

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN PARA LA MEJORA  
DEL PROCESO DE DESPACHO HACIA CAMIONES CISTERNA  
DE GASOLINA DE 90 OCTANOS Y DIÉSEL PARA LA EMPRESA  
TERMINALES DEL PERÚ S.A**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**PRESENTADA POR:**

**BACH. SOLER CONTRERAS ENITH YURI**

**ASESOR:**

**MG. ING. PALOMARES ORIHUELA RICARDO J.**

**LIMA - PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta tesis a mi madre Sara Contreras Rojas quien es mi apoyo constante. A mis queridos abuelos Gregorio Contreras Bustamante (Q.E.P.D) y Sara Rojas Bravo por su apoyo incondicional y confianza hacia mí.*

*Enith Yuri Soler Contreras*

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi profundo agradecimiento a todos mis familiares, amigos y docentes que de alguna manera u otra hicieron posible el desarrollo de la presente tesis. En especial a mis colegas y amigos, Rafael Sanchez Soto y Francisco Cruz Machicado por el apoyo brindado a lo largo de mi carrera universitaria y en el desarrollo de este proyecto, a mí asesor de tesis, el Mg. Ing. Ricardo J. Palomares Orihuela, por su infinita paciencia y apoyo en el desarrollo de la presente tesis

Enith Yuri Soler Contreras

## RESUMEN

En la presente tesis titulada “Diseño de un Sistema de Medición para la mejora del proceso de despacho hacia camiones cisterna de Gasolina de 90 Octanos y Diésel para la empresa Terminales del Perú S.A.”, se busca hacer uso de la ingeniería mecatrónica para automatizar y simplificar el proceso de despacho en la empresa Terminales del Perú S.A.

Se realizó el diseño del sistema de medición, lo que incluyó el dimensionamiento de los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos, así mismo, se diseñó una interface para el usuario y el sistema encargado de procesar la información obtenida de los instrumentos de medición. A través del uso del software Inventor se realizó el análisis de resistencia de la estructura, para lo cual, se consideró un peso máximo de 6 TN, y mediante el método de elementos finitos se obtuvo tres análisis para la estructura: tensión de Von Mises, que permitió analizar los esfuerzos máximos generados durante toda la simulación para evitar la ruptura de la estructura; deformaciones unitarias, para el cálculo de la deformación máxima durante la interacción con la carga; y el factor de seguridad, que garantizó el soporte adicional producto de los equipos de medición.

Finalmente, se simuló tres pruebas de funcionabilidad para el sistema de medición. En la prueba uno, se realizó la simulación de la interfaz del usuario y se obtuvo mediciones de flujo con una temperatura de 60 F con una precisión de medición para el flujo de 0.01% y temperatura de 0.04% dentro de los rangos de medición, según la normativa que establece OSINERGMIN; en la prueba dos se realiza la simulación del proceso de despacho a camiones cisterna de Gasolina de 90 Octanos y Diésel donde se obtuvo la optimización del tiempo de proceso de despacho en un 50%.; y por último en la prueba tres se realiza la simulación del control del sistema de medición donde se obtuvo el control de despacho de 2464 galones de Gasolina de 90 Octanos y 990 galones de Diésel a despachar hacia los camiones cisterna.

**Palabras Claves:** Proceso de despacho, Sistema de Medición, Gasolina de 90 Octanos, Diésel, Usuario.

## ABSTRACT

In the present thesis entitled "Design of a Measurement System for the improvement of the dispatch process to 90 Octane and Diesel Gasoline tankers for the company Terminales del Perú S.A", the use of mechanical engineering is sought to automate and simplify the dispatch process in the company Terminales del Perú S.A

The design of the measurement system was carried out, which included the dimensioning of the mechanical, electrical and electronic components, and an interface was designed for the user and the system in charge of processing the information of the measuring instruments. Through the use of the Inventor software the analysis of the strength of the structure was carried out, for which it refers, the maximum weight of 6 TN, and the finite element method was obtained the analysis of the structure: Von Mises stress , that to divide the maximum efforts during all the simulation to avoid the rupture of the structure; Unitary deformations, for the calculation of the maximum deformation during the interaction with the load; and the safety factor, which guarantees the additional support product of the measuring equipment.

Finally, three performance tests were simulated for the measurement system. In test one, the simulation of the user interface was performed and the flow measurements were obtained with a temperature of 60 F with a measurement accuracy for the flow of 0.01% and a temperature of 0.04% within the measurement ranges, according to the regulations established by OSINERGMIN; in the test that is performed the simulation of the dispatch process in a 90 Octane and Diesel gasoline tank where the optimization of the dispatch process time is obtained by 50%; and finally, in the test, the simulation of the control of the system where the control of the delivery of 2464 gallons of 90-octane gasoline and 990 gallons of diesel to dispatch to the tankers was obtained.

**Key Words:** Dispatch Process, Measurement System, 90 Octane Gasoline, Diesel, User.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT .....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1 Problematización.....	9
1.2 Objetivo .....	10
1.3 Justificación.....	11
1.4 Alcances y Limitaciones de la Investigación.....	12
1.5 Estructura de la Tesis .....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Antecedentes de la Investigación .....	13
2.2 Selección de Variables .....	17
2.3 Bases Teóricas .....	18
CAPÍTULO III: DISEÑO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.....	37
3.1 Diseño Mecánico.....	37
3.2 Diseño Eléctrico .....	57
3.3 Diseño Electrónico .....	76
3.4 Diseño Informático .....	80
3.5 Simulación de los Sistemas .....	91
3.6 Costos .....	102
CAPÍTULO IV: PRUEBAS Y RESULTADOS .....	104
4.1 Pruebas.....	104
4.2 Resultados .....	105
CONCLUSIONES.....	111
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES .....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	113

# INTRODUCCIÓN

En el Perú en la actualidad según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) el sector de hidrocarburos aumentó un 5.24% en el tercer mes del 2018.

Con un crecimiento positivo en el sector hidrocarburos, los inversionistas extranjeros muestran gran interés en el Perú y debido a la gran demanda en nuestro país de combustibles como la Gasolina de 90 Octanos y el Diésel en el parque automotriz e industrias pesqueras y agrarias. Se estima el incremento de empresas comercializadoras de estos combustibles en mención.

(INEI, “Producción del sector minero e hidrocarburos creció 5.24% en marzo del presente año”)

Las empresas del sector hidrocarburos en el Perú se dedican a diferentes áreas ya sea de recepción, despacho y almacenamiento de combustibles. La presente tesis fue trabajada en relación al área de despacho con el propósito de mejorar este proceso y optimizar tiempos de despacho hacia camiones cisternas.

Para el desarrollo de la presente tesis diseño de un sistema de medición para la mejora del proceso de despacho hacia camiones cisterna de gasolina de 90 octanos y diésel para la empresa terminales del Perú S.A. se consideró los siguientes antecedentes: Pérez con la tesis diseño de una instalación de consumidor directo de diésel b5 y gasolina para disminuir el costo de adquisición de combustibles para la municipalidad provincial de Maynas-Loreto, así mismo Llanos y Paredes con la tesis diseño para la optimización de un Sistema de Control, Monitoreo y Seguridad de la Estación Intermedia de Transporte de Combustible e implementación “CORAZÓN” y finalmente la el trabajo de investigación de Fukushima con la tesis Análisis, Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Inventarios para empresas de Almacenamiento de Hidrocarburos.

Para la investigación se ha formulado el problema general de la siguiente manera: ¿Cómo diseñar un Sistema medición para la mejora del proceso de despacho de Gasolina de 90 Octanos y Diésel hacia camiones cisterna en la

empresa Terminales del Perú S?A?, pregunta que a través de la presente tesis se ha dado respuesta.

El motivo fundamental de la investigación considera dar a conocer como usando la ingeniería mecatrónica se automatice y controle el proceso de despacho de combustibles como la gasolina de 90 octanos y el diésel hacia camiones cisternas mediante un sistema de medición. Así mismo, los resultados obtenidos de la investigación servirán de base para incentivar en mejorar el diseño para nuevos sistemas basados en requerimientos de otras empresas.

El objetivo principal fue determinar el diseño de un Sistema de medición para la mejora del proceso de despacho de gasolina de 90 octanos y Diésel hacia camiones Cisterna para la empresa Terminales del Perú S.A. Así mismo se menciona la estructura de la siguiente manera:

Capítulo I: Planteamiento del problema, donde se considera la problematización, objetivos, justificación, alcance y limitaciones de la investigación.

Capítulo II: Marco teórico, donde se considera los antecedentes y conceptos teóricos que enmarcan nuestra investigación. Así como se hace referencia a las tecnologías actuales de Sistemas de Medición.

Capítulo III: Diseño y simulación del sistema de medición. Se inicia con la descripción del diseño del sistema de medición, analizando cada etapa, para el diseño mecánico, eléctrico, electrónico, informático, análisis de la estructura mecánica y cableado eléctrico.

Capítulo IV: Pruebas y resultados, donde se comprueba cumplir los objetivos de la presente investigación.

Para finalizar la investigación se redactan las conclusiones, recomendaciones y se describe la referencia utilizada como también se consideran los anexos con información que valida la investigación realizada.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Problematicación**

En los últimos años el sector Hidrocarburos en el Perú ha mostrado un crecimiento importante, convirtiéndose en una actividad primordial para el desarrollo del país.

En el 2011 en el Perú operaban 45 plantas de abastecimiento, 6 plantas de lubricantes, 36 distribuidores mayoristas, 3.679 ES, 5.346 camiones cisterna de líquidos, 1.668 consumidores directos de líquidos y 411 distribuidores minoristas (Morris, Díaz, Marco, Montenegro, 2011).

Por lo comentado en el párrafo anterior, a pesar de la evolución en los últimos años, existe un gran riesgo en la desaceleración en el sector de hidrocarburos debido a la falta de nueva tecnología en el país. Esta situación conlleva a que las instalaciones existentes puedan no ser suficientes para abastecer la demanda interna en un futuro.

La empresa Terminales del Perú S.A realiza actividades de almacenamiento, recepción y despacho de combustibles entre estos se encuentran el diésel y la gasolina de 90 octanos. Debido a la gran demanda de los combustibles en mención, la empresa Terminales del Perú S.A ha construido 03 nuevos tanques de almacenamiento, dos tanques de diésel y un tanque de gasolina de 90 octanos aumentando su capacidad de almacenaje.

Actualmente la empresa cuenta con 06 puntos de despacho de Diésel y Gasolina de 90 Octanos los cuales están conformados por equipos que fueron implantados hace 25 años, es decir se encuentran desfasados habiendo ya cumplido su tiempo de vida útil. Al averiarse un equipo y no encontrarse repuesto para su reparación debido a que el equipo ya es obsoleto se inhabilita la isla de despacho, los camiones cisterna que se encontraban esperando para recibir Gasolina de 90 Octanos y Diésel son derivados a otra isla de despacho, esto hace que se generen largas colas de espera, debido a la antigüedad de los equipos, las calibraciones son más constantes pero aun así se presentan variaciones e inexactitudes de volúmenes en el despacho a

camiones cisterna, ocasionando insatisfacción en los clientes, generando un déficit en la rentabilidad de la empresa.

Teniendo en cuenta el aumento de capacidad de almacenaje y la demanda de combustibles como el Diésel y la Gasolina de 90 octanos se requiere buscar opciones que permitan mejorar el despacho de los combustibles en mención con el fin de aumentar la rentabilidad de la empresa, realizando despachos eficientes y brindando un servicio de calidad.

### **Problema General**

¿Cómo diseñar un Sistema medición para la mejora del proceso de despacho de Gasolina de 90 Octanos y Diésel hacia camiones cisterna en la empresa Terminales del Perú SA?

### **Problema Específico**

- ¿Qué rangos de medición son los adecuados para obtener la exactitud en el proceso de despacho a camiones cisterna de Gasolina de 90 Octanos y Diésel en la empresa Terminales del Perú SA?
- ¿Cómo lograr mejorar el tiempo de despacho hacia camiones cisterna de Gasolina de 90 Octanos y Diésel en la empresa Terminales del Perú SA?
- ¿De qué manera se puede realizar el control de sistema de medición para la mejora del proceso de despacho hacia camiones cisterna de Gasolina de 90 Octanos y Diésel en la empresa Terminales del Perú SA?

## **1.2 Objetivo**

### **Objetivo General**

Determinar el diseño de un Sistema de medición para la mejora del proceso de despacho de gasolina de 90 octanos y Diésel hacia camiones Cisterna para la empresa Terminales del Perú S.A.

## **Objetivo Específico**

- a) Determinar los rangos de medición adecuados para obtener la exactitud en el proceso de despacho a camiones cisterna de Gasolina de 90 Octanos y Diésel en la empresa Terminales del Perú S.A.
- b) Mejorar el tiempo del proceso de despacho hacia camiones cisterna de Gasolina de 90 Octanos y Diésel en la empresa Terminales del Perú S.A.
- c) Diseñar el control del Sistema de Medición de despacho hacia camiones cisterna de Gasolina de 90 Octanos y Diésel en la empresa Terminales del Perú S.A.

### **1.3 Justificación**

La presente Tesis se justifica bajo las siguientes razones:

- **Justificación Tecnológica:** La constante evolución de la tecnología permite establecer parámetros precisos y más restrictivos permitiendo mejorar la eficiencia de medición a través de sistemas de medición automatizados de transferencia custodia en este caso de despacho de combustibles (Gasolina de 90 Octanos y Diésel).
- **Justificación de Seguridad:** El desarrollo de la presente tesis indica la importancia del diseño de un sistema de medición con sistema de seguridad y prevención evitando posibles eventos catastróficos como explosiones o incendios producto de la estática generada por el flujo de combustibles (Diésel y Gasolina de 90 Octanos) y el sobrellenado de combustibles en camiones cisterna.
- **Justificación Económica:** La importancia de un sistema de medición para el proceso de despacho de combustibles (Gasolina de 90 Octanos y Diésel) hacia camiones cisterna es un aporte muy importante ya que ayuda a conseguir la optimización del tiempo de operación en el proceso de despacho, de tal manera que se consigue un aumento de rentabilidad en la empresa permitiendo comercializar grandes volúmenes de combustibles (Gasolina de 90 Octanos y Diésel).

## **1.4 Alcances y Limitaciones de la Investigación**

La presente tesis contempla el diseño y simulación de un sistema de medición de despacho de gasolina de 90 octanos y Diésel hacia camiones cisterna para la empresa Terminales del Perú S.A.

Sus características principales son las siguientes:

- a) Un Sistema de Interface usuario que muestra la operatividad del sistema de medición a su vez sea amigable y versátil para el usuario.
- b) Diseño de fácil ubicación es decir puede ser reubicado en cualquier punto de la planta y aun así mantenga su capacidad estructural.
- c) Un sistema de seguridad de Sobrellenado para evitar derrames de combustible.
- d) Un sistema de seguridad de Puesta a Tierra para evitar la estática producida por el flujo de combustible.

Las limitaciones fueron las siguientes:

- a) No fue fácil encontrar las normas API para el criterio de diseño de los equipos de medición de flujo a usar.
- b) La empresa no contaba con la información actualizada del Sistema de Bombeo, por lo cual se tuvo que realizar un nuevo cálculo hidráulico para este.
- c) Encontrar equipos compatibles con la lista de vendedores de la empresa que simulen la exactitud requerida para el diseño del sistema de medición.

## **1.5 Estructura de la Tesis**

La estructura de la presente tesis corresponde al proceso de resolución secuencial del problema planteado a través del diseño de un sistema de medición de combustibles líquidos como la Gasolina de 90 Octanos y el Diésel a través de las mediciones de instrumentos con parámetros definidos que formarán parte de este sistema con una interface de usuario monitoreada por una unidad de control para el proceso de despacho de combustibles líquidos hacia camiones cisterna.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se mencionan los antecedentes de la investigación que se tomaron como referencia y como bases para el diseño de un sistema de medición para la mejora del proceso de despacho de Gasolina de 90 Octanos y Diésel. Asimismo, se menciona y describe la óptica de la investigación, en la cual se define la hipótesis de la investigación. Se establece la selección de variables que define el control del sistema. Finalmente, se presentan las bases teóricas que sustentan y complementan todos los temas que se utilizaron y aplicaron para el desarrollo de la presente tesis.

### 2.1 Antecedentes de la Investigación

La necesidad de medir transferencias, procesos de despachos de combustibles conlleva a desarrollar una ingeniería tratando de encontrar las bases o criterios para diseñar un sistema de medición el cual brinde exactitud al proceso de despacho de combustibles hacia camiones cisterna, y que este permita llevar a cabo una operación segura evitando accidentes que puedan ocasionarse así mismo optimizar el tiempo de despacho. A continuación, mostramos tesis anteriores que contribuyeron con el desarrollo del sistema de medición.

#### **Antecedentes Nacionales**

***Pérez, L (2017).*** *En su tesis Propuesta de diseño de una instalación de consumidor directo de diésel b5 y gasolina para disminuir el costo de adquisición de combustibles para la municipalidad provincial de Maynas-Loreto. Cuyas conclusiones son las siguientes:*

La actual forma de abastecimiento de combustible que tiene la municipalidad por medio de una estación de Servicios genera un margen comercial muy excesivo por pagar. Mediante una evaluación técnica y de Seguridad se pudo plantear un diseño de instalación de consumidor directo de Diésel B5 y Gasolina para la Municipalidad Provincial de Maynas, técnicamente segura y factible, el cual cumple con toda la

normativa vigente peruana e internacional. Mediante la instalación de un consumidor Directo de Diésel B5 y gasolina para la municipalidad Provincial de Maynas, se puede disminuir el costo de adquisición del combustible, donde en un periodo de 10 años se ve generado un ahorro Neto de alrededor de S/. 4, 210,203.93, el cual equivale a un 21% en ahorro, referente al costo total de adquisición del combustible mediante una estación de servicios. La presente investigación genero un gran aporte en la optimización del gasto del dinero del Estado, ya que propone una alternativa de instalación que reduce el costo de adquisición de los combustibles líquidos para una Municipalidad, caso específico La Municipalidad Provincial de Maynas. (pp. 134-135)

**Llanos, J y Paredes, L (2016).** *En su tesis Diseño para la Optimización de un Sistema de Control, Monitoreo y Seguridad de la Estación Intermedia de Transporte de Combustible "CORAZÓN". Cuyas conclusiones son las siguientes:*

El control Auto selector planteado permite mantener la operación del sistema estable soportándose en su capacidad de elegir entre las variables de ingreso y descarga, este control reduce el rango de operación de los variadores de velocidad generando ahorro de energía. Muchas empresas del rubro de hidrocarburos cuentan con sistema de control Direccionados solo al proceso productivo, sin tener en consideración la información disponible para implementar seguridades para las personas en sus instalaciones. (p. 81)

**Fukushima, J (2010).** *En su tesis Análisis, Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Inventarios para empresas de Almacenamiento de Hidrocarburos. Cuyas conclusiones son las siguientes:*

El presente tema de tesis probó ser una tarea que exigió mucho análisis y planificación. La mayor parte del esfuerzo fue invertido en crear una manera de controlar los inventarios contables y físicos tomando en cuenta la realidad del sector hidrocarburos. A diferencia de sistemas contables para otros rubros, en los que los errores de inventario son usualmente producto del error humano, en éste se debe tener siempre en cuenta que

los inventarios calculados no son iguales a los reales, debido a que no es posible ni práctico instalar medidores en las líneas. Debido a esta incertidumbre, se planteó que el usuario registre manualmente su estimado del volumen de producto que quedó dentro de las líneas en todos los movimientos en los cuales éstas se utilicen. A esta imprecisión se añade la complicación de contar con una medición de producto físico que debe ser convertida a un valor estándar para poder tener el inventario contable. Se optó por realizar un diseño en el cual se pudiera ver el estimado de los inventarios físicos y contables en tiempo real, y que fuera tolerante de las diferencias de inventario, advirtiendo antes que impidiendo. Sin embargo, queda a criterio del usuario el discernir si es que la operación que se está intentando realizar es válida o no. (pp. 76-77)

### **Antecedentes Internacionales**

**Barros, F y Morán, J (2014).** *En su tesis Desarrollo de un plan de mejoras del Sistema de despacho de GLP en vehículos Cisternas. Cuyas conclusiones son las siguientes:*

Mediante la aplicación de un sistema de carga ventral dirigido la carga y distribución de productos limpios, se disminuye casi en su totalidad la presencia de vapores de combustibles en el área de carga y por ende su inhalación. Los derrames de combustibles en el sistema de carga atmosférica se han producido debido a producto remanente en los compartimentos del auto tanque, debido a que el operador se equivocó en el volumen a cargar, situaciones que con un sistema de carga ventral no se presentarán. Se elimina la presencia de electricidad estática producida por la formación de turbulencia del combustible en el momento de la carga. (p. 71)

**Salamanca, H (2015).** *En su tesis Diseño del Sistema de Instrumentación y Control para una Bancada de Transferencia de muestras de crudo de alta presión. Cuyas conclusiones son las siguientes:*

Casi todos los sistemas en la industria son susceptibles a un modelamiento matemático mediante el uso de ecuaciones dinámicas que

describen el comportamiento del mismo en función del tiempo o la frecuencia lo cual permite la manipulación inicial de ecuaciones simples descriptivas del sistema para generar funciones de transferencia y soportar desde el punto de vista matemático el comportamiento físico real de un determinado sistema. Esto se traduce en ventajas aplicativas para la ingeniería migrando desde el ámbito académico al industrial al permitir realizar diversas operaciones de control para obtener de un sistema inicialmente desconocido una respuesta deseada bajo los lineamientos de parámetros y criterios conocidos y establecidos. La industria es un elemento que necesariamente requiere la inclusión del ser humano para su desarrollo; por ello los instrumentos son los ojos del ser humano en cualquier actividad industrial y antes de toda actividad se debe garantizar la seguridad y bienestar de las personas que están al frente de la operación; por esta razón la instrumentación industrial para cualquier campo en específico, debe ser altamente redundante para generar una garantía en un proceso y evitar exponer al riesgo la vida humana. El diseño del sistema expuesto en este documento más allá de estar enfocado hacia un desarrollo de ingeniería está enfocado hacia optimizar el proceso garantizando la seguridad y bienestar de las personas encargadas, asegurándose así que en toda la cadena de valor que Halliburton establece para este servicio impera el bienestar y la calidad de vida que vivencia un trabajador mediante el desarrollo de la actividad. Para controlar cualquier elemento es necesario primeramente garantizar que se puede medir; desarrollar un sistema de control debe ir más allá de obtener una respuesta deseada en la salida o comportamiento de un sistema, el control debe ser visto como un proceso total en donde inicialmente se debe medir lo que se desea controlar para describir ese sistema medido con criterios reales de su comportamiento y una vez 73 entendida la naturaleza de funcionamiento del sistema aplicar las técnicas de control más eficientes para lograr obtener del sistema la respuesta deseada; es así como el control es todo un proceso de ingeniería que requiere de evaluación, optimización y validación que para este caso

particular se realizó mediante simulaciones desarrolladas a partir del modelamiento matemático inicial del sistema. (pp. 72-73)

**Montoya, C (2013).** *En su tesis Descripción del proceso de separación que abarca el control de las Facilidades de producción del crudo semipesado bloque 15 campo Indillana, operado por PetroAmazonas E.P. Cuyas conclusiones son las siguientes:*

Una de las etapas más importantes de la rama petrolera es la producción de hidrocarburo, el cual, como se manejó anteriormente, permite estudiar y aplicar las distintas herramientas adecuadas para extraer el hidrocarburo que se encuentra en el subsuelo. Por tal motivo, se requiere de muchos estudios que permitan conducir las mejores formas en cómo va a venir ese fluido a la superficie, y con qué capacidades se cuentan para explotar de una forma factible el hidrocarburo deseado del pozo perforado y pueda ser viable económicamente. Es indispensable que todas las compañías dedicadas a la extracción y producción del crudo mantengan siempre claro las medidas de protección ambiental, el campo Indillana siempre vela por el bienestar de sus alrededores, no sólo es una compañía dedicada a recibir fines de lucro sino también se enfoca en mantener una buena relación con la biodiversidad ambiental y sus comunidades que le han permitido a esta seguir laborando en esos campos. (pp. 102-103)

## 2.2 Selección de Variables

Para demostrar y comprobar la hipótesis, se tiene las variables y los indicadores que a continuación se indican en la tabla N°1:

Tabla N°1 Selección de variables

VARIABLES	INDICADORES
Sistema de Medición	Rango de medición de instrumentos
Mejora en el proceso de despacho	Promedio de tiempo de despachos

Fuente: Elaboración Propia (2018)

## 2.3 Bases Teóricas

### Combustibles Líquidos

El estudio de López del 2011 encontró lo siguiente:

El combustible es cualquier material capaz de liberar energía cuando se quema, y luego cambiar o transformar su estructura química. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable. En general se trata de sustancias susceptibles de quemarse. (p. 7)

Según la National Fire Protection Association (NFPA 30, 2015) “Un líquido combustible es aquél cuyo punto de inflamación momentánea es de 100°F o superior” (p.30).

De acuerdo con Domínguez (2013) “Los combustibles Líquidos se caracterizan por presentar llamas radiantes durante su combustión, presentan vaporización previa” (p.10).

El estudio de García del 2013 encontró lo siguiente:

Los combustibles líquidos son derivados del petróleo crudo , cuando este se somete a destilación fraccionada o por etapas, calentado a distintas temperaturas en orden creciente , desprendiendo los vapores de los productos más volátiles , estos combustibles derivados del petróleo son mezclas de hidrocarburos de moléculas complejas que al arder se combinan químicamente con el oxígeno del aire desprendiendo energía calorífica, dióxido de carbono, vapor de agua y, en menor cantidad, otros gases que dependen de los aditivos del combustible y de las condiciones de su combustión. Los combustibles líquidos ocupan el primer lugar entre los que se emplean para la industria, el transporte y la calefacción. (p. 70)

Los combustibles líquidos se clasifican de la siguiente manera:

**Clase A:** Hidrocarburos licuados cuya presión absoluta de vapor a 15 °C sea superior a 98 kPa (un kilogramo/centímetro cuadrado, manométrica), tales como el butano, propano y otros hidrocarburos licuables. Estos hidrocarburos se dividen en dos subclases:

- Subclase A1. Hidrocarburos de la clase A que se almacenan licuados a una temperatura inferior a 0 °C.
- Subclase A2. Hidrocarburos de la clase A que se almacenan licuados en otras condiciones. (NFPA 30, 2015, p. 65)

**Clase B:** Hidrocarburos cuyo punto de inflamación es inferior a 55 °C y no están comprendidos en la clase A, como son la gasolina, naftas, petróleo, etc. Según su punto de inflamación, se dividen, a su vez, en otras dos subclases:

- Subclase B1. Hidrocarburos de clase B cuyo punto de inflamación es inferior a 38°C.
- Subclase B2. Hidrocarburos de clase B cuyo punto de inflamación es igual o superior a 38 °C. (NFPA 30, 2015, p. 65)

**Clase C:** “Hidrocarburos cuyo punto de inflamación esté comprendido entre 55 °C y 100 °C, tales como el gasoil, fuel-oil, diésel-oil,” (NFPA 30, 2015, p. 65)

**Clase D:** “Hidrocarburos cuyo punto de inflamación sea superior a 100 °C, como asfaltos, vaselinas parafinas y lubricantes” (NFPA 30, 2015, p. 65)

A continuación, en la tabla N°2 se puede observar la clasificación de los combustibles sólidos.

Tabla N°2 Clasificación de Combustibles Sólidos

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE COMBUSTIBLE
CLASE I	P.Inf. < 37.8 °C	Gasolinas
CLASE II	37.8 °C < 60.0 °C	Turbojet, Fuel oil
CLASE III A	60.0 °C < P.Inf. < 93.0 °C	Diesel, Kerosene
CLASE III B	P.Inf. > 93.0 °C	Diesel, Kerosene, Asfalto

Fuente: <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico>

## Tipos de Combustibles Líquidos

### Gasolina de 90 Octanos

El estudio de López del 2011 encontró lo siguiente:

Es una combinación de hidrocarburos ligeros. Se usa como combustible en motores de combustión interna y tiene aplicaciones industriales como desengrasante, disolvente y materia prima de síntesis. Se obtiene por destilación del petróleo, por hidrogenación de carbón o dióxido de carbono. La Gasolina es un hidrocarburo derivado del petróleo, que se obtiene por destilación fraccionada, el octanaje nos da la capacidad de explosión del combustible lo que da como resultado producción de energía necesaria para mover los pistones del motor, es decir a menor octanaje, se requiere menor compresión para que el motor encienda, lo que se puede traducir como una menor potencia. (p. 10)

A continuación, en la tabla N°3 se puede observar las características de la Gasolina de 90 octanos.

Tabla N°3 Características de la Gasolina de 90 octanos

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Apariencia	Transparente
Color	Violeta
Punto de Inflamación	<0°C
Solubilidad en Agua	Insoluble
Familia Química	Hidrocarburos (derivado de Petróleo)

Fuente: <https://www.petroperu.com.pe/archivos>

### Diésel

El estudio de López del 2011 encontró lo siguiente:

Es un combustible cuya composición es variable; la calidad común contiene menos de 1% de azufre. Por lo tanto, se considera menos contaminante que la gasolina, es usado en motores de combustión

interna, su método de ignición es por compresión, es un derivado del petróleo ya que se obtiene por destilación del petróleo entre los 200 y 380°C, es un líquido denso compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en calefacción y en motores Diésel. (p. 11)

A continuación, en la tabla N°4 se puede observar las características de Diésel.

