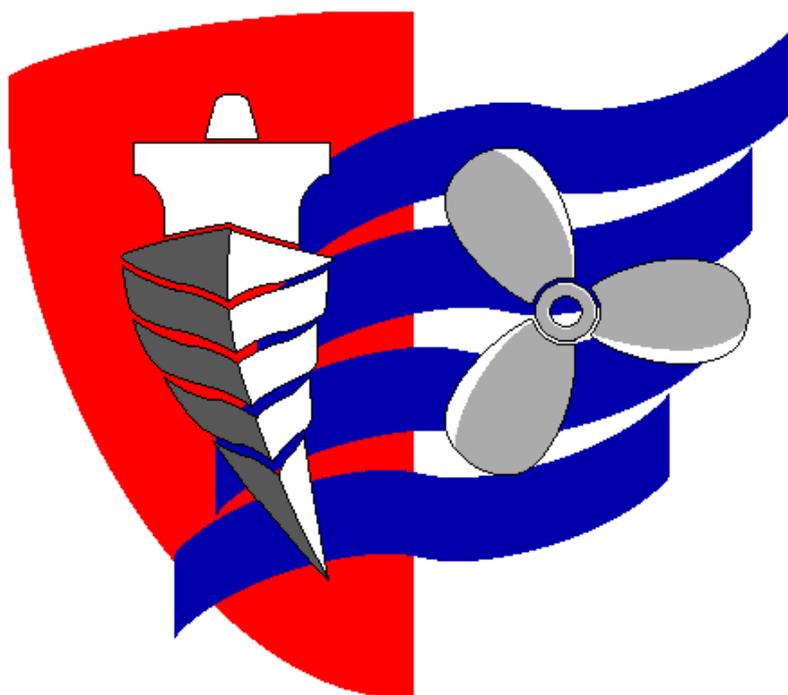


Conclusiones

4. CONCLUSIONES

- La implantación de electrónica del gobierno e inyección electrónica de un motor marino produce un abaratamiento significativo de costos de compra y mantenimiento, además de una simplificación y adelanto desde un punto de vista operativo.
- La refrigeración del calor generado en los cuadros electrónicos mediante la ventilación es fundamental para un correcto funcionamiento de los equipos. Por lo tanto, se propone y presupuesta una modificación de la ventilación de los mismos.
- Las vibraciones son un problema que produce averías y fallos en los equipos electrónicos, y para minimizar estas vibraciones se propone alejar los equipos de los focos de vibración y aislar los cuadros.
- La renovación de las ICAN de los motores interiores y reconstrucción de los armarios con las nuevas versiones Viking 35, y situarlas sobre mamparos, con mejor ventilación y aislados de las vibraciones, es la mejor propuesta.
- Los antiguos equipos podrán ser utilizadas como repuestos de los motores exteriores.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NAÚTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



ANEXOS

5. ANEXOS

DESCRIPCIÓN DEL BUQUE

El desarrollo de este informe versará sobre los motores que equipa en un fast ferry de aluminio Incant II. El Volcán de Tirajana de Naviera Armas.

Imagen: Volcán de Tirajana



Fuente: Web de naviera Armas

Se trata de un catamarán de 97 metros de eslora con una capacidad máxima de 9000 pasajeros

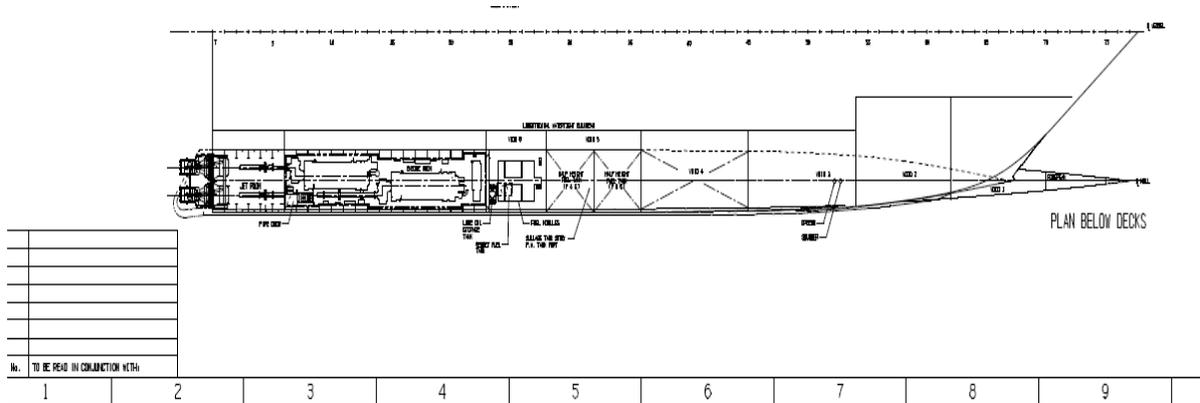
En su parte técnica va dotado de 4 motores, Ruston RK 280 Man B&W. de 16 cilindros en V. y una potencia total de 32.000 KW.

A una velocidad máxima de 980 RPM según fabricante es capaz de navegar hasta 38 nudos de velocidad.

Los cuatro motores van unidos a sendas reductoras que bajan 2:1 las revoluciones.

Son ZF 59000

Disposición de la salas de máquinas



Fuente planos de disposición general del buque

Los motores y sus correspondientes reductoras vienen nombrados por su disposición en el barco.

Son: SOME, SIME, POME Y PIME

SOME: Starboard, outer, main Engine

SIME: Starboard inner main engine

POME: Port outer, main engine

PIME: Port inner main engine

6. BIBLIOGRAFÍA.

Información teórica utilizada.

Para el desarrollo de la presente memoria se ha obtenido información:

- 1) Manuales de gobierno: Regulateurs Europa INC., Member of the Heinzmann Group. Copyright Regulateurs Europa Ltd. 2006
Más información en: <http://www.regulateurseuropa.com/>

Mecel Inc., 3874 MK-IV Bank Controller (BCM)

Más información en: Mecel product, www.mecel.se

Manual Ruston RK 280 . Ruston Man B&W

Más información en: <http://dieselturbo-uk.man.eu/products-services/ruston>

- 2) Enlace web: **Wikipedia**
https://es.wikipedia.org/wiki/Regulador_centrifugo

Y las Imágenes utilizadas, se obtuvieron de:

- 1) Manual Regulateurs Europa INC. Viking 25
- 2) Manual Man B&W Ruston RK280
- 3) Las fotografías son trabajo de campo, la fuente es propia.

AVISO DE RESPONSABILIDAD

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros, La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.