



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

TRABAJO FIN DE GRADO

2020/2021

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Autor: Javier Ballester Alcañiz

Tutor: Enrique Berjano Zanón

Cotutor: Juan José Pérez Martínez

Grado: Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Escuela: Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, UPV

Curso académico: 2020/2021

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Resumen

La idea de este TFG es adentrarse en el mundo náutico a través de la electrónica incorporada en tanques de almacenamiento de agua, aceite o combustible, exponiendo las diferentes versiones y posibilidades de sensores para cada una de estas variables a medir, en las que se especificará las ventajas y desventajas de cada uno de estos dependiendo de la elección que hagamos respecto al líquido a medir, la posición del tanque, las tuberías de este, el local, el espacio para la instalación disponible alrededor del tanque y unas medidas concretas de estos que decidirán la mejor manera de llevar a cabo todos los procedimientos de nuestro proyecto.

El proyecto consiste en un diseño teórico apoyado en otro proyecto ya existente, este se trata de un yate en el que se implementó la idea desarrollada en esta memoria, es un buque de uso particular de 40 m de eslora cuyos cálculos e instalaciones eléctricas han sido realizadas en la empresa en la cual he desarrollado mis prácticas de empresa y con ello, profundizado en este campo. Todo esto ayudará a verificar y respaldar la idea inicial y cada uno de los detalles y decisiones tomadas durante todo el proceso. En esencia, se tendrán en cuenta los diferentes factores que determinarán las decisiones a tomar para lograr la instalación óptima.

Con todo esto lo que quiero conseguir es llevar a cabo una instalación que consiga recaudar todas las mediciones necesarias con la mayor precisión y control posibles dado que todo el proyecto se llevará a cabo en barcos y, por tanto, el mar será el matiz más importante debido a las condiciones para tener en cuenta a la hora de medir ciertas variables como podrían ser la presión y el nivel de dichos líquidos.

Agradecimientos

Primeramente, agradecer a mis dos tutores Enrique Berjano Zanón y Juan José Pérez Martínez por el empeño, propuestas, ayuda e intereses demostrados desde el comienzo del proyecto hasta el último día además de la atención y confianza que ha depositado en mí y en mi trabajo desde el primer día.

Por supuesto agradecer a mi familia y amigos, los cuales me han estado apoyando desde el día que decidí adentrarme en este grado y me han ayudado a tomar muchas de las decisiones que, actualmente, me han hecho llegar a donde estoy, gracias de corazón.

Por último, pero no menos importante, quiero destacar a las personas que, sin ningún tipo de dudas, han compartido el tiempo y la pasión dedicada al mundo de la electrónica, que no podían ser otros que los compañeros de grado con los que he vivido una y mil experiencias inolvidables y que han hecho todo este largo camino mucho más fácil y reconfortante, siempre podréis contar conmigo.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ETSID

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial Automática

Curso 2020/2021

TRABAJO FIN DE GRADO:

Diseño de un sistema integrado de medición y control de presión, nivel, densidad y caudal de líquidos en tanques en barcos

DOCUMENTO I:

MEMORIA

Autor: Javier Ballester Alcañiz

Tutores: Enrique Berjano Zanón

Cotutor: Juan José Pérez Martínez

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Índice

1. Introducción	7
1.1. <i>Objeto</i>	7
1.2. <i>Antecedentes</i>	7
1.3. <i>Introducción al sector naval</i>	8
2. Estudio de necesidades	9
3. Planteamiento de soluciones alternativas	10
3.1. <i>Sensores y tanques</i>	10
3.2. <i>Controladores e interfaz con el usuario</i>	13
4. Solución final y justificación	14
4.1. <i>Tanques</i>	14
4.2. <i>Sensores</i>	16
4.3. <i>Interfaz con el usuario</i>	21
5. Descripción detallada de la solución adoptada y sus elementos	22
5.1. <i>Descripción de la disposición inicial</i>	22
5.2. <i>Descripción de los tanques</i>	24
5.3. <i>Descripción de los sensores</i>	26
5.3.1. Sensor elegido para la medición de presión	27
5.3.2. Sensor elegido para la medición de nivel	29
5.3.3. Sensor elegido para la medición de caudal y densidad	31
5.4. <i>Diseño de la interfaz con el usuario</i>	33
6. Referencias	36
6.1. <i>Referencias generales</i>	36
6.2. <i>Referencias a figuras</i>	37

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Índice de figuras

Figura 1. Ejemplo de sensores.	10
Figura 2. Diferentes opciones para un montaje lateral en tanque.	11
Figura 3. Montaje superior y montaje en tubería.	11
Figura 4. Tipos de medios para la realización de las mediciones en líquidos.	12
Figura 5: Módulo de visualización y ajuste bluetooth de la	14
Figura 6: Tanque de combustible dotado de dos compartimentos de acero inoxidable con capacidad de 4500 litros en total.	15
Figura 7: Cableado y componentes del del sensor de presión DAMCOS MAS2600 series.	18
Figura 8: Sensor VEGAPULS 11 con pantalla para visualización de los datos extraídos.	19
Figura 9: Sensor VEGADIF 85 con conectores superiores de cableado y conexionado inferior con superficies.	20
Figura 10: Disposición de la cubierta inferior, en la cual estará situada la cámara de máquinas.	22
Figura 11: Vista del interior de la cámara de máquinas con tuberías, cableado y sensores instalados	25
Figura 12: Depósito de tanques de combustible y sensores asociados a estos	26
Figura 13: Depósito de tanque de agua y sensores asociados a este	26
Figura 14: Elemento transmisor amplificador del sensor MAS2600	27
Figura 15: Elemento transductor del sensor MAS2600	27
Figura 16: Dibujo básico instalación del sensor VEGADIF 85 respecto a los tanques.	31
Figura 17: Interfaz HMI mostrado en pantalla para el control de los niveles de todas las variables	34
Figura 18: Instalación de la interfaz HMI en el cuadro de tensión del barco al exterior de la cámara de máquinas	34
Figura 19: Interfaz del Siemens TIA Portal V13 encargado de programar el sistema PLC	35

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Especificaciones técnicas sensor MAS2600</i>	28
Tabla 2: <i>Especificaciones técnicas sensor VEGAPULS 11</i>	30
Tabla 3: <i>Especificaciones técnicas sensor VEGADIF 85</i>	32

1. Introducción

1.1. Objeto

El principal objetivo de este trabajo es el de llevar a cabo a través de sensores la medición y el control de diversas variables de líquidos dispuestos en tanques insertados en barcos. Para ello, se estudiarán a través de un caso concreto en el que intervendrán 5 tanques (1 tanque de agua y 4 de combustible y la medición de presión, nivel, caudal y densidad en cada uno de estos) con múltiples posibilidades de instalación de los sensores comentados anteriormente con la intención de que, dependiendo de la situación de estos tanques, se pueda distinguir cual sería la opción óptima que consiguiese medir todas las variables en cuestión, (para justificar la elección que se ha tomado en este proyecto) a la vez que permitiese recaudar toda la información que se pretende recoger y manejar por medio de un sistema PLC para posteriormente reflejarla a través de una interfaz de usuario HMI que permitirá controlar los datos obtenidos y analizar la información recogida por los sensores. De esta manera se pretende ignorar el movimiento del mar respecto a la capacidad de adquirir la información que pretendemos extraer de los líquidos que los tanques contienen, eliminando así los errores que esto podría generar en cualquier cálculo posterior.

Cabe destacar, que la información que brindará este proyecto se tratará solo de manera teórica pese a que la mayoría de los datos se apoyen en un proyecto existente y ya realizado, por lo tanto, el diseño redactado a continuación no se ha implementado físicamente por mi parte debido a la complejidad y el excesivo coste que supondría.

1.2. Antecedentes

En toda instalación naval se debe tener en cuenta el tiempo que el barco va a pasar navegando y nuestro caso no es una excepción. Cualquier tipo de líquido que se vaya a utilizar en el interior del barco se pretenderá que esté completamente controlado y en todo momento para que se pueda reaccionar frente a cualquier imprevisto y se lleve a cabo una correcta organización de los procesos en los que estos líquidos intervienen.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Debido a esta falta de precisión a priori, detallamos y diseñamos una instalación idónea para un caso particular como referencia para otras posibles situaciones.

Por todo ello, se decide realizar este proyecto profundizando en los aspectos vistos en el proyecto referencia, para optimizar los procesos que se deberían llevar a cabo en toda instalación naval en la que haya necesidad de transportar líquidos como combustibles, aguas o aceites.

1.3. Introducción al sector naval

Pese que las instalaciones eléctricas en barcos tienen una marcada diferencia frente a instalaciones que se puedan realizar en cualquier industria de tierra, los principales problemas y diferencias que se destacan en este sector no afectarán a nuestro trabajo, por lo tanto, solo deberemos hacer frente a los que involucren a los tanques en cuestión o la información que estos nos deben de proporcionar.

Este proyecto se desarrolla en el sector naval, para el cual habrá que tener en cuenta varios matices y por tanto no se podrá comparar ni utilizar como referencia instalaciones similares que se pudiesen realizar en tierra, es más, el uso de los sensores comentados adquiere mucho más interés precisamente para el caso de los barcos por esta misma razón. En esta área hay factores esenciales para tener en cuenta, como podría ser el simple hecho de las corrientes marinas durante el trayecto de cualquier barco, que implicará un constante movimiento que puede afectar a diferentes aspectos del barco, como sucede en nuestro caso al realizar la medición de nivel, presión y caudal de los líquidos comentados.