Tabla N°4 Características del diésel

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Apariencia	Clara y Brillante
Color	Violeta
Punto de Inflamación	52°C
Solubilidad en Agua	Insoluble
Familia Química	Hidrocarburos (derivado de Petróleo)

Fuente: <https://www.petroperu.com.pe/archivos/HojaDatos>

### **Sistema de Medición de Despacho de Hidrocarburos**

El estudio de Villajulca del 2010 encontró lo siguiente:

Las unidades de masa, volumen y longitud mantienen hoy en día su importancia para nosotros porque determinan el precio que el vendedor va a exigir y el comprador va a pagar en cualquier negocio de transacción que involucre bienes materiales. La importancia en aumento del comercio condujo a la armonización de estos sistemas de medición. Este desarrollo culminó con la introducción del sistema internacional SI de unidades (m, kg, s), que cada país ha empleado desde entonces como base para sus propios sistemas métricos legales. (p. 15)

Según la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML, 2007) “Cada país tiene sus propias normas” (p.25).

De acuerdo con Villajulca (2010) “Estas normas tienen como objetivo proteger a los ciudadanos de las consecuencias derivadas de mediciones incorrectas en transacciones comerciales o en contratos con la administración, y proponer pesos y medidas estándares en todos los aspectos de los ámbitos laboral, sanitario y ambiental” (p. 20).

Según OIML (2007) “Se establece una clara distinción entre contadores para “agua” y contadores para líquidos “otros que no sean agua”. Otros dispositivos están diseñados para la medición de caudales de gases” (p.41).

Según Comisionado Nacional de Hidrocarburos (CNH, 2017) “Es la colección de operaciones, procedimientos, instrumentos de medición y otro equipo, software y personal definido, destinados a la medición de Hidrocarburos” (p.32).

“El sistema de medición a través de los equipos que forman parte de él realiza las mediciones de los combustibles, teniendo parámetros de temperatura, flujo y presión para poder calcular la cantidad de combustible a transferir” (CNH,2017, p.52).

El estudio de Huey del 2015 encontró lo siguiente:

En general el sistema de medición se entiende como el conjunto de instrumentos de medición y otros equipos, ensamblados, con cierto arreglo y este sirven para ejecutar mediciones específicas, y que sirven de base para transacción comercial, industrial o de servicio. (p. 26)

De acuerdo con Villajulca (2010) “El derecho a definir pesos, volúmenes o longitudes que sirvan de referencia para bienes materiales viene a estar definidas por entidades gubernamentales” (p.20).

#### Características de los Sistemas de Medición de Hidrocarburos

**a. Selección:** De acuerdo con el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN, 2010) “Los Instrumentos y Patrones de Medida deberán ser adecuados para el uso previsto conforme a las

características del fluido y condiciones operativas del proceso de que se trate” (p.35)

**b. Identificación:** De acuerdo con OSINERGMIN (2010) “los Instrumentos y patrones de medida deberán estar considerados en la bitácora de registro debidamente identificado y ubicado, de acuerdo con la normativa y estándares dados por OSINERGMIN” (p.40).

**c. Calibración:** De acuerdo con OSINERMING (2010) “los Instrumentos y patrones de medida deberán estar calibrados y la frecuencia de dicha calibración será en función de las especificaciones del fabricante, el proceso, la normativa y estándares dados por OSINERGMIN” (p.42).

**d. Verificación:** De acuerdo con OSINERMING (2010) “Se debe verificar que los Sistemas de Medición estén funcionando de acuerdo con la normativa y estándares dados por OSINERGMIN” (p.44).

Elementos del Sistema de Medición de Hidrocarburos

### Contómetro

El estudio de Chacón del 2015 encontró lo siguiente:

Es un instrumento de medición el cual permite determinar el flujo o caudal que circula dentro de un área determinada. El caudal se determina mediante la medición de la velocidad del líquido. La velocidad depende de la presión diferencial que está obligando a que el líquido circule a través de un tubo o conducto. Debido a que la tubería de la sección transversal es conocida y se mantiene constante, el promedio de velocidad es una indicación de la velocidad de flujo. (p. 26)

a) Contómetro de desplazamiento positivo

El estudio de Huey del 2015 encontró lo siguiente:

Este tipo de contómetro cuenta como mecanismos de desplazamiento que permiten que el fluido sea aislado momentáneamente en segmentos de volumen, cada segmento es contabilizado dando el valor total del flujo que pasa por el medidor. El contómetro más usado para el sector hidrocarburo

es el contómetro de desplazamiento positivo de Tipo Engranaje, ya que es adecuado para la medición de flujos viscosos, este tipo de contómetro cuenta con ruedas por eso su nombre tipo engranaje, al ingresar el flujo a su interior este se desplaza por medio de los engranajes. (pp. 8-9)

En la figura N°1 se muestra el Contómetro de desplazamiento positivo

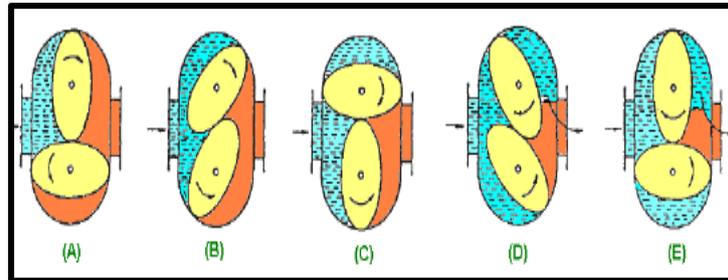


Figura N° 1 Contómetro de desplazamiento Positivo

Fuente: <https://www.zaragoza.unam.mx/portal/wp>

#### b) Contómetro Tipo Turbina

El estudio de Huey del 2015 encontró lo siguiente:

Este tipo de contómetro cuenta con un grupo de aspas giratorias fijadas en un eje central con pivotes, dentro de una tubería. La energía que genera el fluido se transmite hacia la turbina que gira a una velocidad proporcional al fluido relacionando un volumen determinado de fluido con el giro de la turbina. (p.14)

En la figura N°2 se muestra el Contómetro tipo turbina.



Figura N° 2 Contómetro tipo Turbina

Fuente: <http://www.prematecnica.com/es/>

c) Contómetro Electromagnético

“Para este tipo de contómetro la medición está basada en la ley de Faraday la cual establece que la tensión inducida es igual al movimiento de una barra metálica conductora con cierta velocidad a través de un campo magnético” (Huey, 2015, p. 17).

En la figura N°3 se muestra el Contómetro electromagnético



Figura N° 3 Contómetro Electromagnético

Fuente: <http://www.enre.cl/product/flujo metros>

### Sensor de Temperatura

El estudio de Bausá y García del 2003 encontró lo siguiente:

Es un instrumento de medición que permite medir la temperatura en un área determinada al entrar en contacto con el fluido o materia a medir. En la actualidad hay muchas formas de medir la temperatura con todo tipo de sensores la temperatura puede ser determinada mediante radiación térmica, mecánicamente y eléctricamente. (p. 4)

a. Termocupla

El estudio de Bausá y García del 2003 encontró lo siguiente:

Estos dispositivos suelen ir encapsulados en vainas, para protegerlos de las condiciones extremas en ocasiones del proceso industrial que tratan de ayudar a controlar, por ejemplo, suele utilizarse acero inoxidable para la vaina, de manera que en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal). Además, según la distancia a los aparatos encargados de tratar

la pequeña señal eléctrica de estos transductores, también deben utilizarse cables compensados para transportar esta señal sin que la modifique o la modifique de una manera fácilmente reconocible y reversible para los dispositivos de tratamiento de la señal. También se da el caso de que los materiales empleados en la termocupla como el platino puro, hagan inviable económicamente extender la longitud de los terminales de medición de la termocupla. (p. 5)

En la figura N°4 se muestra la Termocupla.

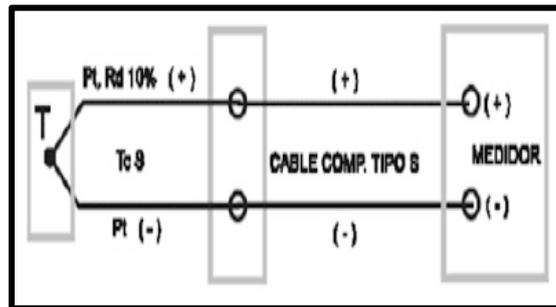


Figura N° 4 Termocupla

Fuente: <http://server-die.alc.upv.es/assign>

#### b. RTD

El estudio de Bausá y García del 2003 encontró lo siguiente:

Los RTD Trabajan según varíe la temperatura, su resistencia se modifica, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura. Cuenta con elementos sensitivos basados en conductores metálicos, que cambian su resistencia eléctrica en función de la temperatura. Este cambio en resistencia. Se puede medir con un circuito eléctrico, que consiste de un elemento sensitivo, una fuente de tensión auxiliar un instrumento de medida. (p. 22)

En la figura N°5 se muestra el RTD.



Figura N° 5 RTD

Fuente: <http://info.smithmeter.com/>

### Válvula de control de Flujo

El estudio de Creus del 2010 encontró lo siguiente:

La válvula de control de flujo es la encargada de regular el flujo al cual se dese operar , ya que está válvula se encarga de regular el caudal está conformada por 2 solenoides normalmente cerrada y normalmente abierta la cuales se encargarán de llevar las señales hacia el controlador indicándole a que caudal se está trabajando, la válvula mecánicamente cuenta con obturador que es quien realiza la función de control de paso del fluido y puede actuar en la dirección de su propio eje o bien tener un movimiento rotativo. Está unido a un vástago que pasa a través de la tapa del cuerpo y que es accionado por los solenoides. (p.381)

En la figura N°6 se muestra la válvula de control de flujo.



Figura N° 6 Válvula de Control de Flujo

Fuente: <http://www.precision.cl/pub/media/>

## Válvula de Bola

El estudio de Mott del 2006 encontró lo siguiente:

Las válvulas bolas están diseñadas especialmente para ejercer el control proporcional del flujo al adecuar la forma del agujero, este tipo de válvula se caracteriza por permitir regular y controlar el fluido de una tubería, las válvulas bolas son de  $\frac{1}{4}$  de vueltas en las cuales se tiene en su interior una bola perforada que gira entre asientos plásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola  $90^\circ$  y cierra el conducto. (p.312)

En la figura N°7 se muestra la válvula de bola.



Figura N° 7 Válvula de Bola

Fuente: <http://ww.cminox.com/producto/valvula-bola-3->

## Brazo de descarga de Combustibles

El estudio de Kanon del 2010 encontró lo siguiente:

El brazo de descarga de combustibles como su propio nombre lo indica permiten realizar la transferencia de combustible hacia una cisterna, los brazos de descarga están diseñados para conectarse al camión cisterna, el brazo de descarga forma parte del sistema de medición como interface entre sistema y camión cisterna. Estos brazos están formados por 3 tubos denominados brazo interior, brazo exterior y tubo buzo. Los diámetros pueden ir de 2" a 6". Estos tres tubos están unidos entre ellos por juntas rotativas que les permiten girar fácilmente. (pp. 125-126)

En la figura N°8 se muestra el brazo de descarga de combustibles



Figura N° 8 Brazo de descarga con combustibles

Fuente: <https://www.precision.cl/brazos-de-carga/>

### Controlador Digital

El estudio de Creus del 2010 encontró lo siguiente:

Es un equipo de control que contiene, unidad aritmética y lógica (ALU) que efectúa las operaciones aritméticas básicas y que dispone de los operadores lógicos de comparación. Interpreta las instrucciones de un programa, coordinando el funcionamiento de la unidad aritmética y lógica mediante los pulsos de frecuencia del reloj del microprocesador, que determina el tiempo de ejecución de las tareas confiadas al ordenador. Llevan a cabo un control multifunción, actúan como instrumentos reguladores (para variables como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, etc.) con control lógico y control secuencial, efectúan operaciones aritméticas, monitorizan entradas y salidas, y poseen capacidad gráfica con representación del balance de materias. (pp. 523-524)

En la figura N°9 se muestra el controlador digital



Figura N°9 Controlador Digital

Fuente: <http://info.smithmeter.com/literature/>

### Sistema de Monitoreo de Sobrellenado

El estudio de Amezaga del 2006 encontró lo siguiente:

El sistema de monitoreo de sobrellenado es un dispositivo con sensores ópticos que se encarga de censar y monitorear que el combustible que ingrese al camión cisterna monitoreando el nivel del producto para que este no sobrepase la capacidad del camión y de detectar alguna falla parará el sistema de medición de despacho inhabilitando el proceso de despacho. (p.62)

En la figura N°10 se muestra el Sistema de Sobrellenado.



Figura N°10 Sistema de Monitoreo de Sobrellenado

Fuente: <https://www.skyeye.ca/es/product/scully>

## Sistema de monitoreo de Puesta a Tierra

El estudio de López del 2013 encontró lo siguiente:

El Sistema de monitoreo de puesta a tierra se encarga de aterrizar al camión cisterna, para evitar la estática producida en el proceso de despacho al descargar los combustibles hacia el camión cisterna. Este también inhabilitará el sistema de medición de despacho si es que no se detecta que el sistema puesta a tierra esté conectado. (p.79)

En la figura N°11 se muestra el Sistema Puesta a Tierra.



Figura N° 11 Sistema de monitoreo de Puesta a Tierra

Fuente: <https://www.skyeye.ca/es/product/scully>

## Controlador Lógico Programable

El estudio de Gómez del 2000 encontró lo siguiente:

El PLC es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, que permite la implementación de funciones específicas las cuales pueden ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; esto con el objetivo de controlar máquinas y procesos. Realiza la ejecución de programas de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas de acuerdo de la prioridad de la operación a realizar. Estos controladores son utilizados en ambientes industriales donde la decisión y la acción deben ser tomadas en forma muy rápida,

para responder en tiempo real. El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc. Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc. (p.98)

En la figura N°12 se muestra el PLC.



Figura N° 12 Controlador Lógico Programable

Fuente: <https://ab.rockwellautomation.com/es/>

### **Proceso de Despacho de Combustibles**

El estudio de Gallegos del 2013 encontró lo siguiente:

Se denomina proceso de despacho de combustibles cuando se realiza la descarga de combustibles desde los tanques de almacenamiento hacia los camiones cisterna, esta actividad es realizada por el operario al activar el sistema de bombeo y dar la orden para aperturar las válvulas que forman parte del recorrido de tuberías que conectan desde los tanques de almacenamiento hacia el punto de despacho, o isla de despacho en donde

el transportista recibirá el combustible solicitado, en el camión cisterna.  
(p.29)

El proceso de despacho, depende del sistema de bombeo y el sistema de medición, ya que sin el sistema de medición no se podrá monitorear la cantidad que solicito el transportista y sin el Sistema de Bombeo no podrán activarse las electrobombas quienes están encargadas de succionar el combustible. (OSINERGMIN, 2010, p.65)

De acuerdo con Gallegos (2013) “El proceso de despacho se realiza de acuerdo a instrucciones de los Mayoristas propietarios de los productos, controlado por OSINERGMIN a través del SCOP y por SUNAT los PQF” (p.33).

De acuerdo con OSINERGMIN (2010) “Las cisternas de carga indican el pedido de SCOP, contando con la autorización de salida de la cisterna previa verificación producto cargado, libre de agua y precintado” (p.81).

En la figura N°13 se muestra el proceso de despacho de combustibles.



Figura N° 13 Proceso de Despacho de Combustibles

Fuente: <http://www.gmp.com.pe/unidades-de-negocio/transporte->

## Sistema de Bombeo de Combustibles

El estudio de James de 1996 encontró lo siguiente:

Un equipo de bombeo consiste de dos elementos, una bomba y su accionador el cual puede ser un motor eléctrico, motor de combustión interna, etc. El accionador entrega energía mecánica y la bomba la convierte en energía cinética que un fluido adquiere en forma de presión, de posición y de velocidad. Un equipo de bombeo de transporte (Pipeline) se utiliza para adicionar energía de presión al fluido, que se utiliza para poder vencer las pérdidas de fricción que se tienen en la conducción, esto se da en donde las elevaciones, así como los diámetros de tubería y las velocidades del fluido son iguales. (pp. 120-122)

En la figura N°14 se muestra el Sistema de Bombeo de la empresa terminales del Perú S.A.



Figura N° 14 Sistema de Bombeo

Fuente: <http://www.gmp.com.pe/unidades-de-negocio/transporte->

### Clasificación y Descripción de las Bombas

El estudio de Viejo del 2003 encontró lo siguiente:

Las bombas se clasifican con base en una gran cantidad de criterios, que van desde sus aplicaciones, materiales de construcción, hasta su configuración mecánica. Un criterio básico que incluye una clasificación general, es el que se basa en el principio por el cual se adiciona energía al fluido. Bajo este criterio las bombas pueden dividirse en dos grandes grupos; Dinámicas y de Desplazamiento positivo. (p.7)

a) Bombas Dinámicas

El estudio de Viejo del 2003 encontró lo siguiente:

Son las que se agrega energía continuamente, para incrementar la velocidad del fluido dentro de la bomba a valores mayores de los que existen en la succión, de manera que la subsecuente reducción de velocidad dentro ó más allá de la bomba, produce un incremento en la presión. (p.32)

En la figura N°15 se muestra una bomba dinámica.

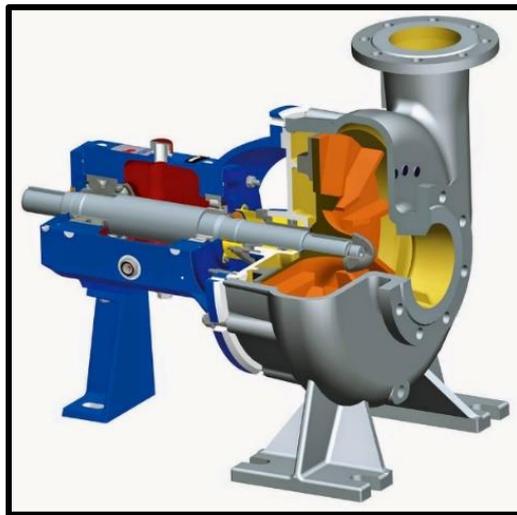


Figura N° 15 Bomba Dinámica

Fuente: <http://operadorpetrolero>

b) Bombas de Desplazamiento Positivo

“Son aquellas las cuales se agrega energía periódicamente mediante la aplicación de fuerza a uno o más elementos móviles para desplazar un número deseado de volúmenes de fluido, lo que resulta en un incremento directo en la presión” (Viejo, 2003, p.32).

En la figura N°16 se muestra una bomba de desplazamiento positivo.

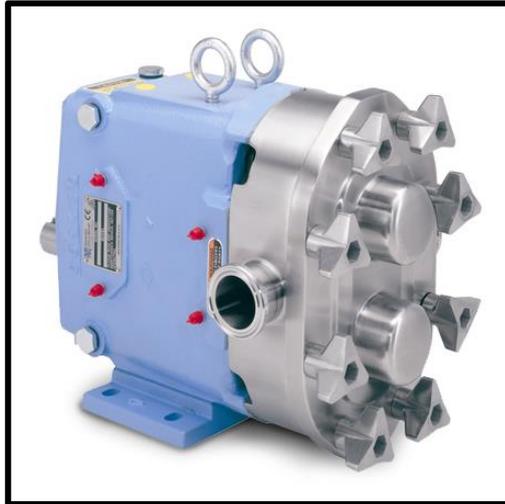


Figura N° 16 Bomba de Desplazamiento Positivo

Fuente: <http://www.axflow.com>

### c) Selección de Bombas

El estudio de Hicks de 1976 encontró lo siguiente:

Para seleccionar un equipo de bombeo se deberá tener un conocimiento completo del sistema en que trabajará la bomba y motor, caso contrario puede hacer una selección errónea que causará el mal funcionamiento de la bomba, lo que a su vez afectará a la eficiencia y eficacia del sistema. (p.89)

Los pasos básicos para la elección de cualquier tipo de bomba son:

Elaborar un diagrama de la disposición de bomba y tuberías, determinar el caudal de bombeo, calcular la altura manométrica total, estudiar las condiciones del líquido, elegir la clase y tipo de Bomba. (Hicks,1976, p.112)

## **CAPÍTULO III: DISEÑO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN**

En el presente capítulo se muestra el diseño del Sistema de medición para la mejora del proceso de despacho hacia camiones cisterna de gasolina de 90 octanos y diésel para la empresa Terminales del Perú S.A.

### **3.1 Diseño Mecánico**

#### **Condiciones Iniciales**

El Sistema de medición de medición deberá contar con las siguientes características para cumplir con las actividades básicas que permitirá cumplir su objetivo:

- a) Estructura con capacidad para soportar 6000 kg
- b) Estructura con la capacidad de ser fácil de transportar
- c) Estructura con material resistente al ambiente marítimo altamente corrosivo
- d) Estructura que provea seguridad en altura al operario en el proceso de inspección y mantenimiento de los equipos.
- e) Seleccionar válvulas, resistentes al ambiente marítimo altamente corrosivo y atmosfera explosiva.
- f) Seleccionar tuberías, resistentes al ambiente marítimo altamente corrosivo
- g) Trabajar con caudales de 450 GPM para el Diésel, establecido por la empresa Terminales del Perú.
- h) Trabajar con caudales de 350 GPM para la Gasolina de 90 Octanos, establecido por la empresa Terminales del Perú.
- i) Trabajar a presiones con rangos de 0-100 PSI
- j) Mantener la descarga por brazos top loading

## Descripción de la Estructura

La estructura metálica a diseñar es la encargada de soportar y mantener en conjunto los elementos que forman parte del sistema de medición siendo capaz de resistir 1200 Kg manteniendo su forma a lo largo del tiempo, bajo la acción de agentes exteriores a que ha de estar sometido.

La estructura metálica albergará a los siguientes Sistemas:

- Sistema de Control de Flujo: Este sistema regula el flujo de los combustibles que ingresan al sistema de medición estabilizando el caudal, como se mencionó en las condiciones iniciales el caudal establecido para el diésel es 450 GPM y el de Gasolina de 90 Octanos es de 350 GPM .Para el Sistema de control de flujo se necesitan cuatro (04) válvulas compuertas para permitir el paso de los combustibles, cuatro (04) válvulas bolas para regular el flujo de combustible las cuales están compuestas por un vástago para abrir, cerrar o regular el flujo del combustible que pasa por el orificio de paso que se encuentra en el cuerpo de la válvula de bola y cuatro (04) válvulas controladoras de flujo las cuales están compuestas por dos solenoides uno Normalmente Abierto (NA) y otro Normalmente Cerrado (NC), interiormente cuentan con un diafragma por el cual a través de su apertura y cierre se controla el flujo, esta es monitoreada y recibe órdenes de un Controlador Digital.
- Sistema de medición de Flujo: Este sistema mide el flujo de los combustibles que ingresan al sistema de medición enviando estas señales al controlador Digital para que este realice los cálculos correspondientes. Para este sistema se necesitan cuatro (04) contómetros para aplicaciones de hidrocarburos, con transmisores de flujos.
- Sistema de medición de Temperatura: Este sistema mide la temperatura de los combustibles que ingresan al sistema de medición enviando estas señales al controlador Digital para que este realice los cálculos correspondientes. Para este sistema se necesitan cuatro (04) medidores de temperatura.

- Sistema de Monitoreo de Puesta a Tierra: Este sistema de monitoreo se encarga de aterrizar el camión cisterna eliminando corrientes estáticas que se producen al transferir los combustibles provocados por la fricción al recorrer las tuberías. Para este sistema se necesita un equipo para aterrizar a los camiones cisterna previniendo la posible ignición provocada por la estática que produce el combustible al recorrer las tuberías hacia el camión.
- Sistema de Monitoreo de Sobrellenado: El sistema se encarga de monitorear el nivel de combustible que se está transfiriendo al camión cisterna, de presentarse alguna irregularidad este sistema tiene la potestad de intervenir en el sistema de bombeo apagando, deteniendo el despacho. Para este sistema se necesita un equipo para monitorear el nivel de los camiones cisterna, se sabe que los camiones cisterna dedicados al transporte de combustible cuenta con un sensor de nivel óptico, el objetivo de este sistema de sobrellenado es prevenir el derrame de combustible a través del monitoreo del sensor de nivel.
- Sistema de Brazos de Descarga: Este sistema se encarga de realizar la descarga de combustibles hacia los camiones cisterna a través de cuatro (04) brazos de descarga que se conectan con el camión cisterna para poder llenar los compartimientos con los cuales cuenta el camión cisterna. Estos 4 brazos repartirán tanto diésel como gasolina de 90 Octanos.
- Tableros de Distribución Eléctrica: Se instalará un (01) tablero de distribución eléctrica en 230 VAC, 60 Hz para poder alimentar los sistemas mencionados, este tablero se soportará en la estructura metálica.

#### Selección de Materiales

La selección de materiales depende mucho de las condiciones ambientales donde se encuentra la empresa terminales del Perú que es donde se ubicará este sistema de medición, a continuación, se muestra las condiciones ambientales:

Tabla N°5 Condiciones Ambientales

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	
Altitud	7 msnm	
Temperatura (medio anual)	Mínima	14 °C
	Máxima	30 °C
	Promedio	19 °C
Humedad Relativa	90%	
Zona Sismicidad	Zona 4 - Sistema PERÚ	

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI

Como se puede observar en la tabla N°5 la humedad que existe en la empresa Terminales del Perú es altamente corrosiva, y al ser una empresa la cual se dedica al almacenamiento de combustibles, se tiene un ambiente altamente explosivo.

De acuerdo a las condiciones ambientales los materiales que se pueden utilizar para la estructura son los siguientes:

- Aluminio
- Titanio
- Acero Inoxidable

A continuación, en la tabla N°6 se puede ver las características de los materiales propuestos, eligiendo como material el acero inoxidable debido a su alta resistencia corrosiva y al ser el acero el material estructural por excelencia para grandes alturas, puesto que resuelve con éxito los planteamientos estructurales de: soportar el peso con pilares de dimensiones reducidas, resistir el empuje ante el vuelco y evitar movimientos debidos a la acción del viento.

Tabla N° 6 Propiedades de los Materiales

Material	Resistencia Corrosiva	Punto de Fusión	Densidad
Acero Inoxidable	Excelente	1510°C	7850 Kg/m3
Aluminio	Bueno	660.3°C	2700 Kg/m3
Titanio	Excelente	1668°C	4054 Kg/m3

Fuente: <https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/4409/204>

### Dimensionado

Los cálculos estructurales se realizaron a través del software Inventor, considerando la interacción entre todos los componentes, el programa permite simular el análisis estructural usando las siguientes formulas:

#### **Criterio de rotura de Von Mises**

$$\sigma_{co} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy} + \tau_{xz} + \tau_{yz})^2 \right]} \dots(1)$$

#### **Flexión simple**

$$\sigma_{co} = \sqrt{(\sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_z \sigma_y + 3\tau_{yz}^2)} \dots(2)$$

#### **Tracción simple**

$$\sigma_{co} = \sqrt{(\sigma_y^2 + 3\tau_{yz}^2)} \dots(3)$$

Se diseñó la estructura para soportar los sistemas mencionados, a continuación, en la tabla N°7 se puede ver las propiedades físicas.

Tabla N° 7 Propiedades Físicas de la Estructura

Material	Acero
densidad	7.85 g/cm <sup>3</sup>
masa	780.391 kg
Área	103919000 mm <sup>2</sup>
Volumen	78039100 mm <sup>3</sup>
Centro de Gravedad	x=3488.86 mm y=1638.36 mm z=-1686.57 mm

Fuente: Elaboración propia

La base de la estructura estuvo formada por:

- Tres (03) vigas tipo U de 4" x 2" con una longitud de 7.8m.
- Tres (03) vigas tipo U de 4" x 2" con una longitud de 2 m.
- Tres (03) vigas tipo U de 4" x 2" con una longitud de 1.87 m.
- Seis (06) vigas tipo U de 4" x 2 con una longitud de 1.40 m.
- Dos (02) vigas tipo U de 4" x 2" con una longitud de 4.7 m.
- Cinco (05) vigas tipo U de 4" x 2" con una longitud de 0.6 m.

