



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉTRICA
DEPARTAMENTO DE CONTROL AUTOMÁTICO

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en Automática

TÍTULO: Proyecto de Automatización del Área de Tanques de la Zona de Movimiento y Almacenamiento de Producto (MAP) en la Refinería “Hermanos Díaz”.

Autor: Osmani Díaz Mena
Tutores: Ing. Ksenia Arias Granda
Ing. Yainier Marrero

Curso 2015-2016
“Año 57 de la Revolución”

AGRADECIMIENTOS

Ante todo se agradece a todas las personas y entidades que han hecho posible la realización de este trabajo, a toda mi familia que me apoyo e impulsó en todo momento para no rendirme ante las disímiles dificultades que amenazaron el desarrollo de este proyecto, también a mi tutora la ingeniera Ksenia Arias y a todos los ingenieros del departamento de automática de la Refinería “Hermanos Díaz”, en especial a los ingenieros José Aranda y Gerardo Díaz del Centro de Cálculo de la refinería.

RESUMEN

En este trabajo se hizo una propuesta de automatización para eliminar la demora en las operaciones de llenado y vaciado de los tanques de la sección de Movimiento y Almacenamiento de Productos (MAP); esta demora se encuentra ocasionada por el control y trabajo manual que debe realizarse para mantener en óptimas condiciones los procesos que se desarrollan en esta área debido a que la instrumentación está casi completamente obsoleta lo cual no permite un alto nivel de confiabilidad ni de eficiencia. Se propuso toda la instrumentación que permitió ejercer un correcto y eficiente control además de una fácil supervisión de las operaciones de llenado y vaciado de los tanques destinados a almacenar los productos provenientes tanto del área de muelles como de la sección de refinamiento donde se producen derivados del petróleo crudo para ello se empleó la tecnología SIEMENS y Rosemount Emerson, y siguiendo las normas técnicas y de seguridad para instalaciones de este tipo.

Palabras Claves

Sistema de Automatización para la medición en Tanques.

ABSTRACT

This paper presents an automation proposal that was done to eliminate the existing delay in the filling and emptying of the tanks in the section of Moving and Storage Products (MAP); this delay is caused by manual control and the manual work that have to be done to maintain optimum conditions the processes that are developed in this area because the instrumentation is almost outdated which does not allow a high level of reliability and efficiency. It was proposed an entire instrumentation package that allowed to exercise proper and efficient control plus easy monitoring of filling and emptying of tanks that store products from both the dock area and the section of refinement where they are produced derivatives were developed crude oil for it and the SIEMENS Emerson Rosemount technology was used besides other companys, and following the technical and safety standards for such facilities.

Key Words

Automatization System for Tanks measurement

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE MOVIMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS (MAP).....	4
1.1 Zona de Movimiento y Almacenamiento de Productos (MAP).....	4
1.2 Área de Tanques de Almacenamiento.....	6
1.2.1 Tareas fundamentales del área.....	6
1.2.2 Funcionamiento del área.....	7
1.3 Normas de Seguridad. Directiva ATEX.....	9
Conclusiones parciales	11
CAPÍTULO 2. SISTEMA DE MEDICIÓN PARA LA ZONA DE TANQUES.	12
2.1 Sistema de medición para tanques Raptor.....	12
2.2 Medición de Temperatura.....	15
2.2.1 Principio de medición de los sensores de temperatura multipuntos.	15
2.2.2 Sensor de temperatura de múltiples puntos Rosemount 765.....	16
2.2.3 Trasmisor de Temperatura.....	18
2.3 Medición del Nivel	18
2.3.1 Sensor de Nivel por Radar Rosemount 5900S.....	19
2.4 Concentrador de tanques Rosemount 2410	21
2.4.1 Comunicación entre Concentrador 2410 con la sala de control.....	22
2.4.2 Comunicación entre los instrumentos de campo y el concentrador de tanques.....	22
2.5 Control de las operaciones de llenado y vaciado.....	23
2.5.1 Control de las bombas	23
2.5.2 Control de las válvulas.....	24
2.5.3 Actuador Eléctrico Rotork IQT2000	26
Conclusiones parciales	28
CAPÍTULO 3. SISTEMA DE CONTROL	29

3.1 Autómata S7412-2 de SIEMENS.....	29
3.1.1 Algoritmo para el control de las bombas y válvulas.....	30
3.2 Módulos de Comunicación ET-200M.....	33
3.3 Barreras de Seguridad	34
3.4 Módulos de Acoplamiento RS-485.....	35
3.5 Protocolos de Comunicación.....	36
3.5.1 Modbus RTU.....	36
3.5.2 Profibus DP IS	37
3.6 Sistema de Supervisión TankMaster	38
3.7 Arquitectura de control de la propuesta de automatización para el Área de Tanques.....	41
3.8 Valoración económica de la propuesta.....	42
Conclusiones parciales	44
CONCLUSIONES GENERALES	45
RECOMENDACIONES.....	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS.....	48

INTRODUCCIÓN

El petróleo, tal como se extrae de las profundidades de la tierra o del mar mediante perforaciones profundas, no es utilizable como combustible ya que requiere de altas temperaturas para arder. Para poder aprovecharlo como fuente de energía o materia prima es necesario separarlo en fracciones adecuadas para preparar, a partir de ellas, los productos para las diferentes aplicaciones que requiere nuestro mercado. El proceso de refinación produce gasolinas, naftas, destilados, combustibles residuales, asfalto, lubricantes y ceras, entre otras.

La “Refinería Hermanos Díaz” comenzó su explotación en 1957 estaba destinada a procesar crudo venezolano y contaba con una capacidad de diseño de 20000 barriles por día. Fue intervenida el 29 de junio de 1960 por haberse negado a procesar el crudo adquirido por el estado cubano, pasando así a propiedad estatal y comenzando en esta fecha el procesamiento del petróleo de crudo de Romashkino, procedente de la extinta URSS, trayendo como consecuencia serios cuellos de botella que hicieron disminuir los niveles de procesamiento, añadiéndose a todo esto un bloqueo total de piezas de repuestos, carencia de documentación técnica y éxodo de técnicos y trabajadores calificados. Por convenio con la URSS en 1975 comienza la construcción de la combinada 2 con una capacidad de 1 500 000 TM de crudo.

La refinación de petróleo es de gran importancia para Cuba, por el uso que se le da a sus derivados; por este motivo, el desarrollo técnico y tecnológico de las refinerías, las inversiones en investigaciones, el mantenimiento, el funcionamiento en general de las plantas, y lo concerniente al mercado y a la demanda de productos derivados, deben ser vigilados muy de cerca por quienes están en la posición de manejo de la industria petrolera.

Una de las aéreas de vital importancia en una refinería es la de Movimiento de Almacenamiento del Producto (MAP), donde se almacena el petróleo crudo y sus derivados provenientes de buques cisternas o de la sección de refinería. En esta parte de la refinería el control es decadente ya que el equipamiento que presenta es prácticamente obsoleto en comparación a las tecnologías modernas que se emplean en el mundo, además el control es manual casi en

su totalidad por lo que es preocupante la dimensión del trabajo que deben desarrollar los operarios en zonas de alta peligrosidad y con sustancias dañinas para el hombre. Por ejemplo, para medir el nivel y la temperatura, variables fundamentales para el control de esta área, el operario debe escalar hasta el tope del tanque, que generalmente excede los 10 metros, y tomar la medición de forma manual, operación que debe realizar en repetidas ocasiones durante el día. También, durante el proceso de llenado o vaciado de un tanque, el operario debe accionar sobre las válvulas y las bombas de manera manual poniendo en peligro su integridad física, debido a que estas válvulas manejan elevados flujos de combustible, que además tienen una temperaturas de entre 30 y 50 °C, lo cual en caso de una rotura puede llegar a causar heridas o hasta pérdidas humanas. Esto, además, afecta en gran medida el funcionamiento eficiente de esta sección de la refinería, incidiendo directamente en los objetivos económicos que se traza esta instalación, que se corresponden a su vez con las metas y cumplimientos que demanda el país.

Por lo que el **problema científico** que motiva a hacer este trabajo es la necesidad de automatización para gestionar las mediciones de nivel y temperatura en los tanques de combustible, el accionamiento de las válvulas de combustible y bombas, y el funcionamiento general en el Área de Tanques de la zona MAP de la Refinería “Hermanos Díaz”.

El **objeto de la investigación** es el sistema de automatización del Área de Tanques de la zona MAP de la Refinería “Hermanos Díaz”.

El **objetivo general** de este trabajo es el diseño de un proyecto de automatización que permita actualizar la instrumentación y el control del Área de Tanques de Almacenamiento en la Refinería “Hermanos Díaz”.

El **campo de acción** es el Área de Tanques de Almacenamiento y Movimiento de Producto en la Refinería “Hermanos Díaz”,

Se plantea como **hipótesis** que si se logra actualizar la instrumentación y el control en el Área de Tanques de Almacenamiento de la Refinería “Hermanos Díaz”, se podrá hacer más eficiente la medición y el control de las variables nivel y temperatura; así como la automatización del funcionamiento de la zona

según las normas técnicas y seguridad para instalaciones de este tipo. Además permitirá disminuir los índices de peligrosidad para los operarios de esta área, se decrementará considerablemente la frecuencia con que los trabajadores deben realizar las mediciones de temperatura y nivel manualmente y se logrará un ahorro exponencial de tiempo en el desarrollo de las operaciones que se realizan en el Área de Tanques.

Tareas de la investigación:

- 1- Familiarizarse con el flujo de producción.
- 2- Selección de la instrumentación de campo, teniendo en cuenta que esta debe presentar la suficiente seguridad tanto eléctrica como ambiental que posibiliten el trabajo seguro y sin riesgos de explosión, además de un protocolo de comunicación acorde al sistema de control a emplear.
- 3- Diseñar sistema de comunicación de campo, incluyendo protocolo de comunicación a utilizar.
- 4- Diseñar sistema de control (selección de PLC, tarjeta de comunicación, barreras de seguridad)

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE MOVIMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS (MAP)

La Refinería “Hermanos Díaz” está dividida en distintas secciones en las que se realizan diversas tareas encaminadas a la producción de combustibles y derivados del petróleo, destinados a la exportación y consumo del país de ahí la importancia que tiene dicha instalación. Dentro de las secciones más generales y abarcadoras de la refinería tenemos la Combinada 1, Combinada 2, el área de Movimiento y Almacenamiento de Productos (MAP), entre otras.

En la **Combinada 1** se procesa el petróleo crudo para obtener los distintos derivados, como son la nafta, el diesel, la querosina, entre otros. Estos derivados son obtenidos mediante el proceso de fraccionamiento en dos torres. Una denominada **torre atmósfera**, en la cual el crudo se calienta hasta una temperatura determinada para lograr los derivados del mismo y con el residuo que queda en el fondo, se realiza el mismo procedimiento en una segunda torre denominada **torre de vacío**. En esta se eleva el producto a una temperatura aún mayor con el objetivo de obtener más derivados.

Combinada 2, se le denomina a la sección de la refinería que se encarga de procesar la nafta que se obtiene de la **Combinada 1**, para convertirla en la gasolina que se utiliza cotidianamente. En esta sección, al igual que la primera, se eleva la temperatura del producto pero además se utilizan catalizadores para acelerar la reacción de la nafta y convertirla en gasolina, una vez logrado esto, se le añade tetraetilo de plomo, $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_4\text{Pb}$, para aumentar su octanaje y lograr las diferentes gasolinas que se conocen, o sea, Regular, B87, B90, B93, Especial, entre otras.

Otra de las secciones de la Refinería es la de Movimiento y Almacenamiento de Productos (MAP), donde como su nombre lo indica, se almacenan y se mueven todos los productos provenientes de los buques cisterna o de las dos secciones mencionadas anteriormente.

1.1 Zona de Movimiento y Almacenamiento de Productos (MAP)

Esta zona por su amplia extensión terrestre está dividida en tres áreas fundamentales: el área del muelle, el área de cargadero y el área de tanques. El Área del Muelle cuenta con diversos y modernos equipamientos para extraer

o depositar productos en los barcos que se encuentren anclados en el muelle mediante el empleo de potentes bombas. Esta área tiene como objetivo recibir a través de buques y patanas toda la materia prima que se recibe para su procesamiento, así como el recibo y entrega de productos terminados y deslastre a los buques cuando estos lo soliciten.

Esta área está compuesta por un espigón con un calado de 13 m y admite barcos de hasta 207 m de eslora lado rente, con calado de 13 m y 167 m de eslora, la conexión a la tubuladura del buque-tanque se realiza a través del extensor (brazo articulado) con capacidad de 1600 m³/h con una velocidad de 9 m/s y se efectúa según instrucciones del extensor. El espigón tiene de largo total 417 m y con la ubicación bilateral de los atracaderos.

El área de cargadero está formada por el cargadero de camiones cisternas que consta de tres estaciones de entrega de combustible. La primera estación posee seis mangas: tres mangas para el despacho de diesel y dos para gasolina regular. La segunda estación posee tres mangas: una para el despacho de querosina y una para gasolina especial. La tercera estación posee dos mangas, una para TFC-1 y una para petróleo combustible, además posee tomas para cargar Gas Licuado de Petróleo (GLP). El cargadero por ferrocarril consta de 2 cargaderos de 9 posiciones con acceso ferroviario por ambos lados. El primero carga diesel, gasolina regular y turbo combustibles, el segundo por un lado carga querosina y por el otro petróleo combustible Marca 100 y asfalto. El tercero es sencillo para la carga de GLP y gasolina especial (no habilitado en estos momentos). Posee además un depósito para evacuar el drenaje de producto.

La última área en cuestión es el área de tanques a la cual se dirige el presente proyecto. El objetivo de esta área es recibir, almacenar y entregar petróleo crudo y sus derivados que se bombean desde los buques tanques y de las plantas procesadoras.

El área de tanques incluye las áreas donde están ubicadas las piscinas separadoras de producto y la laguna de oxidación, así como todos los tanques dentro de la cerca perimetral de la Refinería, con las instalaciones y estación de bombeo con que cuentan estas para su operación.

En el mundo desarrollado, las áreas de MAP son poco utilizadas, ya que en su lugar se utilizan Analizadores en Línea, que no son más que equipos preparados para analizar la composición química del producto en cuestión y determinar las cantidades necesarias a aplicar en el momento de mezclar un producto con otro en la creación de un nuevo combustible, o en la producción en mayor cantidad de uno de los combustibles en cuestión. Claro que para que exista la intervención de estos sofisticados equipos es necesario tener un sistema de producción continua y a su vez de consumo continuo, ya que de esta manera no se hace necesario el almacenamiento a gran escala de los productos debido a su elevada demanda.

Sin embargo en las distintas regiones donde se utilizan estas zonas de MAP, las mismas se encuentran totalmente automatizadas, ya que se trata por todos los medios posibles de eliminar la acción humana directa en estas áreas a causa de la alta peligrosidad que presenta la misma, de ahí la importancia que tiene la aplicación de un sistema de control para esta área en la Refinería “Hermanos Díaz”.

1.2 Área de Tanques de Almacenamiento

El objetivo de esta área, que consta con 64 tanques verticales (Ver Anexo 1), es recibir, almacenar y entregar petróleo crudo y sus derivados que se bombean desde los buques-tanques y de las plantas procesadoras.

El área de tanques incluye las áreas donde están ubicadas las piscinas separadoras de producto y la laguna de oxidación, así como todos los tanques dentro de la cerca perimetral de la Refinería, con las instalaciones y estación de bombeo con que cuentan estas para su operación.

1.2.1 Tareas fundamentales del área.

- Realizar operaciones entre tanques (transferencia y gravitaciones).
- Recepción y almacenaje de petróleo crudo y sus derivados descargados por buques-tanques.
- Entrega de productos a las unidades de Combinada 1 y 2 y por Oleoducto a la Empresa Generadora de Electricidad (RENTE).
- Mediciones de tanques y operaciones en las instalaciones.

Para comprender las descripciones brindadas por los operarios fue necesario conocer las terminologías de Área de Tanques se pueden encontrar detalladas en el Anexo 2.

1.2.2 Funcionamiento del área.

Cuando se abren las válvulas de un tanque para llenarlo o vaciarlo, se debe comprobar manualmente si la tubería que comunica el tanque con la parte de donde proviene el producto tiene las válvulas abiertas y todas las válvulas restantes cerradas.

Cuando se cambia el destino del flujo de un producto de un tanque a otro, tanto en la entrega como en la recepción, se abre el tanque y el sistema de tubería del que recibirá. Después se cerrará el tanque y el sistema de tubería del que termina la operación, siempre que no se produzcan estos cambios se debe estar alerta de cualquier anomalía tales como: fallo de flujo, cavitación de la bomba, salideros, etc.

Cuando se inicia una operación en el área de tanques ya sea de llenado o vaciado de un tanque, el operario realiza las mediciones de los tanques que intervendrán en la operación, o sea nivel del producto, del agua y/o temperatura del producto. Estas mediciones se efectúan cada dos horas, se realizan los cálculos establecidos y se hacen las anotaciones en la libreta de medidas y en el informe de medidas, para que el próximo operario tenga noción de las incidencias ocurridas y errores que puedan haberse dado durante la operación.

Para censar el nivel en los tanques, se utiliza una lienza (Figura 1), que no es más que una cinta métrica que contiene una plomada en la punta. Para hacer la medición, la plomada es bañada en una pasta química, la cual difiere según el tipo de líquido que se vaya a medir, ya que la misma reaccionará con el producto en cuestión y señalará donde el peso hace contacto. Este instrumento se deja caer desde el punto de referencia de los tanques (Figura 2).



Figura 1. Lienza o cinta métrica



Figura 2. Punto de referencia de los tanques

Para medir la temperatura en el tanque se toma la misma cinta pero en vez de un peso se le anexa un termómetro (Figura 3). El tiempo que se debe mantener sumergido el termómetro difiere según el tipo de líquido contenido en el tanque de modo que para líquidos claros (nafta, gasolina, querosina, diesel), se debe estacionar el termómetro por 5 minutos, para líquidos oscuros (fuel oil, aceite de gas en vacío), durante 10 minutos y para líquidos pesados (asfalto, residuos de petróleo) hasta 15 minutos.



Figura 3. Termómetro para medir temperatura en los tanques

Ambas maneras de medir, tanto el nivel como la temperatura, son utilizadas a nivel mundial no importa lo moderna de la automatización que pueda existir en la instalación. Esta forma de medir recibe el nombre de **medición fiscal**, que no es más que la medición certificada por la cual se rectifica la medición que ofrecen los equipos de medición electrónicos, y también por la cual se comprueba si la cantidad de producto que se ha producido en la planta o la que se está recibiendo desde un buque es verdadera.

El problema con esta forma de medir es que implica gran responsabilidad y peligro para el operario, ya que es necesario subirse a los tanques, los cuales cuentan con una altura de entre 8 y 20 metros. También, en el caso específico de la Refinería “Hermanos Díaz”, la cercanía al mar produce desgaste en las estructuras metálicas que se utilizan para acceder al techo de los tanques, lo cual incrementa la posibilidad de la ocurrencia de accidentes que pongan en peligro el personal destinado a realizar estas tareas. También es válido mencionar la manipulación manual de bombas y válvulas de alto calibre, las cuales manejan elevados caudales del producto y a elevadas temperaturas.

1.3 Normas de Seguridad. Directiva ATEX

La clasificación por zonas ha sido utilizada para determinar el nivel de seguridad necesario para el material eléctrico instalado en ambientes explosivos de gas y vapores. La Directiva ATEX, surgida y aplicable en la Unión Europea, describe qué tipo de equipamiento y ambiente es permitido

para el trabajo en una Atmósfera Explosiva. Recibe el nombre de ATEX por la directiva 94/9/EC Francesa: *Appareils destinés à être utilisés en **AT**mosphères**EX**plosives*.