Junto a este matiz, también existe el inconveniente de las salas donde se incorporan los tanques, que en muchos casos dependerá del tamaño del barco y del espacio disponible en este, de la misma manera que deberemos tener en cuenta este aspecto para elegir un tipo de instalación u otra en cuanto a los sensores incorporados. Como se puede intuir, estos tanques y por tanto este proyecto, solo será factible a partir de unas medidas específicas del barco y dependiendo de su función, en nuestro caso especificaremos más adelante todos estos datos.

2. Estudio de necesidades

El proyecto busca diseñar la organización óptima para el caso en cuestión tanto de los tanques como de los sensores que finalmente se decidieron implementar en el proyecto original con el fin de establecer el control comentado anteriormente. Por ello se incluirán las siguientes descripciones de instalaciones, cálculos y modificaciones a realizar para poder llevar a cabo la toma de decisiones oportuna en el caso de cada tanque implicado en el proyecto y obtener una solución final habiendo pasado primero por un abanico de posibilidades que se habrían descartado para finalmente optar y desarrollar la idea elegida.

Aclararemos la disposición y los elementos del proyecto base a partir del cual se desarrollará la totalidad de nuestro trabajo y junto con ello reflejaremos el espacio disponible para poder instalar correctamente el número de sensores requeridos para el control de los líquidos. Todo ello como justificación de las múltiples decisiones que se tomarán a lo largo de este trabajo

Dentro del apartado que incluirá los datos que permitirán realizar los cálculos que determinarán el dimensionado, resolveremos tanto el volumen como la capacidad de los tanques en cuestión, con el objetivo de favorecer el análisis que realizarán los sensores encargados de hacer las mediciones fundamentales.

Además, se estudiará la solución más adecuada para insertar los sensores y con ello, tras tomar esta decisión, se analizará el sistema de control o interfaz de extracción de datos externo a los propios sensores, llevada a cabo por medio del conjunto de PLC y HMI, que aumentarán la intuitivita para la persona o grupo de personas encargados de anotar, analizar y gestionar todas las medidas llevadas a cabo.

3. Planteamiento de soluciones alternativas

3.1. Sensores y tanques

En el mundo de los sensores que tienen la capacidad de medir diferentes variables procedentes del interior de un tanque de nivel industria, la cantidad de empresas que compiten son un gran número, dentro de este grupo hay marcas como Siemens (Berlín, Alemania), Emerson (Misuri, Estados Unidos), ABB (Zúrich, Suiza), Vega (Berlín, Alemania), etc [1].



Figura 1. Ejemplo de sensores.

Dentro de esta gran variedad de sensores diferenciamos y elegimos los más adecuado según sean específicos o más recomendables para la variable que busquemos medir. Posteriormente deberíamos deliberar si este sensor actuará en líquidos, sólidos o gases. En nuestro caso y teniendo en cuenta que la instalación se lleva a cabo en un barco y únicamente se realizará el almacenamiento de líquidos, este será un punto de inflexión bastante sencillo a la hora de decidir el sensor o la compañía. A partir de esta información esencial, se plantean todas las alternativas que podrían tomarse como solución al problema planteado.

En primer lugar, como hemos adelantado inicialmente, las diferentes posibilidades a la hora de instalarlo dependiendo de la variable que se quiera medir, será un punto importante a través del cual decidir qué sensor es más adecuado. Las opciones generales se dividen dependiendo de si la instalación será desde la parte inferior, lateral o superior, en orden de precisión, o en su defecto en tuberías o válvulas (lo cual sería más

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

económico, pero no siempre es posible realizar las técnicas requeridas para poder proceder con este tipo de instalaciones).

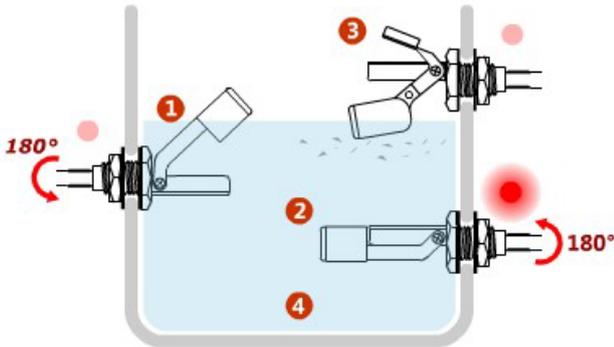
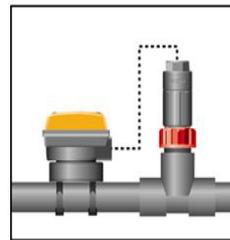
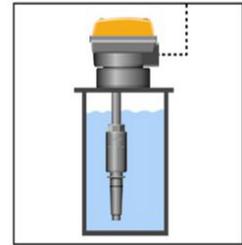


Figura 2. Diferentes opciones para un montaje lateral en tanque.



Montado en una tubería



Montado en un tanque

Figura 3. Montaje superior y montaje en tubería.

Una vez sabemos las opciones de las que disponemos respecto a la localización y orientación deberemos decidir qué método usar en cuanto al sensor para poder conectar con el propio tanque, estos métodos serían o bien a través de roscas, bridas o en el caso de que se tratara de un caso más específico, realizando una conexión higiénica (frecuente en el desarrollo del sector de la alimentación, de las bebidas y de la farmacia) [3] o como opción añadida a través de algún accesorio de montaje específico (ya sea requerido por el cliente o recomendado por el fabricante).

Junto con ello y con toda la información requerida valorando el espacio y la situación previamente escogida habrá que especificar los métodos con los cuales el sensor captará la información. Dependerá de si se trata de un sensor de nivel (se realizará a través de métodos de radar, radar guiado, capacitivos, de admitancia, de ultrasonidos, hidrostáticos, radiométricos o de indicadores magnéticos...), de presión (métodos hidrostáticos, de presión del proceso, de presión diferencial o de presión diferencial electrónica), de densidad (por presión diferencial, diferencial electrónica o radiometría) o de caudal (por presión diferencial o a través de radiometría).

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

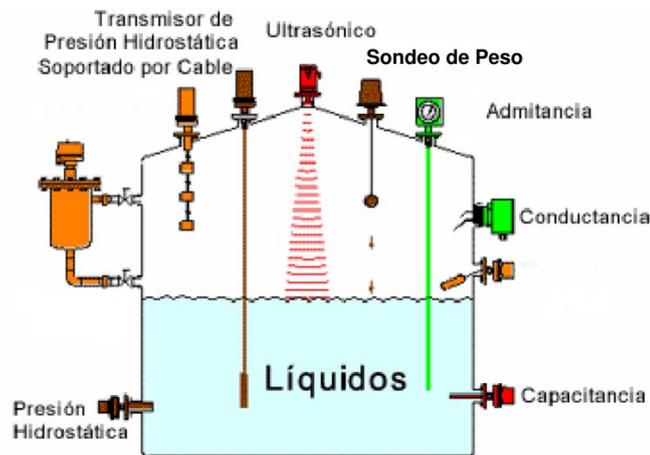


Figura 4. Tipos de medios para la realización de las mediciones en líquidos.

Dependiendo de la situación en que nos encontremos también podremos valorar las diversas opciones que tengan los sensores a la hora de que el usuario reciba las señales de salida captada por el PLC o SCADA, ya sea de manera analógica, digital o a través de Modbus, Profibus, Fieldbus, interfaces SDI, HMI... O simplemente se requiera que el propio sensor sea más avanzado tecnológicamente hablando y se requiera que este tenga incorporada la conexión bluetooth, requiera un visualizador táctil, etc.

Finalmente, habrá un conjunto de cualidades o características más situacionales de los productos a medir que tenemos que conocer, como son la posibilidad de que se creen espumas, la cota máxima que vayan a alcanzar y si estos son adhesivos, abrasivos, agresivos o poseen alguna característica que requiera una precaución especial, en nuestro caso, sabemos que no se daría ninguna de estas situaciones por tratarse de líquidos como agua y gasoil. En cuanto al tanque, debemos conocer de la misma manera sus características de diseño, volumen, diámetro y por último el material o materiales que lo componen. Unido a todo ello, deberemos especificar el rango de medición o distancia a la cual tendrá que actuar, además debemos conocer cualquier especificación en la que se vea involucrada la zona o sala de instalación de todos estos componentes.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

3.2. Controladores e interfaz con el usuario

Como hemos avanzado respecto al sistema de control de procesos, podríamos incorporar tanto sistemas SCADA como PLC, en ambos casos se encargarían de la automatización y control de los sensores siendo el otro extremo de la cadena de información de los procesos llevados a cabo en el proyecto. Ambas soluciones serían factibles pese a las diferencias entre ambos sistemas, que dejan a los PLC como una opción más actual y recurrente [4].

A la hora de procesar la señal se plantean diversas opciones, entre ellas estarían desde las más simples, como sería uno o varios instrumentos de visualización, que simplemente serían capaces de mostrar las medidas realizadas a través de una pantalla, pasando por visualizadores que además funcionasen también como controladores que acondicionan la señal y cuyos valores se mostrarían por pantalla pudiendo transmitirse mediante salidas de corriente integradas, que se utilizan para controlar el elemento externo, en este caso la pantalla táctil con teclado incluido si se quisiera o dispositivos de control de un nivel superior si lo hubiera.