Como se muestra en la figura N°17

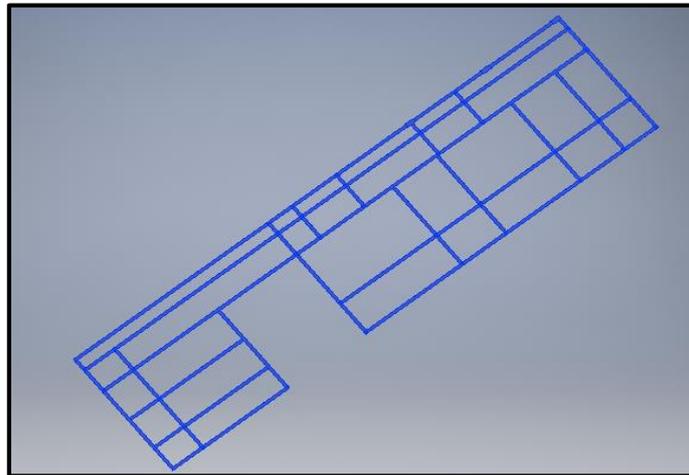


Figura N° 17 Base de la Estructura

Fuente: Elaboración propia

La parte superior de la estructura estuvo formada por:

- Tres (03) vigas tipo U de 4" x 2" con una longitud de 5.97 m
- Siete (07) vigas tipo U de 4" x 2" con una longitud de 2.5 m

- Tres (03) vigas tipo U de 4" x 2" con una longitud de 1.73 m
- Dos (02) vigas tipo U de 4" x 2" con una longitud de 2.23 m
- Una plancha de 0.30 m<sup>2</sup> y 6.35 mm de espesor en donde se colocó el controlador digital y los sistemas de monitoreo de puesta a tierra y sobrellenado

Como se muestra en la figura N°18

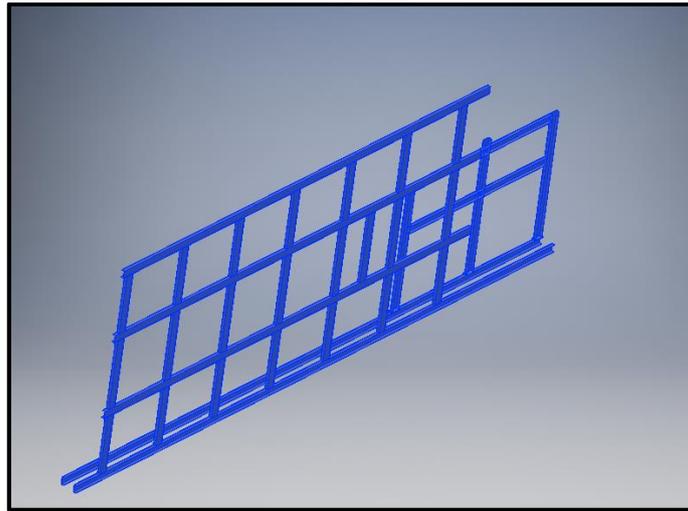


Figura N° 18 Parte superior de la estructura

Fuente: Elaboración propia

Los soportes de la parte inferior de la estructura estuvieron formados por:

- Cuatro (04) vigas tipo H de 4 "x 13" con una longitud de 0.33 m que están soldadas a una plancha cuadrada de 0.0256 m<sup>2</sup> y de 6.35 mm de espesor.
- Cuatro (04) tuberías metálicas redondas de 0.08 m de diámetro que están soldadas a una plancha de 6.35 mm de espesor.
- Una (01) viga tipo U de 4" x 2" con una longitud de 1.77 m
- Una (01) viga tipo U de 4" x 2" con una longitud de 0.3 m
- Cuatros (04) vigas tipo U de 4" x 2" con una longitud de 0.72 m soldados con una plancha de 0.013 m<sup>2</sup> y 6.36 mm de espesor.

Como se muestra en la figura N°19

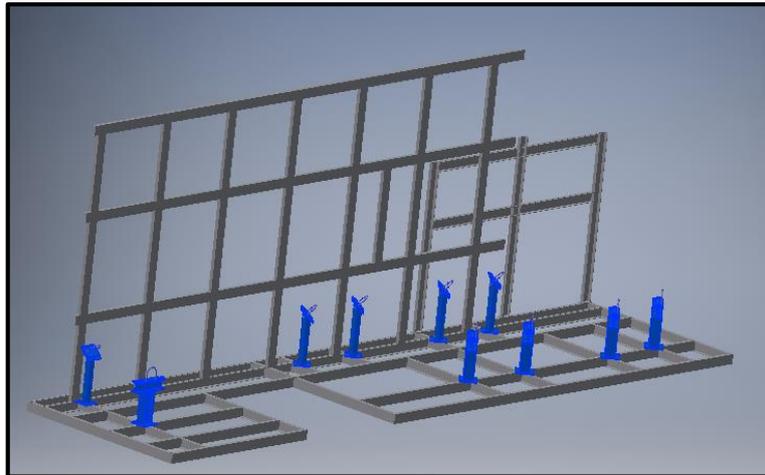


Figura N° 19 Soportes

Fuente: Elaboración propia

Las abrazaderas que fijan a las tuberías hacia los soportes fueron tipo U – BOLT

Con un diámetro de 0.13 m, teniendo 12 abrazaderas en total.

A continuación, en la figura N°20 se visualizan las abrazaderas.

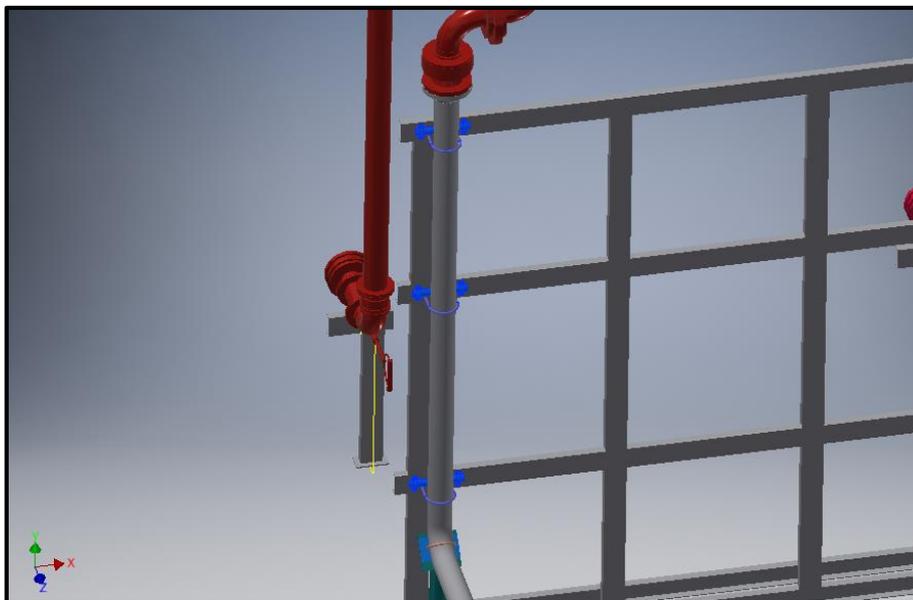


Figura N° 20 Abrazaderas

Fuente: Elaboración propia

Se usaron las fórmulas mencionadas líneas arriba y el software inventor donde se simulo el peso que ejercen los componentes mecánicos y electrónicos a la estructura.

Obteniendo los siguientes datos:

Tabla N° 8 Propiedades de los materiales

Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7.85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.3 su
	Módulo cortante	80.7692 GPa

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la figura N°21 se visualizan la estructura con los sistemas.

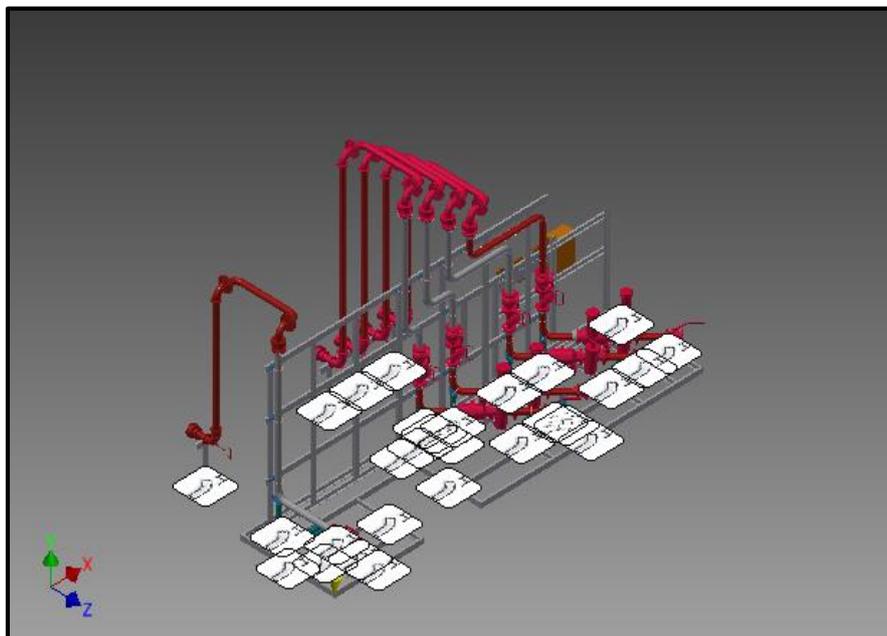


Figura N° 21 Análisis de la Estructura con los Sistemas

Fuente: Elaboración propia

Con la ayuda del Software inventor se logró obtener el análisis por el método de Von Mises, obteniendo las tensiones máximas y mínimas de la estructura lo cual nos ayudo a conocer a cuanta tensión estaba sometida la estructura, como se muestra en la figura N°21 se realizó el análisis de la estructura.

Tabla N°9 Fuerza de Reacción en Restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	19413.6 N	0 N	16886.8 N m	16826 N m
		19410 N		593.581 N m
		372.486 N		1303.01 N m

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el análisis estático se obtuvo los resultados que se muestran en la tabla N°10, donde se puede observar el peso total de la estructura junto a los sistemas que forman parte de ella.

Tabla N° 10 Resultados Mecánicos

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	784583000 mm <sup>3</sup>	
Masa	6158.97 kg	
Tensión de Von Mises	0.0000285646 MPa	42.4499 MPa
Primera tensión principal	-5.55415 MPa	36.7253 MPa
Tercera tensión principal	-41.275 MPa	5.28107 MPa
Desplazamiento	0 mm	3.67463 mm
Coefficiente de seguridad	4.87633 su	15 su

Fuente: Elaboración propia

Del análisis generado se obtuvo, la tensión de von mises, a través de este se resultado se tiene la tensión de ruptura que la estructura puede soportar más allá del peso total de 6158.97 Kg, como se muestra en la figura N°22 se tiene la tensión de ruptura máxima es de 42.45 Mpa esto

equivalente a 432,86 kg y la mínima es 0 Mpa, como se observa la estructura está cubierta de color azul en su mayoría indicando que no hay riesgo de corte salvo en el punto donde se ubica un filtro canasta de 4", el cual no debe superar el peso de 432,86 kg de lo contrario se originaría una ruptura en la línea.

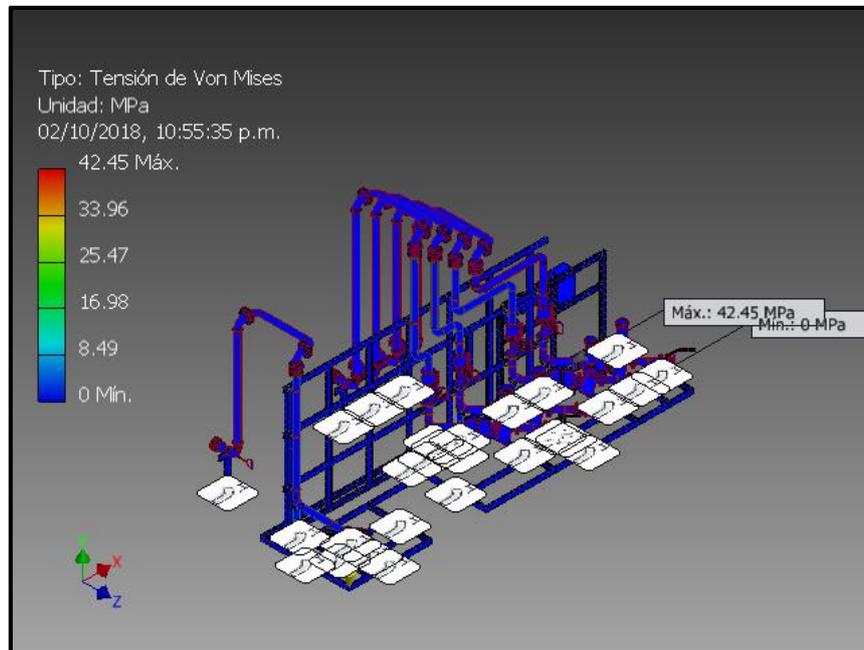


Figura N° 22 Tensión de Von Mises

Fuente: Elaboración propia

Del análisis generado se obtuvo la primera tensión principal, a través de este se resultado se tiene la tensión de elasticidad máxima inducida en la estructura por el peso total de 6158.97 Kg, como se muestra en la figura N°23 se tiene la tensión de elasticidad máxima es de 36.73 Mpa esto equivalente a 374,54 kg y la mínima es -5.55 Mpa, esto equivalente a -56.59 kg como se observa la estructura está cubierta de color azul en su mayoría indicando que no hay riesgo de corte salvo en el punto donde se ubica un filtro canasta de 4", el cual no debe superar el peso de 374.54 kg, de lo contrario se originaría una deformación en la línea.

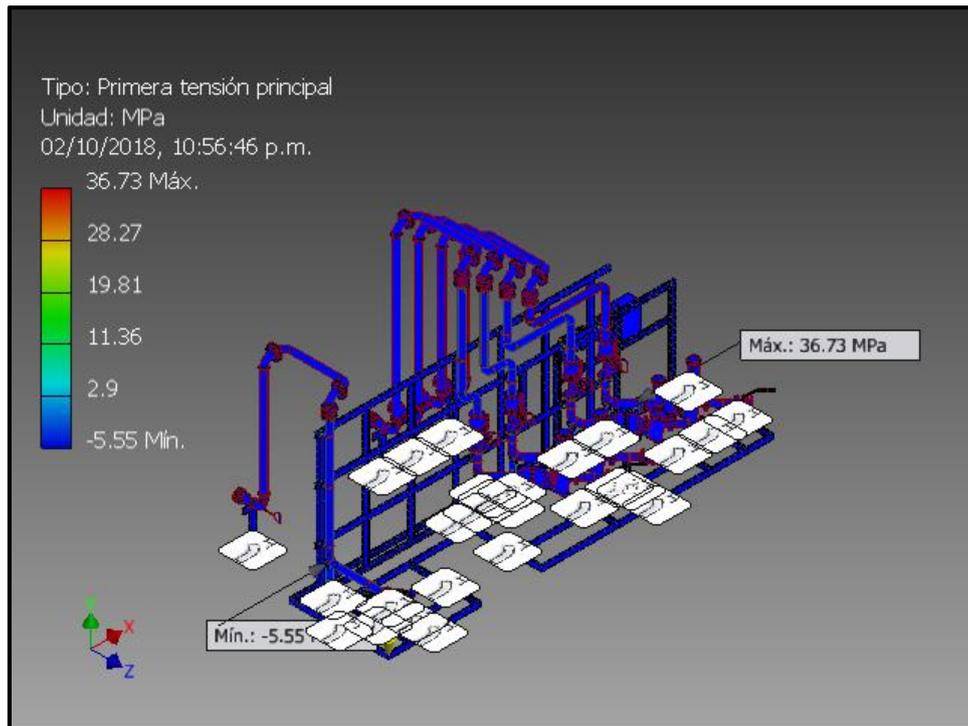


Figura N° 23 Primera Tensión Principal

Fuente: Elaboración propia

Del análisis generado se obtuvo, la tercera tensión principal, a través de este resultado se tiene la tensión de compresión máxima inducida en la estructura por el peso total de 6158.97 Kg, como se muestra en la figura N°24 se tiene la tensión de compresión máxima es de 5.28 Mpa esto equivalente a 53,84 kg y la mínima es -41.27 Mpa, esto equivalente a -420.83 kg como se observa la estructura está cubierta de color mostaza en su mayoría indicando que existiría el riesgo de compresión de la estructura empezando en el punto donde se ubica un soporte en T el cual sostiene el codo de la tubería de 4", el cual no debe superar el peso de 53.84 kg, de lo contrario se originaría una compresión en el soporte tipo T, al existir el riesgo en un soporte, si este se comprime podría dañar a toda la estructura.

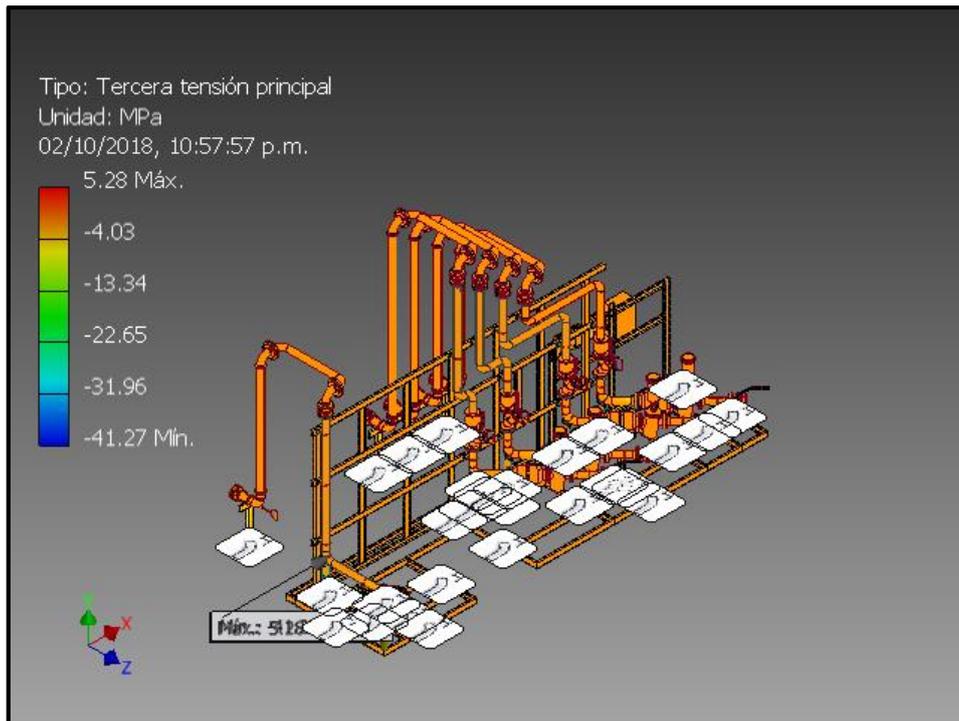


Figura N° 24 Tercera Tensión Principal

Fuente: Elaboración propia

Del análisis generado se obtuvo, el coeficiente de seguridad, a través de este se resultado se tiene el valor calculado de la capacidad máxima de la estructura y el valor del peso real a que se será sometido, este coeficiente de seguridad nos garantiza que, si ocurriese algún evento inesperado respecto a la estructura en cuestión de tensiones de elasticidad o compresión, existe un margen extra para evitar la ruptura o deformación de la estructura. Por este motivo es un número mayor que uno, que indica la capacidad en exceso que tiene el sistema por sobre sus requerimientos.

Como se puede observar en la figura N°25 el número obtenido de coeficiente de seguridad máximo es de 15 ul y la mínima es 4.88 ul es decir que la estructura cumple con el coeficiente de seguridad, se observa que la estructura está cubierta de color azul en su mayoría indicando que no hay riesgo salvo en el punto donde se ubica el filtro de canasta de 4" es ahí donde el coeficiente de seguridad es 4.88.

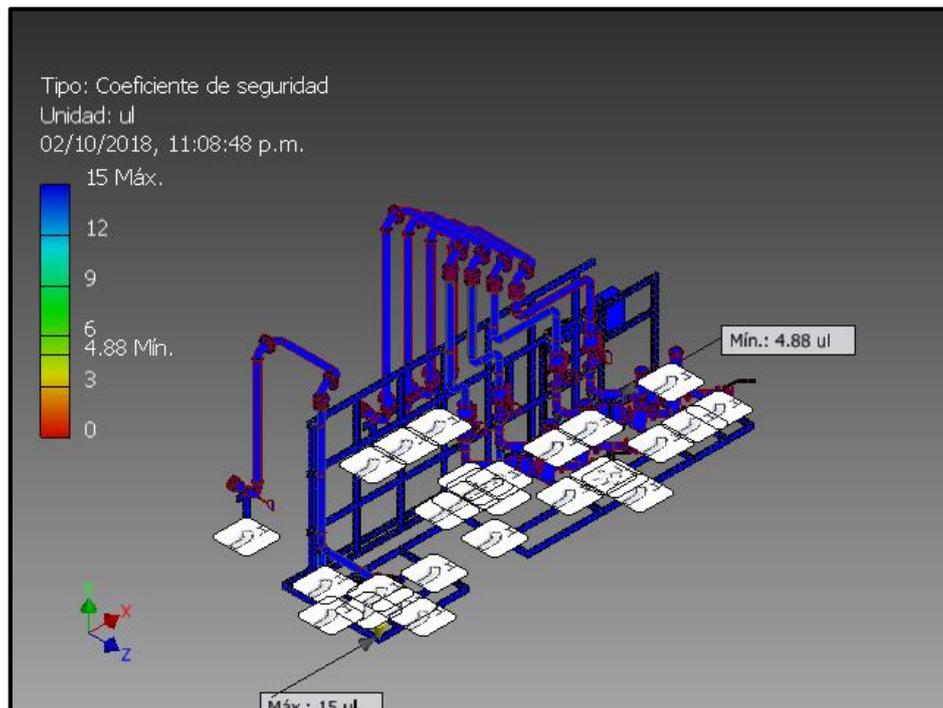


Figura N° 25 Coeficiente de Seguridad

Fuente: Elaboración propia

## Descripción de Sistemas

### Sistema de Control de Flujo

Este sistema cuenta con los siguientes elementos:

(04) válvulas controladoras de flujo

(04) válvulas compuertas

(04) válvulas bolas

Se usaron las siguientes fórmulas para seleccionar los diámetros de las tuberías y válvulas:

Según las Normas Técnicas Peruanas (NTP, 2017), “Para mantener bajas pérdidas de presión, no se deberán exceder determinadas velocidades de flujo en las tuberías, en el caso de combustibles se usa 1 m/seg” (p.55).

Se sabe que el caudal máximo a trabajar es de 450 GPM, y la velocidad es de 1m/s

Caudal  $Q = VXA... (4)$

Q: Caudal Volumétrico m<sup>3</sup>/h

V: Velocidad m/s

A: Área mm<sup>2</sup>

Área  $\frac{\pi d^2}{4}... (5)$

$\pi$ : 3.14

d: diámetro mm

Se tiene:

Q=450 GPM que es Q= 102.206 m<sup>3</sup>/h

Entonces:  $102.206 = \frac{v \pi d^2}{4}$

d=114.1 mm

Buscamos el valor obtenido en la figura N°26 donde se ven las medidas de tuberías comerciales.

Dimensiones y pesos teóricos - Tubos ASTM A-53 / A 106 / API																					
Diámetro nominal	Diámetro exterior	ESPEORES NOMINALES Y PESOS NÚMERO DE "SCHEDULE"																			
		20		30		40		60		80		100		120		140		160		XXS	
Pulg.	mm	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m
1/8	10.3					1.73	0.36			2.41	0.46										
1/4	13.7					2.24	0.63			3.02	0.80										
3/8	17.1					2.31	0.85			3.20	1.10										
1/2	21.3					2.77	1.27			3.73	1.62							4.78	1.95		
3/4	26.7					2.87	1.68			3.91	2.19							5.56	2.89		
1	33.4					3.38	2.50			4.55	3.23							6.35	4.23		
1 1/4	42.2					3.56	3.38			4.85	4.47							6.35	5.60	9.70	7.76
1 1/2	48.3					3.68	4.05			5.08	5.41							7.14	7.24	10.16	9.55
2	60.3					3.91	5.44			5.54	7.48							8.74	11.12	11.07	13.45
2 1/2	73.0					5.16	8.63			7.01	11.41							9.52	14.91		27.6
3	88.9					5.49	11.29			7.62	15.27							11.13	21.34	15.24	
3 1/2	101.6					5.74	13.57			8.08	18.62										
4	114.3					6.02	16.08			8.56	22.32			11.13	28.31			13.49	33.54		
5	141.3					6.55	21.78			9.52	30.96			12.70	40.29			15.88	49.11		
6	168.3					7.11	28.27			10.97	42.57			14.27	54.22			18.26	67.57		
8	219.1	6.35	33.32	7.04	36.80	8.18	42.54	10.31	53.10	12.70	64.65	15.09	75.92	18.26	90.32	20.62	100.89	23.01	111.18		
10	273.0	6.35	41.78	7.80	51.02	9.27	60.32	12.7	81.56	15.09	95.8	18.26	114.5	21.4	132.7	25.4	155.0	28.6	172.1		
12	323.8	6.35	49.74	8.38	65.22	10.31	79.74	14.3	109	17.48	132.0	21.4	159.5	25.4	186.7	28.6	207.9	33.3	238.5		
14	355.6	7.92	68.0	9.52	81.2	11.1	94.3	15.1	126.4	19.0	157.9	23.8	194.5	27.8	224.2	31.8	253.3	35.7	281.4		
16	406.4	7.92	77.9	9.52	93.1	12.7	123.2	16.7	160	21.4	203.1	26.2	245.3	30.4	286.1	36.5	332.6	40.5	364.8		
18	457.2	7.92	87.8	11.11	122.1	14.3	155.9	19.0	205.6	23.8	254.1	29.4	309.5	34.9	363.3	39.7	408.1	45.2	459.1		
20	508.0	9.52	117.0	12.7	155.0	15.1	182.9	20.6	247.6	26.2	310.8	32.5	381.1	38.1	441.0	44.4	507.6	50.0	564.0		
24	609.6	9.52	140.8	14.3	209.5	17.4	254.7	24.6	354.3	30.9	441.0	38.9	546.7	46.0	639.0	52.4	719.0	59.5	806.5		
30	782.0	12.7	234.4	15.9	291.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura N° 26 Dimensión de Tubos ASTM

Fuente: <http://www.cbaccesorios.com.ar/pdf/canios.pdf>

Como se puede observar en la figura N°26 el diámetro de tubería obtenida hace referencia a una tubería de 4" es decir se usarán tuberías y válvulas de diámetro de 4", estas deberán ser de acero inoxidable debido a las condiciones ambientales (gran porcentaje de humedad).

A continuación, en la tabla N°11, se detalla las especificaciones técnicas de la válvula de control de flujo elegida.

Tabla N°11 Especificaciones Técnicas de la Válvula de Control de Flujo

<b>CARACTERÍSTICAS DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO</b>	
Conexión	ANSI 150#
Diámetro	4"
Cantidad	4 unidades
Rango de Temperatura	-40°C a 66°C
Peso	63.5 kg
Volumen	140# @ 3 Cu Feet
Grado de Protección	IP 67
Diferencial de presión	100 PSI máximo
Material	Acero Inoxidable
Área Clasificada	Class I, Division 1
<b>MATERIAL DE CONSTRUCCION</b>	
Cuerpo	Acero -ASTM-A216-GR-WCB
Cilindro Principal	17-4 Acero Inoxidable, tratado Termicamente
Piston Principal	Acero Inoxidable
Aro del Asiento	Acero Inoxidable
Elastómeros	Flour silicon
Otras Partes Internas	Acero Inoxidable
Filtro del Piloto y Filtro de la Válvula de Aguja	Acero Inoxidable
Tubos y Conexiones	Acero Inoxidable
<b>DATOS ELÉCTRICOS DE LAS SOLENOIDES</b>	
Voltaje de Operación	220 VAC, 50 Hz

Fuente:[http://www.brodieintl.com/wp-content/uploads/dsbv88\\_r10.pdf](http://www.brodieintl.com/wp-content/uploads/dsbv88_r10.pdf)

Se sabe que las presiones de operación deben ser de un rango de 0-100 PSI es por eso que se seleccionan válvulas bolas que trabajen a ese rango, el objetivo de la válvula bola a colocar es regular el flujo de los combustibles.

En la tabla N°12, se detalla las especificaciones técnicas de la válvula bola elegida.

Tabla N°12 Especificaciones Técnicas de la Válvula Bola

<b>CARACTERÍSTICAS DE LA VÁLVULA BOLA</b>	
Tipo	Válvula de Bola, Dos cuerpos, Paso Total , Bola Flotante
Presión de Operación	0 - 100Psi
Cantidad	4 Unidades
Cuerpo y Tapa ( Material )	Acero al Carbono ASTM A216 Gr. WCB
Clase / Conexión / Diseño	Class 150 # / Bridada RF ASME B16.5 / ASME B.16.34
Bola / Material de Disco	Acero inoxidable (316SS o A350 LF2)
Vástago	316 SS
Tipo de Accionamiento	Palanca
Sello del vástago/ Asiento de válvula	RPTFE
Estándar de diseño y pruebas	API 6D / API 598
Probadas Contra Incendio	API 607

Fuente:<http://www.microfinishvalvesinc.com/product-pages/cast-two-piece-ball-valves-n.html>

A continuación, en la tabla N°13, se detalla las especificaciones técnicas de la válvula compuerta elegida.

Tabla N°13 Especificaciones Técnicas de la Válvula Compuerta

<b>CARACTERÍSTICA DE LA VÁLVULA COMPUERTA</b>	
Tipo	Válvula de Compuerta (Ver Nota N° 01)
Cuerpo y Tapa ( Material )	Acero al Carbono ASTM A216 Gr, WCB
Presión de Operación	0 - 100 Psi
Diámetro	4"
Clase / Conexión / Diseño	Class 150 # / Bridada RF ASME B16.5 / ASME B.16.34
Vástago	Acero inoxidable 410 SS
Tipo de Accionamiento	Manual (Ver página 16)
Estándar de diseño y pruebas	API 600 / API 598

Fuente:<http://nelkarel.com/producto/valvula-compuerta-acero-bridada>

## Sistema de Medición de Flujo

Como se mencionó líneas arriba el diámetro de válvulas y tuberías a usar es de 4", el sistema de medición de flujo está conformado por cuatro (04) contómetros, se realizó un análisis de los posibles contómetros a usar teniendo como opciones los siguientes contómetros:

- Contómetro Tipo Desplazamiento Positivo
- Contómetro Tipo Turbina
- Contómetro Tipo Electromagnético

A continuación, en la tabla N°14 se puede ver las características de los contómetros propuestos, eligiendo como contómetro al tipo Desplazamiento Positivo debido a su excelente capacidad para manejar fluido viscoso y a la exactitud con la que realiza las mediciones.

Tabla N°14 Características de Contómetros

Tipo	Fluido Viscoso	Exactitud	Aplicaciones
Desplazamiento Positivo	Excelente	0.3%	Hidrocarburos
Electromagnético	Bueno	1%	Sanitarios
Másico	no tan bueno	2%	Industrial

Fuente:<http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Caudal/Principios>

El contómetro tipo desplazamiento positivo cuenta con un transmisor de flujo el cual transmitirá los datos hacia el Controlador Digital, la selección de este sensor se verá en el diseño electrónico.

