



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**“Implementación del sistema de control del proceso de  
alimentación de combustible para generador Hyundai, modelo  
9h21/32”**

**AUTOR**

FRANCISCO JAVIER SANTANA PINCAY

**PROFESOR TUTOR**

ING. SAMUEL BALDOMERO BUSTOS GAIBOR, MSc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2017

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios Todo Poderoso** por permitirme llegar a esta maravillosa etapa, donde me ha enseñado que la dedicación y el esfuerzo tienen sus frutos, con sabiduría y fortaleza me permitieron alcanzar este logro, concluir mi carrera universitaria, un sueño por el que me esforcé día a día, gracias por hacer realidad este sueño anhelado de mi vida.

**A mi Padre Epifanio Santana:** gracias padre por la comprensión y todo el apoyo incondicional brindado en esta etapa estudiantil, gracias por ser el motivo de inspiración, de superación personal y profesional, papá este es un logro que quiero compartir contigo. Gracias Papá.

**A mi Madre Nelly Pincay:** Querida madre fuiste y seguirás siendo la mejor mamá del mundo, ahora eres mi ángel guardián y sé que desde el cielo sigues guiando mi camino y mis pasos, gracias por haber sido esa persona incondicional, mi pañuelo de lágrimas, mi amiga, mi socia, que con tus consejos y ayuda moral, fuiste ejemplo maravilloso de fe, amor y mucho sacrificio incomparable, lograste que consiga este anhelado triunfo aunque que no pudiste acompañarme en estos momentos de felicidad físicamente, pero sé que lo hiciste espiritualmente, este logro es totalmente tuyo mamá.

**A mi esposa Jeniffer y a mi hija Sarita Stefany:** Gracias chicas por ser esos pilares más importantes de mi vida que día a día me motivaban para seguir adelante, gracias por que supieron comprender el sacrificio que hacía para cumplir con este amado sueño, gracias amor por todo el apoyo incondicional brindado en tiempos buenos y malos, comparto este triunfo ustedes.

**A mi hermano Jonathan Santana:** Porque siempre ha estado ahí para escucharme en todo momento, por ser mí amigo, mi confidente mi futuro colega y por creer en mí y en mis sueños, te agradezco hermano infinitamente por todo este apoyo incondicional y paciencia brindada durante todo este tiempo, por todas esas noches de desvelo que compartimos haciendo tareas, viendo series, jugando y estudiando, gracias hermano te quiero mucho este tiempo es tuyo también.

**A mis demás Familiares, a mis Amigos, a mis Socios y a mi Tutor Ing. Samuel Bustos:** A todos ustedes muchas gracias por estar conmigo durante todo el tiempo con ustedes he compartido momentos felices y tristes gracias por darme palabras de aliento en aquellos momentos que me veía decaído.

**Francisco Santana Pincay**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado, **“Implementación del sistema de control del proceso de alimentación de combustible para generador Hyundai, Modelo 9H21/32”**, elaborado por el estudiante **Santana Pincay Francisco Javier**, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante para que inicia los trámites legales correspondientes.

La Libertad, Septiembre del 2017



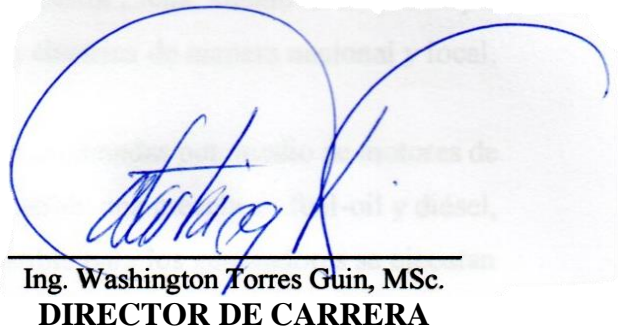
**Ing. Samuel Bustos Gaibor, MSc**

**TRIBUNAL DE GRADO**



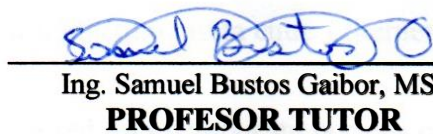
---

**Ing. Mariuxi De la Cruz De la Cruz, MSc.  
DECANO DE FACULTAD**



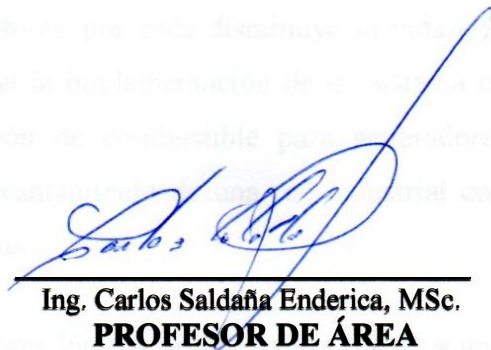
---

**Ing. Washington Torres Guin, MSc.  
DIRECTOR DE CARRERA**



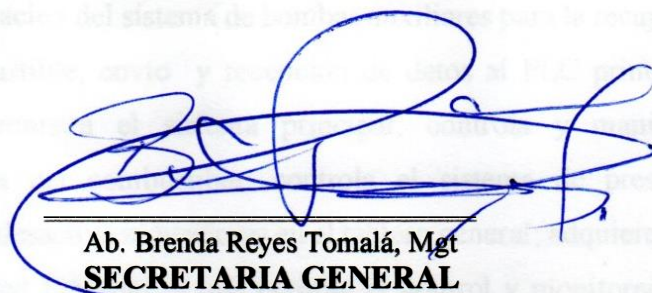
---

**Ing. Samuel Bustos Gaibor, MSc.  
PROFESOR TUTOR**



---

**Ing. Carlos Saldaña Enderica, MSc.  
PROFESOR DE ÁREA**



---

**Ab. Brenda Reyes Tomalá, Mgt  
SECRETARIA GENERAL**

## RESUMEN

En la actualidad el parque generador térmico del país está conformado por entidades que son administradas por la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP en especial la Central Termoeléctrica de Santa Elena, siendo la empresa que se dedica a producir y comercializar energía eléctrica de manera nacional y local.

Varias de estas centrales termoeléctricas son accionadas por medio de motores de combustión interna, utilizando como combustible una mezcla de fuel-oil y diésel, este subproceso de alimentación de combustible para los generadores se ejecutan de forma manual en la mayoría de las centrales, lo que conllevan en algunos casos que este proceso arrojen mezclas de producto no deseado, originando inestabilidad operativa y desgaste acelerado en los motores, por ende disminuye su vida útil. Por lo expuesto se plantea como solución la implementación de un sistema de control de procesos para la alimentación de combustible para generadores Hyundai. La propuesta consiste en el levantamiento de una red industrial con arquitectura mixta entre Ethernet y Modbus.