En la Unión Europea cada año se producen más de 2000 explosiones de polvo o gas como consecuencia de su almacenamiento, manipulación y elaboración con materiales combustibles.

El riesgo de explosión, ya sea debida a gases/vapores inflamables o a polvos combustibles se da en los más diversos y variados procesos, afectando a múltiples sectores como pueden ser el agroalimentario, fabricación de muebles y procesado de maderas, textil, químico, reciclado, energético, biomasa, petroquímico, etc.

En caso de explosión, los trabajadores se hallan en peligro por los efectos de las llamas o presiones incontroladas en forma de radiación térmica, llamaradas, ondas de choque y proyección de cascotes, así como productos de reacción nocivos, y por falta de oxígeno para respirar. En este marco las Directivas ATEX establecen las medidas necesarias para garantizar la seguridad frente a las explosiones.

A partir de julio del 2003, las empresas que trabajan en áreas con una atmósfera explosiva, deben seguir las directivas para proteger a los empleados de los riesgos de explosión.

Hay dos tipos de directivas ATEX (una para el fabricante y uno para el usuario del equipo).

- El equipo ATEX 95 directiva 94/9/EC. Regula equipos y sistemas de protección cuya intención es para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- El lugar de trabajo ATEX 137 directiva 99/92/EC. Señala los requerimientos mínimos para la mejora de la protección de la seguridad y salud de los trabajadores expuestos a riesgos derivados de atmósferas explosivas.

Conclusiones parciales

Hasta aquí se ha hecho una breve descripción de la Refinería “Hermanos Díaz” y en específico de la sección de Movimiento y Almacenamiento de Productos (MAP), se ha abordado acerca de la importancia que tiene esta sección para el desarrollo de la refinería y se ha prestado principal atención al Área de Tanques. Se detalló de forma general, las técnicas utilizadas actualmente en esta área para determinar los valores de temperatura y nivel en los tanques y se expuso los peligros y limitaciones que representan estas técnicas para establecer un control eficiente y productivo en esta zona. Además se mencionó la normativa ATEX para atmosferas explosivas que debe estar presente en el certificado de todos los instrumentos que se empleen en el desarrollo de esta propuesta.

CAPÍTULO 2. SISTEMA DE MEDICIÓN PARA LA ZONA DE TANQUES.

Para resolver los problemas antes mencionados y que conllevan a la realización de esta propuesta de automatización, se planteó la tarea de utilizar el sistema de medición para tanques Raptor de la compañía Rosemount Emerson el cual incluye instrumentación para medir temperatura, nivel, presión, entre otras variables y también incluye los equipos para visualizar y transmitir la información obtenida por los sensores.

2.1 Sistema de medición para tanques Raptor

Raptor (Figura 4) es un sistema de medición de tanques por radar. La arquitectura única escalable de Raptor, basada en la comunicación abierta estandarizada, proporciona flexibilidad y beneficios de instalación. Además, el sistema establece un nuevo estándar de rendimiento y también incluye características únicas de seguridad. Con su tecnología, Raptor puede ayudar a mejorar la eficacia, productividad y seguridad de una planta.

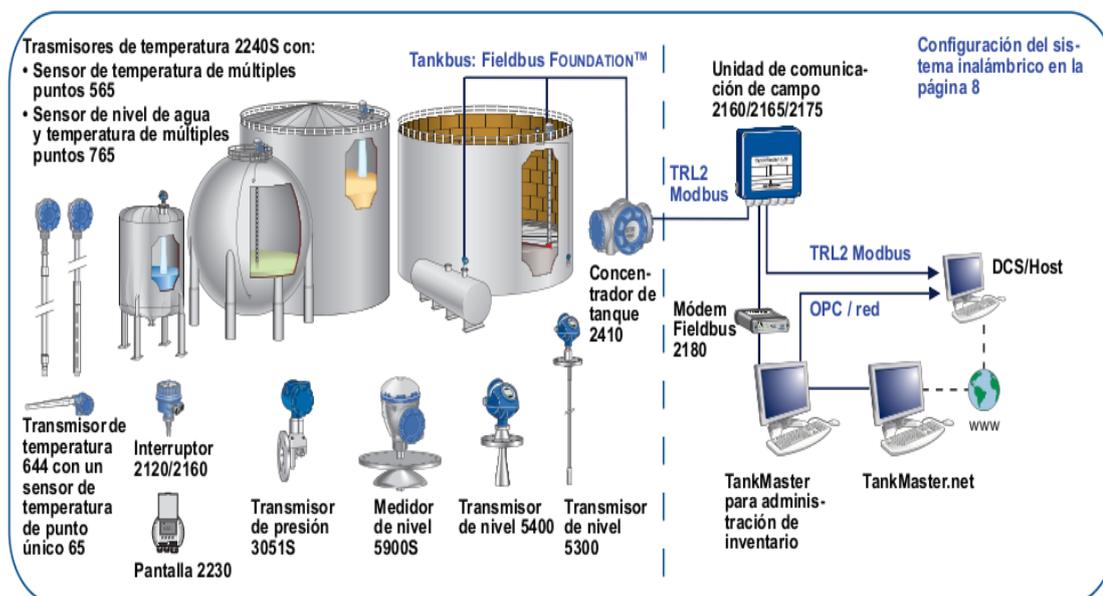


Figura 4. Sistema de medición para tanques Raptor

El sistema está desarrollado para manejo completo de líquido a granel en refinerías, parques de tanques y depósitos de combustible y cumple con los requerimientos más altos de rendimiento y seguridad.

Las aplicaciones de este sistema incluyen tanques de almacenamiento de líquido en:

- Refinerías
- Terminales de tanques independientes
- Terminales comerciales
- Terminales de oleoductos
- Industrias petroquímicas
- Terminales de gas licuado (LPG y LNG)
- Depósitos de combustible de aviación
- Plantas de energía
- Plantas de biocombustible
- Destilerías

Características del sistema Raptor:

- Precisión superior con aprobaciones de transferencia de custodia, inclusive el certificado OIML R85:2008
- SIL 2 y SIL 3 certificados de manera exclusiva por Exida según IEC 61508-2 y 61508-3
- Diseño escalable para flexibilidad máxima
- Arquitectura de sistema abierto para proteger su inversión
- Tankbus de bajo voltaje de 2 hilos para una instalación eficaz y segura
- Tankbus de configuración automática basada en Fieldbus FOUNDATION™
- Dispositivo de nivel redundante (medidor 2 en 1)
- Conexión Smart Wireless entre tanques y sala de control
- Capacidad de emulación completa para una instalación económica en sistemas suministrados por otros proveedores
- Paquete de software de administración de inventario muy poderoso para supervisión completa del parque de tanques

El sistema Raptor mide y calcula los datos del tanque de:

- Transferencia de custodia
- Administración de inventario
- Movimiento de petróleo
- Balance de masa y estimación/control de pérdida

- Control operacional y de mezcla
- Detección de fugas y prevención de sobrellenado

El sistema se puede configurar para proporcionar los siguientes datos de tanque y funciones:

- Medición de nivel, índice de nivel, temperatura y nivel de interfaz de agua
- Datos múltiples de temperatura para cálculos promedio
- Salidas de relé para alarmas de nivel alto SIL 2/SIL 3 y funciones personalizadas
- Medición de presión de vapor y presión hidrostática
- Volumen total observado (TOV) y cálculos de densidad observada en el concentrador del tanque 2410
- Cálculos de volumen neto según API (con el paquete de software TankMaster)
- Inventario completo, funciones híbrida y de transferencia de custodia (con el paquete de software TankMaster)

El sistema Raptor puede incluir equipos como:

- Medidor de nivel por radar Rosemount 5900S y transmisores de nivel de radar 5300 y 5400.
- Transmisor de temperatura de múltiples entradas Rosemount 2240S.
- Transmisor de temperatura Rosemount 644.
- Sensor de temperatura de múltiples puntos Rosemount 565 y 566.
- Sensor de temperatura de múltiples puntos Rosemount 765 con sensor de nivel de agua integrado.
- Sensor de temperatura de punto único Rosemount 65.
- Transmisor de presión escalable Rosemount 3051S.
- Transmisor de presión Rosemount 2051.
- Pantalla gráfica de campo Rosemount 2230.
- Interruptor de nivel de líquido Rosemount serie 2100.
- Concentrador de tanque Rosemount 2410.
- Unidades de comunicación de campo Rosemount 2160/65/75.
- Módem Fieldbus Rosemount 2180.

- Smart Wireless Gateway y adaptador THUM.
- Estaciones de trabajo PC TankMaster en una red.

[1]

2.2 Medición de Temperatura

La medición de esta variable permite asegurar que en el momento de despachar el producto almacenado en los tanques hacia el área de cargadero, o hacia el muelle, o inclusive hacia la planta, este tenga la temperatura determinada (de 35 a 50 °C aproximadamente) para ser recibida, ya que de estar por encima no puede ser depositada ni en los buques ni en los camiones y en caso tal se le debe dejar reposar hasta que descienda hasta la temperatura deseada. Si está por debajo de la temperatura necesaria puede resultar difícil la transportación del producto debido a su viscosidad, en cuyo caso se debe calentar en los bancos intercambiadores de calor antes de su despacho. Para la medición de esta temperatura se propone emplear sensores de temperaturas multipuntos Rosemount 765 del sistema de medición para tanques Raptor que además incluye un sensor de medición de nivel agua libre en el fondo del tanque.

2.2.1 Principio de medición de los sensores de temperatura multipuntos.

Este tipo de sensores tienen el mismo principio de funcionamiento de los sensores de temperatura convencionales (termopares y termoresistencias), sin embargo en vez de utilizar un único sensor para medir la temperatura se instalan varios con distintas longitudes fijados a una sonda en determinadas posiciones, logrando así obtener la medición de la temperatura en diferentes niveles del tanque.

En esta sonda, los hilos de los sensores de temperatura deben hacer contacto con las paredes de la misma para así confeccionar un perfil de temperatura según demande el operario. Cada sensor de temperatura envía su propia señal de temperatura medida y el operario, según el transmisor que se escoja, en la mayoría de los casos, puede visualizar un promedio de las temperaturas obtenidas o una de las temperaturas en particular obtenidas por los sensores. La necesidad de emplear este tipo de sensores y no los convencionales (termopares o termoresistencias) está dada por las dimensiones de los tanques

(diámetros mayores a los 10m y alturas por encima de los 15m) y por ende los grandes volúmenes de producto que en ellos se almacenan, de modo que para obtener una medición real de la temperatura en todo el tanque debemos insertar varios sensores de temperatura en el producto de ahí utilidad que brindan las sondas de temperatura multipunto.

2.2.2 Sensor de temperatura de múltiples puntos Rosemount765

Este sensor (Figura 5) se escogió para ser el encargado de censar la temperatura en los tanques de almacenamiento de productos. Mide la temperatura con uno a dieciséis elementos de punto Pt-100 colocados en diferentes alturas para proporcionar un perfil de temperatura del tanque y una temperatura promedio. Además incluye un sensor de nivel de agua capacitivo que mide el nivel de agua libre debajo de la superficie de los combustibles que se almacenan en los tanques y que proporciona una entrada para los cálculos del inventario netos en línea.



Figura 5. Rosemount 765

El sensor Rosemount 765 cuelga verticalmente de la parte superior del tanque y la posición/longitud se elige de acuerdo con el rango real de agua en el fondo. Se debe anclar en el fondo del tanque para asegurar una posición fija en caso de turbulencia.

Uno de los sensores de temperatura Pt-100 puede instalarse dentro de la sonda de nivel de agua, permitiendo mediciones de temperatura a niveles bajos.

El sensor de nivel de agua proporciona una señal digital y se conecta al transmisor de temperatura de múltiples entradas Rosemount 2240S.

El Rosemount 765 es suministrado en una carcasa de acero inoxidable (AISI 316), soldada al tubo flexible de la sonda de temperatura para proporcionar un diseño hermético. Tiene un diseño para entornos industriales sin partes móviles.

El sensor 765 está disponible en dos versiones, abierto y cerrado (Figura 6). La versión abierta es adecuada para las aplicaciones de petróleo crudo y la versión cerrada es ideal para los combustibles más livianos tales como el diesel, etc.

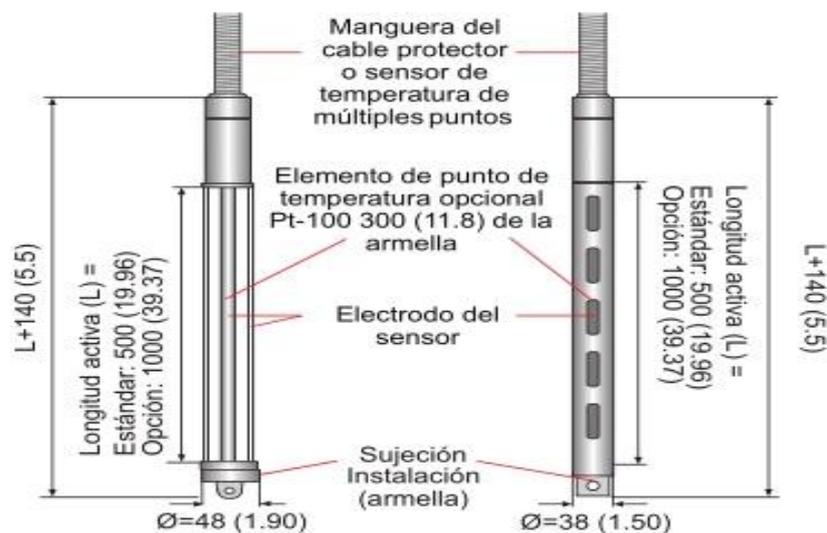


Figura 6. Modelo Abierto (Izquierda) y Cerrado (Derecha) del Rosemount 765

Los elementos de punto se colocan en un tubo flexible de protección hermético de gas, hecho de acero inoxidable enrollado, para un manejo más fácil durante la instalación. Todos los elementos de punto se conectan a un cable, que pasa de la parte superior a la inferior del sensor. Un peso de anclaje puede colgar de la parte inferior o el tubo puede estar fijo a la parte inferior para mantener el sensor vertical y evitar que flote cuando el tanque esté lleno. El Rosemount 765 está diseñado para los tanques atmosféricos de hasta 0,5 bar (7.3 psi). Para los tanques presurizados, se debe instalar en un termopozo cerrado, permitiendo así el servicio o la inspección mientras el tanque está en funcionamiento. [1] (Datos Técnicos Anexo 7)

2.2.3 Trasmisor de Temperatura

Para la transmisión de los datos medidos la compañía Rosemount emplea el Transmisor de temperatura de múltiples entradas Rosemount 2240S (Figura 7). Este transmisor está preparado para conectar hasta 16 elementos de medición de temperatura, utiliza el protocolo de comunicación Fieldbus Foundation, tiene una frecuencia de actualización de 4s, una sorprendente precisión en la conversión de temperatura de $\pm 0,05$ °C (± 0.09 °F), se alimenta con una fuente de bus IS (Intrínsecamente Segura) de 2 hilos. [1] (Datos Técnicos Anexo 8)



Figura 7. Transmisor de temperatura de múltiples entradas Rosemount 2240S

2.3 Medición del Nivel

La medición de esta variable es fundamental para ejercer un control eficaz sobre el producto que se tiene almacenado en los tanques. En el momento de trasladar el líquido de un tanque a otro para hacer las mezclas de combustibles, o hacia al área de cargadero, o hacia el muelle o inclusive hacia la planta. También en el momento que se está recibiendo producto; es estrictamente necesario tener la medición del nivel en tiempo real ya que de ello depende que se eviten accidentes, como el desbordamiento de un tanque o el derrame de combustible en cualquiera de las áreas hacia donde se destine el producto. Así mismo, es también necesaria la medición exacta del nivel de agua en los tanques, debido a que es la única manera de saber el nivel real del producto una vez esté almacenado en el tanque y se encuentre en estado de reposo.

El agua contenida en los combustibles que van a ser guardados en los tanques proviene en primer lugar del lecho marino o terrestre de donde se extrae el crudo, este a pesar de ser tratado exhaustivamente para depurarlo del agua, resulta imposible, al menos con los procesos actuales que se aplican en la refinería, separar totalmente el agua del crudo, pues siempre queda una pequeña porción contenida en el producto final ya sea crudo, fuel, gasolina, diésel, querosina, y otros que se obtienen en las unidades de destilación. La medición del nivel de agua se garantiza con el sensor de temperatura multipunto Rosemount765 que incluye un sensor de nivel para agua en el fondo de los tanques.

Para la medición del nivel del producto, continuando el empleo del sistema de medición para tanques Raptor de Rosemount se utilizará el medidor de nivel por radar Rosemount 5900S (Figura 8) con antena parabólica para uso general en tanques sin tubo fijo. (Datos Técnicos Anexo 4)

2.3.1 Sensor de Nivel por Radar Rosemount 5900S

Los medidores de nivel por radar Raptor proporcionan excelente fiabilidad pues no tienen piezas movibles y sólo la antena/sonda dentro del tanque (Anexo 5).

Para mediciones de nivel por radar existen principalmente dos técnicas de modulación:

- **Onda continua, frecuencia modulada, (FMCW: *Frequency-modulated continuous-wave*):** Este método es utilizado por los medidores de nivel por radar de rendimiento alto. Rosemount 5900S utiliza FMCW, junto con referencia digital y tecnología de filtro, lo que permite precisión de transferencia de custodia real.

El medidor por radar transmite microondas hacia la superficie del líquido. La señal de microondas tiene una frecuencia variable continua, aproximadamente 10 GHz para 5900S. Cuando la señal ha llegado hasta la superficie del líquido y regresa a la antena, se mezcla con la señal que se transmite en ese momento. El método FMCW (Figura 9) (onda continua, frecuencia modulada) significa que la señal de radar transmitida tiene una variación de frecuencia lineal. El reflejo de la superficie del líquido tiene una frecuencia levemente diferente comparada con la señal transmitida de la antena cuando se recibe el

reflejo. Se mide la diferencia de frecuencia que es directamente proporcional a la distancia a la superficie del líquido. Esta tecnología proporciona un valor medido con mucha precisión.

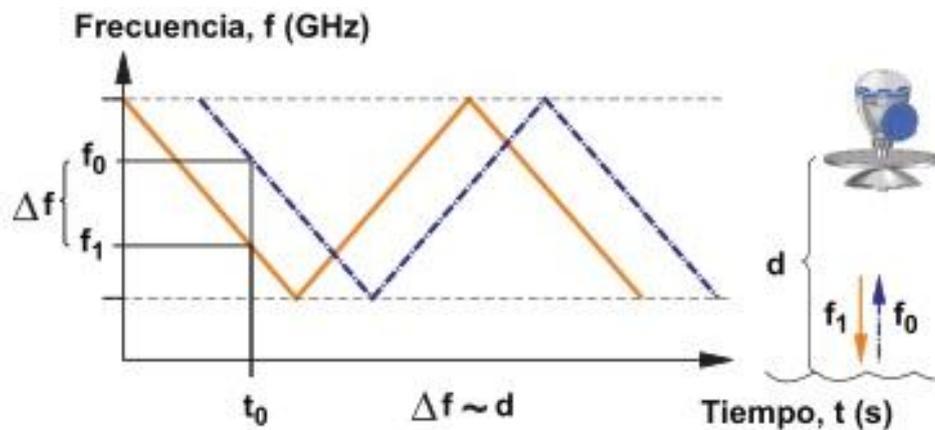


Figura 9. Método FMCM

- **Método de pulso:** Mide el tiempo que se necesita para que un pulso viaje a la superficie y regrese. La diferencia de tiempo se convierte a distancia, a partir de esto se calcula el nivel. La tecnología de Reflectometría de Dominio del Tiempo (TDR) es un caso especial, cuando un pulso de nanosegundos de potencia baja se dirige por una sonda hacia la superficie del medio del proceso, donde se refleja.