## Sistema de brazos de Descarga

De acuerdo a las fórmulas mencionadas líneas arriba se estableció que el diámetro tuberías a usar es de 4" y como se mencionó como condición inicial los brazos de descarga deberán ser tipo top loading, el sistema de brazos de descarga está conformado por cuatro (04) brazos de descarga.

A continuación, en la tabla N°15 se muestran las características.

Tabla N°15 Características de Brazos de descarga

Características de Brazo de descarga	
Modelo	E2304 SPRING BALANCED HOSE LOADING ARM
Diámetro:	4"
Materiales de Construcción	Acero al Carbono y con Sellos de PTFE
Dimensiones Estándar	C=60"
Tubería Primaria	Acero al Carbono
Alcance Máximo	Dependerá de la distancia C
Orientación de Junta Base	Lado Derecho
Conexión de Entrada y Salida	Brida de 4" ANSI 150 RF x TTMA 4"
Cantidad de Brazos	04 Und
Presión de Trabajo	100 PSI

Fuente: <http://www.emcowheaton.com/es/brazos-de-carga-inferior/>

#### Tablero de Distribución Eléctrica

El tablero de distribución eléctrica a colocar será explosion proof debido a la presencia de atmosfera explosiva y NEMA 4x debido al ambiente altamente corrosivo, este se dimensionará para alimentar a los sistemas mencionados anteriormente a continuación se muestra en la tabla N°16 las características del tablero de distribución eléctrica.

Tabla N°16 Características del tablero de distribución Eléctrica

CARACTERÍSTICAS DEL TABLERO ELÉCTRICO			
Tensión de servicio	230 VAC	Fases	1F (monofásico)
Dimensiones Internas	800x450x253 mm	Dimensiones externas	966x623x342 mm
Peso	99.2 kg	Frecuencia	60 Hz
Material	Fundición de aluminio con bajo contenido de cobre	Corriente de Cortocircuito	20 kA
		Aterramiento	Sólidamente aterrado
Nivel de Aislamiento	600 VAC	Grado de Protección	NEMA 7, 4 y 4X
Grado de Protección	NEMA 7, 4 y 4X	Color de terminación	RAL 5017
Colores de barra	Rojo, negro y azul	Barra principal por fase	Si
Barra para puesta a tierra	Si	Soportes de fijación	Si
Bisagras	Si	Bandeja Interna de Aluminio	Si
Cantidad	1	Acabado	Pintura Gris Epóxica
Dispositivos en tapa	Luces Piloto	Acabado anticorrosivo	Si
	Selectores	Montaje	Adosada a estructura metálica
Certificación	Clase I División 2, grupo B,C y D	Ingreso de cables	Calado en campo
	NEC 500, UL 1203	Marca/ Modelo	Crouse Hinds serie XO-32
Montaje	Adosada a estructura metálica		

Fuente:<http://www.consortioegperu.com.pe/tableros-electricos/panelboard-tableros-electricos>

## 3.2 Diseño Eléctrico

### Condiciones Iniciales

El Sistema de medición de medición deberá contar con las siguientes características para cumplir con las actividades básicas que permitirá cumplir su objetivo:

- a) Contar con un suministro de energía en 230 VAC estabilizada y monofásica con frecuencia en 60 Hz para los equipos que forman parte del sistema.
- b) Contar con un UPS en 230 VAC con Autonomía para 30 minutos
- c) Contar con un suministro de energía en 460 VAC trifásica con frecuencia en 60 Hz para electrobombas.
- d) Las electrobombas deberán tener protección NEMA 4X para ambientes marítimos corrosivos y explosivos.
- e) Seleccionar electrobombas con capacidad de 450 GPM para el Diésel, establecido por la empresa Terminales del Perú.

- f) Seleccionar electrobombas con capacidad de 350 GPM para la Gasolina de 90 Octanos, establecido por la empresa Terminales del Perú.
- g) Con canalizaciones eléctricas previniendo la caída de tensión.
- h) Con tablero Eléctrico con protección NEMA 4X para ambientes marítimos corrosivos y explosivos.

### Cálculo de consumo eléctrico

El consumo eléctrico está dividido en dos suministros eléctricos:

- Suministro Eléctrico para equipos que se alimentan en 230 VAC monofásico
- Suministro Eléctrico para equipos que se alimentan en 460 VAC trifásico

En el caso del consumo eléctrico para equipos que se alimentan en 230 VAC, se tiene como condición inicial contar con un UPS con autonomía de 30 minutos.

A continuación, en la tabla N°17 se muestra el consumo eléctrico de equipos que se alimentan en 230 VAC, monofásico, para poder calcular la capacidad del UPS a colocar.

Tabla N°17 Cuadro de Carga de Equipos en Tablero de Distribución de 230 VAC/1F/60HZ

CUADRO DE CARGA DE EQUIPOS EN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE 230 VAC /1F/60HZ					
Circuito	Tag Tablero	Descripción	Potencia Instalada	Factor de Demanda	Máxima Demanda (KW)
A-1	TD-230	Sistema de Monitoreo de Sobrellenado	0.02	1	0.02
A-2	TD-230	Sistema de Monitoreo de Puesta a Tierra	0.03	1	0.03
A-3	TD-230	Controlador Digital	0.06	1	0.06
A-4	TD-230	Válvulas de Control de Flujo	0.08	1	0.08
A-5	TD-230	PLC-1001	0.12	1	0.12
A-6	TD-230	Reserva 25 %	0.06	1	0.07
TOTAL			0.38		0.38
Simultaneidad				1	

Fuente: Elaboración propia

Según lo que se muestra en la tabla el UPS vendría a ser de 1 KVA ya que el resultado es de 0.38 KW se aproxima a 1 KVA, pero con el motivo de dejar reservas se dimensionará con un UPS de 3 KVA.

En la tabla N°18 se muestran las características del UPS a usar

Tabla N°18 Características del UPS

Tipo	En línea
Tensión de entrada	230Vac
Tensión de salida	230Vac
Frecuencia	60 Hz
Potencia de consumo	3 KVA
N° Fases	Trifasico
Distorsión corriente entrada	<3% al 100% de la carga
Variación de tensión	+/- 1%
Bateria	Baterías de plomo ácido sin mantenimiento VRLA - AGM
Prueba de batería	Automática o manual
Pantalla LCD	Touch screen, barra LED multicolor, visión sinóptica de tiempo real
Puertos de comunicación	Puertos RS232, Genset, Programables 4 Contactos del relé, ModBus
Dimensiones A x L x P (mm)	1650 x 600 x 900
Grado de protección	IP20
Ruido a 1 m (dBA)	< 55
Forma de onda	Sinusoidal
Marca/Modelo	KEOR T / KEOR T40

Fuente: Elaboración propia

Para el consumo eléctrico para equipos que se alimentan en 460 VAC trifásico es decir las electrobombas primero se debe calcular el motor eléctrico que se ha de usar partiendo de los caudales que se tiene como condición inicial, los cuales son:

- Electrobombas con capacidad de 450 GPM para el Diésel, establecido por la empresa Terminales del Perú.

- Electrobombas con capacidad de 350 GPM para la Gasolina de 90, establecido por la empresa Terminales del Perú.

A continuación, se realiza el cálculo de potencia de las electrobombas usando la siguiente formula:

$$P_b = \frac{\rho \times g \times Q \times h_b}{n} \dots (6)$$

$P_b$ : Potencia de la Bomba

$\rho$ : Densidad del Fluido

$g$ : aceleración de la gravedad

$h_b$  : Altura donde se ubica la bomba

$n$ : eficiencia

**Se tiene para la electrobomba de Diésel:**

$h_b = 0.05$  m

$\rho$ : 992 Kg/m<sup>3</sup>

$g = 9.8$  m/s<sup>2</sup>

$n$ : 0.75

$Q = 102.206$  m<sup>3</sup>/h

Entonces de la ecuación:

$$P_b = \frac{0.05 \times 9.8 \times 992 \times 102.206}{0.75}$$

Teniendo como resultado 55.6 kW

**Se tiene para la electrobomba de Gasolina:**

$h_b = 0.06$  m

$\rho$ : 680 Kg/m<sup>3</sup>

$g = 9.8$  m/s<sup>2</sup>

$n$ : 0.75

$Q = 102.206$  m<sup>3</sup>/h

Entonces de la ecuación:

$$P_b = \frac{0.06 \times 9.8 \times 680 \times 102.206}{0.75}$$

Teniendo como resultado 54.5 kW

En la tabla N°19 se muestra el consumo eléctrico de equipos que se alimentan en 460 VAC, trifásica.

Tabla N°19 Cuadro de Carga CCM (Centro de Control de Motores) 460 VAC/3F/60HZ

CUADRO DE CARGA CCM (CENTRO DE CONTROL DE MOTORES)															
460 VAC / 3F / 60 Hz															
Circuito	Tag	Descripción	Potencia Instalada		Eficiencia (n)	Potencia Instalada (kW)	Tipo de Carga		Tipo de Conexión	Factor de Demanda (F.D.)	Factor de Simultaneidad (F.S.)	Factor de Potencia (F.P.)	Máxima Demanda (kW)	Máxima Demanda (kVAR)	Máxima Demanda (kVA)
			HP	kW			Continua	Intermitente							
M-1	B-G90-01	Tablero para arranque de gasolina 90	75	55.6	0.9	61.77		X	X	0.8	0.8	0.85	39.79	24.66	46.81
M-2	B-DB5-01	Tablero para arranque para diesel	75	54.5	0.9	60.55		X	X	0.8	0.8	0.85	39.79	24.66	46.81
M-3	TG-230 V	Transformador de 3 kVA 460/230 VAC				0.368	X		X	1	1	0.9	0.37	0.18	0.41
M-5	-	Reserva				7.79							5	3.09	5.88
M-6	-	Reserva				7.79							5	3.09	5.88
M-7	-	Reserva				7.79							5	3.09	5.88
M-8	-	Reserva				7.79							5	3.09	5.88
M-9	-	Reserva				7.79							5	3.09	5.88
M-10	-	Reserva				7.79							5	3.09	5.88
M-11	-	Reserva				7.79							5	3.09	5.88
<b>SUBTOTAL</b>						<b>177.21</b>						<b>0.85</b>	<b>114.95</b>	<b>71.13</b>	<b>135.19</b>
<b>F. Simultaneidad</b>			<b>0.6</b>												
<b>Máxima Demanda (kVA)</b>			<b>135.19</b>												

Fuente: Elaboración propia

## Sistema de Control de Flujo

Para el Sistema de control de flujo se necesita una válvula controladora de flujo la cual está compuesta por dos solenoides uno Normalmente Abierto (NA) y otro Normalmente Cerrado (NC), interiormente cuenta con un diafragma por el cual a través de su apertura y cierre se controla el flujo, esta es monitoreada y recibe órdenes de un Controlador Digital. A continuación, ambos equipos son descritos eléctricamente:

- Especificaciones Eléctricas:

Los equipos eléctricos mencionados a continuación en la tabla N° 20 se alimentan en 230 VAC, 60 Hz.

Tabla N°20 Cuadro de Carga de Sistema de Control de Flujo

Tipo de dispositivo	Cantidad		Potencia (watts)		Potencia Total (watts)
Válvula de control de Flujo	4	x	0.02	=	0.08
Consumo de potencia total (W)				=	0.08

Fuente: Elaboración propia

### Sistema de Bombeo

Para el Sistema de bombeo se necesita una electrobomba por cada combustible a despachar en este caso se necesitarán 2 electrobombas ya que se tiene el diésel y la gasolina de 90 Octanos. A continuación, ambos equipos son descritos eléctricamente:

- Especificaciones Eléctricas:

Las electrobombas mencionadas a continuación en la Tabla N°21 se alimentan en 460 VAC, 60 Hz.

Tabla N°21 Cuadro de Carga de Sistema de Bombeo

Tipo de dispositivo	Cantidad		Potencia (watts)		Potencia Total (watts)
Bomba de Gasolina de 90 Octanos	1	x	55.6	=	55.6
Bomba de Diésel	1	x	54.5	=	54.5
Consumo de potencia total (W)				=	110.1

Fuente: Elaboración propia

### Sistema de Monitoreo de Puesta a Tierra

Para el Sistema de Puesta a Tierra se necesita un equipo para aterrar a los camiones cisterna previniendo la posible ignición provocada por la estática que produce el combustible al recorrer las tuberías hacia el camión.

A continuación, el equipo es descrito eléctricamente:

- Especificaciones Eléctricas:

El equipo eléctrico mencionado a continuación la Tabla N°22 se alimenta en 230 VAC, 60 Hz.

Tabla N°22 Cuadro de Carga de Sistema de Monitoreo de Puesta a tierra

<b>Tipo de dispositivo</b>	<b>Cantidad</b>		<b>Potencia (watts)</b>		<b>Potencia Total (watts)</b>
Sistema de Monitoreo de Puesta a Tierra	1	x	0.03	=	0.03
Consumo de potencia total (W)				=	0.03

Fuente: Elaboración propia

### Sistema de Monitoreo de Sobrellenado

Para el Sistema de Sobrellenado se necesita un equipo para monitorear el nivel de los camiones cisterna, se sabe que los camiones cisterna dedicados al transporte y de combustible cuenta con un sensor de nivel óptico, el objetivo de este sistema de sobrellenado es prevenir el derrame de combustible a través del monitoreo del sensor de nivel.

A continuación, el equipo es descrito eléctricamente:

- Especificaciones Eléctricas:

El equipo eléctrico mencionado a continuación en la Tabla N°23 se alimenta en 230 VAC, 60 Hz.

Tabla N°23 Cuadro de Carga de Sistema de Monitoreo de Sobrellenado

Tipo de dispositivo	Cantidad		Potencia (watts)		Potencia Total (watts)
Sistema de Sobrellenado	1	x	0.02	=	0.02
Consumo de potencia total (W)				=	0.02

Fuente: Elaboración propia

## Dimensión de Conductores Eléctricos

Se emplearán las siguientes fórmulas para el desarrollo de la memoria de cálculo de conductores:

### Intensidad Nominal Monofásica

$$I = \frac{P}{V \cos \varphi} \dots (7)$$

### Intensidad Nominal Trifásica

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V_L \cos \varphi} \dots (8)$$

V: Tensión en voltios (V)

$V_L$ : Tensión en línea en voltios (V)

I: Intensidad en Amperios (A)

P: Potencia en Vatios (W)

$\cos \varphi$ : Factor de Potencia

### Sección de Cable

$$S_{min} = \frac{2\rho LP}{U\Delta U_{max}} \dots (9)$$

U: Tensión en la línea monofásica (230 Voltios) (V)

$S_{min}$ : Sección mínima a instalar ( $mm^2$ )

$\rho$ : Resistividad del conductor a la temperatura de la operación ( $\Omega \frac{mm^2}{m}$ )

P: Potencia activa monofásica (W)

L: Longitud de la línea (m)

$\Delta U_{max}$ : Caída de tensión máxima admisible (V)

### Caída de tensión ya sea en monofásico o trifásico

$$\Delta V = \frac{2I\rho L}{S} \dots (10)$$

S: Sección a instalar ( $mm^2$ )

$\rho$ : Resistividad del conductor a la temperatura de la operación ( $\Omega \frac{mm^2}{m}$ )

L: Longitud de la línea (m)

$\Delta V$ : Diferencia de Voltaje (V)

I: Intensidad en Amperios (A)

A continuación, en la Tabla N°24 se realizan los cálculos eléctricos con las fórmulas mencionadas para el sistema de control de flujo:

Tabla N°24 Cálculo eléctrico para el Sistema de Control de Flujo

Circuito	Potencia nominal (kW)	Longitud (m)	Tipo de corriente	Tipo de conductor	Sección adoptada ( $mm^2$ )	Intensidad max. adm. Iz (A)	Intensidad nominal (A)	Caída de tensión (%)	Protección mag-ter (A)
FCV-01-P	0.022	20	Monofásica	Varios cables	1.5	12	0.13	0.02	10
FCV-02-P	0.022	20	Monofásica	Varios cables	1.5	12	0.13	0.02	10
FCV-03-P	0.022	20	Monofásica	Varios cables	1.5	12	0.13	0.02	10

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene la sección de cable a usar para la válvula de control de flujo y el controlador digital.

A continuación, en la Tabla N°25 se realizan los cálculos eléctricos con las fórmulas mencionadas del sistema de Bombeo:

Tabla N°25 Cálculo eléctrico para el Sistema de Bombeo

Circuito	Potencia nominal (kW)	Longitud (m)	Tipo de corriente	Tipo de conductor	Sección adoptada ( $mm^2$ )	Intensidad max. adm. Iz (A)	Intensidad nominal (A)	Caída de tensión (%)	Protección mag-ter (A)
B-G90-01-P	55.95	800	Trifásica	Varios cables	95	145	106.26	5.83	125

B-DB5-01-P	55.95	800	Trifásica	Varios cables	95	145	106.26	5.83	125
------------	-------	-----	-----------	---------------	----	-----	--------	------	-----

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene las secciones de cable a usar para la bomba de Gasolina de 90 Octanos y la bomba de Diésel

A continuación, en la Tabla N°26 se realizan los cálculos eléctricos con las fórmulas mencionadas del sistema de Monitoreo de Puesta a Tierra:

Tabla N°26 Cálculo eléctrico para el Sistema de Monitoreo de Puesta a Tierra

Circuito	Potencia nominal (kW)	Longitud (m)	Tipo de corriente	Tipo de conductor	Sección adoptada (mm <sup>2</sup> )	Intensidad max. adm. Iz (A)	Intensidad nominal (A)	Caida de tensión (%)	Protección mag-ter (A)
ZGSA-01-P	0.0275	22	Monofásica	Varios cables	1.5	12	0.16	0.03	10

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene la sección de cable a usar para el Sistema de Monitoreo de Puesta a Tierra.

A continuación, en la Tabla N°27 se realizan los cálculos eléctricos con las fórmulas mencionadas del Sistema de Monitoreo de Sobrellenado:

Tabla N°27 Cálculo eléctrico para el Sistema de Monitoreo de Sobrellenado

Circuito	Potencia nominal (kW)	Longitud (m)	Tipo de corriente	Tipo de conductor	Sección adoptada (mm <sup>2</sup> )	Intensidad max. adm. Iz (A)	Intensidad nominal (A)	Caida de tensión (%)	Protección mag-ter (A)
ZGSB-01-P	0.02	22	Monofásica	Varios cables	1.5	12	0.11	0.02	10

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene la sección de cable a usar para el Sistema de Monitoreo de Sobrellenado.

### Diagrama Unifilar

En la figura N° 27 se puede observar el diagrama unifilar general, se muestra cómo se alimentan las electrobombas desde el centro de control

de motores que al mismo tiempo sirve como tablero de distribución general alimentando al UPS que se encarga de respaldar las cargas de los equipos que se alimentan en 230 VAC, se está dejando 7 reservas para colocar más electrobombas a futuro si es que la empresa lo desea.

Como se puede observar en la figura N° 27 se cuenta con un transformador de factor K=13, para eliminar las corrientes parasitas, a través de este se hace la conversación de 460 VAC a 230 VAC para luego conectarse al UPS en línea, por si hubiese algún fallo en el servicio eléctrico este respalde a los instrumentos que trabajan en 230 VAC.

En la Tabla N° 28 se puede observar las características del transformador escogido.

Tabla N°28 Características del transformador

Tipo	Seco (Auto - ventilado)
Suministro de voltaje	Primario : 460 Vac
	Secundario : 230 Vac
N° Bornes	Primario : 03
	Secundario : 03 + Neutro + Tierra
Potencia de consumo	3 kVA
N° Fases / Frecuencia	Trifásico / 60Hz
Impedancia de cortocircuito	4%
Factor K	13
Nivel de aislamiento	3 kV
Altitud de operación	Hasta 1000 M.S.N.M
Nivel de ruido	<45 dB
Eficiencia	97%
Puesta a Tierra	Sólidamente Puesto a Tierra
Tipo de Encerramiento	IP 54
Color	RAL 5017
Servicio	Continuo
Dimensiones / peso	850x650x400 / 250 Kg
Marca	FIRST TRAFO

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 27 se puede observar el diagrama unifilar general.

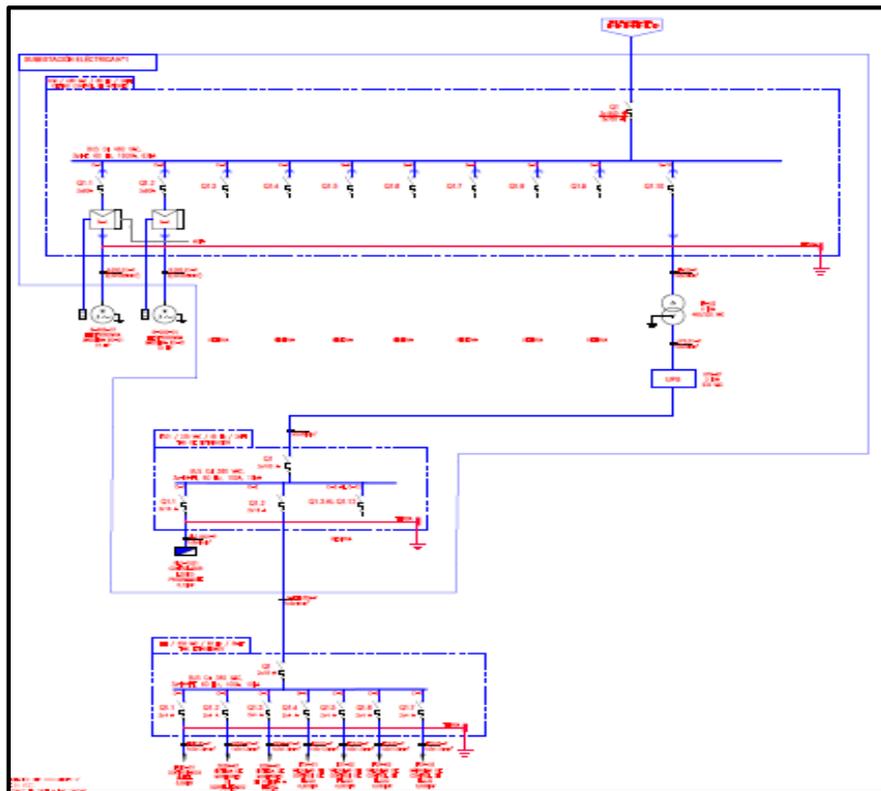


Figura N° 27 Diagrama Unifilar General

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 28 se puede observar el diagrama unifilar del tablero de distribución en 230 VAC ubicado en la Sub Estación desde ahí se alimenta el tablero estabilizado de 230 VAC a colocar en la estructura del sistema de medición.

El tablero estabilizado de 230 VAC cuenta con una reserva del 25 % las características de este tablero son mencionadas en el diseño mecánico para calcular el peso que debe resistir la estructura.

Se dimensionan los interruptores de acuerdo al consumo de cada equipo en 230 VAC

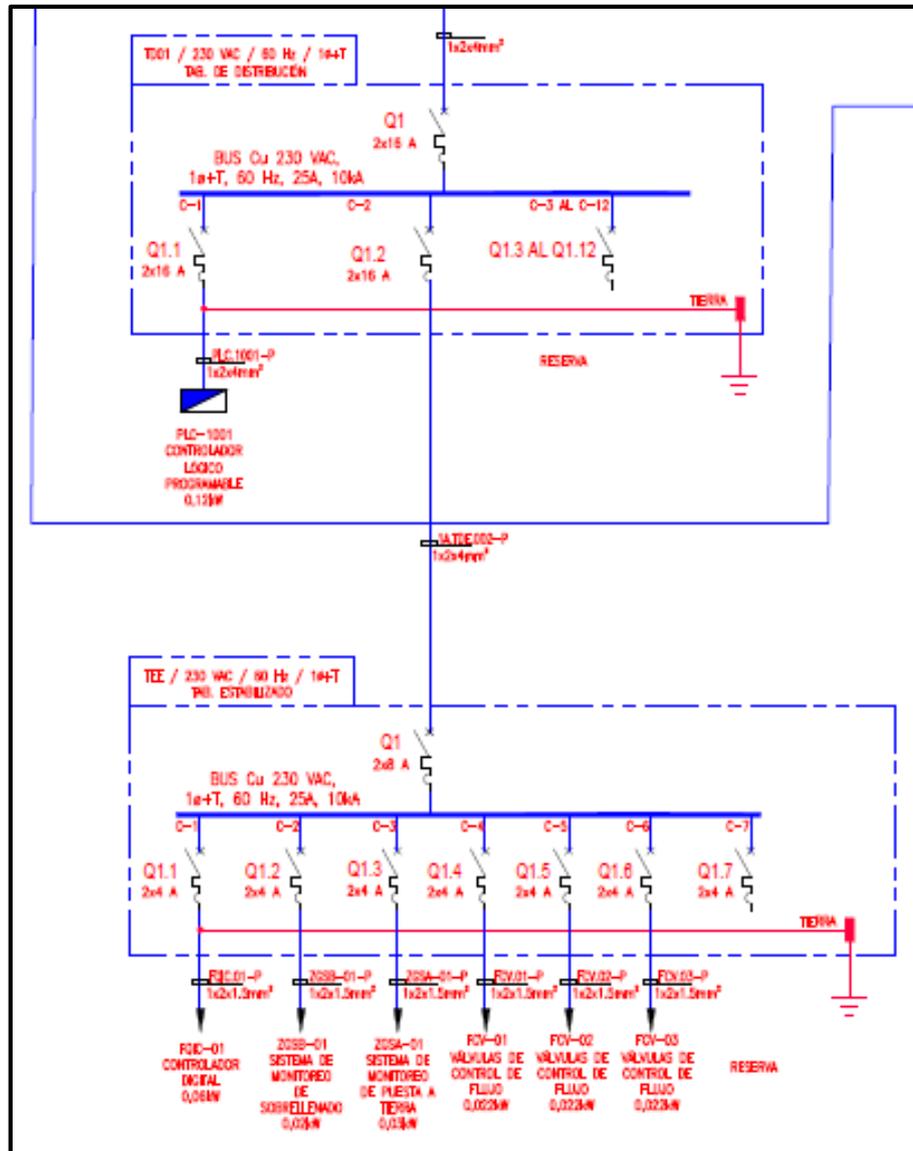


Figura N° 28 Diagrama Unifilar de 230 VAC

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo de Interruptores

Para realizar el cálculo de interruptores se utilizaron las siguientes formulas:

En Trifásica

$$A = \frac{KW1000}{\sqrt{3} \cos \varphi 460} \dots (11)$$

**En Monofásica**

$$A = \frac{KW1000}{230 \cos \varphi} \dots (12)$$

Entonces para los Interruptores de las electrobombas se tiene:

Gasolina de 90 Octanos

$$A = \frac{55.6 * 1000}{\sqrt{3} * \cos \varphi * 460}$$

$$A=70.45 \text{ A}$$

Buscamos el valor obtenido en la figura N° en donde se ven los valores de interruptores comerciales.

Diésel

$$A = \frac{54.5 * 1000}{\sqrt{3} * \cos \varphi * 460}$$

$$A= 69.29 \text{ A}$$

Buscamos el valor obtenido en la figura N°29 en donde se ven los valores de interruptores comerciales.

### SISTEMAS DE BUS DE BARRA

Catálogo	Descripción	Rango de Operación
121981	FAZ UL BUS BAR - 1 POLE - 57 TERMINALS MCB ONLY	80A
121982	FAZ UL BUS BAR - 2 POLE - 56 TERMINALS MCB ONLY	80A
121983	FAZ UL BUS BAR - 3 POLE - 57 TERMINALS MCB ONLY	80A
121989	FAZ UL BUS BAR - 1 POLE - 57 TERMINALS MCB	100A
121990	FAZ UL BUS BAR - 2 POLE - 56 TERMINALS MCB	100A
121991	FAZ UL BUS BAR - 3 POLE - 57 TERMINALS MCB	100A
121984	FAZ UL BUS BAR - 1 POLE - 37 TERMINALS MCB W/ AUX	80A
121987	BB-UL-18/2P+AS-2.5M/46 BUSBAR 2 POLE 46 W/AUX	80A
121988	BB-UL-18/3P+AS-3.5M/48 BUSBAR 3 POLE 48 WAUX	80A
121992	FAZ UL BUS BAR - 1 POLE - 37 TERMINALS MCB W/ AUX	100A
121995	B-UL-25/2P+AS-2.5M/46 BUSBAR WITH AUX 2 POLE 46 W/AU	100A
121996	B-UL-25/3P+AS-3.5M/48 BUSBAR WITH AUX 3 POLE 48 W/AU	100A

Figura N° 29 Interruptores para Electrobombas

Fuente: [www.eaton/CatGral\\_baja.pdf](http://www.eaton/CatGral_baja.pdf)

Como se puede observar en la figura N°29 el Rango de Operación es de 80 A, es decir que se colocará interruptores con valores de 80 A para ambas electrobombas.