Como opciones más novedosas que ofrecen una comodidad adicional en comparación a las habituales, pero que no implementaremos en nuestro caso debido a los gastos adicionales que supondrían, tenemos las comunicaciones inalámbricas o bluetooth, que se utilizan esencialmente en casos de gran distancia o muy complicado acceso. La información se recibiría a través de móviles, tabletas, ordenadores, módulos de visualización con bluetooth proporcionados por la propia marca o diferentes dispositivos electrónicos con el fin de tener un acceso más rápido y fácil independientemente de si no nos encontramos en la sala en cuestión.

En cuanto a la programación PLC, actualmente en el mercado existen múltiples opciones, que, en este diseño, al ser tan simple en cuanto a la programación, podría utilizarse cualquiera de ellos.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.



Figura 5: Módulo de visualización y ajuste bluetooth de la empresa Vega para uso con APP, PC o sensores Vega.

4. Solución final y justificación

4.1. Tanques

Entre las diversas posibilidades que ofrece el diseño de los tanques, primeramente, se decide usar acero inoxidable para la totalidad de los tanques, ofreciendo resistencia e imposibilitando que el tanque se oxidase.

Por otro lado, se toma la decisión de que el volumen de los 4 tanques destinados a contener el combustible, sea igual en todos, necesitando aproximadamente 18000 litros de combustible debido al tamaño y al uso que se le va a dar en un principio al yate, por lo tanto, cada tanque podrá albergar alrededor de 4500 litros y por tanto requerirá tener un volumen un poco mayor de $4.50 m^3$. En cuanto al caso del agua dulce, ya que disponemos solo de un tanque para gestionar la totalidad de esta, se decide implementar un tanque que pueda incluir en su interior 8500 litros de agua, lo cual implica que el depósito debe de tener un volumen aproximado de $8.5 m^3$.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.



Figura 6: Tanque de combustible dotado de dos compartimentos de acero inoxidable con capacidad de 4500 litros en total.

En este caso, además, se opta por añadir un doble fondo entre los dos pisos inferiores, lo cual permite que todos los tanques se puedan instalar conjuntamente en un espacio más reducido, aumentando la altura de estos, de manera que haya la misma accesibilidad para todos ellos y diferenciando los tanques dependiendo del líquido que porten. Por el hecho de que haya un doble fondo también se llega a la situación de tener que descartar la instalación de los sensores por la parte baja del tanque, ayudando a que la instalación se produzca de manera lateral, pudiendo añadir un número reducido de elementos que necesariamente se tienen que incluir en la parte inferior consiguiendo que no entorpezcan las medidas.

Por todo esto y por disponer de un mayor espacio para poder realizar la instalación de los sensores una vez se hayan instalado los tanques, la sala donde estarán incluidos todos estos tanques, tendrá unas medidas de 5 metros de largo y 3 metros de ancho, consiguiendo así $15 m^2$ para poder realizar todas estas implementaciones.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

4.2.Sensores

Los sensores, como pilar fundamental de este proyecto, se han elegido en consecuencia a todos los parámetros comentados en los puntos anteriores. En cuanto a los modelos, se instaurarán 3 diferentes (uno para cada una de las variables de presión y nivel y otro que englobará tanto la medición de caudal como de densidad), en cuanto al sensor de nivel y al de caudal y densidad, serán adquiridos de la empresa Vega (Berlín, Alemania) y en el caso de la presión, el sensor provendrá de la compañía Emerson (Misuri, Estados Unidos), ambas decisiones se han tomado tanto por sus cortos plazos de entrega, como por calidad y precio, siendo, en cuanto a sensores, unas de las empresas más completas y con más variedad, permitiendo que nuestro caso particular [2], se pueda solventar de la mejor manera posible y con la garantía de que todas las medidas se realicen de manera correcta, incluso teniendo en cuenta la situación específica de tener que obtener todas estas medidas en depósitos que se ven afectados por las constantes inclinaciones y movimientos bruscos que sufren los barcos cuando se encuentran navegando en alta mar.

En primer lugar y como punto más obvio, se han buscado sensores que se adapten a realizar las medidas pertinentes en líquidos exclusivamente. Indiferentemente si hablamos del agua o del combustible. Por lo tanto, este es el primer filtro por el que se ha pasado para tomar la decisión final.

Continuamos con el estudio de la posición que adoptaran los sensores respecto al tanque. En este caso también coincidirá para la mayoría de los sensores, ya que como hemos remarcado anteriormente, la instalación definitiva de los tanques solo permite que estos sensores se acopen de manera lateral (En el caso de los sensores de presión y nivel esta se hará en la parte más baja posible, ya que necesitarán recoger la información del fondo del depósito), excepto para el sensor que nos indicará el nivel de los depósitos (ya que solo permite la instalación por la parte superior), que se elegirá uno que ocupe el mínimo espacio posible y que de igual manera consiga recaudar toda la información de la forma más precisa posible. La decisión del tipo de instalación se ha realizado tanto por espacio como por realizar las maniobras pertinentes en su instalación inicial y en las posibles jornadas de mantenimiento que se puedan realizar en un futuro.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

En cuanto al tipo de conexionado entre tanque y sensor, el espacio disponible se ha adaptado para una instalación a través de adaptadores roscados y atornillados para ofrecer la mayor fijación posible. Este punto sí que se cumplirá en los tres casos de la misma manera.

Finalmente, hemos barajado que opción, a la hora de la realización de las mediciones, será un mejor método para cada variable y sensor. En cuanto al nivel, el método de medición que hemos concluido que permitirá una mayor precisión es sin duda a través de radar, una tecnología que actualmente está en continuo desarrollo y que, además, se potencia de manera considerable en fluidos. En cuanto a las otras tres variables, tanto por poder unificar todas como por la practicidad y ventajas de este método, se ha optado por la medición por presión diferencial, una opción que no solo es el punto fuerte de las dos compañías que proporcionarán los sensores, sino que además, permite ignorar los balanceos que se producen, provocados por la acción del mar, hecho que con otro tipo de estrategias no podría conseguirse, ya que se basan en factores que serían alterados por las mareas o por el simple movimiento constante del océano.

Tras la resolución de los filtros básicos por los que han pasado los sensores elegidos para justificar la decisión definitiva, finalmente se han decidido implementar los siguientes:

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Para el caso de la presión (variable la cual tiene el montaje más complejo y el mayor número de componentes), se ha optado por el sensor DAMCOS MAS2600, de la empresa Emerson (Misuri, Estados Unidos). Esta elección se ha llevado a cabo por la fácil instalación lateral que caracteriza a este modelo, ya que es esta opción de instalación la que se pretende llevar a cabo, por otro lado, tenemos su dimensionado, que se adapta de manera perfecta al espacio disponible alrededor del tanque, consiguiendo ahorrar una gran cantidad de volumen ocupado.



Figura 7: Cableado y componentes del del sensor de presión DAMCOS MAS2600 series.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

En cuanto al sensor de radar para a medición continua de nivel, se ha elegido el modelo VEGAPULS 11, un sensor de dos hilos de 4 a 20 mA, el cual posee una muy simple instalación (se puede observar en la Fig.8) y una escasa cantidad de elementos, pero pese a ello, su rango de temperaturas tanto ambientales como de los fluidos en cuestión para su correcto funcionamiento se encuentra entre los -20°C y los $+80^{\circ}\text{C}$, lo cual se adapta perfectamente a nuestra idea de proyecto, ya que tanto el agua como el combustible se deben de mantener entre valores de dentro de ese rango. Además, con su tecnología radar, es capaz de medir con el nivel de los tanques con total precisión, independientemente de la oscilación a la que esté sujeto el barco. Como menciono anteriormente, este se instalará como excepción en la parte superior del tanque, ya que requiere una cantidad ínfima de espacio que no altera ni perjudica la correcta inserción de los tanques en la cámara de máquinas.



Figura 8: Sensor VEGAPULS 11 con pantalla para visualización de los datos extraídos.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Por último, en cuanto a la elección de sensores, hemos elegido como encargado de la recopilación referente al caudal y densidad del fluido en cuestión para cada caso, el modelo VEGADIF 85, de la empresa Vega (Berlín, Alemania). Este sensor es capaz de medir también nivel y presión diferencial, pero su punto fuerte y donde mayor precisión es capaz de alcanzar es a la hora de analizar las dos variables que queremos en nuestro caso. Hemos optado por utilizar un solo sensor para estas dos variables por el hecho de que ambas, en el caso del combustible y el agua, se mantendrán bastante estables y no necesitan un control tan constante y exhaustivo como en los otros dos casos. Por otra parte, como en todos los casos, excepto en el caso del nivel, hemos escogido una opción de modelo que facilite una instalación lateral que no requiera demasiado espacio para su inserción y su correcto funcionamiento.



Figura 9: Sensor VEGADIF 85 con conectores superiores de cableado y conexionado inferior con superficies.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

4.3. Interfaz con el usuario

Finalmente, en cuanto a la interfaz que mantendrá informado al usuario de las variables en cuestión y permitirá mantener el control sobre los líquidos que forman parte de este proyecto, se realizará a través de la unión de un sistema PLC y una interfaz HMI que facilite la información recogida por los sensores y permita saber en todo momento el estado de los tanques.