El medidor de nivel por radar mide la distancia hasta la superficie del producto en el tanque. Al utilizar las distancias del tanque almacenadas localmente en la memoria del medidor, éste calcula el nivel de la superficie del líquido. El valor del nivel se comunica por medio de bus de campo digital (*Tankbus*) a través del concentrador de tanque Rosemount 2410 hacia TankMaster y otros sistemas.

Un medidor por radar consta de un cabezal del transmisor y una antena. El mismo cabezal del transmisor se utiliza para todos los tipos de antenas 5900S, minimizando así los requisitos de repuestos. El sensor 5900S tiene una carcasa del transmisor de compartimiento doble con la electrónica y el cableado separados. Se puede reemplazar sin abrir el tanque. El cabezal resistente del transmisor está protegido contra descargas atmosféricas, humedad/lluvia y tiene una protección de superficie contra las atmósferas de niebla salina y azufre.

La electrónica del cabezal del transmisor del medidor por radar consta de una o dos unidades electrónicas encapsuladas que incluyen tarjetas para varias funciones:

- **Tarjeta de microondas:** transmite, recibe y saca muestras de la señal FMCW
- **Tarjeta de procesamiento:** para el procesamiento de señal avanzado
- **Tarjeta de comunicaciones:** para la comunicación a través de *Tankbus*

La frecuencia de salida se controla digitalmente por medio de un oscilador de cristal para obtener la máxima estabilidad y precisión sobresaliente, que es una de las razones por las que no se necesita la recalibración del medidor.

Las antenas 5900S tienen un diseño de goteo que para algunas versiones también incluye las superficies PTFE (Politetrafluoretileno o Teflón), pulidas e inclinadas donde se emiten las microondas. La condensación en la antena se minimiza y la señal de radar permanece fuerte. Esto da como resultado la operación sin mantenimiento y alta fiabilidad. [1]



Figura 8. Rosemount 5900S con antena parabólica

2.4 Concentrador de tanques Rosemount 2410

El Concentrador de tanques Rosemount 2410 (Figura 10), es el encargado de gestionar la comunicación entre los dispositivos de campo y la sala de control. Tiene función de indicador lo que permite visualizar los valores medidos de las

variables, se comunica utilizando el protocolo de Fieldbus Foundation. Está diseñado en dos versiones, una para tanques individuales y otra para múltiples tanques que es la que interesa. Esta versión tiene un software que admite 16 dispositivos de campo y hasta 10 tanques por cada concentrador. [1] (Datos Técnicos Anexo 10)



Figura 10. Concentrador de tanques Rosemount 2410

2.4.1 Comunicación entre Concentrador 2410 con la sala de control

El Concentrador 2410 tiene dos ranuras para dos tarjetas de comunicación independientes Fieldbus principal y Fieldbus secundario. El primario es utilizado por el Rosemount 2410 para conectarse a un host o a una unidad de comunicación de campo por medio de TRL2 Modbus, RS485 Modbus, Enraf o HART; y el secundario utiliza los protocolos TRL2 Modbus, Enraf, WirelessHart para adaptador Smart Wireless THUM. Para establecer la comunicación se puede usar tanto uno como el otro dependiendo del protocolo que se vaya a emplear para dicha comunicación, en este caso se utilizara el Modbus RS-485 y por tanto se trabajará con el bus primario. [1]

2.4.2 Comunicación entre los instrumentos de campo y el concentrador de tanques

El sistema de medición para tanques Raptor de Rosemount utiliza para establecer la comunicación entre sus múltiples instrumentos de medición y el concentrador de tanques 2410, el sistema de bus de campo denominado Tankbus el cual está basado en el protocolo de comunicación Fieldbus Foundation (FISCO).

Requerimientos de cable para Tankbus

El cableado recomendado es pares trenzados protegidos, 0,75 mm² (AWG 18). Otras posibilidades son pares trenzados protegidos, 0,5 a 1,5 mm² (AWG 22-16). El cableado de *Tankbus* debe cumplir con los requerimientos de cable e instalación FISCO. El cableado de *Tankbus* también debe estar aprobado para utilizar a 85 °C (185 °F) como mínimo.

Tabla 1. Especificaciones del sistema FISCO (concepto Intrínsecamente Seguro Fieldbus)

Resistencia del Circuito	15Ω/km a 150Ω/km
Inductancia del Circuito	0,4 mH/km a 1 mH/km
Capacitancia	45 nF/km a 200 nF/km
Longitud máxima de cada cable de ramal	60 m en gas Group IIC
Longitud máxima de cada cable de troncal	1000 m en gas Grupo IIC y 1900 m en gas Grupo IIB

[1]

Ejemplo del esquema de comunicación del concentrador de tanques Rosemount 2410 con la sala de control y la instrumentación de campo. (Ver Anexo 9).

2.5 Control de las operaciones de llenado y vaciado.

Las operaciones de llenado y vaciado que se realizan en el área de tanques son desarrolladas mediante dos formas principalmente: por gravedad o por bombeo. En el primero de los casos solo intervienen las válvulas de acción manual, que se encuentran en el sistema de tuberías a utilizar en el momento de la operación; mientras que en el segundo caso se agregan al sistema las bombas necesarias que pertenecen al sistema de tuberías a emplear.

El problema existente en la realización de estas operaciones reside en que no existe un accionamiento automático sobre ninguno de los equipos que intervienen en las mismas (bombas y válvulas) tarea a la cual se le propondrá solución a continuación.

2.5.1 Control de las bombas

Para el control del encendido o apagado de las bombas, se propone usar relés que interrumpan la fuente de alimentación de los motores de las bombas. Para ello se escogieron los relés de la serie 55, en específico el 55.32 de la compañía Finder (Figura 11). Estos tipos de relés se instalan en las salas de

control donde se comunican con los autómatas y actúan sobre los relés de fuerza que se instalan en el campo para interrumpir la alimentación de los motores de las bombas, los relés de fuerza se escogen a partir de las fichas de datos del instrumento en cuestión.

Relé 55.32 de Finder

Los relés escogidos son relés que se instalan en zócalos, ya que actualmente en los armarios de las salas de control existen carrileras donde los zócalos son idóneos para instalarse.

Los relés 55.32 de la compañía Finder (Figura 11) son de 2 contactos conmutados, trabajan con una señal de 24 V, ideal para la sala de control ya que el autómata envía y recibe señales de las tarjetas digitales a las que se conecta estos relés de 24 V y manejan una corriente de 10 A. Están preparados para instalarse con zócalos de la serie 94 de la misma compañía. Para el montaje de estos relés se utilizará el zócalo 94.04 que está equipado para ser montado en paneles o carrileras. Tienen una tensión y corriente nominal de 250 V y 10 A respectivamente, y trabajan a una temperatura ambiente de menos 40 a más 70 °C. [2] (Ver Anexo 6 y 7).



Figura 11. Relés 55.32 de la compañía Finder

2.5.2 Control de las válvulas

Actualmente las válvulas que se usan en las operaciones de llenado y vaciado de los tanques son completamente manuales, por lo cual se propuso integrar a los sistemas de tuberías que prestan servicios en el área de tanques nuevas válvulas automáticas y así se permite conservar las ya instaladas con el objetivo de mantener el control manual de las existentes, como un control de respaldo en caso de posibles fallas en el sistema automático.

Para manipular el flujo de producto en las tuberías, se propone utilizar válvulas de bola de tipo Trunnion Mounted DDB DN 10 con actuador eléctrico Rotork modelo IQT 2000. Esta pareja de válvula-actuador está siendo empleada para controlar el flujo en el Área del Muelle por lo que su viabilidad y factibilidad ya han sido probadas para trabajar con la gama de productos que se manejan en la refinería.

Características de las Válvulas de Bola

Las válvulas de bola por lo general son recomendadas para su uso en la posición completamente abierta o cerrada, sin embargo, también es posible usarlas en posiciones intermedias, aunque cuando se abra parcialmente, el material del asiento, silicona o PTFE (Politetrafluoroetileno/Teflón), es susceptible de deformarse por estar sometidos a una presión desigual. Una de las ventajas de las válvulas de bola de operación cuarto de vuelta, es que se pueden cerrar rápidamente. La reparación de las válvulas de bola es menos complicada que la reparación de válvulas de compuerta. En general, la sustitución de los asientos por otros nuevos y la limpieza de la bola son suficientes.

El diseño de las válvulas de bola WALWORTH® (Figura 12) cuenta con muñones que soportan la bola, disminuyendo uniformemente las fuerzas ejercidas por la presión interna que se efectúa sobre el área diferencial de los asientos (aguas arriba).

- **Vástago Independiente:** El vástago siendo totalmente independiente de los muñones trasmite únicamente el par de operación (torque) que es provocada por la presión diferencial del asiento.
- **Paso Completo y Continuado:** Las válvulas de bola WALWORTH® tienen un diseño de paso completo y continuado que permite el paso de

herramienta de limpieza, evitando turbulencias y la caída de presión del flujo a través de la válvula.

- **Lubricación no Necesaria:** En condiciones normales de operación, la válvula no necesita lubricarse, si llegara a ocurrir una fuga en la parte de sello, se puede remediar rápidamente inyectando grasa sellante (ligera) dentro del asiento de la válvula a través de las graseras localizadas en el centro de la misma.

Las válvulas que se emplearan son la Válvulas de Bola API 6D clase 150 de la compañía WALWORTH®, las mismas estarán dimensionadas según el fluido que manejen de modo que para el petróleo se utilizarán válvulas de 16 pulgadas de diámetro y para el resto de los combustibles que se manejan en el Área de Tanques se usarán válvulas de 10, 12 y 14 pulgadas. [3]



Figura 12. Válvulas de Bola Trunnion Mounted

Para ejercer el control automático sobre las válvulas propuesta se recomienda emplear los actuadores eléctricos de la compañía Rotork modelo IQT2000

2.5.3 Actuador Eléctrico Rotork IQT2000

Los actuadores eléctricos Rotork modelo IQT2000 (Figura 13), están preparados para para trabajar a 440 V, trifásico y 60 Hz. El módulo de interface Profibus DP EN 50170 está disponible por parte de la compañía para permitir que el actuador sea integrado a la red de Profibus, este establece compatibilidad total con Profibus DP y otorga al mismo, control completo sobre el manejo del actuador. Este lleva una botonera que permite trabajarlo de forma manual. Tienen doble sellado con protección para intemperie según BS EN

IEC60529, IP68/IP66 and NEMA tipo 4&6, arrancador incorporado, indicador continuo local de posición de la válvula que muestra el porcentaje de recorrido, indicadores luminosos para señalar si la válvula está abierta, cerrada o intermedia. [4]

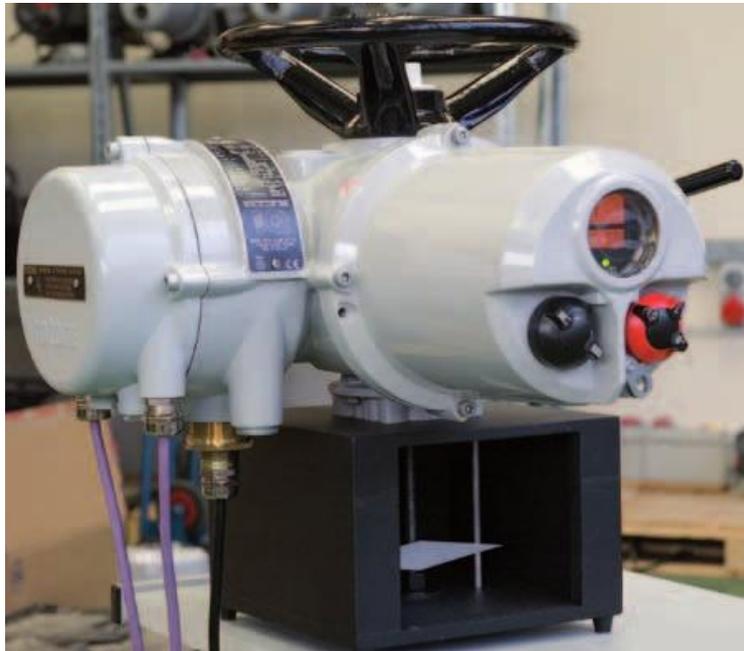


Figura 13. Actuador Eléctrico ROTORK modelo IQT2000

Para visualizar mejor el control de las válvulas y bombas se diseñó un diagrama funcional (Figura 14), en el cual se muestra la interconexión entre los transmisores de nivel y temperatura con el PLC, así como el accionamiento del mismo sobre las válvulas y bombas.

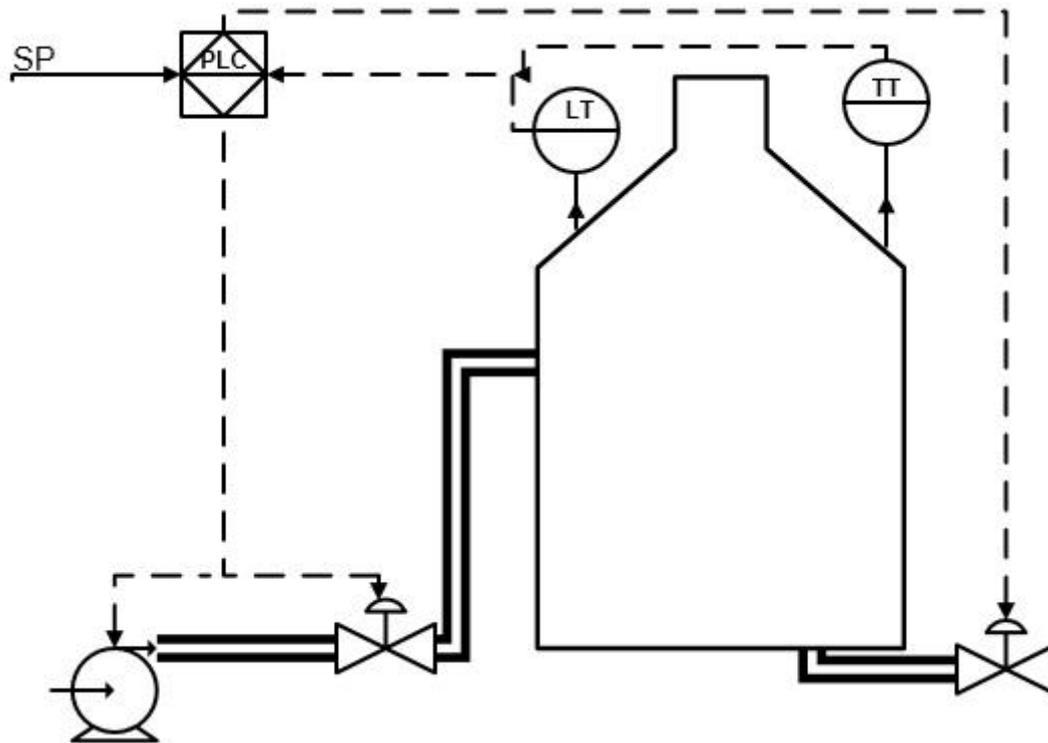


Figura 14. Diagrama Funcional

Conclusiones parciales

Al culminar este capítulo se ha propuesto todo un sistema de medición automático que permitirá dar solución a los problemas que se interponían en el funcionamiento seguro y eficaz del área de tanques. Se propuso de manera general la instrumentación para controlar las operaciones de llenado y vaciado que realizan en el área de tanques e igualmente como añadirla a red de comunicación.

CAPÍTULO 3. SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control que se implementará en el Área de Tanques funcionará de manera independiente del resto de los sistemas implementados en la planta de destilación atmosférica, la planta de destilación al vacío, en el horno, en la planta de hipertratamiento, etc; como está establecido actualmente. Sin embargo existirá la posibilidad de que en un futuro este sistema pueda ser integrado al resto como parte de un solo sistema de control y supervisión para toda la sección de Movimiento y Almacenamiento de Producto (MAP) o inclusive para toda la refinería.

Para lograr un sistema eficiente se creará una sala de control donde se puedan monitorizar todas las variables que se censan y las operaciones que se realizan en el área de tanques, para ello se propone utilizar un autómata S7 412-2 de SIEMENS, el cual se centrará en recibir las señales enviadas por el concentrador de tanques Rosemount 2410 del sistema de medición para tanques Raptor, que estará recogiendo en todo momento el nivel de agua en el fondo, nivel del producto y temperatura de cada tanque de la zona; y además estará encargado de actuar sobre las bombas y las válvulas que intervienen en cada operación de llenado y vaciado que se realiza en el área de tanques.

3.1 Autómata S7412-2 de SIEMENS

Este autómata (Figura 15) cuenta con la CPU 412-2 la cual tiene 144 kbytes de memoria central divididos en 72 para el procesamiento de código y 72 para procesar datos, tiene una memoria RAM de 256 kbytes integrada aunque puede ampliarse con tarjetas hasta 64 Mbytes. Los tiempos de procesamiento se comprenden entre 0,2 microsegundos para operaciones binarias, aritméticas y con coma fija; y 0,6 microsegundos para operaciones con coma flotante, cuenta con 256 temporizadores y tiene también 2048 canales analógicos y 32768 canales digitales. (Datos Técnicos Anexo 13)



Figura 15. Autómata de Siemens S7 412-2

La comunicación entre las válvulas y bombas que intervienen en las operaciones que se llevan a cabo en el área de tanques y el autómata S7 412-2, se realiza a través de barreas de seguridad digitales, módulos de acoplamiento RS-485 y módulos de comunicación ET-200M. [5]

3.1.1 Algoritmo para el control de las bombas y válvulas

A continuación se muestra cómo quedaría el algoritmo de control que se implantará para accionar las bombas y las válvulas. Este se compone de un algoritmo principal (Figura 16), donde se verifican que todas las bombas y válvulas estén cerradas (condiciones iniciales), se chequea si no existe ninguna emergencia o falla, quedando el sistema listo para iniciar las operaciones de llenado y/o vaciado de alguno de los tanques.

El control verifica según la operación seleccionada (llenado o vaciado) para el tanque escogido, el estado del mismo (lleno o vacío), para accionar sobre las bombas o válvulas según sea el caso (Figura 17). Parte de la programación se muestra en el Anexo 16.