La red está compuesta por dos controladores lógicos programables (PLC) y una pantalla táctil (TP); establecidos como maestro y esclavo respectivamente. El controlador dos está encargado de manipular y controlar los valores de viscosidad del combustible; activación del sistema de bombas auxiliares para la recuperación de presión del combustible; envío y recepción de datos al PLC principal. El controlador uno administra el sistema principal, controla y manipula la temperatura adecuada del combustible; controla el sistema de presión del combustible; activa y desactiva indicadores en el tablero general; adquiere y envía datos a través de la red Ethernet lo que permite el control y monitoreo de los procesos de alimentación de combustible para generadores mediante una interfaz HMI.

Con respecto a los resultados de las pruebas realizadas se concluye que el sistema cuenta con una eficiencia del 90% en referente a la transmisión y recepción de datos.

## **ABSTRACT**

At present, the country's thermal generation park is made up of entities that are managed by the Electric Corporation of Ecuador CELEC EP, in particular the Thermoelectric Power Plant of Santa Elena, being the company that is dedicated to produce and commercialize electric energy nationally and locally .

Several of these thermoelectric plants are driven by internal combustion engines, using as fuel a mixture of fuel oil and diesel, this sub-process of fuel supply for generators are executed manually in most plants, which In some cases cause this process to produce mixtures of unwanted product, causing operational instability and accelerated wear on the engines, thus decreasing their useful life. Therefore, the solution to the problem is the implementation of a process control system for fueling Hyundai generators. The proposal consists of the lifting of an industrial network with mixed architecture between Ethernet and Modbus.

The network consists of two programmable logic controllers (PLC) and one touch screen (TP); Established as master and slave respectively. The controller two is in charge of manipulating and controlling the viscosity values of the fuel; manipulate and control the viscosity values of the fuel; Activation of the auxiliary pump system for the recovery of fuel pressure; Sending and receiving data to the main PLC. The controller one manages the prime system, controls and manipulates the proper temperature of the fuel; Controls the fuel pressure system; Activates and deactivates indicators on the general board; Acquires and sends data through the Ethernet network which allows the control and monitoring of the fuel supply processes for generators through an HMI interface.

With respect to the results of the tests carried out, it is concluded that the system has an efficiency of 90% in relation to the transmission and reception of data.

## DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena

  
.....  
**Francisco Javier Santana Pincay**



## **TABLA DE CONTENIDOS**

<b>ITEM</b>	<b>PÁGINA</b>
AGRADECIMIENTO	I
APROBACIÓN DEL TUTOR	III
TRIBUNAL DE GRADO	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
DECLARACIÓN	VII
TABLA DE CONTENIDOS	VIII
INTRODUCCIÓN	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>FUNDAMENTACIÓN</b>	
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4 RESULTADOS ESPERADOS	5
1.5 JUSTIFICACIÓN	6
1.6 METODOLOGÍA	7
<b>CAPITULO II</b>	
<b>LA PROPUESTA</b>	
2.1 MARCO CONTEXTUAL	9
2.2 MARCO CONCEPTUAL	11
2.3 MARCO TEÓRICO	14
2.4 COMPONENTES DE LA PROPUESTA	17
2.4.1 FÍSICOS	17
2.4.1.1 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE	17
2.4.1.2 SEDIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	18
2.4.1.3 TRANSFERENCIA Y PURIFICACIÓN DE COMBUSTIBLE	19
2.4.1.4 TANQUES DE SUMINISTROS O DE SERVICIOS	20
2.4.1.5 DISTRIBUCIÓN DEL COMBUSTIBLE HACIA LOS MOTORES DEL GENERADOR	21
2.4.1.6 GENERADORES	23
2.4.2 LÓGICO	24
2.4.2.1 TIA PORTAL V13	24
	VIII

2.4.2.2	LENGUAJE LADDER O DE CONTACTOS	25
2.4.2.3	SOFTWARE DOPSoft 2.00.04	27
2.4.2.4	CADE SIMU	27
2.5	DISEÑO DE LA PROPUESTA	28
2.5.1	DISEÑO ELECTRICO DEL SISTEMA	28
2.5.1.1	VARIADOR DE FRECUENCIA DELTA VFD-EL	29
2.5.1.2	CONTROLADOR DE TEMPERATURA MARCA DELTA DTB4848.	35
2.5.1.3	ENLACE PARA COMUNICACIÓN – MODBUS RTU	40
2.5.2	DISEÑO LOGICO DEL SISTEMA	43
2.5.2.1	DIAGRAMA DE PETRI	43
2.5.2.2	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	47
2.6	PRUEBAS	58
2.6.1	ADQUISICIÓN DE DATOS DEL CONTROL DE TEMPERATURA A LAS BASE DE DATOS DEL PLC	58
2.6.2	ESCRITURA DE DATOS DEL PLC AL CONTROLADOR DE TEMPERATURA	60
2.6.3	ADQUISICIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS ENTRE PLC Y VARIADOR DE FRECUENCIA	63
2.6.4	ADQUISICIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS DE PLC A PLC	66
2.6.5	ADQUISICIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS ENTRE HMI A PLC	68
2.6.6	CONTROL DE VARIADORES MEDIANTE EL DATO DE PRESIÓN	71
2.7	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	74
2.7.1	FACTIBILIDAD TÉCNICA	74
2.7.2	FACTIBILIDAD FINANCIERA	76
2.7.2.1	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	77
2.7.3	FACTIBILIDAD OPERACIONAL	83
	CONCLUSIONES	84
	RECOMENDACIONES	85
	BIBLIOGRAFÍA	86
	ANEXOS	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