Para el Interruptor General se tiene como cargas tanto en 460 VAC como en 230 VAC

Tabla N°29 Cálculo de Interruptor Principal

Circuito	Tag	Descripción	Potencia	Eficiencia (n)	Interruptor	Interruptor Seleccionado
			kW			
M-1	B-G90-01	Tablero para arranque de gasolina 90	55.6	0.9	70.45 A	80 A
M-2	B-DB5-01	Tablero para arranque para diesel	54.5	0.9	69.29 A	80 A
M-3	UPS	UPS de 3 kVA 230 VAC	3	1	13.04 A	20 A
M-4	-	Reserva	55.6	0.9	71.12 A	80 A
M-5	-	Reserva	55.6	0.9	71.12 A	80 A
M-6	-	Reserva	55.6	0.9	71.12 A	80 A
M-7	-	Reserva	55.6	0.9	71.12 A	80 A

M-8	-	Reserva	55.6	0.9	71.12 A	80 A
M-19	-	Reserva	55.6	0.9	71.12 A	80 A
M-10	-	Reserva	55.6	0.9	71.12 A	80 A
<b>CARGATOTAL</b>			<b>502.3</b>	<b>0.9</b>	<b>558.1 A</b>	<b>700 A</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla N°29 se tiene las cargas y se realiza el cálculo

$$A = \frac{502.3 * 1000}{\sqrt{3} * \cos \varphi * 460}$$

A= 638.751 A

Buscamos el valor obtenido en la figura N° 30 en donde se ven los valores de interruptores comerciales.

<i>SERIE C, 600 VCA MAX; Y UNIDADES DE DISPARO TERMOMAGNÉTICO INTERCAMBIABLES (SÓLO EL MARCO NO INCLUYE ZAPATAS)</i>			
<b>Catálogo</b>	<b># de polo</b>	<b>Unidad de disparo</b>	<b>Capacidad en Amp.</b>
<b>MDL3800F</b>	3	MARCO DE INTERRUPTOR	
<b>MT3400T</b>	3	UNIDAD DE DISPARO	400
<b>MT3500T</b>	3	UNIDAD DE DISPARO	500
<b>MT3600T</b>	3	UNIDAD DE DISPARO	600
<b>MT3700T</b>	3	UNIDAD DE DISPARO	700
<b>MT3800T</b>	3	UNIDAD DE DISPARO	800
<b>A8MES800T</b>	3	PASTILLA DE RANGO P/UNIDAD ELEC	400 - 800
<b>MES3800LSIG</b>	3	UNIDAD DE DISPARO ELEC. LSIG	800
<b>TA801MA</b>		ZAPATA 800A, (2) 500-750MCM, 1PZA	800

Figura N° 30 Interruptor General

Fuente: [www.eaton/CatGral\\_baja.pdf](http://www.eaton/CatGral_baja.pdf)

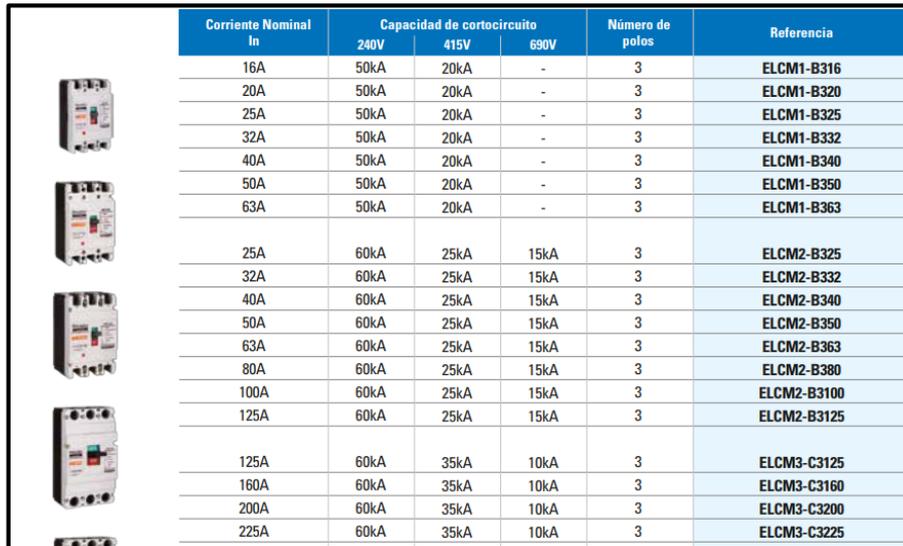
Como se puede observar en la figura N°30 la capacidad de amperaje es de 700 A, es decir que se colocará un interruptor general con valor de 700 A.

Interruptor del UPS:

$$A = \frac{3 * 1000}{\cos \varphi * 230}$$

A= 13.04 A

Buscamos el valor obtenido en la figura N° 31 en donde se ven los valores de interruptores comerciales.



	Corriente Nominal In	Capacidad de cortocircuito			Número de polos	Referencia
		240V	415V	690V		
	16A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B316
	20A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B320
	25A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B325
	32A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B332
	40A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B340
	50A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B350
	63A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B363
	25A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B325
	32A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B332
	40A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B340
	50A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B350
	63A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B363
	80A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B380
	100A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B3100
	125A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B3125
	125A	60kA	35kA	10kA	3	ELCM3-C3125
	160A	60kA	35kA	10kA	3	ELCM3-C3160
	200A	60kA	35kA	10kA	3	ELCM3-C3200
	225A	60kA	35kA	10kA	3	ELCM3-C3225

Figura N° 31 Interruptor UPS

Fuente: [www.content/uploads](http://www.content/uploads)

Como se puede observar en la figura N°31 la capacidad de amperaje es de 16 A, es decir que se colocará un interruptor con valor de 16 A.

Interruptor del Tablero de Distribución:

Tabla N°30 Cálculo de Interruptor del Tablero de Distribución

Circuito	Tag	Descripción	Potencia kW	Eficiencia (n)	Interruptor	Interruptor Seleccionado
C-1	PLC-1001	Controlador Lógico Programable	0.12	0.9	0.52 A	16 A
C-2	TEE	Tablero Estabilizado	0.38	0.9	1.65 A	8 A
C-3	-	Reserva	0.12	0.9	0.52 A	16 A
C-4	-	Reserva	0.12	0.9	0.52 A	16 A
C-5	-	Reserva	0.12	0.9	0.52 A	16 A
C-6	-	Reserva	0.12	0.9	0.52 A	16 A
C-7	-	Reserva	0.12	0.9	0.52 A	16 A
C-8	-	Reserva	0.12	0.9	0.52 A	16 A
C-9	-	Reserva	0.12	0.9	0.52 A	16 A
C-10	-	Reserva	0.12	0.9	0.52 A	16 A
C-11	-	Reserva	0.12	0.9	0.52 A	16 A
C-12	-	Reserva	0.12	0.9	0.52 A	16 A
CARGATOTAL			1.7	0.9	7.4	16 A

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla N°30 se tiene las cargas y se realiza el cálculo

$$A = \frac{0.12 * 1000}{\cos \varphi * 230}$$

A= 0.52 A

Pero se considera otro interruptor debido a que es un PLC con opción a colocar módulos considerando como máximo 2.8 kW es decir:

$$A = \frac{2.8 * 1000}{\cos \varphi * 230}$$

A= 12.17

Buscamos el valor obtenido en la figura N° 32 en donde se ven los valores de interruptores comerciales.



Corriente Nominal In	Capacidad de cortocircuito			Número de polos	Referencia
	240V	415V	690V		
16A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B316
20A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B320
25A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B325
32A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B332
40A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B340
50A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B350
63A	50kA	20kA	-	3	ELCM1-B363
25A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B325
32A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B332
40A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B340
50A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B350
63A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B363
80A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B380
100A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B3100
125A	60kA	25kA	15kA	3	ELCM2-B3125
125A	60kA	35kA	10kA	3	ELCM3-C3125
160A	60kA	35kA	10kA	3	ELCM3-C3160
200A	60kA	35kA	10kA	3	ELCM3-C3200
225A	60kA	35kA	10kA	3	ELCM3-C3225

Figura N° 32 Interruptor PLC

Fuente: [www.content/uploads](http://www.content/uploads)

Como se puede observar en la figura N°32 la capacidad de amperaje es de 16 A, es decir que se colocará un interruptor con valor de 16 A.

**Interruptor del Tablero Estabilizado:**

Como se puede observar en la Tabla N°31 se tiene las cargas y se realiza el cálculo

$$A = \frac{0.38 * 1000}{\cos \varphi * 230}$$

A= 0.16 A

Pero se considera otro interruptor debido a que es los equipos que se alimentan en 230 VAC podría sufrir variaciones considerando como máximo 1.5 kW es decir:

$$A = \frac{1.5 * 1000}{\cos \varphi * 230}$$

A=6.52 A

Buscamos el valor obtenido en la figura N° 33 en donde se ven los valores de interruptores comerciales.

In (A)	Ambient temperature (°C)									
	-25	-10	0	10	20	30	40	50	60	70
0.5	0.64	0.6	0.57	0.55	0.52	0.5	0.47	0.45	0.42	0.40
0.8	1.02	0.96	0.92	0.88	0.84	0.8	0.76	0.72	0.69	0.66
1	1.25	1.17	1.1	1.07	1.03	1	0.97	0.93	0.90	0.87
2	2.5	2.34	2.21	2.14	2.06	2	1.94	1.86	1.80	1.74
3	3.75	3.5	3.36	3.24	3.12	3	2.88	2.76	2.64	2.52
4	5	4.7	4.44	4.28	4.12	4	3.88	3.72	3.6	3.48
6	7.5	7	6.6	6.4	6.18	6	5.8	5.6	5.4	5.2
8	10.2	9.6	9.2	8.8	8.4	8	7.6	7.2	6.9	6.6
10	12.2	11.5	11.1	10.7	10.3	10	9.7	9.3	9	8.7
13	16.3	15	14.3	13.9	13.4	13	12.6	12.1	11.7	11.3
16	19.7	18.7	18	17.3	16.6	16	15.4	14.7	14.1	13.5

Figura N° 33 Interruptor de Tablero Estabilizado

Fuente: [www.content/uploads/lista3/02/Cat%C3](http://www.content/uploads/lista3/02/Cat%C3)

Como se puede observar en la figura N°34 la capacidad de amperaje es de 8 A, es decir que se colocará un interruptor con valor de 8 A.

Tabla N°31 Cálculo de Interruptor del Tablero Estabilizado

Circuito	Tag	Descripción	Potencia kW	Eficiencia (n)	Interruptor	Interruptor Seleccionado
----------	-----	-------------	----------------	-------------------	-------------	-----------------------------

C-1	FQIC-01	Controlador Digital	0.06	0.9	0.26	4 A
C-2	ZGSA-01	Tablero Estabilizado	0.02	0.9	0.08	4 A
C-3	ZGSB-01	Reserva	0.03	0.9	0.13	4 A
C-4	FCV-01	Reserva	0.02	0.9	0.08	4 A
C-5	FCV-02	Reserva	0.02	0.9	0.08	4 A
C-6	FCV-03	Reserva	0.02	0.9	0.08	4 A
C-7	-	Reserva	0.21	0.9	0.26	4 A
CARGATOTAL			0.38	0.9	0.16	8 A

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Diseño Electrónico

#### Condiciones Iniciales

El Sistema de medición de medición deberá contar con las siguientes características para cumplir con las actividades básicas que permitirá cumplir su objetivo:

- Controlador de uso industrial, con certificación ATEX, explosión proof con protección NEMA 4X para ambientes marítimos y explosivos.
- Sensores de uso industrial, con certificación ATEX, intrínsecamente seguro, con protección NEMA 4X para ambientes marítimos y explosivos.

#### Selección de componentes Electrónicos

Como se puede observar en la Tabla N°32 se tiene como opciones los siguientes controladores lógicos programables para seleccionar un PLC.

Tabla N°32 Selección del PLC

Marca	Modelo	Comunicación	Memoria	Modulos	Entradas		Salidas	
					Digitales	Analogas	Digitales	Analogas
ABB	AC500	RS485	512 KB	24VDC/240VAC	6	2	6	1
ALLEN BRADLEY	Micro 810	RS485	128 KB	24VDC/240VAC	2	1	2	1
SCHNEIDER	Quantum	RS485 / MODBUS	7 MB	24VDC/240VAC	8	2	8	2

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla N°32 según las características se eligió al PLC Quantum por ser superior a los demás, en capacidad de memoria, cantidad de puertos de entrada y salidas (Digitales y Análogas) y contar con más protocolos de comunicación.

Como se puede observar en la Tabla N°33 se tiene como opciones los siguientes controladores digitales.

Tabla N°33 Selección del Controlador Digital

Marca	Modelo	Comunicación	Tarjeta Adicional	Modulos	Entradas		Salidas	
					Digital es	Analog as	Digital es	Analog as
FMC	Accuload IV	RS485 / MODBUS	No requiere	24VDC/240V AC	6	4	6	4
Emerson	Danloan 6000	RS485	No requiere	24VDC/240V AC	2	1	2	1
Toptech	Multi Load II	RS485 / MODBUS	Si requiere	24VDC/240V AC	6	2	6	2

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla N°33 según las características se eligió al controlador digital Accuload IV por ser superior a los demás en protocolos de comunicación, cantidad de entradas y salidas (Digitales y Análogas) no requiere una tarjeta adicional.

Como se puede observar en la Tabla N°34 se tiene como opciones los siguientes sensores de temperatura.

Tabla N°34 Selección del Sensor de Temperatura

Tipo	Rango	Precisión
PT100	-100 a 200 °C	0.04 °C
NTC	0 a 150 °C	0.3°C
Termocupla	0 a 700 °C	0.5 °C

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla N°34 según las características se eligió al sensor tipo PT100 por ser superior a los demás en precisión.

En el caso del sensor de flujo como se explicó en el diseño mecánico se usará uno de tipo bi-rotor, de desplazamiento positivo por su buen desempeño con líquidos combustibles para monitorear el flujo del combustible que ingresa a la tubería, este flujometro cuenta con un amplificador el cual permite enviar las señales captadas hacia el controlador digital.

#### Esquemático de Control

En la figura N°34 se muestra las conexiones desde los instrumentos y sensores seleccionados hacia el controlador digital para la alimentación de sensores y el control de señales.

El esquemático es para los sensores de temperatura y flujometros los cuales trabajan con 24 VDC brindados por el controlador digital, se tiene cuatro sensores de temperatura tipo pt100 de cuatro hilos y cuatro flujometros tipo desplazamiento positivo.

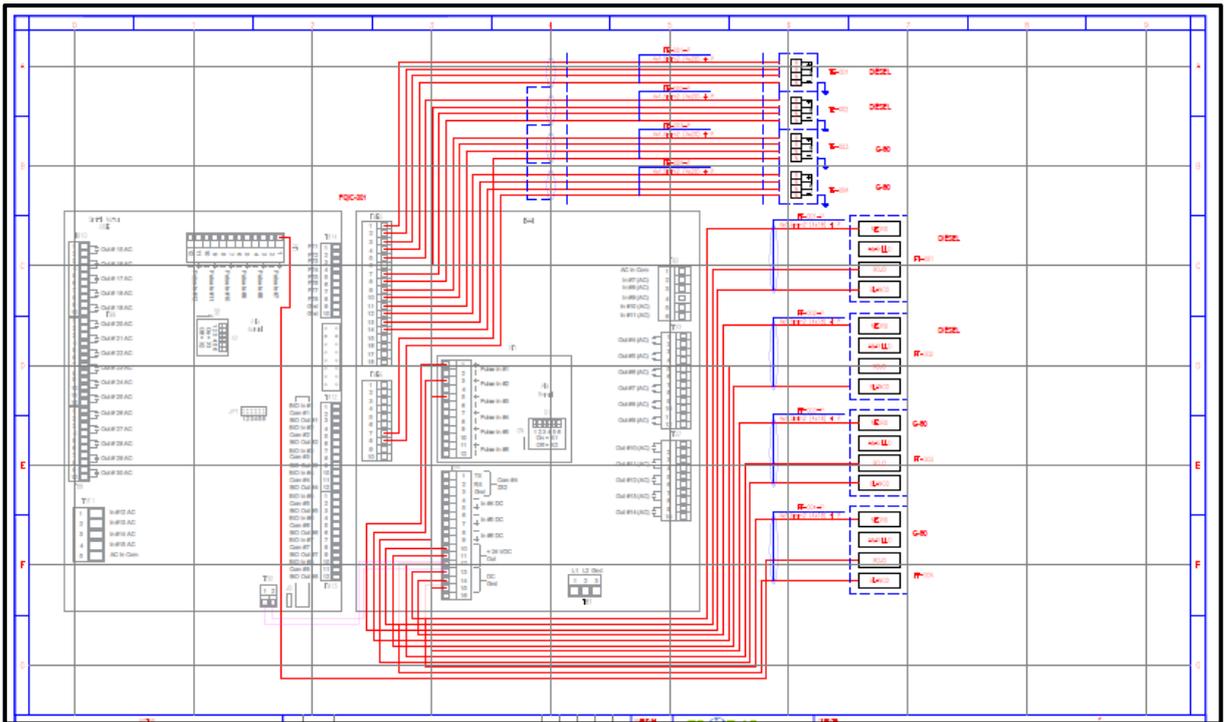


Figura N° 34 Esquemático de Control de 24 VDC

Fuente: Elaboración propia

Los equipos electrónicos mencionados a continuación se alimentan en 24 VDC brindados por el controlador digital en la Tabla N°35 se muestra cuanto consumen estos.

Tabla N°35 Características de equipos en 24 VDC

Tipo de dispositivo	Cantidad		Potencia (watts)		Potencia Total (watts)
Amplificador de Flujo metro	4	x	0.006	=	0.024
Sensor de Temperatura	4	x	0.003	=	0.012
Consumo de potencia total (W)				=	0.036

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°35 se muestra las conexiones desde los equipos seleccionados hacia el controlador digital para la alimentación de las válvulas de control de flujo, el sistema de monitoreo de puesta a tierra y el sistema de monitoreo de sobrellenado.

El esquemático es para los equipos que trabajan en 230 VAC controlados por el controlador digital, se tiene cuatro válvulas de control de flujo, un sistema de monitoreo de puesta a tierra y un sistema de monitoreo de sobrellenado.

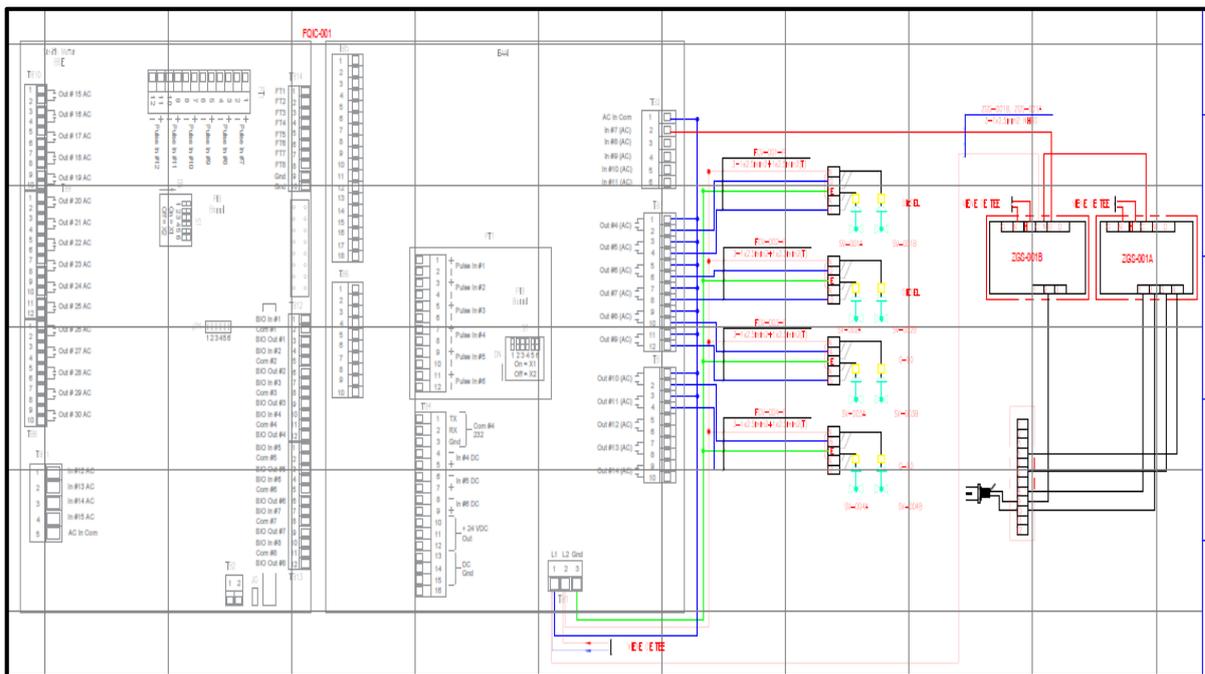


Figura N° 35 Esquemático de Control de 230 VAC

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Diseño Informático

#### Condiciones Iniciales

- a) Programado a través de un lenguaje habitual en las empresas Terminales del Perú S.A.
- b) Programado con software de monitorización.

## Diagrama de Flujo

Se diseña la lógica para establecer la programación como se muestra en la figura N° 36 el PLC llevará a cabo la activación de las bombas en coordinación con el controlador digital el cual le notificará que combustible ah de despachar y de acuerdo a la cantidad que seleccione el usuario, se observa que de acuerdo a las mediciones realizadas por los sensores de temperatura, el flujometro junto con la válvula de control de flujo se obtiene los datos que necesita el controlador digital para realizar los cálculos.

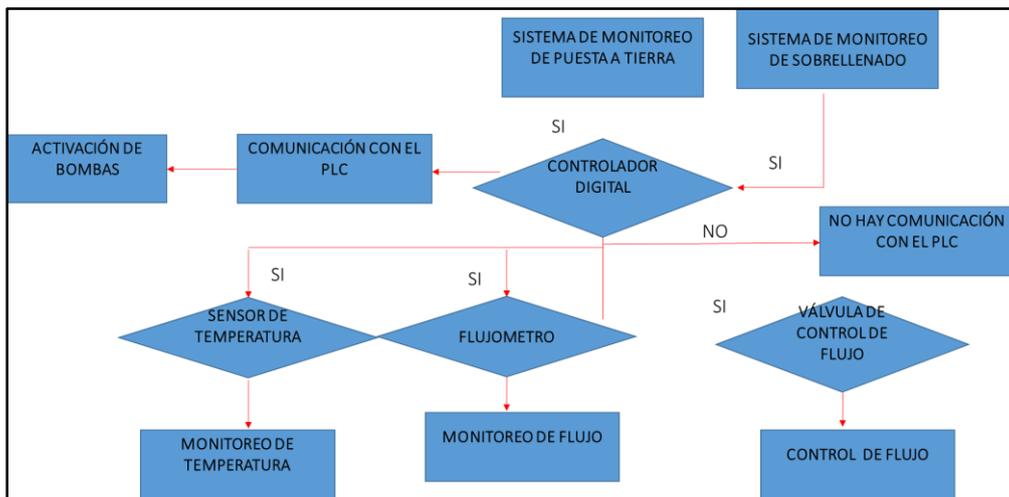


Figura N° 36 Diagrama de Flujo

Fuente: Elaboración propia

## Diseño del código de programación

Para realizar el código se seguirán las siguientes pautas:

- El control de accionamiento de las bombas es gobernado desde el PLC, y este recibe las señales del controlador digital a través del protocolo de comunicación modbus.
- Se debe seleccionar que bomba activar según el combustible
- Se debe seleccionar que combustible se va a despachar por cada brazo de descarga
- Se debe realizar la programación del controlador digital para que pueda llevar a cabo las ecuaciones de acuerdo a la cantidad de galones de gasolina que requiera el usuario.

## Código de programación

El código de programación contará con 2 partes:

- Parte 1 Programación del Controlado Digital
- Parte 2 Programación del PLC

### Parte 1 Programación del Controlado Digital

Se realiza la programación con el programa accumulate el cual viene por defecto junto con el controlador digital que elegimos (ACCULOAD IV), este nos permitirá crear ecuaciones y configurar parámetros.

En la Figura N° 37 se puede observar la interface del programa.

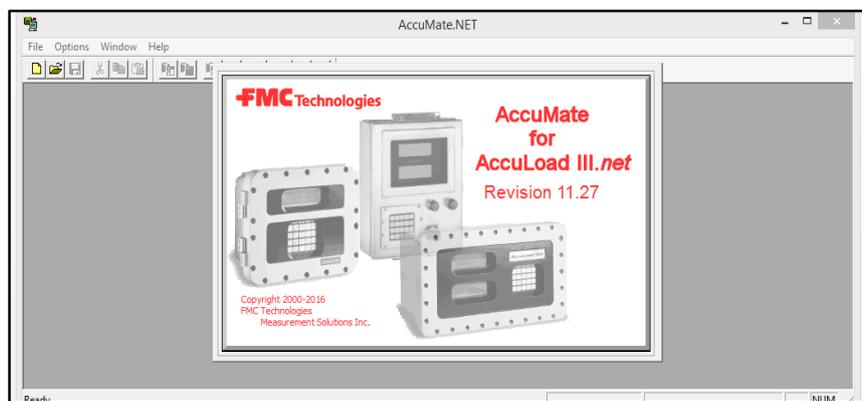


Figura N° 37 Interface de Accumate

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se configura con que puerto se trabaja en nuestro caso se elige el puerto IP como se muestra en la Figura N° 38 se puede observar la interface del programa.

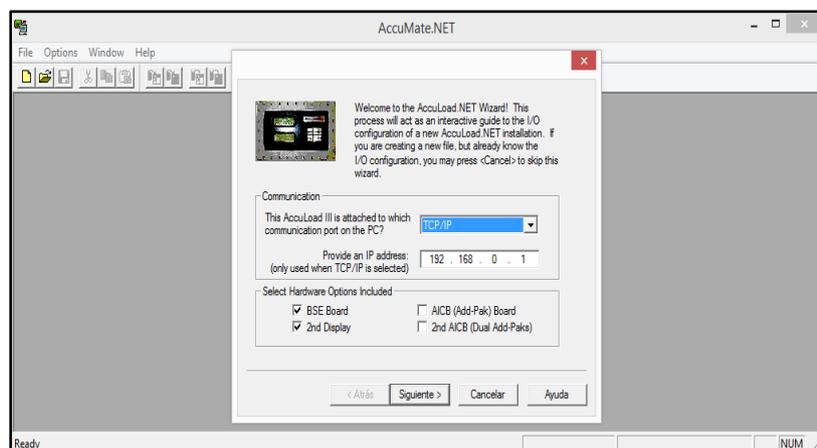


Figura N° 38 Interface de Accumate

Fuente: Elaboración propia

Después de haber configurado el puerto se configura la cantidad de brazos de descarga a usar, en el presente diseño se consideró 4 brazos de descarga, como se muestra en la figura N°39 se realiza la continuación para 4 brazos de descarga.

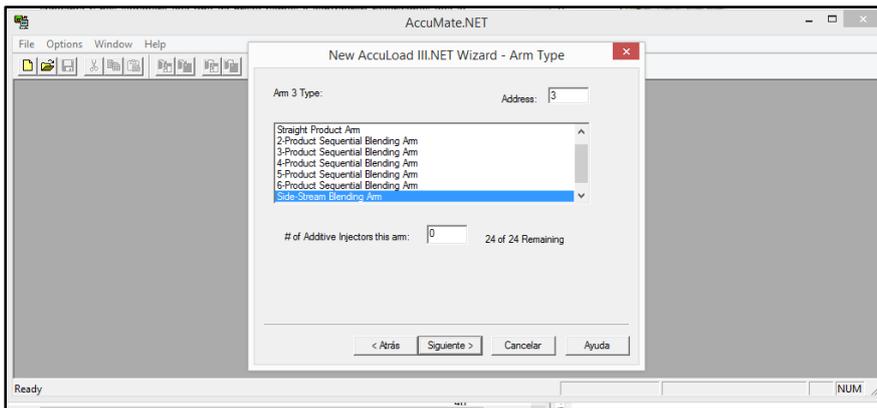


Figura N° 39 Configuración de 4 Brazos de descarga

Fuente: Elaboración propia

El controlador digital realizará las ecuaciones a partir de la información que los sensores de temperatura, flujometro y válvulas de control de flujo le brinden, es por eso que se realiza la configuración de estos parámetros como se muestra en la figura N° 40.

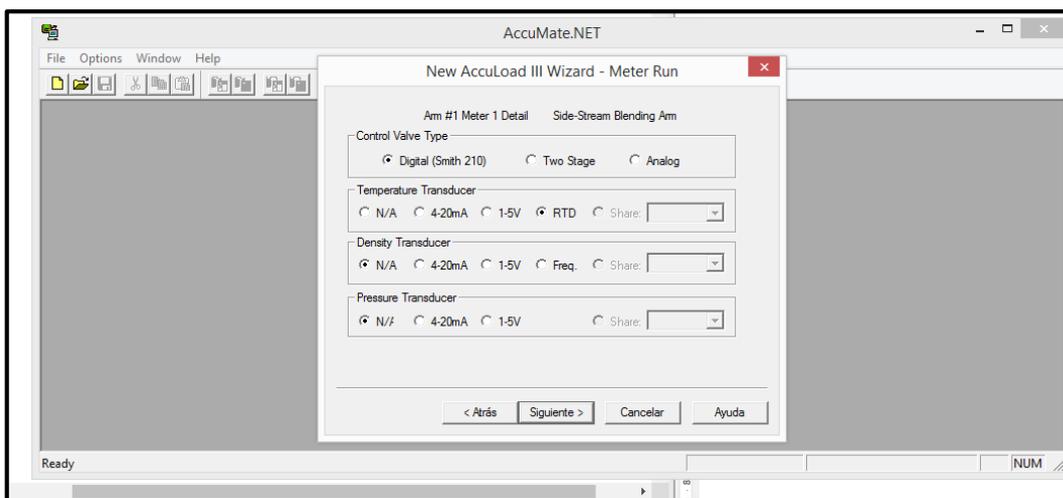


Figura N° 40 Configuración de Sensores

Fuente: Elaboración propia

Se realiza las configuraciones de las entradas y salidas del controlador como se muestra en la figura N° 41, se configuran los permisos para el sistema de monitoreo de puesta a tierra y el sistema de monitoreo de sobrellenado.