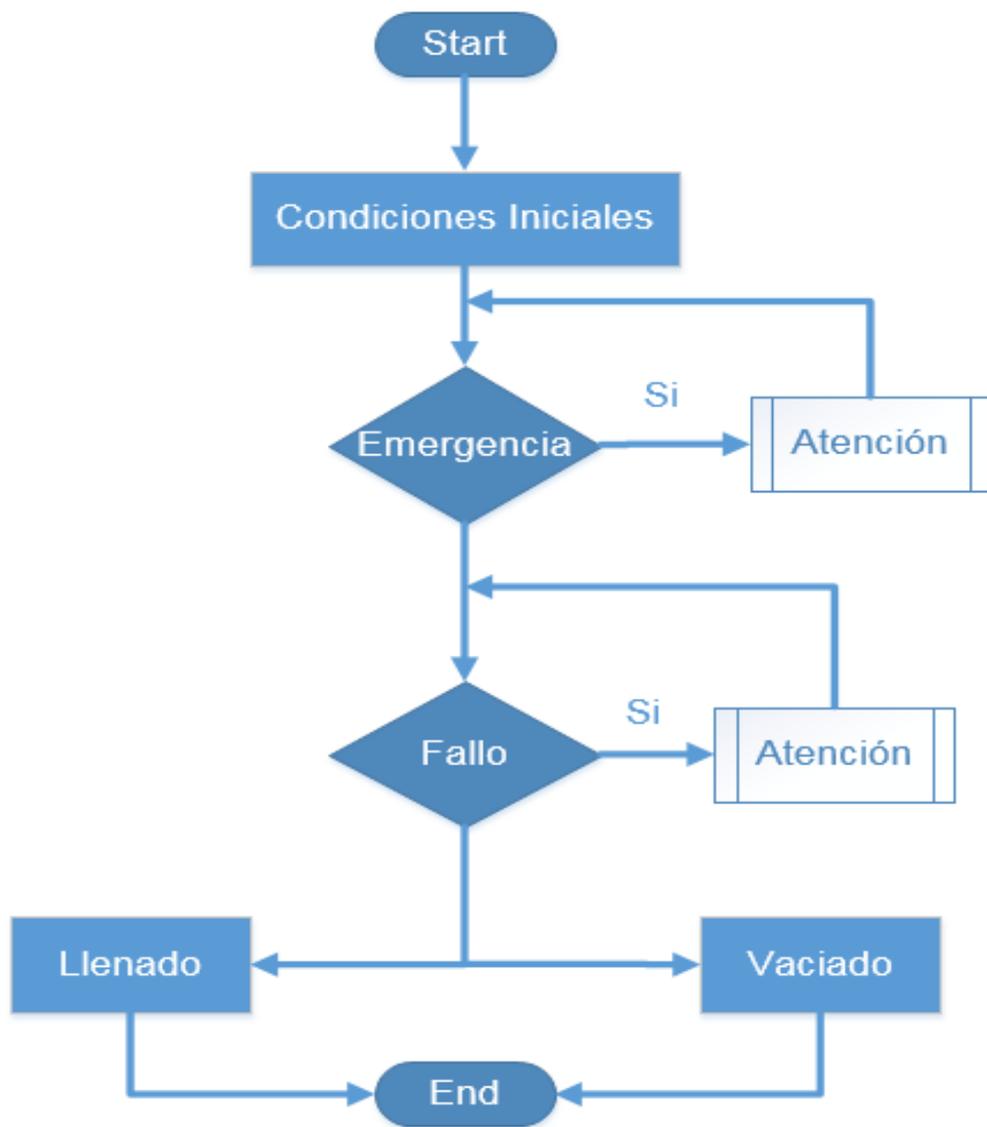


Figura 16. Algoritmo principal

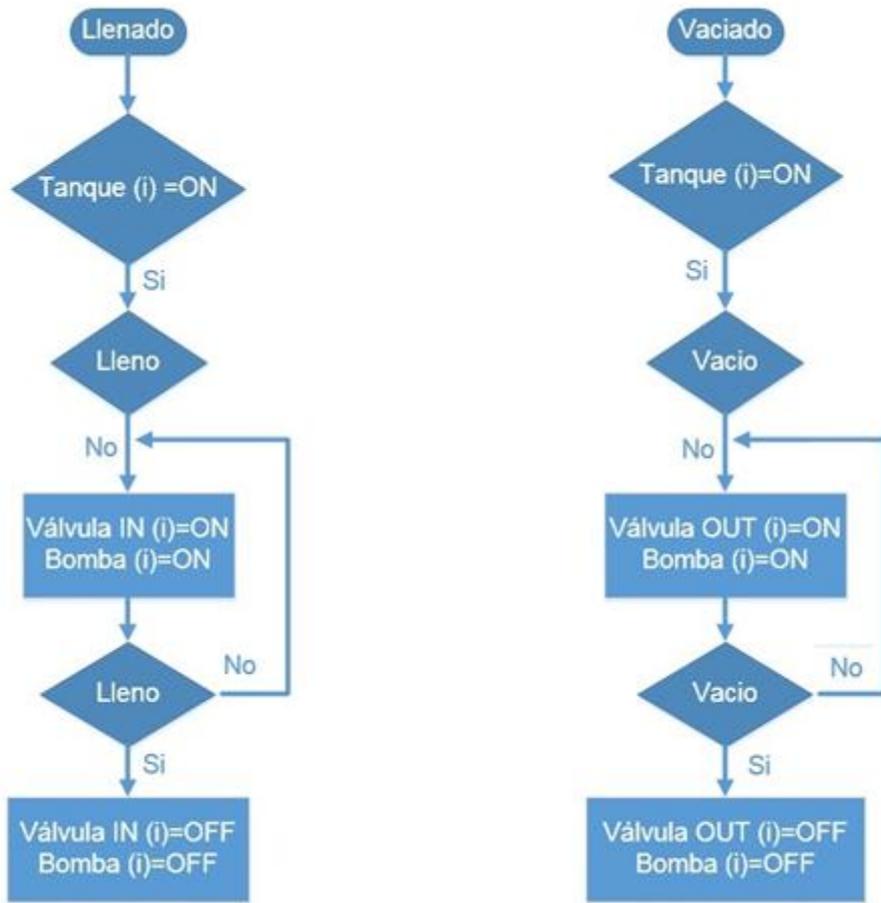


Figura 17. Algoritmos de llenado y vaciado.

Fuente de Alimentación PS 405

El PS 405 (Figura 18) es una fuente de alimentación para el SIMATIC S7-400 sirve para transformar tensiones de red AC o DC en las tensiones de 5 V DC y 24 V DC requeridas con una Intensidad de salida 4 A, 10 A y 20 A (Anexo 10).



Figura 18. Fuente de alimentación PS 405 (4A, DC 24/48/60V, DC 5V/4A)

3.2 Módulos de Comunicación ET-200M

Los módulos de comunicación ET-200M de SIEMENS (Figura 19) son usados en la industria para comunicar equipos de campo con el autómata, en este caso se emplearán para interconectar las válvulas y las bombas con el autómata pasando a través de las barreras.

Los módulos de comunicación de las ET-200M están compuestos por las interfaces de comunicación (IM), que son las encargadas de establecer la comunicación con el autómata y las tarjetas de comunicación de entrada/salida y digitales/analógicas según la necesidad que se tenga. En el caso particular de esta propuesta se necesitan todas digitales tanto de entrada como de salida, ya que la señal necesaria para activar los relés de las bombas es digital, o sea, el autómata envía una señal de 24V por Profibus DP a través de las ET-200M, que pasa por las barreras y va a los relés; y a su vez el estado de las bombas se reciben en una señal de 24V por Profibus DP con seguridad intrínseca, ya que esta señal proviene del campo y por tanto se requieren mayores niveles de seguridad en los medios que se utilizan para establecer la comunicación. Esta señal se trasmite a través de los módulos RS-485 IS a los módulos ET-200M de entrada digital.

Las IM a utilizar son los modelos 153-2 de SIEMENS (Ver Anexo 12) que trabajan con el protocolo de comunicación Profibus DP a una velocidad de 9.6kBd a 12MBd, tienen posibilidad de instalarse de manera redundante con el autómata S7-400. [5]



Figura 19. Módulo de Comunicación ET-200M de SIEMENS

3.3 Barreras de Seguridad

Las barreras de seguridad se utilizan en la industria para limitar tanto el voltaje como la corriente que se envía entre el autómata y el campo, donde existen atmosferas explosivas, debido a que la más mínima chispa que se produzca de manera imprevista y que esté por sobre los estándares establecidos, puede provocar una explosión en el área. En el caso del área de tanques de la refinería, se utilizarán para trabajar con la señal de 24 V que reciben los relés de las bombas.

Para esta tarea se escogieron barreras *Pepperl+Fuchs* (Figura 20) similares a las que están en uso en todos los sistemas de la refinería. Esta barrera aislada se utiliza para aplicaciones de seguridad intrínseca. Suministra alimentación a los solenoides, los indicadores LED y las alarmas sonoras que se encuentran en un entorno peligroso. Recibe alimentación por lazo, por lo que la energía disponible en la salida se recibe desde la señal de entrada. La señal de salida tiene una característica resistiva. Como resultado, la tensión y corriente de salida dependen de la carga y la tensión de entrada. Estas barreras aisladas de un canal, tienen una alimentación de 24 V y un límite de corriente de 100 mA a una tensión de 10 V. [6] (Datos Técnicos Anexo 11)



Figura 20. Barrera de Seguridad Pepperl+Fuchs

3.4 Módulos de Acoplamiento RS-485

Los módulos RS-485 IS (Figura 21) se utilizan para convertir la señal de Profibus DP IS proveniente de los actuadores eléctricos Rotork IQT 2000 que se encuentran en el campo razón por la cual no es recomendable utilizar el Profibus DP estándar para establecer la comunicación con la sala de control ya que este no posee la seguridad necesaria para trabajar en zonas de atmósferas explosivas. Este acoplador toma la comunicación Profibus DP IS y la transforma a Profibus DP estándar con el objetivo de disminuir los costos de instalación ya que es posible tomar la señal del Profibus DP IS y llevarla hasta el autómatas pero entonces sería necesario instalarle a este una tarjeta de comunicación para este tipo de protocolo lo cual elevaría la inversión del proyecto. [5] (Datos Técnicos Anexo 14)



Figura 21. Acoplador RS-485 IS

3.5 Protocolos de Comunicación

Dentro de los protocolos de comunicación que se emplearan para interconectar el campo con la sala de control se tienen el Modbus RTU utilizado por el concentrador de tanques Rosemount 2410 y el Profibus DP IS usado por el actuador eléctrico IQT 2000. Además se utiliza para el control y la supervisión de las variables medidas el TankMaster del propio sistema de medición para tanques Raptor.

3.5.1 Modbus RTU

La comunicación a establecer entre el concentrador de tanques 2410 y el autómatas será a través del protocolo de comunicación Modbus RS-485 o Modbus RTU, como también se le conoce.

El Modbus RTU es un protocolo serie abierto (RS-232 o RS-485) basado en una arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor. El protocolo interconecta los equipos de campo, como son los sensores, actuadores y controladores. Se usa ampliamente en la automatización de procesos y fabricación. Este fue desarrollado por la Empresa MODICON, parte de la *Schneider Automation*. En el protocolo está definido el formato de los mensajes utilizado por los elementos que hacen parte de la red Modbus, los servicios (o funciones) que pueden ser ofrecidos vía red, y también como estos elementos intercambian datos en la red. En la especificación del protocolo están definidos dos modos de transmisión: ASCII y RTU. Los modos definen la forma como son transmitidos los bytes del mensaje. No es posible utilizar los dos modos de transmisión en la misma red.

Toda comunicación inicia con el maestro haciendo una solicitud a un esclavo, y este contesta al maestro que lo solicitó. En ambos los telegramas (pregunta y respuesta), la estructura utilizada es la misma: Dirección, Código de la Función, Datos y *Checksum* (Figura 22). Solo el contenido de los datos posee tamaño variable.

- **Dirección:** el maestro inicia la comunicación enviando un byte con la dirección del esclavo para el cual se destina el mensaje. Al enviar la respuesta, el esclavo también inicia el telegrama con el su propia

dirección, posibilitando que el maestro conozca cual esclavo está enviándole la respuesta.

- **Código de la Función:** este campo también contiene un único byte, donde el maestro especifica el tipo de servicio o función solicitada al esclavo (lectura, escrita, etc.). De acuerdo con el protocolo, cada función es utilizada para acceder un tipo específico de dato. En el SRW 01, los datos están dispuestos como registradores del tipo *holding (words)*, o del tipo *coil/input discrete (bits)*, y, por lo tanto el relé solo acepta funciones que manipulan estos tipos de datos.
- **Campo de Datos:** campo con tamaño variable. El formato y el contenido de este campo dependen de la función utilizada y de los valores transmitidos. Este campo está descrito juntamente con la descripción de las funciones.
- **CRC:** la última parte del telegrama es el campo para el chequeo de errores de transmisión. El método utilizado es el CRC-16 (*CyclingRedundancyCheck*). Este campo es formado por dos bytes, donde primero es transmitido el byte menos significativo (CRC-), y después el más significativo (CRC+). El cálculo del CRC es iniciado cargándose una variable de 16 bits (referenciado a partir de ahora como variable CRC) con el valor FFFFh. El contenido final de la variable CRC es el valor del campo CRC que es transmitido en el final del telegrama. La parte menos significativa es transmitida primero (CRC-) y en seguida la parte más significativa (CRC+). [7]

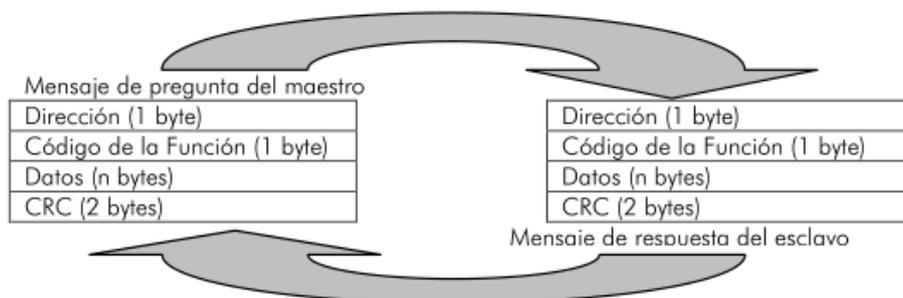


Figura 22. Estructura de los mensajes en el protocolo Modbus RTU.

3.5.2 Profibus DP IS

PROFIBUS es un bus de campo estándar que acoge un amplio rango de aplicaciones en fabricación, procesado y automatización. La independencia y franqueza de los vendedores está garantizada por la norma EN 50-170. Con esta, los componentes de distintos fabricantes pueden comunicarse sin necesidad de ajustes especiales de interfaces. Además puede ser usado para transmisión crítica en el tiempo, de datos a alta velocidad y para tareas de comunicación extensa y compleja.

El PROFIBUS DP IS (Intrínsecamente Seguro) está diseñado para la transmisión de datos a alta velocidades (hasta 12Mbits/s), con tiempos de reacción de hasta 1 ms. Permite como medios de transmisión el protocolo RS-485 lo cual constituye la principal diferencia entre este tipo de comunicación y la que se establece con el Profibus DP estándar, utiliza un cable de doble hilo apantallado con distancias hasta 10 Km aunque también emplea fibra óptica para la transmisión de datos en zonas con altas interferencias electromagnéticas o a largas distancias (> 15 km). La comunicación es en tiempo real según el principio maestro/esclavo, que garantiza la duración del ciclo de bus.

Hay dos tipos de transmisión: cíclico para datos y acíclico para la transmisión de configuración, alarmas y diagnóstico. Está especialmente diseñado para la comunicación entre los sistemas de control de automatismos y las entradas/salidas distribuidas, dispositivos inteligentes de campo (p. ej. arrancadores de motor, accionamientos, analizadores, reguladores de proceso o paneles) y estaciones periféricas descentralizadas (E/S remotas tales como ET 200M, ET 200iSP o ET 200S). [5]

3.6 Sistema de Supervisión TankMaster

TankMaster es un paquete de software de administración de inventario basado en Windows (Figura 23), fácil de utilizar y potente. Proporciona las funciones de configuración, servicio, inventario y transferencia de custodia para los sistemas de medición de tanques Rosemount.

TankMaster viene en dos versiones:

- **WinOpi:** es un paquete de software completo de inventario y transferencia de custodia. Todos los cálculos se basan en estándares API e ISO actuales. La configuración del sistema Raptor se hace con WinSetup, el cual se incluye en la entrega.
- **WinView:** es un paquete de software con capacidades de inventario básicas. Es una alternativa rentable para el control de funcionamiento en terminales de tanques más pequeñas, terminales de mercadeo, plantas de biocombustibles y químicos, etc. La configuración se hace con WinSetup, que se incluye en la entrega.

TankMaster incluye un administrador de usuario con diferentes niveles de acceso para el personal. Tiene un asistente de configuración, para la configuración e instalación guiadas de todos los dispositivos en un sistema Raptor. Se traduce fácilmente a otros idiomas diferentes al inglés.

Dentro de las principales funciones del TankMaster está la de Transferencia de Custodia e Inventario la cual se encarga fundamentalmente de:

- Obtener datos de medición de tanques en tiempo real tales como nivel, temperatura, nivel de interfaz del agua y presión.
- Realizar cálculos de inventario de volumen bruto y neto, en tiempo real con base en API e ISO.
- Ejecutar la medición del tanque híbrido con entradas de presión que proporcionan datos del cálculo de densidad y masa.
- Establecer los datos metrológicamente sellados.
- Calcular el inventario y transferencia.
- El manejo de lotes permite controlar y dar seguimiento a los volúmenes transferidos desde la sala de control.



Figura 23. Software Rosemount TankMaster

La implementación de este sistema de supervisión permitirá obtener las mediciones de temperatura y nivel en los tanques de manera continua, logrando así la disminución de la frecuencia con que los operarios deben escalar a los tanques para realizar estas mediciones.

Gracias a las funciones de SCADA de este software, también es posible a través de él enviar los comandos de apertura y cierre de las válvulas y de encendido y apagado de las bombas lo que elimina la demora existente actualmente en estas acciones debido al accionamiento manual.

Las funciones de diagnóstico e inventario dan a este programa la posibilidad de tener un estricto control sobre el funcionamiento de todos los componentes del Sistema de Medición para tanques Raptor; y sobre los productos almacenados en los tanques dotando a cada uno de ellos de un identificador a través del concentrador de tanques Rosemount 2410, lo cual da paso a la existencia de un sistema multitarea en el Área de Tanques que no era posible debido a la

supervisión y control manual necesario para realizar cada operación de llenado o vaciado.

3.7 Arquitectura de control de la propuesta de automatización para el Área de Tanques

La arquitectura de control comprende varios niveles, entre ellos, el nivel de campo, de control, de supervisión y de empresa (vía Intranet/Internet). Este proyecto abarca solo los niveles de campo y de control (Figura 24).

El nivel de control comprende todos los dispositivos que posibilitan la interacción del campo con el autómata, el mismo está formado por:

- Estación de Trabajo con Software TankMaster
- PLC S7 412-2 con fuente PS 405
- Periferia descentralizada ET-200M
- Acoplador RS 485
- Barrera de Seguridad Digital
- Relé de Señal Digital

En el nivel del campo se encuentran todos los sensores y actuadores necesarios para censar las variables (Temperatura y Nivel) y actuar sobre los elementos de acción final, en este nivel están:

- Actuador IQT 2000
- Relé de Fuerza de la Bombas
- Rosemount 2410
- Rosemount 2240S
- Rosemount 765
- Rosemount 5900S

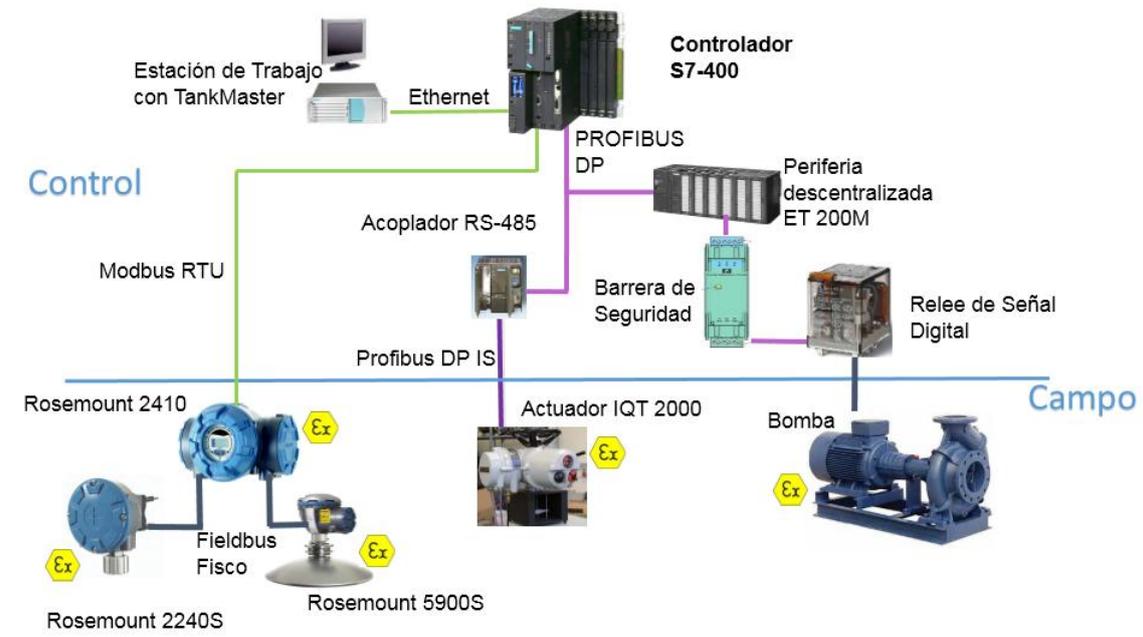


Figura 24. Arquitectura de Control

3.8 Valoración económica de la propuesta

Para realizar la valoración económica de esta propuesta se tuvieron en cuenta los costos de todos los instrumentos a utilizar, además de los accesorios necesarios para la correcta instalación de los mismos. Pese al elevado costo de la propuesta que aquí se describe, la misma se encuentra dentro del presupuesto estimado (5 000 000 de CUC) necesario para automatizar el Área de Tanques de la zona de Movimiento y Almacenamiento de Productos.