ITEM. DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Figura 1: Ubicación de CELEC EP Santa Elena. [3]	9
Figura 2: Toma aérea de la estación termoeléctrica.	9
Figura 3: Capas Implementadas en Profibus	14
Figura 4: Tanques de Almacenamiento de Combustible	17
Figura 5: Tanque de Almacenamiento de Combustible - HMI	17
Figura 6: Tanques de Sedimentación de Combustible	18
Figura 7: Tanques de Sedimentación de Combustible - HMI	18
Figura 8: Transferencias y Purificación de Combustible	19
Figura 9: Transferencias y Purificación de Combustible - HMI	19
Figura 10: Tanques Diarios o Tanques de Suministro	20
Figura 11: Tanques Diarios o Tanques de Suministro - HMI	20
Figura 12: Estación de Bombas de Combustible	21
Figura 13: Estación de Bombas de Combustible - HMI	22
Figura 14: Válvulas Solenoides y Bombas HFO	22
Figura 15: Generadores	23
Figura 16: Generadores - HMI	23
Figura 17: Ventana de TIA PORTAL V.13	24
Figura 18: Características destacadas de TIA Portal versión V13	25
Figura 19: Simbología de lenguaje Ladder	26
Figura 20: Página Principal De DOPSOFT	27
Figura 21: Página Principal De CADe SIMU	27
Figura 22: Diagrama de Bloque General del Sistema	28
Figura 23: Diagrama Topológico del Sistema	29
Figura 24: Variador de Frecuencia VFD007EL23A	30
Figura 25: Cable Par Trenzado	32
Figura 26: Cable Conector DV9 a RJ-45	33
Figura 27: RS-485 Serial Interface del Variador de Frecuencia	33
Figura 28: Conector DV9	34
Figura 29: Montaje del Cable con conectores RJ-45 a DV9	34
Figura 30: Controlador de Temperatura DTA4848R0	35
Figura 31: Parte posterior del Controlador de Temperatura	38
Figura 32: Cable DV9 con Terminales tipo U	38
Figura 33: Montaje del Cable DV9 a terminales tipo U	39
Figura 34: Módulo de Comunicación CM1241	40
Figura 35: Protocolo Modbus	41
Figura 36: Diagrama Inicialización del sistema alterno	44
Figura 37: Diagrama - Proceso de Tanques de Sedimentación	44
Figura 38: Diagrama -Proceso de centrifugado	45
Figura 39: Diagrama - Proceso Tanques Diarios	45
Figura 40: Diagrama - Proceso Cuarto de Bombas	46
Figura 41: Diagrama - Encendido de Bunker	46
Figura 42: Esquemas de Contactos (KOP)	47
Figura 43: Diagrama de Funciones (FUP)	47

Figura 44: Diagrama de Escalera	48
Figura 45: PLC (Master - Esclavo)	49
Figura 46: PLC Master o Principal	49
Figura 47: Segmento Inicio del Sistema	49
Figura 48: Segmento Almacenamiento de Combustible	50
Figura 49: Segmento de Activación del Centrifugador	50
Figura 50: Segmento Bloques para control de Temperatura	51
Figura 51: Segmento Control del Variador	51
Figura 52: Segmento Comparador de Datos de Temperatura	52
Figura 53: Segmento Ingreso de Datos Analógicos	52
Figura 54: Segmento Cuarto de Bomba	53
Figura 55: Segmento Configuración de Datos del Variador	54
Figura 56: Segmento Put y Get	54
Figura 57: Segmento para Flujo de Tuberías	55
Figura 58: PLC 2 (Esclavo)	55
Figura 59: Segmento Encendido de Indicadores	56
Figura 60: Segmento Configuración de datos de presión	56
Figura 61: Proceso final PLC1	57
Figura 62: Proceso final PLC2	57
Figura 63: Prueba 1	59
Figura 64: Prueba 2	62
Figura 65: Prueba 3	65
Figura 66: Prueba 4	67
Figura 67: Prueba 5	69
Figura 68: Prueba 6	72
Figura 69: Gastos Mantenimiento Planta Che Guevara	80
Figura 70: Grafico Estadístico de Gastos entre sistemas	81
Figura 71: Grafico Estadístico de Tiempos de Mantenimiento	81

## ÍNDICE DE TABLAS

ITEM. DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Tabla 1: Capacidad de almacenamiento de los tanques de combustible en m <sup>3</sup>	21
Tabla 2: Características técnicas de Bombas de Combustible	22
Tabla 3: Características técnicas del motor de combustión interna	24
Tabla 4: Símbolos del Lenguaje Ladder	26
Tabla 4: Características técnicas del Variador de Frecuencia	30
Tabla 5: Parámetros a utilizar en el presente proyecto	32
Tabla 6: Pines principales para la transmisión y recepción de datos en el RJ-45	33
Tabla 7: Pines Principales para la Transmisión y Recepción de datos en DV9	34
Tabla 8: Identificación de pines importantes del Cable con Conectores RJ-45 a DV9	34
Tabla 9: Registros Internos del Variador de Frecuencia	35
Tabla 10: Características técnicas del control de temperatura	36
Tabla 11: Parámetros de Configuración Manual	37
Tabla 12: Identificación de Pines Importantes para la Transmisión y Recepción de datos en el control de Temperatura	38
Tabla 13: Pines Importantes para la Comunicación	39
Tabla 14: Registros a Utilizar para Lectura y Escritura	40
Tabla 15: Datos técnicos CM 1241 RS-422 / RS-485	41
Tabla 16: Tramas del protocolo MODBUS RTU	42
Tabla 17: Propiedades de MODBUS RTU	43
Tabla 18: Resultados de Prueba 1	60
Tabla 19: Resultados de Prueba 2	63
Tabla 20: Resultados de la Prueba 3	65
Tabla 21: Resultados de Prueba 4	68
Tabla 22: Resultados de Prueba 5	70
Tabla 23: Resultados de Prueba 6	73
Tabla 24: Hardware para el desarrollo	75
Tabla 25: Hardware para la implementación	76
Tabla 26: Total en Desarrollo del Sistema	77
Tabla 27: Total Hardware en Implementación	78
Tabla 28: Costo Total para el Sistema	79
Tabla 29: Mantenimientos recomendadas por el fabricante	79
Tabla 30: Caso de Mantenimiento Planta Che Guevara	80
Tabla 31: Especificaciones de tipo de combustible utilizado motores Hyundai	82

## LISTA DE ANEXOS

<b>N.-</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Características de las válvulas solenoides y de las bombas de HFO
2	Especificaciones Fuel Oil

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad una gran parte de las industrias poseen algún grado de automatización con el objetivo principal de manipular sus plantas a su capacidad máxima con el mínimo personal sobretodo operando dentro de límites establecidos. El desarrollo de este proyecto de titulación es el diseño de un sistema de control y monitoreo del proceso de alimentación de combustible para un generador de energía eléctrica marca Hyundai, modelo 9h21/32, el mismo que se ha basado en el análisis del funcionamiento de dicho generador en la Central Térmica Santa Elena, ubicado en el Cantón Santa Elena.

Este trabajo de titulación está dividido en dos capítulos, en el capítulo I se tratan temas como la identificación del proyecto el cual es la generación de energía eléctrica en el ámbito local mediante el uso de termoeléctricas, el proceso de automatización determinando temperatura ideales, viscosidad y presión del combustible para el óptimo funcionamiento, la estructuración de objetivos y la debida justificación.

