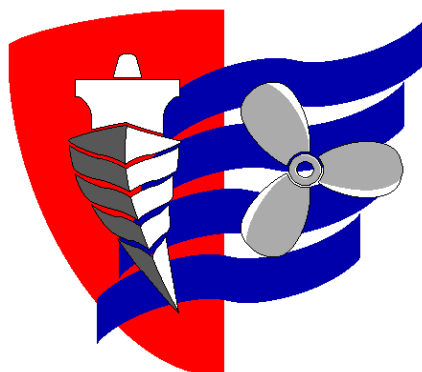


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Carrera

**SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN
INTEGRADO PARA UN BUQUE DE
APOYO A PLATAFORMAS**

*(Integrated Automation System for a
Platform Supply Vessel)*

Para acceder al Título de

**INGENIERO TÉCNICO NAVAL.
ESPECIALIDAD EN PROPULSIÓN
Y SERVICIOS DEL BUQUE**

Autor: Jon Ander Hormaza
06 - 2017

ÍNDICE

DOCUMENTO 1 - MEMORIA	7
CAPÍTULO 1: TÍTULO	8
CAPÍTULO 2: DESTINATARIO	9
CAPÍTULO 3: OBJETO DEL PROYECTO	10
CAPÍTULO 4: AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	11
4.1 DEFINICIÓN AUTOMÁTICA	11
4.2 HISTORIA DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	12
4.2.1 Periodo Inicial	12
4.2.2 Periodo Preclásico.....	13
4.2.3 Periodo Clásico	14
4.2.4 Control Moderno	16
4.2.5 Situación Actual	17
4.3 INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	18
4.4 SISTEMAS DE CONTROL	21
4.4.1 Sistemas de Control en Lazo Abierto.....	21
4.4.2 Sistemas de Control en Lazo Cerrado.....	22
4.5 CONTROLADORES	23
4.5.1 Controladores Lógicos Programables (PLC)	24
4.5.2 Controladores de Automatización Programables (PAC).....	24
4.5.3 Sistemas de Control Distribuidos (DCS)	25
4.5.4 Unidad Terminal Remota (RTU)	25
4.6 AUTÓMATAS PROGRAMABLES	26
4.6.1 Unidad Central de Proceso (CPU)	26
4.6.2 Memoria	26
4.6.3 Sistemas de Entradas y Salidas (I/O)	27
4.6.4 Ciclo de Funcionamiento	29
4.6.5 Equipos de Programación	30
4.6.6 Equipos Periféricos	31
4.6.7 Factores a tener en cuenta elección PLC	32

4.7 SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS	33
4.7.1 Introducción a los sistemas SCADA	33
4.7.2 Componentes Principales sistemas SCADA	36
4.8 REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL	40
4.8.1 Bus de Campo	40
4.8.2 Buses de Campo y Niveles OSI	41
4.8.3 Buses Propietarios y Buses Abiertos	44
4.8.4 Ventajas e Inconvenientes	45
4.8.5 Normalización	46
4.8.6 Buses existentes en el mercado	47
4.8.7 Características principales	48
CAPÍTULO 5: SISTEMAS DE CONTROL MARINOS	62
5.1 HISTORIA	62
5.2 INTRODUCCIÓN	64
5.3 SISTEMAS INTEGRADOS DE AUTOMATIZACIÓN (IAS)	67
5.4 SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN	69
5.5 DOCUMENTACIÓN Y APROBACIÓN DE LOS SISTEMAS	71
5.6 PRINCIPALES SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN MARINA	72
CAPÍTULO 6: REQUISITOS DEL SISTEMA DEL PROYECTO	73
6.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES BUQUES PSV	73
6.2 TIPOS DE BUQUES DE APOYO	74
6.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE PROYECTO ...	76
6.4 NORMATIVA APLICABLE	80
6.5 REQUISITOS TÉCNICOS SISTEMA IAS	82
6.5.1 Generadores	82
6.5.2 Propulsión	83
6.5.3 PMS	83
6.5.4 Sistemas Auxiliares	83
6.5.5 Seguridad	84
6.5.6 Sistema Interno	84
6.5.7 BNWAS	85
6.6 TIPOS DE COMUNICACIÓN	86
6.7 TOTAL SEÑALES DEL SISTEMA	86
CAPÍTULO 7: SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN A INSTALAR	87
7.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES	87
7.2 PRINCIPALES FUNCIONES	90
7.3 PRINCIPALES COMPONENTES	91

7.3.1 Estación de Control (OS)	91
7.3.2 Cabina de Control (CC)	92
7.3.3 Cabina de Módulos E/S (IC)	93
7.3.4 Módulos E/S	94
7.3.5 Cabinas de Redes (NC)	96
7.3.6 Paneles de Alarmas	97
7.3.7 Sistema de Hombre Muerto (DMS)	99
7.3.8 Sistemas Independientes	100

DOCUMENTO 2 - PLANOS 104

PLANO 1 – SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL BUQUE105

DOCUMENTO 3 – PLIEGO DE CONDICIONES 106

8.1 PLIEGO DE CONDICIONES 106

8.1.1 Introducción 106

8.2 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES 108

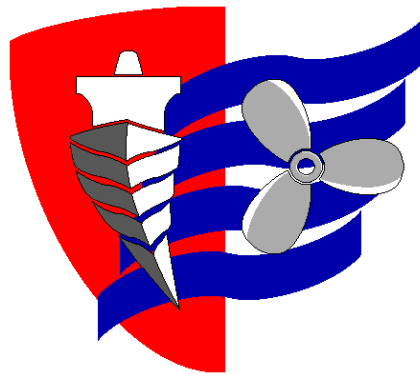
8.2.1 Preámbulo	108
8.2.2 Definiciones	108
8.2.3 Información acerca del producto	109
8.2.4 Planos y Descripciones	109
8.2.5 Ensayos previos al envío	110
8.2.6 Trabajos preparatorios	111
8.2.7 Incumplimiento del comprador	113
8.2.8 Legislación local	114
8.2.9 Modificaciones	115
8.2.10 Traspaso del riesgo	116
8.2.11 Ensayos de recepción	116
8.2.12 Recepción	117
8.2.13 Retraso del Contratista	118
8.2.14 Pago	121
8.2.15 Reserva de Dominio	124
8.2.16 Responsabilidad por daños	124
8.2.17 Responsabilidad por defectos	125
8.2.18 Asignación de la responsabilidad por daños	129
8.2.19 Fuerza Mayor	129
8.2.20 Previsión de Incumplimiento	130
8.2.21 Pérdidas Emergentes	130
8.2.22 Litigios y Legislación aplicable	131

8.3 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES	132
8.3.1 Tipos de Software	132
8.3.2 Derecho del Comprador al uso del Software	132
8.3.3 Actualización del Software	133
8.3.4 Vulneración de derechos	133
8.3.5 Otros defectos en el software	134
8.4 CONDICIONES LEGALES Y NORMATIVAS	135
8.4.1 Normativa Referente a la Electricidad	135
8.4.2 Normativa relativa a los lenguajes de programación	136
8.4.3 Normativa sobre elaboración de proyectos	136
8.4.4 Normativa sobre seguridad	136
8.4.5 Normativa sobre materiales y equipos	136
8.5 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	138
8.5.1 Condiciones Técnicas Generales	138
8.5.2 Normativa aplicable y SSCC	138
8.5.3 Instalación cableado externo	138
8.5.4 Tipos de cableado externo	139
DOCUMENTO 4 – PRESUPUESTO	141
9.1 PRESUPUESTO	142
9.1.1 Introducción	142
9.2 MEDICIONES	143
9.3 PRECIOS UNITARIOS	144
9.3.1 Precios Material Suministrado	144
9.3.2 Precios Personal	145
9.4 PRECIOS DESCOMPUESTOS	146
9.4.1 Partidas de material	146
9.5 PRESUPUESTO FINAL	157
9.5.1 Presupuesto Material	157
9.5.2 Presupuesto Personal	157
9.5.3 Presupuesto Final	157

DOCUMENTO 5 – ANEXOS	158
10.1 ANEXOS RELATIVOS A LA NORMATIVA	159
10.2 ANEXOS RELATIVOS A LOS COMPONENTES	159
10.3 ANEXOS RELATIVOS AL PLIEGO DE CONDICIONES.....	159
 DOCUMENTO 6 – BIBLIOGRAFÍA	 161
11.1 LIBROS	162
11.2 ARTÍCULOS ACADÉMICOS	162
11.3 PUBLICACIONES ONLINE	163

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



DOCUMENTO 1

MEMORIA

CAPÍTULO 1 - TÍTULO

Sistema de Automatización Integrado para un buque de apoyo a plataformas.

CAPÍTULO 2 - DESTINATARIO

El destinatario del presente Proyecto es la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentará como Proyecto Fin de Carrera al objeto de obtener el título de Ingeniero Técnico Naval especialidad en Propulsión y Servicios del Buque.

CAPÍTULO 3 - OBJETO DEL PROYECTO

En este proyecto se ha desarrollado el estudio, diseño e instalación completa del sistema de automatización integrado (IAS) de un buque de apoyo a plataformas petrolíferas (PSV).

La función principal para la cual se va a diseñar y construir el buque va ser para dar apoyo a plataformas offshore. Para ello el buque va contar con una cubierta forrada de madera de más de 1.000 metros cuadrados sobre los que transportar cargas de hasta 10 toneladas por metro cuadrado sobre la que transportar cualquier tipo de mercancía, además de los tanques bajo cubierta en los que puede transportar cemento para el refuerzo de las perforaciones, o recoger los lodos derivados de las mismas o hasta 1.600 metros cúbicos de derrames de petróleo en el mar.

El buque va estar equipado con la tecnología más moderna y avanzada, con el fin de aumentar la seguridad, la comodidad y la eficiencia tanto del buque como de la tripulación a bordo.

El objetivo principal del proyecto va ser realizar el estudio, diseño e instalación del sistema de automatización integrado del buque de acuerdo a las características requeridas por el armador. Se tendrán en cuenta también las sociedades de clasificación y la normativa aplicable a la hora de realizar el proyecto.

CAPÍTULO 4 – AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

4.1 DEFINICIÓN AUTOMÁTICA

Según la Real Academia de las Ciencias la Automática es: “la disciplina que trata de métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la ejecución de una tarea física y mental previamente programada”.

Esta definición parte de un concepto ligado a la revolución industrial, donde la automatización de procesos industriales llevó a una visión de reducción de operarios industriales por parte de empresarios y trabajadores. Esta visión reducida de la Automática recogida también en el diccionario de la Real Academia de la Lengua, no contempla la gran mayoría de las aplicaciones de la misma en campos donde un operador humano sería, simple y llanamente, imposible.

Una definición, en mi opinión, más acertada de la Teoría de Sistemas aparece en la Wikipedia: “La teoría general de sistemas o teoría de sistemas es un esfuerzo de estudio interdisciplinario que trata de encontrar las propiedades comunes a entidades (sistemas) que se presentan en todos los niveles de la realidad, pero que son objeto tradicionalmente de disciplinas académicas diferentes.”

Por último, quizá uno de los términos más populares para referirse al área de Control y Automática es el de Cibernética, definida como el estudio interdisciplinario de la estructura de sistemas complejos, con especial énfasis en los procesos de comunicación y mecanismos de control y realimentación. El término Cibernética, acuñado por Wiener, está basado en el griego *kybernetes* (pilotar/piloto de un barco), de la cual también proviene la palabra gobierno, lo que refleja claramente el espíritu del control automático.

Las distintas definiciones, que a su vez están relacionadas, destacan el hecho de que la Ingeniería de Sistemas y Automática es una ciencia en constante evolución y a su vez relativamente nueva.

4.2 HISTORIA DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Según los diferentes descubridores, la historia del control automático está repleta de innovaciones y logros. La historia del control automático se divide en cuatro periodos principales:

1. Hasta el año 1900: *Inicios*.
2. De 1900 a 1940: *Periodo preclásico*.
3. De 1935 a 1960: *Periodo clásico*.
4. De 1955 hasta nuestros días: *Control moderno*.
5. *Situación Actual*

4.2.1 Periodo Inicial

Los relojes de agua (klepsidras) creados en la Grecia antigua conseguían un caudal constante de agua de modo que la precisión que se obtenía solamente fue superada en el siglo XVII con el reloj de péndulo de Huygens. Estos dispositivos de la antigüedad (Ktesibios, siglo II a.C.) han sido considerados precursores del control automático.

James Watt ayudado por Boulton (1769) desarrolla el regulador centrífugo, empleado hasta entonces para controlar la separación de las piedras en molinos de viento, para mantener su máquina de vapor a una velocidad constante, a pesar de que a principios del siglo XVIII se desarrollaron otros sistemas para el control de la temperatura para distintas aplicaciones.

Este regulador centrífugo tenía inconvenientes tales como su gran tamaño y desde el inicio de su utilización se observaron oscilaciones en el funcionamiento de las máquinas de vapor que se atribuía a los defectos de fabricación de los mismos. Para solventar estos inconvenientes Siemens, a mediados del s.XIX intentó modificar el regulador dotándole de acción integral. Sin embargo, no tuvo una gran acogida en la práctica.

También, James Clerk Maxwell (1868), intentó establecer las condiciones del diseño de éstos para asegurar su estabilidad. Sin embargo, éste no logra su cometido, pero lo resuelven independientemente E.J.Routh en 1884 y A.Hurwitz en 1895.

Mientras tanto, en su tesis doctoral, “ Problème générale de la stabilité du mouvement”, Aleksander Lyapunov en 1892 trata el tema del estudio de la estabilidad de sistemas.

4.2.2 Periodo Preclásico

En esta etapa, se logra aplicar el control automático en el control de frecuencia y tensión en generadores eléctricos, en el control de temperatura y presión en calderas y en el control de timones y rumbo en los barcos.

En esta época también, cabe destacar, la contribución del inventor Leonardo Torres Quevedo con el “Ajedrecista” y el “Telekino”.

El “Ajedrecista” es uno de los primeros autómatas electromecánicos y el “Telekino” es el primer ejemplo de control remoto a través de ondas de radio. Éste además establece la diferencia entre control de procesos y automatización.

Durante las primeras décadas del s. XX se continúa extendiendo el control automático a distintos campos con la ayuda de reguladores electromecánicos. Lo que sucede en un principio es que estos actúan de una forma simplemente proporcional. Pero Minorsky (1922), presenta un estudio de reguladores de control de posición donde se analiza el control con términos proporcional, integral y derivativo (control PID).

Es Black en 1927, quien comprueba que utilizando una retroalimentación negativa era posible lograr amplificadores con gran linealidad, ruido reducido, y robustez ante el cambio de parámetro y gran precisión en su ganancia. Este invento, fue crucial para el desarrollo de las comunicaciones y del control. En este momento fue cuando se comenzó a utilizar el término “feedback” o retroalimentación.

4.2.3 Periodo Clásico

Los laboratorios Bell Telephone lograron grandes avances en la Teoría de Control gracias a que contaba con los siguientes empleados: Bode, Nyquist y Black.

Estos avances se debieron a el uso de mejores amplificadores electrónicos basados en válvulas de vacío y a la necesidad de mejorar los sistemas de telecomunicaciones.

Black fue quien abrió el camino introduciendo las representaciones gráficas en el plano complejo. Por otro lado, Nyquist , en 1932, fue quien proporcionó los criterios para analizar la estabilidad y diseñar sistemas realimentados a partir de los datos experimentales de respuesta en frecuencia.

Posteriormente, Bode probó la existencia de sistemas de fase mínima y desarrolló los conflictos de margen de fase y margen de ganancia.

En 1936 se crea la primera asociación científica dedicada especialmente al control: “American Society of Mechanical Engineers”.

Durante la Segunda Guerra Mundial, habría que destacar la labor de los laboratorios Bell que gracias a sus investigadores Bode, Shannon, Blackmann y Lowell impulsaron definitivamente el desarrollo de sistemas de control basado en métodos frecuenciales. Esta contienda, impulsó el desarrollo de los sistemas de control, especialmente en los campos de control de sistemas de radar, control de sistemas antiaéreos y sistemas de pilotaje automático.

Norbert Wiener, por otro lado, abordó el problema de la predicción y de los sistemas estocásticos para su aplicación a sistemas antiaéreos.

La mayoría de las técnicas de control que se basan en una respuesta frecuencial, y que, a su vez utilizan los métodos gráficos desarrollados por Bode, Hall, Nyquist y Nichols, abren la disciplina del control a un gran número de ingenieros, para poder aplicarlas tanto en el ámbito civil como en el militar.

Además de las técnicas en el dominio frecuencial, se comienzan a investigar nuevas

técnicas, especialmente en el MIT, basada en el cálculo operacional y en la transformada de Laplace. En este sentido son importantes las contribuciones de Brown y Hall.

A partir del uso de la transformada de Laplace y de las funciones de transferencia, se comienzan a utilizar los diagramas de bloques para expresar y analizar sistemas complejos de distinta naturaleza: mecánica, eléctrica y electrónica.

Fue también en la Segunda Guerra Mundial, cuando comenzaron a ser estudiados los sistemas muestreados de control aplicados al problema de seguimientos de trayectorias utilizando el radar. La naturaleza discontinua de éste hizo que los investigadores comenzaran a extender los conceptos de control en tiempo continuo a los sistemas inherentemente muestreados.

En 1949, Shannon realizó importantes estudios sobre muestreo y reconstrucción de señales. El más importante, quizá, fue su teorema de muestreo, que lo descubrió independientemente en 1949, a pesar de que en 1933 había sido ya descrito por Kotelnikov.

El problema de control en tiempo discreto, se abordó en un comienzo en el dominio frecuencial, utilizando las transformadas de Laplace y Fourier. A pesar de ello, pronto llegó a utilizarse la transformada Z, utilizada para resolver ecuaciones en diferencias, para afrontar los problemas de control. A comienzos de la década de los 50, Ragazzini y Zadeh por un lado y Barker por otro, utilizaron de forma extensiva la transformada Z para resolver problemas de análisis de sistemas, predicción y estudio de retenedores.

Durante esta década, se hicieron numerosos estudios sobre sistemas en tiempo discreto. Cabría destacar a Jury y Schroeder (1956) ya que introducen la transformada Z modificada para el estudio del comportamiento entre muestras, además, de popularizar las técnicas del Lugar de las Raíces para sistemas muestreados. Hubo otras contribuciones importantes durante esta época con respecto al análisis y control de sistemas en tiempo discreto. La Universidad de Columbia

realizó una gran aportación en base a la teoría de control de sistemas discretos, ya que allí trabajaron muchos investigadores del control tales como: Jury, Kalman, Zadeh, Friedland, Bertram y Kranc.

4.2.4 Control Moderno

A finales de la década de los años 50, Kalman fue una de las figuras más importantes en el desarrollo del control automático, gracias a sus contribuciones en control en tiempo discreto y en control en espacio de estados. Fue quien formuló también conceptos básicos como observabilidad y controlabilidad. Además Kalman recoge ideas de Pontryagin y de Bellman. Este último es quien introduce el principio de optimalidad y la programación dinámica entre 1948 y 1952. Las investigaciones de Bellman estuvieron dirigidas al uso de misiles. Este se plantea el problema de control desde el punto de vista de la optimización de un índice de comportamiento.

Pontryagin, en 1956 generalizó, basándose, en los modelos de estado, obtuvo el llamado principio del máximo, estableciendo los principios de control óptimo.

En 1960 Kalman resuelve el problema general de optimización con índice cuadrático tal y como se conoce en la teoría moderna de control y lo publica en el Boletín de la Sociedad Matemática Mexicana. Además, se plantea el problema de filtrado, dando lugar a la aparición de los conocidos filtros de Kalman (1960) y Kalman-Bucy (1961).

En sistemas no lineales se ponen a punto las técnicas de función descriptiva y plano de fase durante los años 50 y 60.

Durante este periodo, el increíble desarrollo de la microelectrónica, hizo posible el uso de minicomputadores en lo que se denominó control digital directo. Además, la aparición de PLC (Programmable Logic Controller) introducido en las fábricas de General Motors por la compañía MODICON (Modular Digital Computer), produjo una revolución en la automatización de procesos industriales.

El aumento de la complejidad de los sistemas de eventos discretos a tratar, y la disponibilidad de nuevas herramientas, llevó al desarrollo de teorías de análisis y desarrollo de este tipo de sistemas, similares a las técnicas de espacio de estados, entendiéndose los sistemas de eventos discretos dentro de la disciplina de la Ingeniería de Sistemas.

También habría que mencionar que en una fábrica de General Motors en 1961, se instaló el Unimate como pionero de la robótica moderna, que fue creado por George Devol en 1954.

4.2.5 Situación Actual

La teoría de control moderna comportó la necesidad de modelos relativamente precisos del sistema, ya que, en muchos casos, los diseños obtenidos eran muy sensibles a errores de modelado. Este problema llevó a la aparición de varias líneas de investigación, en identificación de parámetros, en control robusto y control adaptativo.

Cabe resaltar el control adaptativo introducido por Landau en 1979 y que ha sido ampliamente utilizado en la industria para el control de procesos cuyo modelo no se conoce totalmente o sistemas cuyos parámetros varían en el tiempo.

Las tendencias actuales de control han surgido, en gran parte de la necesidad de resolver los problemas ocasionados por las incertidumbres, perturbaciones o presencia de no linealidades. En este sentido, han aparecido y siguen apareciendo nuevas líneas de investigación en control, tales como Control no Lineal, Control Robusto, Control en Modos Deslizantes, Control Predictivo basado en Modelos, Control Experto, Control Borroso, Control Neuronal, y un larguísimo etcétera.

4.3 INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

La automatización industrial es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales.

Se trata de una rama de la ingeniería que abarca áreas como los sistemas de control, instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

La automatización industrial ha efectuado un enorme progreso en las últimas décadas. Elementos de hardware cada día más potentes, la incorporación de nuevas funcionalidades, y el desarrollo de las redes de comunicación industrial permiten realizar en tiempos mínimos excelentes sistemas de automatización industrial.

En la industria actual, la mayor parte de los procesos de fabricación son automatizados. En los sistemas automatizados la decisión, la inteligencia que realiza las acciones de fabricación, no la realiza el ser humano. La inteligencia del proceso esta contenida en la unidad de control o mando del sistema de fabricación.

La realización tecnológica de esa inteligencia ha adoptado diferentes formas o implementaciones a lo largo de la historia industrial. Desde automatismo puramente mecánicos hasta los autómatas programables actuales.

Actualmente se puede afirmar que la mayoría de los procesos automatizados están controlados por autómatas programables y en menor medida por sistemas de control de proceso y reguladores industriales.

La combinación de la inteligencia de los autómatas programables con los actuadores industriales, así como el desarrollo de los sensores cada día más especializados, permite que se automatice un mayor número de procesos, liberando al ser humano tanto de tareas de gran complicación intelectual como de realizar esfuerzos

innecesarios. En los últimos años el mercado de los productos de automatización cambia y se incrementa continuamente tanto en sus gamas de productos como en nuevos elementos para implantar y configurar instalaciones automatizadas. La potencia de los autómatas programables ha aumentado considerablemente dejando de ser unos lentos elementos de control a pasar a ejecutar complicadas aplicaciones de control con un tiempo de computo mínimo y con una alta fiabilidad.

En las gamas de autómatas se ha ido incorporando toda una gama de nuevos módulos para funciones especiales como el control de ejes, el pesaje, la comunicación y algunos otros. Desde la industria automotriz, hasta la de alimentos y bebidas, la automatización de procesos se ha vuelto más avanzada y, por lo tanto, más compleja. Nuevas herramientas de monitoreo, control, producción y administración han salido al mercado para automatizar la línea de producción.

Sin embargo, no todas las herramientas funcionan para todas las plantas ni para todo el personal, todo depende de las necesidades del proceso, la empresa y el puesto que usted desempeñe en la producción.

Los elementos que intervienen en un sistema de automatización pueden clasificarse en niveles según su funcionalidad. Suelen representarse los niveles de control de un proceso productivo de la siguiente forma:



Ilustración 4.1 – Pirámide de la Automatización

Nivel 0 – Red de campo: Formado por equipo en el frente de batalla, el que está en contacto directo y tiene repercusión directa con el proceso. Estos pueden ser todo tipo de sensores, actuadores, robots, motores, hidráulica, etc.

Nivel 1 – Red de control de proceso: En este nivel se lleva a cabo la regulación, la operación y el control del proceso a través de programación para procesar las señales que se generan en el campo. Los elementos que encontramos en este punto cuentan con inteligencia local, dígame PLCs, computadoras o HMIs, que se comunican directamente con los equipos de campo.

Nivel 2 – Red de operación y supervisión: Corresponde a los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos. Enlaza, principalmente, celdas de producción y computadoras con equipo de observación como puede serlo un sistema SCADA. Es por esto que en este nivel es importante contar con equipo que integre los diferentes protocolos de comunicación de los equipos en el nivel 2, es decir, los lenguajes que distintos PLCs hablan como PROFINET, ETHERNET IP, DEVICE NET, etc.

Nivel 3 – Red de Operación o Planificación: Nivel encargado en el seguimiento del producto, gestión del stock y, a grandes rasgos, la ejecución de la producción.

Nivel 4 – Red de Información o Gestión: Aquí es donde se administran los recursos empresariales y se utilizan los famosos E.R.P. (Enterprise Resource Planning) desarrollador por ORACLE, S.A.P. y EPICOR.

4.4 SISTEMAS DE CONTROL

Un sistema de control es un conjunto de elementos que pueden regular su estado o el de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento determinado, con el mínimo error y fallos posibles.

En general, el funcionamiento de un sistema de control puede dividirse en tres fases:

1. Medir y recopilar información de las variables de proceso mediante sensores en planta.
2. Procesar los datos recogidos con otra información en un controlador.
3. Producir una o varias señales de control para los actuadores en planta.

En el siguiente ejemplo se muestra una planta sencilla cuya variable a controlar es la temperatura de un radiador mediante la apertura o cierre de una válvula de control.

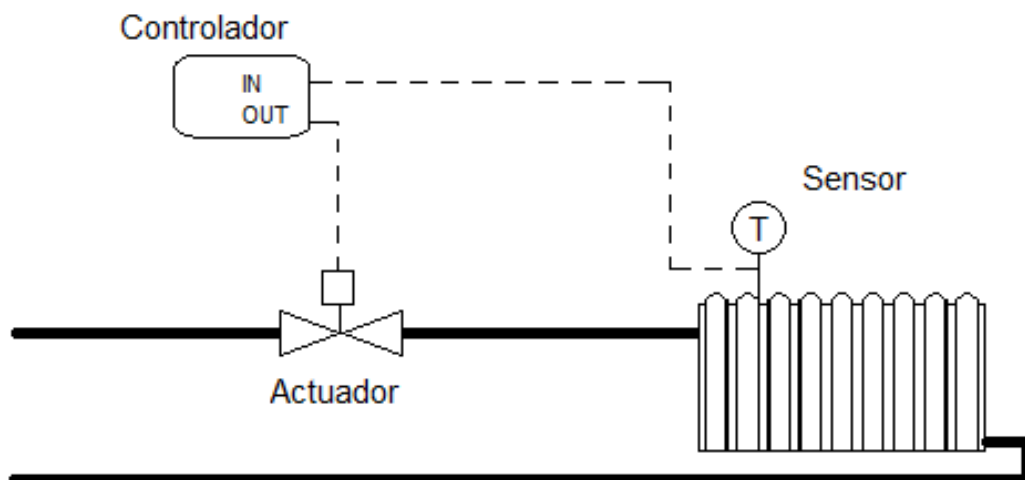


Ilustración 4.2 – Sistema de Control Sencillo

4.4.1. Sistemas de control en lazo abierto

Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

Un ejemplo de este tipo de control es el de una tostadora. El usuario ajusta en un temporizador el tiempo durante el cual una corriente eléctrica pasa a través de una resistencia, calentándose ésta y tostando el pan que tiene cerca. La variable a controlar es la temperatura de la rebanada de pan, pero el sistema no tiene modo de medirla y compararla.

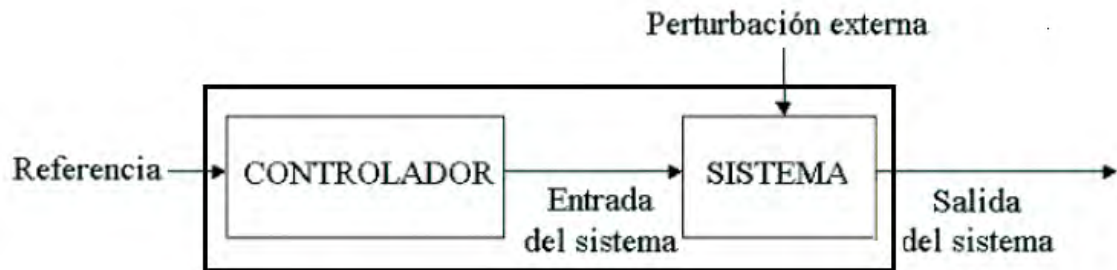


Ilustración 4.3 – Sistema de Control en lazo abierto

4.4.2 Sistemas de control realimentados o en lazo cerrado

Un sistema que mantiene una relación determinada entre la salida y la entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control, se denomina sistema de control realimentado. Un ejemplo sería el sistema de control de temperatura de una habitación. Midiendo la temperatura real y comparándola con la temperatura de referencia (temperatura deseada), el termostato activa o desactiva el equipo de calefacción o de enfriamiento para asegurar que la temperatura de la habitación se mantiene en un nivel confortable independientemente de las condiciones externas.

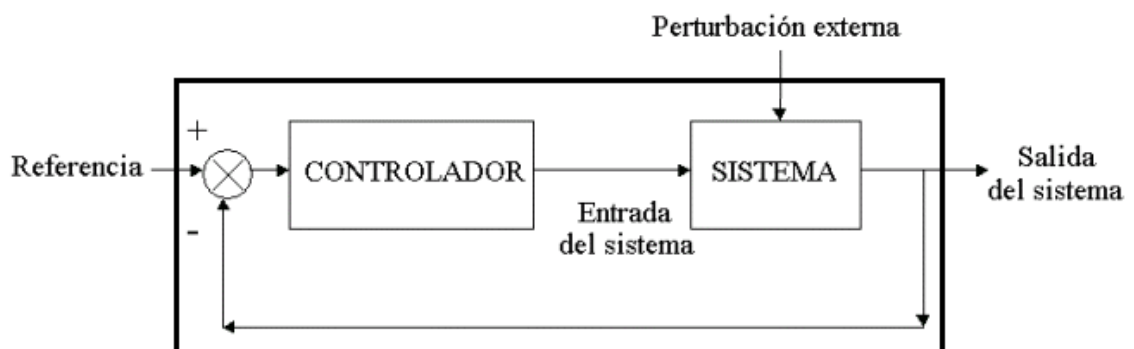


Ilustración 4.4 – Sistema de Control en lazo cerrado

4.5 CONTROLADORES

El controlador es el elemento que recibe todas las señales de los sensores distribuidos en planta y produce señales de control de acuerdo a esas entradas y al método de control que tengan programado.

