

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA



---

**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE MEJORAS AL SISTEMA DE  
SUPERVISION Y CONTROL EN LAS ISLAS DE DESPACHO DE  
PROPANO Y BUTANO DE LA PLANTA DE GAS PLUSPETROL  
SEDE PISCO ”**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE  
PROCESOS**

**AUTOR:**

Br. Javier Daniel Morales Ruesta

**ASESOR:**

Ing. Lenin Humberto Llanos León

**TRUJILLO - PERÚ**

**2019**

# ACREDITACIONES

## TÍTULO:

“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE MEJORAS AL SISTEMA DE SUPERVISION Y CONTROL EN LAS ISLAS DE DESPACHO DE PROPANO Y BUTANO DE LA PLANTA DE GAS PLUSPETROL SEDE PISCO”

## DESARROLLADO POR:

---

Br. Javier Daniel Morales Ruesta

Tesista

## APROBADO POR:

---

Presidente

Ms. Jorge Luis Alva Alarcón  
CIP 214251

---

Secretario

Ing. Saúl Noé Linares Vértiz  
CIP 142213

---

Vocal

Ing. Marco Tulio Trujillo Silva  
CIP 82929

---

Asesor

Ing. Lenin Humberto Llanos León  
CIP 139213

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres Viviana y Javier quienes me brindaron todo el apoyo durante el desarrollo de mi carrera profesional.

A mis hermanos Vania y Diego que siempre han estado a mi lado y han sabido comprender las ausencias como parte de mi desarrollo profesional.

A mi familia en general y amigos que han sido parte importante del desarrollo de mis actitudes y aptitudes profesionales y personales.

**Javier Daniel Morales Ruesta**

## **RESUMEN**

En el presente trabajo, se tuvo como objetivo identificar las necesidades que abordan el área de despacho de la planta de fraccionamiento de gas natural de la empresa Pluspetrol en su sede de Pisco; con la finalidad de poder implementar una serie de mejoras al sistema de supervisión y control de despacho de propano y butano a fin de controlar y reducir las sobre cargas y falsas alarmas en el área en mención.

Mediante el estudio de diferentes sistemas de control y supervisión, además de la realidad abordada en el área de despacho se pudo identificar las necesidades y puntos de mejora en el sistema de supervisión y control, diseñando y seleccionando los elementos necesarios para actualizar la lógica de control de alarmas, visualización de variables faltantes, así como los elementos que refuerzan el sistema integrado de seguridad y control.

Se representaron los resultados visualizando en la interfaz de supervisión las variables integradas, se implementaron las lógicas de control para las balanzas y sistema de seguridad así como las variables faltantes para la mejora del control de despacho, realizando finalmente la visualización de resultados e implementación propuesta.

## **ABSTRACT**

In the present work, the objective was to identify the needs that address the dispatch area of the natural gas fractionation plant of the Pluspetrol company in its Pisco headquarters; with the purpose of being able to implement a series of improvements to the system of supervision and control of dispatch of propane and butane in order to control and reduce overloads and false alarms in the area in question.

Through the study of different control and supervision systems, in addition to the reality addressed in the dispatch area, it was possible to identify the needs and points of improvement in the supervision and control system, designing and selecting the necessary elements to update the control logic of alarms, visualization of missing variables, as well as the elements that reinforce the integrated security and control system.

The results were represented by visualizing the integrated variables in the supervision interface, the control logics for the scales and security system were implemented, as well as the missing variables for the improvement of the dispatch control, finally making the visualization of results.

# INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	10
1.1.	El Problema .....	10
1.2.	Delimitación del problema .....	11
1.3.	Características y análisis del problema .....	12
1.4.	Formulación del Problema .....	13
1.5.	Formulación de la Hipótesis.....	13
1.6.	Objetivos del estudio.....	13
1.6.1.	Objetivo general.....	13
1.7.	Justificación del Estudio.....	14
1.7.1.	Importancia de la investigación .....	14
1.7.2.	Viabilidad de la investigación.....	14
1.8.	Limitaciones del estudio.....	15
II.	MARCO TEÓRICO.....	17
2.1.	Antecedentes .....	17
2.2.	Bases teóricas .....	19
2.3.	Definición de términos básicos .....	44
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.1.	Material .....	46
3.1.1.	Población.....	46
3.1.2.	Muestra .....	46
3.1.3.	Unidad de Análisis .....	46
3.2.	Método .....	46
3.2.1.	Nivel de Investigación .....	46
3.2.2.	Diseño de la Investigación .....	47
3.2.3.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	48
3.2.4.	Técnicas de Procesamiento de datos.....	50
IV.	RESULTADOS .....	68
	CAPITULO V.....	79
V.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	79
	CAPITULO VI.....	82
VI.	CONCLUSIONES.....	83
	CAPITULO VII .....	84
VII.	RECOMENDACIONES .....	85

CAPITULO VIII.....	86
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	87
ANEXOS.....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 composición del gas natural.....	20
Tabla 2 encuesta 1 .....	48
Tabla 3 encuesta 2 .....	49
Tabla 4 carga de producto diario .....	49
Tabla 5 carga de producto semanal .....	50
Tabla 2.1 encuesta 1 (utilizada) .....	51
Tabla 3.1 encuesta 2 (utilizada) .....	51
Tabla 4.1 carga de producto diaria (utilizada) .....	52
Tabla 5.1 carga de producto semanal (utilizada) .....	53
Tabla 6: Historial de carga de producto semanal.....	50
Tabla 7 síntesis de las encuestas .....	54
Tabla 8 componentes del sistema.....	55
Tabla 9 elementos para sistema SCADA .....	56
Tabla 10 elementos firme and gas .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: arquitectura básica de un sistema SCADA.....	25
Figura 2: Redes de transmisión de datos .....	27
Figura 3: OPC arquitectura digital.....	31
Figura 4: Aplicaciones IFIX.....	33
Figura 5: Distribución Nodos IFIX.....	34
Figura 6: controladores DeltaV.....	37
Figura 7: Control Logic Solver .....	38
Figura 8: PLC Allen Bradley 1756-171S.....	41
Figura 9: estructura de uso de Fieldbus .....	42
Figura 10 diseño de la investigación .....	47
Figura 11: Grafico comparativo de cargas Real vs. Teórica.....	53

Figura 12: sistema de supervisión de planta PPC-Pisco .....	58
Figura 13: Sistema de distribución LCS edificio de inspectores.....	59
Figura 14: Sistema de distribución LCS edificio de inspectores (parte 2).....	59
Figura 15: Lista de equipos para sistema LCS .....	60
Figura 16: Distribución SIS y Gabinete.....	60
Figura 17: Módulos de Comunicación en LCS.....	61
Figura 18: Diagrama de Flujo para la detección de la alarma de despresurización de tablero de control de balanza. ....	62
Figura 19: Diagrama de Flujo para la detección de la alarma por pérdida de alimentación Eléctrica en tablero de control de balanza .....	64
Figura 20: Diagrama de Flujo para envío de señal de alarma por despresurización de tablero de control de balanza hacia SCADA.....	65
Figura 21: Sistema de supervisión de carga.....	66
Figura 22: Instalación de módulo de comunicaciones.....	68
Figura 23: Instalación de modulo E/S análogo digital .....	69
Figura 24: Instalación de modulo E/S análogo digital 2 .....	69
Figura 25: Modulo de conversión ES232 a F.O. ....	70
Figura 26: Gabinete SIS sala 2 .....	70
Figura 27: Instalación de Paro Local .....	71
Figura 28: Instalación de Bocina .....	71
Figura 29: Instalación de Detector de gas.....	72
Figura 30: Islas de Despacho .....	72
Figura 31: Pantalla de Skit odorizante.....	73
Figura 32: Pantalla de supervisión de islas.....	74
Figura 33: Pantalla de supervisión de Balanza.....	75
Figura 34: Pantalla de supervisión de islas Resumen .....	76
Figura 35: Pantalla de supervisión Shut Down.....	77
Figura 36: Informe de resumen semanal.....	77
Figura 37: Detalle de producción Semanal .....	78
Figura 38: Informe resumen de incidentes en Truck Loading.....	78

# **CAPITULO I**

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. El Problema

Los hidrocarburos gaseosos son en muchos aspectos el motor del progreso de las naciones, en la actualidad, el gas natural en Perú representa el 35% de la energía producida por el país según el informe de hidrocarburos 2017 emitido por PERUPETRO, se trata de un sector con una constante tasa de crecimiento, donde incluimos nuevos yacimientos en el norte del país.

En el distrito de Pisco en la Región Ica está ubicada la planta de fraccionamiento de gas natural y distribución en la empresa PLUSPETROL, planta con una producción aproximada de 75.000 BDP de LGN (gas natural licuado), producción que es despachada en este lado de la costa peruana mediante una estación de despacho terrestre y una a través de una plataforma de despacho.

Desde el año 2007, Pluspetrol, en su planta de pisco ha desarrollado proyectos **EPC** (por sus siglas ingeniería, procura y construcción) con la finalidad de incrementar la producción a través de sus **islas de despacho** (estaciones de carga de hidrocarburos) terrestre llamadas así: “TRUCK LOADING” (en español: carga de camiones y en adelante área de planta que posee 4 islas de despacho) con una capacidad de carga diaria de 120 cisternas de capacidades variables de 1000 a 2500 gl. (Galones) a diario, sin embargo su producción máxima, luego del EPC 27 (año 2011) ha sido de 85 a 100 cisternas diarias debido a la habilitación de solo 3 islas de despacho de las 4 islas que tiene por capacidad.

Actualmente se ha ejecutado la construcción de la cuarta isla que complementa el total de las islas de despacho, esta es una parte de la problemática que ha impedido el incremento de la producción en el área de truck loading que se centralizara en el sistema de supervisión y control, ampliación de los controladores, la integración con el sistema de supervisión de planta, mejora del sistema de seguridad y la integración de la cuarta isla, así como la integración de señales en área de almacenamiento.

El sistema de supervisión de las islas, las señales que están relacionadas a la balanza, el **skit odorizante** (estación de bombeo de producto odorizador para distribución de gas) y señales de control de carga en los camiones, presentan poca visibilidad, y no se encuentran correctamente integradas ya que existen condiciones que producen falsas alarmas, las cuales necesitan ser resueltas, además el sistema no se encuentra correctamente integrado al sistema de supervisión de la planta que está dado por **DELTAV** (sistema de supervisión centralizado), el sistema de protección contra incendios no es lo suficientemente eficaz ante cualquier suceso o evento que genere actos inseguros, la dosificación de producto del skit odorizante no es la correcta debido a que la dosificación de odorizante y proporción de propano y butano suele estar expresada por constantes y no por el peso (Cantidad) que se proporciona a los camiones, falta de integración de la cuarta isla de despacho, la carga de los camiones posee condiciones establecidas con temporización la cual no está acorde a los distintas circunstancias de carga e interrupción que puedan darse.

## **1.2. Delimitación del problema**

El presente trabajo de investigación se delimita en estudiar la problemática presentada en la supervisión y control de las islas de despacho de la empresa Pluspetrol.

### 1.3. Características y análisis del problema

La realidad problemática estudiada presenta las siguientes características:

- ) El sistema de supervisión y control no está en su totalidad integrado al sistema de control de planta DELTA V, por lo que no se pueden visualizar alarmas de procesos del área de almacenamiento.
- ) Los operadores no pueden dar interrupción a las alarmas generadas en las islas de despacho, debido a que el sistema de seguridad da acceso exclusivo al personal del centro de control de planta.
- ) Las balanzas de cada isla no están correctamente integradas al sistema de supervisión IFIX debido a que algunos datos sobre pesaje y equilibrio de proporciones de producto odorizador y de propano no son correctamente mostrados.
- ) Las señales de aviso de ingreso de camiones no se encuentran activas a pesar de encontrarse los sensores conexionados e integrados, lo cual no permite un correcto control del ingreso de camiones, estando este a cargo de los operadores.
- ) Las nuevas señales del sistema SIS en las islas de despacho requieren ser integradas al sistema DELTAV-SIS.

#### **1.4. Formulación del Problema**

¿Cómo mejorar la supervisión y control con el fin de evitar fallos y sobre-cargas en las islas de despacho de propano y butano del área de “Truck Loading” ubicadas en la planta de Pluspetrol Sede Pisco-Ica?

#### **1.5. Formulación de la Hipótesis**

Mediante el diseño e implementación de mejoras en el sistema de supervisión y control de alarmas se reducen las sobre-cargas y fallos en el área de “Truck Loading” de la planta de gas de Pluspetrol – Pisco.

#### **1.6. Objetivos del estudio**

##### **1.6.1. Objetivo general**

Implementar un sistema de mejoras en la supervisión y control para el área de islas de despacho de la planta de Pluspetrol - Pisco.

##### **Objetivos específicos**

- Analizar el proceso de almacenamiento y distribución de hidrocarburos gaseosos
- Identificar los requisitos de mejora para el sistema de despacho y producción por isla.
- Diseñar, Implementar e integrar la nueva isla de despacho así como las mejoras en su sistema de supervisión y control.

## **1.7. Justificación del Estudio**

### **1.7.1. Importancia de la investigación**

El presente trabajo de investigación se justifica en la reducción de gastos de producción en producto ofrecido tal como el butano y propano, además de reducir los gastos económicos para la compañía.

Operativamente, eliminar la tasa de fallos implementando facilidades para operación y detección temprana así controlar incidentes localmente y evitar la movilidad de personal, así mismo tener un rango de visualización mayor de variables para control de calidad y producción por carga. Esto será el resultado de comparar e investigar entre los diferentes métodos de funcionamiento en áreas similares de despacho en hidrocarburos gaseosos implementados en otras compañías de rubros similares.

### **1.7.2. Viabilidad de la investigación**

Para desarrollar la presente investigación se cuenta con los recursos humanos, recursos financieros, materiales, y de tiempo, acceso la información y conocimientos.

## **1.8. Limitaciones del estudio**

La dificultad que puede limitar esta investigación es la siguiente:

- Acceso a la información y registros históricos de la compañía estudiada (Pluspetrol).
- Licenciamiento de software IFIX por General Electric.

# **CAPITULO II**

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Haciendo una pesquisa bibliográfica se han encontrado como antecedentes los siguientes trabajos de investigación relacionados con la temática, por lo tanto nos permite tener una idea de la situación actual:

) Título: “Diseño de un Sistema de recolección y transporte de Gas Natural”

Institución: Universidad Nacional de Ingeniería

Publicado en 2012

Autor: Roberto Álvarez Calle

En este trabajo se comprende el proceso de recolección y transporte del Gas Natural, y el procedimiento de cómo debe realizarse la supervisión en este proceso, así como la forma de administrar la energía.

) Título: “Propuesta de un Sistema SCADA para Gases del CUSIANA S.A. E.S.P.”

Institución: Universidad Industrial de Santander

Autor: Bach. Silvia Juliana Ruiz Macías

Publicado en 2010

En este trabajo se presentan detalles para el diseño de faceplates (datos en pantalla y supervisión) para los sistemas SCADA, permitiendo encontrar la mejor disposición de pantallas para operadores de sala dando referencias de esto.

J Título: “Análisis y propuesta para el diseño de un sistema de supervisión y control para un centro operacional de distribución de gas natural en la región Ica”

Institución: Universidad Privada Antenor Orrego

Autor (es): Eric Castillo Ponce, Santiago Malca Reyes

Publicado en 2013

Este trabajo permite conocer el sistema de distribución de gas natural en la región ICA, donde se asemeja la realidad problemática de la investigación que se está realizando, además, permitió conocer los elementos de comunicación Devicenet y protocolos de comunicación por fibra óptica industriales adecuados.

J Título: “Metodología de Automatización de un sistema de descarga/carga de combustible buque/tanque mediante control por SCADA – Aplicación en el puerto de Ilo”

Institución: Universidad Ricardo Palma

Autor(es): Durand Sal y Rosas Renzo David

Publicado en 2015

Este trabajo aporta una sólida base para la construcción de lógicas de control y análisis en alarmas así como la visualización de sistemas de seguridad de un sistema de distribución de alta presión con un sistema de supervisión similar al estudiado IFIX proporcionando datos para integración y comunicación importantes en el diseño de un sistema de control.

J Título: “Diseño para la optimización de un sistema de control monitoreo y seguridad de la estación intermedia de transporte de combustible “corazón””

Institución: Universidad Pedro Ruiz Gallo

Autor: Llanos Díaz Juan Antonio.

Publicado en 2016

Este trabajo nos permite conocer de forma básica un sistema de monitoreo de control además de emplear algunos elementos similares a los utilizados en mi investigación, aportando sobre todo la organización de elementos y detalles en cuanto a protocolos de seguridad.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Hidrocarburos Gaseosos**

Como menciona E. Borrás Brucart (1987), se nombran combustibles gaseosos a los hidrocarburos naturales o aquellos fabricados específicamente para su empleo como combustibles y aquellos que se obtienen como subproducto en ciertos procesos industriales que se pueden aprovechar como combustibles.

La composición de éstos varía según su origen, pero los componentes se pueden clasificar en gases combustibles (CO, H<sub>2</sub>, (HC)) y otros gases (N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>).

Los combustibles gaseosos se clasifican en:

- ) Combustibles gaseosos naturales
- ) Combustibles gaseosos manufacturados

Nos interesa conocer el porcentaje de los componentes que integran los gases. Tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Composición del gas natural

COMPONENTE	NOMENCLATURA	COMPOSICIÓN (%)	ESTADO NATURAL
Metano	(CH <sub>4</sub> )	95,08	Gas
Etano	(C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	2,14	Gas
Propano	(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	0,29	Gas licuable
Butano	(C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	0,11	Gas licuable
Pentano	(C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )	0,01	Líquido
Hexano	(C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	0,01	Líquido
Nitrógeno	(N <sub>2</sub> )	1,94	Gas
Gas carbónico	(CO <sub>2</sub> )	0,39	Gas

Fuente: Borrás, E. [1987].

Existe una clasificación de los combustibles gaseosos que refiere al grado de intercambio de propiedades y otros. Esto nos permite clasificar los combustibles gaseosos en familias, que son 3: 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>.

#### 2.2.1.1. Propiedades y ventajas de los combustibles gaseosos

Según William McCain (1973), su poder calorífico, es una de las propiedades más importantes de un combustible, es así que se expresa para combustibles gaseosos por unidad de volumen en condiciones normales. El valor del poder calorífico va a variar mucho dependiendo del tipo de gas que estemos manejando y por lo tanto, en función de los componentes del combustible que estemos manejando. Los componentes no combustibles de un combustible van a bajar el rendimiento calorífico de la combustión. Sin embargo, a pesar de esto, a veces, un combustible de calidad inferior, pero que sea subproducto de un proceso industrial, puede ser más ventajoso económicamente.

#### 2.2.2. Combustión de un combustible gaseoso.

Según William McCain (1973), la combustión básicamente se realiza para un combustible sólido o líquido, se sigue utilizando, el aire como comburente, aunque a veces se usa el oxígeno, es necesario en este caso el uso de quemadores, que es donde se va a producir la

mezcla combustible comburente. La combustión es rápida, pero no instantánea, es necesario un tiempo de mezcla para facilitar la reacción.