En la misma pantalla se verán reflejados los 5 tanques al mismo tiempo, ofreciendo para cada uno la información requerida por los sensores instalados, además de valores estándar como la capacidad del tanque.

En cuanto al HMI, en nuestro caso y en la mayoría, no solo refleja los datos registrados por los sensores, sino que también dispondremos de la posibilidad de navegar a través de la interfaz de manera táctil, con un menú simple en el cual podremos establecer desde ajustes secundarios como los colores de la interfaz y de los diferentes indicadores hasta configurar alarmas, en este caso de alto y bajo nivel y de los márgenes de presión que se hayan querido establecer. Estas alarmas, en nuestro caso, se transmiten tanto de manera visual como sonora con el objetivo de aumentar el control y la seguridad de nuestros tanques.

Para que todo este bajo control cabe destacar que inicialmente se realizarán unas pruebas de calibración haciendo trasvases de combustible entre los tanques y ajustando levemente los sensores en el caso de que se observasen diferencias entre lo medido o esperado y lo leído.

Hemos optado también por esta opción porque de esta manera evitamos accesos de personal en la cámara de máquinas y por lo tanto un aumento considerable de la seguridad hacia las personas, consiguiendo que la supervisión de los líquidos no requiera nada más que un vistazo hacia la pantalla, la cual además podría ser instalada en cualquier parte del barco, consiguiendo así un conjunto de practicidad y comodidad que hacen mucho más fácil una tarea como esta.

5. Descripción detallada de la solución adoptada y sus elementos

5.1. Descripción de la disposición inicial

Para poder entender cuáles son las partes del proyecto y el porqué de cada una, primeramente, se introducirá un contexto general de la situación inicial respecto a los datos técnicos y de importancia a la hora de tomar decisiones, que permitirá mayor facilidad a la hora de justificar cualquier conclusión que se tome al respecto.

Inicialmente el buque en cuestión, de 40 m de eslora, se compone de 4 cubiertas, las cuales son las cubiertas superior, principal, inferior y sub inferior, y estos tanques se alojarán en la inferior y sub inferior, más concretamente en la cámara de máquinas, la sala que contendrá todos los elementos y maquinarias destinados a la propulsión y al correcto funcionamiento del barco. La cámara de máquinas será una de las habitaciones más grandes del barco teniendo en cuenta el doble fondo del que estará dotada que además contactará con la cubierta más baja, con espacio suficiente para ingresar estos tanques y además conseguir un espacio a su alrededor que facilite la instalación de los sensores y así, poder elegir entre todas las posibilidades que se han comentado durante el punto 3.1.

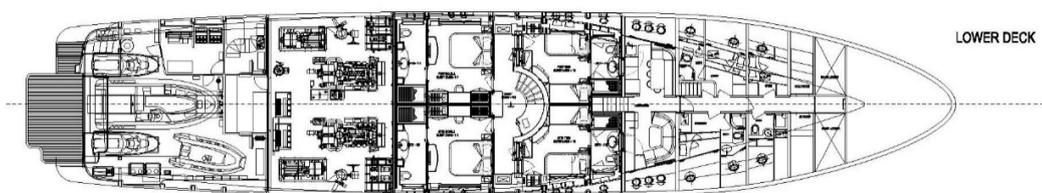


Figura 10: Disposición de la cubierta inferior, en la cual estará situada la cámara de máquinas.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Tras conocer la disposición de espacio a nivel general y de tamaño del barco, se toma una decisión lógica de tamaño y cantidad de líquidos en los tanques sobre los cuales trabajaremos. Debido a que es un barco grande y pesado pese a ser de uso particular y tras su exhaustivo estudio, se llega a la conclusión de que requiere de un almacenamiento de combustible que, por un lado, constará en 4 tanques de 4500 litros, una totalidad de 18000 litros, en el caso de los dedicados a almacenar combustible para abastecer al motor y 8500 litros en un solo tanque en el caso del de agua cuyo fin será reabastecer a los usuarios de agua dulce y además realizar alguna de las funciones de hidráulica que se llevarán a cabo para el funcionamiento del yate.

Tras haber deliberado tanto el espacio donde habitarán los tanques como los propios depósitos, queda la parte más importante y por la cual se han tomado todas las decisiones anteriores, que sería la instalación de los sensores. Estos sensores se han buscado con dos puntos clave como prioridad, la precisión y el ahorro de espacio, dos aspectos que ayudan al barco a acercarse a su funcionamiento óptimo.

Por último, todas estas tomas de decisiones desembocan en la fuente de captación y visualización de la información que estos sensores deben de captar, la cual tiene que permitir la mayor comodidad y el mayor control posible.

Una vez sabemos nuestras prioridades y referencias que hemos tenido a la hora de abordar el trabajo, describiremos detalladamente los datos técnicos y características de todos los elementos comentados.

5.2. Descripción de los tanques

Antes de adentrarnos en el diseño definitivo de los sensores, debemos tener claro el diseño de cada uno de los tanques que contendrán dichas sustancias, empezando por el volumen, pasando por la disposición dentro de la habitación y acabando con el material del cual está constituido. Añadiendo a todo esto la altura a la que llegarán los líquidos que haya en cada caso.

Comenzaremos con el análisis de los tanques y el espacio en el cual estarán instalados, ya que tras tener definida por completo esta información será más intuitiva y fácil de comprender, la decisión tomada en cuanto a los sensores, ya que, en parte, unos de los puntos de inflexión para decidir qué tipo de sensor elegir es el tipo de instalación, que, en este caso, lo determinará el espacio disponible en la sala de los tanques y la disposición de estos dentro, sumado todo ello al volumen de los propios depósitos.

Al tratarse de un yate particular, la cámara de máquinas donde se llevará a cabo la instalación no será de gran tamaño, siendo está de 5m de largo por 3m de ancho (mirando de popa a proa). Pese a ello, se dispondrá de un doble fondo para que los tanques puedan albergar la cantidad de líquido esperada y a la par, no hagan que esta sala cobre más protagonismo de lo necesario respecto al espacio.

Por un lado, los tanques como el doble fondo serán de acero inoxidable, totalmente soldados. Además, la totalidad de los tanques serán paralelepípedos rectangulares, por una parte, los de combustible, con unas medidas de 1.5 x 1 x 3 m, obteniendo un volumen total de 4.50 m³ por cada tanque, lo que implicará una capacidad aproximada de 4500 l de combustible por cada uno de los cuatro depósitos. En cuanto al tanque de agua dulce, se tratará de un depósito de 3.4 x 2 x 1.25 m, que se traduce en un volumen de 8.50 m³ y una capacidad de 8500 l aproximadamente.

Dentro de los tanques de combustible, habrá uno de ellos, llamado tanque de combustible diario, que será el que suministre el combustible al motor, los otros tres serán los encargados de enviar progresivamente el carburante a este primero. De esta manera evitaremos la instalación abusiva de tuberías y conexionado entre tanques y motor.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Para comunicar el interior del tanque, cada uno, al ser de doble fondo dispondrá de un acceso principal y otro secundario, ambos en la cámara de máquinas y con tapa estancada enrasada de 600 x 400 mm. Estos accesos permiten controlar directamente los tanques por dentro, permitiendo identificar cualquier error que de otra manera no podría ser resuelto.



Figura 11: Vista del interior de la cámara de máquinas con tuberías, cableado y sensores instalados

Una vez todo lo relacionado con estos depósitos y la cámara de máquinas y las tuberías estén instaladas y correctamente conexionadas, los tanques deberán ser comprobados de manera hidráulica o neumática, ciñéndose a las normas establecidas por la Sociedad de Clasificación.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

5.3.Descripción de los sensores

Dado que, en nuestro proyecto, en el que trabajaremos en un barco en el cual se pretenden instalar cuatro tanques de combustible y uno de agua, podríamos instalar cualquier sensor de las marcas comentadas anteriormente que, independientemente del tipo de instalación y conexionado, midiese las variables en líquidos, estuviese dotado de un rango de medición superior a los 35m (debido a las medidas del tanque, que han sido comentadas anteriormente) y aceptase temperaturas de hasta 40°C por la posibilidad de que el combustible pueda alcanzar cifras cercanas a esta (Lo cual sería un caso poco probable en condiciones normales). Pese a esto finalmente y tras tener clara la instalación de los tanques, se ha optado por los modelos comentados en los puntos anteriores, los cuales vamos a analizar a continuación.

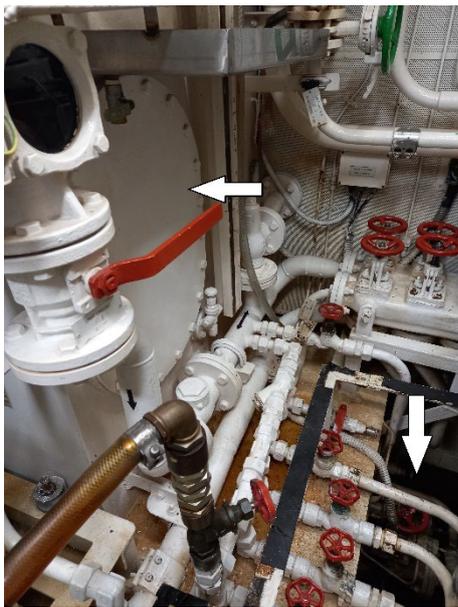


Figura 12: Depósito de tanques de combustible y sensores asociados a estos



Figura 13: Depósito de tanque de agua y sensores asociados a este

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

5.3.1. Sensor elegido para la medición de presión

En primer lugar, nos dirigimos al sensor encargado de medir la presión, el DAMCOS MAS2600 [6]. Este sensor está formado por dos elementos, el transductor, que recibirá la información en forma de presión directamente desde el lateral inferior del tanque y la convertirá a corriente eléctrica, enviando directamente al transmisor amplificador el amperaje en cuestión (que será el segundo de los elementos), además este es el encargado de amplificar la señal una vez recibida, ya que el transductor convierte a valores muy pequeños de intensidad. El transmisor amplificador está dotado de un rango de 4 a 20 mA, que a través de una escala que tiene el propio transmisor, mostrará por pantalla los datos de presión obtenidos por el transductor ya en las unidades correspondientes depende del caso concreto.