Históricamente los controladores más populares han sido neumáticos y eléctricos, sin embargo en aplicaciones complejas en las que hay que procesar un gran número de señales de diferentes tipos se emplean controladores electrónicos o basados en micro controladores y microprocesadores.

Algunas características de los controladores electrónicos son:

- Funcionan con baja tensión.
- Admiten variedad de entradas: digitales, analógicas de tensión, de intensidad, elementos resistivos, termistores, termopares, etc.
- Pueden producir señales de control de tipo digital o analógico, también en tensión y corriente.
- Rapidez y flexibilidad.
- Interfaces de comunicación: capacidad para enviar y recibir datos útiles para combinar varios sistemas o para tareas de supervisión y control.

Los controladores mas usados en la actualidad son:

- Controladores Lógicos Programables (PLC)
- Controladores de Automatización Programables (PAC)
- Sistemas de Control Distribuidos (DCS)
- Unidad Terminal Remota (RTU)

4.5.1 Controladores Lógicos Programables (PLC)

Los PLC (Programmable Logic Controller) nacieron para sustituir la lógica de relés que se usaban como sistemas de control para los procesos industriales secuenciales o discretos. Los procesos discretos son aquellos que tienen dinámicas o se pueden modelar con sistemas de eventos discretos, estos procesos, normalmente tienen equipos tales como motores, válvulas, selectores, luces, botones, en fin equipos con un número pequeños de estados discretos (abierto, cerrado, marcha, parada, presionado, suelto, normal, en falla).

En este mismo sentido las primeras instrucciones del PLC eran contactos abiertos y cerrados, bobinas, temporizadores, flip-flop e incorporaban únicamente entradas y salidas discretas.

En la actualidad los PLC tienen la capacidad de manejar entradas y salidas analógicas, además tienen un conjunto de instrucciones bastante amplio para el manejo de ellas, y También se pueden conectar a un número amplio de redes industriales. Una ventaja que aún conservan los PLC frente al PAC y DCS es el precio, los PLC son más económicos.

4.5.2 Controladores de Automatización Programables (PAC)

Los PAC (Programmable Automation Controller) son equipos más recientes. Podemos ver a los PAC como un equipo de control que tiene las funciones de un PLC y otras funciones adicionales tales como:

- Manejo servomotores (control de movimiento)
- Procesamiento avanzado para señales analógicas
- Comunicaciones avanzadas, como puertas de enlace entre redes
- Conjunto de instrucciones para manejo de VDF

4.5.3 Sistemas de Control Distribuidos (DCS)

Los DCS (Distributed Control System) nacieron para reemplazar los controladores de señales analógicas, como por ejemplo los controladores PID, en un principio estos equipos solo contaban con entradas y salidas analógicas y las funciones para manejarlas. En la actualidad los DCS pueden manejar una gran cantidad de señales digitales, se conectan a una gran variedad de redes y a veces vienen con el HMI incorporado.

Sistemas de control distribuido también se refiere a aquellos sistemas de control donde los elementos de control están distribuidos por todo el proceso, en contraste con el control centralizado, en el cual la toma de decisiones es tomada en un solo controlador. En estos sistemas distribuidos suele haber más de un equipo de control y estos pueden ser una mezcla de PLC, PAC, RTU o DCS.

4.5.4 Unidad Terminal Remota (RTU)

Es un dispositivo electrónico, diseñado para tomar o enviar datos de un proceso por medio de entradas y salidas, analógicas y/o digitales, y enviarlos a un controlador.

Con frecuencia los RTU (Remote Terminal Unit) son instalados en sitios remotos y por esta razón se necesita que tengan algunas características tales como: capacidad de comunicación a grandes distancias (radio modem o GSM/SMS entre otras), bajo consumo, capacidad para almacenar datos, funcionamiento en amplio rango de temperatura, alimentación DC.

En el pasado distinguir entre el uso de un PLC y un DCS era muy sencillo, pero en la actualidad estos dispositivos han incorporado funciones de tal forma que ahora tienen muchas capacidades en común destinadas a resolver los mismos problemas. Esta diferencia se ve todavía mucho menos cuando se comparan los DCS con los PAC.

A diferencia del PLC la función principal de la RTU no es el control si no la adquisición de datos. Algunos PLC pueden funcionar como una RTU, ya que tienen todas sus funciones.

4.6 AUTÓMATAS PROGRAMABLES

Un autómata programable se puede considerar como un sistema basado en un microprocesador, siendo sus partes fundamentales la Unidad Central de Proceso (CPU), la Memoria y el Sistema de Entradas y Salidas (E/S).

4.6.1 Unidad Central de Proceso (CPU)

La CPU realiza el control interno y externo del autómata y la interpretación de las instrucciones del programa. A partir de las instrucciones almacenadas en la memoria y de los datos que recibe de las entradas, genera las señales de las salidas.

Los bloques fundamentales de la CPU son:

- ALU: Unidad de aritmética lógica, se encarga de operaciones lógicas y aritméticas.
- Acumulador: almacena el resultado de la última operación de la ALU.
- Flags: bits que indican el resultado de la operación almacenada en el acumulador (mayor o menor que, igual, positivo, negativo, etc.).
- Contador de programa: Encargado de leer las instrucciones del programa de usuario y seguir su secuencia de ejecución.
- Decodificador de instrucciones y reloj: Decodifica (por hardware o software) las instrucciones leídas y genera los pulsos de control.
- ROM monitor del sistema: memoria no accesible que almacena las secuencias de puesta en marcha, chequeos del sistema, respuestas a errores en la ejecución, etc.

4.6.2 Memoria

La memoria se divide en dos bloques, la memoria de solo lectura o ROM (Read Only Memory) y la memoria de lectura y escritura o RAM (Random Access Memory). En la memoria ROM se almacenan programas para el correcto funcionamiento del

sistema, como el programa de comprobación de la puesta en marcha y el programa de exploración de la memoria RAM.

La memoria RAM a su vez puede dividirse en dos áreas:

- Memoria de datos, en la que se almacena la información de los estados de las entradas y salidas y de variables internas.
- Memoria de usuario, en la que se almacena el programa con el que trabajará el autómatas.

4.6.3 Sistema de Entradas y Salidas (Input / Output)

El sistema de Entradas y Salidas recoge la información del proceso controlado (Entradas) y envía las acciones de control del mismo (Salidas).

Los dispositivos de entrada pueden ser pulsadores, interruptores, finales de carrera, termostatos, presostatos, detectores de nivel, detectores de proximidad, contactos auxiliares, etc.

Por su parte, los dispositivos de salida son también muy variados: Pilotos indicadores, relés, contactores, arrancadores de motores, válvulas, etc.

En el siguiente apartado se trata con más detalle este sistema.

Las entradas y salidas (E/S) de un autómatas pueden ser:

- Discretas
- Analógicas
- Numéricas
- Especiales

4.6.3.1 Discretas

Las E/S discretas se caracterizan por presentar dos estados diferenciados: presencia o ausencia de tensión, relé abierto o cerrado, etc. Su estado se puede visualizar mediante indicadores tipo LED que se iluminan cuando hay señal en la entrada o

cuando se activa la salida. Los niveles de tensión de las entradas más comunes son 5V cc, 24V cc/ca, 48V cc/ca y 220V ca. Los dispositivos de salida más frecuentes son relés, transistores y triacs.

4.6.3.2 Analógicas

Las E/S analógicas tienen como función la conversión de una magnitud analógica (tensión o corriente) equivalente a una magnitud física (temperatura, presión, grado de acidez, etc.) en una expresión binaria de 11, 12 o más bits, dependiendo de la precisión deseada. Esto se realiza mediante conversores analógico-digitales (ADC's).

4.6.3.3 Numéricas

Las E/S numéricas permiten la adquisición o generación de información a nivel numérico, en códigos BCD, Gray u otros. La información numérica puede ser entrada mediante dispositivos electrónicos digitales apropiados. Por su parte, las salidas numéricas suministran información para ser utilizada en dispositivos visualizadores (de 7 segmentos) u otros equipos digitales.

4.6.3.3 Especiales

Por último, las E/S especiales se utilizan en procesos en los que con las anteriores E/S vistas son poco efectivas, bien porque es necesario un gran número de elementos adicionales, bien porque el programa necesita de muchas instrucciones. Entre las más importantes están:

- Entradas para termopar y termo resistencia: Para el control de temperaturas.
- Salidas de trenes de impulso: Para el control de motores paso a paso (PAP).
- Entradas y salidas de regulación P+I+D (Proporcional + Integral + Derivativo): Para procesos de regulación de alta precisión.
- Salidas ASCII: Para la comunicación con periféricos inteligentes (equipo de programación, impresora, PC, etc.)

4.6.4 Ciclo de funcionamiento

Cuando se pone en marcha el PLC se realizan una serie de comprobaciones:

1. Funcionamiento de las memorias.
2. Comunicaciones internas y externas.
3. Elementos de E/S.
4. Tensiones correctas de la fuente de alimentación.

Una vez efectuadas estas comprobaciones y si las mismas resultan ser correctas, la CPU inicia la exploración del programa y reinicializa. Esto último si el autómata se encuentra en modo RUN (marcha), ya que de estar en modo STOP (paro) aguardaría, sin explorar el programa, hasta la puesta en modo RUN.

Al producirse el paso al modo STOP o si se interrumpe la tensión de alimentación durante un tiempo lo suficientemente largo, la CPU realiza las siguientes acciones:

- Detiene la exploración del programa.
- Pone a cero, es decir, desactiva todas las salidas.

Mientras se está ejecutando el programa, la CPU realiza en sucesivos intervalos de tiempo distintas funciones de diagnóstico (watch-dog en inglés). Cualquier anomalía que se detecte se reflejará en los indicadores de diagnóstico del procesador y dependiendo de su importancia se generará un código de error o se parará totalmente el sistema.

El tiempo total del ciclo de ejecución viene determinado por los tiempos empleados en las distintas operaciones. El tiempo de exploración del programa es variable en función de la cantidad y tipo de las instrucciones así como de la ejecución de subrutinas. El tiempo de exploración es uno de los parámetros que caracteriza a un PLC y generalmente se suele expresar en milisegundos por cada mil instrucciones. Para reducir los tiempos de ejecución, algunas CPU's constan de dos o más procesadores que operan simultáneamente y están dedicados a funciones específicas.

4.6.5 Equipos de programación

La misión principal de los equipos de programación, es la de servir de interfaz entre el operador y el autómata para introducir en la memoria de usuario el programa con las instrucciones que definen las secuencias de control.

Dependiendo del tipo de autómata, el equipo de programación produce unos códigos de instrucción directamente ejecutables por el procesador o bien un código intermedio, que es interpretado por un programa residente en el procesador (firmware).

Las tareas principales de un equipo de programación son:

- Introducción de las instrucciones del programa.
- Edición y modificación del programa.
- Detección de errores.
- Archivo de programas (cintas, discos).

Básicamente existen tres tipos de equipos de programación:

- Consola con teclado y pantalla de tubo de rayos catódicos (CRT) o de cristal liquido (LCD).
- Programador manual, semejante a una calculadora de bolsillo, más económico que la anterior.
- Ordenador personal con el software apropiado.

La conexión de la consola u ordenador al autómata programable se realiza mediante una conexión en serie (generalmente la RS-232C o la RS-422).

4.6.6 Equipos periféricos

Además de los equipos de programación, existen numerosos dispositivos que sin formar parte directa del autómatas, pueden conectarse al mismo para realizar distintas funciones. Normalmente se conectan a las salidas ASCII o a los canales de comunicación del autómatas.

Seguidamente se describen algunos de los equipos periféricos más comunes:

- Módulos de ampliación de entradas y salidas: Necesarios para aquellos procesos en los que la estructura de E/S del autómatas sea insuficiente.
- Módulos de tratamiento de datos: Son pequeños ordenadores que manejan distintos datos (contaje, tiempo, estado de E/S, etc.), para la elaboración de informes, gráficos, etc.
- Impresoras.
- Visualizadores alfanuméricos.
- Lectores de código de barras.

La forma de comunicarse el autómatas con sus periféricos puede ser unidireccional, cuando se establece en un sólo sentido, o bien bidireccional, cuando se establece en los dos sentidos. Los enlaces para ambos tipos de comunicación suelen ser por lo general del tipo serie, siendo los más empleados los anteriormente mencionados RS-232C y RS-422, ambos de acuerdo con las normas de la EIA (Electronic Industries Association).

El RS-232C es el método de transmisión de datos más difundido, pero tiene la limitación de la distancia máxima de transmisión a 15 metros y la velocidad máxima de transmisión de 19.200 baudios (1 baudio = 1 bit/segundo).

El RS-422 resuelve en parte las limitaciones del RS-232C. La distancia de transmisión puede superar un kilómetro y la velocidad puede llegar a 10 Mbaudios.

4.6.7 Factores a tener en cuenta en la elección de un autómata programable

La elección del autómata programable es una de las partes clave en un proyecto de automatización ya que condicionará el desempeño del sistema de control, la flexibilidad del mismo frente a futuras modificaciones, y supone uno de los puntos fuertes de inversión del proyecto.

A la hora de seleccionar qué autómata utilizar para llevar a cabo el control de una instalación se deben analizar una serie de criterios que pueden ser agrupados en dos categorías: cuantitativos y cualitativos.

Criterios Cuantitativos

- Ciclo de ejecución
- Capacidad E/S
- Características de las E/S
- Módulos funcionales
- Memoria de programa
- Conjunto de instrucciones
- Comunicaciones o RDS
- Periféricos y programadores (PG)

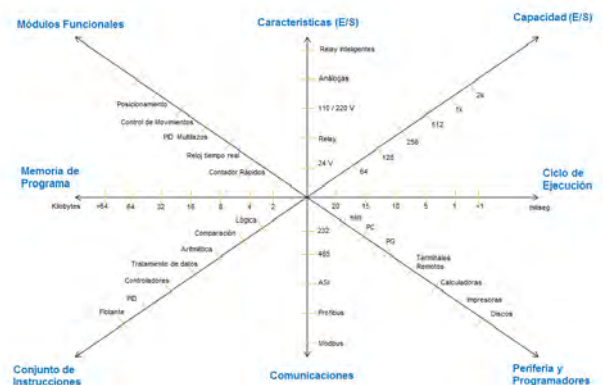


Ilustración 4.5 – Criterios cuantitativos

Criterios Cualitativos

- Ayudas al desarrollo de programas
- Fiabilidad del producto
- Servicios del suministrador
- Normalización de la planta
- Compatibilidad con equipos de otras gamas
- Coste

4.7 SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS

4.7.1 Introducción a los Sistemas SCADA

Un sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition, es un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente. Provee de toda la información que se genera en el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e intervención.

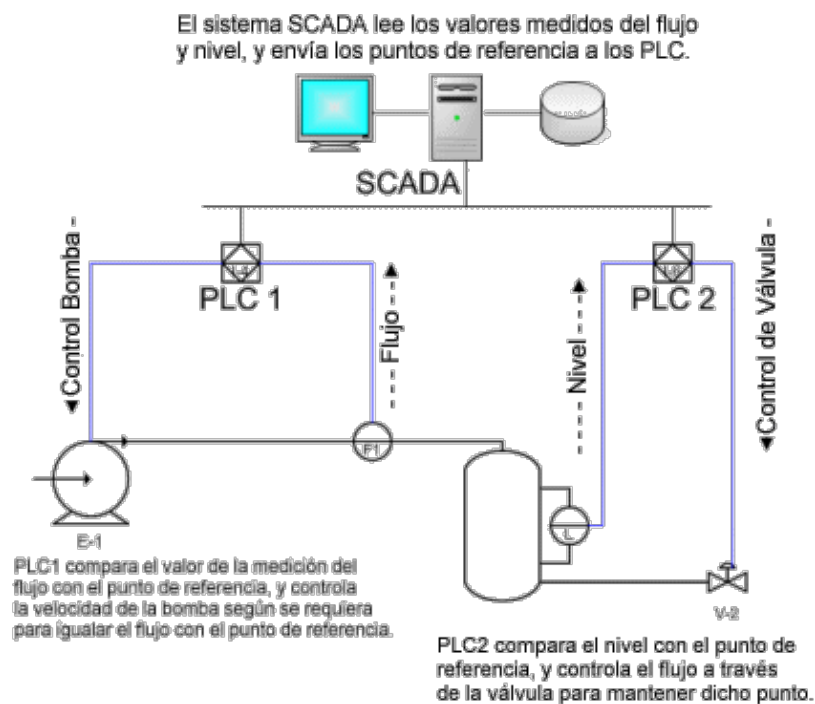


Ilustración 4.6 – Ejemplo de un sistema SCADA sencillo

Un sistema SCADA incluye un hardware de señal de entrada y salida, controladores, interfaz hombre-máquina (HMI), redes, comunicaciones, base de datos y software.

El término SCADA usualmente se refiere a un sistema central que monitoriza y controla un sitio completo o una parte de un sitio que nos interesa controlar (el

control puede ser sobre máquinas en general, depósitos, bombas, etc.) o finalmente un sistema que se extiende sobre una gran distancia (kilómetros / millas).

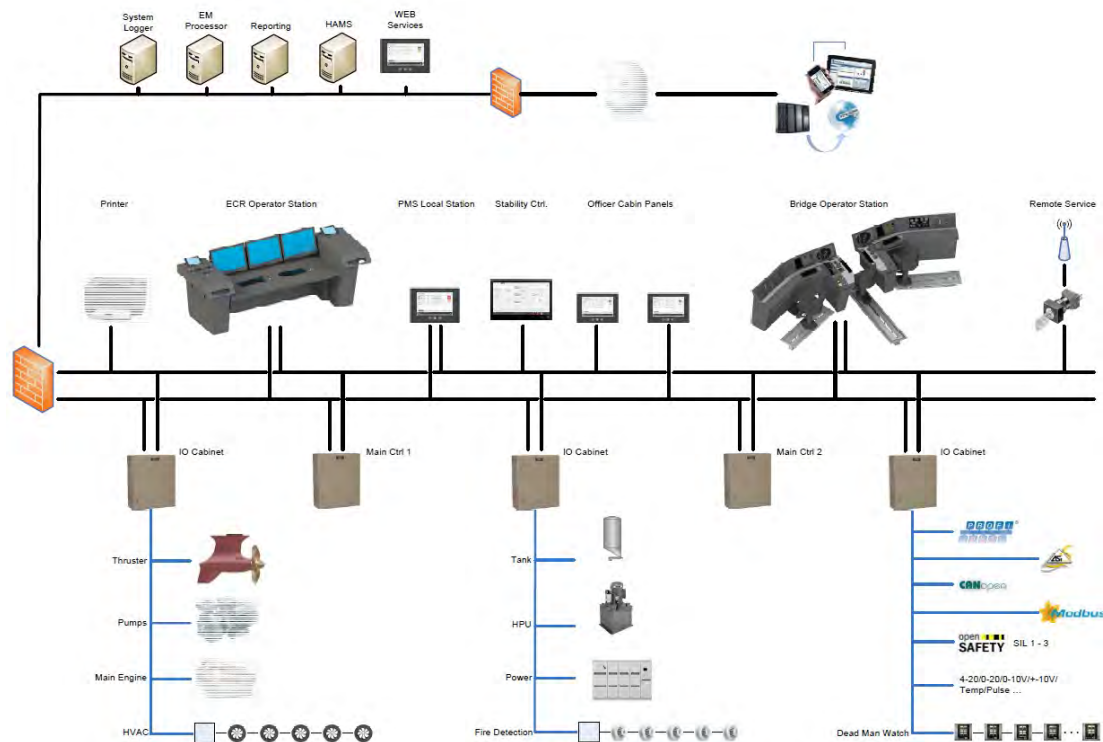


Ilustración 4.7 – Arquitectura Típica del sistema ACON-R (Rolls-Royce)

Los bloques software de un SCADA (módulos), permiten actividades de adquisición, supervisión y control.

Características

- Configuración: permite definir el entorno de trabajo del SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante gráficos sinópticos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.
- Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando pre-programadas a partir de los valores actuales de variables leídas.

- Gestión y archivo de datos: almacenamiento y procesado ordenado de datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- Comunicaciones: transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y también entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

La mayor parte del control suele ser realizada automáticamente por una Unidad Terminal Remota (RTU), por un Controlador Lógico Programable (PLC) y más actualmente por un Controlador de Automatización Programable (PAC).

Las funciones de control del servidor están casi siempre restringidas a reajustes básicos del sitio o capacidades de nivel de supervisión.

Por ejemplo un PLC puede controlar el flujo de agua fría a través de un proceso, pero un sistema SCADA puede permitirle a un operador cambiar el punto de consigna (set point) de control para el flujo, y permitirá grabar y mostrar cualquier condición de alarma como la pérdida de un flujo o una alta temperatura.

El sistema SCADA también puede mostrar gráficas con históricos, tablas con alarmas y eventos, permisos y accesos de los usuarios...

Una de las partes más importantes de la implementación de SCADA son las alarmas. Una alarma es un punto de estado digital que tiene un valor "Normal" o un valor de "Alarma". La alarma se puede crear en cada paso que los requerimientos lo necesiten.

El sistema SCADA usualmente presenta la información al personal operativo de manera gráfica, en forma de un diagrama de representación. Esto significa que el operador puede ver un esquema que representa la planta que está siendo controlada.

SCADA es popular debido a esta compatibilidad y seguridad. Ésta se usa desde aplicaciones a pequeñas escalas, como controladores de temperatura en un espacio, hasta aplicaciones muy grandes como el control de plantas nucleares.

Para que la instalación de un SCADA sea perfectamente aprovechada, debe de cumplir varios objetivos:

1. Deben ser sistemas de arquitectura abierta (capaces de adaptarse según las necesidades de la empresa).
2. Deben comunicarse con facilidad al usuario con el equipo de planta y resto de la empresa (redes locales y de gestión).
3. Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware. También tienen que ser de utilización fácil.

4.7.2 Componentes principales de un sistema SCADA

Los tres componentes principales de un sistema SCADA son:

1. Múltiples Unidades de Terminal Remota (también conocida como UTR, RTU o Estaciones Externas).
2. Estación Maestra y Computador con HMI.
3. Infraestructura de Comunicación.

4.7.2.1 Unidad de Terminal Remota (RTU)

La RTU se conecta al equipo físicamente y lee los datos de estado como los estados abierto/cerrado desde una válvula o un interruptor, lee las medidas como presión, flujo, voltaje o corriente.

Por el equipo el RTU puede enviar señales que pueden controlarlo: abrirlo, cerrarlo, intercambiar la válvula o configurar la velocidad de la bomba, ponerla en marcha, pararla.

La RTU puede leer el estado de los datos digitales o medidas de datos analógicos y envía comandos digitales de salida o puntos de ajuste analógicos.

4.7.2.2 Unidad Terminal Maestra (MTU)

El elemento central de control de un sistema de adquisición de datos y control supervisorio es denominado Unidad Terminal Maestra (MTU) o Estación Maestra. Este término ha sido comúnmente utilizado para designar al sistema electrónico de computación que adquiere toda la data procedente de las unidades terminales remotas y que la presenta de una forma a una RTU para ejecutar una acción de control remoto. La capacidad funcional de una estación maestra incluye todas las tareas de recolección de datos y envío de comandos remotos. Adicionalmente las funciones de la MTU incluyen el almacenamiento de data histórica, programación, despacho y ejecución de tareas específicas tales como reportes y contabilidad de producción.

La transmisión de datos entre la estación maestra y las remotas generalmente se inicia por la primera, ya que el modo general de operación es la continua información almacenadas en la RTU. Esto significa que los mensajes de interrogación se transmiten a cada RTU de forma secuencial y luego que todas son interrogadas, el proceso vuelve a comenzar.

La estación maestra es generalmente un minicomputador o un microcomputador de altas prestaciones que contiene módulos de “software”, los cuales consisten en programas de aplicación específicos para llevar a cabo cada una de las tareas de la unidad. Cada módulo de “software” está interrelacionado con el resto para realizar la adquisición, el procesamiento y el almacenamiento de datos, la presentación de despliegues alarmas, generación de reportes, envíos de comandos, etc.

Las funciones de un sistema computacional maestro son gobernadas por el sistema operativo. El almacenamiento y adquisición de datos, la interfaz humano – máquina y demás programas de aplicación son todas funciones de software dentro del sistema computacional basadas en las capacidades que ofrece su sistema operativo. El operador sentado frente a una consola de operación, la cual cuenta con una unidad de despliegues visuales y un teclado, y un sistema independiente conectado a él, es capaz de monitorear y controlar las operaciones de un proceso remoto. Sin embargo, todas las funciones son gobernadas mediante software.

En un sistema SCADA pequeño, la unidad terminal maestra puede estar en un solo computador. A gran escala, la unidad terminal maestra puede incluir muchos servidores, aplicaciones de software distribuido, y sitios de recuperación de información.

El paquete HMI para el sistema SCADA típicamente incluye un programa de dibujo con el cual los operadores o el personal de mantenimiento del sistema pueden cambiar la apariencia de la interfaz. Estas representaciones pueden ser tan simples como unas luces de tráfico en pantalla, las cuales representan el estado actual de un campo en el tráfico actual, o tan complejas como una pantalla de multiproyector representando posiciones de todos los elevadores en un rascacielos o todos los trenes de una vía férrea.

4.7.2.3 Infraestructura y Métodos de Comunicación

Los sistemas SCADA tienen tradicionalmente una combinación de radios y señales directas seriales o conexiones de módem para conocer los requerimientos de comunicaciones, incluso Ethernet e IP sobre SONET (fibra óptica) es también frecuentemente usada en sitios muy grandes como ferrocarriles y estaciones de energía eléctrica. Es más, los métodos de conexión entre sistemas pueden ser incluso a través de comunicación wireless (por ejemplo si queremos enviar la señal a una PDA, a un teléfono móvil) y así no tener que emplear cables.

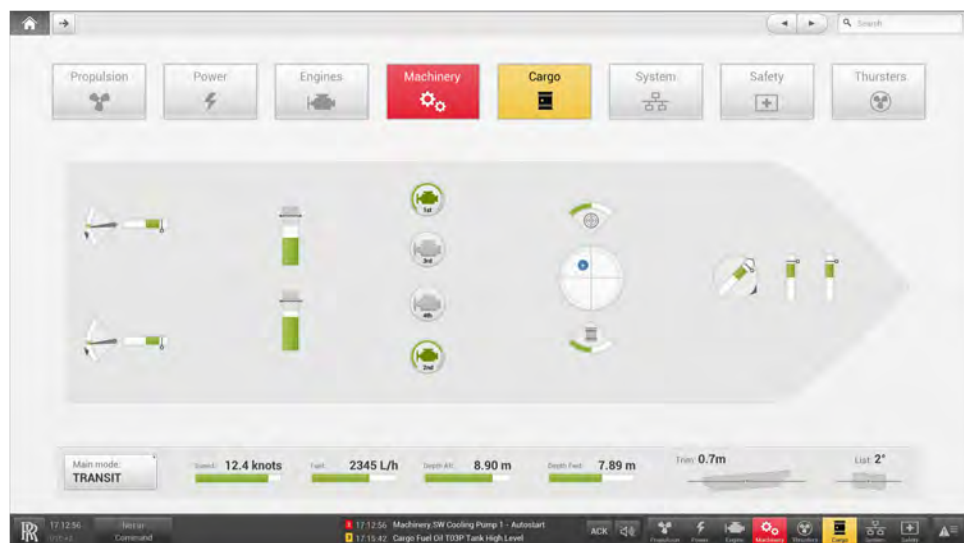
4.7.2.4 Interfaz Hombre – Máquina (HMI)

Una interfaz Hombre - Máquina o HMI ("Human Machine Interface") es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una "ventana de un proceso". Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en un ordenador. Los sistemas HMI en ordenadores se los conoce también como software (o aplicación) HMI o de monitorización y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas

de entrada/salida en el ordenador, PLC's, PACs, RTU o Driver's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorizar y de controlar múltiples sistemas remotos, PLCs y otros mecanismos de control. Aunque un PLC realiza automáticamente un control pre-programado sobre un proceso, normalmente se distribuyen a lo largo de toda la planta, haciendo difícil recoger los datos de manera manual, los sistemas SCADA lo hacen de manera automática. Históricamente los PLC no tienen una manera estándar de presentar la información al operador. La obtención de los datos por el sistema SCADA parte desde el PLC o desde otros controladores y se realiza por medio de algún tipo de red, posteriormente esta información es combinada y formateada.

Un HMI puede tener también vínculos con una base de datos para proporcionar las tendencias, los datos de diagnóstico y manejo de la información así como un cronograma de procedimientos de mantenimiento, información logística, esquemas detallados para un sensor o máquina en particular, incluso sistemas expertos con guía de resolución de problemas.



I

Ilustración 4.8 – Ejemplo de HMI del Sistema ACON-R (Rolls-Royce)

4.8 REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Las comunicaciones deben poseer unas características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real. Además, deben resistir un ambiente hostil donde existe gran cantidad de ruido electromagnético y condiciones ambientales duras.

En el uso de comunicaciones industriales se pueden separar dos áreas principales:

- Comunicación a nivel de campo.
- Comunicación hacia el SCADA.

En ambos casos la transmisión de datos se realiza en tiempo real o, por lo menos, con una demora que no es significativa respecto de los tiempos del proceso, pudiendo ser crítico para el nivel de campo.

4.8.1 Bus de Campo

Un bus de campo es, en líneas generales, “un sistema de dispositivos de campo (sensores y actuadores) y dispositivos de control, que comparten un bus digital serie bidireccional para transmitir informaciones entre ellos, sustituyendo a la convencional transmisión analógica punto a punto”. Permiten sustituir el cableado entre sensores- actuadores y los correspondientes elementos de control. Este tipo de buses debe ser de bajo coste, de tiempos de respuesta mínimos, permitir la transmisión serie sobre un bus digital de datos con capacidad de interconectar controladores con todo tipo de dispositivos de entrada-salida, sencillos, y permitir controladores esclavos inteligentes.

Las señales de procesos industriales, originadas a pie de máquina, se transmiten normalmente con un extenso cableado punto a punto, incluso haciendo uso de transmisores “inteligentes”. Esto significa que cada sensor o actuador situado en campo se encuentra conectado a los módulos de entrada/salida de los PLCs, utilizando un par de hilos por instrumento.

Cuando la distancia entre el instrumento y sistema de control comienza a ser considerable o cuando existen en el proceso un gran número de instrumentos, debemos tener en cuenta los costos de cableado, sobre todo cuando se establece la necesidad de un número extenso de conductores de reserva, de cara a futuras ampliaciones. Por estas razones, en la actualidad se está implantando definitivamente la filosofía de bus de campo. Con este sistema es posible la sustitución de grandes haces de conductores por un simple cable bifilar o fibra óptica, común para todos los sensores y actuadores, con el consiguiente ahorro económico que ello supone.