La combustión es una reacción de oxidación, la llama es la fuente de calor de esta reacción, en todo proceso de combustión hay 3 condiciones que se deben cumplir:

1) Para que se inicie y propague la combustión, hace falta que simultáneamente el combustible y el comburente esté mezclado en cierta proporción y que la temperatura de la mezcla sea localmente superior a la temperatura de inflamación.

2) Para que la combustión se mantenga debe ocurrir que:

) Los productos originados en la combustión se evacúen a medida que se producen.

) La alimentación del comburente y del combustible sea tal que se cumplan las condiciones expuestas hasta ahora.

3) Para que la combustión se realice en buenas condiciones se debe cumplir que:

) El aire empleado en la combustión sea el correspondiente a una combustión completa sin exceso de aire

aire empleado = aire mínimo

) Debe haber una determinada turbulencia y un tiempo determinado

### **2.2.3. Gasificación de combustibles sólidos**

Según William McCain (1973), se trata de la transformación de toda materia carbonosa en gas mediante la reacción del carbón incandescente con O<sub>2</sub>, vapor de agua, CO, SO<sub>2</sub>. Esto nos origina un conjunto de productos en estado gas cuya composición y propiedades dependen de

la naturaleza del agente gasificante que estemos utilizando en el proceso, el agente gasificador nos va a condicionar el uso del producto obtenido como gas combustible o como materia prima en otro proceso químico superior.

#### **2.2.4. Gas Licuado de Petróleo**

Según William McCain (1973), el gas licuado del petróleo (GLP) es la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo el cual, lleva consigo procesos físicos y químicos por ejemplo el uso de metano. Los componentes del GLP, aunque a temperatura y presión ambientales son gases, son fáciles de licuar, de ahí su nombre, en la práctica, se puede decir que los GLP es una mezcla de propano y butano.

El propano y butano están presentes en el petróleo crudo y el gas natural, aunque una parte se obtiene durante el refinado de petróleo, sobre todo como subproducto de la destilación por fraccionamiento catalítico (FCC, por sus siglas en inglés Fluid Catalytic Cracking).

##### **2.2.4.1. GLP en Refinerías**

Rojey, A. - Jaffret, C. (1994), define que el proceso de extracción del gas natural inicia cuando el petróleo crudo sufre una descompresión compuesta por agua y sustancias gaseosas en bruto que se encuentran mezcladas con el crudo procedente de los pozos petroleros, este llega a una refinación primaria, donde se obtienen diferentes destilados, entre los cuales se tienen gas húmedo, naftas o gasolinas, queroseno, gasóleos atmosféricos o diésel y gasóleos de vacío.

El gas natural de petróleo puede ser extraído por procesos consistentes en la reducción de la temperatura del gas hasta que estos componentes y otros más pesados se condensen, los procesos usan refrigeración o turbo expansores para lograr temperaturas menores de -40 °C necesarias para recuperar el propano. Subsecuentemente estos líquidos son sometidos a

un proceso de purificación usando trenes de destilación para producir propano y butano líquido o directamente GLP.

#### **2.2.4.2. Comercialización**

Para Rojey, A. – Jaffret, C. (1994), estos gases se comercializan por separado, aunque en realidad siempre son una mezcla de los dos, en la que domina el gas que da el nombre. Normalmente el butano se distribuye en bombonas y el propano a granel, para abastecer depósitos situados en el terreno (enterrados o no), aunque también se vende en bombonas o cilindros.

Los GLP se caracterizan por tener un poder calorífico alto una densidad mayor que la del aire.

#### **) Distribución del GLP**

Se pueden clasificar los gases usados como combustibles, ya sea para aplicaciones domésticas o industriales, de la siguiente manera:

- Gas natural.
- Gas licuado o envasado.
- Gas manufacturado.
- Bio-gas.
- Otros gases combustibles.

#### **2.2.4.3. Distribución del gas natural**

Para Rojey, A. – Jaffret, C. (1994), se denomina captación a la extracción y recolección del gas natural de los yacimientos, ya sea de reservas gasíferas o el originado en las explotaciones petroleras, con posterioridad a la extracción del yacimiento, el gas natural debe ser sometido a procesos de deshidratación, mediante separadores de petróleo-gas.

#### **2.2.4.4. Almacenamiento**

Para Rojey, A. – Jaffret, C. (1994), el almacenamiento del gas representa uno de los elementos más importantes en la distribución de los consumos de una red.

En efecto, se establece almacenamiento por medio de tanques de almacenamiento de acero aislados en algunos casos con resina y placas de acero sin rugosidad o aspereza para evitar fugas de temperatura y/o presión de categoría antiexplosiva, con esquemas de seguridad y señalización específica por el producto que se esté transportando o almacenando.

#### **2.2.5. Sistema SCADA**

Según Creus Solé (2010), la descripción General de los Sistemas SCADA, acrónimo de “Supervisory Control and Data Acquisition”, que en español significa **Control de Supervisión y Adquisición de Datos**.

Los sistemas SCADA se refieren a la combinación de la telemetría (medición remota de magnitudes físicas), con la adquisición de datos, los sistemas SCADA abarcan la recolección de información a través de unidades terminales remotas (UTR's), transfiriéndola a un servidor central, realizando el análisis y control necesario, para luego desplegar la información en un número de pantallas de operación o despliegues. Las acciones de control son transmitidas de vuelta hacia el proceso.

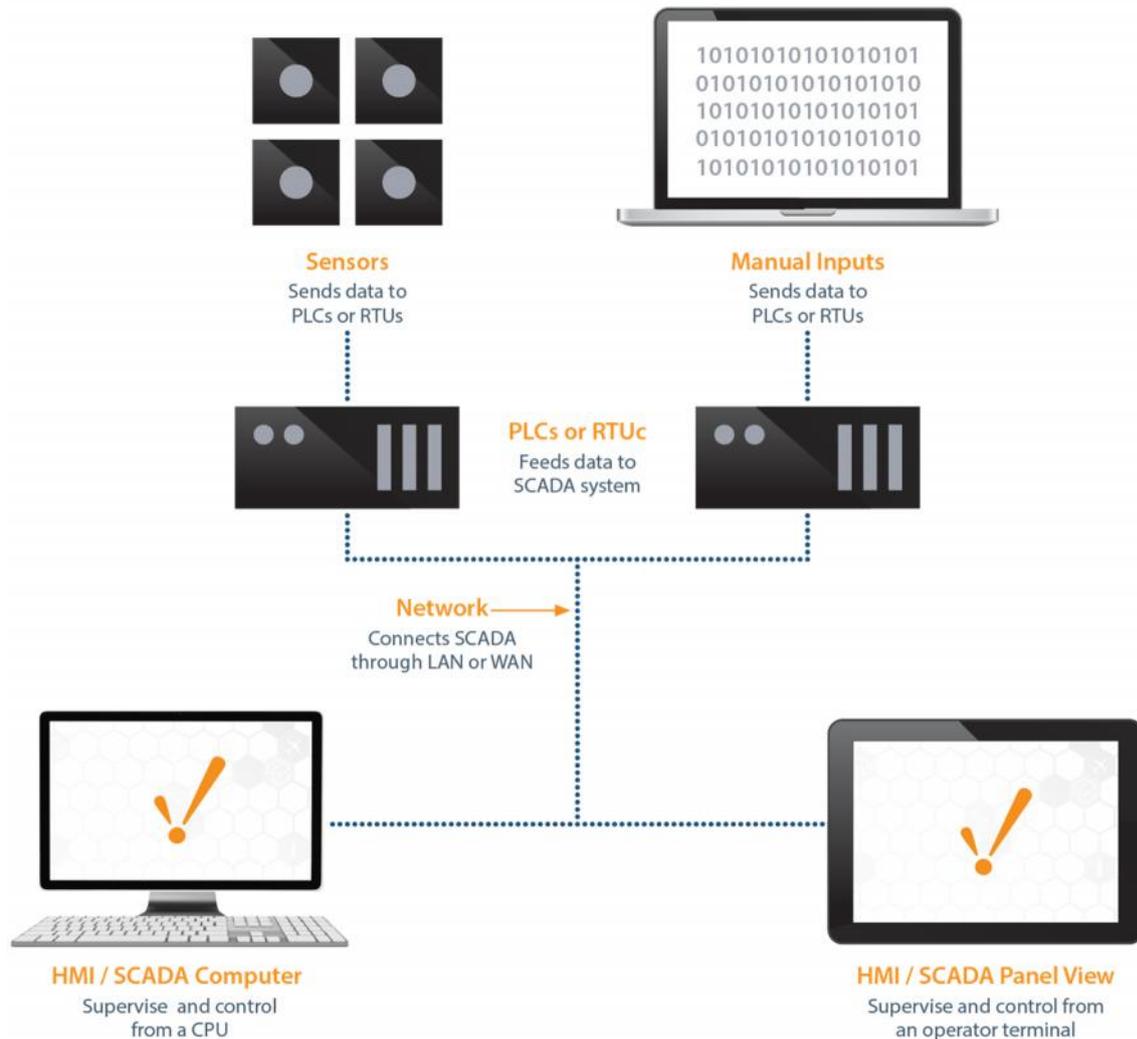


Figura 1: arquitectura básica de un sistema SCADA

Fuente: [www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-scada](http://www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-scada)

## ) Antecedentes y Evolución de los Sistemas SCADA

Según Creus Solé (2010), los primeros sistemas SCADA solo se configuraban para transmitir el estado de determinadas variables y condiciones de la planta, sin realizar ninguna acción de control sobre el proceso. Además, se presentan los datos en paneles de control industrial, usando señales visuales. La capacidad de control y supervisión de estos sistemas eran limitadas. Sin embargo, con el desarrollo tecnológico de los años posteriores, fueron los ordenadores y hardware específico los encargados del almacenamiento y adquisición de los datos de la planta.

**Aplicaciones de los Sistemas SCADA:** pueden ser relativamente simples, como en el caso del control de las condiciones ambientales en una oficina o pueden ser relativamente complejos, como en una planta de generación hidroeléctrica o nuclear. Los sistemas SCADA son usados en la mayoría de entornos industriales complejos, en procesos industriales que cubren un área geográfica amplia (supervisión y control de líneas de transmisión de energía eléctrica, oleoducto, sistema de agua potable), debido a que se puede adquirir información muy rápidamente y desde lugares remotos, para luego ser presentada en la pantalla de un ordenador. Los sistemas SCADA son aplicados en industrias como:

- Comunicaciones.
- Control de aguas residuales y desperdicios.
- Generación de energía.
- Refinerías de gas y aceite.
- Industria petroquímica, entre otras aplicaciones.

### **Características Generales de los Sistemas SCADA**

Entre las principales características de los sistemas SCADA tenemos:

- Emplean computadoras y protocolos de comunicación industrial para automatizar el monitoreo y control de diversos procesos industriales.
- Permiten obtener la representación de los datos de una planta en tiempo real. Además, los sistemas SCADA actuales tienen la capacidad de ejecutar algoritmos de control que modifican la respuesta de la planta.
- Fueron desarrollados para sustituir sistemas de control obsoletos en industrias.
- Permiten optimizar la energía utilizada en el proceso.
- Evitan accidentes ocasionados por los sistemas de control obsoletos.
- Constituyen una ventana del proceso. Permiten conocer el estado actual del mismo.

- Permiten maximizar la producción.
- Buscan reducir los costos de personal.

### Arquitectura de los Sistemas SCADA

Según Creus Solé (2010), los procesos industriales requieren de una operación correcta y eficiente del sistema, para lograr esta operación, la arquitectura implementada en el sistema es muy importante, los desarrolladores actuales de sistemas SCADA eligen arquitecturas escalables, con el objetivo de aumentar las tareas de los sistemas en el futuro. Los sistemas SCADA han sido diseñados siguiendo tres tipos de arquitecturas, las cuales son:

- Arquitectura Centralizada
- Arquitectura Semi-distribuida (Cliente/Servidor)
- Arquitectura Distribuida

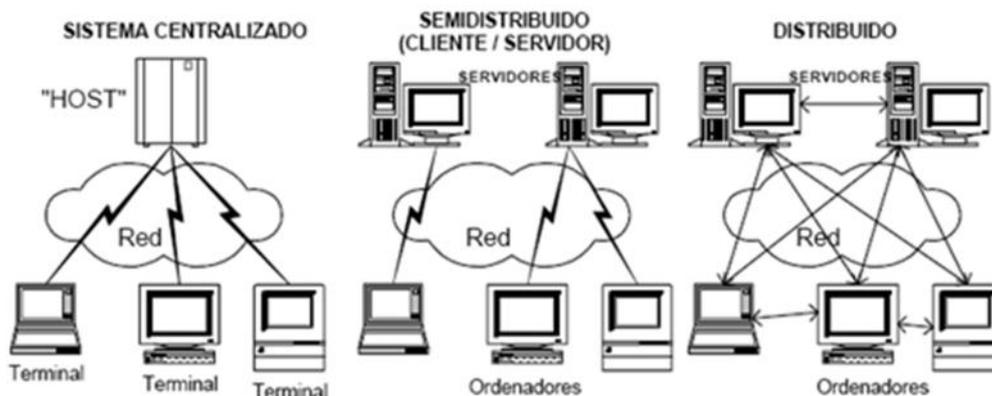


Figura 2: Redes de transmisión de datos

Fuente: Transmisión de datos y redes de Telecomunicaciones, Behrouz A. Forouzan.

**Unidades Terminales Remotas (UTR's):** Para que los elementos de campo puedan enviar los datos hacia el Servidor SCADA, es necesario, que se envíen a través de un sistema de comunicación compatible para que se logre enviar la información en el formato correcto, se usa las UTR's (unidades terminales remotas), que proveen la interfaz necesaria. Las UTR's son usadas fundamentalmente para convertir las señales electrónicas recibidas por un elemento de

campo (por ejemplo, una señal de 4 a 20 ma), a un lenguaje o protocolo de comunicación (por ejemplo: Controlnet); y así lograr la transmisión adecuada de los datos obtenidos por los elementos de campo.

### **Características de la UTR**

- ) Tienen una unidad de procesamiento y en ocasiones unidad de procesamiento de respaldo.
- ) Poseen una memoria de programa, datos y de acceso aleatorio.
- ) Puertos de comunicación (Serial, Ethernet, etc.)
- ) Fuente de alimentación y en ocasiones fuente de alimentación de respaldo.
- ) Diversas protecciones necesarias para garantizar el funcionamiento correcto y confiable de la UTR.
- ) Módulos e interfaces de entrada y salida.

### **Modos de transmisión de datos y protocolos de comunicación industrial.**

Todo sistema de comunicación se compone de un transmisor, un receptor y un medio de comunicación, que permite el envío de la información. Para lograr que el receptor sea capaz de entender la información enviada por el transmisor, ambos deben reconocer los siguientes factores:

- El tipo de señales eléctricas utilizadas.
- Los códigos que identifican los símbolos.
- El significado de los símbolos.
- La forma en la que el flujo de los datos son controlados.
- La forma de detectar errores.

Los factores de tipo físico descritos anteriormente son descritos dentro de la interfaz de comunicación, en cambio los factores de identificación y procesamiento de la información son desarrollados por los protocolos de comunicación industrial. En cualquier medio de

comunicación que conecta a un transmisor con un receptor, existen tres modos de transmisión de datos, estos son:

- ) Simplex: La información solo puede ser enviada en una sola dirección.
- ) Half-Duplex: La información puede fluir en dos direcciones, pero solo una dirección en cada instante de tiempo.
- ) Full-Dúplex: La información puede fluir en ambas direcciones en cualquier instante de tiempo.

Otras características que determinan la forma de enviar los datos son el tipo de sistema de comunicación (asíncrono o síncrono) y si la línea de transmisión es o no balanceada. Todas estas características tienen que ser definidas por los diferentes estándares de interfaces de comunicación.

Entre los principales estándares de interfaces de comunicación usados a nivel industrial tenemos: estándar de interfaz EIA-232 y el estándar de interfaz EIA-485.

#### **2.2.6. SISTEMA DE SUPERVISION IFIX**

El Manual de usuario de IFIX por General Electric (2011), define que es un sistema de supervisión y control para procesos industriales que proporciona una interface HMI (interfaz hombre-máquina) que puede trabajar, independientemente del fabricante o desarrollador de controladores que se utilice, dando así flexibilidad en la escalabilidad, control e integración, además está basado en software y creación de nodos de red, su comunicación es en su mayoría CONTROLNET (protocolo industrial de comunicación por bus de campo), pero dependerá del controlador con el cual se comunique para adaptarse.

A continuación se detallan los elementos que constituyen el sistema de supervisión y control IFIX:

**IWebServer:** es una aplicación característica que proporciona a los usuarios privilegios de lectura de datos y modificación remota (con acceso autorizado) desde su plataforma, además de brindar acceso al proceso con seguridad tipo **ICCP (IEC 60870-6)** (protocolo de seguridad de datos) usando un navegador de Internet estándar, proporciona una arquitectura segura que aísla nodos SCADA del acceso no autorizado, así mismo es una aplicación de acceso remoto que ofrece ver los gráficos de proceso en tiempo real a modo web codificado para acceso remoto.

Tecnologías de uso en IFIX:

- OLE para control de procesos (OPC)
- Visual Basic para Aplicaciones (VBA)
- ActiveX

**OLE para control de procesos (OPC):** es un estándar de software diseñado para proporcionar aplicaciones de automatización con facilidad de acceso de datos en una planta industrial, es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, basado en una tecnología Microsoft (compañía desarrolladora de software), que ofrece una interfaz común para comunicación que permite que componentes de software individuales interactúen y compartan datos, la comunicación OPC se realiza a través de una arquitectura cliente-servidor, el servidor OPC es la fuente de datos (como un dispositivo hardware de planta) y cualquier aplicación basada en OPC puede acceder a dicho servidor para leer/escribir cualquier variable que se ofrezca desde campo.

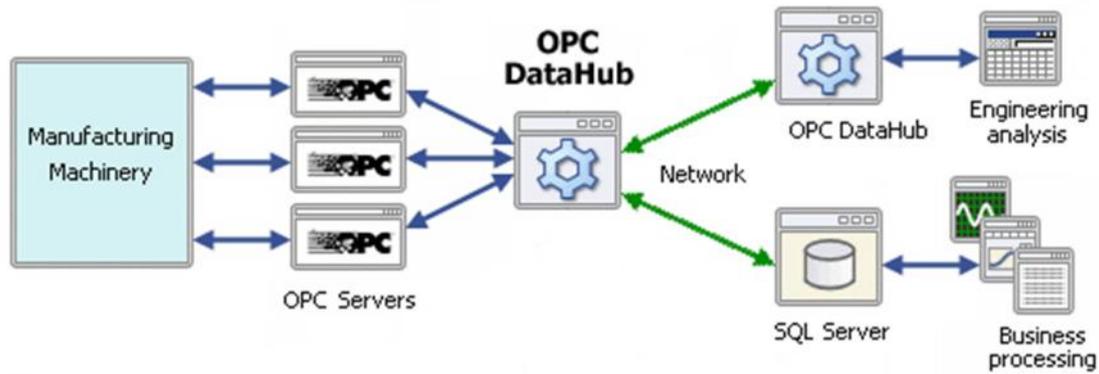


Figura 3: OPC arquitectura digital  
Fuente: OPC.org

Está Compuesto por los elementos:

- El servidor (server)

Mantiene información sobre el servidor y sirve como contenedor para objetos del grupo OPC.