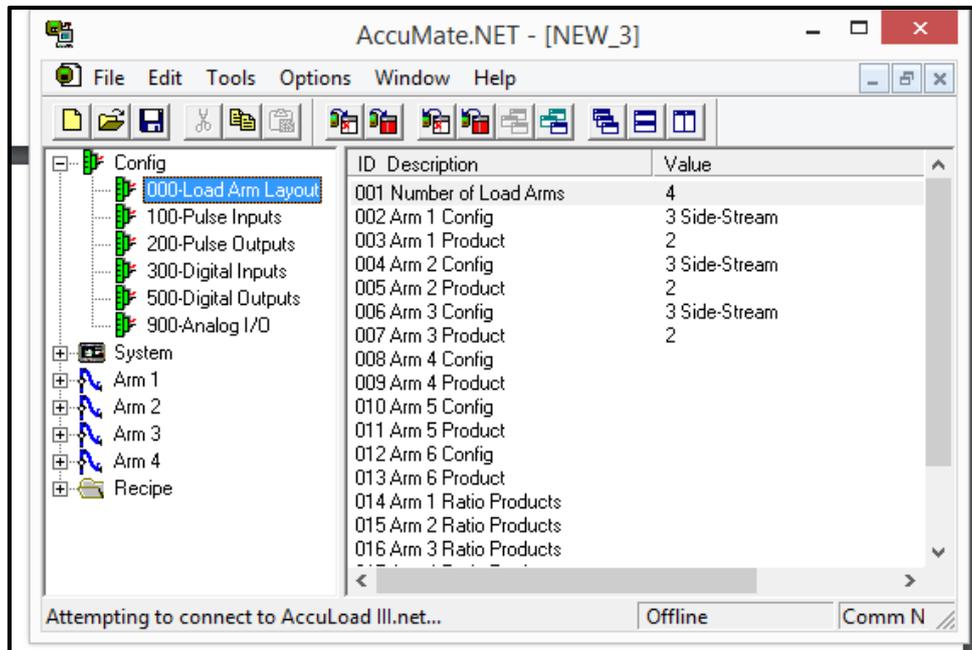


Figura N° 41 Configuración de Sistemas de Monitoreo

Fuente: Elaboración propia

Se realiza las configuraciones para el sistema de control de flujo como se muestra en la figura N° 42, el sistema de control de flujo está contemplado por válvulas de control de flujo que cuentan con dos solenoides, una que se encuentra en estado (N.O) Normalmente abierto y la segunda en el estado (N.C) Normalmente cerrado.

Como se mencionó en el diseño mecánico se trabaja con flujos de:

450 GPM para Diésel

350 GPM para Gasolina de 90 Octanos

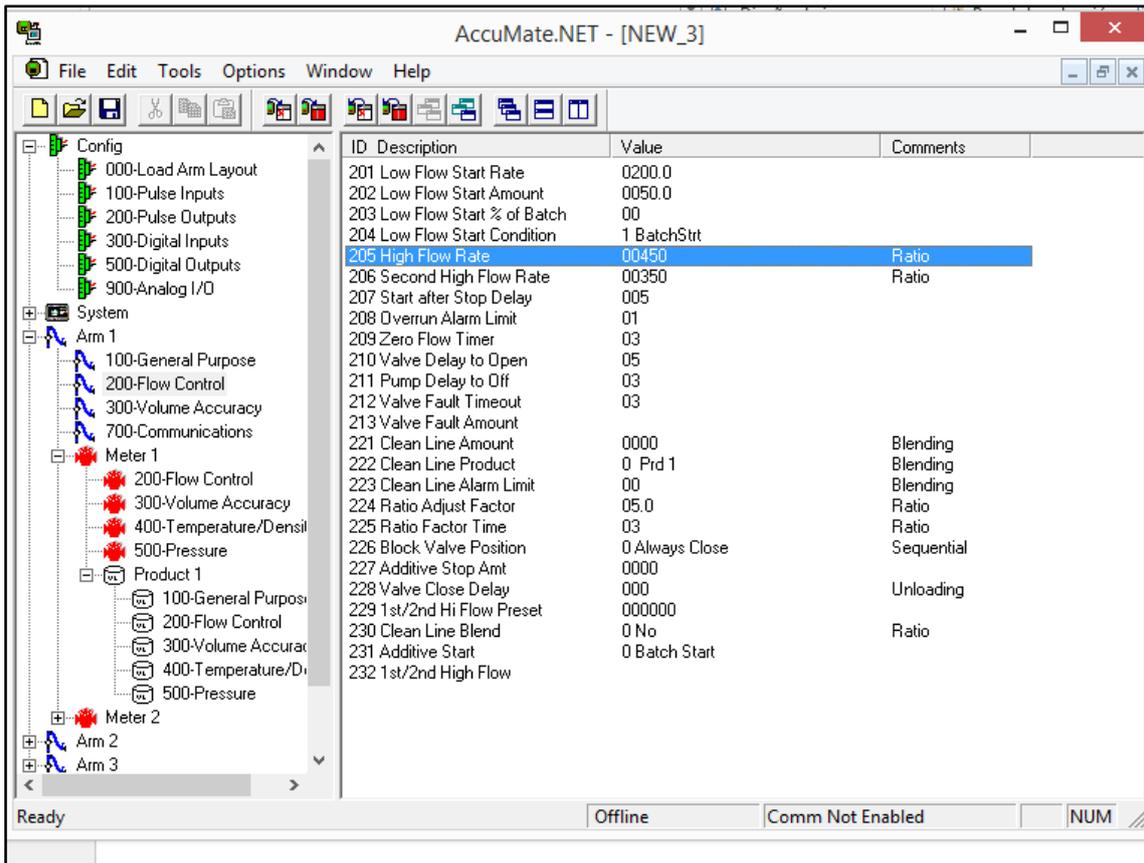


Figura N° 42 Configuración del Sistema de Flujo

Fuente: Elaboración propia

Se realiza las configuraciones para la medición de temperatura como se muestra en la figura N° 43, a través de los sensores de temperatura los cuales son de 4 hilos para obtener precisión en la toma de datos, se selecciona la opción de tabla API 6B para realizar la medición por compensación de temperatura.

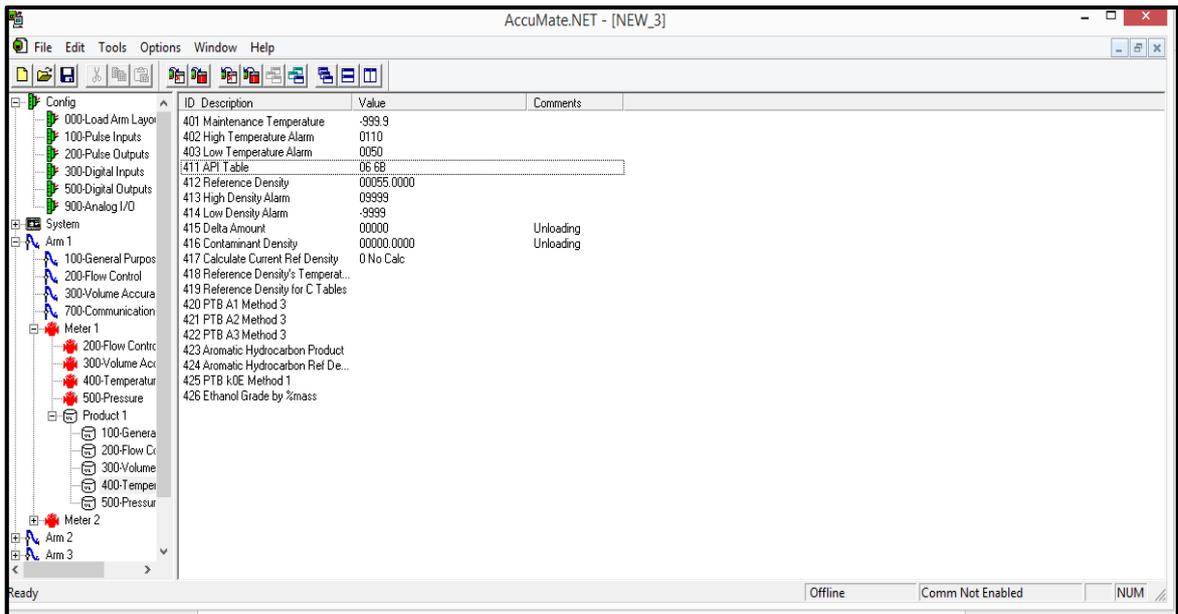


Figura N° 43 Configuración de la medición de Temperatura

Fuente: Elaboración propia

Se realiza las configuraciones para la comunicación entre el controlador digital y el PLC la comunicación será vía protocolo MODBUS, como se muestra en la Figura N°44 se establece el lazo al PLC como el activador de las bombas de acuerdo al despacho que se realice.

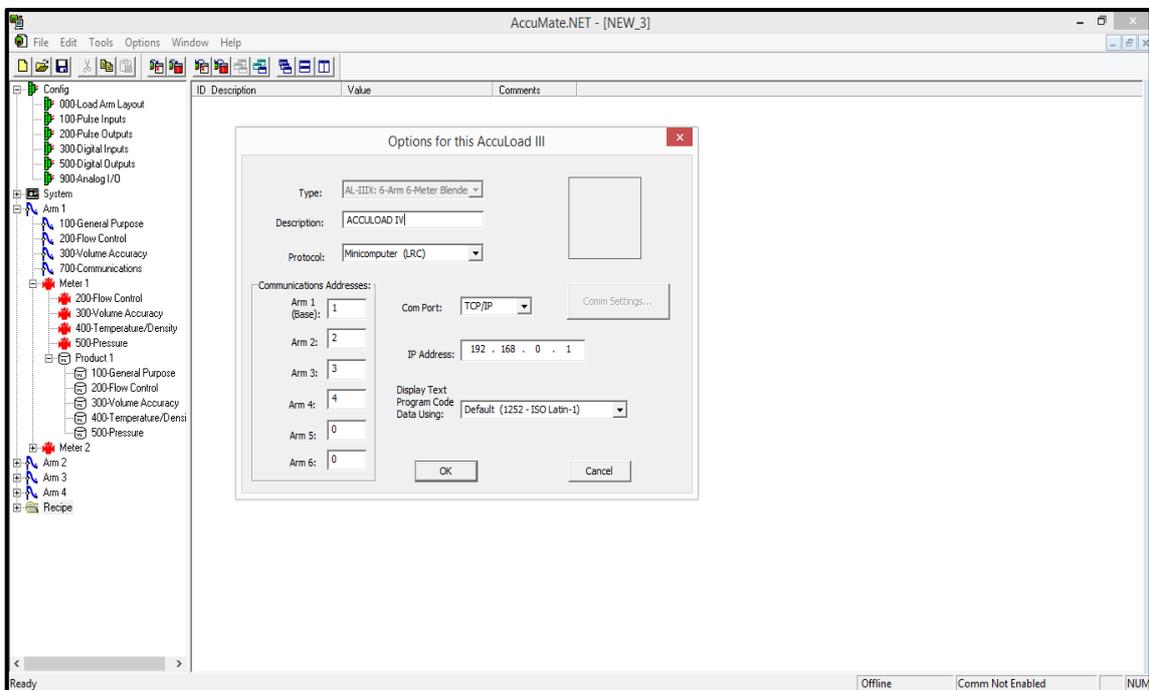


Figura N° 44 Configuración de comunicación con PLC

Fuente: Elaboración propia

## Parte 2 Programación del PLC

Se realiza la programación con el programa Unity Pro el cual viene por defecto junto con el PLC que elegimos (QUANTUM) este nos permitirá configurar los puertos del PLC

En la Figura N° 45 se puede observar la interface del programa

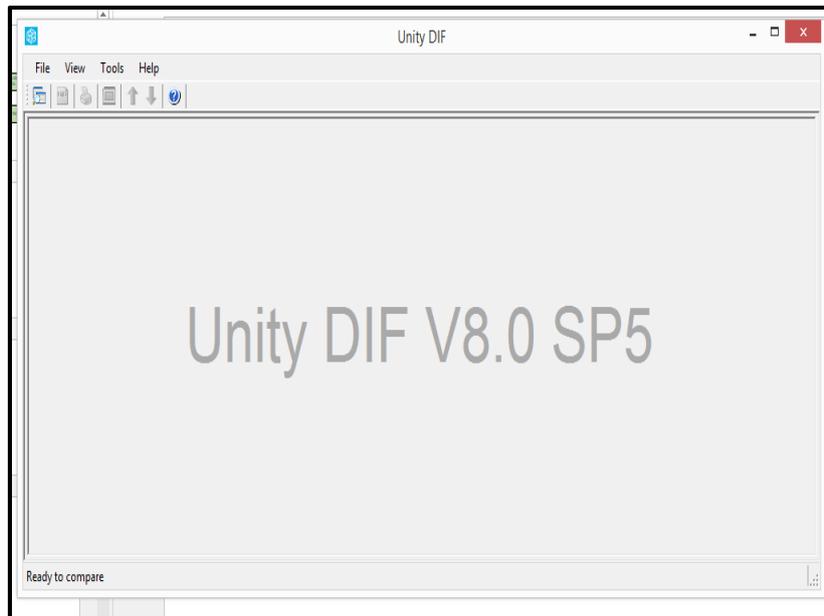


Figura N° 45 Interface de Unity Pro

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la configuración de puertos de entradas y salidas del PLC como se puede ver en la Figura N° 46

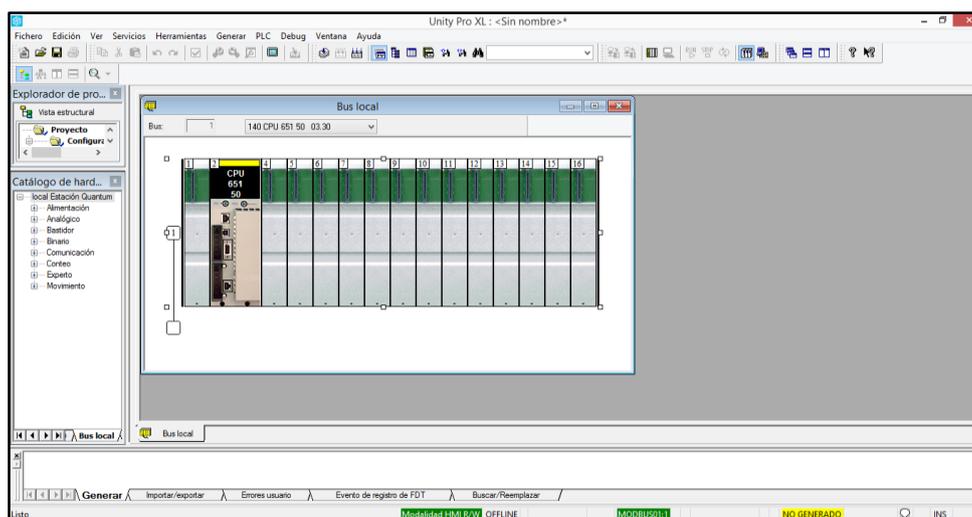


Figura N° 46 Configuración de Puertos

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la configuración de puertos de entradas y salidas del PLC como se puede ver en la Figura N° 47 en este caso se establece la comunicación por modbus hacia el controlador digital.



Figura N° 47 Comunicación con el Controlador Digital

Fuente: Elaboración propia

Una vez que ya se haya enlazado la comunicación entre el PLC y el controlador digital

Se crean las variables con las que se trabajará en este caso nuestras entradas serán los combustibles es decir (Gasolina de 90 Octanos y Diésel) y nuestras salidas serán las bombas de cada combustible, como se muestra en la figura N° 48.

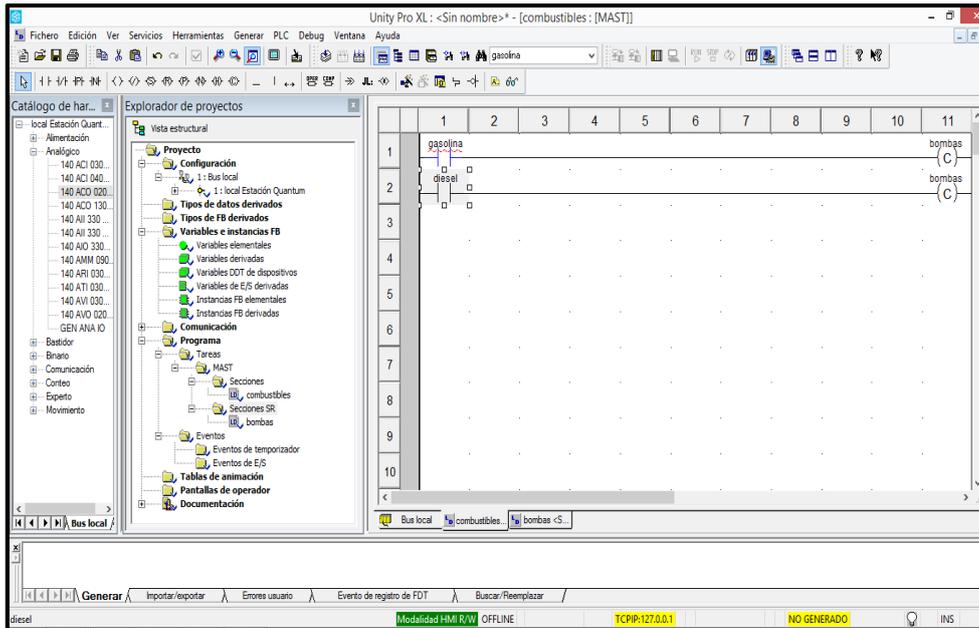


Figura N° 48 Variables

Fuente: Elaboración propia

Se configura la entrada principal con subrutinas en este caso llamaremos al producto gasolina hacia la bomba la cual corresponde, e igualmente para el producto de diésel en la figura N° 49, se observa el desarrollo de la programación ladder.

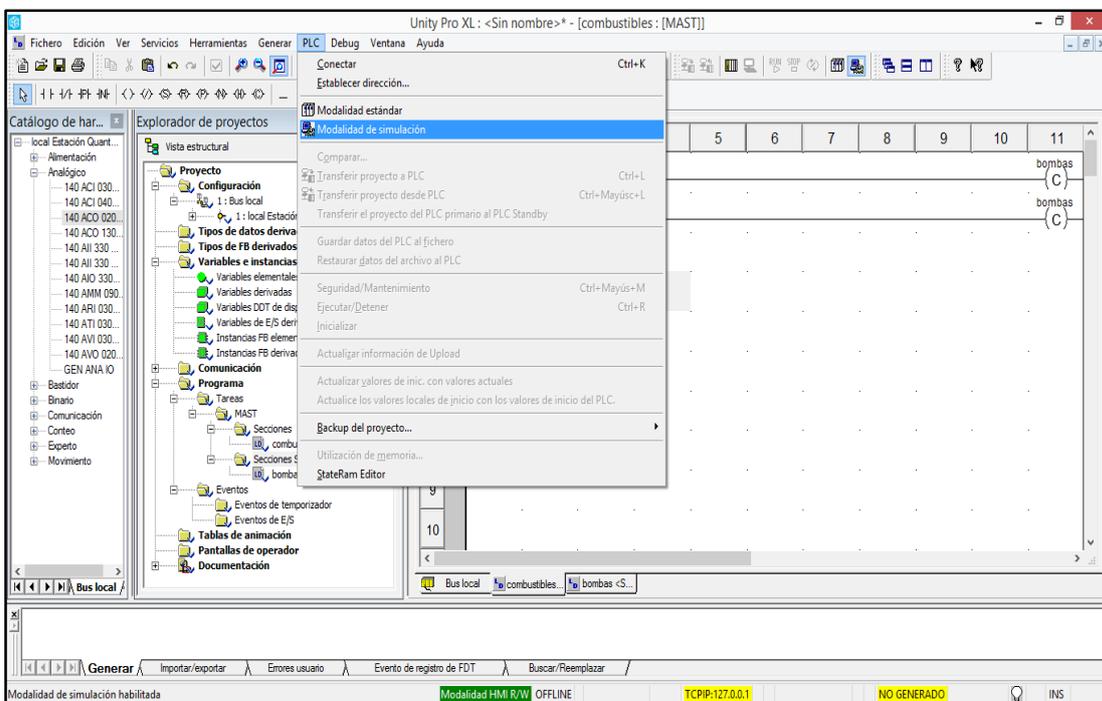


Figura N° 49 Conexión de Puertos

Fuente: Elaboración propia

Se establece la lógica de tiempo, para la duración de la activación de la bomba ya que esta viene dada por el controlador digital luego de realizar el cálculo de cuánto tiempo deberá estar activa la bomba de acuerdo a la cantidad de galones que el usuario desee.

En la figura N° 50, se observa la lógica de activación de bombas.

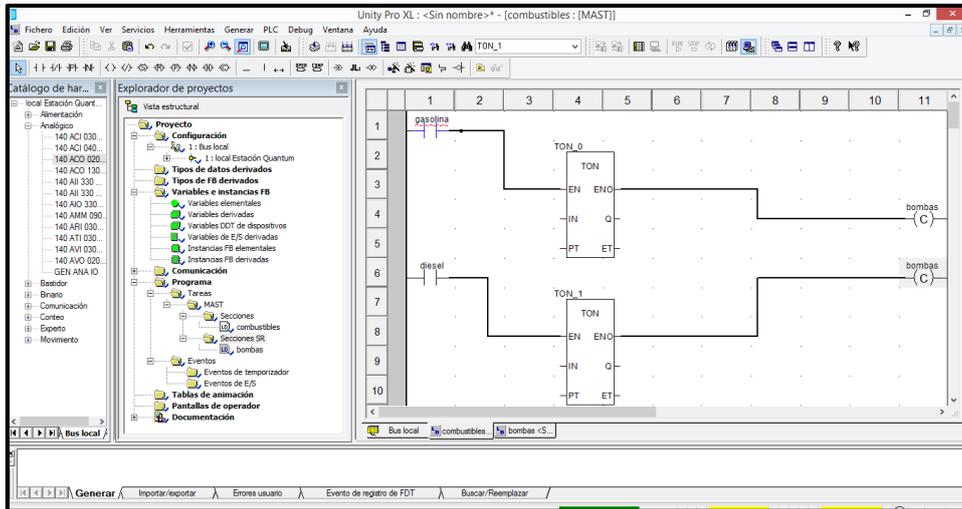


Figura N° 50 Activación de Bombas

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la compilación del programa como se muestra en la figura N° 51, se observa la lógica de activación de bombas.

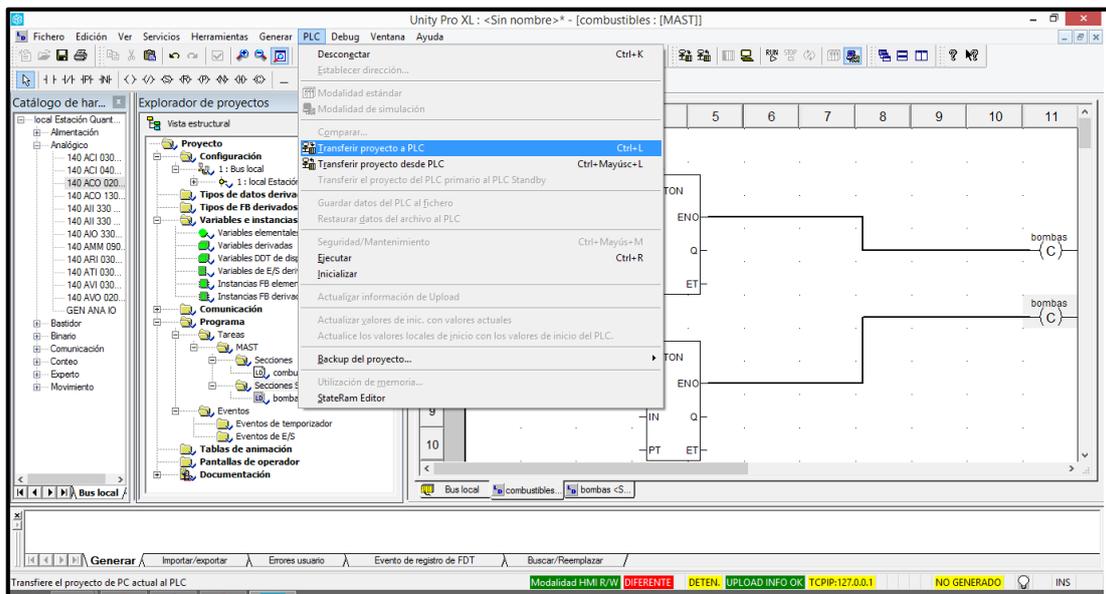


Figura N° 51 Compilación del Programa

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 52, se observa el estado de funcionamiento del PLC en comunicación con el Controlador Digital.

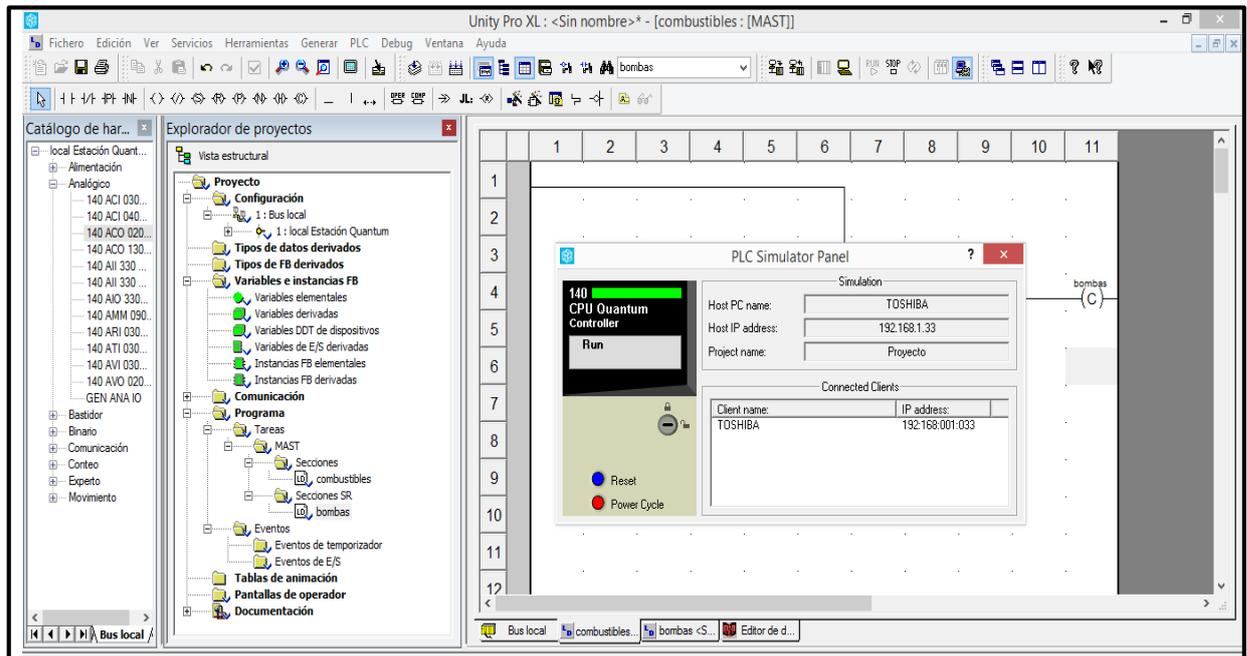


Figura N° 52 Estado del PLC

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Simulación de los Sistemas

#### Simulación de la Estructura del Sistema de Medición

Del análisis generado para el diseño de la estructura se obtuvieron las tensiones elástica y cortante, con estas dos tensiones se puede realizar la simulación del desplazamiento a través de este resultado se tiene la deformación de la estructura, este desplazamiento nos indica cuanto va a ceder la estructura en el caso llegue a suceder un evento de esta magnitud, como se muestra en la figura N°53, se tiene que el desplazamiento máximo es de 3.675 mm y la mínima es 0 mm, como se observa la estructura está cubierta de color azul en su mayoría indicando que no hay riesgo de desplazamiento salvo en los puntos donde se ubican las válvulas bolas donde se ve que ante una comprensión estas se desplazarían 2.205 mm.