El capítulo II incluye temas como: marco contextual, marco conceptual y el marco teórico en los cuales se describen conceptos que intervienen en la solución del sistema de control y monitoreo del proceso de alimentación de combustible para un generador, además se observa investigaciones de trabajos previos y los diferentes fundamentos teóricos del proyecto. En la sección del desarrollo de la propuesta se especifican los diferentes componentes físicos y lógicos que se utilizan para el proceso del sistema de control de alimentación de combustible para el generador de energía. En el diseño de la propuesta se aprecian los funcionamientos físicos y lógicos del sistema a implementar, se presentan los esquemas, diagramas y las diferentes secciones de programación para la ejecución del mismo, además se diseñó pantallas de supervisión y se realizó pruebas para verificar la eficiencia del sistema de control de alimentación de combustible.

Al finalizar se realizó un estudio de factibilidad técnica, financiera y operaria, que determina y demuestra que el proyecto es viable.

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTACIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad las empresas deben desenvolverse en un medio competitivo y actualizado para la cual se requiere tener sistemas confiables y seguros en su parte tecnológica y técnica que nos dará una información precisa y confiable de los sistemas de tipo interno y externo.

Desde hace algunos años, las industrias han progresado en el campo de la automatización industrial implementando redes de comunicaciones que permitan el control y monitoreo de los diversos procesos de producción.

La generación de electricidad por parte de centrales térmicas, es un recurso muy utilizado en países en vías de desarrollo, a pesar que producen contaminación al ambiente, estas plantas operan y es primordial la automatización y supervisión de operación, pues a medida que las tecnologías se desarrolla, existen soluciones para mejorar procesos en las plantas de generación de energía.

La generación de energía térmica convencional comprende utilizar carbón pulverizado, ciclo combinado etc., Estos procedimientos requieren una comunicación continua para mantenerse en operación eficaz. Es fundamental complementar los procesos de operación automatizada de una planta o central térmica con un buen sistema de control.

En los diferentes proyectos de controles industriales se ha notado el interés por realizar pruebas en lo referente a control industrial computarizado logrando desarrollar sistemas básicos.

Con el desarrollo tecnológico y el crecimiento de las industrias, muchas empresas han visto la necesidad de mejorar sus actividades y procesos para poder satisfacer las necesidades de los operarios.



La aparición de Ethernet industrial en la planta de energía de hoy mejora las comunicaciones en tiempo real, y así el flujo continuo de información a través de una red industrial. Las redes Ethernet industriales son también una parte integral de los sistemas de control en tiempo real para las plantas de energía. Los principales fabricantes PLC (Controladores Lógicos Programables) manejan comunicaciones Ethernet de apoyo en otros dispositivos (esclavos) y que hacen posible la creación de redes Industrial Ethernet y protocolos basados en Ethernet (como Ethernet/IP, Profinet, Modbus TCP).

Los sistemas de comunicaciones modernos son diseñados para realizar todas las tareas de automatización de la planta de energía, incluyendo:

- Control de la Bombas.
- Control de motores generadores

Con el pasar del tiempo, en el Ecuador las industrias han ido creciendo y, utilizando los beneficios que la tecnología les puede brindar. Muchas industrias se han ido automatizando, los procesos son controlados por máquinas, que a su vez deben estar comunicadas entre sí, formando redes industriales que buscan mantener históricamente información de todos los procesos, además que la información esté en tiempo real y, que sirva para la toma de decisiones con el fin de mejorar la calidad de los procesos.

La tarea principal es reemplazar los sistemas de control centralizados por redes para control distribuido con la finalidad de mejorar sus procesos o la calidad del producto, reducir costes y mejorar la eficiencia. Para ello se basa en que la información que envían y/o reciben los dispositivos de campo es digital, lo que resulta mucho más preciso que si se recurre a métodos analógicos. Además, cada dispositivo de campo es un dispositivo inteligente y puede llevar a cabo funciones propias de control, mantenimiento y diagnóstico. De esta forma, cada nodo de la red puede informar en caso de fallo del dispositivo asociado, y en general sobre cualquier anomalía asociada al dispositivo, esta monitorización permite aumentar la eficiencia del sistema y reducir la cantidad de horas de mantenimiento necesarias.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo del sector eléctrico es elemental para el desenvolvimiento de las actividades productivas del Ecuador, motivo por el cual se cuenta con centrales generadoras de energía eléctrica, en nuestro país las más usadas son las centrales hidroeléctricas y las termoeléctricas.

Dentro de una Central Termoeléctrica los operadores son los principales responsables de identificar, de monitorear y atender los problemas que eventualmente se presentan en los procesos de generación eléctrica. De presentarse fallas y no ser atendidas a tiempo, se presentarán degradaciones en los equipos principalmente en los generadores, generalmente estas fallas ocurren por el mal procedimiento en la alimentación alterna de combustible, presentándose problemas como: el paso de combustible con impurezas, fallas relacionadas con el control de temperatura, problemas relacionados con el control de presión en las tuberías y fallas relacionadas con el control de viscosidad.

Es por esta razón que además del conocimiento del operador se quiere de un sistema de supervisión y control adecuado que permita la toma de decisiones rápidas y acertadas para la correcta alimentación de los generadores, por esta situación surge la propuesta tecnológica de implementar un sistema de control de los procesos de alimentación de combustible para generadores, una de las herramientas para la supervisión son las pantallas HMI (interfaz hombre maquina), en donde se identifican claramente las etapas del proceso de alimentación de combustible del generador, las cuales son: control de electroválvulas de los tanques de almacenamiento y en los tanques de sedimentación de combustible, encendido del motor de transferencia y purificación del combustible por medio del control de temperatura, control de las electroválvulas de los tanques de servicio, distribución de presión hacia el motor por medio del variador de frecuencia en el sistema de bombas, control de electroválvulas en el control de viscosidad, cierre de electroválvula del sistema tradicional y activación de electroválvula del sistema alterno con el combustible en óptimas condiciones para los generadores, para la

implementación del HMI es necesario además la instalación y programación de otros equipos tal como lo son, sensores, actuadores, PLC etc. Todas estas herramientas en conjunto llevan a la automatización del proceso mencionado.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Controlar y monitorear el proceso de alimentación de combustible para un generador Hyundai, basado al protocolo de control Ethernet y comunicación RS485.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar el sistema de control de adquisición de datos, para controlar y monitorear el proceso de alimentación de combustible para un generador de energía.
- Diseñar una interfaz HMI que permita una sencilla supervisión para el operario.
- Desarrollar de la programación del PLC para el control de todos los procesos durante la simulación.
- Realizar pruebas del sistema, simulando los diversos procesos para la alimentación del generador de energía.

### **1.4 RESULTADOS ESPERADOS**

Al concluir el desarrollo de la propuesta se espera lograr los siguientes resultados:

- Supervisión y monitoreo de forma gráfica las diferentes etapas a realizarse en el proceso del tratado del combustible y la manipulación de los parámetros de temperatura y presión.