- El grupo (group)

Mantiene información sobre sí mismo, provee mecanismos para contener/organizar lógicamente ítems.

- El elemento (ítem)

Representan conexiones a fuentes de datos dentro de un servidor.

### Gestión de Alarmas y Eventos

- Alarma

Es una condición anormal; que define un estado de eventos concretos dentro del Servidor OPC o de uno de los objetos contenidos por dicho servidor, y que además puede resultar de interés para sus clientes.

- Evento

Es un suceso detectable que es significativo para un servidor OPC, para el aparato al que representa y para sus Clientes OPC, puede estar o no asociado a una condición.

- Acceso a datos históricos

Distintos tipos de servidores históricos:

Servidores de datos simples: ofrecen solo capacidad de almacenar datos

Servidores de análisis y compresión de datos complejos.

- Ofrecen capacidad de compresión y almacenaje de datos.
- Ofrecen funciones de análisis de datos.
- Pueden actualizar datos y tener un resumen de actualizaciones.

**Visual Basic para Aplicaciones (VBA):** el lenguaje de programación guiado a objetos (un objeto es una combinación de código y datos) VBA, es una herramienta de scripting que integra parte de los sistemas de supervisión para diseñar faceplates y dar funcionalidad, posteriormente permitir la comunicación integrando en IFIX tareas de operador y automatización. Los scripts (archivo de procesamiento y texto) de VBA pueden ser tan simples o complejos, que no necesariamente dependerá del cuerpo del código que realiza las funciones, más bien del tipo de objeto a trabajar y/o bloques de programación que pueden estar pre- ensamblados dependiendo del proveedor de la solución de automatización o fabricante en este caso IFIX, lo que le permite agregar funciones personalizadas.

**ActiveX:** Es un conjunto de tecnologías de programación creadas por Microsoft que habilita componentes de software creados en diferentes idiomas para interactuar entre sí (en un entorno de red). Se desarrolló a partir del estándar de desarrollo OLE, que en los últimos años se han expandido mucho más allá de los conceptos de vinculación e incrustación de objetos que formó el acrónimo original. “Intellution Dynamics” es un contenedor para ActiveX.

**Controles:** Al igual que OLE (incrustación utilizando objetos), ActiveX se basa en soportar todos los componentes de software. Es compatible con Distributed COM (DCOM)

Incluyendo Internet e intranets, ActiveX se ha optimizado tanto en tamaño y velocidad para permitir a los desarrolladores utilizar subconjuntos de la interfaz OLE compleja para crear aplicaciones altamente interactivas. ActiveX permite cualquier OCX (control ActiveX).

### Arquitectura del sistema

Integrado por los siguientes componentes:

- Nodos IFIX
- Acceso universal a datos
- Escaneo, alarma y control
- Programador
- Redes distribuidas
- Redundancia
- Alarmante
- Seguridad

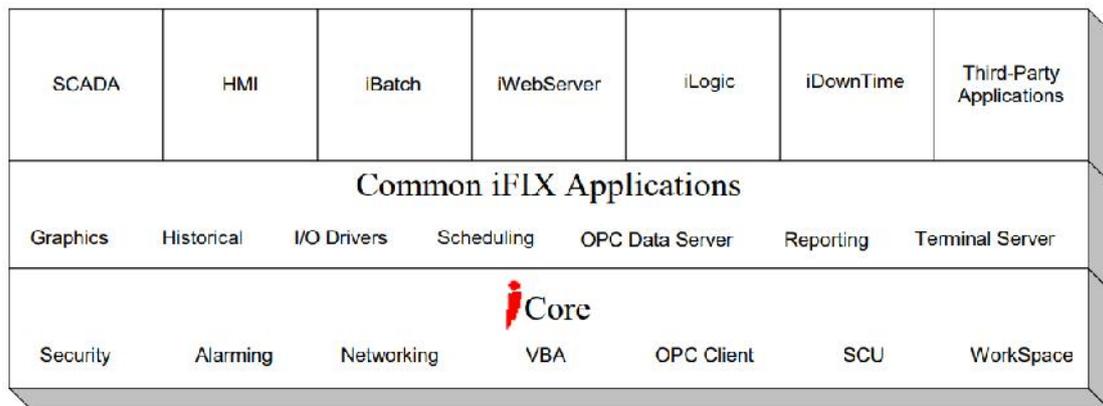


Figura 4: Aplicaciones IFIX  
 Fuente: [www.ge.com/digital/applications/hmi-scada/ifix](http://www.ge.com/digital/applications/hmi-scada/ifix)

### 2.2.6.1. Características del sistema IFIX

#### Nodos IFIX

El manual de usuario de IFIX por General Electric (2011) define que, un nodo IFIX es cualquier computadora o usuario virtual que ejecuta IFIX. Un nodo real puede ser cualquiera, cada tipo de nodo se describe y detalla más adelante.

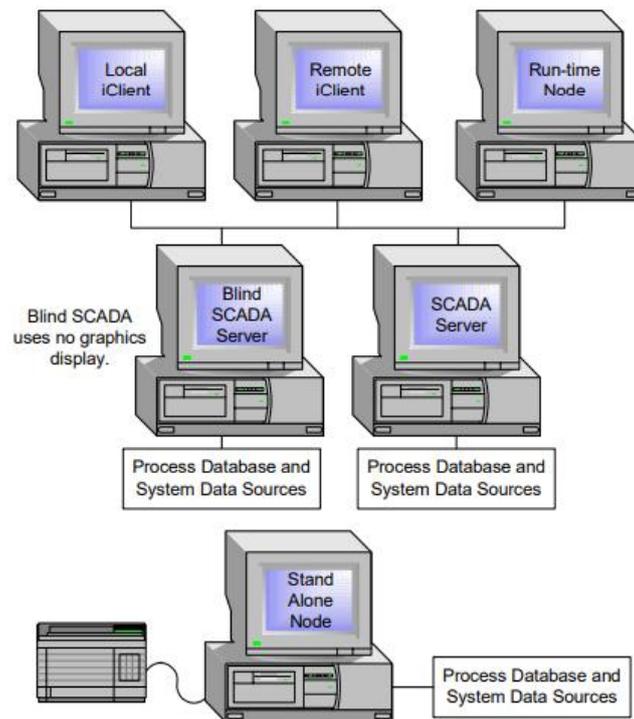


Figura 5: Distribución Nodos IFIX

Fuente: [www.ge.com/digital/applications/hmi-scada/ifix](http://www.ge.com/digital/applications/hmi-scada/ifix)

#### Nodos locales y remotos

Al trabajar con un sistema IFIX distribuido local, hace referencia al nodo en el que están trabajando actualmente o remoto, se refiere a cualquier nodo que necesite comunicación con un enlace de acceso.

### **Stand Alone Node**

Cuando se trabaja con un sistema IFIX SCADA centralizado, stand alone se refiere a un nodo que realiza todas las funciones. Sin embargo los nodos autónomos no usan una red.

### **Servidor SCADA**

Un servidor SCADA ejecuta la adquisición y gestión de datos con los componentes de IFIX. Usualmente, un servidor SCADA reside en la planta y tiene conexiones al hardware de proceso para controladores actuadores de cualquier fabricante.

### **Servidor blind SCADA**

Un servidor SCADA blind no usa visualización de gráficos, esta configuración libera más recursos de una computadora para la adquisición de datos y funciones de gestión de red, los gráficos se pueden ver usando un iClient.

### **iClient**

Un iClient (o nodo de vista) es el tipo más común de nodo, los nodos de vista muestran los gráficos en tiempo real, en el nodo de vista se ejecuta el programa de visualización de gráficos, pero también puede ejecutar otras aplicaciones.

### **Compatibilidad con Open Database Connectivity (ODBC)**

La compatibilidad con *ODBC* permite a IFIX acceder a una base de datos utilizando *SQL* (*Structured Query Language*) como lenguaje estándar, cada sistema de gestión de base de datos (*DBMS*) requiere un controlador *ODBC*, que es una biblioteca de enlace dinámico (*DLL*) utilizada para obtener acceso a una fuente de datos. Entre los sistemas de administración de bases de datos utilizados por IFIX son: Microsoft Access, *SQL Server* y Oracle.

### **Compatibilidad con Dynamic Data Exchange (DDE)**

*DDE* es una forma de comunicación que usa una memoria compartida para intercambiar datos entre aplicaciones. Con soporte *DDE*, si los datos en una aplicación vinculada (una hoja de

cálculo o procesador de textos, por ejemplo) cambia, los datos en la base de datos de proceso también cambian, y viceversa.

### **Controladores de E/S**

Se proporciona firmware de una amplia variedad de controladores de E/S (entradas y salidas), que admiten dispositivos de E/S de cualquier fabricante. Se integra OPC Toolkit, como complemento para IFIX, permite escribir fácilmente en servidores de E/S confiables con alto rendimiento, comunicarse con su hardware de proceso y aplicaciones de cliente OPC, los controladores de E/S de alto rendimiento proporcionan tales capacidades.

### **) Red distribuida**

El diseño de red IFIX (manual de usuario IFIX 2011, en web) incorpora dos principios básicos: verdadero procesamiento distribuido y transferencia de datos bajo demanda.

### **Procesamiento distribuido**

En una red de procesamiento distribuido, cada nodo ejecuta las tareas de forma independiente asignado a ella. Una ventaja de esta estrategia es que los nodos se pueden quitar fuera de línea sin bajar toda la red, cuando un nodo busca datos fuera de línea, la aplicación de red notifica al nodo solicitante, aunque cada nodo tiene integridad como estación independiente, los nodos también pueden acceder a los datos en cualquier lugar de la red por conexiones dinámicas.

### **Procesamiento centralizado**

Algunas aplicaciones solo necesitan un nodo para realizar las funciones requeridas, es fácil convertir un nodo distribuido a un nodo independiente o un nodo independiente a un nodo distribuido. IFIX funciona igual de bien en un único entorno informático que en un entorno informático distribuido.

### **Redundancia**

IFIX incluye una función de redundancia que maximiza el rendimiento del sistema, reconociendo múltiples caminos a sus datos, IFIX puede cambiar de una ruta a otra de forma

automática, el proceso de cambio de una conexión a otra se conoce como conmutación por error (Failover), funciona de la misma manera ya sea que esté utilizando copia de seguridad SCADA o redundancia LAN.

### **2.2.7. SISTEMA DELTA V**

Emerson plant solutions user's manual, (2018) define a Delta V como un sistema digital de automatización (DAS), o como un sistema de control distribuido (DCS); sin embargo, su arquitectura lo define como un sistema híbrido, pues puede realizar aplicaciones de control digital y de procesos continuos, además posee una gran capacidad de comunicaciones para red de datos y control.

DeltaV Controller es un controlador que funciona en tiempo real; es decir, es multitarea y completa todas las tareas dentro de un tiempo definido, el cual es controlado por una lista de ejecución (Schedule). Las tareas se pueden dividir en dos categorías:

) Tareas de control: Se refiere al control del programa almacenado dentro del controlador este programa es configurado en forma de tareas que son asociadas a cada parte de un proceso.

) Otras tareas: Se refiere a las tareas relacionadas al hardware, entre las principales se puede mencionar:

- Administración de redundancia.
- Comunicaciones.
- Diagnóstico del controlador.

) En la figura 6, se puede mostrar un controlador DeltaV utilizado comúnmente en plantas de procesos variados, utilizados muy comúnmente cuando existe gran densidad de instrumentos y datos en el área de petróleo y gas.



Figura 6: controladores DeltaV  
Fuente: Emerson DELTA V web

### **Sistema DELTA V SIS**

Antonio Creus Solé, A. (2010), lo define como un sistema instrumentado de seguridad (SIS), consta de solucionadores lógicos y sensores que ejecutan funciones instrumentadas de seguridad y elementos finales de control. Los sistemas instrumentados de seguridad desempeñan un papel importante en proporcionar operaciones de proceso más seguro y confiable; el SIS supervisa continuamente la habilidad de los solucionadores lógicos, sensores y elementos finales de control por solicitud mientras diagnostican los fallos antes de que éstos ocasionen paros no deseados.

Función instrumentada de seguridad (SIF), es una combinación de sensores, solucionadores lógicos y elementos finales con un nivel de seguridad especificado que detecta una condición fuera de límite y lleva al proceso a un estado seguro funcionalmente.



Figura 7: Control Logic Solver  
Fuente: Emerson DeltaV web

Los SIS se diseñan usualmente con contactos cerrados para condiciones normales de operación así como circuitos (PLCs, relés, válvulas Solénoides, etc.) normalmente energizados y se desenergizan en caso de disparo. En el caso de F&G su diseño es al contrario y se energizan cuando actúan, la razón para esto es muy simple: los SIS son diseñados para llevar los equipos y plantas a su estado seguro evitando los accidentes/incidentes y sus consecuencias, lo cual usualmente implica paradas de producción, disparos no deseados para los equipos/plantas sin que nada esté realmente perdiéndose en producción (dinero) durante un tiempo, pero no es catastrófico en términos de seguridad.

#### **2.2.8. FIRE AND GAS (FGS)**

Antonio Creus Solé, A. (2010) define así mismo los sistemas FGS (sistemas de fuego y gas) como aquellos normalmente usados como sistemas de alarmas que no tomarían acción automática pero que supervisan a modo de emitir una alerta. Típicamente son los operarios responsables (usualmente personal contra incendios) los que realizan tal actuación manualmente.

Estos sistemas frecuentemente toman algún tipo de acción automática y pueden integrarse en las mismas plataformas que los sistemas de paradas de emergencia (actualmente conocidos como SIS).

### **2.2.9. Controlador lógico programable (PLC)**

Según Martínez L. (1999), un controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo industrial basado en computadoras que cumple funciones discretas y continuas para una gran variedad de procesos, previamente fueron diseñados para reemplazar a los relés en la industria de fabricación de automóviles, esto indica que el propósito de este equipo se basaba en el control de variables discretas.

En 1968, Bill Stone, quien laboraba como ingeniero de General Motors, presentó una propuesta para el desarrollo de un equipo que solucionara los problemas del proceso de manufactura. Este equipo debía cumplir con ciertas características como:

- ) Reducir los retardos de producción relacionados con problemas de control, además de ser de fácil mantenimiento y programación en línea con lógica escalera.
- ) Proveer la capacidad de expansión futura y ser desarrollado bajo un concepto modular para reducir el tiempo en el intercambio de componentes.
- ) Tenía que ser robusto, pues debería trabajar bajo condiciones de suciedad, interferencia electromagnética y vibración.

Luego del desarrollo de los primeros PLC para varias empresas fue de interés en el desarrollo equipos más avanzados, es así que actualmente se tiene una gran variedad de fabricantes, los cuales presentan una gran gama de equipos para diferentes aplicaciones, dentro de estos se puede mencionar a los más representativos como:

- ) ABB
- ) Allen Bradley
- ) Omron
- ) Schneider
- ) Siemens



Figura 8: PLC Allen Bradley 1756-I71S  
Fuente: Allen Bradley Corp. WEB

### 2.2.10. Protocolos de comunicación industrial

Según Creus Solé (2010). Tradicionalmente el cableado de equipos eléctricos se realizaba hilo a hilo, lo cual generaba grandes retardos de tiempo y muchos problemas al momento de fallas. Hasta hace unas décadas (y actualmente en muchas empresas del medio), estas soluciones cubrían todas las necesidades, tanto para señales digitales como para señales analógicas, requiriendo en este último caso cables protegidos contra interferencia electromagnética.

Al comenzar la evolución de los PLCs y DCSs, en los protocolos de comunicación, se encontró la necesidad de realizar comunicaciones entre equipos. Al principio las comunicaciones eran mediante enlaces tipo serie, luego, cada fabricante creaba un protocolo de comunicación para los dispositivos que desarrollaba. Finalmente, ante tantos sistemas cerrados y una gran variedad de protocolos, el desarrollo de protocolos se estandarizó y se fueron quedando los protocolos que presentaban mejores características y prestaciones para diferentes tipos de aplicaciones.

En la actualidad los protocolos de comunicación de campo más utilizados son:

- ) Control Net
- ) DeviceNet
- ) Fieldbus Foundation
- ) HART

### 2.2.10.1. Fieldbus Foundation

la organización de bus de campo Fieldbus (desde 1994) se define a sí misma como un sistema de comunicaciones bidireccional en serie, todo digital, que sirve como la red de nivel básico en un entorno de automatización de fábrica o de fábrica. Es una arquitectura abierta, desarrollada y administrada por la Fundación Fieldbus.

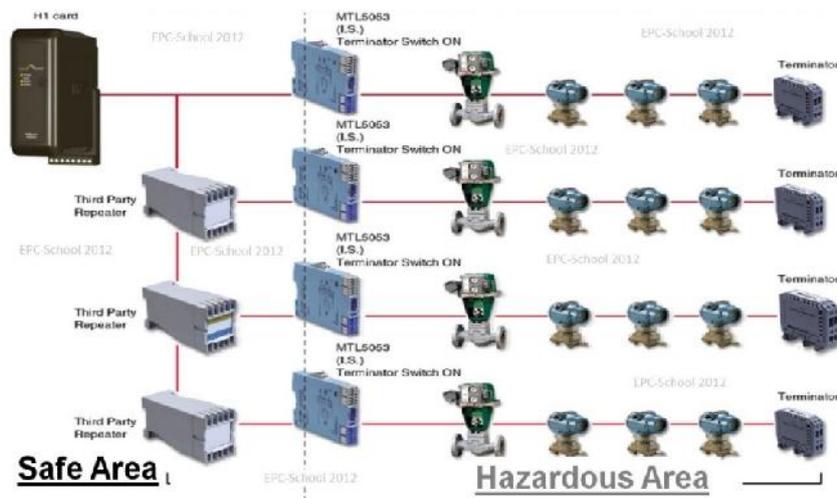


Figura 9: estructura de uso de Fieldbus  
Fuente: Fieldbus Foundation web school

Está dirigida a aplicaciones que utilizan un control básico y avanzado para gran parte del control discreto asociado con esas funciones. La tecnología de Fieldbus se utiliza sobre todo en industrias de procesos, pero se ha aplicado recientemente en powerplants.

Se han introducido dos implementaciones relacionadas a Fieldbus para satisfacer las diferentes necesidades dentro del entorno de automatización de procesos, estas dos implementaciones utilizan diferentes medios físicos y velocidades de comunicación.

**FOUNDATION Fieldbus H1**, funciona a 31.25 kbit generalmente se utiliza para conectar dispositivos de campo y sistemas host, proporciona la comunicación y la energía sobre el cableado trenzado estándar del par en aplicaciones convencionales e intrínsecas de la seguridad. H1 es actualmente la implementación más común.

**HSE (Ethernet de alta velocidad)**, funciona a 100/1000 Mbit generalmente conecta subsistemas de entrada / salida, sistemas host, dispositivos de enlace y Gateway. En la actualidad, no suministra alimentación a través del cable, aunque se está trabajando para solucionarlo utilizando el estándar PoE (Power over Ethernet) IEEE802.3af.