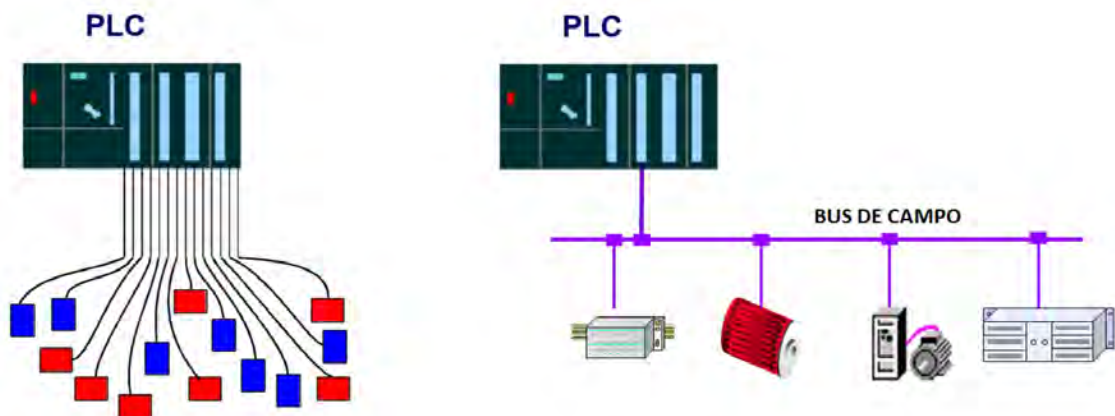


Ilustración 4.9 – Sistema de Cableado Vs Bus de Campo

Inicialmente, los buses de campo están muy poco normalizados, por lo que existe una gran variedad de ellos con diferentes características dependiendo de a qué aplicaciones estén destinados. Lo cierto es que actualmente cabe afirmar que los buses de campo están llegando a un periodo de madurez, planteándose la convivencia de un número reducido de estándares con posibles soluciones de comunicación entre ellos.

4.8.2 Buses de Campo y Niveles OSI.

El Modelo de referencia OSI fue desarrollado en 1980 por la ISO, una federación global de organizaciones que representa aproximadamente a 130 países. El núcleo de este estándar es el modelo de referencia OSI, una normativa formada por siete capas que define las diferentes fases por las que deben pasar los datos para viajar de un dispositivo a otro sobre una red de comunicaciones.

Se trata de una normativa estandarizada útil debido a la existencia de muchas tecnologías, fabricantes y compañías dentro del mundo de las comunicaciones, y al estar en continua expansión, se tuvo que crear un método para que todos pudieran entenderse de algún modo, incluso cuando las tecnologías no coincidieran. De este modo, no importa la localización geográfica o el lenguaje utilizado. Todo el mundo debe atenerse a unas normas mínimas para poder comunicarse entre sí. Esto es sobre todo importante cuando hablamos de la red de redes, es decir, Internet.

Este modelo está dividido en siete capas o niveles:

4.8.2.1 Nivel físico

Es la primera capa del Modelo OSI. Es la que se encarga de la topología de red y de las conexiones globales de la computadora hacia la red, se refiere tanto al medio físico como a la forma en la que se transmite la información.

4.8.2.2 Nivel de enlace de datos

Esta capa se ocupa del direccionamiento físico, del acceso al medio, de la detección de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo.

4.8.2.3 Nivel de red

Se encarga de identificar el enrutamiento existente entre una o más redes. Las unidades de datos se denominan paquetes, y se pueden clasificar en protocolos enrutables y protocolos de enrutamiento.

El objetivo de la capa de red es hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aun cuando ambos no estén conectados directamente. Los dispositivos que facilitan tal tarea se denominan enrutadores, aunque es más frecuente encontrarlo con el nombre en inglés *routers*. En este nivel se realiza el direccionamiento lógico y la determinación de la ruta de los datos hasta su receptor final.

4.8.2.4 Nivel de transporte

Capa encargada de efectuar el transporte de los datos (que se encuentran dentro del paquete) de la máquina origen a la de destino, independizándolo del tipo de red física que esté utilizando. Sus protocolos son TCP y UDP; el primero orientado a conexión y el otro sin conexión. Trabajan, por lo tanto, con puertos lógicos y junto con la capa red dan forma a los conocidos como Puertos IP.

4.8.2.5 Nivel de sesión

Esta capa es la que se encarga de mantener y controlar el enlace establecido entre dos computadores que están transmitiendo datos de cualquier índole. Por lo tanto, el servicio provisto por esta capa es la capacidad de asegurar que, dada una sesión establecida entre dos máquinas, la misma se pueda efectuar para las operaciones definidas de principio a fin, reanudándolas en caso de interrupción. En muchos casos, los servicios de la capa de sesión son parcial o totalmente prescindibles.

4.8.2.6 Nivel de presentación

El objetivo es encargarse de la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres los datos lleguen de manera reconocible.

Esta capa es la primera en trabajar más el contenido de la comunicación que el cómo se establece la misma. En ella se tratan aspectos tales como la semántica y la sintaxis de los datos transmitidos, ya que distintas computadoras pueden tener diferentes formas de manejarlas.

Esta capa también permite cifrar los datos y comprimirlos. Por lo tanto, podría decirse que esta capa actúa como un traductor.

4.8.2.7 Nivel de aplicación

Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico (Post Office Protocol y SMTP), gestores de bases de datos y servidor de ficheros (FTP). Hay tantos protocolos como aplicaciones distintas y puesto que continuamente se desarrollan nuevas aplicaciones el número de protocolos crece sin parar.

Idealmente, las especificaciones de un bus de campo deberían cubrir los siete niveles OSI, aunque lo más frecuente es que implementen solo tres (Nivel físico, nivel de enlace de datos y nivel de aplicación)

4.8.3 Buses Propietarios y Buses Abiertos

La existencia de un elevado número de buses de campo diferentes se debe a que cada compañía venía utilizando un sistema propio para sus productos, aunque en los últimos años se observa una cierta tendencia a utilizar buses comunes.

En buses de campo podemos distinguir:

Buses Propietarios: Son propietarios de una compañía o grupo de compañías, y para utilizarlos es necesario obtener una licencia, que es concedida a la empresa que la disfruta con una serie de condiciones asociadas, y a un precio considerable.

Buses abiertos:

- Las especificaciones son públicas y disponibles a un precio razonable.
- Los componentes críticos (como por ejemplo microprocesadores) también están disponibles.
- Los procesos de validación y verificación están bien definidos y disponibles en las mismas condiciones anteriores.

Las características fundamentales que el bus de campo debe cumplir, en lo referente a la conexión de dispositivos, son:

- *Interconectividad:* Al bus se deben poder conectar de forma segura dispositivos de diferentes fabricantes que cumplan el protocolo. Es el nivel mínimo, y no proporciona, en principio, ninguna ventaja.
- *Interoperabilidad:* Los dispositivos de diferentes fabricantes funcionan satisfactoriamente en el mismo bus.
- *Intercambiabilidad:* Los dispositivos de un fabricante pueden ser sustituidos por otros equivalentes, de otro fabricante, y seguir funcionando. Este es el objetivo final, y solo se consigue si las especificaciones son completas y se dispone de un sistema de prueba y validación.

4.8.4 Ventajas e Inconvenientes de los Buses de Campo

Los buses de campo, si son correctamente elegidos para la aplicación, ofrecen numerosas ventajas, como:

- *Flexibilidad:* El montaje de un nuevo instrumento supone la simple conexión eléctrica al bus y una posterior configuración/programación, normalmente remota (desde la sala de control). Si se trata de buses abiertos, resultará posible la conexión de instrumentos de distintos fabricantes al mismo bus.
- *Seguridad:* Transmisión simultánea de señales de diagnóstico de sensores y actuadores, permitiendo así instalaciones más seguras.
- *Precisión:* Transmisión totalmente digital para variables analógicas.
- *Facilidad de mantenimiento:* Resulta posible diagnosticar el funcionamiento incorrecto de un instrumento y realizar calibraciones de forma remota desde la sala de control. Esto permite localizar rápidamente conexiones erróneas en la instalación, con lo que los errores de conexión son menores y más rápidamente solucionados (reducción de los tiempos de parada y pérdidas de producción).
- Reducción de la complejidad del sistema de control en términos de hardware:
 - Reducción drástica del cableado.

- Se elimina la necesidad de grandes armarios de conexiones para el control del equipamiento asociado.
- Reducción del numero de PLCs.
- Reducción de tiempo de instalación y personal necesario para ello.

Por el contrario, el principal inconveniente que ofrece la utilización de un bus de campo es la posible rotura del cable de bus. Esto conllevaría la caída de todos los elementos que estuvieran conectados al bus y probablemente una parada general del proceso. Hay también que advertir que en la actualidad los buses de campo son muy robustos ante interferencias y entornos agresivos.

4.8.5 Normalización de los Buses de Campo

Se han realizado muchos intentos de normalización de buses de campo. Finalmente se establecieron una serie de reglas genéricas, incluidas en una norma de la IEC.

Dichas recomendaciones son:

- Nivel físico: bus serie controlado por maestro. Comunicación semidúplex en banda base.
- Velocidades: 1 Mbit/s para distancias cortas y de 64-250 Kbit/s para distancias largas.
- Longitudes: 40 m para la máx. velocidad y 350 m para velocidades más bajas.
- Número de periféricos: máx. de 30 nodos con posibles ramificaciones hasta 60 elementos.
- Cable: par trenzado apantallado.
- Conectores: bornes industriales DB9/DB25.
- Conexión – desconexión en caliente (on-line)
- Topología: bus físico con posibles derivaciones a nodos.
- Longitud máxima de las ramificaciones: 10 m.
- Aislamientos: 500V ca entre elementos de bus y campo.
- Seguridad intrínseca: opción de conectar elementos de campo con tensiones reducidas para atmosferas explosivas.

- Longitud mínima del mensaje: 16 bits.
- Transmisión de mensajes: posibilidad de dialogo entre cualquier par de nodos sin repetidor.
- Maestro flotante: posibilidad de maestro flotante.
- Implementación del protocolo: los chips para el protocolo deben estar disponibles comercialmente y no protegidos por patente.

Casi todas las especificaciones que se dan son de nivel físico, y están muy abiertas en los niveles de enlace y de aplicación, de ahí las grandes diferencias en modos de configuración entre unos buses y otros.

4.8.6 Buses existentes en el mercado

A continuación se muestra una tabla comparativa entre los buses de campo de más utilización en la industria, haciendo referencia a sus características técnicas.

Bus de Campo	Topología	Medio Físico	Velocidad	Distancia Segmento	Nodos por segmento	Acceso al medio
P-NET	Anillo	Par trenzado apantallado	76,8 kbps	1.200 m	125	Paso de testigo Maestro/esclavo
PROFIBUS	Bus lineal anillo Estrella Árbol	Par trenzado apantallado Fibras Óptica	Hasta 12 Mbps	Hasta 9,6 km y 90 km	125	Paso de testigo Maestro/esclavo
WORLDFIP	Bus Lineal	Par trenzado apantallado Fibras Óptica	Hasta 1 Mbps y 5 Mbps	Hasta 5 km y 20 km	64	Arbitro de Bus
HART	Bus Lineal	Cable 2 hilos	1,2 Kbps	3000 m	30	Maestro/Esclavo
MODBUS	Bus Lineal	Par Trenzado	Hasta 19,2 kbps	1 Km	248	Maestro/Esclavo
INTERBUS-S	Anillo	Par Trenzado	500 Kbps	400 m	256	Paso de Testigo
BITBUS	Bus Lineal	Par Trenzado Fibras Óptica	Hasta 1,5 Mbps	Hasta 1200 m	29	Maestro/Esclavo
CAN	Bus Lineal	Par Trenzado	Hasta 1 Mbps	Hasta 1000 m	127-64	CSMA/CD con arbitraje de bit
SDS	Bus Lineal	Cable de 4 hilos	Hasta 1 Mbps	500 m	64	CSMA

DEVICENET	Bus Lineal	Par Trenzado	Hasta 500 Kbps	Hasta 500 m	64	CSMA/CDBA
CONTROLNET	Bus Lineal Árbol Estrella	Coaxial Fibra Óptica	5 Mbps	Hasta 3000 m	48	CTDMA
SERIPLEX	Bus Lineal	Cable 4 hilos apantallado	98 kbps	1500 m	300	Maestro/Esclavo
AS-I	Bus Lineal Árbol Estrella	Cable 2 hilos	167 Kbps	Hasta 200 m	32-62	Maestro/Esclavo
LON WORKS	Bus Anillo Libre	Par Trenzado Fibra Óptica Red eléctrica Coaxial Radio Infrarrojos	Hasta 1,25 Mbps	Hasta 2700 m	64	CSMA/CA
ARCNET	Bus Estrella	Par Trenzado Fibra Óptica Coaxial	2,5 Mbps	122 m	255	Paso de testigo
M-BUS	Bus Lineal	Cable 2 hilos	Hasta 9,6 Kbps	1000 m	250	Arbitro de Bus
UNI-TELWAY	Bus Lineal	Par trenzado apantallado	Hasta 19,2 Kbps	20 m	Hasta 28	Maestro/Esclavo
COMPOBUS/S	Bus Lineal	Cable 2 o 4 hilos	Hasta 750 Kbps	Hasta 500 m	32	Maestro/Esclavo

Ilustración 4.10 – Tabla comparativa entre Buses de Campo

4.8.7 Características de los Buses de campo

4.8.7.1 P-Net

El protocolo P-NET tiene su nacimiento en la industria danesa, siendo publicado originalmente por la Internacional P-NET User Organisation ApS y más tarde recogido por el CENELEC.

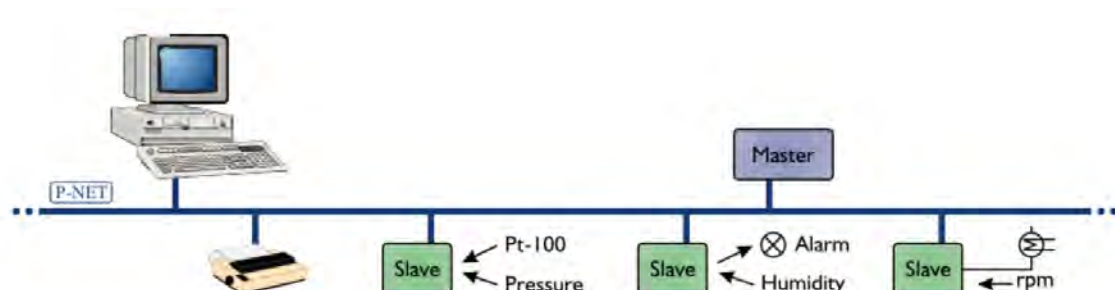


Ilustración 4.11 – Ejemplo de P-net

Para la conexión física usa el estándar RS-485 con transmisión asíncrona a 76.800 bps. Es una norma multiprincipal y multired, es decir, varios principales (másters) pueden conectarse al mismo bus y varios buses pueden interconectarse formando una red mayor mediante pasarelas (gateways). La segmentación hace posible que cada segmento de bus tenga un tráfico local independiente, con lo que se incrementa el ancho de banda del sistema global.

Hay 3 tipos de dispositivos que pueden ser conectados a una red P-NET: principales (másters), subordinados (slaves) y pasarelas (gateways).

Todas las comunicaciones están basadas en el principio de que un principal envía una petición y la estación subordinada direccionada devuelve una respuesta.

4.8.7.2 WorldFIP (World Factory Instrumentation Protocol)

Este protocolo ha sido impulsado por los fabricantes franceses (Cegelec, Telemecanique, etc.) y se normalizó con el nombre de FIP. En el año 1996, este protocolo fue recogido por la CENELEC en su norma EN 50170 con el nombre de WorldFIP.

Es un bus de campo diseñado para establecer comunicaciones entre el nivel de sensores/actuadores y el nivel de unidades de proceso (PLC, consoladores, etc.) en los sistemas automatizados.

4.8.7.3 HART (Highway Addressable Remote Transducer)

HART es un protocolo de comunicación digital que opera sobre un bucle de corriente convencional 4-20 mA. Utiliza una onda senoidal de baja frecuencia como portadora analógica de la información digital, mediante modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK: Frequency Shift Keying). Utiliza una frecuencia de 1.200 Hz para codificar un "1" y una frecuencia de 2.200 Hz para codificar un "0". Al tener su valor medio nulo, la señal modulada no afecta a la corriente del bucle. La velocidad de

transferencia de este protocolo es de 1.200 bps. y puede alcanzar distancias de 3.000 metros con el uso de cable de par trenzado apantallado.

El método de acceso al medio es un método de sondeo y selección principal-subordinado. Pueden existir hasta dos estaciones principales (primaria y secundaria). En un mensaje HART pueden ser transmitidas hasta cuatro variables de proceso y cada dispositivo puede tener un máximo de 256. Existe un modo de comunicación en ráfaga (burst), mediante el cual un subordinado difunde continuamente un mensaje de respuesta.

Admite configuraciones punto a punto y multipunto. En las configuraciones multipunto se puede conectar hasta 30 dispositivos sobre un cable de 2 hilos. En este caso no se utiliza la señal analógica y toda la información es transmitida mediante la comunicación digital HART.

El protocolo HART contempla tres tipos de órdenes:

- *Universales*: son entendibles por todos los dispositivos HART (por ejemplo, lectura del nombre del fabricante y tipo de dispositivo).
- *Uso Habitual*: son entendibles por la mayoría de los dispositivos HART, pero no por todos.
- *Específicas*: son exclusivas de cada dispositivo HART.

Existe un lenguaje de descripción de dispositivos (DDL: Device Description Language) que trata de aumentar la interoperabilidad a un mayor nivel que el proporcionado por las órdenes universales y de uso habitual, pudiendo configurar cualquier dispositivo HART mediante este lenguaje.

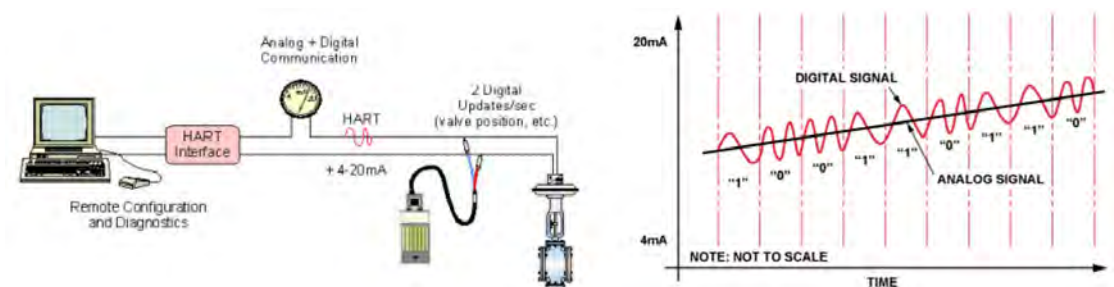


Ilustración 4.12 – Ejemplo del sistema HART

4.8.7.4 Modbus

Modbus es un protocolo de comunicación serie desarrollado y publicado por Modicon en 1979. En su origen el uso de Modbus estaba orientado exclusivamente al mundo de los controladores lógicos programables o PLCs de Modicon. Hoy por hoy el protocolo Modbus es uno de los protocolos de comunicaciones más común utilizados en entornos industriales, sistemas de telecontrol y monitorización.

El objeto de este protocolo es bien sencillo: La transmisión de información entre distintos equipos electrónicos conectados a un mismo bus. Existiendo en dicho bus un solo dispositivo maestro (Master) y varios equipos esclavos (Slaves) conectados.

En su origen estaba orientado a una conectividad a través de líneas serie como pueden ser RS-232 o RS-485, pero con el paso del tiempo han aparecido variantes como la Modbus TCP, que permite el encapsulamiento del Modbus serie en tramas Ethernet TCP/IP de forma sencilla. Esto sucede porque desde un punto de vista de la pirámide OSI, el protocolo Modbus se ubica en la capa de aplicación.

El hecho que se haya extendido su uso hasta convertirse en uno de los protocolos más extendidos en el sector industrial se debe a varias razones diferenciales respecto a otros protocolos:

El estándar Modbus es público, lo que permite a los fabricantes desarrollar dispositivos tanto Master como Slave sin royalties aplicados al protocolo. Este hecho facilita el acceso a la información y estructura del protocolo que, además, es muy básica pero funcional para su objetivo.

Desde un punto de vista técnico, su implementación es muy sencilla y en consecuencia el tiempo de desarrollo se acorta considerablemente respecto a otros protocolos en los que se complica la estructura de las tramas y en consecuencia el acceso a los datos que no están almacenados en estructuras complejas.

La transmisión de información no está comprometida a ningún tipo de datos. Lo que implica cierta flexibilidad a la hora del intercambio de información. Para expresarlo de forma más clara, si se transmite un dato de 16 bits de información su representación no está sujeta a ninguna restricción, por lo que puede tratarse de un dato tipo Word con signo, un entero sin signo de 16 bits o la parte alta de una

representación tipo Float de 32 bits, etc. La representación del valor vendrá definida por la especificación que el fabricante del dispositivo, lo que permite la representación de un amplio rango de valores.

El bus se compone de una estación activa (principal) y de varias estaciones pasivas (subordinadas). La estación principal es la única que puede tomar la iniciativa de intercambio de información, no pudiendo las estaciones subordinadas comunicarse directamente. Existen dos mecanismos de intercambio:

- *Pregunta/respuesta:* La estación principal transmite preguntas a una subordinada determinada, que a su vez transmite una respuesta a la principal.
- *Difusión:* La estación principal transmite un mensaje a todas las estaciones subordinadas del bus, que ejecutan la orden sin transmitir ninguna respuesta.

En una red Modbus existen 1 estación principal y hasta 247 estaciones subordinadas (direcciones en el rango 1 a 247). Sólo la principal puede iniciar una transacción. Para comunicarse con las estaciones subordinadas, la principal envía unas tramas que llevan:

1. La dirección del receptor.
2. La función a realizar.
3. Los datos necesarios para realizar dicha función.
4. Un código de comprobación de errores.

Cuando la trama llega a la estación subordinada direccionada, esta lee el mensaje, y si no ha ocurrido ningún error realiza la tarea indicada. Entonces la subordinada envía una trama respuesta formada por:

1. La dirección de la subordinada.
2. La acción realizada.
3. Los datos adquiridos como resultado de la acción.
4. Un código de comprobación de la acción.

Si el mensaje enviado por la principal es de tipo difusión (broadcast), o sea, para todas las estaciones subordinadas (se indica con dirección 0), no se transmite ninguna respuesta. Si la estación receptora recibe un mensaje con algún error, contesta a la principal con un código de error (Función ilegal. Datos de direccionamiento ilegales. Datos de valores ilegales. Fallo en el dispositivo, Mensaje rechazado).

En Modbus existen dos posibles modos de transmisión para las estructuras de las unidades de información (caracteres) que forman el mensaje:

ASCII (American Standard Code for Information Interchange). El sistema de codificación es hexadecimal y cada carácter consta de 1 bit de inicio, 7 bits de codificación de los datos, 1 bit de paridad (opcional) y 1 o 2 bits de parada, o sea, un total de 9 a 11 bits por carácter.

RTU (Remote Terminal Unit). El sistema de codificación es binario y cada carácter consta de 1 bit de inicio, 8 bits de codificación de los datos, 1 bit de paridad (opcional) y 1 o 2 bits de parada, o sea, un total de 10 a 12 bits por carácter. Los dispositivos Modbus usan interfaces serie compatibles con RS-232C y RS-485, siendo el bus capaz de transferir datos a velocidades de 19'2 Kbps y alcanzar distancias de 1 Km.

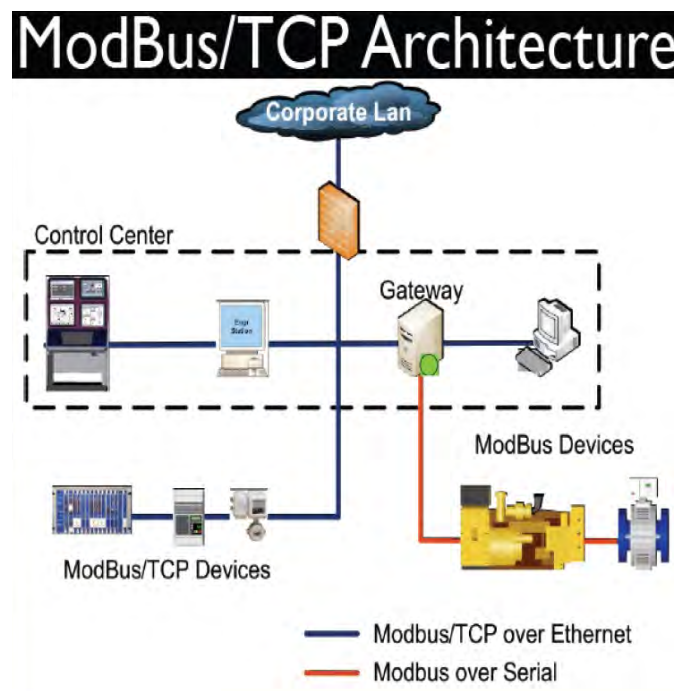


Ilustración 4.13 – Arquitectura Modbus

4.8.7.5 Interbus

El bus sensor/actuador Interbus fue desarrollado por la empresa alemana Phoenix Contact a mediados de los años ochenta, y se normalizó como DIN 19258. Phoenix Contact ofrece con este protocolo una familia de soluciones de bus de campo perfectamente acoplables entre sí, aplicándose en una gran diversidad de sectores.

Interbus trabaja con un sistema de acceso principal/subordinado, siendo topológicamente un sistema en anillo donde el conductor de datos de ida y de retorno se introduce dentro de un cable que pasa por todos los nodos. En el anillo que parte del principal pueden conectarse subsistemas en anillo subordinados para estructurar el sistema completo. Un sistema subordinado puede tener carácter local (bus periférico) que sirve para formar grupos de estradas/salidas locales dentro de un armario, o puede ser un sistema que acopla participantes descentralizados a lo largo de distancias grandes. El nivel físico se realiza con el estándar RS- 485, utilizando cables de par trenzado y precisando 5 hilos debido a la estructura del anillo y a la conducción adicional de una tierra lógica. El empleo de la estructura en anillo aporta dos ventajas determinantes para el sistema: por un lado, ofrece la posibilidad de emisión y recepción simultánea de datos (full dúplex) y, por otro lado, en un sistema en anillo se puede conseguir un mejoramiento del diagnóstico propio del sistema, ya que un sistema en anillo con acoplamiento activo de nodos permite una segmentación de la instalación en sistemas parciales eléctricamente independientes, pudiendo así detectar el punto de un fallo.

4.8.7.6 CAN (Controller Area Network)

Es un protocolo serie de comunicaciones que soporta control distribuido en tiempo real con un gran nivel de seguridad. Ha sido desarrollado por la firma Bosch en 1985 y soportado desde 1992 por la organización CiA (CAN in Automation). Se recoge como norma en la ISO 11898/11519 y su principal aplicación reside en la industria del automóvil, donde las unidades de control, sensores, sistemas antideslizamiento y otros sistemas a bordo de los coches se conectan usando un bus CAN a velocidades de hasta 1Mbps. También se usa en la electrónica del automóvil, como por ejemplo

en los grupos de luces y en las ventanas eléctricas, evitando así innecesario del cableado.

4.8.7.7 SDS (Smart Distributed System)

Este protocolo ha sido desarrollado por Honeywell y normalizado como ISO 11989. Es un sistema de bus basado en CAN y adecuado para comunicar sensores y actuadores inteligentes. Usa un cable de 4 hilos para reunir hasta 64 dispositivos direccionables individualmente con un máximo de 126 direcciones. Se recomiendan 4 posibles velocidades de transmisión, que son 125 Kbps, 250 Kbps, 500 Kbps y 1 Mbps (la velocidad del bus la fija la estación activa con la menor dirección). La distancia que se puede alcanzar depende de la velocidad de la red, siendo posible llegar hasta 500 metros.

4.8.7.8 DeviceNet

El protocolo DeviceNet es un estándar abierto que permite una solución de red económica al nivel de dispositivo. Está basado en la experimentada tecnología de red CAN, que tiene el soporte de los líderes de fabricación de sensores, actuadores y sistemas de control en la industria del automóvil. Fue desarrollado originalmente por Allen-Bradley, hoy en día Rockwell Automation, y actualmente es soportado por la organización ODVA (Open DeviceNet Vendor Association).

El protocolo DeviceNet contempla comunicaciones entre estaciones con la misma funcionalidad (peer-to-peer) y comunicaciones activa-pasiva (máster-esclavo). Puede funcionar a tres velocidades distintas: 125 Kbps (longitud máxima 500 metros), 250 Kbps (longitud máxima 250 metros), y 500 Kbps (longitud máxima 100 metros). La topología es la de un bus lineal, transportando por mismo cable de red los datos y la alimentación de los dispositivos. La longitud máxima de datos en una trama es de 8 octetos. El máximo número de nodos permitidos es de 64.

4.8.7.9 AS-I (*Actuator/Sensor Interface*)

Este protocolo ha sido desarrollado por la firma Siemens y define la comunicación y la gestión de ésta, entre un dispositivo de control con los sensores y actuadores correspondientes.

El bus AS-I (Interfase Actuador Sensor) se ajusta a los requisitos del nivel de automatización más bajo y es un estándar abierto. En AS-i operan actuadores y sensores en el primer nivel de control, por esto que también se le conozca como bus de dispositivos. Muchos fabricantes ofrecen sensores/actuadores inteligentes compatibles con AS-i tanto digitales como analógicos. AS-i es rápido, sencillo, rentable y una aplicación segura con futuro, dado que más de la mitad del mercado mundial de fabricantes de sensores y actuadores ofrecen productos compatibles con AS-i.

Se basa en un bus de dos hilos sin apantallar que puede tener una longitud máxima de 100 metros y que interconecta a una estación activa (máster) y un máximo de 31 estaciones pasivas (esclavos), con un máximo de 124 actuadores/sensores binarios (máximo de 4 unidades binarias o 1 unidad digital más compleja por estación pasiva). La estación activa interroga a todas las pasivas sucesivamente y espera la respuesta. La alimentación de los nodos conectados al bus se puede realizar a través del propio bus (24 VDC y hasta 100 mA por estación pasiva con un máximo de 2 A en total).

4.8.7.10 PROFIBUS (*PROcess FIeld BUS*)

PROFIBUS (PROcess FIeld BUS) es el bus líder en Europa impulsado por los fabricantes alemanes (ABB, AEG, Siemens, Bauer, Danfoss, Klöckner, Móeller, etc.). Se trata de un bus de campo abierto, que puede implementarse en diversas áreas como pueden ser fabricación, proceso y automatización de edificios.

Se encuentra estandarizado en la norma DIN 19245 (a principios de 1991) para mas tarde, en 1996, ser incluido por el CENELEC en la norma europea EN 50170, lo que le proporciona un gran nivel de confianza de cara al usuario, así como la posibilidad

de comunicación entre equipos de diferentes fabricantes sin necesidad de ajustes especiales de interface. Los primeros productos que se ajustan a esta norma comenzaron a aparecer en 1989 y se creó un grupo de usuarios denominado PROFIBUS Nutzerorganisation (PNO)

En la actualidad existen diferentes versiones de Profibus: Profibus-PA, Profibus-FMS, Profibus-DP, todas ellas ampliamente extendidas en el mundo y especialmente en el continente europeo.

PROFIBUS-DP (Periferia Descentralizada, DIN E 19245).