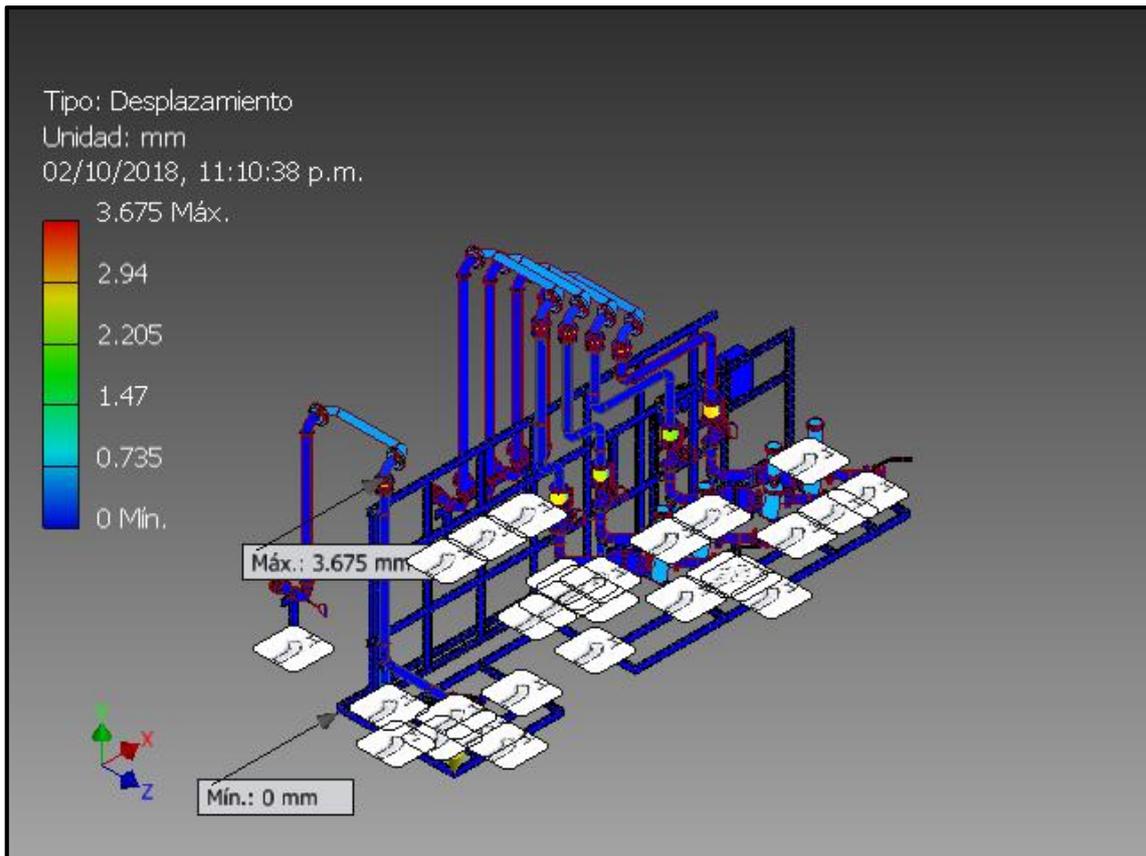


Figura N° 53 Desplazamiento

Fuente: Elaboración propia

### **Simulación de la Alimentación del Tablero de Distribución Eléctrico**

Con la ayuda del software Circuit Maker se refleja la simulación de la alimentación de bombas por medio de una fuente de 460 VAC como se muestra en la figura N° 54, como se puede apreciar en el voltímetro colocado la medición del voltaje de 460 VAC, se puede observar también la colocación de pulsadores por los cuales se pretende activar las bombas demostrando que el diagrama unifilar diseñado es correcto.

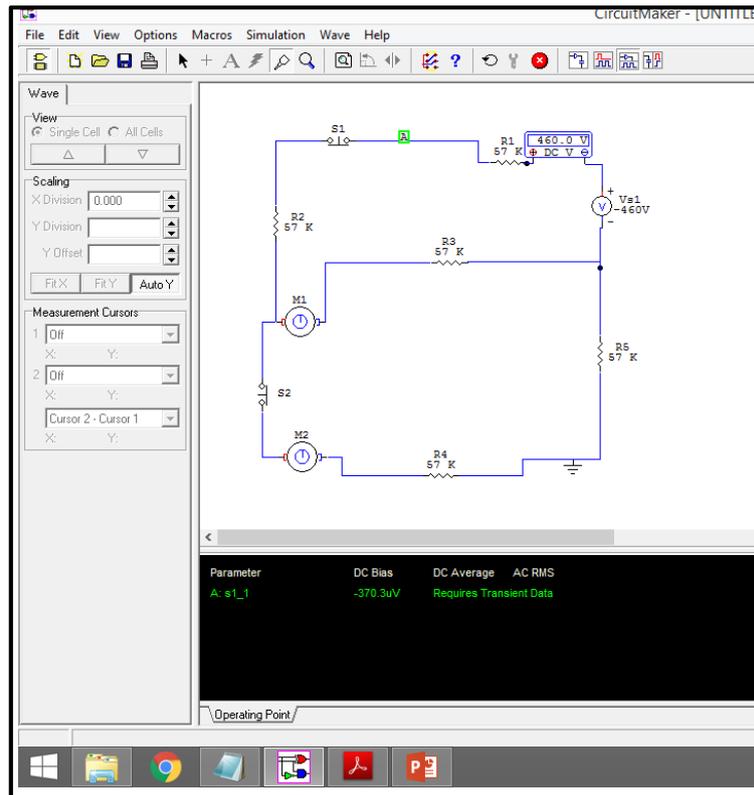


Figura N° 54 Distribución de Alimentación 460 VAC

Fuente: Elaboración propia

Como se sabe se tiene un tablero de distribución eléctrica de 230 VAC para los instrumentos de medición y controladores con la ayuda del software Circuit Maker se refleja la simulación de la alimentación de estos equipos por medio de una fuente de 230 VAC como se muestra en la figura N° 55, como se puede apreciar en el voltímetro colocado la medición del voltaje de 230 VAC, demostrando que el diagrama unifilar diseñado es correcto.

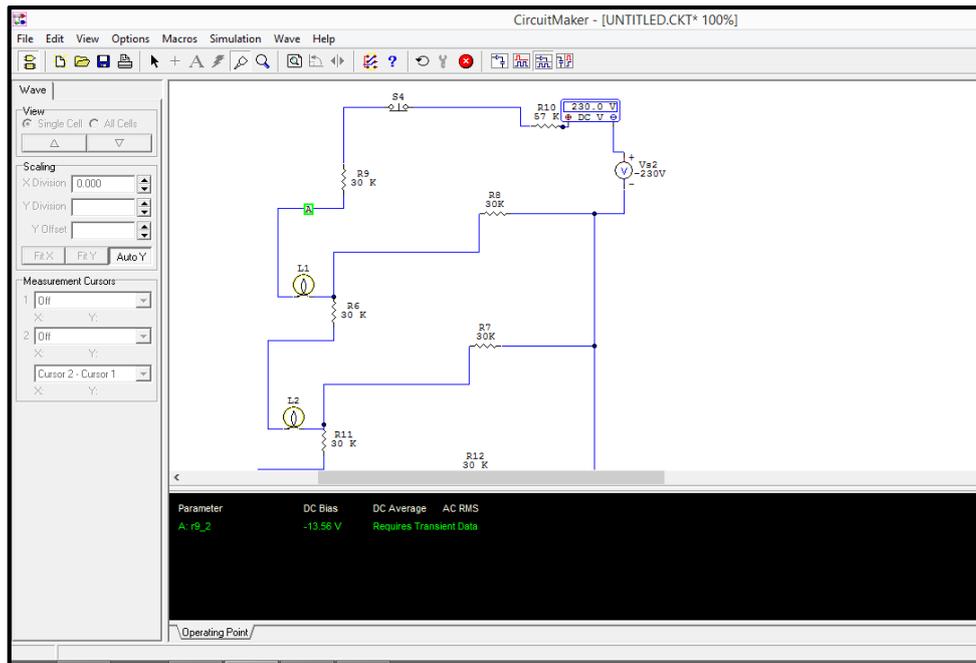


Figura N° 55 Distribución de Alimentación 230 VAC

Fuente: Elaboración propia

## Simulación del Sistema de Bombeo de los combustibles

Con la ayuda del software Unity Pro se realiza la simulación de la activación del Sistema de bombeo, como se observa en la figura N° 56, se procede a colocar el modelo de PLC seleccionado en este caso se usa el Quantum

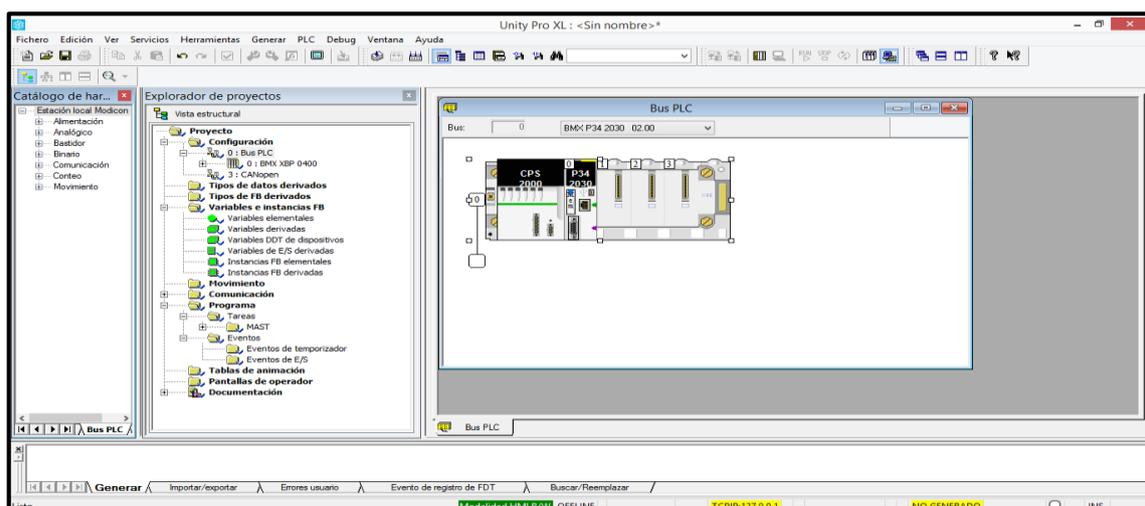


Figura N° 56 Configuración de Módulos

Fuente: Elaboración propia

Se selecciona el tipo de lenguaje con el que se va a programar como se observa en la figura N° 57, se procede a colocar FVD, el cual es de lógica de difusa,

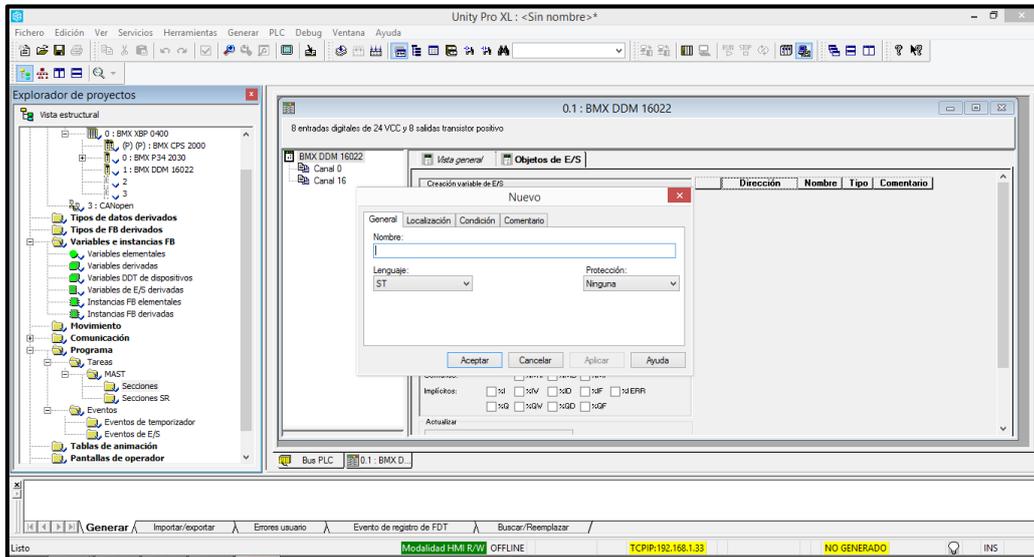


Figura N° 57 Configuración de Lenguaje

Fuente: Elaboración propia

Se procede a crear las variables, si bien tenemos lo siguiente:

Arranque de la bomba

Parada de la bomba

Estado de la bomba

Se crean estas variables de forma EBOOL para poder forzar la simulación como se muestra en la figura N°58.

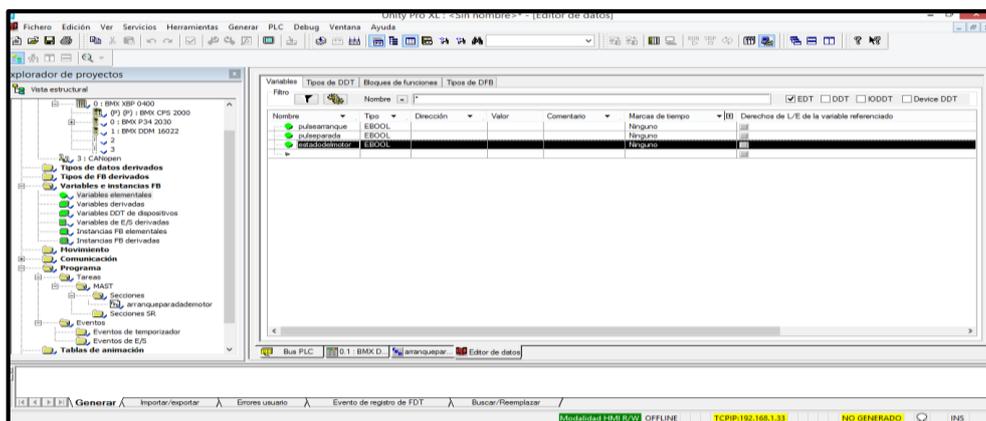


Figura N° 58 Definición de Variables

Fuente: Elaboración propia

Se procede a colocar las funciones OR, AND , se realiza una conexión entre ambas, la lógica es la siguiente si se pulsa el botón de arranque de la bomba , el sistema de bombeo se prenda o si no está activado el pulsador de parada de la bomba el sistema de bombeo siga funcionando, si se pulsa el botón de parada de la bomba el sistema de bombeo se detiene, en la figura N° 59, se observa las funciones OR, AND, junto con las variables condicionales de arranque de la bomba , parada de la bomba y estado de la bomba.

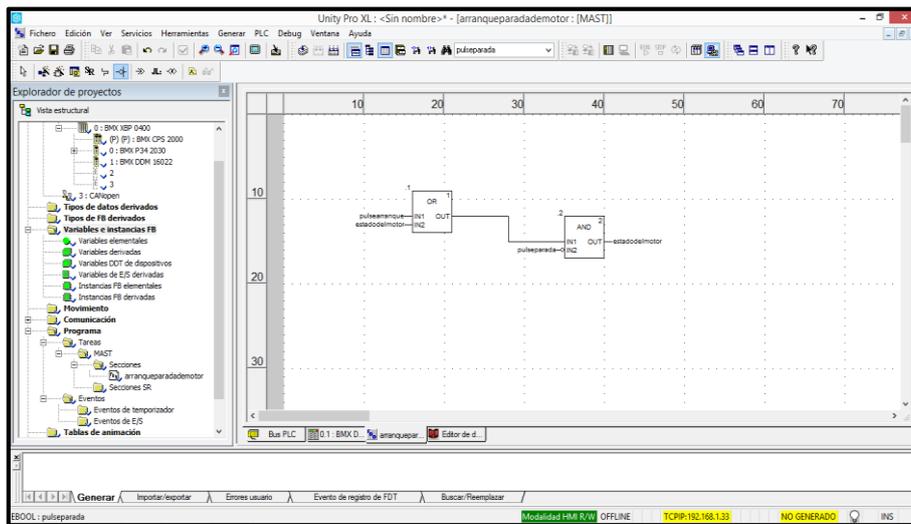


Figura N° 59 Ingreso de la Lógica

Fuente: Elaboración propia

Se procede a transferir el proyecto al PLC para realizar la simulación del programa propuesto, como se puede observar en la figura N°60

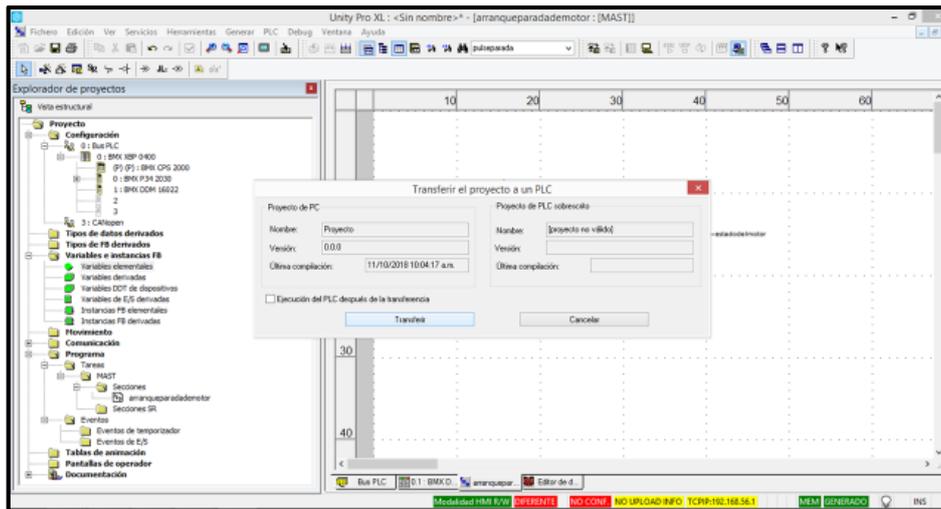


Figura N° 60 Carga del Programa al PLC

Fuente: Elaboración propia

Se selecciona todo el programa y se coloca la tabla de simulación transfiriendo el proyecto al PLC para realizar la simulación del programa propuesto, como se puede observar en la figura N°61.

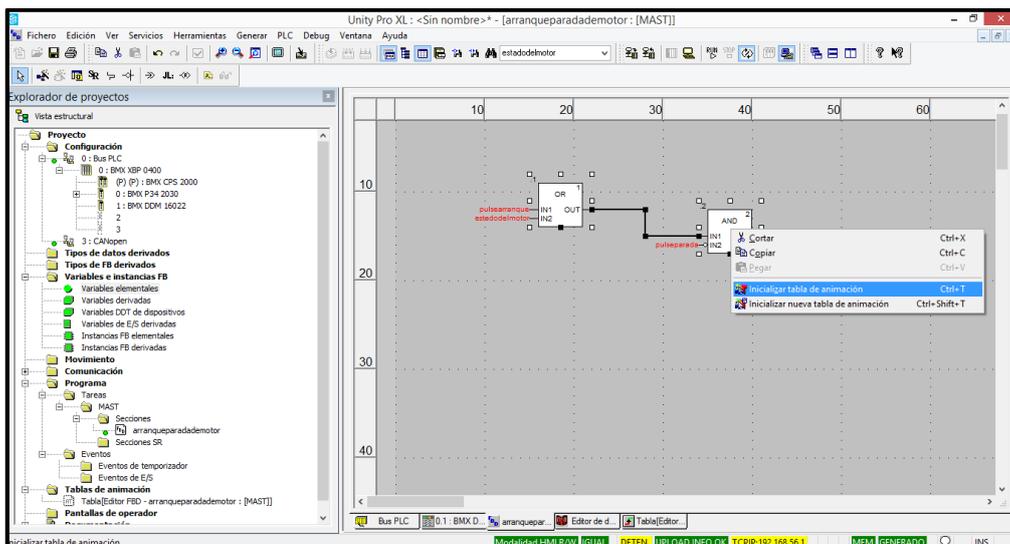


Figura N° 61 Tablas de Simulación

Fuente: Elaboración propia

Se procede a realizar la simulación como se observa en la figura N° 62, se pulsa la entrada Arranque de la bomba dando como resultado el estado de la bomba en verde esto nos indica que el sistema de bombeo es activado, y como se puede ver la opción de parada de la bomba no se activa por la condicional, si no está activado el pulsador de parada de la bomba el sistema de bombeo sigue funcionando.

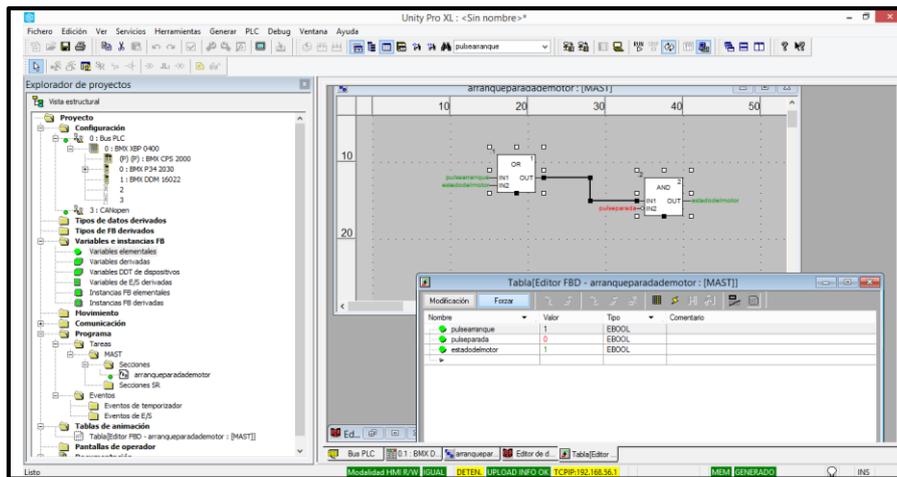


Figura N° 62 Simulación Arranque de Bomba

Fuente: Elaboración propia

Se procede a realizar la simulación como se observa en la figura N° 63, se pulsa la entrada Parada de la bomba dando como resultado el estado de la bomba en rojo esto nos indica que el sistema de bombeo está inactivo, pero sin embargo el pulsador de parada de la bomba se encuentra en verde dándonos a entender que se realizó una parada de bombas.

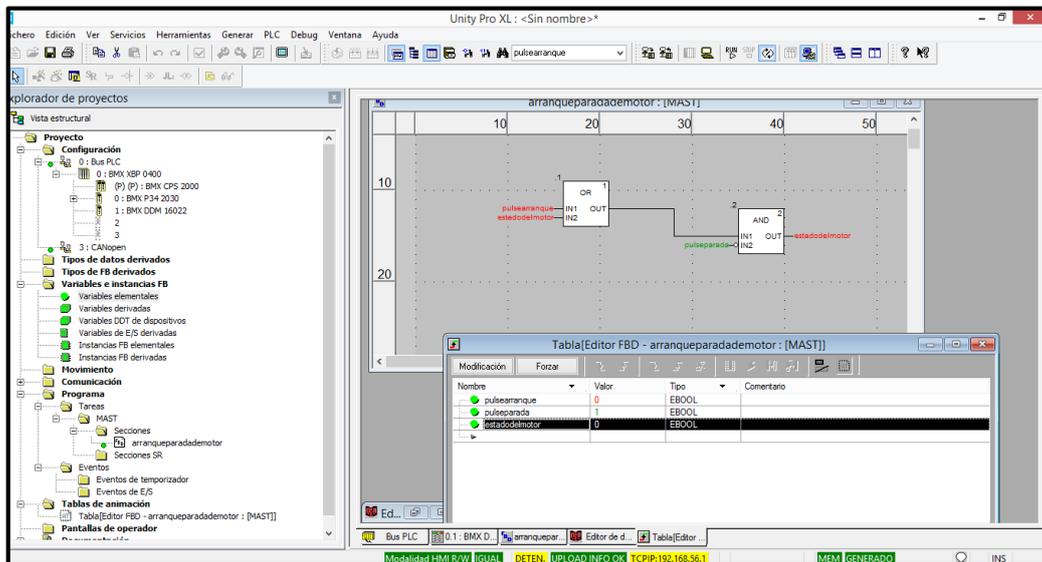


Figura N° 63 Simulación Parada de Bomba

Fuente: Elaboración propia

## Simulación del sistema de medición

Una vez realizado el diseño del controlador digital y el PLC junto con la simulación de ambos se procede a la integración del sistema y mostrar la simulación del Sistema de medición con la ayuda del software NAVISWORK, a continuación, en la figura N°64 se muestra el sistema de medición operado por el usuario.

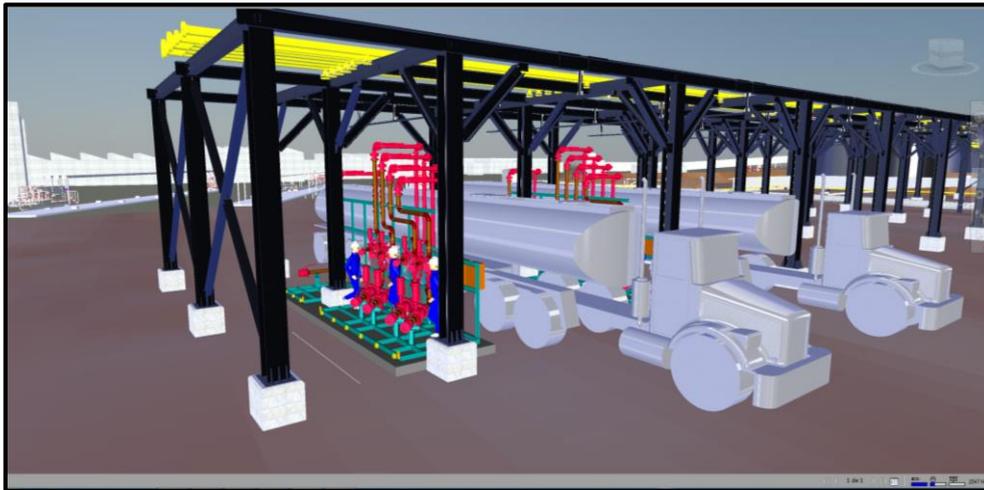


Figura N° 64 Simulación del sistema de medición

Fuente: Elaboración propia

Se tiene el sistema de bombeo para poder descargar por medio de las tuberías de proceso hacia el sistema de medición y este descargue a los camiones cisternas, por medio de los brazos de descarga conectados al camión cisterna como se puede ver en la figura N°65.

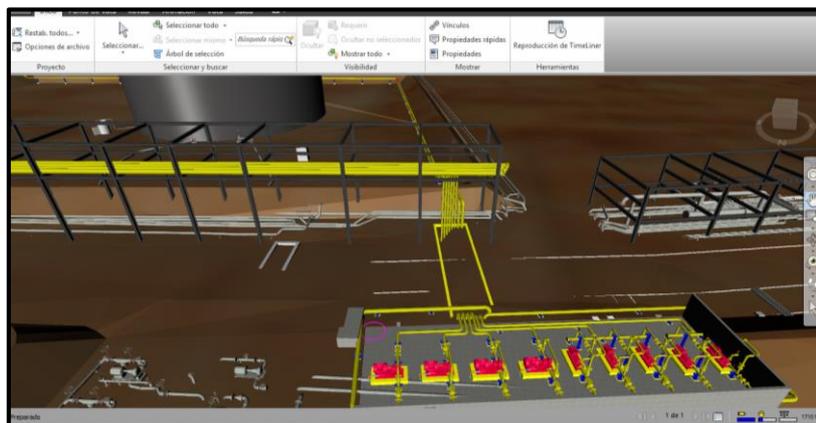


Figura N° 65 Sistema de Bombeo simulado

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar la figura N°66 las tuberías de proceso por donde fluyen los combustibles, siendo succionados y descargados a través del sistema de bombeo mostrado en la figura N°66 estas tuberías pasan por el rack existente de la empresa de Terminales del Perú para luego descender y llegar al sistema de medición.

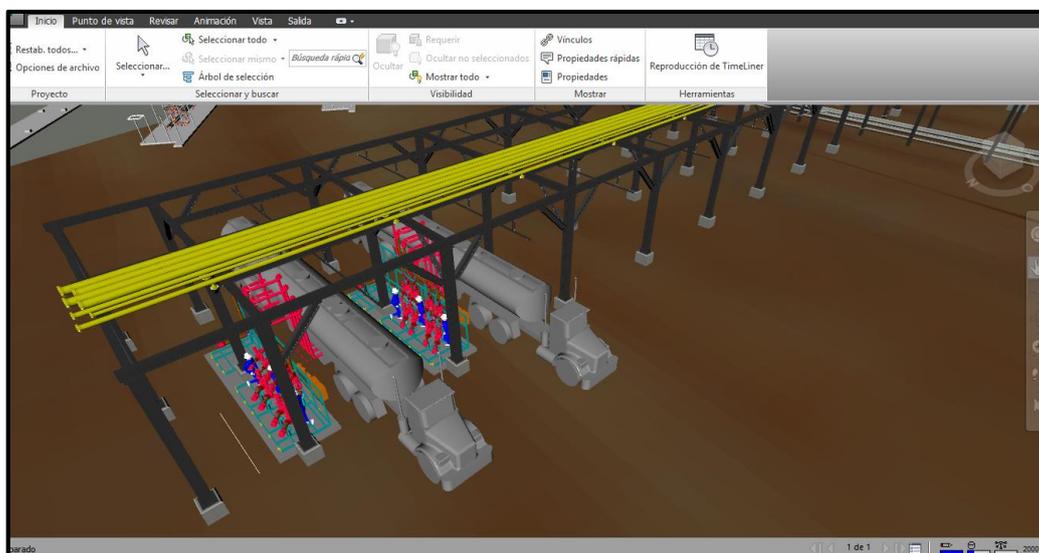


Figura N° 66 Descarga de Combustibles por tuberías de proceso

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar la figura N°67 los usuarios proceden a conectar los brazos de descarga hacia el camión cisterna para comenzar con el proceso de despacho.