### 2.3. Definición de términos básicos

- PLC: Es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. Real Academia Española (2001).
- IFIX: es un sistema independiente de supervisión industrial automatizado basándose en HMI- SCADA y otras tecnologías para controlar, mantener y escalar según sea necesario, se dice independiente al no depender de ningún fabricante industrial específico y al mismo tiempo tener capacidad de adaptación, comunicación y enlace con estos.
- Isla de Despacho: en esta investigación se define así a una terminal de distribución de hidrocarburos gaseosos y aromáticos basada en la carga terrestre de camiones con la capacidad de carga para estos.
- SIS: sus siglas (Sistemas Instrumentados de Seguridad), se trata de un sistema dedicado a la seguridad de plantas industriales acorde al rango de potencial peligro dividiéndolo en niveles según el tipo de incidente o riesgo de flama y/o explosión, se basa en instrumentos dedicados a la detección y actuadores de emergencia.
- Bus de campo: se define así a un sistema de distribución de datos mediante una red industrial definida por protocolos de transmisión, unifica la comunicación de campo y escala según el tipo de sistema.

# **CAPITULO III**

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Material**

##### **3.1.1. Población**

Área de despacho y almacenamiento truck loading en Pluspetrol planta Pisco.

##### **3.1.2. Muestra**

Las 4 Islas de despacho del área de truck loading incluyendo su centro de control en Pluspetrol ubicado en la ciudad de Pisco.

##### **3.1.3. Unidad de Análisis**

Sistema de supervisión y control del área de despacho de propano y butano en la planta de Pluspetrol sede Pisco.

#### **3.2. Método**

##### **3.2.1. Nivel de Investigación**

El nivel de este estudio se basa en una investigación explicativa, ya que la identificación de los diferentes problemas presentados en la supervisión y control del área de despacho “truck loading” que presenta problemas de integración, alarmas y comunicación con el sistema de control de planta.

### 3.2.2. Diseño de la Investigación

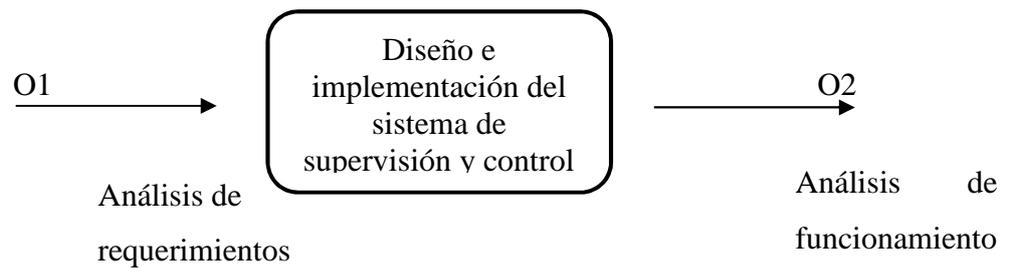


Figura 10 diseño de la investigación

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos, se han utilizado dos encuestas, las cuales han sido aplicadas a los responsables del área del centro de control y operadores de “Truck Loading”. Las encuestas se han realizado con el objetivo de evaluar las principales causas del problema.

La tabla 2 muestra la encuesta 1, la cual sus preguntas fueron hechas para saber las principales molestias por parte del personal de centro de control truck loading respecto a su sistema de despacho en islas.

Tabla 2: encuesta 1

1. DATOS GENERALES (Información de la Organización) Encuesta Área centro de control Truck Loading
1.1. Nombre completo de la Empresa u Organización:
1.2. Nombre de la persona encuestada:
2. ¿Con que frecuencia ocurren las alarmas por fallo de balanza?
3. ¿En qué parámetros se basa el sistema de fire and gas?
4. ¿Qué problemas de comunicación se presentan entre LCS y centro de control?
5. ¿el skit odorizante puede ser visualizado y controlado?
6. ¿Con que frecuencia se producen sobrecargas?

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3 muestra la encuesta 2, en el cual sus preguntas se enfocan en un aspecto técnico operativo para determinar la problemática del funcionamiento del sistema de truck loading y su registro en las actividades realizadas en islas de despacho.

Tabla 3: encuesta 2

1. DATOS GENERALES (Información de la Organización) Encuesta Área de operaciones Truck loading
1.1. Nombre completo de la Empresa u Organización:
1.2. Nombre de la persona encuestada:
2. ¿Con que frecuencia existen paros de despacho?
3. ¿Cuánto producto (propano y butano) se desperdicia semanalmente?
4. ¿Cuál es el tiempo de fallo máximo en la balanza de camiones?
5. ¿Qué cantidad de mercaptano se desperdicia semanalmente?
6. ¿Cuál es el tiempo de demora por despacho?

Fuente: Elaboración propia

Así mismo para evaluar la cantidad de producto desperdiciado, se realiza la contabilidad de producto promedio en el día de mayor despacho y venta como es el día viernes y se puede apreciar en la tabla 4, así mismo para analizar la cantidad desperdiciada en una semana se identifican las cargas totales por día y se analiza a su vez la cantidad de mercaptano despachado (odorizante) que acompaña las cargas reales totales en la tabla 7.

Tabla 4: Carga de producto diaria.

Día viernes (7 am - 6 pm) (Promedio)		
carga teórica de camión (facturada)	carga real camión	odorizante por carga
	gl	gl
		kg
		gl
SOBRECARGAS		

Fuente. Elaboración propia

Tabla 5: carga de producto semanal

CARGA PROMEDIO SEMANAL								
SEMANA	L	M	M	J	V	S	D	TOTAL
carga teórica de camión (facturada)								
carga real camión								
Odorizante por carga								

SOBRECARGAS		gl
-------------	--	----

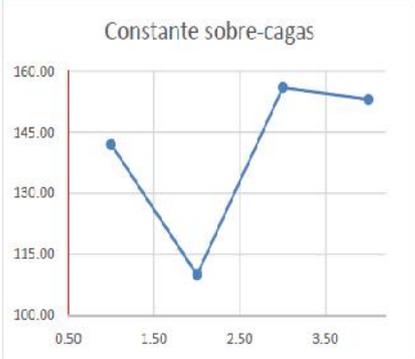
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6, se muestran los datos históricos de un mes de producción reportado en la planta de Pisco que permite apreciar la sobre producción que describe la problemática estudiada.

Tabla 6: Historial de carga de producto semanal

PRODUCTION MANAGEMENT		PPC - PISCO			
REPORTES SEMANAL TRUCK LOADING					
Historical work Report by Week					
Area:	ISLA DE DESPACHO TRUCK LOADING - PLANTA PISCO				
ubicación:	SP-00-PC-FO-014				
Fecha/Date:	8/07/2018	Reporte N° / Report N°:	35-148		
<b>Historial de producto despachado</b>					
Semana/ week:	21	22	23	24	
Producto facturado Gl.	321783.00	331841.00	318455.00	341179.00	
Producto despachado Gl.	321925.00	331951.00	318611.00	341332.00	
Diferencia despachada (Gl.) :	142.00	110.00	156.00	153.00	
Diferencia porcentual (%) :	0.440	0.033	0.049	0.045	
Total Reporte facturada (Gl.):	1313258.00				
Total Reporte despachado (Gl.):	1313819.00				
Diferencia despachada (Gl.) :	561.00				
Diferencia porcentual (%) :	0.0427				



Fuente: Pluspetrol Corporation

### 3.2.4. Técnicas de Procesamiento de datos

A continuación en la tabla 2.1 y tabla 3.1 se describe una de las respuestas del personal de área “truck loading” con el propósito de obtener un acercamiento a lo que falta en esta área específica de planta.

Tabla 2.1: Encuesta 1 (utilizada)

1. DATOS GENERALES (área de trabajo) Encuesta Área centro de control Truck Loading
1.1. Nombre completo de la Empresa u Organización:  Plus Petrol Corporation
1.2. Nombre de la persona encuestada:  Johnny Palomino
2. ¿Con que frecuencia ocurren las alarmas por fallo de balanza? Al menos dos veces en la semana, ocurridas por comunicación o FGS (fire and gas)
3. ¿En que parámetros se basa el sistema de fire and gas? Detección de flama cerca a la línea de despacho, detección de gas en ambos extremos del camión y bocinas.
4. ¿Qué problemas de comunicación se presentan entre LCS y centro de control? Problemas de comunicación, alarmas y visualización de parámetros de carga en islas.
5. ¿el skit odorizante puede ser visualizado y controlado? No, solo si está activado, sin embargo es controlado por PLC.
6. ¿Con que frecuencia se producen sobrecargas? De 3 a 4 veces en una semana regular de 55 a 60 camiones

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.1: encuesta 2 (utilizada)

2. DATOS GENERALES (área de trabajo) Encuesta Área de operaciones Truck loading (operador de despacho isla)
1.1. Nombre completo de la Empresa u Organización: Plus Petrol Corporation
1.2. Nombre de la persona encuestada: Paulo Pérez
2. ¿Con que frecuencia existen paros de despacho? Se, detiene dos veces a la semana promedio por alarma o paro de balanza, o problemas de skit odorizante por problema de inyección.
3. ¿Cuánto producto (propano y butano) se desperdicia semanalmente? Semanalmente un aproximado de 10 a 12 galones.
4. ¿Cuál es el tiempo de fallo máximo en la balanza de camiones? De 2 a 3 horas ha sido el tiempo máximo de falla de funcionamiento.
5. ¿Qué cantidad de mercaptano se desperdicia semanalmente? 800 g aproximadamente
6. ¿Cuál es el tiempo de demora por despacho? 30 min aproximadamente.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.1 se visualizan los datos en un horario de máxima descarga de producto en las islas, se trata de un dato tomado en el día de máxima producción esto nos permite saber cuánto existe de sobrecarga en producto, el promedio en un día sumarían un total de 180 gl tratándose de unos 60 a 65 camiones por una sola isla, de ser así se estaría desperdiciando producto, así mismo esto sucedería en la tabla 7.1.

Tabla 4.1: carga de producto daría (utilizada)

Día viernes (7 am - 6 pm) (Promedio)					
carga teórica de camión (facturada)		carga real camión		odorizante por carga	
1000	gl	1003	gl	0.155	kg
Sobrecargas: 3 gl.					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5.1: Carga de producto semanal por isla (Utilizada)

CARGA TOTAL SEMANAL (GI)								
DIA	L	M	M	J	V	S	D	TOTAL
carga teórica de camión (facturada)	44000	50030	43800	63000	51200	50600	41200	343830 gl
carga real camión	44051	50060	43825	63051	51288	50640	41233	344148 gl
Odorizante por cargas Real	4.4251	5.012	4.394	6.3109	5.1288	5.064	4.1233	34.4581 kg

SOBRECARGAS	318	gl
-------------	-----	----

Fuente: elaboración Propia

Figura 11: Grafico comparativo de cargas Real vs. Teórica



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.5. Técnicas de Análisis de Datos

Con los datos de análisis de las encuestas realizadas a Centro de control y operaciones de Truck Loading, se muestra en síntesis la problemática, su incidencia y descripción específica, la tabla 7 realiza una síntesis de la problemática evaluada en la encuesta.

Tabla 7: Síntesis de las encuestas

SINTESIS DE LA ENCUESTAS			
AREA	ANALISIS	DESCRIPCIÓN	PROBLEMÁTICA
1. Área Supervisión Truck Loading	Alarmas	2 veces por semana	CONSTANTE
	faceplates faltantes	odorizante, balanza y carga	
	Comunicación	fallos de balanza y odorizador	
2. Área Operaciones Truck Loading	Paro de despacho	fallos FGS Y Comunicación	
	Odorizador	Fallo de comunicación	
	Sobrecargas	control de Pesaje y alarmas	

Fuente: elaboración propia

(\*\*) En síntesis las variables que representan la problemática son tiempo de carga, sobre carga de producto y paros en las islas de despacho de las cuales obtienen en resumen:

- ) Tiempo de carga promedio: 34 min por isla
- ) Sobre carga de producto promedio por camión: 4 Gl.
- ) Paros de islas por semana: 2 veces/ semana

Con la información obtenida en la encuesta número 1, se aprecia que la problemática de dicha área se centraliza en las falsas alarmas y la falta de información en pantallas de supervisión para mostrar datos de mayor importancia (Faceplates), así mismo la pérdida de comunicación con la balanza que es una constante, además en cuanto a temas de compatibilidad y comunicación, cuando se presentan actualizaciones de sistema o cambios en drivers.

En la encuesta realizada en el área de operaciones, se presentan complicaciones técnicas que producen problemas al momento de realizar cargas de producto, desperdicio en mercaptano de odorizante, paros de despacho ocasionados por fallos en sistema fire and gas o en todo caso por falsas alarmas en sistema SIS de planta.

Así mismo se recolectaron los datos totales por carga en una semana de alta productividad, donde en un promedio de 60 a 75 camiones cisterna cargados se presenta una diferencia importante, entre la carga facturada (teórica) y la carga real que llevan cada uno de los camiones, presentando en el caso de sobrecargas derrames de producto a continuación en la tabla 8 la síntesis realizada para los requerimientos físicos del sistema LCS (sistema de control de carga)

### Elementos físicos de instalación del sistema

Tabla 8: Componentes del sistema

COMPONENTES FÍSICOS CON LOS QUE CONTARA EL SISTEMA		
DESCRIPCIÓN	COMPONENTE	Detalle
Elementos Fire and Gas (seguridad)	Sensores infrarrojos de llama	Se reforzara el sistema de seguridad por cada isla, a modo de tener fiabilidad en los datos de alarmas y permisivos, así mismo esto actualiza la matriz causa y efecto para integraciones futuras
	Bocina de alerta	
	sensores de gas	
	válvula de diluvio (agua)	
Control de Despacho	Válvulas de control y sensor de presión	para mejorar el control de salida y abastecimiento hacia camiones y evitar derrames, se instalan válvulas de control de flujo y un sensor de presión diferencial a modo de evitar sobrecargas
Instalación LCS	ampliación memoria PLC	La actualización de Sistema de supervisión y control demandara mayor espacio de memoria, además la inclusión de nuevos elementos demandara mayor espacio de entradas y salidas (incluyendo la 4ta isla)
	Instalación Módulos E/S	
	Logic solver	

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo en la tabla 9 se describen los requerimientos para el sistema de supervisión SCADA del LCS.

### Elementos de software SCADA del sistema

Tabla 9: Elementos para sistema SCADA

ELEMENTOS PARA SISTEMA SCADA		
DESCRIPCIÓN	COMPONENTE	GRAFICOS
Integración de ISLA 4	Válvulas de control, válvulas Shut Down, control de Balanza, inyección de Skit, FGS	Visualización de entrada y salida, visualización de válvulas shut Down, flujo por línea, temperatura, estados de carga. (incluye funcionalidad por balanza y bomba de odorizador)
Integración Faceplates Islas 1,2,3	Válvula de control, Presión de salida, inyección de skit, FGS, Peso en balanza.	Visualización de presión de salida, control de válvula de control de despacho (porcentaje de posición), funcionalidad de balanza, función de odorizador, estados de Carga.
Actualización de comunicación de balanza	Historial de pesaje, Memoria de error, Auto calibración y tarado.	Faceplates, de tareado, promedio de pesaje, peso actual, máxima carga a camión.
implementación de lógica de alarmas	implementación de pantallas de alarma y bloqueo de señales provisional	visualización de estado de procesos de carga
integración de Skit Odorizante	Bombas de Skit por isla y control de inyección	Modificación de constante de inyección, visualización de relación pulsos / presión de bombeo

Fuente: elaboración propia

#### 3.2.6. Propuesta de diseño del sistema de supervisión y control

Se detallan los elementos físicos necesarios para el sistema de seguridad y alarmas del área de carga “truck loading” en la tabla 10, se describen a detalle los requisitos necesarios para los elementos FGS, seguido de esto se mencionaran a través de los diagramas de control distribuido y diseño como propuesta ante la problemática descrita.

Tabla 10: Elementos Fire and Gas

<b>UV/IR sensor Infrarrojo HONEYWELL</b>
Respuesta de espectro IR : 1-2,8 and 4,2-4,8 micrón
Respuesta espectral UV : 185-260nm
Tempo. De trabajo : -25 + 75°C
humedad de trabajo : 0 - 100% RH non condensan
<b>Bocina ATEX FGS CROUSE-HINDS</b>
Potencia de salida: 125 Dpb. - 1000w
Ratio de llegada: 50 mí.
Protección: NEMA 4 ATEX
<b>Detector de gas XNX HONEYWELL</b>
Tipo de detección: Metano , Butano, Oxigeno
Sensibilidad: 0.1 - 100 ppm
Detección de gas inflamable: 0-100% LEL-LEF
COM: Fieldbus- Hart - Controlnet
Detector de celda electrolítica
<b>Válvula de diluvio TYCO ATEX MM75</b>
Presión: 200 - 600 psi
Com: 4-20 ma.
Activación tipo: Solenoide, Manual, Ruptura capilar



Fuente: Elaboración propia

La denominación en la arquitectura de comunicación y control, para el centro de control en “Truck Loading,” es: “Edificio de Despacho”. En la figura 12 se muestra la arquitectura de comunicación y control de planta y su relación con el área de truck loading y el sistema IFIX, el cual se comunica con Delta V, que es el sistema de control y supervisión de procesos de toda la planta, así mismo la compatibilidad y comunicación entre sistemas dista por actualizaciones el acceso a la información, debido a que ambos poseen clientes independientes y el acceso en la red corporativa no muestra necesariamente, un historial completo de IFIX accediendo desde DeltaV y viceversa.

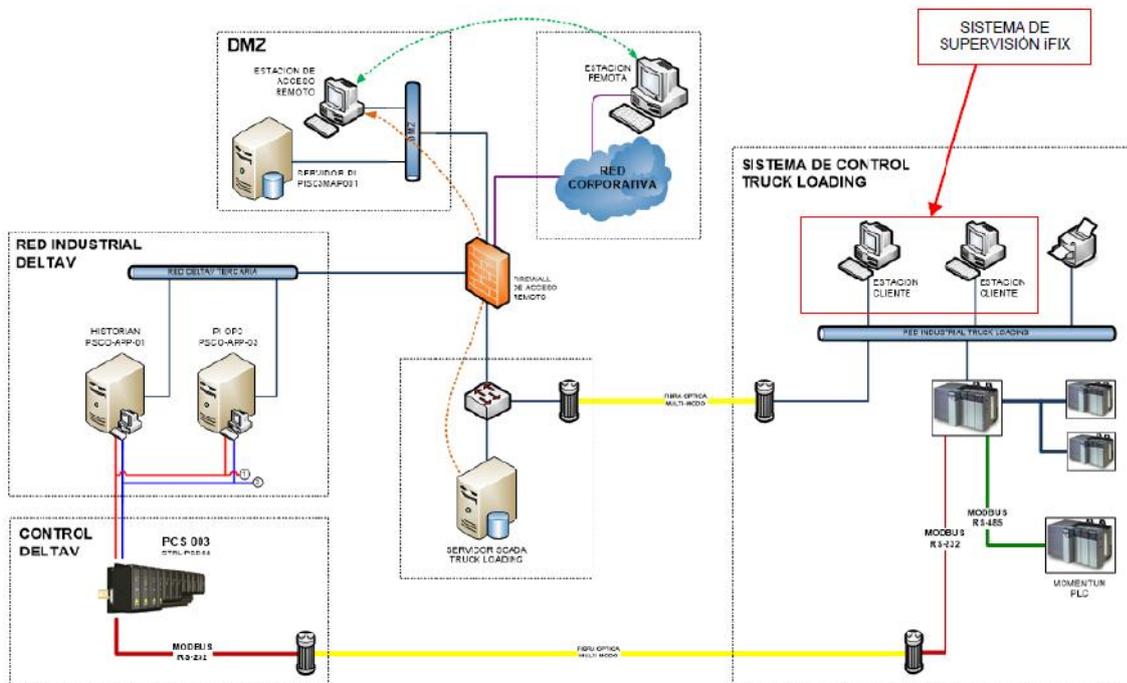


Figura 12: sistema de supervisión de planta PPC-Pisco  
Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, un respaldo de cuerpo de texto que se emite desde ambas tecnologías, converge en la solución parcial de la comunicación, esto es suficiente ya que específicamente se puede obtener mayor información desde sus servidores respectivos.