El protocolo PROFIBUS-DP se ha diseñado para la comunicación rápida con unidades periféricas descentralizadas, con rápidos tiempos de reacción. Hay numerosos dispositivos PROFIBUS ofrecidos por diversos fabricantes. Dichos dispositivos abarcan desde módulos sencillos de entradas o de salidas hasta controladores de motores y sistemas de automatización.

Por lo general, las redes PROFIBUS-DP incorporan un maestro y varios esclavos. La configuración del maestro le permite reconocer cuales tipos de esclavos están conectados, así como sus respectivas direcciones. El maestro inicializa la red y verifica si los esclavos coinciden con la configuración. Continuamente, el maestro escribe los datos de salida en los esclavos y lee de allí los datos de entrada. Una vez que un maestro DP haya configurado correctamente a un esclavo, éste ultimo le pertenecerá. Si hay otro maestro en la red, tendrá apenas un acceso muy limitado a los esclavos del primer maestro.

PROFIBUS-PA (Process Automation)

Es la ampliación de PROFIBUS-DP compatible en comunicación con una tecnología que permite aplicaciones en áreas con riesgo de explosión. La tecnología de transmisión de PROFIBUS-PA se corresponde con el estándar internacional IEC 1158-2.

PROFIBUS-FMS (Field Message Specification, DIN 19245)

Este protocolo es aplicable para la comunicación de autómatas en pequeñas células y para la comunicación con dispositivos de campo con interface FMS. En esta versión, la funcionalidad es más importante que conseguir un tiempo de reacción pequeño.

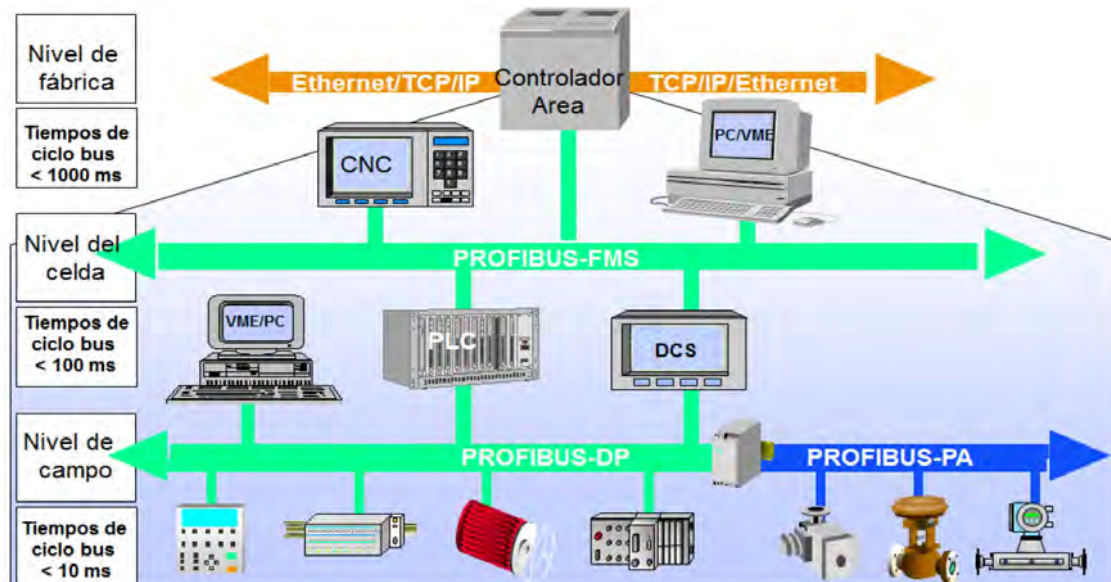


Ilustración 4.14 – Arquitectura de un Bus de Campo PROFIBUS

4.8.7.12 PROFINET

PROFINET es un estándar Ethernet abierto que cumple la especificación IEC 61158 para la automatización industrial. Este tipo de red permite conectar equipos desde el nivel del campo (Plcs y otros dispositivos) hasta el nivel de gestión (sistemas informáticos e internet). PROFINET permite una comunicación homogénea con la ingeniería cubriendo toda la planta industrial y de gestión apoyando las tecnologías de la información hasta el nivel del campo.

Al igual que una red Ethernet, Profinet utiliza el conjunto de protocolos TCP/IP para la transferencia de datos en toda la empresa y a todos los niveles.

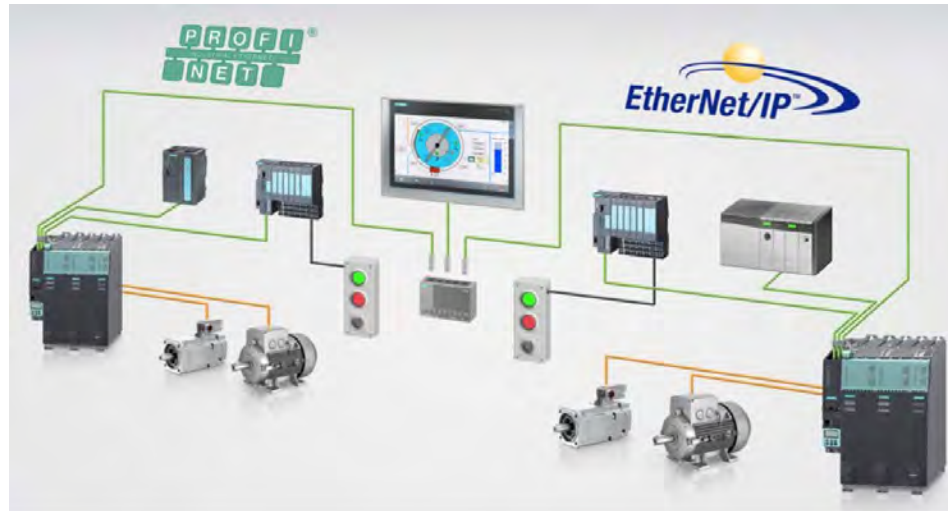


Ilustración 4.15 – Arquitectura de un PROFINET

PROFINET es la evolución de del estándar abierto de Ethernet industrial para la automatización. Utiliza Industrial Ethernet y permite la comunicación en tiempo real hasta el nivel de campo, aprovechando plenamente los estándares de las tecnologías de la información existentes. PROFINET tiene determinismo y permite establecer prioridades en la red, evitando así la saturación de la red e incrementando por tanto la seguridad en la comunicación.

Características de PROFINET:

- PROFINET I/O ofrece funcionamiento en “tiempo real” para datos de E/S cíclicos. Tiempo real significa programar/organizar el inter cambio cíclico con cada esclavo, con alta prioridad y tiempos fijos.
- Se pueden utilizar los cables y switches estándar de Ethernet
- Sistema Maestro-Esclavo, como en Profibus.
- Se configura como una red de campo.
- Los dispositivos ya no se direccionan mediante número de nodo, sino mediante un nombre
- Comunicación fácil, rápida, flexible y abierta.
- Protocolo abierto, estándar industrial.
- Tan sencillo como un bus de campo.
- Alta velocidad, tiempo de ciclo por dispositivo.

- 100 m entre dispositivos.
- Utiliza conectores industriales apantallados RJ45.
- Grandes velocidades de transmisión (10-100-1000 Mps).

4.8.7.13 ETHERNET

Ethernet (también conocido como estándar IEEE 802.3) es un estándar de transmisión de datos para redes de área local que utiliza los protocolos TCP/IP, bajo el método de control de acceso al medio conocido como CSMA/CD "Carrier Sense Multiple Access, with Collision Detection". CSMA/CD determina cómo y cuándo un paquete de dato es ubicado en la red. Antes de que un dispositivo Ethernet esté habilitado a transmitir datos, primero tiene que escuchar para asegurarse de que el medio está "libre" y no hay otros dispositivos transmitiendo. Así cuando la red está libre, los dispositivos inician la transmisión. Durante el proceso de transmisión, el dispositivo tendría que continuar escuchando la red para ver si algún otro dispositivo está también transmitiendo. Si no hay ningún otro, entonces el paquete de datos se considera enviado al receptor sin interrupciones. Sin embargo, si durante la transmisión detecta que otro dispositivo también está transmitiendo se puede dar una colisión de datos, así pues, ambos detendrán sus transmisiones y realizarán un proceso conocido como back-off en el que esperaran un tiempo aleatorio antes de intentar volver a transmitir nuevamente.

4.8.7.14 ETHERNET INDUSTRIAL

Ethernet Industrial es una potente red de área y célula de acuerdo con los estándares IEEE 802.3 (Ethernet) con la que se pueden crear redes de comunicación eficaces de gran extensión. Es un sistema que ofrece todo el potencial que ofrece Ethernet, pero utiliza medidas de seguridad, incluidas las de control de acceso y autenticación, seguridad en la conectividad y administración, a fin de asegurar y garantizar la confidencialidad e integridad de la red y ofrecer datos libres de interferencias.

Efectivamente, las redes Ethernet Industrial deben ser altamente confiables y seguir en funcionamiento durante duras condiciones ambientales, interrupciones accidentales de red y fallas de los equipos. La caída de una red puede ser peligrosa y cara. Un elemento clave de preocupación es el rendimiento de extremo a extremo. Por esto, el determinismo, es decir, la capacidad de garantizar que un paquete es enviado y recibido en un determinado periodo de tiempo, es un importante objetivo para el diseño de las redes industriales.

Al objeto de conseguir tal seguridad, las redes industriales utilizan dispositivos switch y procesadores de comunicación gestionados que permiten asegurar y garantizar la integridad de los datos y el establecimiento sin errores de la comunicación entre equipos.

CAPÍTULO 5 - SISTEMAS DE CONTROL MARINOS

5.1 HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL MARINOS

La historia de los sistemas de control marinos comenzó con el primer sistema automatizado en lazo cerrado creado por Elmer Ambrose Sperry (1860-1930), quien construyó, en el año 1911, el denominado “Metal Mike” un sistema de piloto automático giroscópico.

Este dispositivo realizaba prácticamente las mismas tareas que un experto piloto o timonel. El “Metal Mike” compensaba la variación de los estados del mar mediante el control de retroalimentación y los ajustes de ganancia automáticos.

Elmer A. Sperry ha alargado una larga sombra en la historia de la tecnología naval moderna, la náutica y tecnología aeronáutica. Aunque no sea conocido como un gran inventor, puede ser considerado como el “padre de la tecnología de navegación moderna” así como “el padre de los sistemas de control realimentados”. Sperry pasó a ser miembro de la Naval Consulting Board en el año 1915, por ello, pasó la próxima década trabajando en estrecha colaboración con la Armada americana, desarrollando girocompases, estabilizadores, pilotos automáticos, observatorios de bombas, sistemas automáticos de control de incendios y potentes focos para buques y aeronaves. Gran parte de esta tecnología fue desplegada por la Marina durante las guerras mundiales, y hoy en día sigue siendo utilizada de alguna forma en buques de todos los tamaños.



Ilustración 5.1 – Elmer Ambrose Sperry

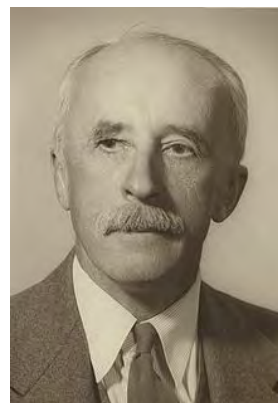


Ilustración 5.2 – Nicolas Minorsky

Uno años mas tarde, en 1922, Nicolas Minorsky (1885-1970) matemático de la teoría del control, ingeniero y científico aplicado ruso afincado en los Estados Unidos, fue quien presentó, un análisis detallado de un sistema de control de retroalimentación de posición en el que formuló una ley de control de tres plazos que hoy se denomina como control Proporcional-Integral-Derivado (PID). Minorsky es conocido por su análisis teórico, y la primera propuesta de aplicación, de los controladores PID que realizó en los sistemas de dirección automática para los buques de la armada de los Estados Unidos.

Minorsky estaba diseñando sistemas de dirección automática para la Armada de los Estados Unidos, y basó sus análisis observando al timonel, notando así que el timonel controlaba la nave no solo por el error actual, sino también en los errores pasados así como en la tasa actual de cambio, logrando así que Minorsky desarrollara un modelo matemático para esto. Su objetivo era lograr estabilidad, y no control general, lo cual simplificó el problema significativamente. Mientras que el control proporcional brinda estabilidad frente a pequeñas perturbaciones, era insuficiente para tratar perturbaciones constantes, como un vendaval fuerte el cual requería un término integral. Finalmente, el término derivativo se agregó para mejorar el control.

Se realizaron pruebas del controlador en el USS New Mexico (BB-40), donde este se encargaba de controlar la velocidad angular del timón. El control PI se mantuvo virando con un error de $\pm 2^\circ$. Al agregar el elemento D se logró un error del $\pm 1/6^\circ$, mucho mejor que lo que un timonel podría lograr. Esta es la razón por la cual los lazos PID fueron inventados. Para simplificar las labores de los operadores y ejercer un mejor control sobre las operaciones. Algunas de las aplicaciones más comunes son:

- Lazos de temperatura (aire acondicionado, calentadores, refrigeradores, etc.)
- Lazos de nivel (nivel en tanques de líquidos)
- Lazos de presión (para mantener una presión en tanques, tubos, etc.)
- Lazos de caudal (mantienen el caudal dentro de una línea o cañería)

5.2 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CONTROL MARINOS

Los sistemas de control marinos o cibernética marina es la ciencia que estudia las técnicas y métodos de análisis, monitorización y control de los sistemas marinos.

Los principales campos de aplicación de los sistemas de control marítimo son las tres grandes industrias marinas: transporte marítimo, perforación y explotación de petróleo y gas en alta mar (Offshore), y por último el sector de pesca y acuicultura.

Actualmente, la mayor parte de los sistemas de automatización marinos se instalan en la industria del transporte marítimo y los denominados buques offshore. En menor medida se instalan equipos de automatización en buques pesqueros, yates u otro tipos de buques. En los próximos años, los buques offshore van a realizar operaciones de perforación y/o exploración en aguas más profundas, van a necesitar equipos de control y seguridad mas complejos, por lo tanto, van a ser aún más demandantes de alta tecnología de automatización y control.

Por otro lado, la necesidad de realizar operaciones marinas durante todo el año en el espacio oceánico, el aumento de la industrialización dentro de las pesquerías y la acuicultura, la introducción de una tecnología más avanzada y la búsqueda de una mayor rentabilidad, entre otros factores, hace pensar que los sistemas de automatización y control marinos aumenten también en el ámbito de la pesca y/o acuicultura.

Por todo ello, se prevé que los sistemas de automatización marina experimenten un gran aumento de demanda en los próximos años en todos los sectores de la industria naval.

Los sistemas de automatización se instalan en todo tipo de buques, pero actualmente la demanda de este tipo de equipos se dan en los siguientes grupos de buques:

- *Industrial del petróleo y gas en alta mar (Offshore)*
- *Buques Mercantes*
- *Cruceros y Yates*

- *Buques Pesqueros*

En los buques, existen infinidad de parámetros que deben ser controlados y monitorizados, tales como: temperaturas, presiones, niveles, voltajes, corrientes, controles de flujo, viscosidades, alarmas digitales y analógicas, aperturas o cierre de equipo, posición de un buque, consumos, y un largo etc....

Los propietarios de los buques del sector marítimo demandan una mayor eficiencia con una disminución del personal a bordo además de mejorar la seguridad y viabilidad del buque, por ello, a medida que el sector marítimo impulsó a los armadores de los buques a ser más eficientes reduciendo el personal a bordo, la única solución viable para conseguirlo fue la implantación de los sistema de control y monitoreo automático para buques, los denominados espacios de máquina desatendida (Unattended Machinery Space).

Los buques capaces de una operación segura en cualquier período de tiempo califican como buques UMS.

Los sistemas de automatización y control modernos son sistemas totalmente integrados que abarcan muchos aspectos de la operación del buque. Incluye el funcionamiento de la planta de propulsión, operación de administración de energía de los motores auxiliares, operación de maquinaria auxiliar, operación de carga y descarga, operaciones de navegación y monitorización y control de todo tipos de alarmas a bordo del buque.

Como ejemplo, vamos a utilizar un buque offshore, en este caso un buque de suministro de apoyo a las plataformas (PSV) como el que se puede observar en la ilustración 5.3.

Los sistemas principales del buque los podemos sub-dividir en los siguientes grupos principales:

- Sistema de automatización y control marino (IAS)
- Sistemas de generación y manejo de energía (PMS)
- Sistemas de propulsión

- Sistemas auxiliares
- Sistema de Posicionamiento dinámico
- Sistemas de navegación automáticos
- Sistemas de seguridad
- Sistemas de amarre
- Sistemas especiales (En este caso, los sistemas para las tareas de exploración y/o perforación de petróleo y/o gas)



Ilustración 5.3 – Buque PSV Stril Luna

5.3 SISTEMAS INTEGRADOS DE AUTOMATIZACIÓN (IAS)

En la sector naval, existen dos direcciones principales para las soluciones de los sistemas de automatización:

- Sistemas de automatización integrados (Integrated Automation Systems)
- Sistemas de automatización independiente (Stand-alone systems)

Ambas soluciones se pueden encontrar en la mayoría de los tipos de buques. Sin embargo, dadas las complejas funcionalidades y tareas manejadas a bordo de un buque actualmente, la mejor opción son las soluciones integradas, especialmente en los buques con instalaciones complejas y avanzadas.

Los sistemas de automatización funcionan de acuerdo con el principio de multi-maestro. Cada componente es parte de un subsistema. Cada subsistema tiene los mismos derechos y funciona como una unidad de proceso independiente en el sistema general. Ésto asegura una operación segura del sistema, incluso si un subsistema individual falla.

Los sistemas integrados de alarmas se componen de:

- Funciones de control y monitorización de los motores, propulsión, sistemas de carga y lastre, sistemas de detección de incendios y gas, paradas de emergencia, entre otros...
- Sistemas de manejo y control de la potencia (PMS). Control de los generadores, recuperación después de un black-out, repartos de carga, etc....
- La interfaz de usuario o Interfaz Hombre-Máquina (HMI) es el medio con que el usuario puede comunicarse con una máquina, equipo, computadora o dispositivo, y comprende todos los puntos de contacto entre el usuario y el equipo. Normalmente suelen ser fáciles de entender y fáciles de operar, en el

ámbito de la informática es común referirse a ellos como "amigables e intuitivos".

- Controladores o estaciones de control de procesos los cuales ordenadores centralizados con una CPU escalable y capacidades de Entrada y salida.
- Buses de campo de comunicación a diferentes niveles de control.
- Cableado asociado a diferentes equipos y sistemas, segregación y tendido de cables.

Hoy en día, debido a la estandarización de las comunicaciones en el ámbito de la automatización, es relativamente fácil conectar varios sub-sistemas en una misma red de comunicación. La evolución de los sistemas interconectados en una misma red de comunicación, ha originado un estándar de comunicación a nivel internacional para los nuevos proyectos de automatización.

Es un desafío para los diseñadores y desarrolladores de estos sistemas el distinguir entre cuales son las redes de comunicación esenciales y las redes de comunicación importantes de un sistema de automatización ya que deben definir la redundancia de los sistemas esenciales y la interdependencia de los subsistemas.

5.4 SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN

En el negocio marítimo y sector de la construcción naval, las Sociedades de Clasificación son organizaciones que agrupan un número importante de profesionales, como inspectores de buques y de equipos marinos, Ingenieros y arquitectos navales, con el objetivo de promover tanto la seguridad de la vida humana en el mar, como la de los buques, así como también la protección del medio ambiente marino, asegurando elevados criterios técnicos para el proyecto, fabricación, construcción y mantenimiento de los buques mercantes y no mercantes.

La materialización de estos objetivos se logran mediante la ejecución de las siguientes tareas:

- Desarrollo de Reglas de Clasificación, las cuales constituyen la confirmación de que el diseño de los buques cumple con dichas reglas.
- Inspección de los buques durante el periodo de construcción.
- Inspecciones periódicas para confirmar que los buques continúan cumpliendo dichas reglas.

Las Reglas de Clasificación se diseñan para asegurar un nivel de estabilidad, seguridad e impacto ambiental entre otras cosas. Los Estados de abanderamiento requieren que los buques o estructuras marinas que naveguen bajo su bandera cumplan unos ciertos estándares; en la mayoría de los casos estos estándares se cumplen si el buque tiene el certificado de cumplimiento de un miembro de la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS) u otra Sociedad de Clasificación aprobada.

Ciertas Sociedades de Clasificación pueden estar autorizadas para inspeccionar buques y otras estructuras marinas y emitir certificados en nombre del estado bajo cuya bandera estén registrados los buques. Las delegaciones más frecuentes están relacionadas con la medición del arqueo y las líneas de carga, los Convenios SOLAS y MARPOL y las normas de la OMI para el transporte de mercancías peligrosas.

Por otra parte todo armador debe velar porque su buque este clasificado para poder asegurarlo. Dentro del sector marítimo, la clasificación es quizás el principal indicador de que un buque está debidamente construido y mantenido.

En la actualidad existen más de 50 SSCC que operan en todo el mundo, entre las más importantes podemos indicar las siguientes:

- ABS American Bureau of Shipping
- DNV Det Norske Veritas
- BV Bureau Veritas
- CCS China Classification Society
- CRS Croatian Register of Shipping
- GL Germanischer Lloyd
- KR Korean Register of Shipping
- LR Lloyd's Register
- NK Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK)
- RINA Registro Italiano Navale
- RS Russian Maritime Register of Shipping
- IRS Indian Register of Shipping

5.5 DOCUMENTACIÓN Y APROBACIÓN DE LOS SISTEMAS

Siguiendo toda la normativa y reglamentación impuesta por las sociedades de clasificación, los sistemas de automatización deben cumplir con todos los requisitos necesarios para obtener la certificación y aprobación del sistema.

La aplicación práctica de las reglas a la construcción y el transporte marítimo, se puede dividir en tres fases:

1. Revisión de los planos y documentos para asegurar que los detalles mecánicos, eléctricos y demás se ajustan a las reglas.
2. Inspección durante la construcción, en las que se comprueba que se ejecutan los planos aprobados, se utilizan métodos de fabricación adecuados y se cumplan las reglas, incluyendo la comprobación de los materiales, equipos y accesorios.

Durante esta fase se realizan diferentes pruebas para asegurarse de que el sistema funciona correctamente, realizando las correcciones pertinentes si fuera necesario.

Se realizan los siguientes test y verificaciones en orden cronológico:

- IAT (Internal Acceptance Test)
 - FAT (Factory Acceptance Test)
 - HAT / SAT (Harbour / Sea trial Acceptance Test)
 - FMEA (Failure Mode Effect Analysis)
3. Inspección periódica para mantener la clase. Se exige que los buques mercantes se sometan a un plan de inspecciones mientras están en servicio para comprobar su aceptabilidad para la clasificación. Los procedimientos de inspección para los buques existentes están, en general, consensuados por IACS para sus miembros y asociados.

5.6 PRINCIPALES SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN MARINA

En la actualidad existen infinidad de compañías que diseñan y suministran sistemas de automatización para el sector naval.

Teniendo en cuenta el rumbo y la importancia que se prevé que sigan adquiriendo estas tecnologías en el futuro cercano, debido al aumento de la demanda de la adquisición de datos, la importancia de la eficiencia energética, y en gran medida por el desarrollo e investigación que las grandes empresas están invirtiendo en los buques autónomos el sector de la automatización se espera que aumente y tome aún más importancia en el sector naval.

Las principales empresas internacionales que desarrollan los sistemas de automatización navales son:

- Rolls-Royce Marine Automation System
- Kongsberg Maritime
- Hoglund Maritime Automation AS
- ABB Marine
- Siemens
- Wartsilla
- Emerson
- Rockwell Automation
- P & S Automation
- General Electric

Compañías nacionales que distribuyen sistemas de automatización naval:

- Ingeteam
- Proelsur
- Norispan
- Diamar

CAPÍTULO 6 – REQUISITOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

Se comienza en este apartado explicando los buques de apoyo a plataformas, sus funciones y tipos, para entrar posteriormente a detallar los requisitos técnicos del armador a la hora de diseñar el proyecto.

6.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS BUQUES DE APOYO A PLATAFORMAS

Las cualidades que caracterizan a este tipo de buques y que suponen los parámetros del diseño de los mismos son:

Es necesaria una amplia cubierta de trabajo a popa del barco que sirve para la estiba de la carga: contenedores, anclas, cadenas, tubos, etc., lo que supone que toda la superestructura va situada a proa.

La mayoría de los espacios y tanques de carga a granel se destinan al almacén y transporte del combustible, agua potable y no potable, lodo de perforación, cemento pulverizado, así como productos químicos utilizados en el proceso de perforación.

Si es parte de las cláusulas del proyecto la necesidad de disponer de capacidad de tiro a punto fijo, se requiere la instalación, en la línea central del buque, de un chigre para remolque y manejo de anclas. Esta actividad impone tener una zona de cubierta amplia y libre de obstáculos.

La cámara de máquinas se encuentra en la zona central del buque. Ésta es la zona más amplia y dispone del espacio necesario para albergar los motores principales, las bombas contra incendios y los demás equipos. En este espacio los costados del buque tienen doble casco formando tanques, lo que otorga una seguridad adicional en caso de colisión.

La habitación está situada sobre la cubierta principal, encima de cámara de máquinas. El puente, encima de la habitación, está diseñado para obtener una

visibilidad óptima y, en algunos casos, está realzado de tal forma que entre él y la zona de habilitación se dispone un entrepuente adicional.

En estos buques la estabilidad es importante, por tanto, tienen que tener mangas más grandes en comparación a lo que sería normal para su eslora. Los requisitos de maniobrabilidad son altos y los barcos pueden incluso hasta girar sobre sí mismos. Además, se equipan con sistemas de posicionamiento dinámico, que permiten al buque permanecer quieto en una posición con la ayuda de referencias como satélites, láser y de tipo sonar.

En caso de emergencia se emplean como buques de rescate y cuentan con sistemas de lucha contra incendios (incluyendo fuegos externos). Algunos de estos buques están equipados con capacidad anti-polución y recuperación de equipos para ayudar en la tareas de contención y limpieza de vertidos en el mar.

Todas estas características describen las particularidades que diferencian a los buques de apoyo a plataformas de cualquier otro. Hay muchas posibles combinaciones de equipos, capacidad de carga, etc. con los que se puede armar estos barcos. Muchos de ellos se construyen para llevar a cabo un trabajo en particular y sus especificaciones serán inherentes al tipo de tarea que vayan a realizar.

6.2 TIPOS DE BUQUES DE APOYO

Se puede hacer una clasificación de distintos buques de apoyo a plataformas, atendiendo a la función que realizan. Los principales tipos de buques los podemos clasificar en los siguientes grupos:

Buques de apoyo a plataformas (PSV - Platform Supply Vessels): Pueden llevar a cabo tareas de aprovisionamiento siendo la función típica de estos barcos el transporte de tuberías, cemento, líquidos y carga hacia y desde tierra y las instalaciones mar adentro (offshore). Pueden utilizarse también como buques stand-by, de rescate, etc.

Anchor Handling Tug Supply (AHTS): Se encargan de hacer tareas de manejo de anclas, remolque de las plataformas de perforación, transporte de suministros y personal y extinción de incendios. Se diferencian de los PSV en que están equipados con grúas para remolque y para manejo de anclas, con una popa abierta que permita el trabajo con éstas.

Multi-purpose service vessels (MPSV): Son barcos para una amplia gama de tareas en alta mar, como alojamiento de personal, trabajos de vigilancia, la lucha contra derrames de hidrocarburos, la intervención de pozos, operaciones con ROV, tareas de construcción de las plataformas, instalación de tuberías flexibles, manejo de cables, y las normales funciones de suministro.

Well Stimulation Vessel: Intervienen en los yacimientos de petróleo o gas para aumentar la producción, mejorando el flujo de hidrocarburos de la zona de drenaje en el agujero del pozo.

Offshore Carrier: Para trabajos de transporte e instalación de plataformas. Ofrecen una solución flexible y modular para las obras de instalación en alta mar.

Safety Standby Vessel: Buques con el cometido de respuesta y rescate ante emergencias cerca de las plataformas offshore.

Fast Crew Supplier: Para el transporte rápido de tripulación y carga en ríos, puertos, aguas costeras y alta mar.

OSRV (Oil spill response vessels): Estos buques están especialmente diseñados y preparados para luchar contra posibles derrames de hidrocarburos en la mar.

Otros buques offshore especializados (Other Specialised offshore vessels): Incluyen otros buques especializados como de investigación, tendido de cables, maniobras de apoyo al buceo y maniobras con ROV, respuesta de emergencia, tareas de inspección, mantenimiento y reparación, o pequeños buques de perforación y FPSO.

6.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE DEL PROYECTO

1. Las características principales del buque:

- Nombre: Cloe Island
- Tipo de buque: (PSV)
- Constructor: Kleven Maritime AS
- Año de construcción: 2017
- Puerto de Registro: Aalesund (Noruega)
- Bandera: Noruega
- N° IMO: 9777226
- Indicativo e llamada: JIHP
- N° DNV: 32917
- N° MMSI: 277577000

2. Dimensiones principales:

- Eslora total: 92,8 m
- Eslora entre perpendiculares: 82,6 m
- Manga de trazado: 20 m
- Puntal: 8,2 m
- Calado Máximo: 6,8 m
- Peso Muerto: 5000 t

3. Planta eléctrica y propulsión:

- Tipo de propulsión: Diésel - Eléctrico
- Generadores principales: 4 generadores de 1920 kW cada uno
- Generador de puerto: 1 generador de 600 kW
- Generador de Emergencia: 1 generador de 200 kW
- Propulsión principal: 2 propulsores Azimutales 2500 kW cada uno
- Hélices de maniobra: 2 hélices de tobera de 883 kW cada una
- Hélice Azimutal abatible: 1 hélice azimutal abatible de 880 kW

4. *Capacidades del buque:*

- Combustible: 1085 m³
- Agua dulce: 1085 m³
- Agua de lastre: 3314 m³
- Recuperación de vertidos: 1600 m³
- Carga en cubierta: 2700 T
- Área de cubierta: 1030 m²

5. *Capacidades de los tanques:*

- Agua de lastre: 1850 m³
- Agua de perforación (Drill water): 1850 m³
- Agua dulce: 975 m³
- Combustible: 1085 m³
- Aceites de base (Base oil) : 180 m³
- Carga seca a granel (Dry bulk cargo): 365 m³
- Lodos (Mud): 900 m³
- Salmuera (Brine): 600 m³
- Metanol: 344 m³
- Productos especiales LFL/LFL: 344 m³
- Tanques de decantación (Slop tank): 55 m³

5. *Velocidad y Consumo:*

- Velocidad de servicio: 14 nudos – 14 m³ aprox. (3 generadores)
- Velocidad económica: 10 – 11 nudos – 7,5 m³ aprox. (1 generador)
- Velocidad máxima: 17 nudos - 20 m³ aprox. (4 generadores)

6. *Equipos de cubierta:*

- 1 Grúa plegable de 3t a 17 m

- 1 Grúa torre 3t a 16 m
- Maquinilla doble (Windlass / Mooring)
- Maquinillas de cubierta (Tugger winch) 15 t
- Cabrestantes 10 t

7. Equipos de Salvamento y Rescate:

El buque está preparado y equipado para 150 supervivientes de acuerdo a la normativa NMD. Para ello, dispone de los siguientes equipos a bordo:

- 1 Bote de rescate tipo Mare GTC 700
- 3 Cucharas de rescate (Dacon rescue scoop)
- 3 equipos de luces de rescate y búsqueda
- Hospital con múltiples equipos para proporcionar todo tipo de asistencia y atención a enfermos.