Figura 14: Elemento transmisor amplificador del sensor MAS2600



Figura 15: Elemento transductor del sensor MAS2600

El funcionamiento de este grupo de elementos se basa en la detección de cambios de presión en la parte frontal del transductor que provocará una variación en la resistencia de un elemento llamado puente de Whetstone [5], que tendrá integrado al interior el propio transductor. Este puente, enviará la señal del cambio de presión registrado en forma de variación de la señal eléctrica al amplificador.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

En cuanto a los materiales, la carcasa exterior del transductor está hecha de un plástico resistente al agua además del sellado por soldadura. Por otra parte, el transductor está totalmente soldado con una cobertura de titanio que ofrece una resistencia al agua mayor, lo que le permite incluso sumergirse en agua. El transductor es el elemento más delicado ya que internamente, posee el sensor montado en un cristal con juntas metálicas además de los elementos electrónicos como el puente de Whetstone mencionado anteriormente.

En cuanto a las especificaciones técnicas de la totalidad del equipo, se reflejan en la Tabla 1.

Tabla 1: Especificaciones técnicas sensor MAS2600

Rangos del transductor:	0 – 35 mH_2O 0 – 3.45 <i>bar</i>
Rangos del transmisor:	4 – 20 <i>mA</i>
Precisión:	$\pm 0.25\%$ <i>F.S.</i> a 20°C $\pm 0.4\%$ <i>F.S.</i> a 50°C $\pm 2.0\%$ <i>F.S.</i> a 80°C
Intensidad de salida:	4 – 20 <i>mA DC</i> , 2 hilos
Límite de intensidad:	<i>Típica:</i> 25 <i>mA</i> <i>Máxima:</i> 32 <i>mA</i>
Rangos de temperatura:	-20 a + 80°C
Grado de protección IP:	<i>Transductor:</i> IP68 <i>Transmisor:</i> IP56
Fuente de alimentación:	17 – 33 <i>VDC</i>

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

5.3.2. Sensor elegido para la medición de nivel

En segundo lugar, tenemos el sensor radar VEGAPULS 11 [7], el cual realizará la medición continua de nivel en agua y combustible. Este sensor está compuesto por una única pieza y su respectivo cableado.

El proceso que lleva a cabo este modelo para captar la información necesaria se basa en una señal de rada continua a través de la antena interna que posee. Esa misma señal rebota en la superficie hacia la cual apunte el sensor y la propia antena vuelve a recibir la misma señal que había enviado, en forma de eco.

La clave de este proceso será la frecuencia de ambos momentos de la señal, la frecuencia a la que originalmente es transmitida por la antena y la frecuencia de esa misma al volver de nuevo. Su contraste será proporcional a la distancia hasta la superficie en cuestión y a la altura a la que se encuentre el líquido contenido. De esta manera, los valores de frecuencia captados serán convertidos y enviados como una señal eléctrica que, en definitiva, conformará la medición

Además, este dispositivo es capaz de ser emparejado por bluetooth, ofreciendo la posibilidad de comprobar los datos obtenidos a través de todas las mediciones realizadas por este a través de cualquier dispositivo electrónico que permita el emparejamiento entre ambos. Esto como ya adelantamos, no será implementado en nuestro proyecto dado que como veremos en el siguiente punto, usaremos una pantalla con visualizador HMI que nos brindará toda la información que necesitemos de la captada por cada uno de los sensores.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

En la Tabla 2 se muestran los datos técnicos e información eléctrica del dispositivo.

Tabla 2: Especificaciones técnicas sensor VEGAPULS 11

Rangos de medida:	8 m
Error de medición:	$\leq 5 \text{ mm}$
Ángulo de haz:	8°
Frecuencia de medición:	<i>Banda de 80 Ghz</i>
Señal de salida:	4 – 20 mA
Rango de presión:	-1 a + 3 bar
Rango de temperatura para el correcto funcionamiento:	<i>Proceso: - 40 a + 60°C</i> <i>Ambiente: - 40 a + 60°C</i>
Grado de protección IP:	IP66/IP67
Alcance máximo:	25 m

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

5.3.3. Sensor elegido para la medición de caudal y densidad

El último caso, es el del sensor/transmisor de presión diferencial VEGADIF 85 [8] capaz también de realizar mediciones de caudal y densidad diferenciales, como se hará en este caso.

El sensor VEGADIF 85 utiliza como componente de medición una celda metálica encargada de transmitir el líquido en cuestión a través de las membranas de separación y un relleno de aceite a un componente de sensor piezorresistivo, un puente de medición de resistencias similar al comentado en el caso anterior en el sensor VEGAPULS 11, que, al formar parte de la misma casa, usan una tecnología similar.

Por tanto, la densidad y el caudal analizados dentro del sensor realizan variaciones en la tensión que atraviesa el puente y esta misma, se procesa y convierte en una señal de salida que permite al sensor mostrar el valor y las unidades correspondientes para cada caso.

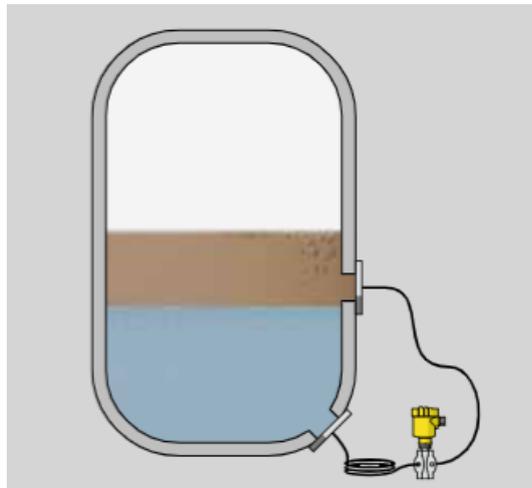


Figura 16: Dibujo básico instalación del sensor VEGADIF 85 respecto a los tanques.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Como última información se dispone de las características del sensor en la Tabla 3.

Tabla 3: Especificaciones técnicas sensor VEGADIF 85

Rangos de medida:	0.01 – 16 bar
Error de medición:	$\leq \pm 0.065 \%$
Temperatura de funcionamiento:	-40 a + 85 °C
Presión de funcionamiento:	-1 a + 400 bar
Señal de salida:	4 – 20 mA
Tensión de alimentación:	11 – 35 V DC
Grado de protección IP:	IP68/IP69

Cabe destacar por último que, tanto en este caso como en el resto, los equipos están homologados para el uso de estos en áreas o zonas peligrosas junto con las pertinentes homologaciones náuticas. Además, las medidas de estos sensores serán especificadas en el apartado de planos.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

5.4. Diseño de la interfaz con el usuario

Como último pilar fundamental en nuestro proyecto, desarrollaremos la idea de interfaz que mantendrá informado al usuario de las variables en cuestión y permitirá mantener el control sobre los líquidos que forman parte de este proyecto.

Esta parte del trabajo se realizará a través de la unión de un sistema PLC Siemens Simatic S7-300 y una interfaz HMI Crouzet VTP1-E Series táctil que facilitan la información recogida por los sensores y permite saber en todo momento el estado de todos los tanques, manteniendo la información actualizada con respecto a las medidas captadas por los primeros.

En la misma pantalla se verán reflejados los 5 tanques al mismo tiempo, ofreciendo para cada uno la información requerida por los sensores instalados, además de valores estándar como la capacidad máxima del tanque, la altura del líquido en el momento en cuestión y la cantidad en litros.

En cuanto al HMI, en nuestro caso, no solo refleja los datos registrados por los sensores, sino que también dispondremos de la posibilidad de navegar a través de la interfaz de manera táctil, con un menú simple en el cual podremos establecer desde ajustes secundarios como los colores de la interfaz y de los diferentes indicadores hasta configurar alarmas, en este caso de alto y bajo nivel y de los márgenes de presión que se hayan querido establecer. Estas alarmas, en este caso, se transmiten tanto de manera visual como sonora con el objetivo de aumentar el control y la seguridad de nuestros tanques.

Por supuesto, como ya hemos adelantado previamente, los sensores estarán dotados de un visualizador en el propio dispositivo que permite observar los datos actualizados en cada momento.

Para que todo este control cabe destacar que inicialmente se realizarán unas pruebas de calibración haciendo trasvases de combustible entre los tanques y ajustando levemente los sensores en el caso de que se observasen diferencias entre lo medido o esperado y lo leído.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.