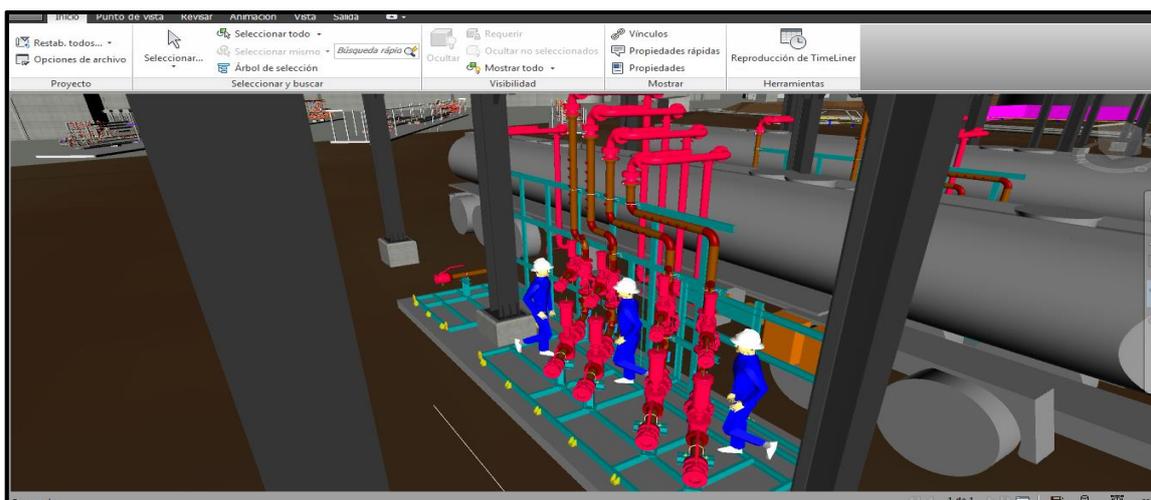


Figura N° 67 Usuarios operando el sistema de medición

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar la figura N°68 la conexión de los brazos de descarga se ha colocado al camión cisterna.

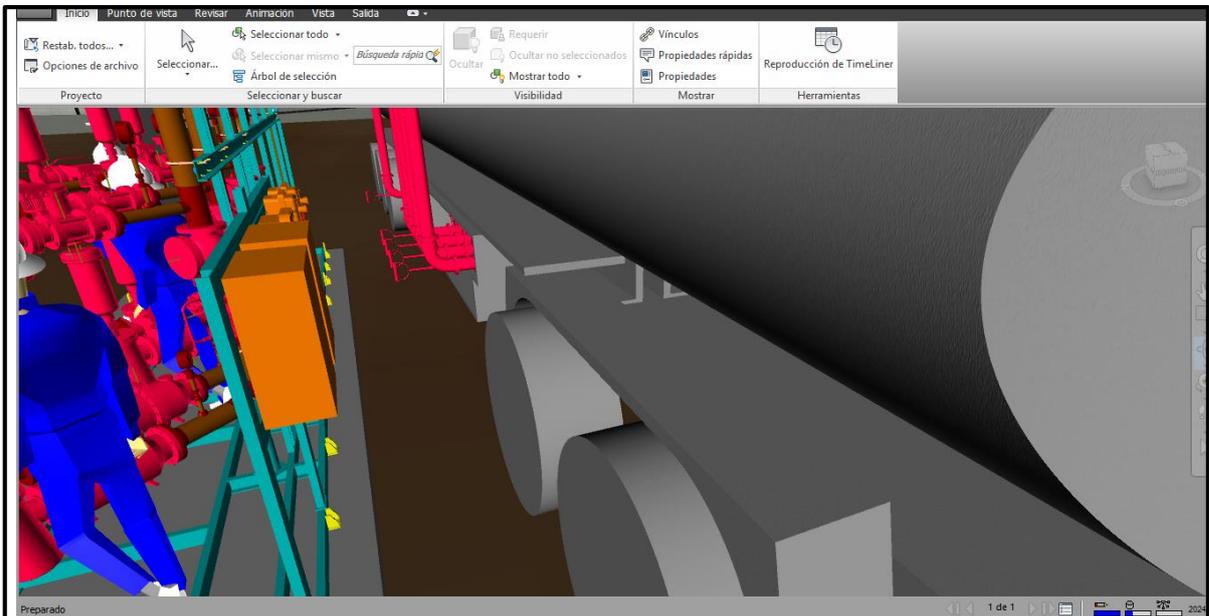


Figura N° 68 Conexión de brazos de descarga

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar la figura N° 69 se procede a la descarga de combustible mientras que el usuario monitoreo el despacho.

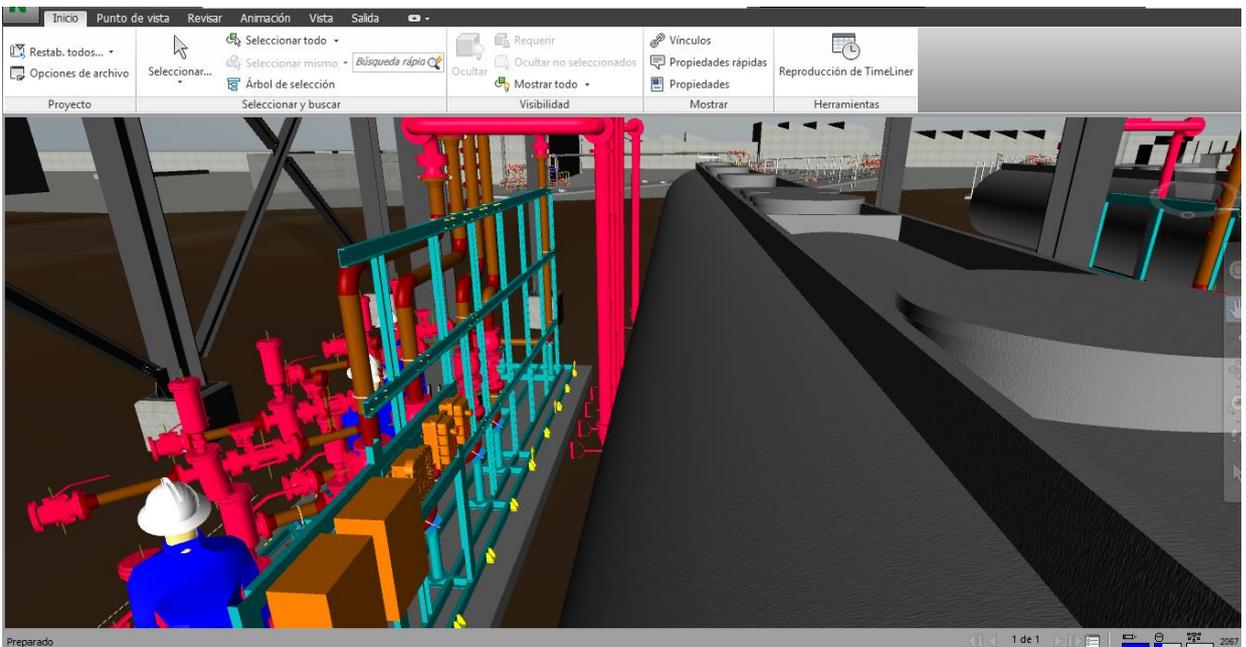


Figura N° 69 Descarga de Combustible al camión cisterna

Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Costos

El estimado de costo para la implementación del sistema de medición diseñado en la presente tesis se divide en costos para implementación mecánica, para implementación eléctrica y para implementación electrónica. El costo se muestra de forma resumida en la Tabla N°36 y de forma detallada en el Anexo N° 13, Anexo N° 14 y Anexo N° 15.

Tabla N°36 Costos de Implementación del Sistema de Medición

<b>PROCURA</b>	<b>COSTO</b>	
	Soles	Dólares
Procura Mecánica	S/. 258,461.91	\$77,616.19
Procura Eléctrica	S/. 153,684.53	\$46,151.51
Procura Electrónica	S/. 267,199.70	\$80,240.15
<b>Precio Total de Procura</b>	<b>S/. 679,886.93</b>	<b>\$204,007.85</b>
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	costo	
Implementación Mecánica	S/. 141,348.78	\$42,447.08
Implementación Electrica	S/. 30,566.07	\$9,179.00
Implementación Electrónica	S/. 55,347.93	\$16,621.00
<b>Precio Total de Implementación</b>	<b>S/. 227,262.78</b>	<b>\$68,247.08</b>
<b>Precio Total</b>	<b>S/. 906,608.92</b>	<b>\$272,254.93</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla N° 36 el costo más elevado se encuentra en la procura de mecánica debido a que en esta se tiene la parte estructural, válvulas, brazos de descarga, en cuanto a la procura eléctrica, el costo se centran en los motores , tableros eléctricos , interruptores magnéticos, cables eléctricos y accesorios de canalización, en el costo para la procura electrónica se tiene los sensores de medición, el controlador lógico , controlador digital y accesorios para la canalización de los sensores.

El costo de un Sistema de medición integrado comercial de 4 brazos de descarga similar al que se plantea en la presente tesis, se muestra de forma resumida en la Tabla N°37.

Tabla N°37 Costos de un Sistema de Medición Integrado Comercial

DESCRIPCIÓN	COSTO	
	Soles	Dólares
Mecánica	S/. 310,956.30	\$93,380.27
Electrica	S/. 457,973.60	\$137,529.61
Electrónica	S/. 360,405.33	\$108,229.83
<b>Total</b>	<b>S/. 1,129,335.23</b>	<b>\$339,139.71</b>

Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO IV: PRUEBAS Y RESULTADOS

## 4.1 Pruebas

Se realizaron pruebas que consisten en distintas simulaciones con la ayuda del software unity pro y accumate donde se observa el funcionamiento del sistema de bombeo.

### Prueba 1

Consistió en una simulación de la interfaz del usuario, en donde se observa los rangos de medición adecuados de flujo y temperatura según la normativa que establece OSINERGMIN. Lo que se buscó con esta prueba es mostrar el rango de medición permitido para obtener la exactitud según normativa en el proceso de despacho a camiones cisterna de Gasolina de 90 Octanos y Diésel

### Prueba 2

Consistió en una simulación en donde se realice el proceso de despacho a camiones cisterna de Gasolina de 90 Octanos y Diésel. Lo que se buscó con esta prueba es mostrar la mejora del tiempo de despacho hacia los camiones cisterna, al mismo tiempo se verifica la conexión entre el controlador digital y el PLC a través de los puertos de comunicación, junto con la activación de bombas.

### Prueba 3

Consistió en una simulación en donde se realice el control del sistema de medición a través de la selección del combustible y la cantidad de galones requeridos, Lo que se buscó con esta prueba es observar el control del Sistema de medición por medio de la interacción entre el controlador digital con el PLC para la activación de las bombas de despacho de los

combustibles (gasolina de 90 octanos y Diésel), dependiendo de la cantidad de galones solicitados.

## **4.2 Resultados**

A continuación, se presenta cada prueba con su respectiva explicación:

### **Resultados de la prueba 1**

En la prueba número uno, se simuló la interfaz con el usuario para que este pueda ingresar la cantidad de galones dependiendo de que combustible requiera, se puede observar en la figura N° 70 los parámetros de medición de la temperatura y flujo del combustible en donde se mide el flujo con una temperatura de 60 F es decir 15°C, con una precisión de medición para el flujo de 0.01% y para la medición de temperatura 0.04%, según la normativa que establece OSINERGMIN, también se puede observar los botones permisivos , que vendrían hacer el sistema de monitoreo de puesta a tierra, que aterriza al camión cisterna por medio de una pinza tipo cocodrilo, el sistema de monitoreo de sobrellenado, el cual genera una alarma si es que la cantidad solicitada sobrepasa la cantidad de almacenaje del camión cisterna y la comunicación con el PLC el cual opera remotamente la activación de bombas.



Figura N° 70 Prueba 1

Fuente: Elaboración propia

## Resultados de la prueba 2

En la prueba número dos, se verificó la comunicación entre el PLC y controlador digital a la vez se muestra la mejora de tiempo del proceso de despacho, debido a la mejora del sistema de bombeo colocando bombas con mayor, capacidad de flujo y potencia.

Como se puede observar en la figura N°71 hay comunicación entre el operador remoto que en este caso vendría hacer el PLC, la cantidad solicitada es de 990 galones para un compartimiento del camión cisterna, el producto seleccionado es Diésel.

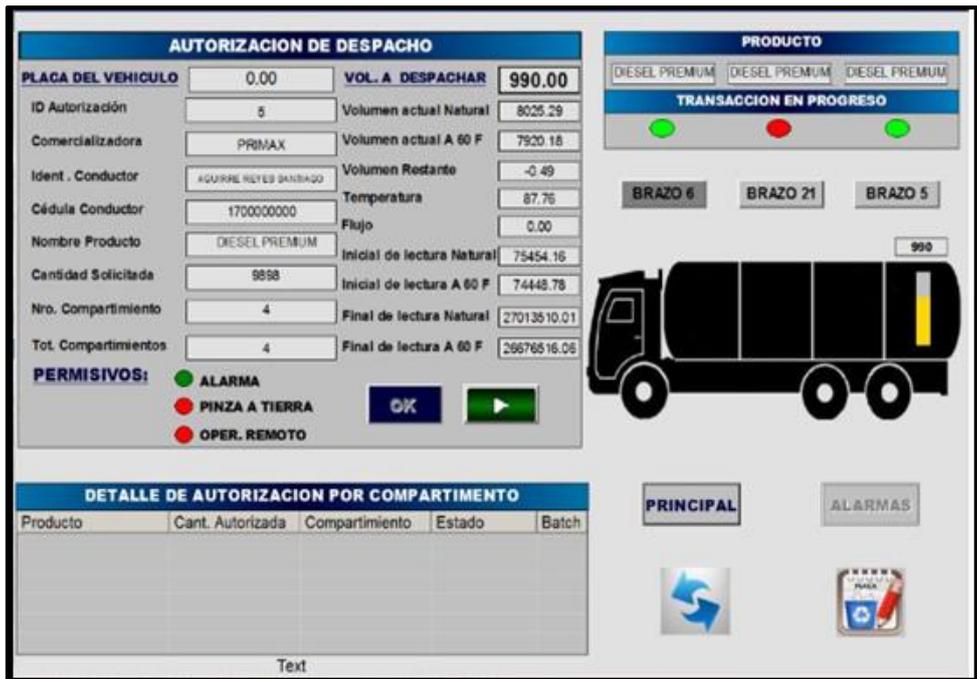


Figura N° 71 Prueba 2

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura N° 72 se simuló el proceso de despacho desde la succión del tanque hasta la llegada al camión cisterna, se muestra el sistema de bombeo de Diésel activo (bomba de color verde), como se puede apreciar existe una bifurcación la cual deriva hacia 2 camiones con el uso de una sola bomba, logrando optimizar el tiempo de despacho en un 50%.

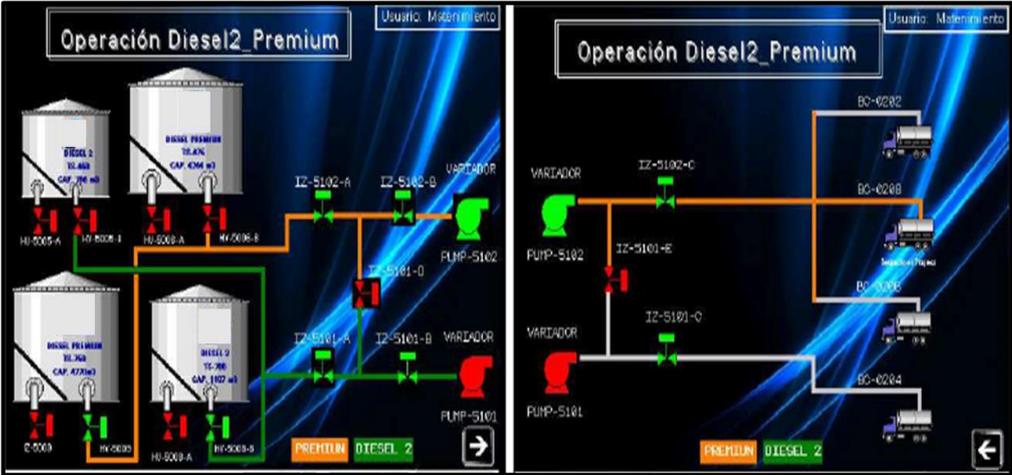


Figura N° 72 Simulación de Prueba 2 Diésel

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura N° 73 se simuló el proceso de despacho desde la succión del tanque hasta la llegada al camión cisterna, se muestra el sistema de bombeo de Gasolina de 90 octanos activo (bomba de color verde), como se puede apreciar existe una bifurcación la cual deriva hacia 2 camiones con el uso de una sola bomba, logrando optimizar el tiempo de despacho en un 50%.



Figura N° 73 Simulación de Prueba 2 Gasolina de 90 octanos

Fuente: Elaboración propia

En comparación con el Sistema propuesto de despacho de combustibles de Gasolina de 90 Octanos y Diésel, el sistema de bombeo actual es limitado, debido a que presenta una sola bomba con capacidad para un solo camión por producto.

### Resultados de la prueba 3

En la prueba número tres, se asignó una cantidad de galones de diésel para despachar al camión cisterna en la figura N° 74 se muestra cómo se realiza la descarga de combustible de acuerdo a la cantidad seleccionada.

Se colocó 990 galones como pedido de Diésel dándole ejecutar al proceso dando como resultado transacción en progreso, se puede observar los parámetros como la temperatura, el flujo y volumen que se miden, se muestra en la figura N° 74 que el camión cisterna cuenta con 4 compartimientos, se cuenta con un botón de stop para parar el proceso si es que ocurre algún inesperado.

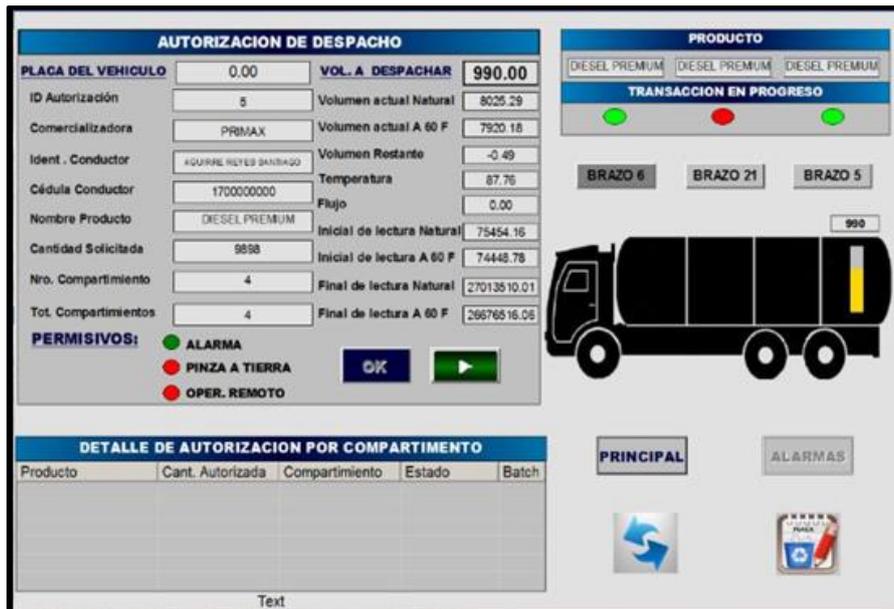


Figura N° 74 Prueba 3 Diésel

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura N° 76 se asignó una cantidad de galones de gasolina de 90 octanos para despachar al camión cisterna en la figura N° 75 se muestra cómo se realiza la descarga de combustible de acuerdo a la cantidad seleccionada.

Se colocó 2464 galones como pedido de Gasolina de 90 Octanos dándole ejecutar al proceso dando como resultado transacción en progreso, se puede observar los parámetros como la temperatura, el flujo y volumen que se miden, se muestra en la figura N° 75 que el camión cisterna cuenta con 4 compartimientos, se cuenta con un botón de stop para parar el proceso si es que ocurre algún evento inesperado.

AUTORIZACION DE DESPACHO				
PLACA DEL VEHICULO	0.00	VOL. A DESPACHAR	2464.00	
ID Autorización	48	Volumen actual Natural	1537.31	
Comercializadora		Volumen actual A 60 F	1514.74	
Ident. Conductor	ERNESTO MOROCHO LUIS AL	Volumen Restante	949.26	
Cédula Conductor	31035819	Temperatura	82.63	
Nombre Producto	DIESEL PREMIUM	Flujo	343.42	
Cantidad Solicitada	9856	Inicial de lectura Natural	10082693.58	
Nro. Compartimiento	4	Inicial de lectura A 60 F	9923311.54	
Tot. Compartimientos	4	Final de lectura Natural	10956964.72	
		Final de lectura A 60 F	10783286.16	
<b>PERMISIVOS:</b> <input checked="" type="checkbox"/> ALARMA <input type="checkbox"/> PINZA A TIERRA <input type="checkbox"/> OPER. REMOTO		<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="STOP"/>		
DETALLE DE AUTORIZACION POR COMPARTIMIENTO				
Producto	Cant. Autorizada	Compartimiento	Estado	Batch

PRODUCTO		
GASOLINA SUPER	GASOLINA EXTRA	GASOLINA SUPER
TRANSACCION EN PROGRESO		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
BRAZO 16	BRAZO 20	BRAZO 15
2468		
		
<input type="button" value="PRINCIPAL"/>		<input type="button" value="ALARMAS"/>
<input type="button" value="↺"/>		<input type="button" value="🔔"/>

Figura N° 75 Prueba 3 Gasolina de 90 Octanos

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

De la presente investigación, se tiene las siguientes conclusiones:

1. Fue posible determinar los rangos de medición para obtener la exactitud en el proceso de despacho hacia camiones cisterna de Gasolina de 90 Octanos y Diésel realizando el diseño y simulación de la interfaz de operación a través de la prueba N°1 donde se obtuvo como resultado los rangos de medición de la temperatura y flujo del combustible en donde se mide el flujo con una temperatura de 60 F es decir 15°C, con una precisión de medición para el flujo de 0.01% y para la medición de temperatura 0.04%, según la normativa que establece OSINERGMIN
2. Fue posible mejorar el tiempo del proceso de despacho hacia camiones cisterna de Gasolina de 90 Octanos y Diésel a través de la prueba N°2 donde se obtuvo como resultado la simulación del proceso de despacho de ambos combustibles, mejorando el sistema de bombeo, colocando una bomba de 75 HP con capacidad de flujo de 900 GPM para cada combustible (Gasolina de 90 Octanos y Diésel) y que cada bomba descargue hacia una bifurcación que conlleve simultáneamente a 2 camiones cisterna logrando optimizar así, el tiempo de despacho en un 50%.
3. Fue posible diseñar y elaborar un código de programación que ejecute el control del sistema de medición, a través de la prueba N°3 donde se obtuvo como resultado la simulación del despacho del combustible de gasolina de 90 Octanos colocando 2464 galones a despachar hacia los camiones cisterna y la simulación del despacho del combustible de Diésel colocando 990 galones a despachar hacia los camiones cisterna.

## OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se puede incluir el sistema de medición a una estación remota, con el fin de facilitar el control y así tener mejor operatividad en los despachos sin necesidad de necesitar un personal dedicado a estar monitoreando la activación de este sistema.
2. Se puede incluir otros combustibles aparte de gasolina de 90 octanos y el diésel como gasolina de 84 octanos, 95 octanos y de 97 octanos y así poder distribuir más combustibles.
3. Se recomienda colocar una tarjeta adicional al controlador digital para que así pueda tener más entradas y salidas digitales y pueda controlar más parámetros.
4. Se recomienda colocar nuevos módulos al PLC de comunicación como Ethernet para poder hacer uso por medio de un switch converter del módulo de Ethernet a fibra óptica y así hacer que la comunicación sea más rápida y eficiente.
5. Se recomienda colocar nuevos módulos al PLC de entrada y salida para poder manipular nuevas electrobombas en el caso se desee modificar el sistema de bombeo.
6. Dado que el sistema de medición cuenta con un UPS de respaldo para alimentar a los equipos que funcionen en 230 VAC, se recomienda que las electrobombas las cuales se alimentan en 460 VAC cuenten con un grupo electrógeno de respaldo.
7. Se recomienda colocar focos leds en la estructura para mejorar la visualización del usuario para cuando este realice el ingreso de pedido de combustible a despachar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Api Recommended Practice 500 (2008). Recommended Practice for Classification of
2. locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1 and Division 2. Recuperado de <http://mycommittees.api.org/>
3. Allen Bradley (2018). Programmable Logic Controllers, EE.UU. Recuperado de
4. <http://ab.rockwellautomation.com/>
5. Amauri, O (2014). Sistema de Supervisión para el proceso de medición dinámica de
6. Hidrocarburos. (Tesis de Pregrado). Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
7. Amezaga, F (2006). Diseño de Sistema de Almacenamiento, Distribución y Control de
8. Inventarios de Combustibles en G.M.V. (Tesis de Pregrado). Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.
9. Bausá, J y García, C (2003). Sensores de Temperatura, España. Recuperado de
10. <http://serverdie.alc.upv.es/LSED/SensTemp/SensoresTemperatura.pdf>
11. Brodie International (2017). Flow Valve, EE.UU. Recuperado de
12. <http://www.brodieintl.com/>
13. Carrasco, C (2011). Metodología para el Análisis Estático y Dinámico de Estructuras
14. Metálicas aplicando el método de los elementos finitos. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
15. Cano, L (2013). Factor de Seguridad y esfuerzo de Diseño permisible. Recuperado de
16. <http://www.academia.edu/>
17. CIVACON (2015) Sistema de Puesta a tierra, Recuperado de:
18. <http://www.opwglobal.com/>
19. Chacón, G (2015). Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Caudal e

20. Interfaz Gráfica de usuario en Planta didáctica del laboratorio de Mecánica de la Facultad Tecnológica. (Tesis de Pregrado). Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá, Colombia.
21. Chong, H (2017). Optimización para el proceso de medición de flujo bajo el principio
22. de la presión diferencial y su importancia en la ingeniería de Control y Automatización Industrial. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
23. Domínguez, J (2013). Calderas Eficientes en Procesos Industriales, España.
24. Recuperado de <https://www.fenercom.com/Conceptos-de-combustion-y-combustibles-GAS-NATURAL-SDG-fenercom-2013>
25. FMC Technologies (2018). Preset de Carga, EE.UU. Recuperado de
26. <http://www.fmctechnologies.com/>
27. Fukushima, J (2010). Análisis, Diseño e Implementación de un Sistema de Control de
28. Inventarios para empresas de Almacenamiento de Hidrocarburos. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
29. Gallegos, P (2013). Operaciones de Recepción Almacenamiento y Despacho en
30. Terminal Callao. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.osinerming.gob.pe/>
31. Garcés, B y Osorio, J (2014). Diseño y Construcción para el Sistema de medición en el
32. despacho de crudo en la estación Coveñas hacia puerto Bahía en Cartagena, perteneciente al Oleoducto del Caribe. (Tesis de Pregrado). Universidad de Santo Tomás, Bogotá Ecuador.
33. Gómez, S. (2000). Diseño en Ingeniería, España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/>
34. Guhl, L y Jaramillo, C (2007). Diseño de un Sistema Digital de Medición y Control de
35. Combustible. (Tesis de Pregrado). Universidad de San Buenaventura, Bogotá Ecuador.
36. Hicks, G (1976). Bombas, Selección y Aplicación. México: Continental.

37. Huamán, L (2013). Clasificación de Áreas. Recuperado de <http://www.clasificacion/>
38. Huey, M (2015). Propuesta para una mejora en el Sistema de Distribución de
39. Combustibles, en las gasolineras Don Arturo. (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México.
40. Jiménez, R (2010). Tipos de Gasolina y sus Características, Lima, Perú. Recuperado de
41. <http://www.academia.edu/>
42. López, A (2011). Propuesta para una mejora en el Sistema de Distribución de
43. Combustibles, en las gasolineras Don Arturo. (Tesis de Pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
44. Llanos, J y Paredes, L (2016). Diseño para la Optimización de un Sistema de Control,
45. Monitoreo y Seguridad de la Estación Intermedia de Transporte de Combustible “CORAZÓN”. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Trujillo, Perú.
46. Molina, J y Rangel, E (2017). Lineamientos técnicos en materia de medición de
47. hidrocarburos. México. Recuperado de <https://cnh.gob.mx/>
48. Mora, G (2015). Estudio para mejora del Sistema de Bio-Combustible del Terminal
49. Pascuales de EP PetroEcuador. (Tesis de Pregrado). Universidad Católica de Santiago, Guayaquil, Ecuador.
50. Morris, E y Díaz, J (2010). Comercialización de Combustibles modelo de solución
51. Tecnológica. (Tesis de Pregrado). Universidad Esan del Perú, Lima, Perú.
52. National Fire Protection Association 30 (2015). Código de Líquidos Inflamables y
53. Combustibles. Recuperado de <http://parquearvi.org/>
54. National Fire Protection Association 497 (2014). Clasificación de áreas clasificadas.
55. Recuperado de <https://www.nfpa.org/Assets/files/aboutthecodes/497/497/>

56. OSINERGMIN (2001). Comercialización de Combustibles Líquidos y otros derivados
57. de Hidrocarburos. Recuperado de <https://www.osinergmin.gob.pe/>
58. Pérez, L (2017). Propuesta de diseño de una instalación de consumidor directo de diésel
59. b5 y gasolina para disminuir el costo de adquisición de combustibles para la municipalidad provincial de Maynas-Loreto. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
60. Pérez, L (2015). Selección Fina de Bombas. Universidad de Buenos Aires, Buenos
61. Aires, Argentina.
62. PEMEX (2011). Características del Diésel, México. Recuperado de
63. <http://www.pemex.com/>
64. Rodríguez, C (2015). Diseño Mecánico con SolidWorks, España. Recuperado de
65. <http://www.ra-ma.es/libros/>
66. Sancho, F (2017). Introducción a la lógica Difusa, España. Recuperado de
67. <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=97>
68. SCULLY (2015). Sistema de Sobrellenado. Recuperado de <http://www.scully.com/>
69. Valdez, F (2016). Clasificación de Estimado de Costos para Industrias de Procesos.
70. Recuperado de <http://proyectics.blogspot.com/>
71. Viejo, M (2003) Bombas, teoría, diseño y aplicación. Lima, Perú: Limusa.
72. Villajulca, J (2010). Transferencia de Custodia, México. Recuperado de
73. <https://instrumentacionycontrol.net/>