8. Sistema de posicionamiento dinámico (DP-2):

- Tipo: DP2
- DnV Class: DYNPOS – AUTR
- N° ERN: 77.77.77.77

9. Sistemas de navegación:

- 1 Sistema de cartas electrónicas.
- 1 Radar S-band.
- 1 Radar X-band.
- 1 D-GPS.
- 1 GPS.
- 3 Giroscopios.
- 1 Piloto Automático Tipo.
- 1 Ecosonda.
- 1 Registradora de los datos de navegación (VDR).

- 1 Sistema de identificación automática.

10. *Sistemas de Comunicación:*

La instalación del sistema de radio ha sido realizada de acuerdo con la normativa GMDSS – A3 (WW). Está compuesta por los siguientes equipos:

- 4 VHF.
- 1 NAVTEX.
- 4 VHF tipo Simplex.
- 1 Radiobaliza de emergencia automática (EPIRB)
- 1 Radiobaliza de emergencia manual (EPIRB)
- 2 Sistemas de identificación automática y Transmisor de búsqueda y rescate.
- 6 UHF Fijos
- 8 UHF móviles
- 2 teléfonos móviles.
- 2 teléfonos móviles con alta velocidad de transmisión.
- 3 Servicios satelitales móviles Inmarsat

6.4 NORMATIVA APLICABLE AL BUQUE DEL PROYECTO

El buque del proyecto va estar regulado por la sociedad de clasificación DNV GL. Además de cumplir con toda la normativa del DNV, el buque va cumplir con las siguientes normas y reglamentaciones internacionales:

- Regulación y Control del ruido y las vibraciones a bordo de los buques de acuerdo con la organización marítima Internacional (IMO).
- Código Internacional de gestión de la seguridad Código IGS (ISM Code)
- Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (Convenio SOLAS)
- Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, (Convenio MARPOL)
- Convenio internacional sobre normas de formación, titulación y guardia para la gente de mar.
- Convenio para facilitar el tráfico marítimo internacional.
- Convenio internacional sobre líneas de carga (CLL)
- Convenio internacional sobre búsqueda y salvamento marítimos (Convenio SAR)
- Convenio constitutivo de la Organización Internacional de Telecomunicaciones Marítimas por Satélite (INMARSAT)
- Convenio internacional relativo a la intervención en alta mar en casos de accidentes que causen contaminación por hidrocarburos
- Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias (Convenio de Londres)
- Convenio internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos.
- Protocolo sobre cooperación, preparación y lucha contra sucesos de contaminación por sustancias nocivas y potencialmente peligrosas (Protocolo de Cooperación-SNPP)
- Convenio internacional para el control y la gestión de agua de lastre y los sedimentos de los buques.

- Convenio internacional de Hong Kong para el reciclaje seguro y ambientalmente racional de los buques.
- Convenio internacional sobre salvamento marítimo.
- Convenio internacional sobre salvamento marítimo.
- Convenio internacional sobre arqueo de buques (Convenio de Arqueo)
- Orientaciones sobre el equipo de remolque y amarre a bordo (MSC Circular 1175)
- Convenio Noruego de recuperación de derrames de petróleo (NOFO 2009)

Certificados Internacionales:

- Certificado IOPP.
- Certificado ISPP.
- Certificado IAPP.
- Certificados ILO 92 e ILO 133.
- Certificado de mantenimiento del casco.
- Certificados de arqueo del canal de Suez y el canal de Panamá.
- Certificado de seguridad de construcción para buque de carga
- Certificado de seguridad del equipo para buque de carga
- Certificado de seguridad radioeléctrica para buque de carga
- Certificados médicos.
- Certificado GMDSS.

6.5 REQUISITOS TÉCNICOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

A continuación se hará una introducción a los principales elementos que intervienen en el sistema. No pretende ser una descripción exhaustiva pero si suficiente para comprender el entorno del proyecto y las soluciones adoptadas.

Para conseguir una vista más clara del sistema de automatización, agrupar todos los sistemas del buque que queremos controlar y/o monitorizar en el sistema de automatización. También vamos a calcular la cantidad de señales totales del buque y el tipo de comunicación requerido por el fabricante de cada equipo.

No vamos a entrar en los detalles técnicos del diseño del software para el buque, de las características técnicas de cada equipo, de la descripción de las alarmas, funciones del sistema de automatización y demás detalles a la hora de diseñar un sistema completo de automatización, ya que además de ser una trabajo muy complejo y largo, en esta ocasión vamos a considerar que esta gestión va ser realizada por la ingeniería técnica de la empresa de automatización. Solamente indicaremos los tipos de comunicación que se van a utilizar, y la cantidad de señales totales del proyecto.

Con el fin de facilitar el diseño del sistema de automatización vamos a dividir todos los equipos del buque en los siguientes grupos principales:

1. Generadores.
2. Propulsión.
3. Potencia.
4. Sistemas Auxiliares.
5. Seguridad.
6. Sistema Interno.
7. Sistema de Control de vigilancia de puente (BNWAS)

6.5.1 Generadores

- 4 Generadores Diesel

- Generador de puerto
- Generador de emergencia

6.5.2 Propulsión:

- Propulsión principal (Una a babor y la otra a estribor)
- Hélices de maniobra (Una a proa y una a popa)
- Hélice Azimutal abatible

6.5.3 PMS

El sistema PMS es un sistema independiente al sistema de automatización principal en este buque, por lo que no entraremos en detalle a la hora de realizar este proyecto.

La comunicación entre el sistema de automatización principal y el PMS será realizada por fibra óptica.

6.5.4 Sistemas Auxiliares

Este grupo lo vamos a subdividir en 2 grupos:

Sistemas de maquinaria:

- Fuel Oil (FO)
- Aceite Lubricante (LO)
- Agua dulce de refrigeración (FW Cooling)
- Aire Comprimido (Compressed Air)
- Ventilación
- Sistema de Reducción catalítica (SCR)
- Agua residuales (Sewage)
- Agua caliente (Hot water)
- Hidróforo (Hydrophore)
- Calentamiento de tanques

- Ventilación

Sistemas de Carga:

- Agua de lastre.
- Agua dulce.
- Combustible.
- Aceites de base.
- Sondas tanques.
- Lodos.
- Salmuera.
- Productos especiales.
- Metanol.
- Tanques de decantación.
- Contador de horas de funcionamiento.

6.5.5 Seguridad

- Estabilidad.
- Sentinas.
- Contraincendios

6.5.6 Sistema Interno

Los componentes requeridos por el armador, relativos a los componentes del sistema de automatización son los siguientes:

1. Se necesitan 5 estaciones de control, 2 en el control de maquinas, 1 en la zona de los cuadros principales y 2 en el puente de mando. Todas ellas van a estar equipadas con 2 pantallas táctiles de 24 pulgadas.

2. El buque va estar equipado con 7 paneles de extensión de alarmas, localizados en las siguientes zonas del buque:

- Camarote del jefe de máquinas (AP1)
- Camarote del primer oficial de máquinas (AP2)
- Camarote del segundo oficial de máquinas (AP3)
- Camarote del electricista (AP4)
- Puente de mando (AP5)
- Comedor (AP6)
- Gimnasio (AP8)

3. El buque estará equipado con 4 paneles del sistema de hombre muerto (Dead man System), los cuales estarán ubicados en la siguientes zonas del área de máquinas:

- Zona del control de máquinas (DMS 1)
- Zona de los motores principales (DMS 2)
- Zona de los equipos de carga (DMS 3)
- Zona de la propulsión (DMS 4)

6.5.7 Sistema de Control de vigilancia de puente (BNWAS)

El sistema BNWAS es un sistema independiente al sistema de automatización principal en este buque, por lo que no entraremos en detalle en la realización de este proyecto.

La comunicación entre el sistema de automatización principal y el BNWAS será mediante fibra óptica.

6.6 TIPOS DE COMUNICACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

En este apartado definiremos el tipo de comunicación requerido por el fabricante de cada equipo.

Los tipos de comunicación que se van a utilizar en el buque son:

- Canbus
- Modbus Puerto de serie (RS232 y RS485)
- Modbus TCP/IP
- Ethernet cable par trenzado
- Fibra Óptica
- Ethernet UDP
- NMEA 0183

6.7 TOTAL DE SEÑALES DEL SISTEMA

El cálculo total de señales del sistema ascienda a 3900 señales, de las cuales podemos hacer subdivisiones.

- Generadores principales: 200 por generador, 800 en total (Modbus)
- Propulsión: 200 por propulsor. 1000 en total (Modbus)
- Control de válvulas: 240 válvulas. 4 señales en cada válvula, 960 en total. (Canbus)
- Control de las bombas. 52 bombas con 5 señales cada una, 260 señales en total. (Módulos E/S)
- 110 tanques. 2 sensores de nivel por tanque, 220 señales en total.(4-20mA)
- 65 sensores de presión 4-20mA, diferentes sistemas.
- 40 sensores de temperatura PT100, diferentes sistemas.
- 5 señales 0-10V.
- 70 señales internas.
- 80 Señales de software.
- 400 señales digitales para diferentes sistemas.

CAPÍTULO 7 – SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN A INSTALAR

7.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El sistema de automatización que se va instalar a bordo del buque del proyecto va ser una apuesta clara hacia el futuro. Las estaciones de control van a estar equipadas con pantallas táctiles de última generación de gran tamaño, una estética moderna y desarrollados en el sistema operativo Linux Ubuntu.

El sistema operativo Linux Ubuntu ofrece las siguientes ventajas respecto a otros sistemas operativos:

- La principal ventaja es el ahorro económico, ya que no requiere compra de licencias como otros sistemas operativos.
- El acceso libre al código permite que los diseñadores y desarrollados del software del sistema de automatización puedan realizar mejoras al producto (según las necesidades del cliente o de la empresa); puedan adaptarlo según crean conveniente, lo cual los hace más flexibles y ágiles, cosa que el software privado no permite.
- El software libre goza de grandes comunidades de usuario, las cuales intercambian experiencias, comunican sus experiencias y dan soluciones conjuntas.
- Muchas aplicaciones de software libre, como los sistemas operativos y los reproductores multimedia, son más livianas (consumen menos memoria RAM y menos recursos del computador) consiguiendo que el sistema sea más rápido y eficaz.
- Los sistemas operativos de software libre basados en Linux y sus derivaciones no requieren de antivirus, debido a que se corrigen los errores constantemente y de forma eficiente.

Uno de los mayores retos a bordo de un buque es el conseguir que varios sistemas que están diseñados para operar individualmente, trabajen juntos. Este es el papel a realizar por el sistema de automatización y control de un buque. Integra los principales sistemas y permite a la tripulación gestionar las operaciones vitales del buque.

El sistema va estar diseñado ergonómicamente con una interfaz muy intuitiva para ofrecer una gama completa de operaciones de automatización marina adaptada a todas las necesidades del buque de una forma muy sencilla.

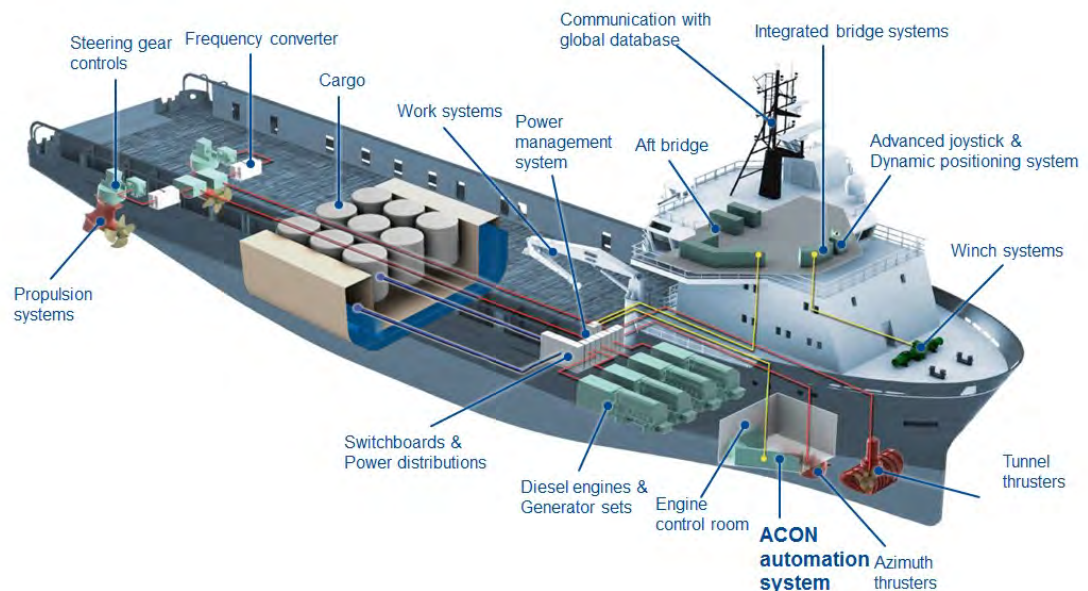


Ilustración 7.1 – Sistema de alarmas integrado ACON (Rolls-Royce Marine)

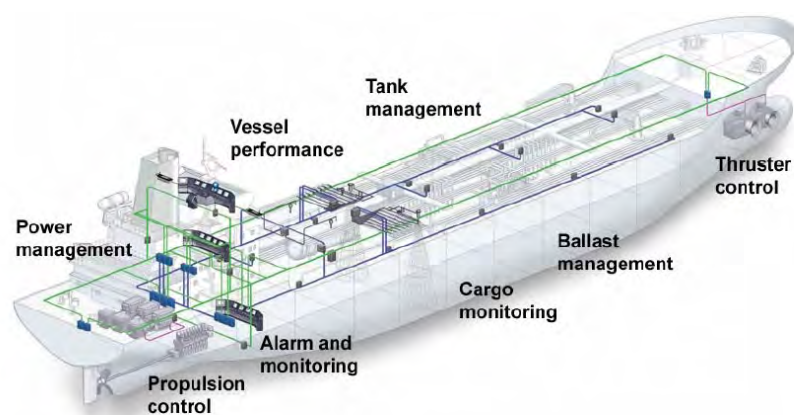


Ilustración 7.2 – Sistema de alarmas integrado K-Chief (Kongsberg Maritime)

Las pantallas de monitorización y control así como los paneles de extensión de alarmas serán táctiles, de gran resolución y tamaño y de fácil manejo.

Las computadoras elegidas serán muy rápidas, ocuparan muy poco espacio con el fin de montarlas en el interior de las consolas.

En cuanto a la estructura del sistema, la idea es crear un sistema lo más redundante posible, y para ello se intenta separar el sistema en dos subsistemas, en la medida de lo posible, lo más similares que sea posible. Un sistema de babor y un sistema de estribor.

La numeración que se va utilizar a la hora de nombrar los equipos va a ser también de acuerdo a esta subdivisión, los números impares corresponderán a los equipos de babor y los pares a los de estribor.

En cuanto a la redundancia del sistema, los siguientes componentes serán redundantes:

- Controladores principales. (Controlador principal y controlador auxiliar)
- Redes de comunicación (Tanto la fibra óptica como la comunicación vía Ethernet)
- Fuentes de alimentación. (Alimentación principal y alimentación auxiliar)

El sistema de automatización lo dividiremos en los siguientes componentes principales, de los cuales haremos una descripción más detallada en este capítulo.

1. Estaciones de Control y Operación (OS)
2. Cabinas de Control (CC)
3. Cabinas de redes (NC)
4. Cabinas de Módulos E/S (IC)
5. Paneles de alarma (AP)
6. Paneles del sistema de hombre muerto (DMS)

7.2 PRINCIPALES FUNCIONES DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

Las principales funciones del sistema son:

1. Monitorización de alarmas
 - Control y monitorización de todas las alarmas del buque.
 - Sistemas de extensión de alarmas.
 - Sistema de hombre muerto y llamada a maquinistas.
 - Sistemas de seguridad.
 - Vistas gráficas de los principales sistemas a bordo.
2. Sistemas de control
 - Monitorización y control de sistemas auxiliares (válvulas, bombas...)
 - Stand-by de bombas.
 - Control automático de lastre.
 - Control de consumos.
 - Contadores de horas de los equipos.
 - Otras funciones específicas requeridas.
3. Monitorización de niveles de tanques
 - Monitorización de todos los niveles de los tanques divididos por grupos.
 - Mediciones de calados, escora y asiento del buque.
4. Sistema de control de la energía PMS (Sistema Integrado o independiente)
 - Control y monitorización, en remoto, de la planta eléctrica.
 - Vista gráfica de la planta eléctrica.
5. Sistema de control y vigilancia de puente BNWAS (Sistema Integrado o sistema independiente)
6. Sistemas de registros de datos
7. Sistemas de control remoto
8. Comunicación entre sistemas

7.3 PRINCIPALES COMPONENTES DEL SISTEMA

7.3.1 Estaciones de control o estaciones del operador (Operator station)

Un control eficaz requiere una imagen clara y concisa de las operaciones de la planta. El software instalado en la computadora de la estación de control proporciona una vista dinámica de todos los procesos de la planta con la estabilidad, el rendimiento y la flexibilidad necesarios en sistemas de control modernos.

Estas ventanas de alta resolución se utilizan para presentar gráficos de control, diagnósticos, tendencias, alarmas y pantallas de estado. Acceso a puntos dinámicos del sistema, datos históricos, mensajes generales, pantallas de funciones estándar y registro de eventos; además, podrá acceder a un sofisticado programa de gestión de alarmas, disponible a través de herramientas de navegación intuitivas para el operador.

En nuestro buque tendremos 2 estaciones de control en el control de máquinas, 2 en el puente de mando y una en la oficina. Todas ellas estarán equipadas con dos pantallas táctiles de 24 pulgadas cada una.

Cada estación de control estará alimentada por un sistema de alimentación interrumpida (UPS), la cual mantendrá el sistema en funcionamiento durante al menos 30 minutos en caso de blackout, de acuerdo a la normativa de las sociedades de clasificación.



Ilustración 7.3 – Estación de Control de un buque

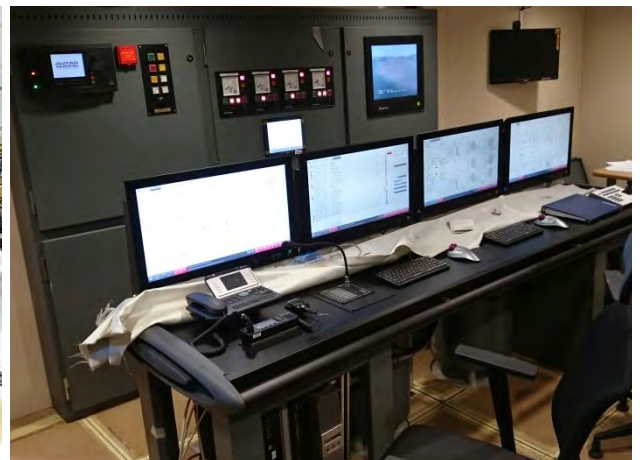


Ilustración 7.4 – ECR Stril Luna

7.3.2 Cabinas de Control (CC)

Estos armarios eléctricos se pueden considerar como el cerebro del sistema.

Normalmente se ubican en zonas cercanas a la sala de control de máquinas. En su interior podemos encontrar los siguientes componentes:

- Controladores Principales.
- Controladores para comunicaciones.
- Conmutadores de red
- Conexiones a todos los equipos externos. (Canbus, modbus, fibra óptica, etc.)
- Fuentes de alimentación (230 Vac y 24 Vdc)

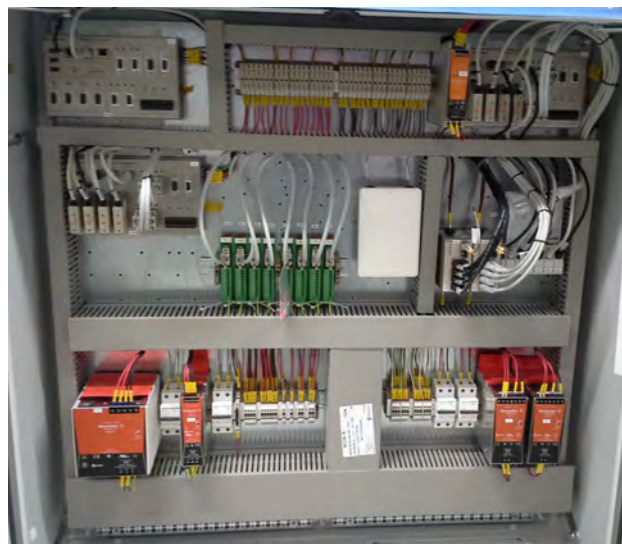
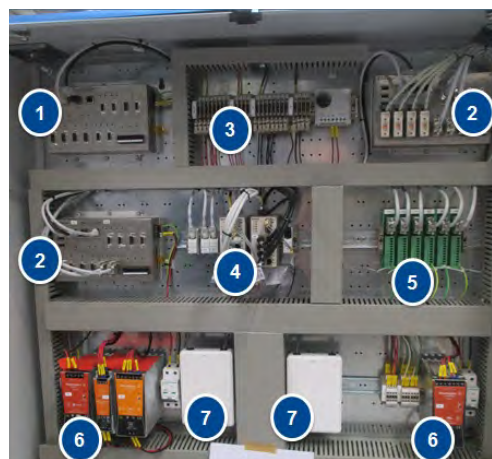
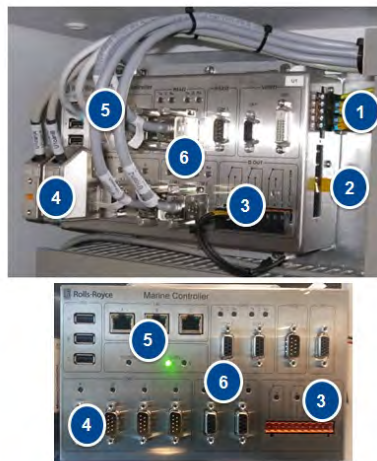


Ilustración 7.5 – Cabina de Control CC21 del buque Stril Luna (Rolls-Royce ACON-R)



1. Controlador Principal
2. Controlador comunicaciones
3. Fusibles
4. Conmutador de redes
5. Comunicación Modbus en serie
6. Comunicación de Fibra óptica

Ilustración 7.6 – Componentes Cabina de Control



1. Fuente de alimentación
2. Tarjeta de Memoria
3. Perro guardián (watchdog)
4. Comunicación Canbus
5. Comunicación cable par trenzado
6. Comunicación Modbus

Ilustración 7.7 – Controladores



1. Conexión Fibra Óptica
2. Conexión Cable par trenzado
3. Fuente de alimentación
4. Salida de la alarma

Ilustración 7.8 – Conmutador de Redes

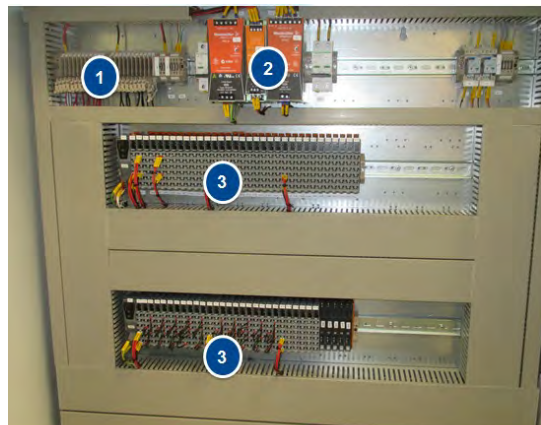
7.3.3 Cabinas de módulos de entradas y salidas (IC)

Estos armarios eléctricos están ubicados en diferentes zonas del buque, siempre de acuerdo a la cantidad de entradas y salidas de señales que tengamos en el buque.

En nuestro proyecto tendremos 8 cabinas de este tipo. 6 de ellas estarán ubicadas en la zona de los motores principales con el fin de controlar todas las señales ubicadas en esa zona del buque. Las otras 2 cabinas se ubicarán en la zona de la propulsión.



Ilustración 7.9 – Cabina de módulos E/S IC34 del buque Stril Luna (Rolls-Royce ACON-R)



1. Fusibles
2. Alimentación
3. Módulos de E/S

Ilustración 7.10 – Componentes Cabina IC

7.3.4 Módulos de entradas y salidas (B&R Automation)

Los sensores o transductores son elementos capaces de transformar una magnitud física en otra, normalmente eléctrica (corriente, potencial eléctrico, capacidad).

En un sistema de control sirven para medir las variables que se quieren controlar o mensurar y proporcionárselas al controlador para que actúe en consecuencia de su estado. Las variables de control más comunes en los sistemas de automatización son la temperatura y la presión.

La localización de los sensores es crítica para obtener una buena medida o que ésta sea representativa de lo que se quiere medir. Por ejemplo, una sonda de temperatura ambiente colocada sobre un radiador puede medir con precisión la temperatura pero no se representativa de la temperatura ambiente de toda la sala. Así mismo sucede con las sondas de inmersión en las tuberías, en las que hay que asegurarse de que el elemento sensor esté bien sumergido en el fluido cuya magnitud se quiere medir.

En función del tipo de señal que producen los sensores-transmisores pueden clasificarse en:

1. Analógicos: Producen una señal continua y variable dentro de un rango (0-10 Vcc, 4-20 mA, etc..)

Los sensores analógicos más típicos en los sistemas de control son:

- Sensores resistivos: Basan su medida en la variación de una resistencia. Muy utilizados en medidas de temperatura. Ej.: RTD y termistores.
- Con salida de corriente: Suelen emplearse en medidas de temperatura, presión y humedad, con rango típico de 4-20 mA, 0-20 mA, etc....
- Con salida en tensión: Suelen emplearse en medidas de temperatura, presión y humedad. Los rangos de salida más comunes son 0-5 Vcc, 0-10 Vcc, etc..

2. Digitales: Producen una señal binaria '1' o '0'. Útiles para medir estados como encendido/apagado o alarmas de proceso.

Dependiendo de las señales que queramos conectar los módulos serán de diferentes tipo y tendrán diferentes características. Los módulos que vamos a instalar a bordo son intercambiables, versátiles y muy fáciles de montar y desmontar. También es posible hacer una ampliación del sistema si fuera necesario, realizar modificaciones o reemplazarlos en caso de fallo.

Los tipos de módulos que vamos a utilizar en nuestro sistema son los siguientes, se adjuntará información más detallada de las características de los módulos en los documentos anexos.

- DI 6371 – Entradas Digitales
- DO6322 – Salidas digitales
- DO2649 – Salidas digitales (Tipo relé)
- AI4322 – Entradas analógicas 4-20mA
- AI4622 – Entradas analógicas 0-10V
- AT4222 – Entradas Temperatura PT100
- PS9440 – Módulos de alimentación

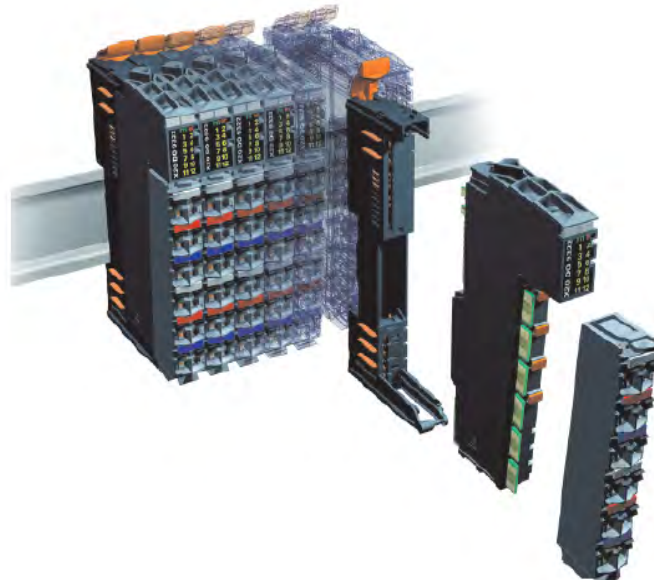


Ilustración 7.11 – Módulos E/S B&R

7.3.5 Cabinas de Redes (NC)

Estos armarios eléctricos están ubicados en la zona del puente de mando. Tiene la función de comunicar todos los sistemas relativos al puente de mando con las cabinas de control.

Los componentes en sus interior son los siguientes:

- Conmutadores de red
- Conexiones a los equipos relativos al puente de mando.



Ilustración 7.12 – Cabina de Redes NC12 del buque Stril Luna (Rolls-Royce ACON-R)

7.3.6 Paneles de extensión de alarmas (Alarm Panels)

Los paneles de extensión de alarmas se ubican en diferentes zonas del buque (puente de mando, camarotes de los oficiales de máquinas, zonas comunes, etc.). Se utilizan principalmente cuando el buque esta operando en situación de máquina desatendida y su función principal es la de informar a la tripulación en guardia de los posibles fallos en el sistema mediante alarmas acústicas.

Los paneles están conectados al sistema de automatización vía cable de par trenzado y en sus pantallas podemos obtener la misma información sobre las alarmas que en las estaciones de control.

Los sistemas de extensión de alarmas tienen normalmente dos modos de operación:

1. Modo control de máquinas (ECR)
2. Modo puente de mando (Bridge)

3. Modo puerto (Harbour)

Además de esos tres modos de operación tiene diferentes funciones tales como:

1. Selección de la persona en guardia (Jefe de máquinas, electricista, etc.)
2. Selección del modo de vigilancia (Máquina atendida o máquina desatendida)
3. Llamada a todos los oficiales (Call all engineers)

El funcionamiento del sistema de extensión de alarmas es el siguiente:

Dependiendo del modo de operación y la persona de guardia actuara de diferente manera.

Si el sistema se encuentra en modo máquina desatendida, la persona que está de guardia deberá ser la responsable de aceptar y reconocer las alarmas del buque, en un tiempo determinado (Normalmente 3 minutos). En caso de no reconocer la alarma en el tiempo determinado, el sistema de extensión de alarmas enviara una señal audible y visual a los demás paneles de extensión de alarmas con el fin de alertar a los demás tripulantes de la situación.



Ilustración 7.13 – Panel de extensión de alarmas

7.3.7 Sistema de hombre muerto (Dead Man System)

Se denomina sistema de hombre muerto, en inglés Dead Man System, a un sistema de seguridad cuyo fin es detectar que la persona de guardia o al mando del control de máquinas en un tiempo determinado, se encuentra inoperativo o ausente.

Consiste en unos paneles ubicados en las zonas de la máquina del buque, que son necesarios pulsar o resetear cada cierto tiempo (Normalmente cada 30 minutos). En caso contrario se activa una alarma indicando que la persona a cargo de la máquina se encuentra ausente por algún motivo.