Figura 17: Interfaz HMI mostrado en pantalla para el control de los niveles de todas las variables

La instalación de este visualizador se realizará en la parte del cuadro, en el exterior de la cámara del buque, donde se encontrarán la mayor parte de los elementos mencionados a lo largo de todo el proyecto. De esta manera el acceso podrá ser más fácil y cómodo al no haber maquinaria alrededor que impida una correcta manipulación de la pantalla y visualización de los datos.



Figura 18: Instalación de la interfaz HMI en el cuadro de tensión del barco al exterior de la cámara de máquinas

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Por último, hay que puntualizar que todos estos tanques estarán dotados de alarmas a bajo nivel y en el caso del combustible, también se incorporarán dos alarmas asociadas a la temperatura que estén soportando en ese momento los combustibles en cuestión, en las cuales profundizaremos más en el punto siguiente, donde hablaremos de los sensores de manera específica, los encargados de recoger estos datos junto al PLC, para que posteriormente sean mostrados a través del HMI.

Todo este control reflejado en el HMI se extrae del PLC, el cual, tras toda su correspondiente programación, será el encargado de enviar las alarmas en cuestión y los datos medidos por los sensores. La programación que conlleva este tipo de sistemas es, por lo general, muy sencilla.

En cuanto al programa que utilizaremos para la programación de dicho sistema, será el Siemens TIA Portal V13 [9], un programa muy intuitivo que junto con la simpleza del sistema de control que requieren los tanques permite una rápida implementación y fácil control de todas las variables de los procesos.

	Nombre	Dirección	Formato visualiza...	Valor de observac...	Valor de forzado	Comentario
1	"Tanque Combustible N.1"	%IW1 12	DEC+/-	23747		
2	"Tanque Combustible N.2"	%IW1 14	DEC+/-	15483		
3	"Tanque Combustible N.3"	%IW1 16	DEC+/-	22342		
4	"Tanque Servicio Diario Combustible BR."	%IW1 18	DEC+/-	32767		
5	"Tanque Servicio Diario Combustible ER."	%IW1 20	DEC+/-	32767		
6	"Tanque Agua Dulce"	%IW1 22	DEC+/-	13068		
7						
8	"DB1"."Porcentaje Tanque Combustible N.1"	%DB1.DBW28	DEC+/-	100		
9	"DB1"."Porcentaje Tanque Combustible N.2"	%DB1.DBW30	DEC+/-	64		
10	"DB1"."Porcentaje Tanque Combustible N.3"	%DB1.DBW32	DEC+/-	97		
11	"DB1"."Porcentaje Tanque Serv. Diario Combustible BR."	%DB1.DBW34	DEC+/-	0		
12	"DB1"."Porcentaje Tanque Agua Dulce"	%DB1.DBW38	DEC+/-	44		
13						
14	"Tank_Tables"."Tanque Combustible N.1".Data_Volum[80]		Número en coma...	15.44		
15	"Tank_Tables"."Tanque Combustible N.2".Data_Volum[80]		Número en coma...	15.8		
16	"Tank_Tables"."Tanque Combustible N.1".Data_Volum[81]		Número en coma...	15.64		
17	"Tank_Tables"."Tanque Combustible N.2".Data_Volum[81]		Número en coma...	15.98		
18						
19	"Tanque Combustible N1_DB".Heigh		Número en coma...	1.225507		
20	"Tanque Combustible N2_DB".Heigh		Número en coma...	0.9019784		
21	"Tanque Combustible N3_DB".Heigh		Número en coma...	1.009682		
22	"Tanque Serv Diario Combustible BR_DB".Heigh		Número en coma...	0.0		
23	"Tanque Agua Dulce_DB".Heigh		Número en coma...	0.6309433		
24						
25	"Tanque Combustible N1_DB".Liters		Número en coma...	19290.0		
26	"Tanque Combustible N2_DB".Liters		Número en coma...	12310.0		
27	"Tanque Combustible N3_DB".Liters		Número en coma...	28530.0		

Figura 19: Interfaz del Siemens TIA Portal V13 encargado de programar el sistema PLC

6. Referencias

6.1. Referencias generales

1. Direct Industry, comparador de elementos electrónicos entre empresas (visitado el 20 de abril de 2021). Página web.
<https://www.directindustry.es/cat/medicion-caudal-presion-nivel-AB.html>
2. VEGA INSTRUMENTOS S.A. (visitado el 3 de mayo de 2021). Página web.
<https://www.vega.com/es-es/productos>.
EMERSON S.A. (visitado el 3 de mayo de 2021). Página web.
<https://www.emerson.com/es-es>.
3. Villajulca, J. (2011). Sistema de adaptadores para instrumentos con conexión higiénica G1.
<https://instrumentacionycontrol.net/sistema-de-adaptadores-para-instrumentos-con-conexion-higienica-g1/>
4. Delgado, E. (2017). PLC vs. SCADA.
<https://intrave.com/plc-vs-scada/>
INGEMONT (visitado el 15 de mayo de 2021). Página web.
<https://www.ingemont.com/actividades/sistemas-fabricacion-automatizacion-y-potencia/programacion-de-plcs-y-scadas/>
5. HBM (visitado el 5 de junio de 2021). Explicación del puente de Wheatstone.
<https://www.hbm.com/es/7163/el-puente-de-wheatstone-galgas-extensometricas/>.
6. Sensor DAMCOS MAS2600, EMERSON S.A. (visitado el 5 de julio de 2021).
<https://damcosmarineparts.com/index.php/product/damcos-mas-2600-g20-02-11p-tank-level-transmitter/>

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

7. Sensor de nivel VEGAPULS 11, VEGA INSTRUMENTOS S.A. (visitado el 15 de Julio de 2021)

https://www.vega.com/es-es/productos/cat%C3%A1logo-de-productos/medici%C3%B3n-de-nivel/radar/vegapuls-11?gclid=CjwKCAjwybyJBhBwEiwAvz4G7zRQsLGO-PbG4SLmx_ldne6jXJGJVRFLGFwUHUVTnwHmkslbuKmKhoCsZUQAvD_BwE

8. Sensor de densidad y caudal VEGADIF 85, VEGA INSTRUMENTOS S.A. (visitado el 25 de Julio de 2021)

<https://www.vega.com/es-es/productos/cat%C3%A1logo-de-productos/medici%C3%B3n-de-nivel/hidrostat%C3%A1tico/vegadif-85>

9. Siemens (2017). TIA Portal, el nuevo entorno de automatización.

<https://support.industry.siemens.com/es/document/65601780/tia-portal-resumen-de-los-documentos-y-enlaces-m%C3%A1s-importantes-sobre-control?lc=es-cl>

6.2. Referencias a figuras

Figura 1.

<https://cdn.sick.com/media/895/6/26/626/IM0085626.png>.

Figuras 2 y 3.

<http://www.eicos.com/datos-tecnicos/que-es-un-sensor-de-nivel/>

<https://slideplayer.es/slide/3732872/>

Figura 4.

https://llamados.ancap.com.uy/docs_concursos/ARCHIVOS/1%20LLAMADOS%20EN%20TR%C3%81MITE/2018/REF.%2023-2018%20-%20OFICIAL%20MANTENIMIENTO%20REFINER%C3%8DA%20B%20-

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

<https://www.vega.com/-/media/images/products/signal-conditioning/f-plicscom-steckbares-anzeige-und-bediensmodul.png>

Figura 5.

<https://www.vega.com/-/media/images/products/signal-conditioning/f-plicscom-steckbares-anzeige-und-bediensmodul.png>

Figura 6.

Imagen realizada por la empresa donde el autor de este documento realizó las prácticas de empresa.

Figura 7.

<https://damcosmarineparts.com/wp-content/uploads/2016/11/MAS-2600-G20-02-11P.jpg>

Figura 8.

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.vega.com%2Fapi%2Fsitecore%2FDocumentDownload%2FHandler%3FdocumentContainerId%3D1006668%26languageId%3D6%26fileExtension%3Dpdf%26softwareVersion%3D%26documentGroupId%3D58362%26version%3D12-03-2020&psig=AOvVaw24mLdZX8CdH5KunwaHYTFp&ust=1630863253406000&source=images&cd=vfe&ved=0CAgQjRxqFwoTCPD3u5jt5fICFQAAAAAdAAAAABAE>

Figura 9.

<https://www.vega.com/-/media/images/products/sensors/f-dif85-differenzdruckmessumformer-mit-metallischer-messmembran-vegadif-v01.png>

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Figura 10.

Imagen obtenida a través de los documentos de la empresa en la cual el autor del documento realizó sus prácticas de empresa.

Figura 11.

Imagen obtenida a través de los documentos de la empresa en la cual el autor del documento realizó sus prácticas de empresa.

Figura 12.

Imagen obtenida a través de los documentos de la empresa en la cual el autor del documento realizó sus prácticas de empresa.

Figura 13.

Imagen obtenida a través de los documentos de la empresa en la cual el autor del documento realizó sus prácticas de empresa.

Figura 14.

Imagen obtenida a través de los documentos de la empresa en la cual el autor del documento realizó sus prácticas de empresa.

Figura 15.

<https://www.aminstrumentering.com/wp-content/uploads/2016/09/MAS2600.png>

Figura 16.

https://docplayer.es/docs-images/50/16615677/images/page_9.jpg

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Figura 17.

Imagen obtenida a través de los documentos de la empresa en la cual el autor del documento realizó sus prácticas de empresa.