Tabla 2. Listado de Instrumentos y precios

Equipo	U	Precio/U (CUC)	Total/U (CUC)	Referencia
Estación de Trabajo (PC CORE I5-4460 SKT1150 3.2GHZ/6M 4GB 1TB DVDRW, MONITOR LCD VIEWSONIC VA2055SA-LED 20 PULG)	1	1005.00	1005.00	10102432, 10201200

Software Rosemount TankMaster	1	324.62	324.62	Rosemount TankMaster
PLC S7-412-2	1	341.25	341.25	6ES7 412-2XG00-0AB0
Fuente PS 405	1	646.20	646.20	6ES7405-0DA02-0AA0
ET-200M	2	949.36	1898.72	6ES7153-2AR02-0XA0
SIMATIC S7-400, fuente de alimentación PS 307, 120/230 V AC; 24 V DC, 5 A	2	148,76	297,50	6ES7307-1EA00-0AA0
IM 153-2	2	491.67	983.34	6ES7153-2AR02-0XA0
Tarjeta de Entradas Digitales	2	118.73	237.47	6ES7321-1BL00-0AA0
Tarjetas de Salidas Digitales	2	138.65	277.31	6ES7322-1BH01-0AA0
Perfil de Soporte para ET-200M	2	51.72	103.45	6ES7195-1GA00-0XA0
Acoplador RS-485	2	859.52	1 719.04	6ES7972-0AC80-0XA0
Relés Digitales Finder (serie 55.32)	16	8.50	136.08	5532.9024.0090
Zócalos Finder para la serie 55.32	16	17.01	272.16	9404
Barreras de Seguridad	16	183.35	2 933.62	KFD0-SD2-Ex1.10100
Actuadores Eléctricos	128	5520.63	706 640.26	Rotork IQT 2000
Válvulas de Bola	128	9 739.13	1 246 608.38	Válvulas de bola

Trunnion Mounted				Trunnion Mounted API 6D clase 150
Concentrador de tanques Rosemount 2410	64	1 454.36	93 079.04	Rosemount 2410
Transmisor de Temperatura Rosemount 2240S	64	394.28	25 233.92	Rosemount 2240S
Sensor de Temperatura Rosemount 765	64	1 174.89	75 192.96	Rosemount 765
Sensor de nivel Rosemount 5900S	64	1 792.16	114 698.30	Rosemount 5900S
TOTAL	578		2 272 628.62	

Conclusiones parciales

Finalizando este capítulo se han descrito los protocolos de comunicación que se utilizan para enlazar el campo con la sala de control, se propusieron los instrumentos que garantizaran una comunicación rápida y segura. También se propusieron los elementos a emplear en la sala de control con los cuales se permitirá controlar todas las operaciones que se realizan en el Área de Tanques y por último se abordó el costo total de la propuesta de automatización descrita en este trabajo.

CONCLUSIONES GENERALES

En el desarrollo de este proyecto se mostró el nivel de automatización actual que presenta el Área de Tanques de la Refinería “Hermanos Díaz” y se explicó la necesidad de llevar a cabo una propuesta de automatización que cumpliera con todos los requisitos de seguridad y actualidad demandados por los estándares de la Refinería “Hermanos Díaz”.

Con esta propuesta se logró una familiarización con el flujo productivo de la zona MAP, en especial del Área de Tanques; se propuso toda una gama de instrumentos para las mediciones y controles necesarios, cumpliendo con todas las normas de seguridad imprescindibles para dar solución a los problemas presentes en el Área de Tanques. Se propuso también todo un sistema de comunicación necesario para la interconexión del campo y además se ofreció una arquitectura de control para las operaciones de llenado y vaciado de los tanques que se desarrollan en el Área de Tanques.

RECOMENDACIONES

Al finalizar este proyecto se recomienda que a la vez de ejecutar con prontitud esta propuesta se desarrollen proyectos similares dirigidos a automatizar las restantes áreas de la sección de Movimiento y Almacenamiento de Productos (Área del Muelle y Área de Cargadero), de manera que se pueda lograr un control integral de toda la sección partiendo de la integración de los sistemas de control ya existentes.

El Área de Tanques constituye el almacén de recursos con que comercia la Refinería "Hermanos Díaz", de ahí la importancia de tener un control eficiente y seguro sobre el producto que se tiene y por tanto la inmediatez de la ejecución de esta u otra propuesta centrada en el objetivo de controlar el Área de Tanques.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] EMERSON Process Management, "Rosemount Tank Gauging System," [Online]. Available: <http://www2.emersonprocess.com>.
- [2] FINDER, "Serie 55 - Relé industrial," 2013. [Online]. Available: <http://www.findernet.com>.
- [3] WALWORTH, "www.walworthmx.com," [Online].
- [4] Rotork, "IQ y IQT Gama de Actuadores Eléctricos Inteligentes para Válvulas," Diciembre 2013. [Online]. Available: <http://www.rotork.com>.
- [5] Siemens AG, "Industry Online Support," Diciembre 2012. [Online]. Available: <https://support.industry.siemens.com>.
- [6] PEPPERL+FUCHS, "Amplificador Separador para Eléctroválvulas," 05 Agosto 2015. [Online]. Available: <http://www.pepperl-fuchs.com>.
- [7] WEG, "www.weg.net," 12 2012. [Online].
- [8] Colectivos de Autores, "Atmosferas Explosivas," Junio 2007. [Online]. Available: www.atmosferasexplosivas.com/index.php/zonas-atex.
- [9] C. d. Autores, Profibus, Alemania: Siemens Corporation, 2006.
- [10] Siemens AG, "Sistema de control de procesos SIMATIC PCS 7 - Siemens," 2013. [Online]. Available: https://w3.siemens.com/.../pcs7/.../simaticpcs7_stpcs7_complete_spanish_2010-02.pdf.

ANEXOS

Anexo 1. Listado del Parque de 64 tanques verticales

No. tanque	Producto	Altura Total (m)	Diámetro (m)	Chapilla	Tipo de techo
1	Petróleo Crudo	11.277	40.83	11.912	Flotante
10	Petróleo Crudo	18.866	59.74	18.885	"
11	Petróleo Crudo	17.060	59.74	18.833	"
12	Petróleo Crudo	18.880	48.76	18.880	"
13	Petróleo Crudo	18.900	48.76	18.890	"
2	Petróleo Crudo	16.806	42.67	16.805	"
8	Petróleo Crudo	19.120	60.96	19.120	"
9	Petróleo Crudo	16.970	60.96	19.163	"
21	Pet. Combust.	12.192	36.58	12.287	Fijo
22	Crudo nacional mejorado	12.200	36.51	12.200	"
23	Crudo nacional mejorado	12.210	36.58	12.210	"
24	Crudo nacional mejorado	17.069	42.68	17.252	"
25	Pet. Combust.	12.595	45.60	12.595	"
26	Cutter Stock	11.890	36.57	11.890	"
27	Pet. Combust.	9.760	13.71	9.810	"
27A	Pet. Combust.	8.950	34.20	9.540	"
4	Pet. Crudo	17.169	42.67	17.169	Flotante
5	Pet. Crudo	13.106	42.67	13.106	Fijo
30	Diesel s/Hidrof.	12.196	27.43	12.280	"
30A	Gas Oil Vacío	13.639	34.20	13.639	"
31	Diesel s/Hidrof.	7.315	12.17	7.404	"
32	Diesel s/Hidrof.	7.315	12.17	7.391	"
33	Diesel Regular	11.938	36.58	11.938	"
34	Diesel Regular	12.203	36.57	12.203	"
35	Diesel Regular	9.753	13.71	9.823	"
36	Diesel Regular	9.753	13.71	10.452	"
36A	Bunker especial	8.950	34.20	9.540	"
6	Diesel Regular	12.600	31.05	12.600	"
3	Petróleo Crudo	16.687	42.67	16.687	Flotante
40	Kerosina	12.000	22.80	12.130	Fijo
40A	Nafta	12.929	10.43	12.929	"
42	Kerosina	14.630	18.28	14.706	"
43	Kerosina	14.638	18.28	14.638	"

46	Kerosina	8.930	9.31	9.310	“
44	Kero Hidrof.	12.325	15.17	12.325	“
45	TurboComb.Jet	11.930	15.17	12.325	“
47	Nafta Hidrofin.	8.930	12.30	9.310	“
48	Nafta Hidrofin.	7.315	7.61	7.404	“
50	Nafta Pesada	12.000	22.78	12.141	“
53	Nafta Pesada	17.645	33.52	17.645	Flotante
54	Gas Oíl Vacío	16.337	33.52	16.337	Fijo
55	Gas Oíl Vacío	12.945	34.20	12.945	Flotante
60	Gasolina Esp.	8.940	12.32	9.107	Fijo
61	Gasolina Esp.	8.940	12.32	9.125	“
62	Gasolina Esp.	16.366	18.27	16.365	Flotante
63	Gasolina Superespecial	11.910	15.18	12.115	Fijo
64	Gasolina reg.	14.081	34.20	14.080	Flotante
65	Gasolina Reg.	13.896	34.20	13.895	Flotante
7	Turbo Comb.Jet	14.440	32.00	14.440	Fijo
110	Petróleo Comb. Insumo	7.315	7.60	7.404	“
111	Petróleo Comb. Insumo	7.404	7.60	7.404	“
112	Diesel motores	2.000	1.67	2.000	-
121	Slop	7.315	4.57	7.410	Fijo
122	Slop	7.315	4.47	7.410	“
123	Slop	10.464	12.32	10.464	“
125	Blow-Down	7.300	12.18	7.405	“
120 B	Lastre	12398	22.82	12.801	
120C	Lastre	11.950	22.82	12.280	“
120D	Lastre	11.950	22.82	12.300	“
120E	Lastre	11.950	22.82	12.520	“
38	Diesel	12.963	34.46	12.963	“
38 A	Diesel	12.958	34.20	12.801	“
37	Diesel Reg.	-	-	-	-
37 A	Diesel	9.000	-	10.000	-
180	Agua	-	36.79	12.255	“
180 A	Agua	-	34.23	12.255	“

Anexo 2. Terminología del Área de Tanques

1. **Altura de llenado o máxima altura:** Es la máxima altura de producto a que se debe llenar el tanque.
2. **Medida inicial o medida de apertura:** Indica el resultado de la medición correspondiente a un tanque al iniciar una operación.
3. **Medida final o medida de cierre:** Indica el resultado de la medición correspondiente a un tanque al finalizar una operación
4. **Medida de comprobación:** Es la repetición de una medida para comprobar la exactitud de una medida ya tomada. También es la medición repetida del contenido de un tanque en operaciones de entrega o recepción para determinar la cantidad en movimiento.
5. **Medida certificada:** Dos operadores calificados ascienden a un tanque junto y toman sus medidas individualmente hasta asegurar la completa exactitud por igualdad del resultado de uno contra otro. Estas medidas se escriben en la libreta de medida con la firma de los operadores.
6. **Alineación:** Un tanque está alineado cuando tiene abierta todas las válvulas de las líneas que lo comunican con el lugar propuesto.
7. **Recibimiento de barcos y patanas:** Las medidas cuando se recibe productos de embarcaciones ya sea inicial o final, estas medidas incluye agua y sedimentos, temperatura promedio. A los tanques de este servicio se le toma medida de altura de producto cada dos horas mientras recibe y se mide con mayor frecuencia cuando estén llenando a la altura máxima.
8. **Entregando a las unidades:** Se toma medida inicial (apertura) a los tanques entregando a las unidades, incluyendo agua y sedimentos, temperatura. Se mide altura de producto en un máximo de cuatro horas, se mide más frecuente si el tanque se está vaciando. Se toma medida final (cierre) a todos los tanques entregando a las unidades, incluyendo agua, sedimentos y temperaturas.
9. **Recibiendo de las unidades:** Tomarse medida inicial (apertura) a todos tanques que están recibiendo de las unidades y a los tanques abiertos a las líneas. Se mide el nivel de productos después de una hora y compruebe con las unidades la cantidad recibida para verificar si mantienen la proporción del flujo. Si va ser bombeado una cantidad específica de un tanque, se mide con la

frecuencia necesaria para poder cambiar el tanque en el momento apropiado.
Tómese medida final (cierre) completo.

10. **Transfiriendo:** Tómese medida inicial (apertura) completa en todos los tanques implicados en transferencia. Si las cantidades de salida y entrada no están de acuerdo al compararla se realiza medida para rectificar y revisar la alineación, tomar medida final en ambos tanques.
11. **Entregas a barcos, patanas y oleoductos:** Tomar medida inicial rectificadora completa en los tanques que hacen entrega a barcos, patanas y oleoductos tómease medida de altura de productos una hora después de iniciada la entrega y cada dos horas posteriormente. Tomar la medida final testificada completa. Si el tanque es puesto en línea y el movimiento no se ha iniciado dentro de las dos horas posteriores, comprueben la medida del tanque.
12. **Contenido de línea:** Cuando se abra un tanque se hará contra válvula en el punto de entrega cerrada y se observa si entrega ó recibe, se espera un máximo de media hora y se toma medida de altura de producto. De observarse variación de altura de producto, se registra como una operación con el contenido de línea y estas medidas se anota en el Informe de Bombeo.
13. **Medidor Automático:** Cuando un tanque se está llenando el medidor automático se puede hasta cuatro horas antes de que el tanque pueda llenarse (siempre que tenga bien comprobado su funcionamiento o buen estado técnico) durante estas últimas cuatro horas el tanque tiene que ser medido regularmente con cintas de medir (lienizas) por el tope del mismo. Cada vez que se mida un tanque con lienza se toma también la lectura del automático y se chequea su funcionamiento.
14. **Drenaje del tanque:** Todo tanque de techo flotante tiene que mantenerse abierta la válvula de salida del drenaje del techo la cual tiene que ser observada en cada turno, y en el caso de tanque en movimiento frecuente con un máximo de cuatro horas para observar salideros que puedan ocurrir.
15. **Drenaje del tanque:** Cada tanque está equipado con una ó varias tuberías con su válvula de salida para el drenaje del agua y sedimentos acumulados en el fondo. En el drenaje del agua tienen que:
 - a) Medir el agua al tanque antes de comenzar a drenarlo y luego de terminar.

- b) Nunca dejar una válvula de drenaje abierta sin atenderla. Si usted la deja aún por corto tiempo, cierre la válvula antes de dejarla sin atender.
 - c) Si usted está solo no abra más de un drenaje.
 - d) Extremo cuidado tiene que tener para drenar un tanque mientras esta bombeándose o recibiendo.
16. **Mezcladores:** Para la operación de los mezcladores en los tanques hay que cumplir lo siguiente.
- a) No poner en movimiento un mezclador a menos que esté completamente sumergido en el producto que contiene el tanque.
 - b) Antes de comenzar a mezclar un tanque asegurarse que no tiene introducido cuerdas con termómetros u otros objetos dentro de él. No se introducirá cuerdas, lienzas en el producto durante esté en movimiento el mezclador.
 - c) Manténgase los apoyos y empaquetaduras del eje lubricados en los tipos de mezcladores que lo requieran. Reporten inmediatamente los salideros por su empaquetadura.
17. **Libreta de medidor:** Libreta donde se anotan todos los movimientos de los productos con las medidas que se toman en cada tanque y la hora exacta en que se tome.
18. **Informe de medida:** Modelo confeccionado al efecto donde se copian de la libreta de medidas las medidas indicadas en el modelo.
19. **Informe de bombeo:** Modelo confeccionado al efecto donde se anotan los datos indicados en el modelo sobre los movimientos de producto.
20. **Libro de operaciones:** Libro donde el operador responsable del área anota en su turno todas las incidencias con relación a las actividades que se realizan.