Este sistema se utiliza normalmente cuando hay una persona a cargo de la máquina solamente, ya que en el caso de que le sucediera algo, al no haber mas personal de guardia, nadie se enteraría de la inoperatividad de la persona en cuestión.

Cuando el sistema esta encendido es necesario resetear el contador del tiempo en alguno de los paneles del sistema. Si el sistema no es reseteado en 27 minutos, envía una alarma audible durante 3 minutos, tiempo en el cual la persona a cargo debería resetear el contador del tiempo. En caso contrario, la alarma será enviada a todos los paneles de extensión de alarmas localizadores en las zonas comunes y los camarotes del personal a cargo de la máquina.

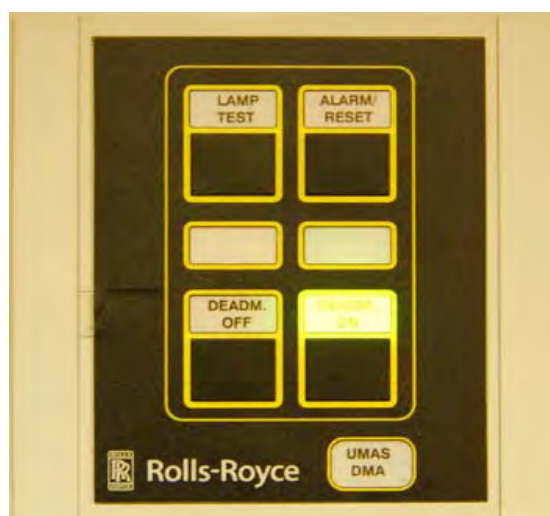


Ilustración 7.14 – Panel de Hombre Muerto (Rolls-Royce Marine)

7.3.8 SISTEMAS INDEPENDIENTES CONECTADOS AL IAS

7.3.8.1 PMS

El PMS es el sistemas de control que se encarga de controlar el sistema eléctrico del buque. Proporciona un control completo de la distribución de la potencia de la planta eléctrica y realiza todas las tareas necesarias para la correcta y segura distribución de la potencia eléctrica del buque.

Su tarea principal es asegurarse de que el sistema eléctrico es seguro y eficiente.

Las funciones principales de los sistemas PMS son:

- Arranca y parada de los generadores.
- Conexión y desconexión de los generadores a la planta eléctrica.
- Control y monitorización de todos los generadores.
- Control de la velocidad de los generadores.
- Control de los generadores en stand-by.
- Arranque y parada de los generadores dependiendo de la carga.
- Máximo y mínimo de generadores conectados a la planta eléctrica.
- Arranque de emergencia de todos los generadores.
- Repartos de carga simétricos (Equal load sharing).
- Repartos de carga asimétricos.
- Reemplazo de los generadores en fallo.
- Recuperación de la energía eléctrica después de un blackout.
- Cálculo de Potencias.
- Control del interruptor de conexión a barras (bus tie breaker).
- Manejo de los grandes consumidores (Heavy consumers).
- Limitaciones de carga.

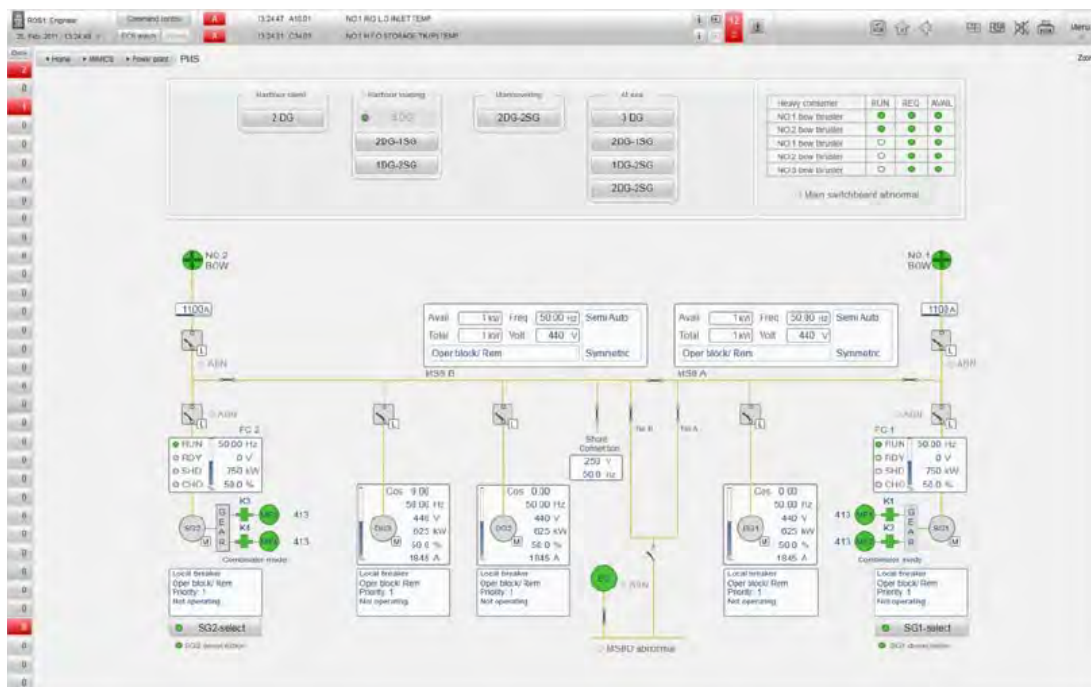


Ilustración 7.15 – Pantalla principal del sistema PMS (Kongsberg Maritime)



Ilustración 7.16 – Pantalla principal del sistema PMS (Rolls-Royce Marine)

7.3.8.2 BNWAS

El sistema de control y vigilancia de puente (BNWAS) es un dispositivo que realiza las funciones de sistema de alarmas y la vigilancia de guardia del puente de mando. Este sistema gestiona las alarmas de los equipos de navegación a bordo y monitoriza la presencia del oficial de guardia para la detección inmediata de situaciones de emergencia.

Normalmente dispone de tres modos de operación:

1. Puente atendido.
2. Un solo hombre de guardia.
3. Modo puerto

Este dispositivo genera en el puente una alarma audible y visual siempre que se active una alarma en alguno de los equipos del puente. Si la alarma no es aceptada en ese momento, el sistema BNWAS transmitirá dicha alarma a los paneles instalados en otros lugares del barco (camarotes, salones, etc.).

Asimismo, el sistema monitoriza la presencia del oficial de guardia para minimizar fallos y evitar situaciones de riesgo. Dicho oficial de guardia tiene que actuar sobre cualquier tecla del panel de control o sobre cualquiera de los pulsadores instalados al efecto a intervalos regulares de tiempo. En caso de que el oficial no accione ningún pulsador en el intervalo requerido se generará una alarma audible y visual en el puente. En caso de no responder tampoco a esa alarma, el sistema transmitirá la alarma a los paneles instalados en otros lugares del barco para avisar a los oficiales de reserva de la ausencia del oficial de guardia.

La nueva reglamentación del Comité de Seguridad Marítima (MSC) de la OMI requerirá la instalación de un “Bridge Navigational Watch Alarm System” cumpliendo con los estándares de funcionamiento establecidos por IMO en su MSC.128 (75).

Para los buques existentes, el equipo deberá de ser instalado, coincidiendo con la primera inspección, atendiendo a los siguientes plazos:

- Los buques de pasaje existentes y los buques de más de 3.000 GT: 1 de julio de 2012.
- Los buques existentes de más de 500 GT: 1 de julio de 2013.
- Los buques existentes de más de 150 GT: 1 de julio de 2014.

De esta manera, el sistema será obligatorio para todos los buques de nueva construcción mayores de 150 GT y todos los nuevos buques de pasaje construidos después del 1 de julio 2011.

Los componentes principales del sistema BNWAS son los siguientes:

1. Una cabina de control donde se encuentran tanto los controladores principales como los módulos de entrada y salida del sistema.
2. Paneles de visualización y monitorización localizados en el puente de mando.
3. Paneles de reinicio del sistema localizados en los camarotes y las zonas comunes.
4. Sensores de movimiento localizados en el puentes de mando con el fin de detectar la presencia de los oficiales de guardia en el puente de mando.

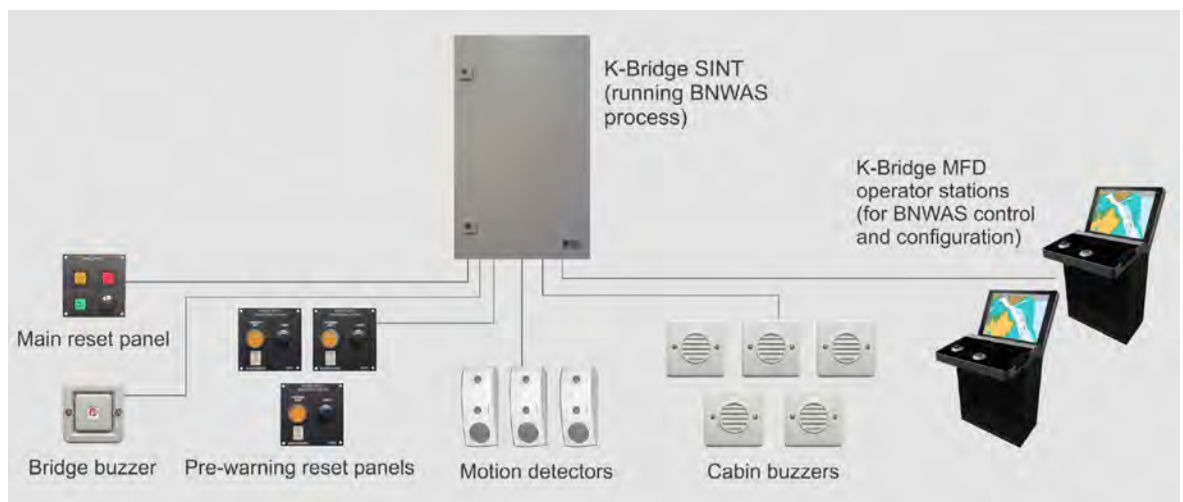
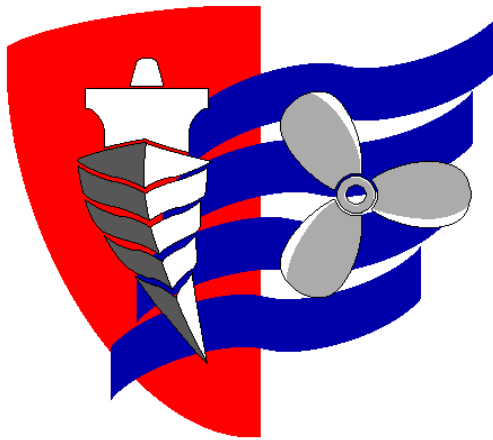


Ilustración 7.6 – Estructura del Sistema BNWAS de Kongsberg (Kongsberg Maritime)

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

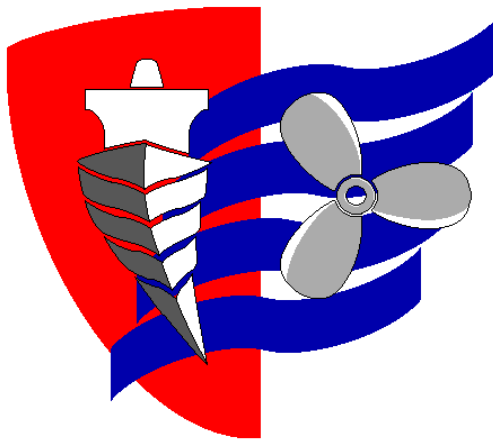


DOCUMENTO 2

PLANOS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



DOCUMENTO 3
PLIEGO DE CONDICIONES

8.1 PLIEGO DE CONDICIONES

8.1.1 INTRODUCCIÓN

Este documento recoge los detalles a cumplir por todas las partes intervinientes en el proyecto.

Se abarcará diferenciando cuatro apartados: condiciones generales, condiciones particulares, condiciones técnicas y condiciones legales y normativa aplicable.

- *Condiciones generales:* hacen referencia al perfil de contratista, la forma de adjudicación, el tipo de contrato, recogen los derechos y obligaciones de las partes, la obligatoriedad de suscripción de seguros de responsabilidad civil y otros asuntos relacionados.
- *Condiciones particulares:* Se hace referencia a condiciones especiales para el proyecto en cuestión.
- *Condiciones técnicas:* incluyen las características de los materiales y los procedimientos a emplear a lo largo de la realización del trabajo.
- *Condiciones facultativas:* recogen los derechos y obligaciones de las partes.
- *Condiciones legales y normativa aplicable:* hacen referencia a las normativas a seguir en todo el proceso de elaboración del proyecto.

8.2 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

8.2.1 PREÁMBULO

Cláusula 1. Estas Condiciones Generales serán de aplicación cuando las partes así lo acuerden por escrito o de cualquier otra manera. Cualquier modificación o desviación de las mismas deberá ser pactada por escrito.

8.2.2 DEFINICIONES

Cláusula 2. En estas Condiciones Generales los siguientes términos tendrán el significado que a continuación se les asigna:

- Por "Contrato" se entenderá el acuerdo formalizado por escrito entre las partes relativo a la realización de las Obras, así como todos sus apéndices, incluidas las adiciones y modificaciones acordadas de dichos documentos.
- Por "Emplazamiento" se entenderá el lugar donde la planta deba ser montada, incluyendo tanta área circundante como sea necesaria para la descarga, almacenaje y transporte interno de la Planta y del equipo de montaje.
- Por "Negligencia Grave" se entenderá el acto u omisión que suponga bien no prestar la debida atención en la previsión de consecuencias graves, que deberían ser consideradas como tales por una parte normalmente diligente, bien un descuido deliberado de las consecuencias de tal acto u omisión.
- Por "Obras" se entenderá la Planta incluyendo el montaje y otros trabajos que deba realizar el Contratista en virtud del Contrato. Si las obras, según lo dispuesto en el Contrato, van a ser asumidas por secciones separadas con la finalidad de ser utilizadas independientemente unas de otras, éstas condiciones serán de aplicación a cada sección por separado. El termino "Obras" se referirá entonces a la sección en cuestión.

- Por "Planta" se entenderá toda la maquinaria, aparatos, materiales y artículos que deban ser suministrados por el Contratista en virtud del Contrato.
- El término "Por Escrito" designará la comunicación mediante documento firmado por las partes, o mediante carta, fax, correo electrónico así como mediante cualquier otro medio que fuera acordado por las partes.
- Por "Precio Contractual" se entiende el pago a realizar por las Obras. Si el montaje hubiera de llevarse a cabo en un plazo determinado y éste no se completase, por Precio Contractual se entenderá, a efectos de las Cláusulas 17, 40, 41 y 47, el precio de la Planta incrementado en un 10 por ciento o en cualquier otro porcentaje que hubiera sido acordado por las partes.

8.2.3 INFORMACIÓN ACERCA DEL PRODUCTO

Cláusula 3. Toda la información y los datos contenidos en la documentación general de producto y en las listas de precios, sea en formato electrónico o en cualquier otro formato, son vinculantes sólo en la medida en que estén, por referencia, expresamente incluidos en el Contrato.

8.2.4 PLANOS Y DESCRIPCIONES

Cláusula 4. Todos los planos y la documentación técnica relativa a las Obras presentadas por una parte a la otra, tanto antes como después de la formalización del Contrato, seguirán siendo propiedad de la parte que los presente.

Los planos, la documentación técnica o cualquier otra información técnica recibida por una parte no deberá ser utilizada, sin consentimiento de la otra parte, para ningún otro fin que aquél para el que fue proporcionada. Tampoco podrán ser utilizados de cualquier otra forma ni copiados, reproducidos, transmitidos o comunicados a una tercera persona, sin el consentimiento de la parte que los presente.

Cláusula 5. El Contratista deberá proporcionar, a más tardar en la fecha de recepción, y sin coste alguno, cuanta información y planos sean necesarios para permitir al Comprador la puesta en servicio, la operación y el mantenimiento de las Obras. Tal información y planos serán suministrados en la cantidad de copias que se acuerde, y en todo caso una copia de cada. El Contratista no estará obligado a proporcionar planos de fabricación para la Planta o las piezas de repuesto.

8.2.5 ENSAYOS PREVIOS AL ENVÍO

Cláusula 6. Si el Contrato establece la realización de ensayos previos al envío, éstos se realizarán, salvo pacto en contrario, en el lugar de fabricación durante las horas normales de trabajo.

Si en el Contrato no se especifican los requisitos técnicos, los ensayos se llevarán a cabo de acuerdo con la práctica general en la rama industrial correspondiente en el país de fabricación.

Cláusula 7. El Contratista deberá notificar Por Escrito al Comprador la realización de los ensayos previos con la suficiente antelación para permitir a éste último estar representado en los ensayos. Si el Comprador no estuviera representado, el informe del ensayo deberá ser enviado al Comprador, quien deberá aceptarlo como conforme.

Cláusula 8. Si los ensayos evidenciaran que la Planta no es conforme con el Contrato, el Contratista remediara sin dilación cualesquiera deficiencias para asegurar que la Planta se adecua a lo estipulado en el Contrato. El Comprador podrá, a menos que la deficiencia fuera insignificante, requerir la realización de nuevos ensayos.

Cláusula 9. El Contratista soportará todos los gastos que se deriven de los ensayos llevados a cabo en el lugar de fabricación. El Comprador asumirá todos los gastos de viaje y mantenimiento de sus representantes en relación con tales ensayos.

8.2.6 TRABAJOS PREPARATORIOS Y CONDICIONES DE TRABAJO

Cláusula 10. El Contratista deberá proporcionar a tiempo los planos que muestren la manera en que la Planta vaya a ser montada, junto con toda la información necesaria para preparar cimentaciones adecuadas, para proporcionar el acceso de la Planta y de cualquier equipo necesario al punto en que la Planta deba ser montada, y para efectuar todas las conexiones necesarias para las Obras.

Cláusula 11. El Comprador deberá proporcionar a tiempo todas las instalaciones, así como garantizar que se reúnan todas las condiciones necesarias para el montaje de la Planta y para el correcto funcionamiento de las Obras. Esto no será de aplicación a los trabajos preparatorios que, en virtud del Contrato, deban ser efectuados por el Contratista.

Cláusula 12. Los trabajos preparatorios serán llevados a cabo por el Comprador de acuerdo con los planos y la información proporcionada por el Contratista de conformidad con la Cláusula 10. Los trabajos deberán ser concluidos a tiempo. En cualquier caso, el Comprador se asegurará de que la cimentación sea estructuralmente sólida. Si el Comprador fuera responsable de transportar la Planta al lugar del Emplazamiento, se asegurará de que la Planta esté en el lugar de Emplazamiento a tiempo.

Cláusula 13. Si el Contratista descubriera un error u omisión en los planos o en la información a la que se hace referencia en la Cláusula 10 o le fuera notificada Por Escrito su existencia antes de la expiración del plazo al que se hace referencia en la Cláusula 52, el coste de cualquier trabajo de reparación que fuera necesario será por cuenta del Contratista.

Cláusula 14. El Comprador se asegurará de:

a) que el personal del Contratista pueda iniciar el trabajo de conformidad con el calendario acordado y trabajar durante la jornada laboral ordinaria. Habiendo sido notificado el Comprador Por Escrito y con antelación suficiente, el trabajo podrá ser

desarrollado fuera de la jornada laboral ordinaria en la medida en que el Contratista lo considere necesario.

b) informar al Contratista, Por Escrito y antes de que se inicie el montaje, de toda normativa relevante en materia de seguridad aplicable en el lugar del Emplazamiento. El montaje no podrá llevarse a cabo en entornos insalubres o peligrosos. Todas las medidas de seguridad y prevención necesarias deberán haber sido adoptadas con anterioridad al inicio de los trabajos de montaje y deberán mantenerse durante la realización de los mismos.

c) que el personal del Contratista pueda obtener alojamiento y comida adecuados en las cercanías del lugar de Emplazamiento y tenga acceso a instalaciones sanitarias y servicios médicos aceptables internacionalmente.

d) proporcionar gratuitamente al Contratista, a su debido tiempo y en el lugar de Emplazamiento, todas las grúas necesarias, los equipos de elevación y para el transporte dentro del lugar de Emplazamiento, las herramientas auxiliares, la maquinaria, los materiales y suministros (incluidos combustible, aceites, grasas y otros materiales, gas, agua, electricidad, vapor, aire comprimido, calefacción, iluminación, etc.), así como, los instrumentos de medición y ensayo de que el Comprador disponga en el lugar de Emplazamiento. El Contratista especificará Por Escrito, y como mínimo, con un mes de antelación al inicio de los trabajos de montaje, sus exigencias en materia de grúas, equipo de elevación, instrumentos de medición y ensayo y equipamiento para el transporte en el lugar de Emplazamiento.

e) poner a disposición del Contratista, gratuitamente, las instalaciones de almacenamiento necesarias, proporcionando protección frente a robo o deterioro de la Planta, de las herramientas y los equipos necesarios para el montaje, y de los efectos personales del personal del Contratista.

f) que las vías de acceso al lugar de Emplazamiento sean adecuadas a las exigencias de transporte de la Planta y de los equipos.

8.2.7 INCUMPLIMIENTO DEL COMPRADOR

Cláusula 15. Si el Comprador prevé que será incapaz de cumplir a tiempo con las obligaciones que le corresponden necesariamente para la ejecución de las Obras, incluido el cumplimiento de las condiciones que se especifican en las Cláusulas 11, 12 y 14, lo deberá notificar inmediatamente Por Escrito al Contratista, indicando la razón y, si fuera posible, el momento en el que podrá cumplir con sus obligaciones.

Cláusula 16. Sin perjuicio de los derechos que corresponden al Contratista en virtud de la Cláusula 17, si el Comprador no cumple, correctamente y en el plazo establecido, con las obligaciones que le corresponden necesariamente para la ejecución de las Obras, incluido el cumplimiento de las condiciones que se especifican en las Cláusulas 11, 12 y 14, será de aplicación lo siguiente:

a) el Contratista podrá , a su propio criterio, optar por asumir las obligaciones que corresponden al Comprador o emplear los servicios de un tercero para su realización, o adoptar cualesquiera medidas que, en tales circunstancias, resulten adecuadas para evitar o aliviar los efectos del incumplimiento del Comprador.

b) el Contratista podrá suspender en todo o en parte su ejecución del Contrato. La suspensión deberá ser notificada inmediatamente Por Escrito.

c) si la Planta no hubiera sido entregada en el lugar de Emplazamiento, el Contratista se encargará del almacenamiento de la misma, corriendo el Comprador con el riesgo. El Contratista deberá además, si así lo requiere el Comprador, asegurar la Planta.

d) si la ejecución del Contrato se demora a causa del incumplimiento del Comprador, éste deberá no obstante efectuar el pago de cualquier parte del Precio Contractual que, de no haberse producido el retraso, hubiese vencido.

e) el Comprador deberá reembolsar al Contratista el importe de cualquier gasto no contemplado en las cláusulas 44 o 45, en que éste último hubiera razonablemente incurrido como consecuencia de las medidas a que se refieren los

apartados a), b) o c) de esta Cláusula.

Cláusula 17. Si la ejecución de las Obras no fuera posible a causa del incumplimiento del Comprador según se establece en la Cláusula 16, y ello no hubiese sido motivado por ninguna de las circunstancias a las que se refiere la Cláusula 67, el Contratista podrá además requerir Por Escrito al Comprador que subsane su falta de cumplimiento dentro de un plazo final razonable. Si, por cualquier razón no imputable al Contratista, el Comprador no subsanase su falta de cumplimiento en dicho plazo, el Contratista podrá, mediante notificación Por Escrito, rescindir el Contrato.

En este caso, el Contratista tendrá derecho a una compensación por las pérdidas sufridas a causa del incumplimiento del Comprador. Dicha compensación no excederá del Precio Contractual.

8.2.8 LEGISLACIÓN LOCAL Y REGLAMENTACIÓN

Cláusula 18. El Contratista se asegurará de que las Obras sean realizadas de conformidad con cuanta legislación, reglamentación y normativa sea de aplicación a las Obras. A petición del Contratista, el Comprador deberá proporcionar Por Escrito la información pertinente acerca de dicha legislación, reglamentación y normativa.

Cláusula 19. El Contratista deberá llevar a cabo cualquier trabajo de modificación provocado por modificaciones en la legislación, reglamentación o normativa a que se refiere la Cláusula 18, o en su interpretación generalmente aceptada, que se produzca entre las fechas de presentación de la oferta y la recepción de las Obras. El Comprador deberá soportar los costes extraordinarios y demás consecuencias resultantes de tales cambios, incluyendo los trabajos de modificación.

Cláusula 20. Si las partes fueran incapaces de llegar a un acuerdo sobre los costes extraordinarios y demás consecuencias de los cambios experimentados en la legislación, reglamentación y normativa a que se refiere la Cláusula 18, el Contratista

deberá ser compensado en régimen de gastos justificados por cualquier trabajo de modificación realizado hasta el momento en que la disputa haya sido resuelta de conformidad con la Cláusula 72.

8.2.9 MODIFICACIONES

Cláusula 21. Sujeto a lo dispuesto en la Cláusula 25, el Comprador podrá solicitar modificaciones en el alcance, diseño y ejecución de las Obras hasta el momento de producirse la recepción de éstas. El Contratista podrá sugerir tales modificaciones Por Escrito.

Cláusula 22. Las peticiones de modificación deberán presentadas Por Escrito al Contratista y deberán contener la descripción exacta de la modificación solicitada.

Cláusula 23. El Contratista deberá, a la mayor brevedad posible tras haber recibido la petición de modificación o haber efectuado por sí mismo una propuesta de modificación, notificar al Comprador Por Escrito si es posible realizar la modificación y de qué forma, indicando la variación resultante en el Precio Contractual, el tiempo de ejecución y demás términos del Contrato. El Contratista también deberá efectuar dicha notificación cuando las modificaciones vengan impuestas por cambios en la legislación, reglamentación y normativa a que se refiere la Cláusula 18.

Cláusula 24. Si la ejecución de las Obras se retrasase a causa de desacuerdo entre las partes en relación con las consecuencias de las modificaciones, el Comprador deberá pagar cualquier parte del Precio Contractual que hubiere resultado exigible si las Obras no se hubiesen retrasado.

Cláusula 25. Salvo lo dispuesto en Cláusula 19, el Contratista no estará obligado a efectuar las modificaciones solicitadas por el Comprador hasta que las partes hayan acordado el modo en que dichas modificaciones habrán de afectar al Precio Contractual, el plazo de ejecución y demás términos del contrato.

8.2.10 TRASPASO DEL RIESGO

Cláusula 26. El riesgo de pérdida o daño en la Planta será transferido al Comprador de conformidad con el término comercial que haya sido acordado, lo que será interpretado de conformidad con los INCOTERMS (Términos Internacionales de Comercio) en vigor en la fecha de formalización del Contrato.

Si no hubiese sido acordado específicamente término comercial alguno, la entrega de la Planta será “Ex Works (EXW)” –En Fábrica (lugar designado)-. Cualquier riesgo de pérdida o daño en las Obras no cubiertas en el primer párrafo de la presente Cláusula pasará al Comprador en el momento de la recepción de las Obras. Cualquier pérdida o daño sufridos en la Planta o en las Obras, una vez haya sido traspasado el riesgo al Comprador, será por riesgo del Comprador a menos que la pérdida o el daño sea resultado de una negligencia del Contratista.

8.2.11 ENSAYOS DE RECEPCIÓN

Cláusula 27. Salvo pacto en contrario, una vez finalizado el montaje se efectuarán los ensayos de recepción para determinar si las Obras son conformes para su aceptación en virtud del Contrato.

El Contratista deberá notificar Por Escrito al Comprador que las Obras están listas para recepción. En dicha notificación deberá fijar una fecha para los ensayos de recepción, dando tiempo suficiente al Comprador para prepararse y ser representado en dichos ensayos.

El Comprador correrá con todos los gastos de los ensayos de recepción. El Contratista deberá, no obstante, soportar todos los gastos relativos a su personal y sus demás representantes.

Cláusula 28. El Comprador deberá proporcionar gratuitamente cualquier suministro de energía, lubricantes, agua, combustible, materias primas y demás materiales que sean necesarios para los ensayos de recepción y para los ajustes finales en la preparación de dichos ensayos. Deberá asimismo instalar sin coste alguno cualquier equipo y proporcionar mano de obra y cualquier otra ayuda necesaria para llevar a

cabo los ensayos de recepción.

Cláusula 29. Si, tras haber sido notificado de conformidad con la Cláusula 27, el Comprador no cumple con sus obligaciones en virtud de la Cláusula 28, o de cualquier otra manera impide la realización de los ensayos de recepción, se considerará que los ensayos han sido completados satisfactoriamente en la fecha establecida para la realización de los ensayos de recepción en la notificación efectuada por el Contratista.

Cláusula 30. Los ensayos de recepción deberán ser realizados durante la jornada laboral ordinaria. Si el Contrato no especifica los requisitos técnicos, los ensayos deberán ser realizados de conformidad con la práctica general de la rama industrial correspondiente en el país del Comprador.

Cláusula 31. El Contratista deberá preparar un informe de los ensayos de recepción. Este informe deberá ser enviado al Comprador. Si el Comprador no hubiera estado representado en los ensayos de recepción, habiendo sido notificado de conformidad con la Cláusula 27, el informe de los ensayos será aceptado como conforme.

Cláusula 32. Si los ensayos de recepción muestran que las Obras no son conformes con el Contrato, el Contratista deberá subsanar sin dilación las deficiencias. Si el Comprador, Por Escrito, y sin demora, así lo solicita, deberán ser efectuados nuevos ensayos de recepción según lo estipulado en las Cláusulas 27-31. Esto no será de aplicación cuando la deficiencia sea insignificante.

8.2.12 RECEPCIÓN

Cláusula 33. La recepción de las Obras tiene lugar:

a) cuando los test de recepción han sido completados con éxito o se consideran como satisfactoriamente completados en aplicación de la Cláusula 29, o

b) cuando, habiendo las partes acordado no efectuar ensayos de recepción, el Comprador recibe la notificación Por Escrito del Contratista indicando que las Obras han sido concluidas, siempre y cuando las Obras sean conformes para su aceptación en virtud del Contrato. Las deficiencias menores que no afecten a la eficiencia de las Obras no impedirán la recepción.

Cláusula 34. El Comprador no está autorizado a utilizar las Obras o cualquiera de sus partes antes de producirse la recepción. Si el Comprador lo hace sin el consentimiento Por Escrito del Contratista, se considerará que ha tenido lugar la aceptación de las Obras. El Contratista será entonces relevado de su obligación de realizar los ensayos de recepción.

Cláusula 35. Tan pronto como se haya producido la recepción de las Obras de conformidad con las Cláusulas 33 o 34, comenzará a correr el plazo a que se refiere la Cláusula 52. El Comprador deberá, a petición Por Escrito del Contratista, emitir un certificado que indique la fecha en que se ha producido la recepción de las Obras. La falta de emisión de un certificado por el Comprador no afectará a la recepción según lo estipulado en las Cláusulas 33 y 34.