### 3.2.6.1. Diseño para la ampliación del sistema LCS

En la Figura 13, se muestra el diseño con el que se contará para la ampliación de entradas y salidas, procesador, módulo de comunicación y los elementos con los que contará el sistema, esto debido a que en el anterior diseño, habría sido ocupado en su totalidad por las tres islas de despacho existentes, además es necesario integrar la cuarta isla de despacho, trabajar con un respaldo ante futuras ampliaciones o modificaciones, además de reubicar algunos instrumentos.

## EDIFICIO DE INSPECTORES

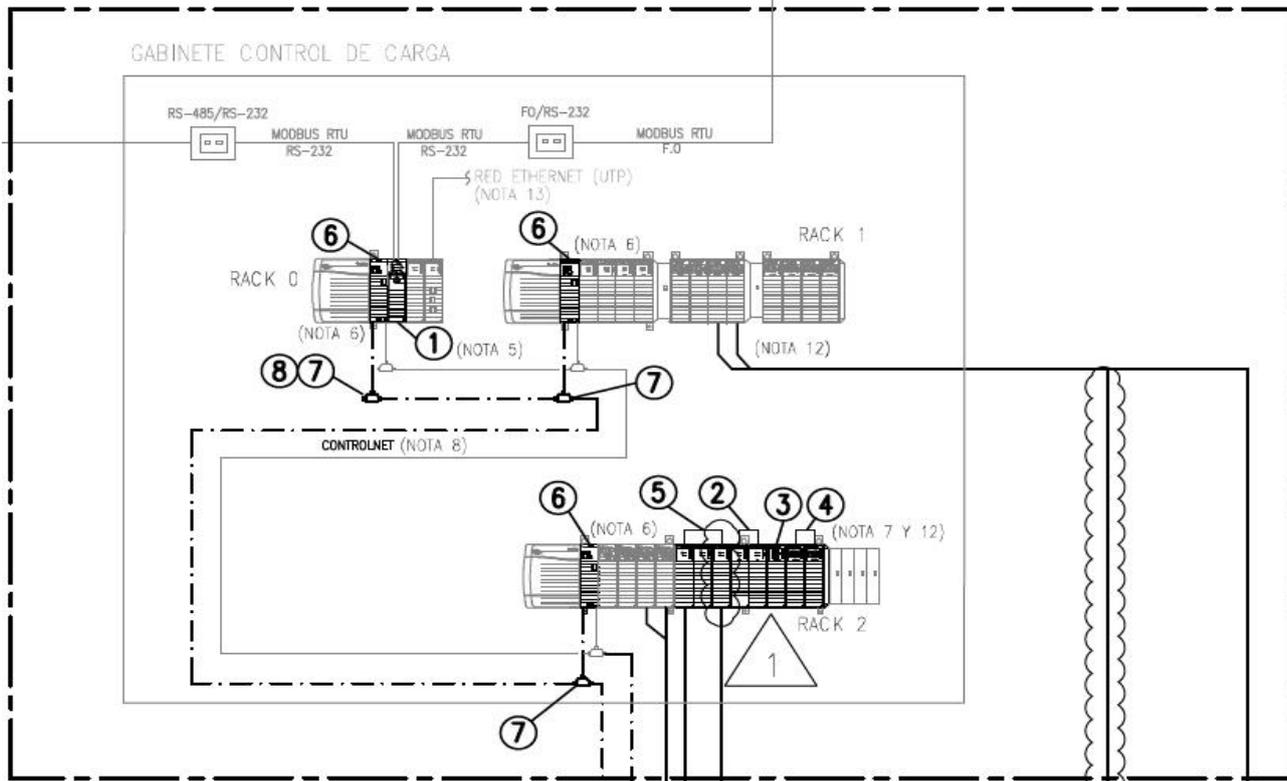


Figura 13: Sistema de distribución LCS edificio de inspectores  
Fuente: Elaboración propia

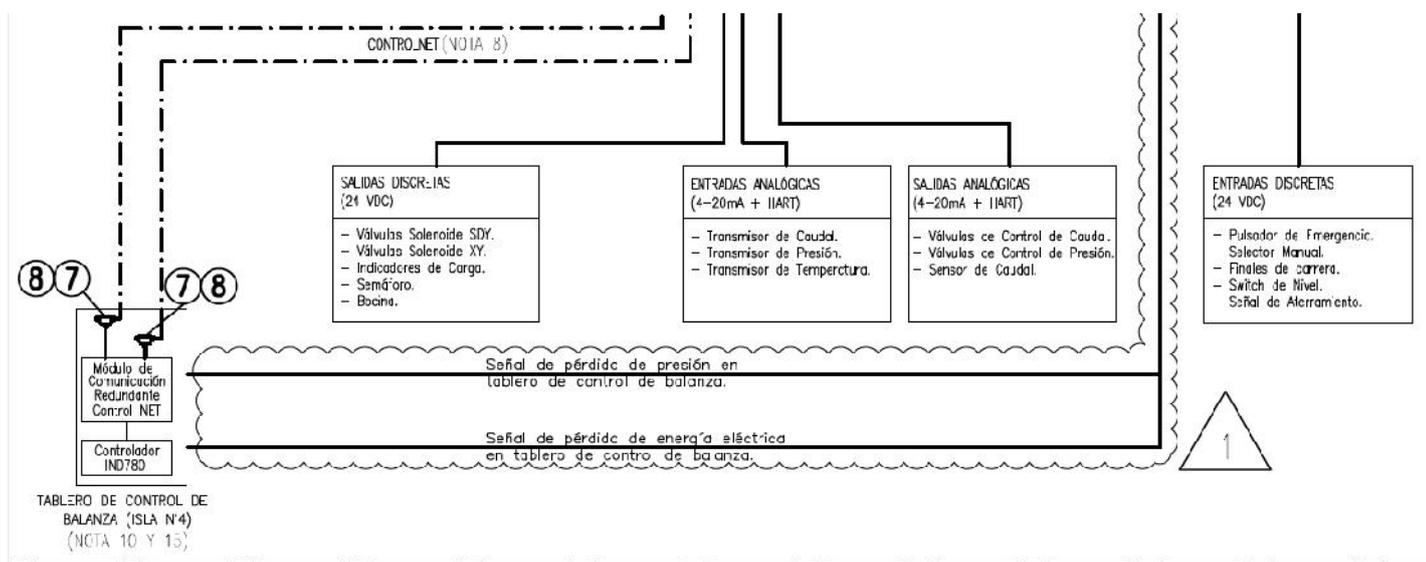


Figura 14: Sistema de distribución LCS edificio de inspectores (parte 2)  
Fuente: Elaboración propia

Parte de la ampliación del sistema LCS se centraliza en mejorar la comunicación de las balanzas para cada una de las islas, así mismo incluir, la nueva comunicación con el SKIT odorizante. El diseño también manejará la ampliación de los instrumentos de Fire and Gas y su ampliación comunicación con la sala 2 de almacenamiento.

En la figura 15 se muestran listados los elementos necesarios para satisfacer el diseño y la demanda en la ampliación y mejora en despacho.

ITEM	CANT.	FABRICANTE	MODELO	DESCRIPCIÓN
1	1	ALLEN BRADLEY	1756-L73	MÓDULO PROCESADOR CONTROL LOGIX
2	3	ALLEN BRADLEY	1756-IF8	MÓDULO DE ENTRADA ANALÓGICA 8 CANALES
3	2	ALLEN BRADLEY	1756-OF8	MÓDULO DE SALIDA ANALÓGICA 8 CANALES
4	1	ALLEN BRADLEY	1756-IB16I	MÓDULO DE ENTRADA DISCRETA 16 CANALES
5	2	ALLEN BRADLEY	1756-OB16I	MÓDULO DE SALIDA DISCRETA 16 CANALES
6	3	ALLEN BRADLEY	1756-CN2R	MÓDULO DE COMUNICACIÓN CONTROLNET REDUNDANTE
7	5	ALLEN BRADLEY	1756-TPS	TAP PARA CONECTORES BNC
8	3	ALLEN BRADLEY	-	RESISTENCIA TERMINADORA

Figura 15: Lista de equipos para sistema LCS

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6.2. Diseño de ampliación para Fire and Gas

La inclusión de mayores elementos para el sistema de seguridad (instrumentos de FGS), demandaran la inclusión de un LOGIC SOLVER (elemento de control para seguridad fabricado por EMERSON), o elemento de control SIS, esto debido a que se comunican con el sistema central de planta DeltaV para emitir control en los actuadores y valvulas Shut Down que corresponden al proceso de carga en islas de despacho, el Logic Solver se encargara de enviar señales independientes que provienen de los instrumentos FGS para intervenir independientemente.

El Diseño según la figura 16, contempla los instrumentos FGS que se necesitaran en la instalación de un Logic solver con el que contara el sistema SIS, que cuenta con 13 puertos de entrada para instrumentos, lo suficiente para los 7 instrumentos instalados.

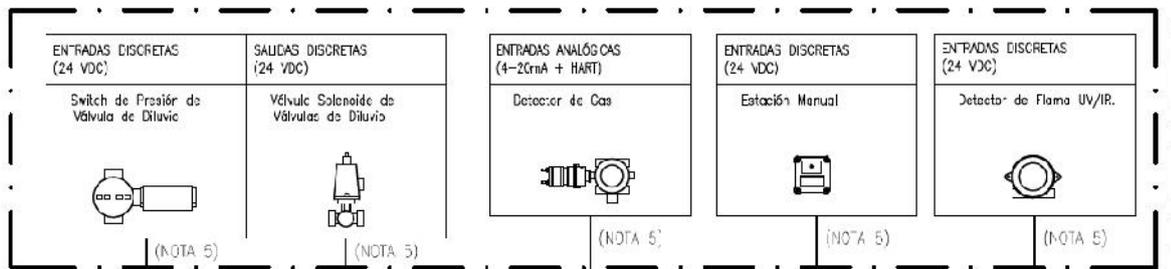


Figura 16: Distribución SIS y Gabinete  
Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6.3. Diseño del sistema de comunicaciones

En la figura 17, se muestra como se incluirá el Módulo de comunicación control net, la elección de comunicación mediante la adición de control net se justifica en que así está basado el diseño base del sistema de control, se trata de PLC AB Rockwell, así mismo las balanzas, originalmente existen otros dos módulos de comunicación del cual uno de ellos tiene reserva en cuanto a su capacidad de transmisión, sin embargo las balanzas estarán basadas en comunicación por fibra óptica,

Esto debido a la actualización del controlador (previsto y emitido por el fabricante de balanzas METLER TOLEDO).

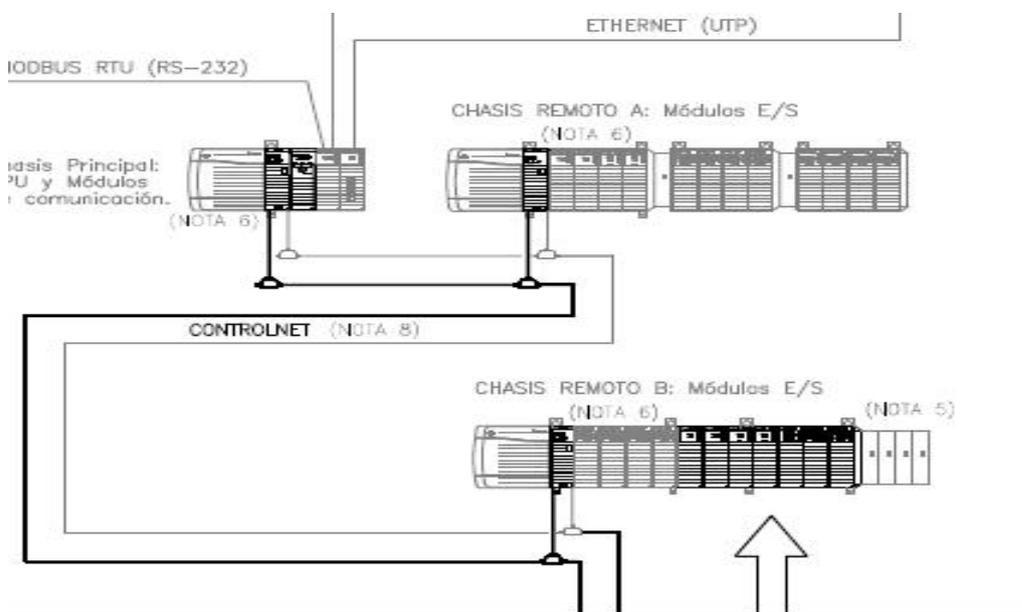


Figura 17: Módulos de Comunicación en LCS  
Fuente: Elaboración propia

### 3.2.6.4. Lógica de control de Alarmas

**a. Implementación de alarma por pérdida de presión en tablero de control de Balanza**

Los fabricantes de balanzas y tableros, en limitadas ocasiones se encuentran con la problemática de instalarse en una planta de gas, esto hace que los estándares de construcción demanden productos con protocolos de seguridad específicos en este caso NEMA 5, NFPA 58, IP 69 para elementos de protección anti explosivos, una manera de mantener la protección de los circuitos y de la integridad de la planta es mantener la caja que contiene los circuitos y placa base de la balanza presurizados lo suficiente para que en caso de fugas de gas, este no pueda pasar la caja de protección.

Se plantea, implementar en el PLC del sistema de control de carga (PLC – LCS), un diagrama de flujo que permita la activación de una señal de alarma por despresurización en tablero de control de balanza de las islas de despacho, para este caso se debe incluir una rutina de activación de un bit (Bit\_Perd\_Press\_1), para lo cual se plantea el siguiente diagrama de

Flujo (Figura N° 18), donde el término “Local\_ChX.1” representa la dirección del bit del módulo de entrada discreta del PLC-LCS.

La dirección es asignada durante la etapa de implementación y de configuración del sistema de control de carga. En caso este bit (Bit\_Perd\_Press\_1) se active, se deberá activar de manera inmediata la rutina existente de paro de isla donde se produjo el evento. El nombre de la rutina de paro de isla indicada en el diagrama de flujo “SUSPENDER\_ISLA\_N°X” como referencia, en la figura 18 se muestra a detalle el diagrama.

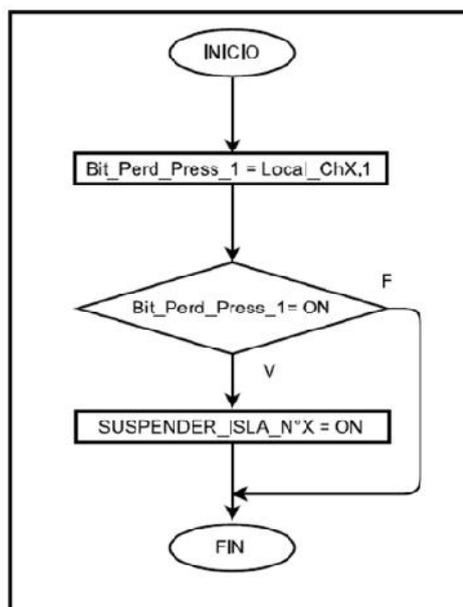


Figura 18: Diagrama de Flujo para la detección de la alarma de despresurización de tablero de control de balanza.  
Fuente: elaboración propia.

#### **b. Implementación de la alarma por pérdida de alimentación de tablero de control de balanza**

De igual manera ante la pérdida de alimentación de la balanza se plantea una alarma por pérdida energía del tablero, con el fin de evitar sobre cargas o faltas de despacho en los camiones que incentiven una carga manual mal regulada, para este caso se debe incluir una rutina de activación de un bit (Bit\_Perd\_Energ\_1), para lo cual se plantea el siguiente diagrama de flujo (Figura N° 19), donde el término “Local\_ChX.1” representa la dirección del bit del módulo de entrada discreta del PLC LCS. La dirección deberá ser asignada durante la etapa de implementación y de configuración de sistema de control de carga.

En caso este bit (Bit\_Perd\_Energ\_1) se active, se deberá activar de manera inmediata la rutina existente de paro de isla donde se produjo el evento.

El nombre de la rutina de paro de isla indicada en el diagrama de flujo “SUSPENDER\_ISLA\_N°X” es referencial.

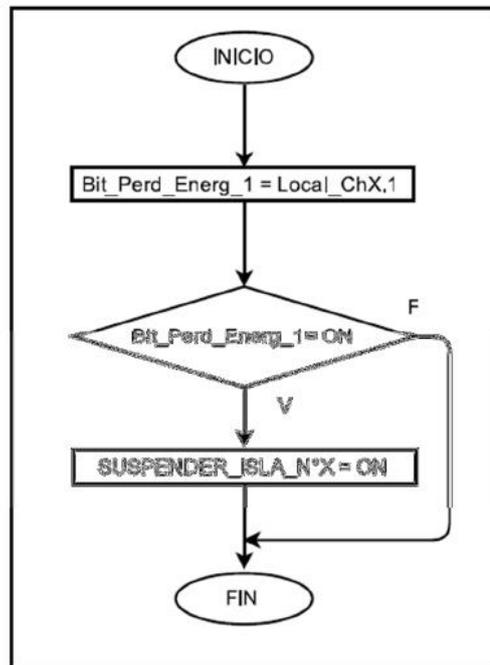


Figura 19: Diagrama de Flujo para la detección de la alarma por pérdida de alimentación Eléctrica en tablero de control de balanza  
Fuente: Elaboración Propia

### c. Configuración de alarmas hacia el sistema SCADA IFIX

Considerando que se requiere la visualización de las dos (02) alarmas a implementar en el Sistema SCADA iFix, se debe enviar una señal (bit) para cada caso desde el PLC, hasta las pantallas del Sistema SCADA iFIX.

Para el caso de la señal de alarma por despresurización de tablero de control de balanza, el diagrama de flujo mostrado en la Figura N° 18 se debe modificar, adicionando una última rutina según se muestra en la figura N°20

Esta rutina permitirá la activación de un bit de alarma de despresurización (Scada\_Bit\_Perd\_Press\_1).