Anexo 3. Ficha técnica de motores y bombas

Bomba	Bingham
Tipo	8x10x19 HSH
GPM (galones por minuto)	2100
RPM (revoluciones por minuto)	1760
HEAD	383

Motor	Motor Asíncrono Trifásico
Tipo	A0104-6T
Conexión	Estrella
Rendimiento (%)	94
Factor de Potencia (%)	0.89
RPM (revoluciones por minuto)	1770
Potencia Nominal (kW)	200
Voltaje Nominal (V)	440

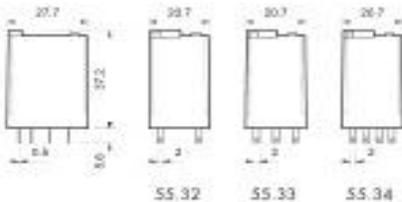
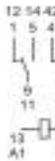
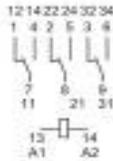
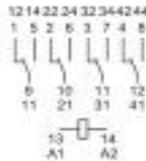
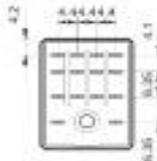
Anexo 4. Datos técnicos del Medidor de nivel por radar Rosemount 5900S

General	
Producto	Medidor de nivel por radar Rosemount 5900S
Principio de la medición	FMCW (Onda continua de frecuencia modulada)
Antenas	Antena de bocina, antena parabólica, antena array para tubo tranquilizador, antena LPG/LNG
Precisión del instrumento ⁽¹⁾	± 0,5 mm (0.020 pulg.)
Estabilidad de temperatura	Por lo general < ± 0,5 mm (0.020 pulg.) de -40 a +70 °C (-40 a +158 °F)
Fieldbus (estándar)	FOUNDATION™ fieldbus FISCO (Tankbus)
Tiempo de actualización	Nueva medición cada 0,3 seg.
Repetibilidad	0,2 mm (0.008 pulg.)
Variación de nivel máximo	Hasta 200 mm/s
Posibilidad de sellado de metrología	Si
Aprobación del tipo de transferencia de custodia legal	OIML R85:2008 y certificaciones nacionales tales como PTB, NMI, etc
Certificaciones para ubicaciones peligrosas	ATEX, FM-C, FM-US, IECEx y certificaciones nacionales. Para obtener más detalles, consultar "Certificaciones del producto Rosemount 5900S" en la página 37 y "Información para hacer un pedido" en la página 41.
Seguridad/sobrellenado	Certificado SIL 2 y SIL 3. Consulte las páginas 4, 16 y 29. Consultar con su representante local de Medición de tanques Rosemount para obtener información sobre las aprobaciones nacionales tales como la opción de protección contra sobrellenado WHG (TÜV)
Marca CE	93/68/EEC: cumple con las directivas correspondientes de EU (EMC, ATEX, LVD y R&TTE)
Certificación para ubicaciones ordinarias	Cumple con FM 3810:2005 y CSA: C22.2 No 1010.1
Comunicación / Pantalla / Configuración	
Variables de salida y unidades	Nivel y vacío: metro, centímetro, milímetro, pie o pulgada Variación de nivel: metro/segundo, metro/hora, pie/segundo, pie/hora, pulgada/minuto Intensidad de la señal: mV
Herramientas de configuración	Rosemount TankMaster WinSetup, Comunicador de campo
Eléctrica	
Fuente de alimentación eléctrica	Alimentado por el concentrador de tanque Rosemount 2410 (9,0–17,5 VDC, insensibilidad de polaridad)
Consumo de corriente del bus	50 mA (100 mA para la versión 2 en 1)
Potencia de salida de microondas	< 1 mW (también consulte "No hay riesgo de exposición a microondas de la antena" en la página 7)
Características mecánicas	
Material de la carcasa y tratamiento de la superficie	Aluminio fundido, recubierto de poliuretano
Entrada de cables (conexión/prensaestopas)	½-14 NPT para prensaestopas o conductos. Opcional: • Adaptador de conducto / cable M20 x 1,5 • Prensaestopas metálicos • Conector macho Eurofast de 4 pines o un miniconector macho Minifast, tamaño A, de 4 pines
Cableado de Tankbus	0,5–1,5 mm ² (AWG 22–16), pares trenzados protegidos
Dimensiones	Consulte "Planos dimensionales" en la página 39.
Peso total	Cabezal del transmisor 5900S: 5,1 kg (11.2 lb) para la versión única y 5,4 kg (11.9 lb) para la versión 2 en 1 5900S con antena de bocina: Apróx. 12 kg (26 lb) 5900S con antena parabólica: Apróx. 17 kg (37 lb) 5900S con antena array para tubo tranquilizador: Apróx. 13,5–24 kg (30–53 lb) 5900S con antena LPG/LNG: Apróx. 30 kg (66 lb) para 6 pulg. 150 psi y 40 kg (88 lb) para 6 pulg. 300 psi

Ambiente	
Temperatura ambiente de funcionamiento	-40 a +70 °C (-40 a +158 °F). La temperatura de puesta en marcha mínima es de -50 °C (-58 °F)
Temperatura de almacenamiento	-50 a +85 °C (-58 a +185 °F)
Humedad	Humedad relativa del 0 al 100%
Grado de protección	IP 66/67 y Nema 4X
Resistencia a las vibraciones	IEC 60770-1 nivel 1 y IACS UR E10 prueba 7
Telecomunicación (FCC y R&TTE)	Cumplimiento con: <ul style="list-style-type: none"> • FCC 15B Clase A y 15C • R&TTE (directiva EU 99/5/EC) • ETSI (EN 302 372-1 V.1.1.1) • IC (RSS210-5)
Compatibilidad electromagnética	• EMC directiva 2004/108/EC y EN61326-3-1 • OIML R85:2008
Protección integrada contra descargas atmosféricas / transitorios	Según IEC 61000-4-4-5, nivel 2 kV a la conexión a tierra. Cumple con la protección de transitorios Categoría B IEEE 587 y la protección contra sobrecorrientes IEEE 472
Directiva para equipo a presión (PED)	97/23/EC
5900S versión estándar	
Terminador de Tankbus incorporado	Si (a conectarlo si es necesario)
Posibilidad de uso de cadena tipo margarita	Si
5900S versión 2 en 1	
Precisión del instrumento ⁽¹⁾	± 0,5 mm (0,020 pulg.) ⁽²⁾
Separación	Electrónica del medidor de nivel por radar galvánicamente separada y antena compartida para las dos unidades
Cableado	Separado o común
Conexión concentrador de tanque	Separado o común
Terminador de Tankbus incorporado	Conexión de Tankbus única: Si (a conectarlo si es necesario) Conexión de Tankbus doble: Se puede usar para finalizar el Tankbus primario
Posibilidad de uso de cadena tipo margarita	No
5900S versión SIL	
Separación	Electrónica del medidor de nivel por radar galvánicamente separada y antena compartida para la versión SIL 3
Terminador de Tankbus incorporado	No
Posibilidad de uso de cadena tipo margarita	No
5900S con antena parabólica	
Temperatura de funcionamiento en el tanque	Máx. +230 °C (+445 °F)
Rango de medición	0,8 a 30 m (2,6 a 100 pies) debajo de la brida Posibilidad de medir 0,5 a 50 m (1,6 a 164 pies). Se puede reducir la precisión Para obtener el rango de medición más largo, consulte con su representante de Medición de tanques Rosemount
Rango de presión	Unión roscada: -0,2 a 0,2 bar (-2,9 a 2,9 psig) Soldado: -0,2 a 10 bar (-2,9 a 145 psig)
Material expuesto a la atmósfera del tanque	Antena: Acero a prueba de ácido tipo EN 1.4436 (AISI 316) Sellado: PTFE Junta tórica: FPM (Viton)
Dimensión de la antena	440 mm (17 pulg.)
Tamaño del acceso pasa hombre	Abertura de 500 mm (20 pulg.)
Conexión al tanque	El medidor se fija mediante unión roscada a un taladro de 96 mm (3,78 pulg.) de diámetro o soldado a un taladro de 117 mm (4,61 pulg.) de diámetro

5900S con antena de bocina	
Temperatura de funcionamiento en el tanque	Máx. +230 °C (+445 °F)
Rango de medición	0,8 a 20 m (2,6 a 65 pies) debajo de la brida Posibilidad de medir 0,5 a 30 m (1,6 a 100 pies). Se puede reducir la precisión
Rango de presión	-0,2 a 2 bar (-2,9 a 29 psig)
Material expuesto a la atmósfera del tanque	Antena: Acero a prueba de ácido tipo EN 1.4436 (AISI 316) Sellado: PTFE Junta tórica: FPM (Viton)
Dimensión de la antena	175 mm (7 pulg.)
Diámetro de la boquilla	Mínimo de 200 mm (8 pulg.)
Conexión al tanque	Patrón del agujero de 8 pulg. según ANSI 8 pulg. Clase 150 / DN 200 PN 10. La brida puede estar horizontal o inclinada a 4° para el montaje cerca de la pared del tanque. (Otras bridas están disponibles bajo pedido)
5900S con antena array para tubo tranquilizador	
Temperatura de funcionamiento en el tanque	-40 a 120 °C (-40 a 248 °F)
Rango de medición	0,8 a 30 m (2,6 a 100 pies) debajo de la brida Posibilidad de medir 0,5 a 40 m (1,6 a 130 pies). Se puede reducir la precisión Para obtener el rango de medición más largo, consulte con su representante de Medición de tanques Rosemount
Rango de presión	Versión fija: -0,2 a 2 bar (-2,9 a 29 psig) a 20 °C Versión de escotilla con bisagras: -0,2 a 0,5 bar (-2,9 a 7,2 psig) para tuberías de 5 a 8 pulg. -0,2 a 0,25 bar (-2,9 a 3,6 psig) para tuberías de 10 y 12 pulg.
Material expuesto a la atmósfera del tanque	Antena: Sulfuro de polifenileno (PPS) Sellado: PTFE Junta tórica: Fluorosilicona Brida: Acero a prueba de ácido EN 1.4404 (AISI 316L)
Dimensiones del tubo fijo	5-, 6-, 8-, 10- o 12 pulg.
Conexión al tanque	Patrón del agujero de 8 pulg. según ANSI 8 pulg. Clase 150 / DN 200 PN 10
5900S con antena LPG/LNG	
Temperatura de funcionamiento en la válvula de bola	-55 a 90 °C (-67 a 194 °F)
Temperatura de funcionamiento en el tanque	-170 a 90 °C (-274 a 194 °F)
Rango de medición	1,2 m a 30 m (3,9 a 100 pies) debajo de la brida Posibilidad de medir 0,8 a 60 m (2,6 a 200 pies). Se puede reducir la precisión Para obtener el rango de medición más largo, consulte con su representante de Medición de tanques Rosemount
Rango de presión	-1 a 25 bar (-14,5 a 365 psig). ¡Nota! Las bridas pueden tener una clasificación de presión mayor de 25 bar, pero la presión máxima del tanque todavía es de 25 bar
Sensor de presión (opción)	Rosemount 2051. Está disponible con diferentes certificaciones para ubicaciones peligrosas, consulte "Certificaciones del producto Rosemount 2051" en la página 38. Para obtener más información, consulte la Hoja de datos del producto 2051 (número de documento 00813-0100-4101)
Material expuesto a la atmósfera del tanque	Antena: Acero a prueba de ácido tipo EN 1.4436 (AISI 316) Sellado: Cuarzo y PTFE
Compatibilidad de dimensiones del tubo fijo	Las opciones de la antena para las dimensiones del tubo fijo de 4 pulg. sch. 10, 4 pulg. sch. 40, o 100 mm (diámetro interior de 99 mm)
Tamaño de la brida	4 pulg. clase 150/300 6 pulg. clase 150/300 8 pulg. clase 150/300

Anexo 5. Datos Técnicos del Relés de la serie 55 de la compañía Finder

Características	55.32	55.33	55.34
<p>Relé para aplicaciones generales con 2, 3 o 4 contactos</p> <p>Enchufable en zócalo</p> <p>55.32 - 2 contactos 10 A 55.33 - 3 contactos 10 A 55.34 - 4 contactos 7 A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pulsador de prueba enclavable y indicador mecánico en todos los tipos de 2 y 4 contactos conmutados • Bobina AC o DC • UL listing (combinaciones relé/zócalo) • Contactos sin Cadmio (ejecución preferente) • Materiales de contacto opcionales • Zócalos serie 94 • Módulos de señalización y protección CEM • Módulos temporizadas serie B6 • Patente Europea 	 <p>• 2 contactos, 10 A • Montaje en zócalos serie 94</p>	 <p>• 3 contactos, 10 A • Montaje en zócalos serie 94</p>	 <p>• 4 contactos, 7 A • Montaje en zócalos serie 94</p>
 <p>55.32 55.33 55.34</p>	 	 	 
<p>PARA CARGAS DE MOTORES Y "PULS DUTY" HOMOLOGADAS POR UL VER "Información Técnica General" página V</p>			
Características de los contactos			
Configuración de contactos	2 contactos conmutados	3 contactos conmutados	4 contactos conmutados
Corriente nominal/Máx. corriente instantánea A	10/20	10/20	7/15
Tensión nominal/Máx. tensión de conmutación V AC	250/400	250/400	250/250
Carga nominal en AC1 VA	2500	2500	1750
Carga nominal en AC15 (230 V AC) VA	500	500	350
Motor monofásica (230 V AC) kW	0.37	0.37	0.125
Capacidad de ruptura en DC1: 30/110/220 V A	10/0.25/0.12	10/0.25/0.12	7/0.25/0.12
Carga mínima conmutable mW [V/mA]	300 [5/5]	300 [5/5]	300 [5/5]
Material estándar de los contactos	AgNi	AgNi	AgNi
Características de la bobina			
Tensión nominal V AC (50/60 Hz)	6 - 12 - 24 - 48 - 60 - 110 - 120 - 230 - 240		
de alimentación $[U_N]$ V DC	6 - 12 - 24 - 48 - 60 - 110 - 125 - 220		
Potencia nominal AC/DC VA (50 Hz)/W	1.5/1	1.5/1	1.5/1
Campo de funcionamiento AC	$[0.8...1.1]U_N$	$[0.8...1.1]U_N$	$[0.8...1.1]U_N$
DC	$[0.8...1.1]U_N$	$[0.8...1.1]U_N$	$[0.8...1.1]U_N$
Tensión de mantenimiento AC/DC	$0.8 U_N/0.5 U_N$	$0.8 U_N/0.5 U_N$	$0.8 U_N/0.5 U_N$
Tensión de desconexión AC/DC	$0.2 U_N/0.1 U_N$	$0.2 U_N/0.1 U_N$	$0.2 U_N/0.1 U_N$
Características generales			
Vida útil mecánica AC/DC ciclos	$20 \cdot 10^4/50 \cdot 10^4$	$20 \cdot 10^4/50 \cdot 10^4$	$20 \cdot 10^4/50 \cdot 10^4$
Vida útil eléctrica con carga nominal AC1 ciclos	$200 \cdot 10^4$	$200 \cdot 10^4$	$150 \cdot 10^4$
Tiempo de respuesta: conexión/desconexión ms	10/5	10/5	11/3
Aislamiento entre bobina y contactos [1.2/50 μ s] kV	4	4	4
Rigidez dieléctrica entre contactos abiertos V AC	1000	1000	1000
Temperatura ambiente °C	-40...+85	-40...+85	-40...+85
Categoría de protección	RT 1	RT 1	RT 1
Homologaciones (según los tipos)			

Anexo 6. Datos Técnicos del Zócalo 94.04 de la compañía Finder



Serie 94 - Zócalos y accesorios para relés serie 55



94.04

Homologaciones
(según los tipos):

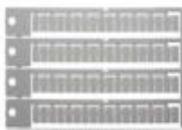


cUL US

Combinación
relé/zócalo

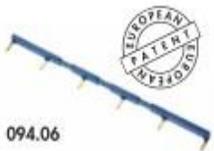
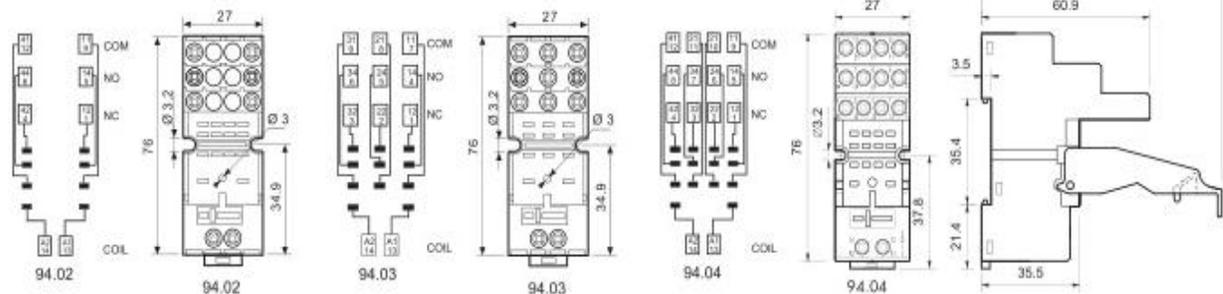


094.91.3



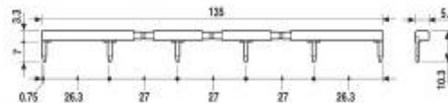
060.72

Zócalo con bornes de jaula montaje en panel o carril 35 mm (EN 60715)	94.02 Azul	94.02.0 Negro	94.03 Azul	94.03.0 Negro	94.04 Azul	94.04.0 Negro
Tipo de relé	55.32		55.33		55.32, 55.34	
Accesorios						
Brida de retención metálica	094.71					
Palanca de retención y extracción de plástico (suministrada con el zócalo - código de embalaje SPA)	094.91.3	094.91.30	094.91.3	094.91.30	094.91.3	094.91.30
Puente de 6 terminales	094.06	094.06.0	094.06	094.06.0	094.06	094.06.0
Etiqueta de identificación	094.00.4					
Módulos (ver tabla abajo)	99.02					
Módulos temporizados (ver tabla abajo)	86.30					
Juego de etiquetas de identificación para palanca de retención y extracción de plástico 094.91.3, 72 unidades, 6x12 mm	060.72					
Características generales						
Valor nominal	10 A - 250 V					
Rigidez dieléctrica	2 kV AC					
Grado de protección	IP 20					
Temperatura ambiente	°C -40...+70					
Par de apriete	Nm 0.5					
Longitud de pelado del cable	mm 8					
Capacidad de conexión de los bornes para zócalos 94.02/03/04	hilo rígido			hilo flexible		
	mm ² 1x6 / 2x2.5			1x4 / 2x2.5		
	AWG 1x10 / 2x14			1x12 / 2x14		



094.06

Puente de 6 terminales para zócalos 94.02, 94.03 y 94.04	094.06 (azul)	094.06.0 (negro)
Valor nominal	10 A - 250 V	



Anexo 7. Datos Técnicos del Sensor de Temperatura Rosemount765

Tipo de elementos

Elementos de punto Pt-100 de acuerdo con EN 60751, diseño de 3 hilos o 4 hilos

Precisión

1/6 DIN clase B (estándar), 1/10 DIN clase B (opción), consultar el diagrama en la Figura 1 en la página 15
Sensor MST para uso criogénico: DIN clase A
DIN clase A y B se especifican en EN 60751

Rango de presión del líquido

0-4 bar (0-58 Psi). Diseñado para tanques atmosféricos no presurizados. Maneja la presión del líquido de hidrocarburos y productos petroquímicos equivalente a un nivel de 40 m (130 ft).

Rango de temperatura del líquido

- -50 a +250 °C (-58 a +482 °F)
- -170 a +100 °C (-274 a +212 °F) para uso criogénico

Número de elementos

Máx. 16 elementos de punto, consultar la Tabla 4 en la página 14

Longitud total

El estándar es 5-70 m (16.4-230 ft). Máximo 60 m (197 ft) para Rosemount 765. Se pueden solicitar otras longitudes.

Vaina protectora

Acero inoxidable, AISI 316. Espesor de la pared 0,3 mm (0.012 in.),
Ø = 1 pulg.

Conector superior/rosca de montaje

Tubería de acero con rosca 1/2 pulg. BSP o M33 x 1,5.
Longitud de rosca 253 mm (10.0 in.)

Abertura del tanque

Mínimo Ø = 50,8 mm (2 in.)

Brida (opción)

1 1/2 a 4 pulg. conforme a los estándares. Acero inoxidable (AISI 316).

Material sumergido

Acero inoxidable (AISI 316)

Longitud del cable de conexión

0,4 m (16 in.) es estándar para la instalación integrada con el transmisor de temperatura 2240S.
Los cables más largos de hasta 10 m (32.8 ft) están disponibles como una opción.

Cantidad de hilos

- Tres o cuatro hilos independientes por elemento o
- Tres hilos con retorno común

Peso inferior

2,5-15 kg (5.5-33 lbs), 2,5-4 kg (5.5-9 lbs) para instalación en tubo tranquilizador. Acero inoxidable (AISI 304).

Distancia mínima desde la parte inferior del sensor hasta el primer elemento de punto

150 mm (5.9 in.)

Distancia mínima desde la parte superior del sensor hasta el elemento de punto más alto

850 mm (33.5 in.)

Protección contra ingreso

IP 68

Anexo 8. Datos Técnicos Transmisor de Temperatura de múltiples entradas Rosemount 2240S

Especificaciones

Especificaciones de funcionamiento

Precisión de conversión de temperatura

±0,05 °C (±0,09 °F)

Sobre el rango de medición y temperatura ambiental de 20 °C (68 °F)

Efecto de la temperatura ambiental

±0,05 °C (±0,09 °F)

Rango de medición de temperatura

-200 a 250 °C (-328 a 482 °F) para Pt-100

Resolución

±0,1 °C (±0,1 °F) según los capítulos 7 y 12 de API

Tiempo de actualización

4 s

Especificaciones generales

Número de elementos de punto y cableado

Se pueden conectar hasta 16 elementos de punto de termorresistencia o sensores de promedio a un 2240S.