- Programación lógica que permita la obtención de rápidas respuestas en cada una de las etapas del proceso.
- Obtención del control idóneo para mediciones de temperaturas, evitando el paso del combustible con impurezas y a su vez automatizar los motores de purificación.
- Mejoramiento del sistema de distribución del combustible, controlando de forma automática el sistema auxiliar de bombas, corrigiendo y enviando presión apropiada a los generadores.
- El Control y la mejora de las propiedades de viscosidad del combustible, además de automatizar el control de las electroválvulas del sistema tradicional y del sistema alterno para el apropiado proceso de alimentación de combustible del generador.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad, la tecnología se encuentra en constante cambios, lo que permite que las industrias simplifiquen estructuras, consiguiendo encadenar operaciones mecánicas, informáticas y eléctricas.

El principal proceso de la Centrales Térmicas Santa Elena es la activación del sistema alterno y la transportación del combustible en óptimas condiciones para alimentar los generadores, en consecuencia el problema identificado en este tipo de centrales es la salida de exceso de gases tóxicos a la atmosfera, además fallas relacionadas con el control de temperatura y la mala distribución de combustible al generador, por consiguiente se exige que exista una mejor supervisión y control de su proceso de alimentación, supervisando el control del calentamiento del combustible en caso de ser necesario para activar los motores de centrifugación evitando el paso de combustible con impurezas, optimizando la distribución de la presión en las tuberías activando el sistema de bombas auxiliares, controlando y mejorando la viscosidad del combustible para el paso óptimo hacia los generadores, por ende el desarrollo de esta propuesta está enfocada en realizar la automatización

de un sistema que controle las diferentes etapas del proceso de alimentación de combustible, monitoreando, controlando presión y temperaturas idóneas que permitan al combustible llegue en óptimas condiciones al generador.

Esta propuesta tecnológica presentada cumple con las características necesarias para realizar el proceso de alimentación alterna de combustible de forma eficiente, teniendo en cuenta que durante el desarrollo de esta propuesta solo se simulará este subproceso y se implementará parcialmente los elementos de control y monitoreo.

## **1.6 METODOLOGÍA**

La siguiente propuesta estará sustentada en las siguientes metodologías:

### **INVESTIGACION EXPLORATORIA**

Esta investigación se basa en opiniones de técnicos especializados y comportamientos de fenómenos, que ocurren dentro de los procesos de alimentación de combustible para generadores, estos resultados tienen su fundamentación en la apreciación del investigador. Los métodos utilizados son:

- Consultas bibliográficas.
- Consultas a expertos.
- Observaciones.

### **INVESTIGACIÓN APLICADA**

A partir de la recolección de datos de una investigación básica se genera este tipo de investigación la cual sirve para identificar los problemas sobre los que se intervendrá y para definir las estrategias para la solución.

A continuación se detallan las fases donde se aplicaran los métodos de investigación:

## **FASE 1**

### **Investigación preliminar.**

La meta principal de esta fase es determinar el problema e identificar la idea general de la propuesta, además se recopilarán datos necesarios para analizarlos, reconocer las necesidades, los procesos del proyecto y a su vez proponer una solución estudiando del sistema alterno de alimentación de combustible para generadores.

Dentro de esta fase se espera poder conocer totalmente los requerimientos en hardware y software para la consecución de los objetivos planteados anteriormente y de esta forma satisfacer las necesidades del usuario del sistema mediante una investigación diagnóstica y exploratoria.

## **FASE 2**

### **Diseño técnico.**

Esta fase está dirigida a la implementación de la solución a la propuesta tecnológica mediante la aplicación de los conocimientos teóricos-prácticos adquiridos durante el periodo de formación académica, el objetivo de la fase es definir los materiales y componentes tecnológicos a utilizar para la implementación de la estructura, analizar la interrelación del software y hardware, además de realizar la documentación del diseño donde se describe la estructura del prototipo y la interfaz para el monitoreo de manera gráfica en la pantalla HMI.

## **FASE 3**

### **Simulación y evaluación.**

Con la simulación se ratifica lo elaborado en las fases anteriores, se registran los resultados de las mismas para posteriormente ser evaluados y ofrecer información precisa sobre el funcionamiento y desempeño del sistema de control elaborado mediante el empleo de investigación aplicada.

## CAPITULO II

### LA PROPUESTA

#### 2.1 MARCO CONTEXTUAL

##### UBICACIÓN

Esta propuesta de mejora del sistema de control de procesos de alimentación de combustible para un generador Hyundai, se realizará para la Central Térmica Santa Elena, ubicada en el kilómetro 2 ½ vía Santa Elena–Ancón. Perteneciente a la provincia de Santa Elena.



Figura 1: Ubicación de Central Térmica Santa Elena. (Google, 2017)

Está compuesta por 53 motores HYUNDAI a 1,7 MW cada uno. Los motores de combustión interna de 4 tiempos instalados utilizan aproximadamente 130.000 Gal (ciento treinta mil galones) de Fuel Oil N° 4 diarios; combustible proporcionado por PETROECUADOR.



Figura 2: Toma aérea de la estación termoeléctrica.

La Central Térmica Santa Elena entra en operación comercial el 4 de Marzo de 2011 desde allí se encuentra a la disposición del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), la cual genera energía eléctrica para el país ininterrumpidamente.

## **CLIMA**

De acuerdo a la ubicación de la central Termoeléctrica y los datos estadísticos en información climática indican que el cantón Santa Elena cuenta con dos climas muy marcados, estos son seco y lluvioso.

Las altas precipitaciones inician en el mes de diciembre y finalizan en el mes de abril, por ende las bajas precipitaciones se presentan en los meses de junio a octubre, como estación seca (SNI, 2014).

## **TEMPERATURA**

En Santa Elena los valores de temperatura mínimos y máximos en el aire oscilan entre 16-24°C y 24-32°C, respectivamente, mientras que la temperatura promedio interanual es de 23.4°C (SNI, 2014).

## **AIRE**

Es importante indicar que el cantón Santa Elena al estar ubicada en una zona costera e influenciada por los vientos alisios tiene la ventaja de disipar la contaminación que se produce en el aire costero, este cantón actualmente cuenta con un parque industrial. (SNI, 2014).

## **AMBIENTE**

Antonio (2014) indica que es de gran importancia el cuidado y protección del medio ambiente en las empresas, así como estudiar y analizar las regulaciones vigentes y la incidencia de la actividad empresarial constantemente.

Además se revisan constantemente situaciones tales como las emisiones gaseosas, calidad de agua y suelo, así como niveles de ruido de la CTSE.



## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN**

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas, de esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales. Se entiende como proceso a aquella parte del sistema en que, a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto.