En las pantallas del sistema SCADA se debe configurar un nuevo indicador (símbolo) de alarma que se asocie al bit de alarma de despresurización (Scada\_Bit\_Perd\_Press\_1) del PLC LCS.

Se debe recordar que en caso este bit se active, se deberá activar de manera inmediata la rutina de paro de despacho en la isla donde se produjo la alarma.

Para el caso de la señal de alarma por pérdida de alimentación eléctrica, el diagrama de flujo mostrado en la Figura N° 20 se debe modificar, adicionando una nueva rutina.

Esta rutina permitirá la activación de un bit de alarma de pérdida de alimentación eléctrica (Scada\_Bit\_Perd\_Energ\_1).

En las pantallas del sistema SCADA se debe configurar un nuevo indicador (símbolo) de alarma que se asocie al bit de alarma de pérdida de alimentación eléctrica (Scada\_Bit\_Perd\_Energ\_1) del PLC LCS.

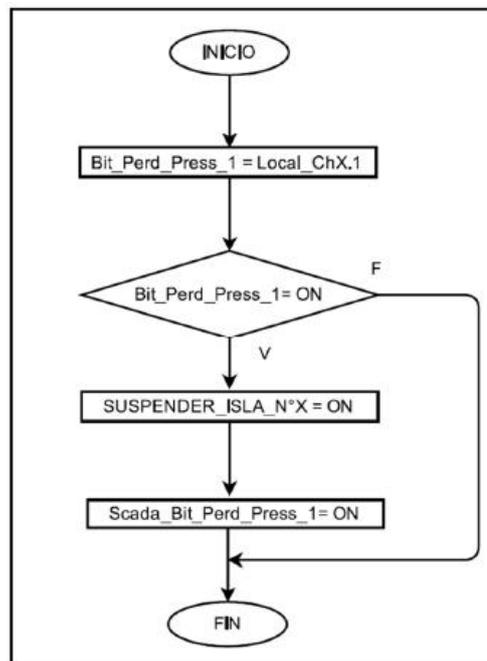


Figura 20: Diagrama de Flujo para envío de señal de alarma por despresurización de tablero de control de balanza hacia SCADA.

Fuente: Elaboración propia

#### d. Sistema de supervisión

El sistema de supervisión que consta de los elementos mencionados en la tabla 10, como se muestra a continuación.

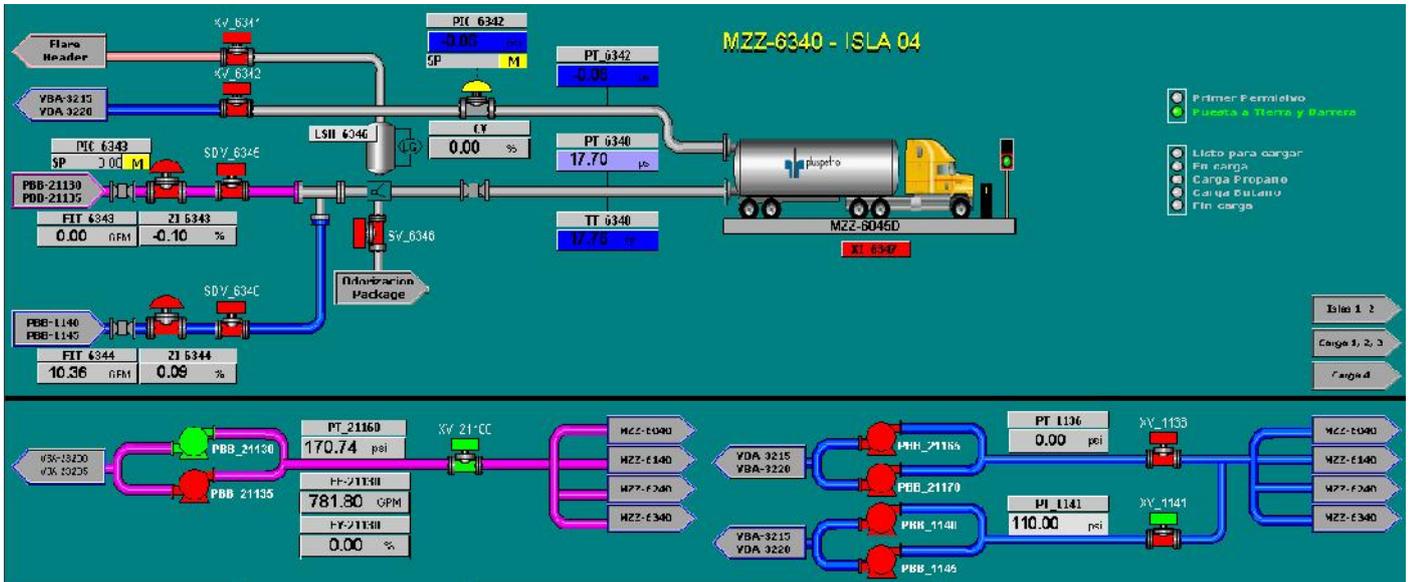


Figura 21: Sistema de supervisión de carga

Fuente: Elaboración propia

# CAPITULO IV

#### IV. RESULTADOS

1. Como se puede apreciar en la figura 22, se realizó la instalación del módulo de comunicación control net a modo de ampliar la capacidad de comunicación con las balanzas, skit odorizante y otras señales integradas.



Figura 22: Instalación de módulo de comunicaciones  
Fuente: Elaboración propia

- J) En las figuras 23, se puede apreciar la instalación de los módulos de entradas y salidas analógicas y digitales de la ampliación realizada tanto para isla 4 como para las nuevas señales en las islas 1,2, 3.



Figura 23: Instalación de modulo E/S análogo digital  
Fuente: Elaboración propia



Figura 24: Instalación de modulo E/S análogo digital 2  
Fuente: Elaboración propia

) Así mismo en la figura 25, se puede apreciar que la comunicación realizada por control net que llega al módulo, utiliza un convertidor a fibra óptica, este módulo comunica el LCS (sistema de control local Truck loading) con el sistema Delta V del centro de control de planta.



Figura 25: Modulo de conversión ES232 a F.O.  
Fuente: Elaboración propia

2. Los instrumentos instalados de fire and gas se comunican con el modulo SIS Logic solver que se encuentra en la Figura 26, en la parte inferior izquierda en el primer módulo, se puede

apreciar el conexionado de los instrumentos. Los Logic Solver se encuentran en la Sala 2, nombre que posee la sala del área de almacenamiento de bullets y bombas, donde además se centraliza el sistema de seguridad de almacenamiento y despacho.

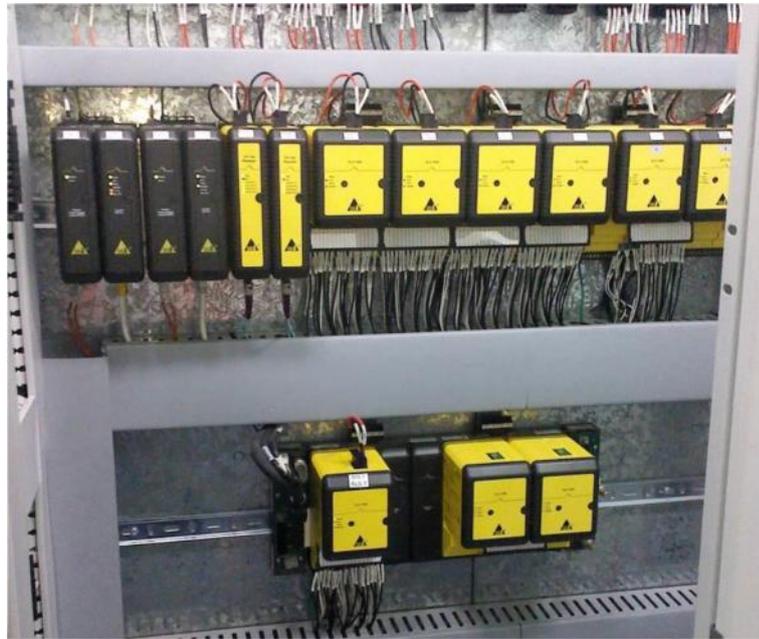


Figura 26: Gabinete SIS sala 2  
Fuente: Elaboración propia

3. En cuanto al sistema e Fire and Gas se incluyeron los instrumentos mencionados para el sistema de seguridad de planta, incluyendo así, un tres paros de emergencia cada uno con la función específica que se puede apreciar en la Figura 28.



Figura 27: Instalación de Paro Local  
Fuente: Elaboración propia

4. De igual manera la inclusión de las bocinas por isla como se puede apreciar en la figura 28



Figura 28: Instalación de Bocina  
Fuente: Elaboración propia

5. En la pre visualización de una de las islas en figura 29, de despacho se señala la instalación de un AT que es un transmisor analizador de gases, se encuentran, en la parte extrema y media de la isla de despacho y compara los niveles de propano, en este cargo el nivel máximo permitido es de 30% el cual ya incurre en la alarma de paro de isla y bloqueos.



Figura 29: Instalación de Detector de gas  
Fuente: Elaboración propia

J En la Figura 30 se puede visualizar el área de truck loading y cada una de las islas de despacho



Figura 30: Islas de Despacho  
Fuente: Elaboración propia

6. En el sistema de supervisión de islas, se realizó la integración del skit odorizante, como se puede observar en la figura 31, se puede controlar la bomba de despacho para skit, esto es importante en caso una de ellas presente mal funcionamiento o se encuentre en mantenimiento, en ese caso se selecciona la de reserva o alguna que se

encuentre libre, así mismo se puede cambiar la constante de inyección acorde al peso de carga.

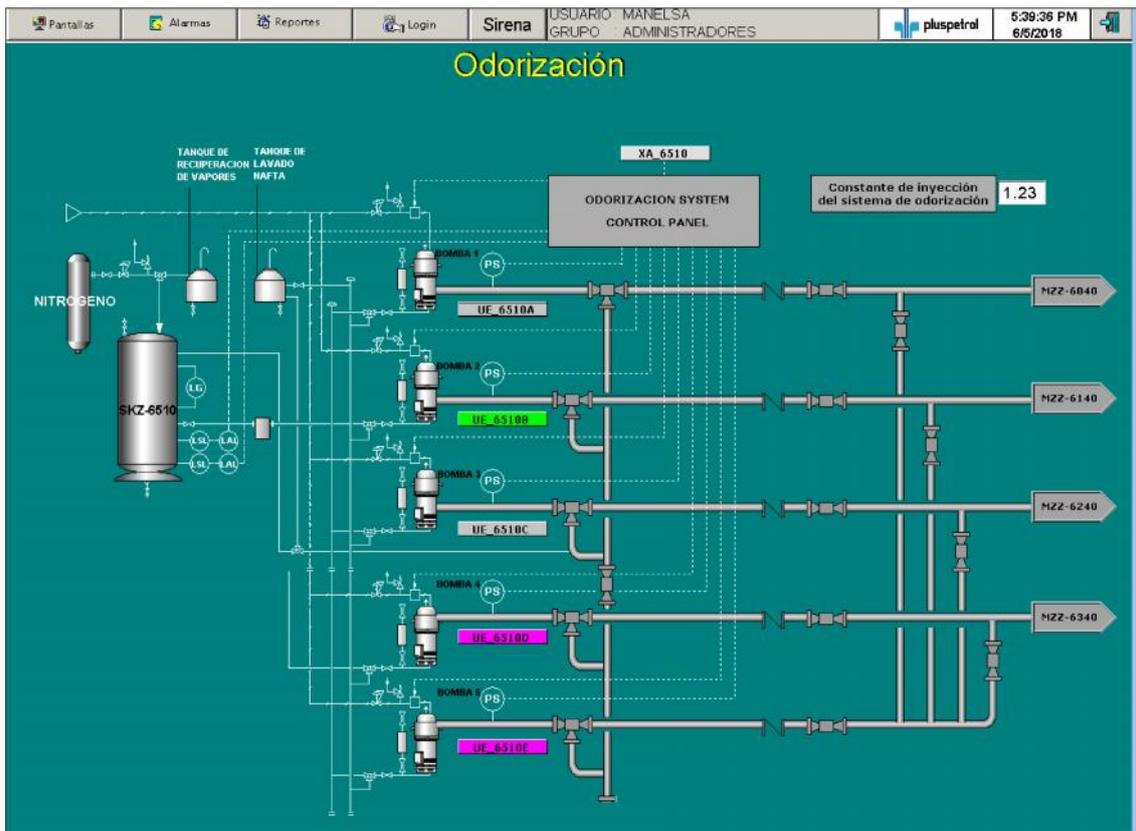


Figura 31: Pantalla de Skit odorizante  
Fuente: Elaboración propia

7. En cuanto a las islas, se realizó la integración de las válvulas de salida para línea de despacho en propano y butano, línea que puede ser controlada y nos proporciona información de presión de salida y esta es comparada con la línea de salida de bullets, además se realizó la integración de las señales de semáforo visualizables en la pantalla de cada isla, así mismo se puede visualizar la presión de bombeo desde bullets.

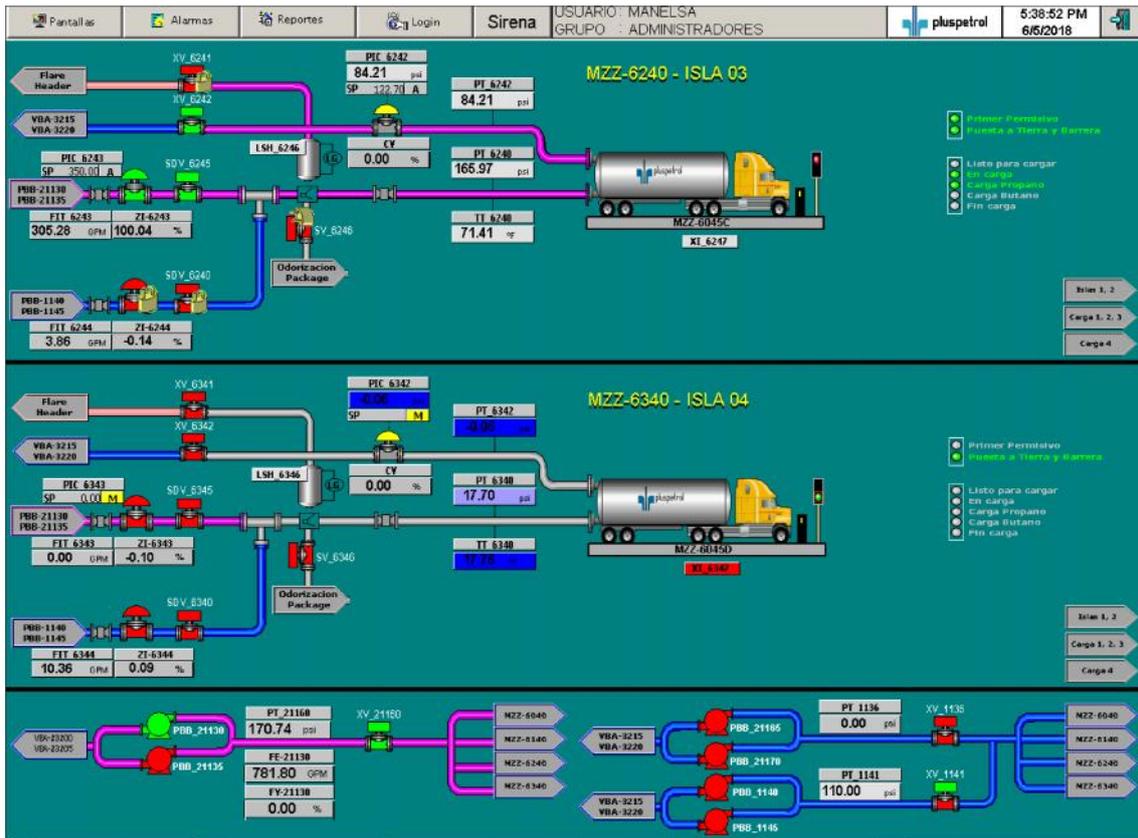


Figura 32: Pantalla de supervisión de islas  
Fuente: Elaboración propia

8. La comunicación de balanza fue mejorada al poder visualizar datos más específicos en cuanto a datos históricos de carga, carga anterior y nueva carga, el tareado entre cargas y también los pesos de distribución para cada producto tanto propano como butano esto se puede visualizar en la figura 33, además se puede hacer reinicio de la balanza remotamente sin necesidad de apagar o asistir en sitio al controlador de balanza.

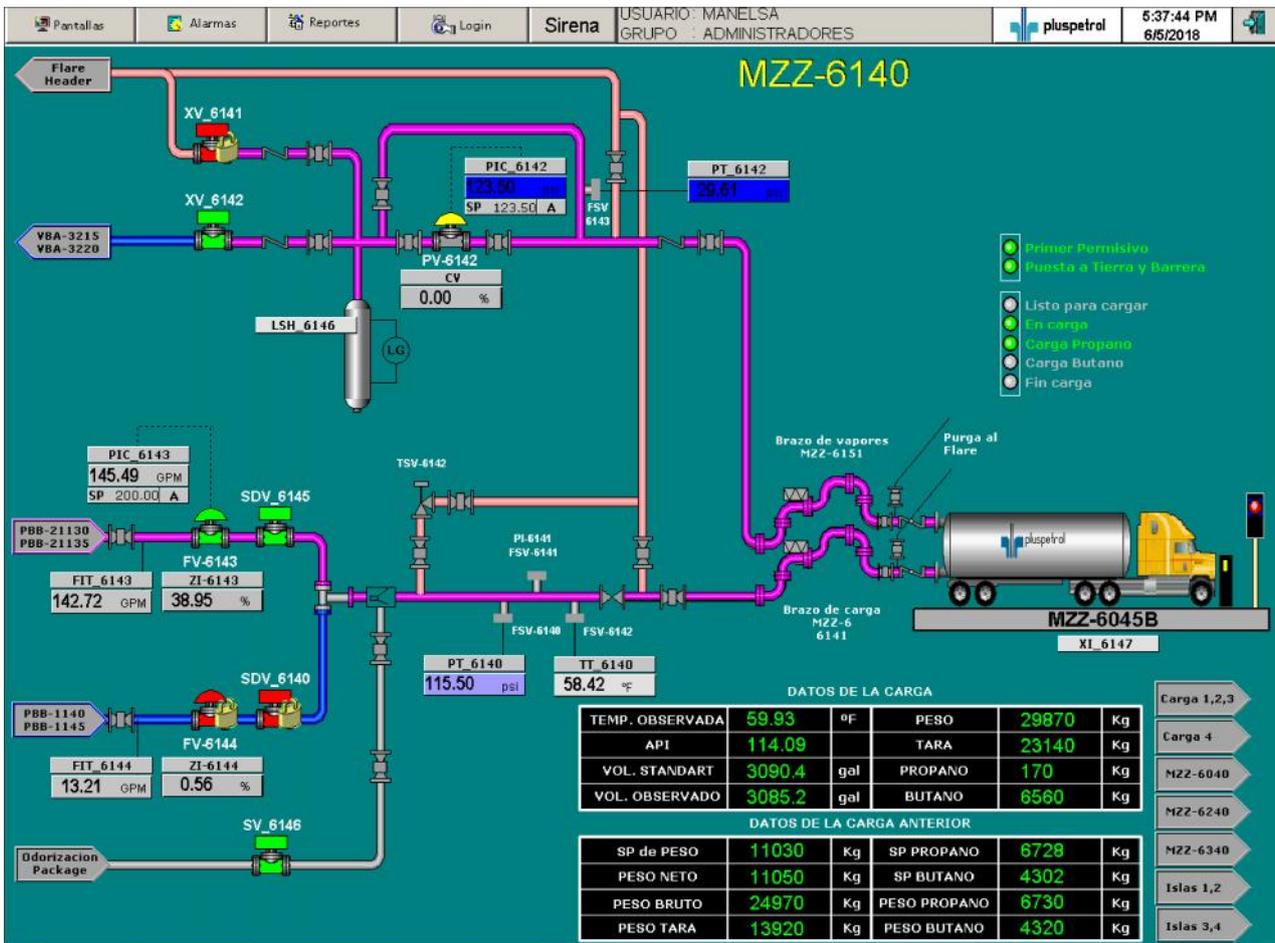


Figura 33: Pantalla de supervisión de Balanza  
Fuente: Elaboración propia

9. En las figuras 35, se puede hacer visualización del resumen de las cuatro islas de despacho, Faceplates importante para cuando se trabaja con todas las islas, además se puede mostrar información de cada camión, carga, peso y tiempo de carga el cual es de suma importancia.