Sensores de temperatura / nivel de agua Rosemount (modelos 565, 566 y 765)

Se pueden utilizar tres tipos de cableado:

- Termorresistencia de 3 hilos con retorno común (1-16 elementos de punto)
- Termorresistencia de 3 hilos individual (1-16 elementos de punto con Rosemount 565, 1-6 elementos de punto con Rosemount 566 y 1-14 elementos de punto con Rosemount 765)
- Termorresistencia de 4 hilos individual (1-16 elementos de punto con Rosemount 565, 1-4 elementos de punto con Rosemount 566 y 1-10 elementos de punto con Rosemount 765)

Tipos de sensores de temperatura estándar

Pt-100 (según IEC/EN 60751, ASTM E1137) y Cu-90

Posibilidad de sellado de metrología

Sí

Interruptor de protección contra escritura

Sí

Especificaciones de configuración

Herramienta de configuración

TankMaster WinSetup es la herramienta recomendada para la configuración fácil de 2240S. La característica de configuración automática de Tankbus, administrada por el cubo concentrador del tanque Rosemount 2410, admite el 2240S.

Parámetros de configuración (ejemplos)

Temperatura:

- Cantidad de elementos sensores de temperatura
- Tipo de elemento de temperatura (punto o promedio)
- Posición del elemento de temperatura en el tanque

Sensor de nivel de agua:

- Compensación de nivel (diferencia entre el nivel cero del tanque y nivel cero del agua)
- Longitud de sonda (configurada automáticamente por el Rosemount 765)

Variables de salida y unidades

Temperatura de punto y promedio: °C (Celsius) y °F (Fahrenheit)
Nivel de agua libre (FWL): metro, centímetro, milímetro, pies o pulgadas

Características FOUNDATION fieldbus

Sensible a la polaridad

No

Consumo de corriente en reposo

30 mA

Voltaje inicial mínimo

9,0 VCC

Capacitancia / inductancia del dispositivo

Consultar "Certificaciones del producto" en la página 8.

Clase (Básica o Link Master)

Link Master (LAS)

Cantidad de relaciones de comunicación virtual (VCR)

Máximo 20, incluyendo una fija

Enlaces

Máximo 40

Tiempo mínimo de espera para retransmisión después de una colisión / retardo de respuesta máximo / retardo mínimo entre mensajes

8 / 5 / 8

Bloques y tiempo de ejecución

1 bloque de recursos,
3 bloques transductores (temperatura, registro, AVG_Temp),
2 bloques de entrada analógica múltiple (MAI): 15 ms,
6 bloques de entrada analógica (AI): 10 ms,
1 bloque de salida analógica (AO): 10 ms,
1 bloque caracterizador de señales (SGCR): 10 ms,
1 bloque proporcional/integral/derivativo (PID): 15 ms,
1 bloque integrador (INT): 10 ms,
1 bloque aritmético (ARTH): 10 ms,
2 bloques selectores de entrada (ISEL): 10 ms,
1 bloque selector de control (CS): 10 ms,
1 bloque divisor de salida (OS): 10 ms

Para obtener más información, consultar el manual de los bloques Foundation™ fieldbus (número de documento 00809-0100-4783)

Ejemplificación

Sí

Conforme a FOUNDATION fieldbus

ITK 5.2

Compatibilidad de alertas PlantWeb

Sí

Asistentes de soporte de acción

Reiniciar/detener la medición, proteger el dispositivo contra escritura, reinicio - configuración de medición de fábrica, reiniciar estadística, iniciar/detener la simulación del dispositivo

Diagnósticos avanzados

Fallos/mantenimiento/alertas de aviso:
Software, memoria/base de datos, electrónica, comunicación interna, simulación, dispositivo auxiliar, medición del dispositivo auxiliar, temperatura ambiental, medición de temperatura promedio, medición de temperatura, configuración

Especificaciones eléctricas

Fuente de alimentación

- FISCO: 9,0-17,5 VCC, no se ve afectado por la polaridad
- Entidad: 9,0-30,0 VCC, no se ve afectado por la polaridad

Consumo interno de energía

0,5 W

Consumo de corriente del bus

30 mA

Cableado de Tankbus

0,5-1,5 mm²(AWG 22-16), pares trenzados apantallados

Terminador de Tankbus incorporado

Sí (debe conectarse si es necesario)

Tankbus al aislamiento del sensor

Mínimo 700 V_{CA}

Entrada del sensor auxiliar

Conexión de bus digital para el sensor de nivel de agua

Especificaciones mecánicas

Material de la carcasa

Aluminio fundido, recubierto de poliuretano

Entrada de cables (conexión/prensaestopas)

Tres entradas ¹/₂ - 14 NPT para prensaestopas o conductos. En la entrega se incluyen dos obturadores metálicos para sellar cualquier puerto no utilizado

Opcional:

- Adaptador de conducto / cable M20 x 1,5
- Prensaestopas metálicos (¹/₂ - 14 NPT)
- Conector macho Eurofast de 4 pines o un miniconector macho Minifast, tamaño A, de 4 pines

Conexión del 565/566/765

Conexión roscada M33 x 1,5, hembra

Opcional:

- Se puede utilizar un adaptador M32 o prensaestopas M32 si el 2240S se instala lejos del sensor

Instalación

El 2240S se puede instalar directamente en la parte superior del sensor de temperatura/nivel de agua o remotamente en un tubo de 33,4-60,3 mm (1 a 2 in) o en una pared

Peso

2,8 kg (6.2 lbs)

Especificaciones ambientales**Temperatura ambiental**

-40 a 70 °C (-40 a 158 °F).

Temperatura mínima de puesta en marcha: -50 °C (-58 °F)

Temperatura de almacenamiento

-50 a 85 °C (-58 a 185 °F)

Humedad

0-100% de humedad relativa

Protección contra ingreso

IP 66 y 67 (Nema 4X)

Protección integrada contra descargas atmosféricas/transitorios

Según IEC 61000-4-5, línea nivel 1 kV a la conexión a tierra.

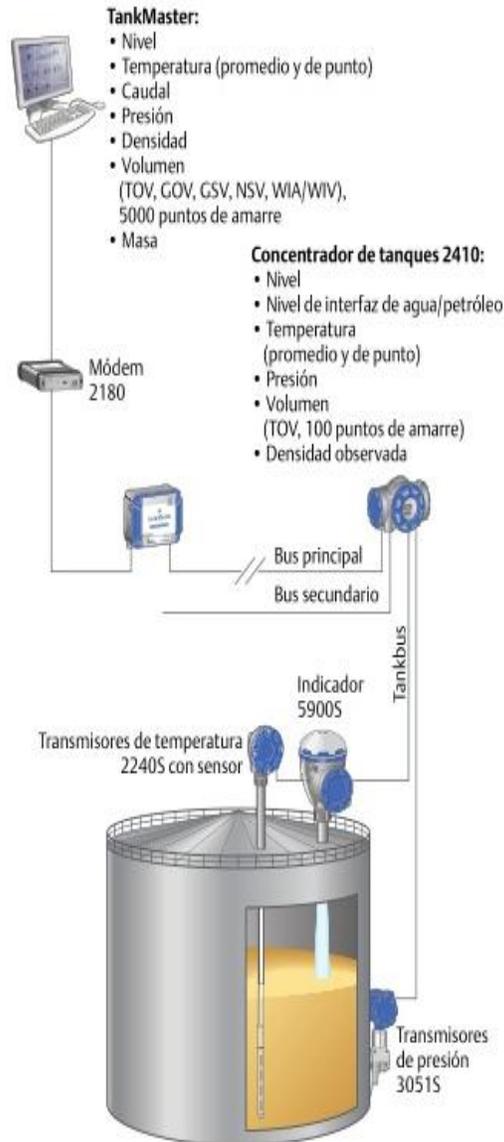
Cumple con la protección contra transitorios categoría B

IEEE 587 y la protección contra sobrecorrientes IEEE 472

Anexo 9. Comunicación del Rosemount 2410 con la sala de control y con campo

Comunicación eficiente entre los tanques y la sala de control

Rosemount 2410 gestiona la comunicación entre los dispositivos de campo y la sala de control y está disponible en dos versiones, para uno o varios tanques.



Comunicación de Tankbus

El concentrador de tanques Rosemount 2410 alimenta y se comunica con los dispositivos que están en uno o varios tanques por medio del Tankbus intrínsecamente seguro. Tankbus cumple con fieldbus FISCO (concepto de fieldbus intrínsecamente seguro) FOUNDATION™.

Al utilizar FISCO, no es necesario tomar en consideración los parámetros de entidad. Esto facilita la interconexión de los dispositivos. Además, la energía disponible de una fuente de alimentación eléctrica FISCO es mayor comparada con una fuente de alimentación eléctrica de entidad convencional. Esto permite la conexión de más dispositivos en el Tankbus.

Configuración automática de los dispositivos de tanques

El modelo 2410 permite configurar automáticamente los dispositivos Tankbus con el sistema de medición de tanques Rosemount. Actúa como un maestro de fieldbus FOUNDATION™ en el Tankbus, lo que significa que identifica y dirige automáticamente los dispositivos de campo en la red, administra la comunicación y supervisa el estado de todos los dispositivos conectados. También incluye diagnósticos extensivos integrados.

Manejo y cálculo de datos

Rosemount 2410 recopila los valores de medición, tales como nivel, temperatura y presión.

Calcula la temperatura media, la densidad observada y el volumen basado en la tabla de calibración del tanque.

Estos datos pueden ser presentados en el indicador opcional con retroiluminación integrado, en un indicador 2230 separado, o bien enviarse a TankMaster o a un sistema host.

Mejore la seguridad de los datos

Todos los concentradores de tanques tienen una función de protección contra escritura del software. Además, el Rosemount 2410 con la opción de indicador está equipado con un interruptor de protección contra escritura del hardware.

Anexo 10. Datos Técnicos del Concentrador de tanques Rosemount 2410

Especificaciones generales

Versión de tanque individual

- Admite un medidor 5900S 2 en 1 o dos medidores de nivel por radar del tipo 5300, 5400 o 5900
- Cálculo del volumen total observado (TOV) con tabla de calibración de hasta 100 puntos

Versión de varios tanques

Para una configuración de sistema 5300/5400/5900:

- El software admite 16 dispositivos de campo y 10 tanques por concentrador
- Máximo de cinco medidores tipo 5300 o 5400 por concentrador

El número real de tanques/instrumentos tanques que admite un concentrador depende de la configuración, del tipo y de la cantidad de unidades conectadas.

- Cálculos híbridos (masa y densidad) para un máximo de tres tanques
- Cálculo del volumen total observado (TOV) con la tabla de calibración de hasta 100 puntos para un tanque

Para obtener más información, consulte la sección [Tabla 5](#) en la [página 11](#).

Ejemplos de dispositivos de campo conectados

Medidores de nivel por radar (tipo 5900⁽¹⁾, 5300 y 5400), transmisor de temperatura de múltiples entradas 2240S, transmisor de temperatura 644, sensores de temperatura/nivel de agua, transmisor de presión escalable 3051S, indicador gráfico 2230

Tiempo de puesta en marcha

Menos de 30 seg

Especificaciones de comunicación/ indicador/configuración

Tankbus

El lado intrínsecamente seguro del Rosemount 2410 se conecta al Tankbus que se comunica con los dispositivos de campo que están en el tanque con el uso del fieldbus FOUNDATION™

Fieldbus

Fieldbus de campo principal: Rosemount 2410 se comunica con un host o una unidad de comunicación de campo por medio de TRL2 Modbus, RS485 Modbus, Enraf o HART

Fieldbus secundario: TRL2 Modbus, Enraf (otras opciones disponibles próximamente), WirelessHART para adaptador Smart Wireless THUM™

Para obtener instrucciones de combinación, consulte [Tabla 3](#) en la [página 10](#).

Salidas de relé

Salida de relé de seguridad SIL: Un relé certificado SIL 2/SIL 3 está disponible para la protección contra sobrellenado. Este relé de estado sólido no intrínsecamente seguro está cerrado/energizado durante la operación normal

Tensión y corriente máxima: 260 V CA/V CC, 80 mA polo individual

Salidas de relé (sin SIL): Máximo dos relés, controlados por 10 funciones de relé virtuales independientes que pueden configurarse para diferentes tanques y variables del proceso. El usuario puede configurar los dos relés de estado sólido no intrínsecamente seguros para la operación normalmente energizada o desenergizada.

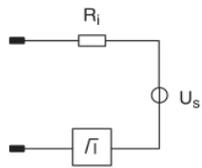
Tensión y corriente máxima: 350 VCA/VCC, 80 mA polo individual

Anexo 11. Datos técnicos de las barreras de seguridad Pepperl+Fuchs

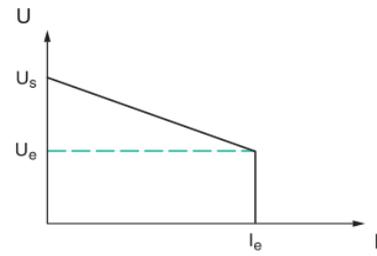
Tipo de señal		Salida digital
Alimentación		
Tensión de medición	U_n	alimentado por bucle
Pérdida de potencia		< 1.2 W ($U_i \leq 30$ V)
Entrada		
Conexión		terminales 7, 8
Tensión de medición	U_n	20 ... 35 V CC
Corriente		150 mA con 20 V de tensión de entrada, carga = 100 Ω 100 mA con 35 V de tensión de entrada, carga = 100 Ω
Salida		
Conexión		terminales 1+, 2-
Resistencia interna	R_i	$\leq 68 \Omega$
Corriente	I_e	≤ 100 mA
Tensión	U_e	≥ 10 V
Tensión en vacío	U_s	$\geq 16,2$ V
Corriente de salida		100 mA
Señal de salida		estos valores son válidos para la tensión calibrada de trabajo 20 ... 35 V CC
Retardo de arranque/Caída		funcionamiento sencillo: 300 μ s/50 μ s; periódica: 5 μ s / 50 μ s
Conformidad con norma		
Compatibilidad electromagnética		
Norma 2004/108/CE		EN 61326-1:2013 (entornos industriales)
Conformidad		
Compatibilidad electromagnética		NE 21:2006
Grado de protección		IEC 60529:2001
Protección contra rayo eléctrico		UL 61010-1:2004
Condiciones ambientales		
Temperatura ambiente		-20 ... 60 °C (-4 ... 140 °F)
Datos mecánicos		
Grado de protección		IP20
Masa		aprox. 100 g
Dimensiones		20 x 107 x 115 mm , tipo de carcasa B1
Fijación		en un carril de montaje DIN de 35 mm conforme a EN 60715:2001
Datos para el uso en el área Ex		
Certificado de conformidad CE		BASEEFA 06 ATEX 0252 , otros certificados ver www.pepperl-fuchs.com
Grupo, Categoría, Tipo de ignición		Ex II (1)G [Ex ia Ga] IIC, II (1)D [Ex ia Da] IIIC, I (M1) [Ex ia Ma] I (-20 °C $\leq T_{amb} \leq 60$ °C)
Tensión	U_o	17 V
Corriente	I_o	271 mA
Potencia	P_o	1,152 W
Entrada		
Tensión máx. con técnica de seguridad U_m		250 V (Atención! La tensión de medición puede ser menor.)
Declaración de conformidad		
Grupo, Categoría, Tipo de protección contra ignición, Clase de temperatura		TÜV 99 ATEX 1499 X , observar la declaración de conformidad Ex II 3G Ex nA II T4 [dispositivo en zona 2]
Aislamiento galvánico		
Entrada/Salida		aislamiento eléctrico seguro según IEC/EN 60079-11, valor pico de voltaje 375 V

Características de salida

Diagrama del circuito de salida



Características de salida



Anexo 12. Datos Técnicos de las IM 153-2

Technical specifications	IM 153-2BAx2
Manufacturer ID	801E _H
GSD file for DPV1	SI04801E.GSG
Dimensions and weight	
Dimensions W x H x D (mm)	40 x 125 x 117
Weight, approx.	360 g
PROFIBUS DP interface	
Baud rates	Up to 12 Mbaud
Baud rate detection	Yes
Interface	RS 485
FREEZE capability	Yes
SYNC capability	Yes
PROFIBUS addresses	1 to 125 permissible
System modification in RUN mode	Yes
Time synchronization / time stamping	Yes
• Accuracy class	10 ms / 1 ms
• Time resolution	466 ps
• Number of digital input signals	<ul style="list-style-type: none"> • Max. 32 per slot • Max. 128 per ET 200M
• Message buffer	15 message buffers with in each case max. 20 messages
• Time interval for sending the message buffers when there is a message	1 s
• Time stamping	<ul style="list-style-type: none"> • Per digital input • Per digital input module • total ET 200M
• Time stamp in the case of	rising / falling edge as incoming or outgoing signal
• Time format	RFC 1119 Internet (ISP)
Voltages, currents, potentials	
Rated voltage	DC 24 V (DC 20.4 to 28.8 V)
Current consumption at 24 V	Max. 0.6 A
Inrush current	3.0 A
Current on the I/O bus (for supplying power to the I/O modules)	Max. 1.5 A
I^2t	0.1 A ² s
Recommended external fusing for supply lines	In a configuration with grounded reference potential a fuse is required for redundant interface modules (recommendation: 2.5 A).
Power dissipation, typ.	5.5 W

Activate Win

Anexo 13. Datos técnicos del Autómata de Siemens S7 412-2

CPU y estado de producto		Áreas de datos y su remanencia	
Código SIEMENS	6ES7412-2XG00-0AB0	Área de datos remanente en total (incl. marcas, temporizadores y contadores)	Memorias central y de carga en conjunto (con pila tampón)
• Versión de firmware	V 3.1	Marcas	4 Kbytes
Paquete de programas correspondiente	STEP7 V 5.2 o superior	• remanencia ajustable	de MB 0 a MB 4095
		• remanencia preajustada	de MB 0 a MB 15
Memorias		Marcas de ciclo	8 (1 byte de marcas)
Memoria central		Bloques de datos	máx. 511 (DB 0 reservado)
• integrado	72 Kbytes para códigos 72 Kbytes para datos	• capacidad	máx. 64 Kbytes
• ampliable	no	Datos locales (ajustables)	máx. 8 Bytes
Memoria de carga		• preajustado	4 Kbytes
• integrado	RAM 256 Kbytes	Bloques	
• ampliable FEPRM	con tarjeta de memoria (FLASH) hasta 64 Mbytes	OB	véase lista de operaciones
• ampliable RAM	con tarjeta de memoria (RAM) hasta 64 Mbytes	• capacidad	máx. 64 Kbytes
Respaldo en tampón	si	Profundidad de anidamiento	
• con pila	todos los datos	• según clase de prioridad	24
• sin pila	ninguno	• adicionales dentro de un OB de error	2
Tiempos de procesamiento		FB	máx. 256
Tiempos de procesamiento para		• capacidad	máx. 64 Kbytes
• operaciones binarias	min. 0,2 µs	FC	máx. 256
• operaciones de palabras	min. 0,2 µs	• capacidad	máx. 64 Kbytes
• aritmética en coma fija	min. 0,2 µs	Áreas de direccionamiento (entradas/salidas)	
• aritmética en coma flotante	min. 0,6 µs	Área total de direccionamiento de periferia	4 Kbytes/4 Kbytes
Temporizadores/contadores y su remanencia		• descentralizado	
Contadores S7	256	interfase MPVDP	2 Kbytes/2 Kbytes
• remanencia ajustable	de Z 0 a Z 255	interfase DP	4 Kbytes/4 Kbytes
• preajustado	de Z 0 a Z 7	Para cada línea que funcione con cadencia sincrónica, es decir, que esté asignada al OB 61 ...62, se dividen entre dos los rangos de direcciones periféricas descentralizadas.	
• margen de cómputo	1 a 999	Imagen del proceso	4 Kbytes/4 Kbytes (ajustable)
Contador IEC	si	• preajustado	128 bytes/128 bytes
• tipo	SFB	• cantidad de imágenes parciales	máx. 8
Temporizadores S7	256	• datos consistentes	máx. 244 bytes
• remanencia ajustable	de T 0 a T 255	Canales digitales	32768/32768
• preajustado	ningún tiempo remanente	• centralizados	32768/32768
• margen de tiempo	10 ms a 9.990 s	Canales analógicos	2048/2048
Temporizador IEC	si	• centralizados	2048/2048
• tipo	SFB		