8.2.13 CONCLUSIÓN DE LAS OBRAS. RETRASO DEL CONTRATISTA

Cláusula 36. Se considerará que las Obras han sido concluidas cuando se haya producido la recepción de conformidad con las Cláusulas 33 o 34.

Cláusula 37. Si las partes, en lugar de estipular una fecha para la conclusión, han fijado un plazo al término del cual tendrá lugar la recepción, dicho período comenzará a discurrir tan pronto como el Contrato haya sido formalizado, se cumplan todos los requisitos oficiales, se efectúe el pago de las cantidades exigibles a la formalización del Contrato, se aporten cualesquiera garantías que se hubieran pactado y se cumpla con cualquier otra condición previa.

Cláusula 38. Si el Contratista prevé que no podrá cumplir con sus obligaciones en los

plazos que se especifican en el Contrato, deberá notificarlo inmediatamente al Comprador Por Escrito, haciendo constar el motivo y, de ser posible, la fecha en la que cabe esperarse la conclusión. Si el Contratista no efectuase dicha notificación, el Comprador tendrá derecho a una compensación por cualquier gasto adicional en que incurriese y que hubiese podido evitar de haber recibido dicha notificación.

Cláusula 39. El Contratista tendrá derecho a una extensión del plazo de ejecución si el retraso se produce:

- a) por cualquiera de las circunstancias a que se refiere la Cláusula 67, o
- b) como resultado de las modificaciones a que se refiere la Cláusula 19, o
- c) como resultado de las modificaciones referidas en las Cláusulas 21-25, o
- d) como resultado de una suspensión según las Cláusulas 16, 47 o 70, o

e) por un acto u omisión atribuible al Comprador. La extensión del plazo deberá ser razonable teniendo en cuenta todas las circunstancias. Esta disposición será de aplicación con independencia de que la razón del retraso se produzca con anterioridad o posterioridad a la fecha acordada de finalización.

Cláusula 40. El Contratista incurre en demora cuando las Obras no han sido finalizadas en la fecha de conclusión según se define en las Cláusulas 36, 37 y 39. La demora del Contratista confiere al Comprador el derecho a una indemnización por daños y perjuicios a partir de la fecha en que las Obras debieron haber sido concluidas.

La indemnización por daños y perjuicios será pagadera a un 0.5 por ciento del Precio Contractual por cada semana completa de retraso. Dicha indemnización no podrá exceder del 7.5 por ciento del Precio Contractual. Si el retraso afecta únicamente a una parte de las Obras, la indemnización por daños y perjuicios será calculada sobre la parte del Precio Contractual atribuible a esa parte de las Obras que, a consecuencia

del retraso, no pueda ser utilizada tal y como era intención de las partes.

La indemnización por daños y perjuicios será pagadera a petición Por Escrito del Comprador, pero nunca antes de la recepción o de la terminación del Contrato en virtud de la Cláusula 41.

El Comprador perderá su derecho a percibir la indemnización por daños y perjuicios si, en un plazo de seis meses a partir de la fecha en que debió haber tenido lugar la conclusión, no hubiere presentado Por Escrito una reclamación por dichos daños.

Cláusula 41. Si el retraso del Contratista es tal que el Comprador hubiese generado el derecho a la indemnización máxima en virtud de la Cláusula 40, y las Obras no hubiesen sido concluidas todavía, el Comprador podrá reclamar Por Escrito la conclusión en un plazo final razonable, que no podrá ser inferior a una semana.

Si el Contratista no concluyese las Obras en dicho plazo final, y ello no fuese debido a ninguna circunstancia de la que el Comprador fuera responsable, el Comprador podrá entonces, mediante notificación Por Escrito al Contratista, rescindir el Contrato respecto de la parte de las Obras que, a causa del incumplimiento del Contratista, no pueda ser utilizada como pretendían las partes.

Si el Comprador rescinde el Contrato tendrá derecho a percibir una indemnización compensatoria por las pérdidas sufridas como consecuencia del retraso del Contratista. La indemnización total, incluida la indemnización por daños y perjuicios, pagadera en virtud de la Cláusula 40, no podrá exceder del 15 por ciento de la parte del Precio Contractual que corresponda a la parte de las Obras respecto de la cual haya sido rescindido el Contrato.

El Comprador tendrá también derecho a rescindir el Contrato mediante notificación Por Escrito al Contratista si, a tenor de las circunstancias que concurren, resulta evidente que se producirá un retraso en la conclusión de las Obras que, a tenor de la Cláusula 40, conferiría al Comprador el derecho a la indemnización máxima por daños y perjuicios. En caso de extinción del Contrato por este motivo, el Comprador tendrá derecho a la indemnización por daños y perjuicios y compensación máximas según se establece en la Cláusula 41.

Cláusula 42. La indemnización por daños y perjuicios a que se refiere la Cláusula 40 y la rescisión del Contrato con indemnización compensatoria limitada según la Cláusula 41 son los únicos recursos a disposición del Comprador en caso de retraso por parte del Contratista. Quedará excluida cualquier otra acción de reclamación contra el Contratista en relación con dicho retraso, salvo en caso de que el Contratista sea culpable de Negligencia Grave.

8.2.14 PAGO

Cláusula 43. Salvo pacto en contrario, el pago será efectuado en el plazo de 30 días desde la fecha de factura, según se indica a continuación:

- a) cuando el montaje es efectuado en régimen de gastos justificados:
 - un tercio del precio acordado de la Planta a la formalización del Contrato,
 - un tercio del precio de la Planta cuando el Contratista notifique al Comprador que la Planta, o una parte esencial de la misma, está lista para su envío desde el lugar de fabricación, y
 - el tercio restante del precio de la Planta a la llegada de ésta al lugar de Emplazamiento. El pago del montaje se efectuará contra factura mensual.

- b) cuando el montaje está incluido en el ajuste alzado del Precio Contractual:
 - 30 por ciento del Precio Contractual a la formalización del Contrato,
 - 30 por ciento del Precio Contractual cuando el Contratista notifique al Comprador que la Planta, o una parte esencial de la misma, está lista para su envío desde el lugar de fabricación,
 - 30 por ciento del Precio Contractual a la llegada de la Planta al lugar de Emplazamiento,
 - la parte restante del Precio Contractual a la recepción de las Obras.

Cláusula 44. Cuando el montaje se lleve a cabo en régimen de gastos justificados, las siguientes partidas deberán ser detalladas por separado:

a) todos los gastos de viaje en que incurra el Contratista en relación con su personal y el transporte de sus equipos y efectos personales (dentro de unos límites razonables) de acuerdo con el medio y la clase de viaje especificados, en el caso de que éstos hayan sido especificados en el Contrato.

b) los gastos de alojamiento, comidas y otros gastos de manutención, incluidas las dietas correspondientes al personal del Contratista por cada día de ausencia de sus hogares, incluidos días no laborables y vacaciones.

c) el tiempo trabajado, que deberá ser calculado en relación con las horas certificadas como trabajadas en las hojas de servicio firmadas por el Comprador. Las horas extraordinarias y el trabajo en domingos y festivos así como el trabajo nocturno será facturado según tarifas especiales. Las tarifas aplicables serán las que se hubieren acordado en el Contrato o, en caso de no haber sido pactadas, las que sean habitualmente cargadas por el Contratista. Salvo pacto en contrario, las tarifas horarias incluyen el uso y desgaste de las herramientas y equipos ligeros del Contratista.

d) el tiempo invertido necesariamente en:

- la preparación y los trámites accesorios en relación con los viajes de ida y vuelta desde el domicilio,

- los viajes de ida y vuelta desde el domicilio y demás viajes a los que tenga derecho el personal de conformidad con la ley, reglamentación o convenios colectivos aplicables en el país del Contratista,

- el desplazamiento diario entre el lugar de alojamiento y el lugar de Emplazamiento, si excede de media hora cada trayecto y no existe un alojamiento adecuado más próximo al lugar de Emplazamiento,

- esperas, cuando se vea imposibilitado el trabajo por circunstancias ajenas a la responsabilidad del Contratista en virtud del Contrato, siendo las tarifas aplicadas las mismas a que se refiere el anterior apartado c).

e) cualquier gasto en que incurra el Contratista en virtud del Contrato, en relación con la puesta a disposición de equipos propios, incluyendo, cuando sea

oportuno, un cargo por la utilización de equipos pesados propiedad del Contratista.

f) cualquier impuesto o derecho gravado en factura y pagadero por el Contratista en el país donde tiene lugar el montaje.

Cláusula 45. Cuando el montaje sea efectuado por ajuste alzado, se entiende que el precio alzado incluye todas las partidas a que se refiere la Cláusula 44, a) a e). Si el montaje se retrasa por causas imputables al Comprador, o a cualquiera de sus otros contratistas distintos del Contratista, el Comprador deberá compensar al Contratista por:

a) el tiempo de espera y el tiempo invertido en viajes adicionales.

b) los gastos y el trabajo extraordinario consecuencia del retraso, incluyendo la retirada, el aseguramiento y la instalación del equipo de montaje.

c) los gastos adicionales, incluyendo el gasto que produzca al Contratista el tener que mantener sus equipos en el lugar de Emplazamiento por un período de tiempo superior al previsto.

d) gastos adicionales en que incurra el Contratista en relación con los viajes, el alojamiento y la manutención de su personal.

e) costes adicionales de financiación y de seguro.

f) otros costes documentados en que haya incurrido el Contratista como resultado de cambios en el programa de montaje.

Cláusula 46. Cualquiera que sea el medio de pago utilizado, éste no se considerará efectuado hasta que el importe haya sido completa e irrevocablemente abonado en la cuenta del Contratista.

Cláusula 47. Si el Comprador no efectuase el pago en la fecha estipulada, el Contratista tendrá derecho a percibir intereses de demora desde la fecha de

vencimiento del pago. El tipo de interés aplicable será el que las partes hubieran pactado. Si las partes no hubieran acordado el tipo de interés aplicable, éste será de 8 puntos porcentuales sobre el tipo en vigor en la fecha de vencimiento del pago de la principal línea de refinanciación del Banco Central Europeo.

En caso de demora en el pago, el Contratista podrá, previa notificación Por Escrito al Comprador, suspender su ejecución del Contrato hasta que haya percibido el pago.

Si en el plazo de tres meses el Comprador no hubiese efectuado el pago, el Contratista tendrá derecho a rescindir el Contrato mediante notificación Por Escrito al Comprador y a reclamar una indemnización por el perjuicio sufrido.

8.2.15 RESERVA DE DOMINIO

Cláusula 48. La Planta seguirá siendo propiedad del Contratista hasta que haya sido totalmente pagada, incluyendo el importe correspondiente al montaje de la Planta, en la medida en que dicha reserva de dominio sea válida en virtud de la legislación aplicable.

El Comprador deberá, a petición del Contratista, asistir a éste en la adopción de cualquier medida que resultase necesaria para proteger el derecho del Contratista sobre la Planta en el país de referencia. La reserva de dominio no afectará a la transferencia del riesgo a que se refiere la Cláusula 26.

8.2.16 RESPONSABILIDAD POR DAÑOS A LA PROPIEDAD ANTES DE LA RECEPCIÓN

Cláusula 49. El Contratista será responsable de cualquier daño producido en las Obras con anterioridad al traspaso del riesgo al Comprador. Esto será de aplicación cualquiera que sea la causa del daño, salvo que el daño haya sido producido por el Comprador o por cualquier persona de la que éste último sea responsable en relación con la ejecución del Contrato. Incluso si el Contratista no fuera responsable del daño

a las Obras según lo estipulado en esta Cláusula, el Comprador podrá exigir al Contratista que subsane el daño a costa del Comprador.

Cláusula 50. El Contratista será responsable de los daños a la propiedad del Comprador ocurridos antes de la recepción de las Obras sólo si queda probado que tal daño se produjo como consecuencia de una negligencia por parte del Contratista o de cualquier persona de la que éste sea responsable en relación con la ejecución del Contrato. No obstante el Contratista bajo ninguna circunstancia será responsable de pérdidas de producción, lucro cesante o cualquier daño económico emergente.

8.2.17 RESPONSABILIDAD POR DEFECTOS

Cláusula 51. De conformidad con lo dispuesto en las Cláusulas 52-65, inclusive, el Contratista deberá subsanar cualquier defecto o falta de conformidad en las Obras (a continuación referido con el término defecto/s), motivado por defectos en el diseño, los materiales o la ejecución.

Cláusula 52. La responsabilidad del Contratista queda limitada a los defectos que aparezcan en las Obras en el plazo de un año desde la recepción. Si el uso diario de las Obras excede de aquel que fue pactado, dicho período deberá ser reducido proporcionalmente. Si la recepción ha sido retrasada por razones de las que el Comprador sea responsable, la responsabilidad del Contratista por defectos no se extenderá, salvo lo dispuesto en la Cláusula 53, más allá de 18 meses a contar desde la fecha de entrega de la Planta.

Cláusula 53. Cuando se haya remediado un defecto en una parte de las Obras, el Contratista será responsable de los defectos en la parte reparada o sustituida en los mismos términos y condiciones que son de aplicación a las Obras originales por el plazo de un año. Para las restantes partes de las Obras el plazo mencionado en la Cláusula 52 se extenderá por un periodo igual al plazo durante el cual las Obras hayan estado fuera de servicio como resultado del defecto.

Cláusula 54. El Comprador deberá, sin dilación, notificar Por Escrito al Contratista cualquier defecto que aparezca. Dicha notificación no podrá, bajo ninguna circunstancia, ser efectuada más allá de dos semanas después de la expiración del plazo establecido en la Cláusula 52. La notificación deberá contener una descripción del defecto hallado. Si el Comprador no notificase Por Escrito al Contratista el defecto dentro de los límites de tiempo establecidos en esta Cláusula, perderá su derecho a la subsanación del defecto. Cuando el defecto sea tal que pueda causar daños, el Comprador deberá informar inmediatamente al Contratista Por Escrito. El Comprador asumirá el riesgo por daños resultantes de no efectuar la notificación.

Cláusula 55. A la recepción de la notificación a que se refiere la Cláusula 54, el Contratista deberá subsanar el defecto sin dilación y a su propia costa según se estipula en las Cláusulas 51-56 inclusive. La reparación deberá ser efectuada en el lugar de Emplazamiento, salvo que el Contratista estime apropiado que la parte defectuosa o la Planta le sea devuelta para reparación o sustitución. Cuando los trabajos de reparación se lleven a cabo en el lugar de Emplazamiento, las Cláusulas 14 y 50 serán de aplicación respectivamente.

El Contratista está obligado a desmontar las Obras hasta donde sea necesario así como a volverlas a montar si ello requiere unos conocimientos especiales. Si no se precisan conocimientos especiales, el Contratista habrá cumplido con sus obligaciones en relación con el defecto cuando entregue al Comprador la parte debidamente reparada o una nueva en sustitución de la defectuosa.

Cláusula 56. Si el Comprador hubiese efectuado la notificación a que se refiere la Cláusula 54, y no se hallase defecto alguno del que el Contratista sea responsable, el Contratista tendrá derecho a percibir una compensación por los gastos en que incurra como resultado de producirse la notificación.

Cláusula 57. El Comprador se encargará, a su propia costa, del desmontaje y montaje de cualquier otro equipo ajeno a las Obras, en la medida en que sea necesario para la reparación del defecto.

Cláusula 58. Salvo pacto en contrario, el transporte necesario de la Planta y/o sus partes hacia y desde las instalaciones del Contratista, en relación con la reparación de defectos responsabilidad del Contratista, deberá ser por cuenta y riesgo de éste. El Comprador deberá seguir las instrucciones del Contratista en relación con dicho transporte. Si las Obras no se encuentran en el lugar de Emplazamiento, el Comprador soportará cualquier gasto adicional en que incurra el Contratista en la reparación de los defectos.

Cláusula 59. Las partes defectuosas que hayan sido sustituidas deberán ser puestas a disposición del Contratista y serán de su propiedad.

Cláusula 60. Si, en un plazo razonable, el Contratista no cumpliera con sus obligaciones en virtud de la Cláusula 55, el Comprador podrá, mediante notificación Por Escrito, fijar un plazo final para el cumplimiento de las obligaciones del Contratista. Si el Contratista incumple sus obligaciones en dicho plazo final, el Comprador podrá, por cuenta y riesgo del Contratista, acometer por si mismo los trabajos necesarios de reparación o contratar los servicios de un tercero para su realización.

En el caso de que el Comprador o un tercero se hayan hecho cargo con éxito de los trabajos de reparación, el reembolso por parte del Contratista de los gastos razonables en que haya incurrido dicho Comprador deberán ser soportados en su totalidad por el Contratista en concepto de su responsabilidad por el defecto.

Cláusula 61. Si el defecto no hubiese sido subsanado con éxito según se estipula en Cláusula 60:

a) el Comprador tendrá derecho a una reducción del Precio Contractual proporcional a la reducción del valor de las Obras, teniendo en cuenta que bajo ninguna circunstancia dicha reducción podrá exceder del 15 por ciento del Precio Contractual, o

b) en caso de que el defecto sea tan sustancial como para privar

significativamente al Comprador del beneficio del Contrato, el Comprador podrá rescindir el Contrato mediante notificación Por Escrito al Contratista. El Comprador tendrá entonces derecho a una indemnización por los perjuicios sufridos de hasta un máximo del 15 por ciento del Precio Contractual.

Cláusula 62. El Contratista no será responsable de los defectos surgidos a causa de los materiales suministrados o del diseño estipulado o especificado por el Comprador.

Cláusula 63. El Contratista será responsable únicamente de los defectos que aparezcan en las condiciones de funcionamiento estipuladas en el Contrato y efectuando un uso adecuado de las Obras. La responsabilidad del Contratista no cubre los defectos causados por el incorrecto mantenimiento o la incorrecta reparación que haga el Comprador, ni por las modificaciones efectuadas sin el consentimiento Por Escrito del Contratista. Por último, la responsabilidad del Contratista tampoco cubre el uso y desgaste o deterioro normales.

Cláusula 64. Sin perjuicio de lo establecido en las Cláusulas 51-56, el Contratista no será responsable por los defectos en cualquier parte de las Obras por un período superior a dos años a partir de la recepción. Si la recepción hubiera sido retrasada por razones atribuibles a la responsabilidad del Comprador, la responsabilidad del Contratista por defectos no podrá extenderse más allá de 30 meses a contar desde la entrega de la Planta.

Cláusula 65. Salvo lo dispuesto en las Cláusulas 51-64, el Contratista no será responsable por defectos. Esto se aplica a cualquier pérdida de producción, lucro cesante y a cualquier otra pérdida emergente. Esta limitación de la responsabilidad del Contratista no será de aplicación cuando haya sido culpable de Negligencia Grave.

8.2.18 ASIGNACIÓN DE LA RESPONSABILIDAD POR DAÑOS CAUSADOS POR LAS OBRAS

Cláusula 66. El Contratista no será responsable de ningún daño a la propiedad causado por las Obras después de concluida su ejecución y estando en posesión del Comprador. Tampoco será responsable el Contratista por ningún daño causado a los productos fabricados por el Comprador ni a productos de los que formen parte los productos del Comprador.

Si el Contratista incurre en responsabilidad frente a un tercero por daños a la propiedad según se describe en el párrafo anterior, el Comprador deberá indemnizar, defender y asistir al Contratista en su defensa.

Si un tercero interpusiese frente a cualquiera de las partes una reclamación por daños según se describe en la presente Cláusula, la parte en cuestión deberá informar inmediatamente a la otra parte Por Escrito. El Contratista y el Comprador estarán mutuamente obligados a someterse a la corte o tribunal arbitral que conozca de las reclamaciones presentadas contra cualquiera de ellos por daños presuntamente causados por las Obras.

La limitación de la responsabilidad del Contratista a que se refiere el primer párrafo de la presente Cláusula no será de aplicación cuando éste haya sido culpable de Negligencia Grave.

8.2.19 FUERZA MAYOR

Cláusula 67. Cualquiera de las partes estará legitimada para suspender el cumplimiento de sus obligaciones en virtud del Contrato en la medida en que dicho cumplimiento fuese impedido o resultase excesivamente oneroso por cualquiera de las siguientes circunstancias: conflictos laborales y cualquier otra circunstancia fuera del control de las partes tales como fuego, guerra, movilización militar general, insurrección, requisa, confiscación, embargo, restricciones en el suministro de energía y defectos o retrasos en las entregas efectuadas por subcontratistas que estén

motivadas por cualquiera de las circunstancias mencionadas en la presente Cláusula.

Cualquiera de las circunstancias referidas en la presente Cláusula, con independencia de que se produzca antes o después de la formalización del Contrato, conferirá el derecho a suspender la ejecución sólo si su efecto sobre la realización del Contrato no pudo haber sido previsto en el momento de la formalización del contrato.

Cláusula 68. La parte que declare verse afectada por Fuerza Mayor deberá informar inmediatamente a la otra parte Por Escrito del inicio y del cese de dicha circunstancia. Si la Fuerza Mayor impide al Comprador cumplir con sus obligaciones, éste deberá compensar al Contratista por los gastos en que hubiera incurrido para asegurar y proteger las Obras.

Cláusula 69. Sin perjuicio de lo que de otra forma pudiera derivarse de las presentes Condiciones Generales, cualquiera de las partes podrá rescindir el Contrato mediante notificación Por Escrito a la otra parte, si la realización del Contrato es suspendida en virtud de la Cláusula 67 por un periodo superior a seis meses.

8.2.20 PREVISIÓN DE INCUMPLIMIENTO

Cláusula 70. Sin perjuicio de lo establecido en otras disposiciones de las presentes Condiciones Generales en materia de suspensión, cualquiera de las partes tendrá derecho a suspender el cumplimiento de sus obligaciones en Contrato si fuese evidente, a tenor de las circunstancias que concurren, que la otra parte no será capaz de cumplir con sus obligaciones. La parte que suspenda su cumplimiento del Contrato deberá notificarlo inmediatamente Por Escrito a la otra parte.

8.2.21 PÉRDIDAS EMERGENTES

Cláusula 71. Salvo disposición en contrario en las presentes Condiciones Generales, no habrá responsabilidad para ninguna de las partes respecto de la otra por pérdida de producción, lucro cesante, pérdida de uso, pérdida de contratos, o cualquier

otra pérdida emergente o indirecta.

8.2.22 LITIGIOS Y LEGISLACION APLICABLE

Cláusula 72. Cualquier litigio suscitado en relación con el Contrato será finalmente resuelto bajo las Reglas de Arbitraje de la Cámara Internacional de Comercio, por uno o más árbitros designados de conformidad con las citadas reglas.

Cláusula 73. El Contrato se regirá por la ley sustantiva del país del Contratista.

8.3 PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

8.3.1 TIPOS DE SOFTWARE INFORMÁTICO

Clausula 1. El software informático cubierto por las presentes condiciones suplementarias viene referido como sigue:

1.1. *Software Informático* es el software informático incluido en el Producto, y consistente en el Software del Proveedor y/o Software Sublicenciado.

1.2. *Software del Proveedor* es el software informático sobre el que el Proveedor ostenta los derechos de propiedad intelectual.

1.3. *Software Sublicenciado* es el software informático sobre el que un tercero ostenta los derechos de propiedad intelectual y sobre el que el Proveedor cede, con el permiso del titular del derecho de propiedad, un derecho de uso.

8.3.2 EL DERECHO DEL COMPRADOR AL USO DEL SOFTWARE INFORMÁTICO

Cláusula 2. Salvo pacto en contrario por escrito, será de aplicación lo siguiente en relación con el derecho del Comprador al uso del Software Informático:

2.1. *Software del Proveedor*

El Comprador adquiere un derecho no exclusivo a utilizar el Software del Proveedor sólo en el uso del Producto. El Comprador puede transferir este derecho de uso a los subsiguientes propietarios o poseedores del Producto. El Proveedor conservará los derechos de propiedad intelectual sobre el Software del Proveedor incluso cuando dicho software haya sido generado especialmente para el Comprador.

El Comprador, bajo su propia responsabilidad, estará legitimado para efectuar cambios en el Software del Proveedor en la medida en que éstos sean compatibles

con el propósito general para el que se requiere el Producto y con los requisitos de la normativa de seguridad aplicable. El Proveedor no podrá ser obligado a proporcionar el código fuente para el Software del Proveedor.

2.2. Software Sublicenciado

Sujeto a cualquier limitación que hubiese sido acordada entre el Proveedor y el titular de los derechos de propiedad intelectual, el Comprador adquiere el derecho no exclusivo de utilizar el Software Sublicenciado sólo en el uso del Producto y de transferir este derecho a los subsiguientes propietarios o poseedores del Producto. El Proveedor deberá informar por escrito al Comprador sobre cualquier limitación a este respecto antes de que sea celebrado el acuerdo sobre la entrega del Producto.

8.3.3 ACTUALIZACIÓN DEL SOFTWARE INFORMÁTICO

Cláusula 3. Salvo pacto en contrario por escrito, el Proveedor no estará obligado a proporcionar al Comprador versiones actualizadas del Software Informático.

8.3.4 VULNERACIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Cláusula 4. El Proveedor deberá, de conformidad con lo estipulado en las cláusulas 5-9, asistir al Comprador en su defensa frente a cualquier reclamación por vulneración de derechos de autor o de cualquier otro derecho de propiedad intelectual existente en el momento de la entrega, y resultante del uso por parte del Comprador del Software Informático.

Cláusula 5. El Proveedor no será, sin embargo, responsable ante cualquier reclamación por uso indebido de estos derechos que tenga como base:

- el uso del Software Informático por parte del Comprador de una forma o en un lugar que no haya sido acordado, o
- los cambios en el Software Informático efectuados por el Comprador.

Cláusula 6. La defensa frente a reclamaciones a que se refiere la Cláusula 4 será por cuenta del Proveedor. Este deberá indemnizar al Comprador por la cantidad que este último esté obligado a pagar en virtud de acuerdo aprobado por el Proveedor o de resolución final. En todo caso, el Proveedor será únicamente responsable si el Comprador notificase al Proveedor sin demora y por escrito la existencia de cualquier reclamación recibida y dejase al Proveedor decidir cómo tratar la reclamación en litigio y en negociaciones extrajudiciales.

Cláusula 7. Si se produce una vulneración de los derechos de propiedad intelectual y se cumplen las condiciones de la Cláusula 6, segundo párrafo, el Proveedor deberá, dentro de un periodo de tiempo razonable, y a su elección:

- proporcionar al Comprador el derecho a continuar usando el Software, o
- modificar el Software Informático de forma que cese el uso indebido, o
- reemplazar el Software Informático con otro software.

Cláusula 8. Si el Proveedor incumple su obligación de rectificar a su debido tiempo el uso indebido, tal y como se describe en Cláusula 7, serán de aplicación respectivamente, según corresponda al caso, las Cláusulas 32, 33 y 37 de las condiciones Orgalime S 2000 o las Cláusulas 60, 61 y 65 de Orgalime SE 01.

Cláusula 9. Salvo lo dispuesto en Cláusulas 4-8, el Proveedor no será responsable ante el Comprador por cualquier vulneración de los derechos de un tercero que sea causada por el uso que el Comprador haga del Software Informático. Esta limitación de la responsabilidad del Proveedor no será de aplicación, sin embargo, si éste hubiese sido culpable de negligencia grave.

8.3.5 OTROS DEFECTOS EN EL SOFTWARE INFORMÁTICO

Cláusula 10. En caso de existir otros defectos en el Software Informático que aquellos que supongan la vulneración de derechos de autor o de propiedad industrial, serán de aplicación respectivamente, y según corresponda al caso, las Cláusulas 22 37 de Orgalime S 2000 o las Cláusulas 51-65 de Orgalime SE 01.

8.4 CONDICIONES LEGALES Y NORMATIVA APLICABLE

Se incluye a continuación un listado de la normativa aplicable al presente proyecto de automatización:

8.4.1 NORMATIVA REFERENTE A LA ELECTRICIDAD

- REAL DECRETO 842/2002, DE 2 DE AGOSTO, por el que se aprueba el reglamento electrotécnico para baja tensión (RBT). Incluye el suplemento aparte con el reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias
- ORDEN DE 6 DE JULIO DE 1984, por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- ITC-BT-18: Instalaciones de puesta a tierra.
- ITC-BT-19: Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.
- ITC-BT-20: Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación.
- ITC-BT-22: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobreintensidades.
- ITC-BT-23: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones.
- ITC-BT-24: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra contactos directos e indirectos.
- ITC-BT-43: Instalación de receptores. Prescripciones generales.
- ITC-BT-51: Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad.
- UNE 20 514 1M: reglas de seguridad para aparatos electrónicos y aparatos con ellos relacionados de uso doméstico o uno general análogo conectado a una red de energía.
- Normas de la empresa suministradora de energía a bordo.
- Ley de industria y otras del ministerio de industria y energía.

- Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales, referente a riesgos eléctricos

8.4.2 Normativa relativa a los lenguajes de programación

- NORMA IEC 1131-3, normalización de los lenguajes en automatización industrial.

8.4.3 Normativa sobre elaboración de proyectos

- UNE 157001 – FEBRERO 2002. Criterios generales para la elaboración de proyectos.

8.4.4 Normativa sobre seguridad

- Real Decreto 1338/1994 del 4 de Julio sobre medidas de seguridad en establecimientos públicos y privados.
- Ordenanza de seguridad e higiene en el trabajo (Aprobada por O.M. el 9 de marzo de 1971).
- Real Decreto 486/1997, del 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

8.4.5 Normativa sobre materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados en este proyecto deberán cumplir las normas UNE o estándares internacionales en vigor y de obligado cumplimiento.

La normativa de obligatorio cumplimiento se describe a continuación:

- UNE 20.234. Grados de protección de los envoltentes del material eléctrico

de baja tensión.

- UNE 20.333. Diámetros y roscas y conductos y sus accesorios para instalaciones eléctricas.
- UNE 20.334. Conductos para instalaciones eléctricas.
- UNE 21.401. Conductores eléctricos aislados.
- UNE 21.402. Conductores eléctricos aislados y desnudos.

8.5 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

8.5.1 CONDICIONES TÉCNICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Clausula 1. El astillero será el responsable de la instalación del cableado externo y será quien decida, de acuerdo a las siguientes especificaciones técnicas y a las normas establecidas por las sociedades de clasificación, el cableado a utilizar en la instalación del proyecto.

8.5.2 NORMATIVA APLICABLE Y SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN

Clausula 2. La información aportada en este documento no se sobrepondrá, en ningún caso, a las especificaciones técnicas establecidas por las sociedades de clasificación y/o normativas reguladores de las instalaciones eléctricas.

Clausula 3. Los cables utilizados deberán cumplir con las normas internacionales en materia de construcción, instalación y manejo de materiales eléctricos.

Se ha de tener en cuenta que estas especificaciones no son un reemplazo de los manuales de instalación específicos que puedan tener los diferentes sistemas instalados a bordo.

8.5.3 INSTALACIÓN DEL CABLEADO EXTERNO

Clausula 4. El cableado externo a utilizar en este proyecto deberá ser instalado, en todo momento, por personal cualificado, siguiendo en todo momento las especificaciones técnicas del fabricante.