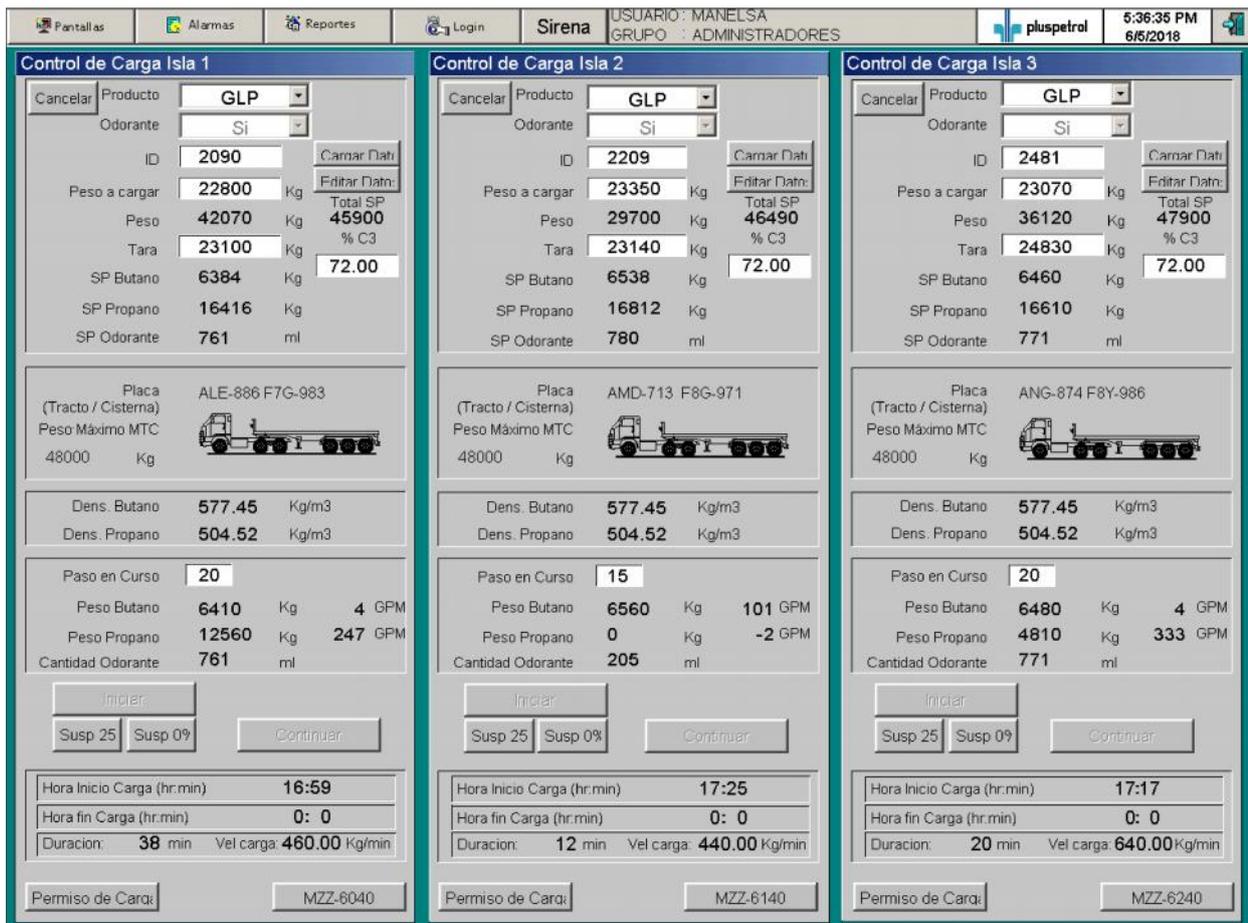


Figura 34: Pantalla de supervisión de islas Resumen  
Fuente: Elaboración propia

10. Como parte de la mejora del sistema de control y supervisión en alarmas, se ampliaron las pantallas de instrumentos shut Down y detalles de paro por isla, así mismo la visualización de válvulas y otros elementos de shut Down, no solo de las islas, también se integran aquellos del área de almacenamiento, en la figura 36 se muestra el detalle, además de los controles para paro en caso de activación, en la figura además se muestra una simulación de algunos elementos en fallo.

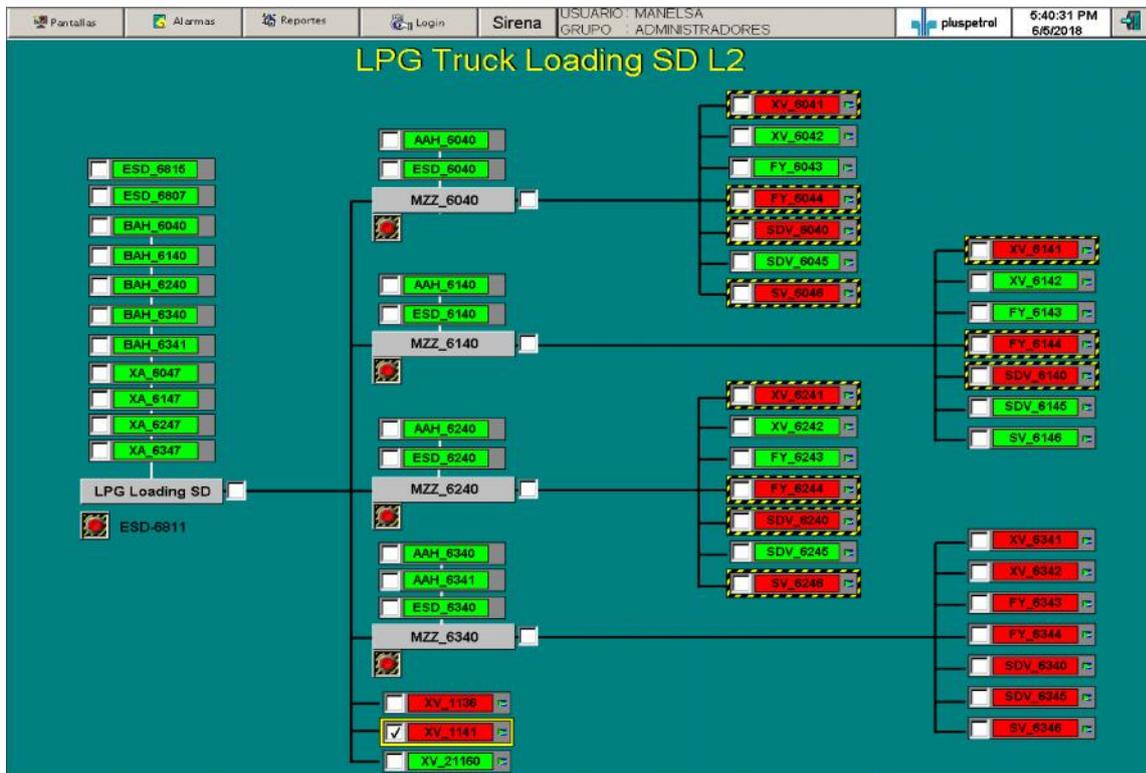


Figura 35: Pantalla de supervisión Shut Down  
Fuente: Elaboración propia

11. En la figura 36 muestra la toma de datos del antes y después de la implementación con el control de las cargas, así mismo las cantidades de mercaptano utilizadas, y reportes de incidencias.

SISTEMA DE CALIDAD		REPORTES SEMANAL TRUCK LOADING		pluspetrol																																	
		DAILY WORK REPORT																																			
AREA:		ISLAS DE DESPACHO TRUCK		pluspetrol																																	
Ubicación:		LOADING - PLANTA PISCO																																			
Fecha / Date:		05 - Jun - 18	Reporte N° / Report N°:	45																																	
<b>LLUMA</b> <table border="1"> <tr> <td>AM</td> <td>SOLEADO</td> <td>X</td> <td>NUBLADO</td> <td></td> <td>LLUVIOSO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PM</td> <td>SOLEADO</td> <td>X</td> <td>NUBLADO</td> <td></td> <td>LLUVIOSO</td> <td></td> </tr> </table>		AM	SOLEADO	X	NUBLADO		LLUVIOSO		PM	SOLEADO	X	NUBLADO		LLUVIOSO		<b>CARGA PROMEDIO DEL SISTEMA DE DESPACHOS</b> 																					
AM	SOLEADO	X	NUBLADO		LLUVIOSO																																
PM	SOLEADO	X	NUBLADO		LLUVIOSO																																
<b>ESTADÍSTICAS HORAS HOMBRE / INOPERATIVIDAD</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>ANTERIOR</th> <th>ACTUAL</th> <th>ACUMULADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HORAS DIRECTAS TRABAJADAS</td> <td>48,830</td> <td>680</td> <td>49,510</td> </tr> <tr> <td>HORAS INDIRECTAS TRABAJADAS</td> <td>17,310</td> <td>#REF!</td> <td>#REF!</td> </tr> <tr> <td>HORAS STAND BY</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			ANTERIOR	ACTUAL	ACUMULADO	HORAS DIRECTAS TRABAJADAS	48,830	680	49,510	HORAS INDIRECTAS TRABAJADAS	17,310	#REF!	#REF!	HORAS STAND BY	0	0	0	<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL Y MEDIO AMBIENTE</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>SEGURIDAD</th> <th>ANTERIOR</th> <th>ACTUAL</th> <th>ACUMULADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ACCIDENTES</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>INCIDENTES</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>DÍAS PERDIDOS</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				SEGURIDAD	ANTERIOR	ACTUAL	ACUMULADO	ACCIDENTES	2	0	2	INCIDENTES	0	0	0	DÍAS PERDIDOS	0	0	0
	ANTERIOR	ACTUAL	ACUMULADO																																		
HORAS DIRECTAS TRABAJADAS	48,830	680	49,510																																		
HORAS INDIRECTAS TRABAJADAS	17,310	#REF!	#REF!																																		
HORAS STAND BY	0	0	0																																		
SEGURIDAD	ANTERIOR	ACTUAL	ACUMULADO																																		
ACCIDENTES	2	0	2																																		
INCIDENTES	0	0	0																																		
DÍAS PERDIDOS	0	0	0																																		
<b>CANTIDAD DE PRODUCTO DESPACHADO</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto facturado</th> <th>TOTAL CI</th> <th>Saldo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Producto facturado</td> <td>322541.00</td> <td>2.00</td> </tr> <tr> <td>Producto despachado</td> <td>322550.00</td> <td>10.00</td> </tr> </tbody> </table>		Producto facturado	TOTAL CI	Saldo	Producto facturado	322541.00	2.00	Producto despachado	322550.00	10.00	<b>CONTROL DE PERSONAL EPS 25</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Incidentes / Faltas</th> <th>OTROK</th> <th>SBC</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MANO DE OBRA INDIRECTA</td> <td>23</td> <td>1</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>MANO DE OBRA DIRECTA</td> <td>44</td> <td>24</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>TOTAL PERSONAL</td> <td>67</td> <td>25</td> <td>92</td> </tr> </tbody> </table>				Incidentes / Faltas	OTROK	SBC	TOTAL	MANO DE OBRA INDIRECTA	23	1	24	MANO DE OBRA DIRECTA	44	24	68	TOTAL PERSONAL	67	25	92							
Producto facturado	TOTAL CI	Saldo																																			
Producto facturado	322541.00	2.00																																			
Producto despachado	322550.00	10.00																																			
Incidentes / Faltas	OTROK	SBC	TOTAL																																		
MANO DE OBRA INDIRECTA	23	1	24																																		
MANO DE OBRA DIRECTA	44	24	68																																		
TOTAL PERSONAL	67	25	92																																		
<b>CANTIDAD DE MERCAPTANO</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ABASTECIMIENTO</th> <th>Kg.</th> <th>Nota</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>UTILIZADO</td> <td>33</td> <td>0.455 kg. No restaron en sistema de inyección</td> </tr> <tr> <td></td> <td>32</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		ABASTECIMIENTO	Kg.	Nota	UTILIZADO	33	0.455 kg. No restaron en sistema de inyección		32		<b>En Obra / De Franco / Stand By</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>STORK</th> <th>SBC</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PERSONAL EN OBRA</td> <td>67</td> <td>25</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>PERSONAL DE FRANCO</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>PERSONAL STAND BY</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>TOTAL PERSONAL</td> <td>67</td> <td>25</td> <td>92</td> </tr> </tbody> </table>					STORK	SBC	TOTAL	PERSONAL EN OBRA	67	25	92	PERSONAL DE FRANCO	0	0	0	PERSONAL STAND BY	0	0	0	TOTAL PERSONAL	67	25	92			
ABASTECIMIENTO	Kg.	Nota																																			
UTILIZADO	33	0.455 kg. No restaron en sistema de inyección																																			
	32																																				
	STORK	SBC	TOTAL																																		
PERSONAL EN OBRA	67	25	92																																		
PERSONAL DE FRANCO	0	0	0																																		
PERSONAL STAND BY	0	0	0																																		
TOTAL PERSONAL	67	25	92																																		

Figura 36: Informe de resumen semanal  
Fuente: Pluspetrol Corporation

12. En la figura 37, se visualiza la cantidad total despachada en la semana después de la implementación de alarmas y sistema de supervisión adecuado, esta es una muestra del cambio respecto a la tabla 7.1 donde puede apreciar una desviación y sobre carga, debido a fallos de comunicación e interfaz de supervisión y alarmas, la nueva desviación total es de 9 galones promedio en una semana de reciente implementación y en 4 islas de despacho, así mismo este se ira regulando conforme como el personal operativo, regule el peso de despacho según el camión.

CANTIDAD DE PRODUCTO DESPACHADO		
	TOTAL GI	%balance
Producto facturado	322541.00	2.00
producto despachado	322550.00	10.00
<b>Diferencia despachada</b>	<b>9</b>	<b>-</b>

CANTIDAD DE MERCAPTANO		
	Kg.	
ABASTECIMIENTO	35	0.455 kg. De retención en sistema de inyección
UTILIZADO	32	

Figura 37: Detalle de producción Semanal  
Fuente: Pluspetrol Corporation

		<b>SUP-COD INCIDENT REPORT</b>	
Area :	ALMACENAMIENTO Y DESPACHO	unidad :	DESPACHO
sistema :	LCS ISLAS 1,2,3,4	Fecha:	8/09/2018 al 08/10/2018
Solicitante:	<b>RUBEN DIAZ PALACIOS</b>		
codigo solicitante :	335478-LLB		
Grado de eventos :	Regular		
incidentes Peligrosos :	0		
Alarmas de bloqueo :	ITT-1 ITT-2 ITT-3 ITT-4		
Codigo Matriz :	TL-001-AD-LCS-1 a TL-104-AD-LCS-4-TT		
Indice de carga :	1.35		
eventos :	0		

Figura 38: Informe resumen de incidentes en Truck Loading  
Fuente: Pluspetrol Corporation

# CAPITULO V

## V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

1. Al haber implementado y reforzado el sistema SIS de seguridad en las islas, con otros instrumentos de detección, no se presentan más alarmas involuntarias que activan el paro de la isla, de esta forma ya no se reinician los datos de carga, y no se reportan falsos incidentes al centro de control de planta.
2. En la ampliación de memoria, entradas y salidas así como de módulo de comunicaciones en el LCS (sistema de control de carga), el propósito fue ampliar la capacidad para la integración de la cuarta isla, se mejoró la comunicación de las balanzas y se integra por completo el SKIT odorizante, este cambio permitió la regulación del skit odorizante, de esta forma ya no se desperdiciara mercaptano, además completa la integración de las balanzas que evita las fallas de comunicación y mejora la adquisición de datos, así mismo se mejora la comunicación con centro de control y salas auxiliares.
3. Al haber implementado un nuevo Logic solver se amplía la capacidad de respuesta y respaldo para el sistema SIS en islas y permitió integrar los nuevos instrumentos, así como actualizar la matriz shutdown, mejoro el tiempo de respuesta e independiza por isla el control de alarmas.
4. La implementación de una nueva lógica de control para las alarmas, proporciona ahora control sobre los fallos de balanza y comunicación así como del skit odorizante, no se pierden los datos entre cargas, ya no quedan estáticos los datos de carga, además con la comunicación al sistema de supervisión, se incluyó una lógica de asignación de isla acorde a cual esté lista para carga.

5. Se mejoró el control de sobre cargas, al implementar en el sistema de supervisión el aviso del total cargado, es decir que antes de que culmine el despacho, se reduce la presión de salida con el índice de carga, de existir una nueva sobre carga, se guarda el dato histórico del camión teniendo seguimiento de su verdadera capacidad de carga de ser el caso, además ahora al reinsertar el dato de carga de un camión antes cargado, presentan el historial de cargas promedio y fallos (esta es una opción disponible que dependerá del uso de cada operador de centro de control)
  
6. Al implementar los faceplates de resumen de cargas se puede apreciar la carga simultánea de las 4 islas, además de presentar ahora la cantidad de mercaptano a despachar por el skit odorizante, se pre visualizan los datos del camión cargado.

# **CAPITULO VI**

## VI. CONCLUSIONES

Después de la investigación se puede concluir que:

- J Se analizaron y estudiaron los diferentes sistemas de supervisión y control en distribución de hidrocarburos gaseosos, así mismo el procesos de almacenamiento y distribución demandante para hidrocarburos gaseosos, además de los datos históricos presentados en las islas de despacho estudiadas, logrando realizar el diseño y posteriormente la implementación del sistema de supervisión y control de alarmas mejorando el funcionamiento del área “truck loading” en la planta de Pluspetrol Pisco.
  
- J Tras el análisis y levantamiento de necesidades en el área de despacho, se logró identificar los requisitos necesarios de mejora, así como las deficiencias en comunicaciones y seguridad, permitiendo la correcta selección de elementos que complementaron la solución en el tablero LCS (sistema de control de carga), así como la actualización del controlador de la balanza y mejora de su comunicación para el sistema de despacho y producción de las islas.
  