Según Rodríguez (2016) los procesos se los puede identificar como procesos continuos que se caracterizan por la salida del proceso en forma de flujo continuo de material, procesos discretos que contemplan la salida en forma de unidades y procesos batch que son aquellos en los que la salida del proceso se lleva a cabo en forma de lotes de material.

#### **Instrumentación de control**

Según RODRÍGUEZ (2016) indica que los tres elementos básicos son el llamado autómatas programables PLC, el ordenador industrial y los reguladores industriales (tanto en versión analógica como digital). Estos tres elementos comparten protagonismo y es frecuente encontrar artículos de opinión donde se comenta el futuro de la utilización de los PLC ante las continuas mejoras del control realizado mediante ordenador. Disputas aparte, cada uno de estos elementos halla su aplicación en la industria actual, y es por ello que la tendencia en los próximos años sea la de continuar utilizando estos elementos

#### **Control de procesos industriales**

Desde el análisis académico este incluye la instrumentación de control (sensores,

actuadores, etc.), la aplicación a procesos industriales (tales como, la mezcla de componentes de un reactor), la teoría del control básica de realimentación y acción PID, las distintas arquitecturas de control (central y distribuido), las estructuras de control (feedback, feedforward, cascada, etc.), y la teoría del control avanzada (control predictivo, control multivariable, etc.), teniendo en estos varios de los aspectos más relevantes (Rodríguez J. A., 2016).

### **Control por ordenador**

El ordenador aparece en el control de procesos industriales a mediados de la década de los años cincuenta en la forma de control centralizado, una arquitectura que ya no se emplea hoy en día. Desde aquel entonces el computador contaba de unas funciones que siguen estando presentes en las industrias modernas: monitorización, vigilancia, control y supervisión. El ordenador puede utilizarse por sí mismo como elemento regulador de procesos. Por otra parte, a través del puerto de comunicaciones RS-485, el computador puede conectarse físicamente al autómatas programable, al controlador digital autónomo, o al panel de control de un robot manipulador industrial y así extender las posibilidades de interacción entre estos elementos. Gracias a la implementación de las comunicaciones industriales, el computador puede formar parte de redes de ordenadores jerarquizados mediante la utilización de un bus de bajo nivel (bus As-i), un bus de campo (PROFIBUS), o una red de área local (Ethernet industrial) (Rodríguez J. A., 2016).

### **Lenguajes de programación**

Un programa es una secuencia de instrucciones, para realizar tareas específicas. El lenguaje de programación permite el ingreso de un programa de control en la memoria del PLC usando una sintaxis establecida mediante la cual se expresa operaciones matemáticas, aritméticas y lógicas entre otras. Para la programación del PLC el más usado es el LADDER, en el que se describen los procesos que serán llevados a cabo por la computadora, mediante su compilación se traducen en instrucciones secuenciales. (Sánchez & Pacheco, 2016)

## **Clasificación de interfaces operario-máquina**

Rodríguez (2016) menciona que las HMI (human-machine interfaces) son destinadas a la automatización industrial se pueden clasificar en dos grupos: de supervisión de procesos (basadas en SCADA Supervisory Control and Data Acquisition) y las de manejo y visualización a nivel de máquina (basadas en paneles). A su vez las HMI de manejo y visualización a nivel de maquina se subdividen en dos grupos: paneles móviles y estacionarios.

## **Protocolo Modbus sobre conexión Rs485 utilizado en el prototipo**

Modbus es un protocolo de comunicaciones serial basado en el modelo maestro/esclavo, tiene más de 30 años en la industria, es público y muy seguro que no requiere licencia y su implementación es relativamente fácil. El protocolo Modbus es un protocolo que usa líneas seriales, por lo que comúnmente se implementa sobre redes de comunicación RS485 sobre una red Ethernet. Mediante el software nos permite interactuar con cualquier equipo que disponga de comunicaciones con protocolo Modbus, en caso del Prototipo el gestor energético EDS hará las funciones de maestro encargado de enviar los mensajes de solicitud de información de valores de energía mientras que el analizador de redes CVM C10 será el esclavo encargado de responder al respectivo mensaje (Alejandro, 2016).

## **Profibus**

Según Sarmiento (2016) Profibus es un estándar desarrollado para dar solución a los problemas de conectividad de instrumentación de campo como: válvulas, drivers de motores etc. Con los sistemas de automatización en sus diferentes variantes tanto basado en controladores como en PCs. Está diseñado para cubrir necesidades de automatización y producción con un intercambio de datos rápidos y fiables. La tecnología desarrollada en Profibus permite su aplicación en varios de los requisitos de la industria, ya que puede ser utilizado tanto para aplicaciones en las cuales el tiempo de respuesta sea un parámetro crítico, como también en aplicaciones que requieran una extensa y compleja red de comunicación

### Característica general

Las redes Profibus fueron desarrolladas como un estándar de comunicación pensado para la industria, está basado en el Modelo OSI aunque implementa solo tres capas del mismo con el fin de facilitar la comunicación, las capas sobre las cuales se desarrolla Profibus son las capas física y de enlace en donde se comparte las principales características para los tres miembros, y la capa de aplicación que se diferencia para cada caso según los servicios que se presten (véase Figura 3).

**a. Capa Física:** En la capa física PHY (PHYsical layer, “Capa Física”) se establece las características de las señales que se transmiten y los dispositivos que se involucran para dicho envío de datos, las señales pueden ser eléctricas según la norma EIA26 RS-485, o IEC 1158-2 con seguridad intrínseca, u ópticas (Sarmiento D. J., 2016).

**b. Capa de Enlace de datos:** En la capa de enlace de datos FDL (Field Data Link Layer, “Capa de Enlace de Datos”) se establece la manera de comunicación de los dispositivos controladores entre si y también con los elementos de campo, para ello se ocupa básicamente el mecanismo de acceso llamado principal-subordinado o maestro-esclavo (Sarmiento D. J., 2016).

**c. Capa de Aplicación:** Profibus es un estándar que ha eliminado las capas de transporte, red, sesión y presentación al estar estas más enfocadas a redes de datos, más bien los servicios de Profibus son manejados por la capa de aplicación (Sarmiento D. J., 2016).

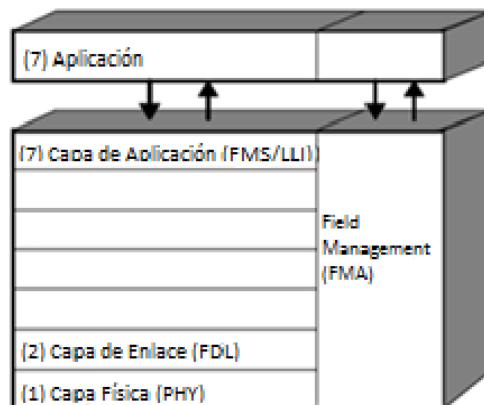


Figura 3: Capas Implementadas en Profibus

## 2.3 MARCO TEÓRICO

Dentro del marco teórico se detallan varios de los artículos estudiados por el autor del presente Trabajo de Titulación.