Clausula 5. En algunas áreas de la instalación se pueden requerir cables con necesidades especiales:

- a) Resistentes al fuego
- b) Resistencia en ambientes fríos extremos
- c) Etc..

Clausula 6. Se deberán tomar en consideración las siguientes medidas a la hora de manipular e instalar el cableado externo:

- a) Asegurarse de que haya suficiente espacio para los cables y conductos utilizados.
- b) Asegurarse de que no haya curvas de cable que reduzcan el rendimiento del cable, poniendo especial atención a los cables de fibra óptica.
- c) Evitar, en la medida de lo posible, que los cables de señal vayan cerca de los cables de alimentación.
- d) Asegurarse de que los cables estén bien sujetos dentro del armario eléctrico..
- e) Asegúrese de que el armario esté bien conectado a tierra y que las pantallas de los cables estén terminadas correctamente.

8.5.4 TIPOS DE CABLES USADOS EN LA INSTALACIÓN

Clausula 7. El fabricante del equipo a instalar entregará un documento con las especificaciones técnicas y requisitos de los cables a instalar a bordo del buque.

Todos los cables instalados en este proyecto deberán cumplir con los requisitos técnicos específicos del fabricante. Las especificaciones técnicas de los cables a instalar se podrán encontrar en un documento anexo llamado “Especificaciones técnicas del cableado”.

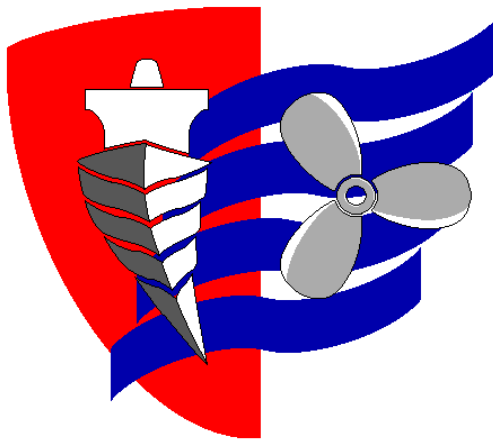
Los tipos de cables a utilizar en el mencionado proyecto son los siguientes:

- Cable de Fibra óptica (Fiber optic)
- Cable de par trenzado (Ethernet twister pair)
- Cable de Bus de campo (Can Bus cable)
- Cable de puerto de serie RS 232/485 (Serial data transmission)

- Cable Co-Axial o de antena (Coaxial antenna)
- Cable de alimentación 24 Vdc y 220 Vac.
- Cables de señal y todo tipo de señales de control.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



DOCUMENTO 4

PRESUPUESTO

9.1 PRESUPUESTO

9.1.1 INTRODUCCIÓN

El Presupuesto lo vamos a dividir en cuatro apartados perfectamente diferenciados:

1. *Mediciones:* Las mediciones son el conjunto de todos conceptos necesarios para la ejecución de la obra, agrupando por separado todas aquellas unidades que sean objeto de igual precio.
2. *Precios unitarios:* En él figuran, los precios totales de cada una de las unidades que haya en la obra, sin detallar su descomposición.
3. *Precios descompuestos:* En él figuran, con el mayor detalle posible, la descomposición de cada uno de los precios que figuran en el apartado precios unitarios. Este documento carece de carácter legal.
4. *Presupuesto:* Es la valoración económica de la obra. En él figurarán, en cifra, las unidades obtenidas en la medición y el precio que le corresponde de acuerdo al precio unitario.

Cabe destacar que en el siguiente presupuesto solamente se tendrán en cuenta, en detalle, los gastos relacionados con el material suministrado y los gastos relacionados con la puesta en marcha inicial del sistema.

También se hará un calculo aproximado de las horas empleadas tanto como para la producción de los equipos a instalar como para el desarrollo y diseño del sistema de automatización.

Los demás gastos que se puedan generar durante el proceso de creación, instalación y puesta en marcha del sistema no se tendrán en cuenta.

9.2 MEDICIONES

El siguiente presupuesto lo vamos a dividir en las siguientes partidas:

1. Partida de Material.

Adquisición de los equipos nuevos a instalar a bordo. Todo el material suministrado lo dividiremos en los siguientes subgrupos:

- a) Estaciones de Control y Operación (OS)
- b) Cabinas de Control (CC)
- c) Cabinas de redes (NC)
- d) Cabinas de Módulos E/S (IC)
- e) Paneles de alarma y paneles de Hombre Muerto

2. Partida del Personal.

- a) Diseño y desarrollo de sistema por parte de la Ingeniería Técnica.
- b) Montaje e instalación de los equipos suministrados en la sección de producción de la fabrica.
- c) Instalación y puesta en marcha de los equipos a instalar a cargo del personal cualificado.

9.3 PRECIOS UNITARIOS

9.3.1 Precios Total del material suministrado

- Tabla 1. Coste Total de los equipos suministrados

Equipo	Cantidad	Precio (€)
Estación de Control 1 (OS1)	1	11726,05
Estación de Control 2 (OS2)	1	11726,05
Estación de Control 3 (OS3)	1	11726,05
Estación de Control 4 (OS4)	1	11726,05
Estación de Control 5 (OS5)	1	11726,05
Cabina de Control CC1	1	16071,59
Cabina de Control CC2	1	16071,59
Cabina de Redes NC1	1	8805,04
Cabina de Redes NC2	1	5504,16
Cabina de Módulos I/O IC1	1	5358,49
Cabina de Módulos I/O IC2	1	5399,49
Cabina de Módulos I/O IC3	1	6196,97
Cabina de Módulos I/O IC4	1	5624,53
Cabina de Módulos I/O IC5	1	5844,37
Cabina de Módulos I/O IC6	1	5966,49
Cabina de Módulos I/O IC7	1	5358,49
Cabina de Módulos I/O IC8	1	5423,57
Paneles de alarma y Hombre Muerto	1	19632,29
Total		169887,32

Tabla 1. Coste Total de los equipos suministrados

9.3.2 Precios Totales del personal

- Tabla 2. Coste Total del personal cualificado

Personal	Precio (€/h)	Miembros	Horas	Total (€)
Jefe de Ingeniería	50	1	20	1000,00
Ingeniero de Software	40	1	2000	80000,00
Operario de producción	30	1	600	18000,00
Ingeniero puesta en marcha	70	1	800	56000,00
Total				155000,00

Tabla 2. Coste Total del personal

9.4 PRECIOS DESCOMPUESTOS

9.4.1 Partida de Material

En este apartado del presupuesto podemos obtener por separado los precios de los todos los componentes que integran el sistema de automatización.

En cada tabla se pueden observar por separado los precios de cada componente.

Las tablas distribuyen el sistemas en los correspondientes elementos del sistema:

- Tabla 3 – Tabla de precios por unidad
- Tabla 4 - Estación de Control 1 (OS1)
- Tabla 5 - Estación de Control 2 (OS2)
- Tabla 6 - Estación de Control 3 (OS3)
- Tabla 7 - Estación de Control 4 (OS4)
- Tabla 8 - Estación de Control 5 (OS5)
- Tabla 9 – Cabina de Control CC1
- Tabla 10 – Cabina de Control CC2
- Tabla 11 – Cabina de Redes NC1
- Tabla 12 – Cabina de Redes NC1
- Tabla 13 – Cabina de Módulos E/S IC1
- Tabla 14 – Cabina de Módulos E/S IC2
- Tabla 15 – Cabina de Módulos E/S IC3
- Tabla 16 – Cabina de Módulos E/S IC4
- Tabla 17 – Cabina de Módulos E/S IC5
- Tabla 18 – Cabina de Módulos E/S IC6
- Tabla 19 – Cabina de Módulos E/S IC7
- Tabla 20 – Cabina de Módulos E/S IC8
- Tabla 21 – Paneles de Alarma y Paneles de Hombre Muerto

Referencia	Elemento	Precio x Unidad (€)
000100001	Ordenador	1450,00
000100002	Soporte de montaje PC	181,14
000100003	Cable de par trenzado	38,20
000100004	Caja de conexión	40,42
000100005	Monitor Hattleland	3790,20
000100006	Bloque de terminales	365,10
000100007	Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS)	1263,13
000100008	Filtro para UPS	515,04
000100009	Fuente de alimentación 220 / 24	119,00
000100010	Teclado	32,70
000100011	Ratón	62,30
000100012	Armario eléctrico grande	2650,00
000100013	Controlador Marino	3020,00
000100014	Fuente de alimentación 24 / 24	130,30
000100015	Diodo Rectificador	106,25
000100016	Magneto-térmico	105,15
000100017	Magneto-térmico	90,30
000100018	Conmutador de red	1100,00
000100019	Fusible cerámico 2A	5,40
000100020	Fusible cerámico 4A	5,40
000100021	Fusible cerámico 6.3A	6,60
000100022	Terminal de carril para fusibles 6	5,00
000100023	Terminal de conexión Brida - 2.5	3,34
000100024	Ventilador y filtro	79,12
000100025	Cable de Fibra óptica	41,30
000100027	Módulo E/S Señales digitales	83,20
000100026	Fusible cerámico 0.5A	5,10
000100028	Módulo E/S Señales analógicas	146,48
000100029	Módulo E/S Señales tipo relé	74,60
000100030	Módulo E/S Alimentación	79,70
000100031	Panel de Alarma	2506,57
000100032	Caja de Montaje paneles de Alarma	140,10
000100033	Paneles del Sistema de Hombre Muerto	276,40
000100034	Armario eléctrico pequeño	1650,00
000100035	Módulo E/S Conexión de CanBus	255,40

Tabla 3 - Tabla de Precios por unidad

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100001	Ordenador B&R automation PC 910	1	1450,00
000100002	Soporte de montaje PC	1	181,14
000100003	Cable de par trenzado CAT6A 2M	2	76,40
000100004	Caja de conexión RJ-45 IE-XM-RJ45/IDC-B	2	80,84
000100005	Monitor Hattleland HD24T21	2	7580,40
000100006	Bloque de terminales de conexión	1	365,10
000100007	SAI (UPS) MGE pulsar	1	1263,13
000100008	Filtro para UPS	1	515,04
000100009	Fuente de alimentación weidmuller	1	119,00
000100010	Teclado Logitech	1	32,70
000100011	Ratón Logitech	1	62,30
Total OS1			11726,05

Tabla 4 - Estación de Control 1

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100001	Ordenador B&R automation PC 910	1	1450,00
000100002	Soporte de montaje PC	1	181,14
000100003	Cable de par trenzado CAT6A 2M	2	76,40
000100004	Caja de conexión RJ-45 IE-XM-RJ45/IDC-B	2	80,84
000100005	Monitor Hattleland HD24T21	2	7580,40
000100006	Bloque de terminales de conexión	1	365,10
000100007	SAI (UPS) MGE pulsar	1	1263,13
000100008	Filtro para UPS	1	515,04
000100009	Fuente de alimentación Weidmuller	1	119,00
000100010	Teclado Logitech	1	32,70
000100011	Ratón Logitech	1	62,30
Total OS1			11726,05

Tabla 5 - Estación de Control 2

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100001	Ordenador B&R automation PC 910	1	1450,00
000100002	Soporte de montaje PC	1	181,14
000100003	Cable de par trenzado CAT6A 2M	2	76,40
000100004	Caja de conexión RJ-45 IE-XM-RJ45/IDC-B	2	80,84
000100005	Monitor Hattleland HD24T21	2	7580,40
000100006	Bloque de terminales de conexión	1	365,10
000100007	SAI (UPS) MGE PULSAR	1	1263,13
000100008	Filtro para UPS	1	515,04
000100009	Fuente de alimentación Weidmuller	1	119,00
000100010	Teclado Logitech	1	32,70
000100011	Ratón Logitech	1	62,30
Total OS3			11726,05

Tabla 6 - Estación de Control 3

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100001	Ordenador B&R automation PC 910	1	1450,00
000100002	Soporte de montaje PC	1	181,14
000100003	Cable de par trenzado CAT6A 2M	2	76,40
000100004	Caja de conexión RJ-45 IE-XM-RJ45/IDC-B	2	80,84
000100005	Monitor Hattleland HD24T21	2	7580,40
000100006	Bloque de terminales de conexión	1	365,10
000100007	SAI (UPS) MGE PULSAR	1	1263,13
000100008	Filtro para UPS	1	515,04
000100009	Fuente de alimentación Weidmuller	1	119,00
000100010	Teclado Logitech	1	32,70
000100011	Ratón Logitech	1	62,30
Total OS4			11726,05

Tabla 7 - Estación de Control 4

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100001	Ordenador B&R automation PC 910	1	1450,00
000100002	Soporte de montaje PC	1	181,14

000100003	Cable de par trenzado CAT6A 2M	2	76,40
000100004	Caja de conexión RJ-45 IE-XM-RJ45/IDC-B	2	80,84
000100005	Monitor Hattleland HD24T21	2	7580,40
000100006	Bloque de terminales de conexión	1	365,10
000100007	SAI (UPS) MGE PULSAR	1	1263,13
000100008	Filtro para UPS	1	515,04
000100009	Fuente de alimentación Weidmuller	1	119,00
000100010	Teclado Logitech	1	32,70
000100011	Ratón Logitech	1	62,30
Total OS5			11726,05

Tabla 8 - Estación de Control 5

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100012	Armario eléctrico CC1	1	2650,00
000100013	Controlador Marino	3	9060,00
000100003	Cable de par trenzado CAT6A	9	343,80
000100009	Fuente de alimentación Weidmuller AC/DC	1	119,00
000100014	Fuente de alimentación Weidmuller DC/DC	2	260,60
000100015	Diodo Rectificador Weidmuller	1	106,25
000100016	Magneto-térmico Schneider 10A	2	210,30
000100017	Magneto-térmico Schneider 6A	2	180,60
000100018	Conmutador de red Westermo L+210	2	2200,00
000100019	Fusible cerámico 5x25 mm 2A	5	27,00
000100020	Fusible cerámico 5x25 mm 4A	11	59,40
000100021	Fusible cerámico 5x25 mm 6.3A	14	92,40
000100022	Terminal de carril para fusibles Weidmuller	30	150,00
000100023	Terminal de conexión Brida - tornillo WDK 2.5	38	126,92
000100024	Ventilador y filtro SK 3322.027	1	79,12
000100025	Cable de Fibra Óptica LC-LC (LSZH)	2	82,60
000100004	Caja de conexión RJ-45	8	323,60
Total CC1			16071,59

Tabla 9 – Cabina de Control CC1

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100012	Armario eléctrico CC2	1	2650,00
000100013	Controlador Marino	3	9060,00
000100003	Cable de par trenzado CAT6A	9	343,80
000100009	Fuente de alimentación Weidmuller AC/DC	1	119,00
000100014	Fuente de alimentación Weidmuller DC/DC	2	260,60
000100015	Diodo Rectificador Weidmuller	1	106,25
000100016	Magneto-térmico Schneider 10A	2	210,30
000100017	Magneto-térmico Schneider 6A	2	180,60
000100018	Conmutador de red Westermo L+210	2	2200,00
000100019	Fusible cerámico 5x25 mm 2A	5	27,00
000100020	Fusible cerámico 5x25 mm 4A	11	59,40
000100021	Fusible cerámico 5x25 mm 6.3A	14	92,40
000100022	Terminal de carril para fusibles Weidmuller	30	150,00
000100023	Terminal de conexión Brida - tornillo WDK 2.5	38	126,92
000100024	Ventilador y filtro SK 3322.027	1	79,12
000100025	Cable de Fibra Óptica LC-LC (LSZH)	2	82,60
000100004	Caja de conexión RJ-45	8	323,60
Total CC2			16071,59

Tabla 10 – Cabina de Control CC2

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100034	Armario eléctrico NC1	1	1650,00
000100004	Caja de conexión RJ-45	18	727,56
000100003	Cable de par trenzado CAT6A 2M	9	343,80
000100009	Fuente de alimentación Weidmuller AC/DC	2	238,00
000100014	Fuente de alimentación Weidmuller DC/DC	2	260,60
000100015	Diodo Rectificador Weidmuller	2	212,50
000100016	Magneto-térmico Schneider 10A	2	210,30
000100017	Magneto-térmico Schneider 6A	2	180,60
000100018	Conmutador de red Westermo L+210	4	4400,00
000100019	Fusible cerámico 5x25 mm 2A	14	75,60
000100020	Fusible cerámico 5x25 mm 4A	6	32,40
000100022	Terminal de carril para fusibles Weidmuller	20	100,00
000100023	Terminal de conexión Brida - tornillo WDK 2.5	14	46,76

000100024	Ventilador y filtro SK 3322.027	1	79,12
000100025	Cable de Fibra Óptica LC-LC (LSZH)	6	247,80
Total NC1			8805,04

Tabla 11 – Cabina de Redes NC1

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100034	Armario eléctrico NC2	1	1650,00
000100004	Caja de conexión RJ-45	6	242,52
000100003	Cable de par trenzado CAT6A 2M	6	229,20
000100018	Conmutador de red Westermo L+210	3	3300,00
000100019	Fusible cerámico 5x25 mm 2A	6	32,4
000100022	Terminal de carril para fusibles Weidmuller	6	30,00
000100023	Terminal de conexión Brida - Weidmuller	6	20,04
Total NC2			5504,16

Tabla 12 – Cabina de Redes NC2

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100012	Armario eléctrico IC1	1	2650,00
000100027	Módulo E/S Digitales	10	830,20
000100028	Módulo E/S Analógicos	3	439,44
000100029	Módulo E/S Tipo relé	2	149,20
000100030	Módulo- E/S Alimentación	6	475,20
000100034	Módulo E/S Conexión de CanBus	2	510,80
000100026	Fusible cerámico 5x25 mm 0.5A	8	40,80
000100019	Fusible cerámico 5x25 mm 2A	8	43,20
000100022	Terminal de carril para fusibles Weidmuller	16	80,00
000100023	Terminal de conexión Brida - tornillo Weidmuller	10	33,40
000100015	Diodo Rectificador Weidmuller	1	106,25
Total IC1			5358,49

Tabla 13 – Cabina de Módulos I/O IC1

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100012	Armario eléctrico IC2	1	2650,00
000100027	Módulo E/S Digitales	10	830,20
000100028	Módulo E/S Analógicos	3	439,44
000100029	Módulo E/S Tipo relé	2	149,20
000100030	Módulo- E/S Alimentación	6	475,20
000100034	Módulo E/S Conexión de CanBus	2	510,80
000100026	Fusible cerámico 5x25 mm 0.5A	10	51,00
000100019	Fusible cerámico 5x25 mm 2A	10	54,00
000100022	Terminal de carril para fusibles Weidmuller	20	100,00
000100023	Terminal de conexión Brida - tornillo Weidmuller	10	33,40
000100015	Diodo Rectificador Weidmuller	1	106,25
Total IC2			5399,49

Tabla 14 – Cabina de Módulos I/O IC2

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100012	Armario eléctrico IC3	1	2650,00
000100027	Módulo E/S Digitales	9	748,80
000100028	Módulo E/S Analógicos	9	1318,32
000100029	Módulo E/S Tipo relé	2	149,20
000100030	Módulo- E/S Alimentación	6	475,20
000100034	Módulo E/S Conexión de CanBus	2	510,80
000100026	Fusible cerámico 5x25 mm 0.5A	10	51,00
000100019	Fusible cerámico 5x25 mm 2A	10	54,00
000100022	Terminal de carril para fusibles Weidmuller	20	100,00
000100023	Terminal de conexión Brida - tornillo Weidmuller	10	33,40
000100015	Diodo Rectificador Weidmuller	1	106,25
Total IC3			6196,97

Tabla 15 – Cabina de Módulos I/O IC3

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100012	Armario eléctrico IC4	1	2650,00
000100027	Módulo E/S Digitales	7	582,40

000100028	Módulo E/S Analógicos	6	878,88
000100029	Módulo E/S Tipo relé	2	149,20
000100030	Módulo- E/S Alimentación	6	475,20
000100034	Módulo E/S Conexión de CanBus	2	510,80
000100026	Fusible cerámico 5x25 mm 0.5A	10	51,00
000100019	Fusible cerámico 5x25 mm 2A	10	54,00
000100022	Terminal de carril para fusibles Weidmuller	20	100,00
000100023	Terminal de conexión Brida - tornillo Weidmuller	20	66,80
000100015	Diodo Rectificador Weidmuller	1	106,25
Total IC4			5624,53

Tabla 16 – Cabina de Módulos I/O IC4

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100012	Armario eléctrico IC5	1	2650,00
000100027	Módulo E/S Digitales	10	830,20
000100028	Módulo E/S Analógicos	4	585,92
000100029	Módulo E/S Tipo relé	6	447,60
000100030	Módulo- E/S Alimentación	6	475,20
000100034	Módulo E/S Conexión de CanBus	2	510,80
000100026	Fusible cerámico 5x25 mm 0.5A	10	51,00
000100019	Fusible cerámico 5x25 mm 2A	10	54,00
000100022	Terminal de carril para fusibles Weidmuller	20	100,00
000100023	Terminal de conexión Brida - tornillo Weidmuller	10	33,40
000100015	Diodo Rectificador WEIDMULLER Weidmuller	1	106,25
Total IC5			5844,37

Tabla 17 – Cabina de Módulos I/O IC5

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100012	Armario eléctrico IC6	1	2650,00
000100027	Módulo E/S Digitales	15	1248,00
000100028	Módulo E/S Analógicos	3	439,44
000100029	Módulo E/S Tipo relé	4	298,40
000100030	Módulo- E/S Alimentación	6	475,20
000100034	Módulo E/S Conexión de CanBus	2	510,80

000100026	Fusible cerámico 5x25 mm 0.5A	10	51,00
000100019	Fusible cerámico 5x25 mm 2A	10	54,00
000100022	Terminal de carril para fusibles Weidmuller	20	100,00
000100023	Terminal de conexión Brida - tornillo Weidmuller	10	33,40
000100015	Diodo Rectificador Weidmuller	1	106,25
Total IC6			5966,49

Tabla 18 – Cabina de Módulos I/O IC6

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100012	Armario eléctrico IC7	1	2650,00
000100027	Módulo E/S Digitales	10	830,20
000100028	Módulo E/S Analógicos	3	439,44
000100029	Módulo E/S Tipo relé	2	149,20
000100030	Módulo- E/S Alimentación	6	475,20
000100034	Módulo E/S Conexión de CanBus	2	510,80
000100026	Fusible cerámico 5x25 mm 0.5A	8	40,80
000100019	Fusible cerámico 5x25 mm 2A	8	43,20
000100022	Terminal de carril para fusibles Weidmuller	16	80,00
000100023	Terminal de conexión Brida - tornillo Weidmuller	10	33,40
000100015	Diodo Rectificador Weidmuller	1	106,25
Total IC7			5358,49

Tabla 19 – Cabina de Módulos I/O IC7

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100012	Armario eléctrico IC8	1	2650,00
000100027	Módulo E/S Digitales	9	748,80
000100028	Módulo E/S Analógicos	4	585,92
000100029	Módulo E/S Tipo relé	2	149,20
000100030	Módulo- E/S Alimentación	6	475,20
000100034	Módulo E/S Conexión de CanBus	2	510,80
000100026	Fusible cerámico 5x25 mm 0.5A	8	40,80
000100019	Fusible cerámico 5x25 mm 2A	8	43,20
000100022	Terminal de carril para fusibles Weidmuller	16	80,00
000100023	Terminal de conexión Brida - tornillo Weidmuller	10	33,40

000100015	Diodo Rectificador Weidmuller	1	106,25
Total IC8			5423,57

Tabla 20 – Cabina de Módulos I/O IC8

Referencia	Elemento	Cantidad	Precio (€)
000100031	Panel de Alarma HD 08T21	7	17545,99
000100032	Caja de Montaje paneles de Alarma	7	980,70
000100033	Paneles del Sistema de Hombre Muerto	4	1105,60
Total			19632,29

Tabla 21 – Paneles de Alarma y Hombre Muerto

9.5 PRESUPUESTO FINAL

9.5.1 Presupuesto Material

El precio total de los equipos suministrados asciende a CIENTO SESENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y SIETE CON TREINTA Y DOS.

9.5.2 Presupuesto del Personal Cualificado

El precio total de las horas empleadas por el personal cualificado asciende a CIENTO CINCUENTA Y CINCO MIL.

9.5.3 Presupuesto Final

Partidas	Precio (€)
Material	169887,32
Personal	155000,00
Total Partidas	324887,32
Gastos de Licencias y Trámites (10%)	32488,73
IVA (21%)	68226,34
Honorarios Proyectista	2500,00
Presupuesto Total	428102,39

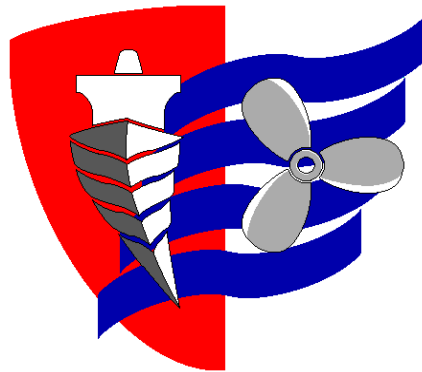
Tabla 22 – Presupuesto Total

El presupuesto total del proyecto asciende a **CUATROCIENTOS VEINTIOCHO MIL CIENTO DOS CON TREINTA Y NUEVE.**

En Santander a 22 de Junio de 2017.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



DOCUMENTO 5

ANEXOS

10. ANEXOS

En este apartado se realiza un listado de los documentos que se han utilizado durante la elaboración del proyecto.

10.1 ANEXOS RELATIVOS A LA NORMATIVA APLICABLE

- Anexo 1. DNV (Automation, Safety and Telecommunication Systems)
- Anexo 2. IMO
- Anexo 3. STCW
- Anexo 4. MARPOL
- Anexo 5. SOLAS

10.2 ANEXOS RELATIVOS A LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

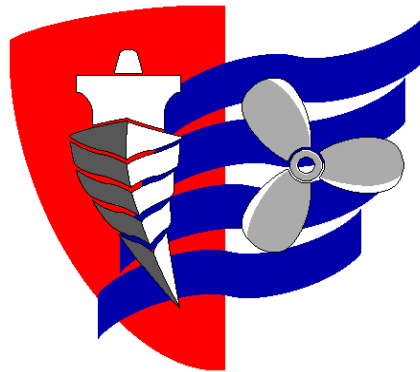
- Anexo 6. Computador (PC910)
- Anexo 7. Controlador.
- Anexo 8. Pantalla 24”.
- Anexo 9. Panel de extensión de alarmas.
- Anexo 10. Conmutador de Red.
- Anexo 11. UPS.
- Anexo 12. Fuente de alimentación.
- Anexo 13. Módulos E/S Bus de campo (BC004310)
- Anexo 14. Módulos E/S Analógicas 4-20 mA (AI4322)
- Anexo 15. Módulos E/S Analógicas PT100 (AT4222)
- Anexo 16. Módulos E/S Entradas digitales (DI6371)
- Anexo 17. Módulos E/S Salidas digitales (DO6322)
- Anexo 18. Módulos E/S Salidas digitales relé (DO2649)
- Anexo 19. Módulos E/S Alimentación (PS9400)

10.3 ANEXOS RELATIVOS AL PLIEGO DE CONDICIONES

- Anexo 20. Orgalime S2012
- Anexo 21. Orgalime SW01

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



DOCUMENTO 6

BIBLIOGRAFÍA

11. BIBLIOGRAFÍA

11.1 LIBROS

- [1] INGENIERÍA DEL CONTROL MODERNO. Katsuhiko Ogata. 5º Edición. Pearson educación. 2010.
- [2] SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO. Kuo, Benjamin. Prentice Hall. 7º Edición 1997.
- [3] INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA. Sala Piqueras, Antonio; Blasco Giménez, Ramón. Universidad Politécnica de Valencia. Junio 2008.
- [4] AUTÓMATAS PROGRAMABLES. Balcells, Josep; Romeral, José Luis. Marcombo. 2000.
- [5] INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL. Creus Solé, Antonio. Alfaomega – Marcombo. 7º Edición. 2005.
- [6] CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS: TEORÍA Y PRACTICA. Smith, Carlos; Corripio, Armando. Noriega Editores. 1991.
- [7] MODELING AND SIMULATION FOR AUTOMATIC CONTROL. Egeland, O; Gravdahl, J. T. Marine Cybernetics, Trondheim, 2002.
- [8] CONTROL SYSTEM DESIGN. Goodwin, G.C. ; Graebe, S.F.; Salgado, M.E. Prentice Hall, 2001.
- [9] ELECTRONICS ENGINEER'S HANDBOOK. Christiansen, D. 4th edition. McGraw-Hill, 1996.
- [10] SIGNALS AND SYSTEMS. Chi-Tsong, Chen. 3rd edition. Oxford University Press, 2004.
- [11] MODERN CONTROL SYSTEMS. Dorf, R.C.; Bishop, R.H. 8th edition. Addison-Wesley, 1998.

11.2 ARTÍCULOS ACADÉMICOS:

- [12] MARINE CONTROL SYSTEMS. Sørensen, Asgeir. Norwegian University of Science and Technology. NTNU, 2013.

11.3 PUBLICACIONES ONLINE:

- [13] ABB www.abb.com
- [14] ASTILLEROS GONDÁN www.gondan.com/es
- [15] B&R AUTOMATION www.br-automation.com/es/perfection-in-automation
- [16] DET NORSKE VERITAS www.dnv.com
- [17] DIAMAR www.sedni.es/sistemas-de-automatizacion-marina-diamar/
- [18] EMERSON AUTOMATION www.emerson.com
- [19] GE AUTOMATION www.geautomation.com/es
- [20] GLOBAL MARITIME www.globalmaritime.com
- [21] HOGLUND MARINE AUTOMATION www.hma.no
- [22] INGENIEROS NAVALES www.ingenierosnavales.com
- [23] INGETEAM AUTOMATION www.ingeteam.com/en-us/marine
- [24] KONGSBERG www.kongsberg.com
- [25] MARINE INSIGHT www.marineinsight.com
- [26] MARINE CONTROL www.marinecontrol.org
- [27] MODBUS www.simplymodbus.ca
- [28] IMO www.imo.org/es/Paginas/Default.aspx
- [29] NATIONAL INSTRUMENTS www.ni.com/white-paper/52204/es/
- [30] NAVAL TECHNOLOGY www.naval-technology.com
- [31] NORISPAN www.norispain.com/index.php/es/
- [32] NORWEGIAN PETROLEUM DIRECTORATE www.npd.no
- [33] OFFSHORE TECHNOLOGY www.offshore-technology.com
- [34] P & S AUTOMATION www.pandsautomation.com
- [35] PROELSUR www.proelsur.com
- [36] ROLLS-ROYCE MARINE www.rolls-royce.com
- [37] ROCKWELL AUTOMATION www.rockwellautomation.com
- [38] SIEMENS MARINE www.industry.siemens.com
- [39] SECTOR MARÍTIMO www.sectormaritimo.es
- [40] VA DE BARCOS www.vadebarcos.net
- [41] WARTSILA www.wartsila.com

- [42] WEIDMULLER www.weidmuller.es
- [43] WESTERMO www.westermo.com
- [44] WIKIPEDIA www.wikipedia.es