Figura 18.

Imagen obtenida a través de los documentos de la empresa en la cual el autor del documento realizó sus prácticas de empresa.

Figura 19.

Imagen obtenida a través de los documentos de la empresa en la cual el autor del documento realizó sus prácticas de empresa.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ETSID

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial Automática

Curso 2020/2021

TRABAJO FIN DE GRADO:

Diseño de un sistema integrado de medición y control de presión, nivel, densidad y caudal de líquidos en tanques en barcos

DOCUMENTO II:

PLIEGO DE CONDICIONES

Autor: Javier Ballester Alcañiz

Tutor: Enrique Berjano Zanón

Cotutor: Juan José Pérez Martínez

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Índice

1. Objeto y alcance	43
2. Condiciones de los materiales	44
2.1. <i>Descripción</i>	44
2.1.1. Tanques	44
2.1.2. Sensores	44
2.1.3. Interfaz con el usuario	45
2.2. <i>Control de calidad</i>	45
3. Condiciones de la ejecución	46
3.1. <i>Descripción</i>	46
3.2. <i>Control de calidad</i>	46
4. Pruebas y ajustes finales	47

1. Objeto y alcance

El objeto de este documento es marcar las condiciones e implementaciones mínimas del cual se tiene que componer este proyecto, tanto en los puntos desarrollados para el diseño como para la instalación de elementos.

Esto afectará en esencia a los tres puntos principales del proyecto, tanques, sensores y por último la parte de la interfaz con el usuario.

Además, en este punto, a continuación, se describe el trabajo que se ha realizado y los equipos suministrados para la posterior construcción y entrega al Armador (el dueño del buque en cuestión) del yate de uso particular.

La mano de obra y materiales que se han utilizado serán de acuerdo a la buena práctica de la construcción naval para este tipo de buques y, además, de todo el equipo y componentes normalizados utilizados en el propio montaje. Siguiendo los requerimientos reglamentarios de obligado cumplimiento y apoyándose en las recomendaciones del fabricante, siempre que estas respeten la reglamentación comentada. Por lo tanto, la calidad de estos componentes cumplirá también las reglas y especificaciones de la sociedad clasificadora y estarán certificados por ella.

Todos los materiales y componentes o equipos destinados a la embarcación, por lo general, deben de ser correctamente almacenados y protegidos de manera que, al llegar al momento de su instalación, todo elemento llegue en buen estado, siendo esto, responsabilidad del Astillero (empresa contratada para el montaje y construcción del barco).

El alcance de este documento se limita a los elementos principales implementados en el proyecto en cuestión, por ello, se ha especificado a quien pertenecen las responsabilidades referidas a estos componentes.

Por último, remarcar que, en caso de que algún elemento entre en conflicto o se certifique como erróneo, la parte que descubra esto deberá notificarlo de manera inmediata consiguiendo así una solución lo más temprana posible.

2. Condiciones de los materiales

2.1. Descripción

2.1.1. Tanques

La estructura general del buque será totalmente soldada, por tanto, el caso de los tanques seguirá esta norma de la misma manera. En estos proyectos, los cuales se realizan para una persona en particular, el tipo de acero usado habitualmente para los tanques instalados, es el acero de calidad **NAVAL A**, unido a unas chapas de aluminio naval **EN AW 6060**, para reforzar estos. La unión de estas chapas de protección exterior, se realiza mediante llanta bimetálica. En especial, los tanques de agua dulce dispondrán de una soldadura doble continua.

El espacio entre tanques se rellenará internamente de espuma de poliuretano de alta expansión de 35 kg/m^3 de densidad proyectado e inundado que se protege con un mamparo de plancha sintética de alrededor de 12mm con aislamiento proyectado.

Las conexiones y tuberías de entrada y salida serán de acero inoxidable y dotadas de un aislamiento exterior de aluminio. Los tanques de combustible tendrán dos tuberías cada uno instaladas entre ellos y uno de ellos contará con una más que conectará con el motor del barco. El de agua tendrá una de entrada y dos de salida que conectarán con los diferentes puntos de distribución de agua potable.

Esta parte del proyecto solo tendrá un alcance de tanques y tuberías, dado que los acoples externos a los tanques, asociados a los sensores, se desarrollarán en el siguiente punto.

2.1.2. Sensores

- **Sensor de presión, modelo DAMCOS MAS2600** transmisor de dos hilos de 4-20 mA conectado a través de un cable de 6 núcleos ventilado. una carcasa exterior por parte del transductor de plástico PVC resistente al agua además de estar dotado de un sellado por soldadura simple con una cobertura de titanio al igual que el transmisor. Ambos dotados de un grado de protección IP superiores a los 56IP.

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

- **Sensor de nivel, modelo VEGAPULS 11**, también de dos hilos de 4-20 mA, sin cableado y con una carcasa hecha por una parte de fluoruro de polivinilideno (PVDF) en su interior y en cuanto a la carcasa, esta está dotada de tereftalato de polibutileno, ofreciendo un mayor grado de protección IP.
- **Sensor de densidad y caudal, modelo VEGADIF 85**, con electrónica de dos conductores de 4-20 mA y posibilidad de implementar las versiones puramente digitales con Profibus, Foundation Fieldbus y Modbus. En cuanto a los materiales usados para su fabricación, son básicamente acero inoxidable para el caso de las bridas y la membrana y en cuanto a la carcasa, esta puede ser de plástico, aluminio o acero inoxidable, todas ellas preparadas para que pueda estar en contacto con agua sin ningún problema pese a que este, no estará en contacto con el fluido en cuestión.

2.1.3. Interfaz con el usuario

La interfaz con el usuario dispondrá de un HMI con pantalla táctil Crouzet VTP1-E series resistiva, con procesador ARM Cortex-A8, protocolo Modbus RS485 o conexión directa con el puerto de ethernet de programación M3. Unido a este, se implementará el PLC Siemens Simatic S7-300, encargado la recogida de información.

2.2. Control de calidad

En todos los casos enumerados anteriormente se comprobará que tanto los materiales de los que estos están hechos, como lo que esto implica a la hora de comportarse respecto al entorno de trabajo, se cumple. A través de pruebas experimentales de conexionado entre elementos y de pruebas individuales que demuestren las características enumeradas anteriormente junto con la comprobación del correcto etiquetado por parte de las empresas vendedoras para cada uno de los componentes que se implementan en el proyecto.

3. Condiciones de la ejecución

3.1. Descripción

En todos los casos comentados se realizarán pruebas de medición iniciales y de funcionalidad que aseguren que estos elementos cumplen su función correctamente. Además, se establecerá una primera interconexión entre todos los elementos que certifique que estos pueden trabajar de manera conjunta.

Para poder comprobar que la ejecución de los procesos implicados entre componentes es correcta, nos cercioramos primero de que se ha realizado un conexionado adecuado entre elementos, que estos recogen los datos de manera correcta y que se detectan los movimientos de información realizados.

La pantalla, como cualquiera de los elementos será probada previamente a su instalación para comprobar que responde a los estímulos táctiles y que las acciones y representaciones se muestran de manera fluida.

3.2. Control de calidad

De manera más exhausta se verificará que los datos e información que recorre todo el sistema de medición no solo se están procesando, sino que además, está capacitado de la precisión, velocidad y veracidad necesarios para que el sistema cumpla con el objetivo final establecido con el cliente.

Como medida de seguridad también se forzarán algunos errores para comprobar que todos los componentes reaccionan de manera adecuada a estos.

La pantalla, como cualquiera de los elementos será probada previamente a su instalación para comprobar que responde a los estímulos táctiles y que las acciones y representaciones se muestran de manera fluida.

4. Pruebas y ajustes finales

Como comprobación final, una vez el conjunto de los equipos estén instalados y trabajando de forma conjunta, se realizará una primera puesta en marcha del sistema de medición con el dueño del barco presente, que cerciorará que la totalidad de la instalación se ha realizado correctamente y que todo elemento funciona tanto individual como grupalmente

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ETSID

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial Automática

Curso 2020/2021

TRABAJO FIN DE GRADO:

Diseño de un sistema integrado de medición y control de presión, nivel, densidad y caudal de líquidos en tanques en barcos

DOCUMENTO III:

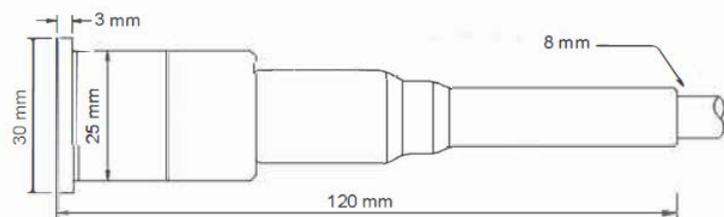
PLANOS

Autor: Javier Ballester Alcañiz

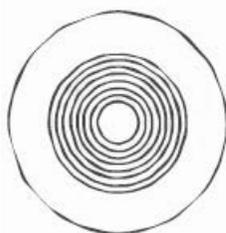
Tutor: Enrique Berjano Zanón

Cotutor: Juan José Pérez Martínez

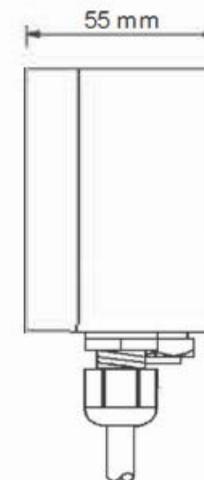
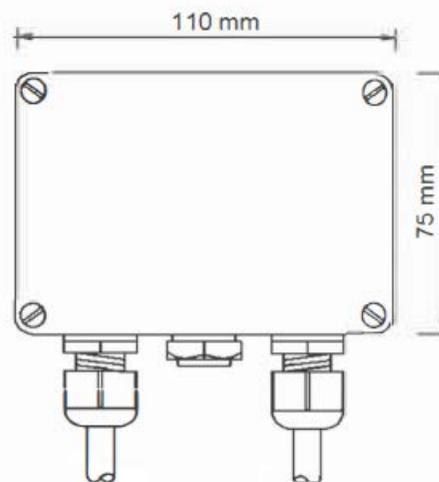
Transductor