- J Se diseñó, implemento e íntegro la nueva isla de despacho (4ta isla), incluyendo todas las actualizaciones y mejoras para las demás islas de despacho, así mismo se mejoró el sistema de control, incluyendo lógicas de detección para los paros en islas, además se mejoró la visualización de variables integradas para los usuarios del sistema SCADA.

# **CAPITULO VII**

## VII. RECOMENDACIONES

- Ñ Se recomienda realizar el ajuste del índice de carga programable en cuanto se realice el próximo mantenimiento de planta, esto ayudará a reducir aún más las sobre cargas recurrentes según el tipo de camión de carga.
- Ñ Se recomienda tener un mayor control de los camiones a cargar, previo a realizar la carga constatar la verdadera capacidad del camión, además tener en cuenta sus datos históricos por parte de los operadores de centro de control.
- Ñ Se recomienda evitar por parte del personal operativo de isla, no des energizar la línea de aire del tablero de balanza ante algún desajuste o actualización en el tablero, dejar que se descompresione con órdenes desde centro de control de despacho.
- Ñ En el sistema de supervisión se recomienda la actualización de las PC usuarias, ya que carecen de características para trabajar con las futuras actualizaciones del sistema IFIX y actualización del sistema SIS de planta.

# CAPITULO VIII

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Hernández, R. – Fernández, C. [2010], Metodología de la investigación. (5°. Ed). Editorial McGraw-Hill. U.S.A.
- Martínez, Luis . (1998), Introducción al PLC (1° Ed.), Editorial balear , España.
- Enrique Borrás Brucart. [1987], Gas natural: características, distribución y aplicaciones industriales. (1°.Ed.). Editorial Reverte. U.S.A.
- William McCain. [1973], The properties of Petroleum Fluids. (1°. Ed.). Editorial Pennwell Books. U.S.A.
- Albert Rojey & Can Jaffret. [1994], Natural gas Production, Processing, Transport. (1° Ed.). Editorial Editions Technip, Francia.
- José Acedo Sánchez. [2006]. Instrumentación y control avanzado de procesos. Editorial IDS España.
- Antonio Creus Solé, A. (2010), Instrumentación Industrial. (7°. Ed.). Editorial Marcombo. España.

### **Trabajos citados.**

- (MEF-2016) Ministerio de Economía y Finanzas – Indicadores económicos 2016.

### **Enlaces web.**

- ) IFIX SCADA AND HMI From General Electric:  
<https://www.ge.com/digital/applications/hmi-scada/ifix>
- ) OPC org. : <https://opcfoundation.org/>
- ) Osinergmin sección GAS: <http://gasnatural.osinerg.gob.pe/>

) Delta V manual :

[http://www.chem.mtu.edu/chem\\_eng/current/new\\_courses/CM4120/2009/Getting%20Started.pdf](http://www.chem.mtu.edu/chem_eng/current/new_courses/CM4120/2009/Getting%20Started.pdf)

) Delta V SIS overview :

<https://www.emerson.com/documents/automation/deltav-sis-es-42896.pdf>

) Sociedad Peruana de Hidrocarburos: <https://sphidrocarburos.com/>

) Pluspetrol Corporation del Perú: <http://www.pluspetrol.net/peru.php>

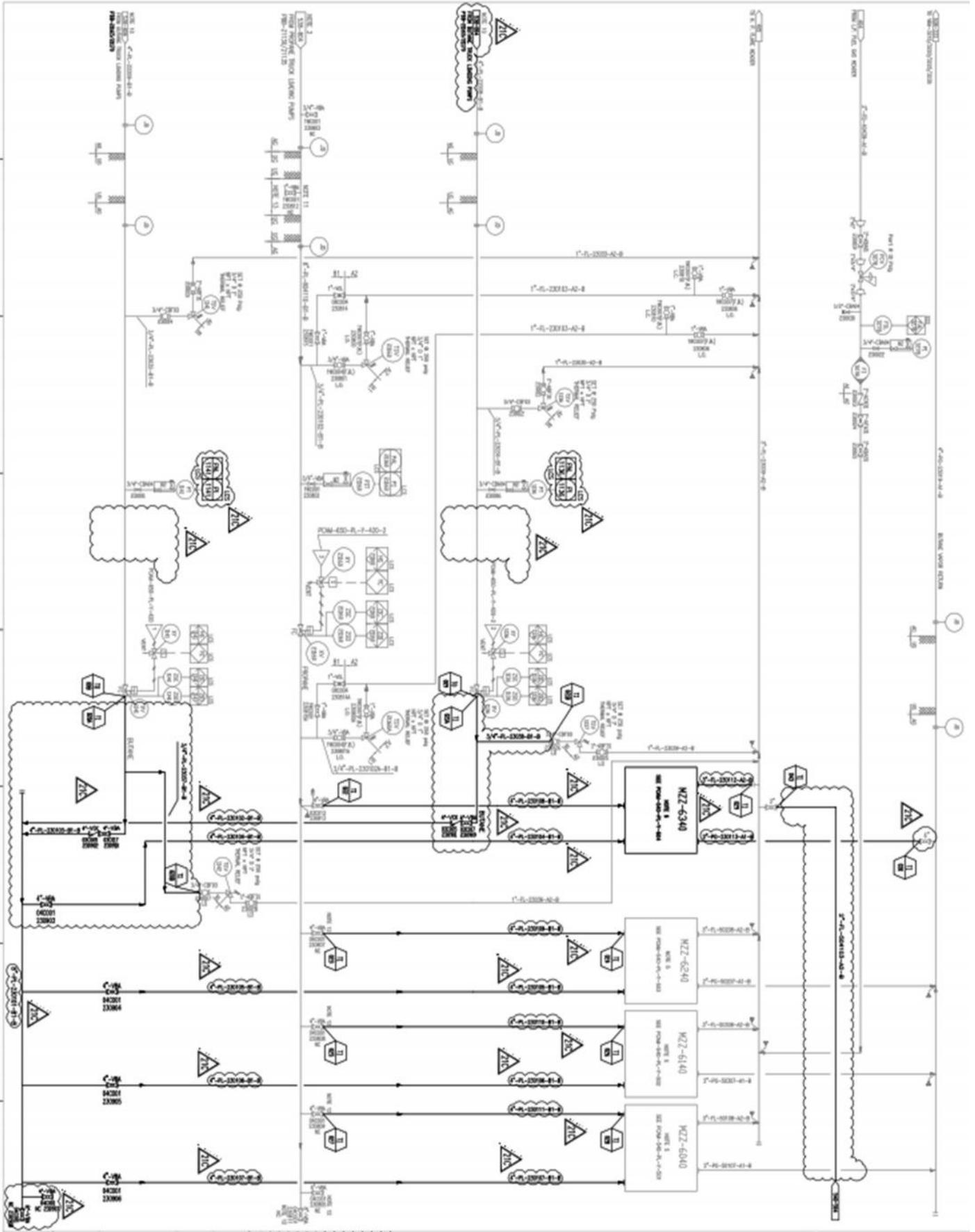
) Fieldbus Foundation : <https://fieldcommgroup.org/>

) IFIX General Electric manual:

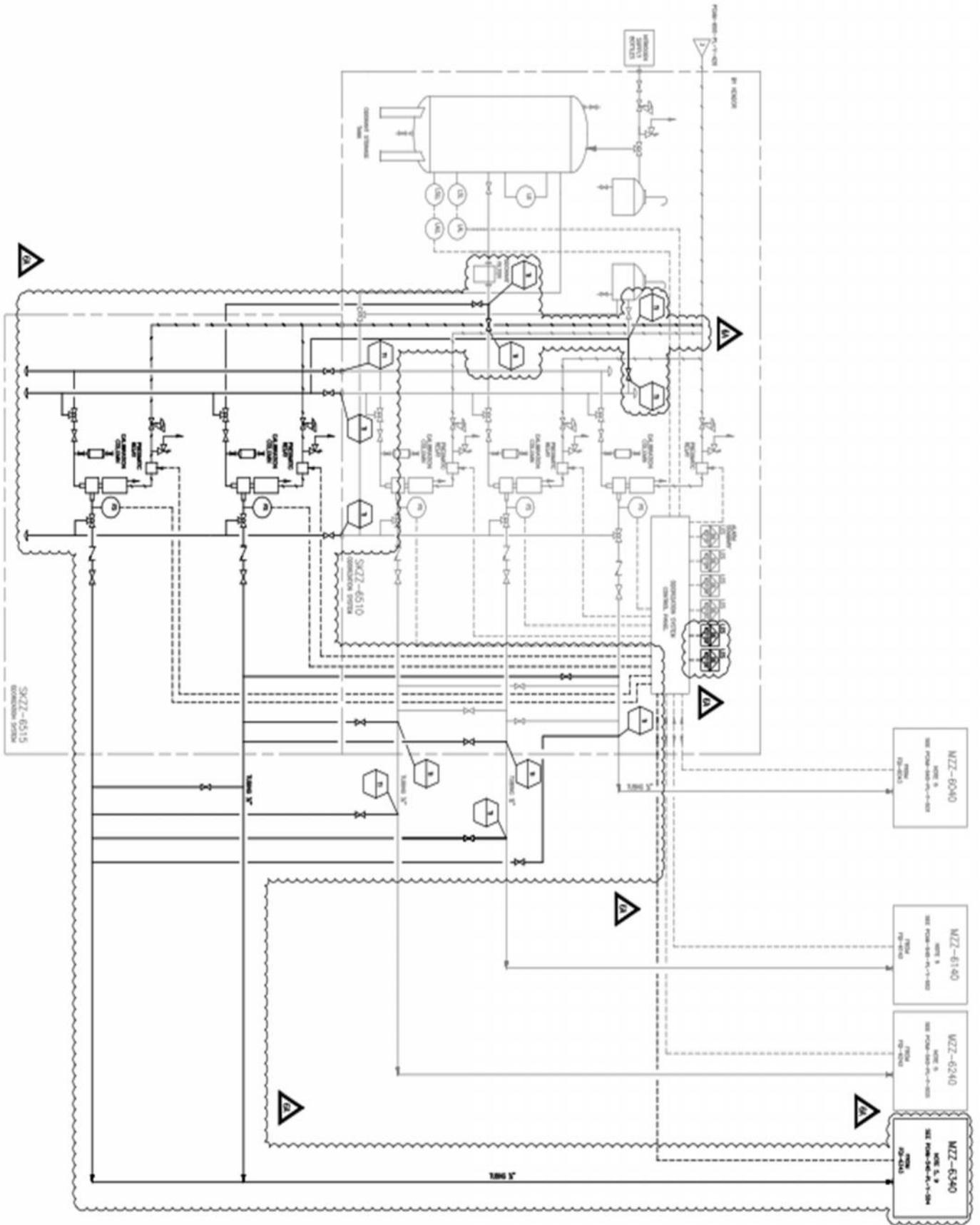
[http://www.infopl.net/files/descargas/ge/infopl\\_net\\_Intro\\_to\\_iFIX.pdf](http://www.infopl.net/files/descargas/ge/infopl_net_Intro_to_iFIX.pdf)

# ANEXOS

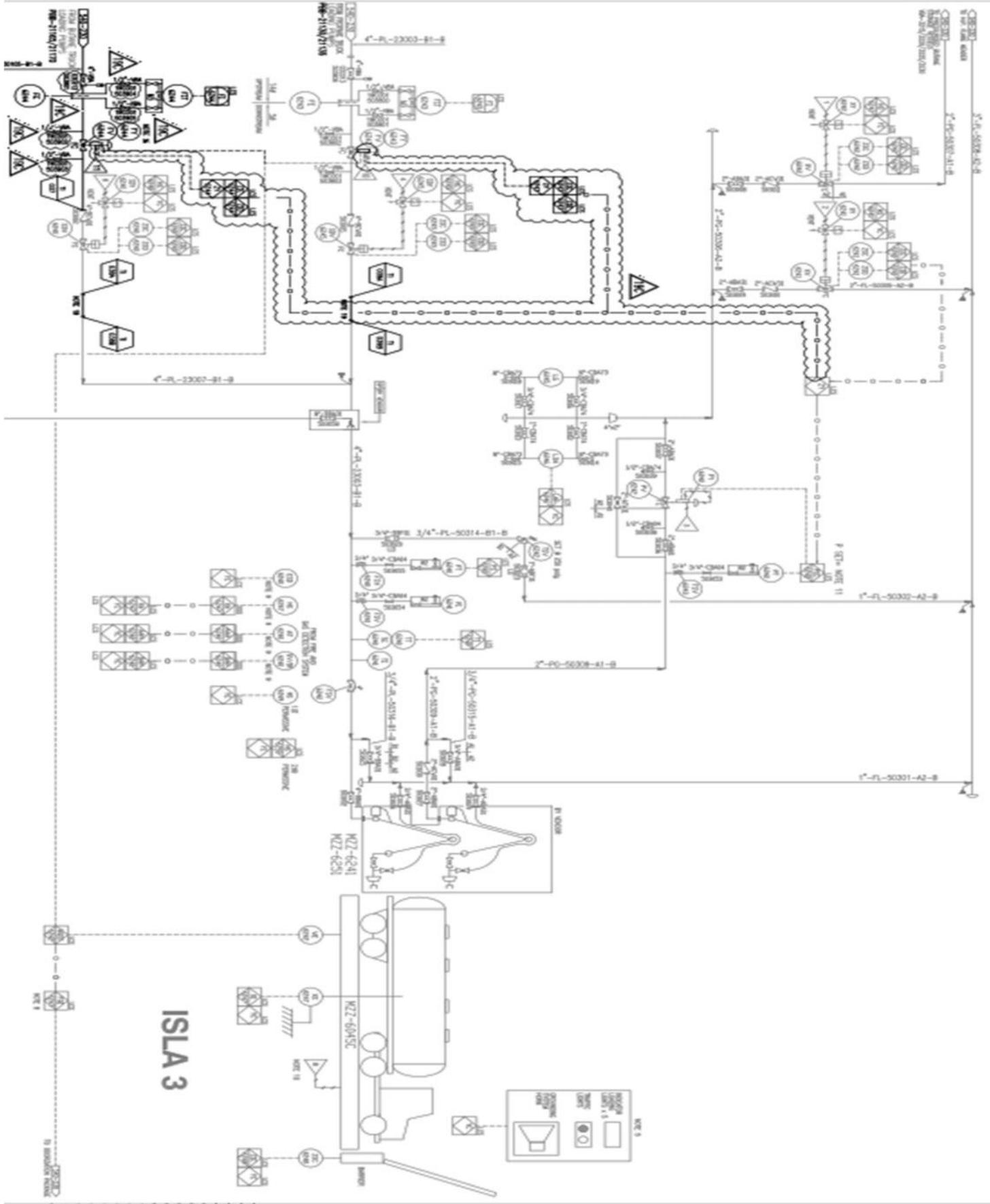
# ANEXO 1: SISTEMA DE CONTROL DE BALANZAS



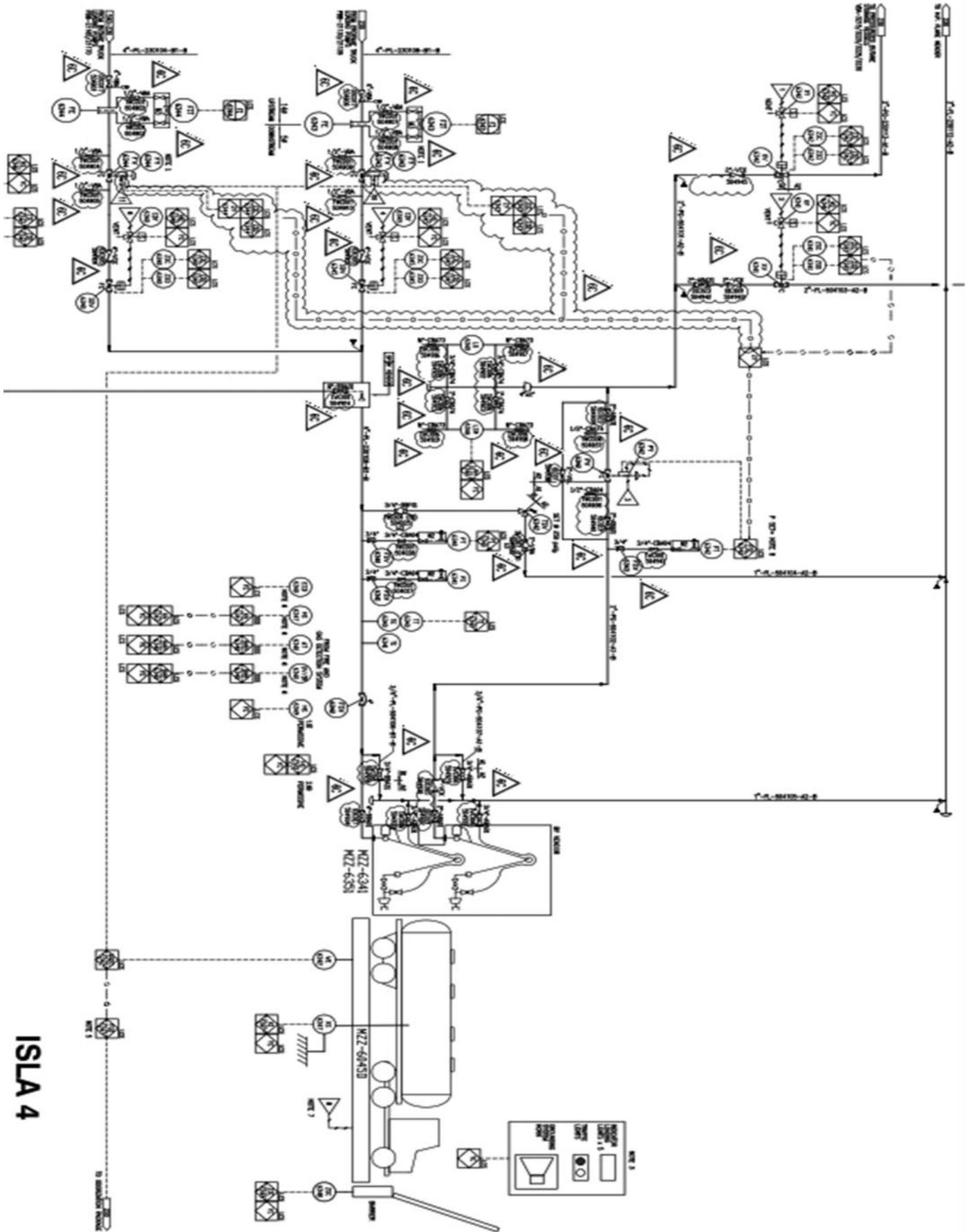
## ANEXO 2: SISTEMA DE INYECCIÓN DE SKID ODORIZANTE



ANEXO 3: PID ISLA 3



ANEXO 4: P&ID ISLA 4



ISLA 4





# ANEXO 7: EXPANSIÓN DE COMUNICACIONES

AREA 540:  
ISLAS DE DESPACHO DE GLP