De acuerdo a **VON BERTALANFFY (2006)** se entiende por proceso industrial a todo desarrollo sistemático que conlleva una serie de pasos ordenados, los cuales se encuentran estrechamente relacionados entre sí y cuyo propósito es llegar a un resultado preciso, de forma general el desarrollo de un proceso conlleva una evolución en el estado del elemento sobre el que se está aplicando dicho tratamiento hasta que este desarrollo llega a su fin

Para **ÁLVAREZ, SANTIAGO (2007)** un proceso industrial está basado en el aprovechamiento eficaz de los recursos de forma tal que éstos se conviertan en materiales, herramientas y sustancias capaces de satisfacer más fácilmente las necesidades de la producción y por consecuencia mejorar la calidad del o los productos terminados dentro de una empresa.

Los procesos industriales son la consecución de la integración de acciones o integración de máquinas para realizar un trabajo determinado, optimizando los recursos industriales al máximo, para la elaboración o control de actividades.

Para **FORRESTER (2008)** los sistemas industriales se encargan de la regulación automática de operaciones y del equipo asociado, así como de la integración y coordinación de estas operaciones en un sistema de producción global.

Los sistemas industriales son un conjunto de elementos interdependientes e interactuantes; grupo de unidades combinadas que forman un todo organizado. De igual manera, se puede pensar que la organización es un sistema que consta de varias partes interactuantes. Un sistema de control se encarga de la regulación automática de operaciones del equipo asociado, así como de la integración y coordinación de estas operaciones en un sistema de producción global (Castro & García J. , 2012).

**LOZANO Ángel (2008)** manifiesta que la automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

Para **MOREJÓN Anabel (2008)** funciones que conciernen a la mejora del desempeño y la seguridad del equipo, como son:

- Monitoreo de seguridad.
- Diagnóstico de mantenimiento y reparación.
- Detección de errores y recuperación de la falla.

Los objetivos planteados para la automatización están enfocados a mejorar la velocidad de producción y calidad de los diferentes procesos industriales, al punto de que los mismos sean rentables para las empresas.

**ALPUCHE Jorge Luis (2009)** La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. La automatización es la tecnología que trata de la aplicación de sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos en bases computacionales para operar y controlar la producción a través de procesos.

Según **ARIAS FABIÁN y BRAVO ADRIÁN (2016)** Es necesario identificar correctamente las oportunidades de modernización que pueden incluir mejora en la calidad de energía, mejora en los servicios, aumento de capacidad, más funcionalidades, flexibilidad, automatización y otros servicios.

Según **TOMALÁ JEFFERSON VICENTE (2016)** La situación actual de la Central Termoeléctrica de Santa Elena ha identificado que la empresa pierde grandes cantidades de dinero por motivos que se presentarse fallas no programadas por ende se pretende implementar un sistema que consta de tecnología actual para la supervisión de estos procesos.

## 2.4 COMPONENTES DE LA PROPUESTA

### 2.4.1 FÍSICOS

#### 2.4.1.1 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

Para el almacenamiento del combustible la Central Térmica Santa Elena cuenta con dos tanques reservorios de combustible pesado, HFO (High Fuel Oil), con capacidad de 600.000 gal. (Seiscientos mil galones) cada uno, véase figura 4.



Figura 4: Tanques de Almacenamiento de Combustible

Adicional a esto cuenta con válvulas solenoides y bombas de uso específico de HFO, para el control de paso hacia el proceso de sedimentación.

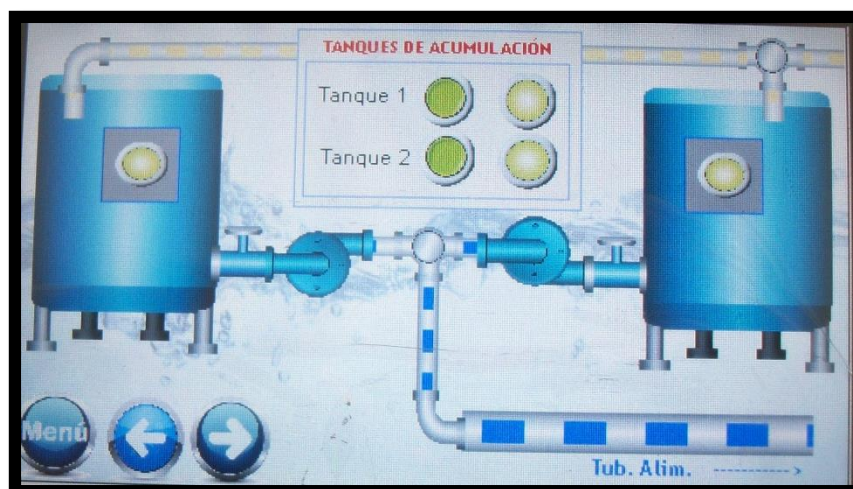


Figura 5: Tanque de Almacenamiento de Combustible - HMI  
Fuente: Francisco Santana

### 2.4.1.2 SEDIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

La sedimentación del HFO se realiza en tres tanques con capacidades de 50.000 gal. (Cincuenta mil galones) cada uno, este proceso consiste en el asentamiento por gravedad de los residuos sólidos presentes en el combustible.



Figura 6: Tanques de Sedimentación de Combustible

Dentro de este proceso también se encuentran válvula solenoides y bombas de HFO para cada uno de los tanques. Como se ilustra en la siguiente figura.

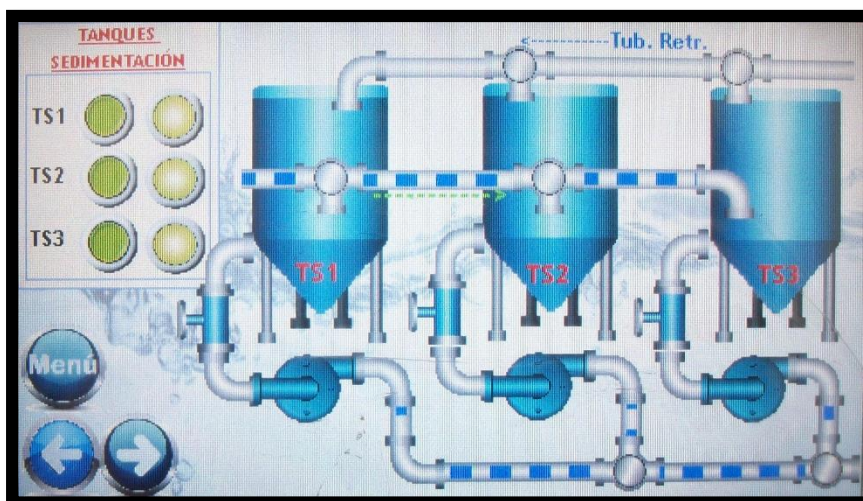


Figura 7: Tanques de Sedimentación de Combustible - HMI  
Elaborado por: Francisco Santana



### 2.4.1.3 TRANSFERENCIA Y PURIFICACIÓN DE COMBUSTIBLE

Una vez realizada la sedimentación del combustible, este es transferido a las máquinas de centrifugación donde se separará el restante de agua presente en el combustible, así como también las partículas sólidas que no pudieron ser removidas en el proceso anterior y posteriormente enviadas a los tanques de servicio por medio de una válvula solenoide y su respectiva bomba HFO como se detalla en las figuras 8 y 9.