Vista frontal



Transmisor Amplificador



Proyecto: Diseño de un sistema de medición y control de presión, nivel, densidad y caudal de líquidos en tanques en barcos

Nº de plano: 1

Escala: 1:2

Nombre de plano: Sensor DAMCOS MAS2600

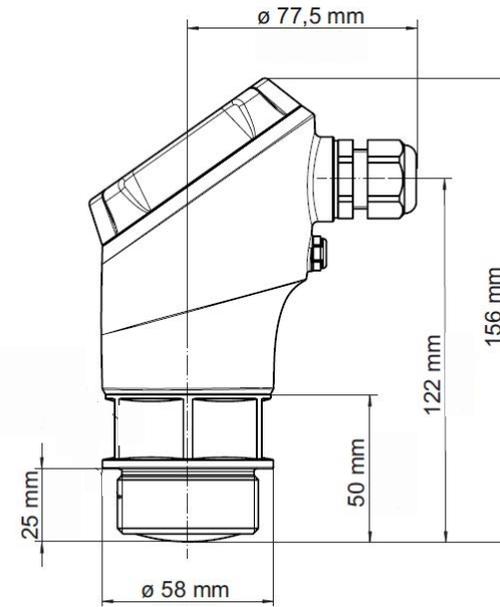
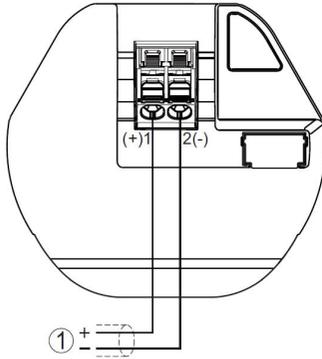
Universidad Politécnica de Valencia

Autor: Javier Ballester Alcañiz

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Tutor: Enrique Berjano Zanón
Cotutor: Juan José Pérez Martínez

Ingeniería Electrónica Industrial y Automática



Proyecto: Diseño de un sistema de medición y control de presión, nivel, densidad y caudal de líquidos en tanques en barcos

Nº de plano: 2

Escala: 1:2

Nombre de plano: Sensor VEGAPULS 11

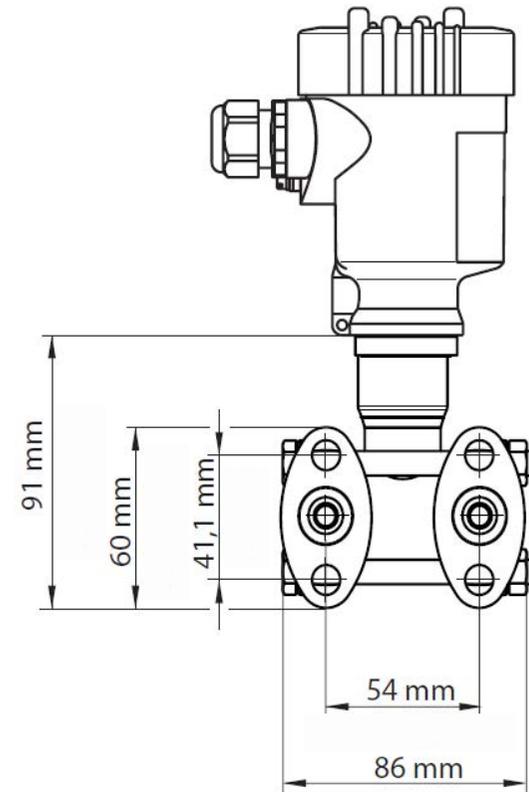
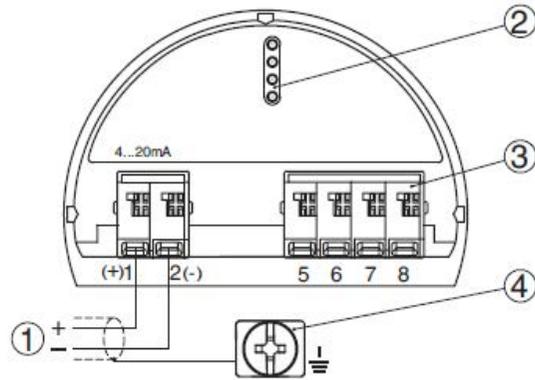
Universidad Politécnica de Valencia

Autor: Javier Ballester Alcañiz

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Tutor: Enrique Berjano Zanón
Cotutor: Juan José Pérez Martínez

Ingeniería Electrónica Industrial y Automática



Compartimento de la electrónica y de conexiones carcasa de una cámara

- 1 Alimentación de tensión/salida de señal
- 2 Para el módulo de visualización y configuración o adaptador de interface
- 3 Para unidad de indicación y ajuste externa
- 4 Terminal de puesta a tierra para la conexión del blindaje del cable

Proyecto: Diseño de un sistema de medición y control de presión, nivel, densidad y caudal de líquidos en tanques en barcos

Nº de plano: 3

Escala: 1:2

Nombre de plano: Sensor VEGADIF 85

Universidad Politécnica de Valencia

Autor: Javier Ballester Alcañiz

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Tutor: Enrique Berjano Zanón
Cotutor: Juan José Pérez Martínez

Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ETSID

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial Automática

Curso 2020/2021

TRABAJO FIN DE GRADO:

Diseño de un sistema integrado de medición y control de presión, nivel, densidad y caudal de líquidos en tanques en barcos

DOCUMENTO IV:

PRESUPUESTO

Autor: Javier Ballester Alcañiz

Tutor: Enrique Berjano Zanón

Cotutor: Juan José Pérez Martínez

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

Índice

1. Introducción a la elaboración del presupuesto	51
2. Costes de material	51
3. Costes de mano de obra	52
4. Coste total	53

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

1. Introducción a la elaboración del presupuesto

En este apartado quedará reflejado el coste total y desglosado de la instalación deseada, tanto referente al diseño del proyecto como a los elementos y su instalación dentro de este.

2. Costes de material

Tabla 1: Coste de todos los componentes instalados

Concepto	Unidades	Coste unitario (€)	Importe (€)
Sensor DAMCOS MAS2600	1	750,52	750,52
Sensor VEGAPULS 11	1	436,00	436,00
Sensor VEGADIF 85	1	543,00	543,00
Pantalla HMI Crouzet VTP1-E Series	1	1.024,00	1.024,00
Licencia software Siemens TIA Portal V13	1	1.090,00	1.090,00
PLC Siemens Simatic S7-300	1	1.700,00	1.700,00
Total			5.543,52

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

3. Costes de mano de obra

Dado que en el caso de la empresa que ha realizado esta instalación, no se ha subcontratado a ningún operario, el resultado del coste de la mano de obra se obtendrá a través del tiempo que haya durado la implementación total del proyecto, número de operarios y el salario mensual de cada uno de estos basado en sus puestos de trabajo. En cuanto a la duración del proyecto completo hemos estimado un mes completo.

En este caso los salarios se han obtenido del sueldo promedio en España (actualizado el 30 de agosto de 2021) para los diferentes puestos que se nombran en la Tabla 2 dado que los sueldos oficiales son información confidencial por parte de la empresa.

Tabla 2: Coste de los salarios de la mano de obra que interviene en la instalación de todos los componentes durante la duración de la obra.

Concepto	Número de operarios	Salario (€/h)	Tiempo trabajado (h)	Importe (€)
Ingeniero electrónico	1	12,30	160	1.970,00
Ingeniero eléctrico	2	12,20	160	3.902,00
Ingeniero delineante proyectista	2	9,7	160	3.124,00
Técnico instalador en instalaciones eléctricas	8	7,20	160	9.240,00
Total				18.236,00

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

4. Coste total

A priori estos serían los costes esperados para un diseño e instalación como la realizada por parte de la empresa en cuestión representada en este proyecto. Una vez se ha definido el desglose de costes, se calcula el coste total.

Figura 3: Coste total de la realización del proyecto

Concepto	Importe (€)
Coste de material	5543,52
Coste de mano de obra	18.236,00
Subtotal costes	23.779,52
Gastos generales (15%)	3.566,93
Beneficio industrial (6%)	1.426,77
Total (sin IVA)	28.733,22
Total (con IVA del 21%)	34.815,60

La suma total del importe destinado al diseño e instalación del proyecto en cuestión es de un total de:

TREINTA Y CUATRO MIL OCHOCIENTOS QUINCE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS

DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MEDICIÓN Y CONTROL DE PRESIÓN, NIVEL, DENSIDAD Y CAUDAL DE LÍQUIDOS EN TANQUES EN BARCOS.

FIN.