Capacidad	
Aparatos centrales/de ampliación	máx. 1/21
Multiprocesamiento	máx. 4 CPU (con UR1 ó UR2)
Cantidad de IM enchufables (total)	máx. 6
• IM 460	máx. 6
• IM 463-2	máx. 3
Cantidad de maestros DP	
• integrado	2
• a través de IM 467	máx. 4
• a través de CP	máx. 10
IM 467 no es compatible con el CP 443-5 Extended	
Cantidad de módulos S5 enchufables a través de cápsula de adaptación (en el bastidor central)	máx. 6
Módulos funcionales y procesadores de comunicación operables	
• FM	limitado por la cantidad de slots y de enlaces
• CP 440	limitado por la cantidad de slots
• CP 441	limitado por la cantidad de conexiones
• CP Profibus y Ethernet CPs incl. CP 443-5 Extended e IM 467	máx. 14
Funciones de tiempo	
Reloj	si
• respaldado	si
• resolución	1 ms
• exactitud en caso de	
– red desc.	divergencia/día 1,7 s
– red con.	divergencia/día 8,6 s
Contadores de horas de funcionamiento	8
• números	0 a 7
• valores posibles	0 a 32.767 horas
• granularidad	1 hora
• remanencia	si
Sincronización de la hora	si
• en PLC, MPI y DP	como maestro o esclavo
Diferencia de hora en el sistema con sincronización a través de	
• Ethernet	10 ms como máximo
• MPI	200 ms como máximo

Funciones de aviso S7	
Cantidad de equipos registrables para funciones de aviso (p. ej. WIN CC o SIMATIC OP)	máx. 8
Avisos referentes a símbolos	si
• cantidad de avisos	
– en total	máx. 512
– base de 100 ms	ninguno
– base de 500 ms	máx. 256
– base de 1.000 ms	máx. 256
• cantidad de valores adicionales/aviso	1
– con base de 100 ms	ninguno
– con base de 500, 1.000 ms	1
Avisos referentes a bloques	si
• bloques de alarma S/SQ o bloques de alarma D/DQ activos simultáneamente	máx. 70
Bloques de alarma 8	si
• Cantidad de peticiones de comunicación para bloques de alarma 8 y bloques para comunicación S7 (ajustable)	máx. 300
• preajustado	150
Avisos del sistema de control de procesos	si
Cantidad de archivos registrables simultáneamente (SFB 37 AR_SEND)	4
Funciones de verificación y puesta en marcha	
Variable Estado/Control	si
• variable	Entradas/salidas, marcas, DB, entradas/salidas periféricas, temporizadores, contadores
• cantidad de variables	máx. 70
Forzar	si
• variable	Entradas/salidas, marcas, entradas/salidas periféricas
• cantidad	máx. 64
Estado del bloque	si
Paso individual	si
Búfer de diagnóstico	si
• cantidad de registros	máx. 400 (ajustable)
• preajustado	120
Cantidad de puntos de parada	4

Funciones de comunicación	
funciones PG/OP	si
Cantidad de OPs conectables	16 sin procesamiento de avisos, 8 con procesamiento de avisos
Cantidad de recursos de enlace para enlaces S7 por todos los interfaces y CPs	16, de ellos 1 reservado para PG y 1 para OP
Comunicación por datos globales	si
• Cantidad de círculos GD	máx. 8
• cantidad de paquetes GD	
- Emisor	máx. 8
- receptor	máx. 16
• capacidad de los paquetes GD	máx. 64 bytes
- de ellos consistentes	1 variable
Funciones básicas S7	si
• datos útiles por cometido	máx. 76 bytes
- de ellos consistentes	16 bytes
funciones S7	si
• datos útiles por cometido	máx. 64 Kbytes
- de ellos consistentes	1 variable (462 bytes)
Funciones compatibles con S5	si (a través de CP -máx. 10- y FC AG_SEND y FC AG_RECV)
• datos útiles por cometido	máx. 8 Bytes
- de ellos consistentes	240 bytes
Comunicación estándar (FMS)	si (a través de CP y FB cargable)
Interfaces	
1ª interface	
Tipo de interface	integrado
Física	RS 485/Profibus
Separación galvánica	si
Alimentación en la interface (DC 15 a 30 V)	máx. 150 mA
Cantidad de recursos de enlace	MPI: 16 DP: 16
Funcionalidad	
• MPI	si
• PROFIBUS DP	maestro DP/esclavo DP

MPI	
• Servicios	
- funciones PG/OP	si
- encaminamiento	si
- comunicación datos globales	si
- Funciones básicas S7	si
- funciones S7	si
• Velocidades de transmisión	hasta 12 Mbaudios
Maestro DP	
• Servicios	
- funciones PG/OP	si
- encaminamiento	si
- equidistancia	si
- SYNC/FREEZE	si
- activar/desactivar esclavos DP	si
• Velocidades de transmisión	hasta 12 Mbaudios
• Cantidad de esclavos DP	máx. 32
• Area de direccionamiento	máx. 2 Kbytes entradas / 2 Kbytes salidas
• Datos útiles por esclavo DP	Máximo 244 bytes E, máximo 244 bytes A, distribuidos en 244 slots de 128 bytes cada uno
Esclavo DP	
• Servicios	
- Estado/Control;	si, con la interface activada
- programación;	si, con la interface activada
- encaminamiento	si, con la interface activada
• Fichero GSD	http://www.ad.siemens.de/cs/_e/gsd
• Velocidades de transmisión	hasta 12 Mbaudios
• Memoria intermedia	244 bytes entradas / 244 bytes salidas
- área de direcciones	máx. 32
- datos útiles por área de direcciones	máx. 32 bytes
- de ellos consistentes	32 bytes

2ª interface	
Tipo de interface	integrado
Física	RS 485/Profibus
Separación galvánica	si
Alimentación en la interface (DC 15 a 30 V)	máx. 150 mA
Cantidad de recursos de enlace	16
Funcionalidad	
• PROFIBUS DP	maestro DP/esclavo DP
Maestro DP	
• Servicios	
- funciones PG/OP	si
- encaminamiento	si
- equidistancia	si
- SYNC/FREEZE	si
- activar/desactivar esclavos DP	si
• Velocidades de transmisión	hasta 12 Mbaudios
• Cantidad de esclavos DP	máx. 64
• Área de direccionamiento	máx. 4 Kbytes entradas / 4 Kbytes salidas
• Datos útiles por esclavo DP	máx. 244 bytes entradas/ 244 bytes salidas
Esclavo DP	
Datos técnicos igual que en la 1ª interface	
Programación	
Lenguaje de programación	KOP, FUP, AWL, SCL
Repertorio de operaciones	véase lista de operaciones
Niveles de paréntesis	8
Funciones de sistema (SFC)	véase lista de operaciones
Cantidad de funciones SFC activas a la vez	
• WR_REC	8
• WR_PARM	8
• PARM_MOD	1
• WR_DPARM	2
• DPNRM_DG	8
• RDSYSST	1 ... 8
• DP_TOPOL	1

Bloques de función del sistema (SFB)	véase lista de operaciones
Cantidad de bloques SFB activos a la vez	
• RD_REC	8
• WR_REC	8
Protección del programa de aplicación	por contraseña
Acceso a datos coherentes en la imagen del proceso	si
Tiempo de sincronización CiR	
Carga base	100 ms
Tiempo por byte de E/S	120 µs
Sincronización de cadencia	
Datos útiles por esclavo con cadencia sincrónica	máx. 128 bytes
Cantidad máxima de bytes y esclavos en una imagen de proceso	Debe ser válido: Cantidad de bytes / 100 + Cantidad de esclavos < 11
Equidistancia	si
Cadencia mínima	5 ms 2,5 ms sin utilización de la SFC 126, 127
Dimensiones	
Dimensiones de montaje (ancho x alto x fondo en mm)	25x290x219
Slots requeridos	1
Peso	aprox. 0,72 kg
Tensiones, intensidades	
Consumo de corriente del bus S7-400 (5 V c.c.)	tip. 1,5 A máx. 1,8 A
Consumo de corriente del bus S7-400 (DC 24 V) La CPU no consume corriente a 24 V, sólo proporciona esta tensión al interface MPVDP.	Suma de los consumos de los componentes conectados a los interfaces MPVDP, pero máx. 150 mA por interface
Intensidad de respaldo	tip. 40 µA máx. 320 µA
Tiempo máximo de respaldo	aprox. 358 días
Alimentación de la CPU con tensión de respaldo externa	DC 5 a 15 V
Disipación del módulo	tip. 7,5 W

Anexo 14. Datos Técnicos del Acoplador RS-485 IS

Consumo de corriente (24 V c.c.)	máx. 150 mA	
Potencia disipada del módulo	típ. 3 W	
Estado, alarmas, diagnóstico		
Indicador de la barra de estado	no	
Alarmas	ninguna	
• Funciones de diagnóstico	sí	
• Supervisión de bus PROFIBUS-DP	LED amarillo "DP1"	
• Supervisión de bus para PROFIBUS RS 485-IS	LED amarillo "DP2"	
• Supervisión de alimentación de tensión de 24 V	LED verde "ON"	
Datos específicos del módulo		
Velocidad de transferencia en PROFIBUS-DP y PROFIBUS RS 485-IS	9,6; 19,2; 45,45; 93,75; 187,5; 500; 1500 kBaudios	
Longitudes de cables admisibles en un ramal	RS 485-IS	DP Ex i
9,6 ... 187,5 kBaudios	1000 m	200 m
500 kBaudios	400 m	200 m
1,5 MBaudios	200 m	200 m
Cantidad de estaciones PROFIBUS DP conectables	máx. 31	máx. 16
Interruptor de terminación de bus PROFIBUS RS 485-IS	Integrado, conectable adicionalmente	
Datos técnicos en razón de la seguridad		
$U_0 = V_{0C} = 4,2 \text{ V}$		
$I_0 = I_{SC} = 93 \text{ mA}$		
$P_0 = 0,1 \text{ W}$		
$U_i = V_{max} = \pm 4,2 \text{ V}$		
$L_i, C_i \approx 0$ (despreciable)		
$U_m = 250 \text{ V c.a.}$		
$T_a = -25 \text{ hasta } + 60 \text{ }^\circ\text{C}$		
Cables conectables		
	RS 485-IS	DP Ex i
• R'	$\leq 110 \text{ } \Omega / \text{ km}$	$\leq 110 \text{ } \Omega / \text{ km}$
• C'	$\leq 30 \text{ nF/km}$	$< 250 \text{ nF/km}$
• L' / R'	$\leq 15 \text{ } \mu\text{H} / \text{ } \Omega$	$\leq 22 \text{ } \mu\text{H} / \text{ } \Omega$

Tensiones, corrientes, potenciales	
Tensión nominal de alimentación	
• Valor nominal	24 V c.c.
• Margen admisible	20,4 ... 28,8 V
• Seguro ante inversión de polaridad	sí
• Derivación de cortes de tensión	mín. 5 ms
Separación galvánica de la alimentación de tensión de 24 V	
• para PROFIBUS-DP comprobado con	sí 500 V c.c.
• para PROFIBUS RS 485-IS comprobado con	sí 1500 V c.a.

Anexo 15. Datos Técnicos de la Fuente de alimentación PS 405

Referencia	6ES7405-0DA02-0AA0
	FUENTE ALIM. PS405, DC24/48/60V,DC 5V/4A
Información general	
Designación del tipo de producto	PS405, DC24V, DC 5V/4A
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 24 V DC	Si
• 48 V DC	Si
• 60 V DC	Si
Rango admisible, límite inferior (DC)	19,2 V; dinámica 18,5 V
Rango admisible, límite superior (DC)	72 V; dinámica 75,5 V
Puenteo de caídas de red y tensión	
• Puenteo de caídas de red/de tensión	20 ms
• Puenteo de caídas de red/tensión según recomendación NAMUR	Si
Intensidad de entrada	
Valor nominal con 24 V DC	2 A
Valor nominal con 48 V DC	1 000 mA
Valor nominal con 60 V DC	800 mA
Intensidad de cierre, máx.	18 A; Anchura mitad 20 ms
Tensión de salida	
Tipo de tensión de salida	DC
Valor nominal (DC)	
• 5 V DC	Si
• 24 V DC	Si
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	4 A; no se necesita carga básica
Para bus de fondo (24 V DC), máx.	0,5 A; resistente a marcha en vacío
Protección contra cortocircuitos	Si
Potencia	
Consumo, típ.	48 W
Pérdidas	
Pérdidas, típ.	16 W
Batería	
Pila tampón	
• Pila tampón (opcional)	Sí; 1 de litio AA; 3,6 V/2,3 Ah
Configuración del hardware	
Slots	
• Slots necesarios	1
Aislamiento galvánico	

primario/secundario	Si
Grado de protección y clase de protección	
Clase de protección	1; con conductor de protección
Normas, homologaciones, certificados	
Homologación FM	Sí; Ta: 0 °C a 60 °C T4
Sistema de conexión	
Cables de conexión/secciones	3 x 1,5 mm ² , conductor macizo o trenzado con puntera, diámetro exterior 3 mm a 9 mm
Dimensiones	
Ancho	25 mm
Alto	290 mm
Profundidad	217 mm
Pesos	
Peso, aprox.	760 g

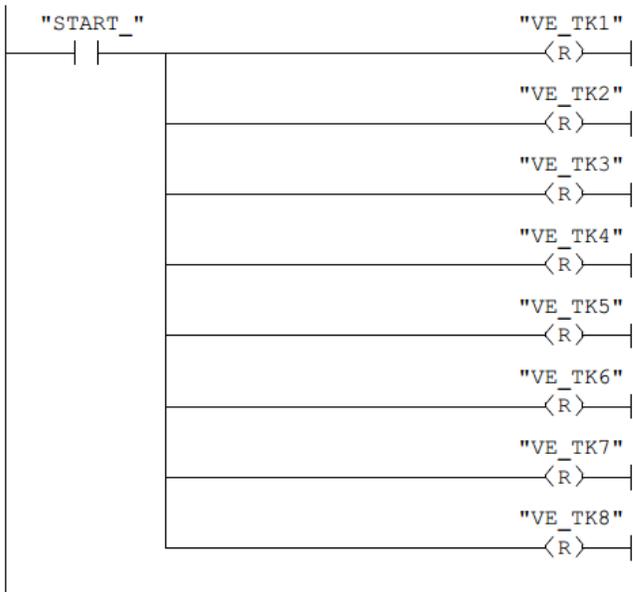
Anexo 16. Fragmento del programa del PLC

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

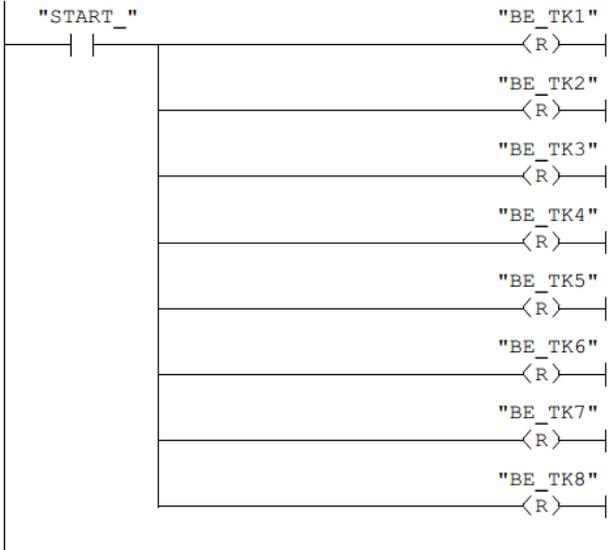
Segm.: 1
ARRANQUE



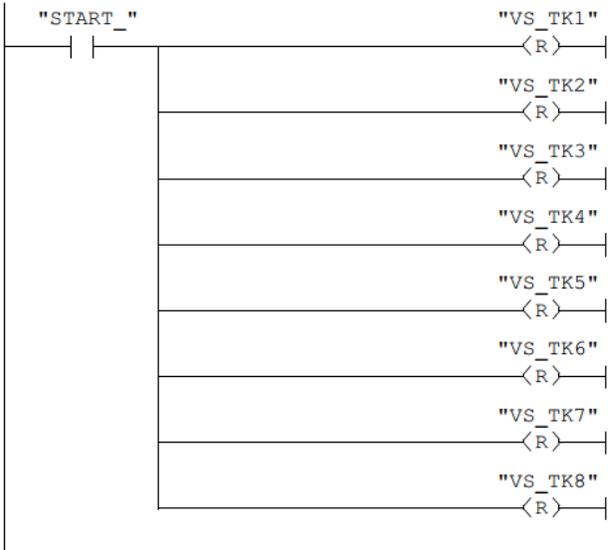
Segm.: 2 CONDICIONES INICIALES
VALVULAS ENTRADA CERRADAS



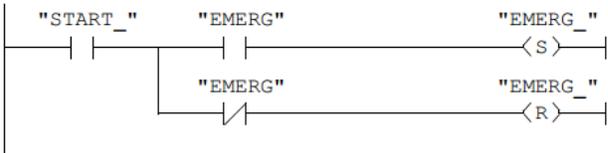
Segm.: 3	CONDICIONES INICIALES
TODAS LAS BOMBAS APAGADAS	



Segm.: 4	CONDICIONES INICIALES
VALVULAS SALIDA CERRADAS	

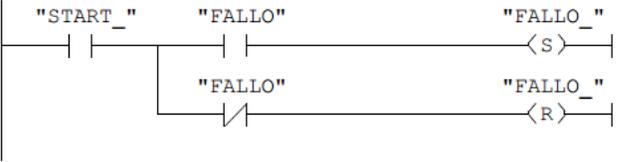


Segm.: 5	EMERGENCIA
ESTADO DE EMERGENCIA	



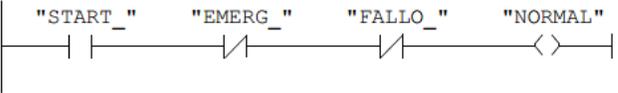
Segm.: 6 FALLO

ESTADO DE FALLO



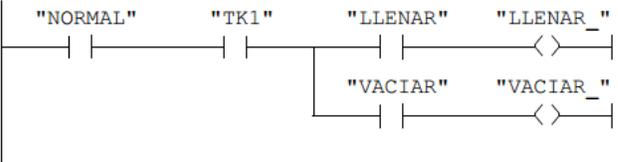
Segm.: 7

FUNCIONAMIENTO NORMAL



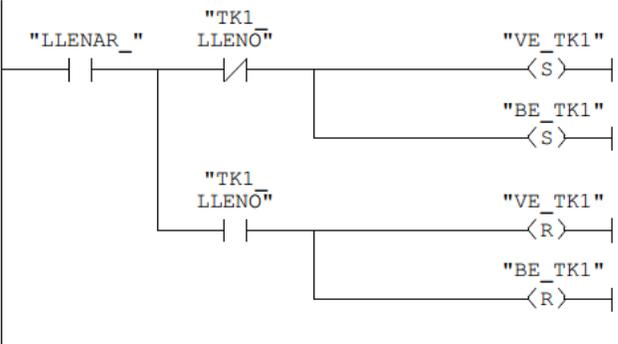
Segm.: 8 LLENADO DE LOS TANQUES

LLENAR O VACIAR TANQUE 1



Segm.: 9 TK1 VALVULA DE ENTRADA 01

LLENADO DE TANQUE 1



Segm.: 10

VACIANDO TANQUE 1