Figura 8: Transferencias y Purificación de Combustible



Figura 9: Transferencias y Purificación de Combustible - HMI

Elaborado por: Francisco Santana

#### 2.4.1.4 TANQUES DE SUMINISTROS O DE SERVICIOS

La central térmica posee tres tanques de servicio con capacidades de 50.000 gal. (Cincuenta mil galones) donde se almacena el combustible purificado proveniente del proceso anterior.



Figura 10: Tanques Diarios o Tanques de Suministro

El combustible almacenado en estos tanques está listo para ser utilizado en los motores de combustión interna que son alimentados por medio de válvulas solenoides y bombas de HFO.

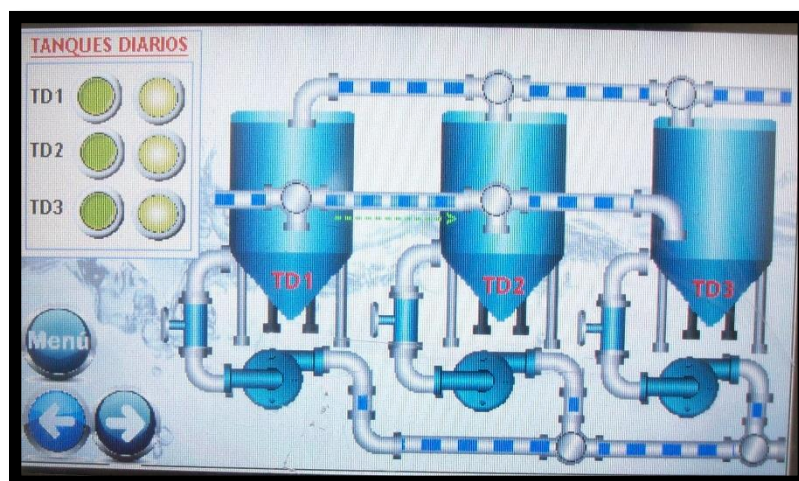


Figura 11: Tanques Diarios o Tanques de Suministro - HMI  
Elaborado por: Francisco Santana

TAG NO.	DESCRIPTION	UNIT	CAPACITY	Q'TY/SITE	TYPE	REMARK
T-101A/B-0	HFO STORAGE TANK	m3	2270	2	CYL.	BY CLIENT
T-102-0	DO STORAGE TANK	m3	160	1	CYL.	BY CLIENT
P-101A-C-0	HFO UNLOADING PUMP	m3/h, bar	40, 2,5	3	ROTARY	BY HHI
P-102A/B-0	HFO TRANSFER PUMP	m3/h, bar	40, 3,0	2	ROTARY	BY HHI
P-103A/B-0	DO UNLOADING PUMP	m3/h, bar	40, 2,5	2	ROTARY	BY HHI
E-101A/B-0	HFO STORAGE TANK SUCTION HEATER	m3/h, kW	40, 820	2	STEAM	BY CLIENT
M-101A-C-0	MASS FLOW METER	m3/h, bar	40, 2,5	3		BY CLIENT
M-102-0	MASS FLOW METER	m3/h, bar	40, 3,0	1		BY CLIENT
M-103A/B-0	MASS FLOW METER	m3/h, bar	40, 2,5	2		BY CLIENT

**Fuente:** HYUNDAI, Heavy Industries CO., Ltda. Operation & Maintenance Manual  
Volume V. January 2011.

Tabla 1: Capacidad de almacenamiento de los tanques de combustible en m<sup>3</sup>

#### 2.4.1.5 DISTRIBUCIÓN DEL COMBUSTIBLE HACIA LOS MOTORES DEL GENERADOR

Esta distribución se realiza a través de un sistema de bombas denominado transferencia hacia las bahías, que cuenta con dos bombas, una activa y otra en estado de espera a modo de emergente que entra en función dependiendo de la programación de mantenimientos, tal como se muestra a continuación.



Figura 12: Estación de Bombas de Combustible

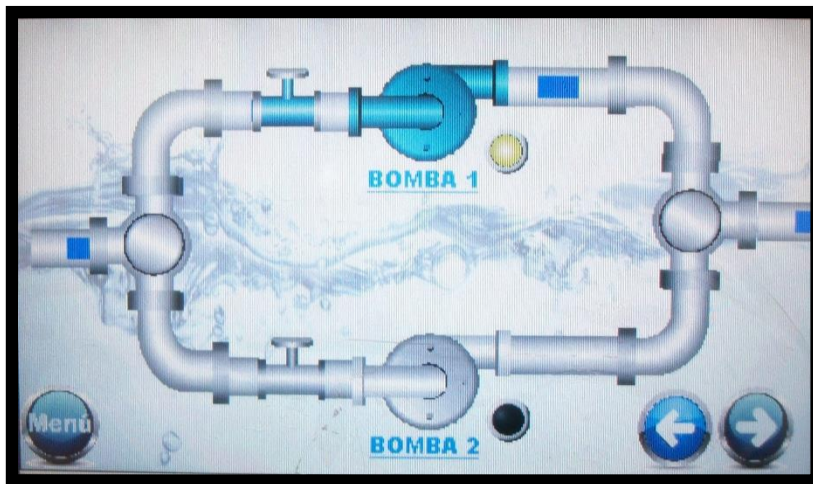


Figura 13: Estación de Bombas de Combustible - HMI  
Elaborado por: Francisco Santana

<b>Tipo:</b>	Tornillo
<b>Caudal:</b>	25 m <sup>3</sup> /h
<b>Presión:</b>	3,5 bar

Tabla 2: Características técnicas de Bombas de Combustible

Para el funcionamiento efectivo de los procesos anteriormente mencionados, se utiliza válvulas solenoides y bombas de HFO con las características mencionadas en las fichas técnicas incluidas en el presente documento, ver anexo 1.

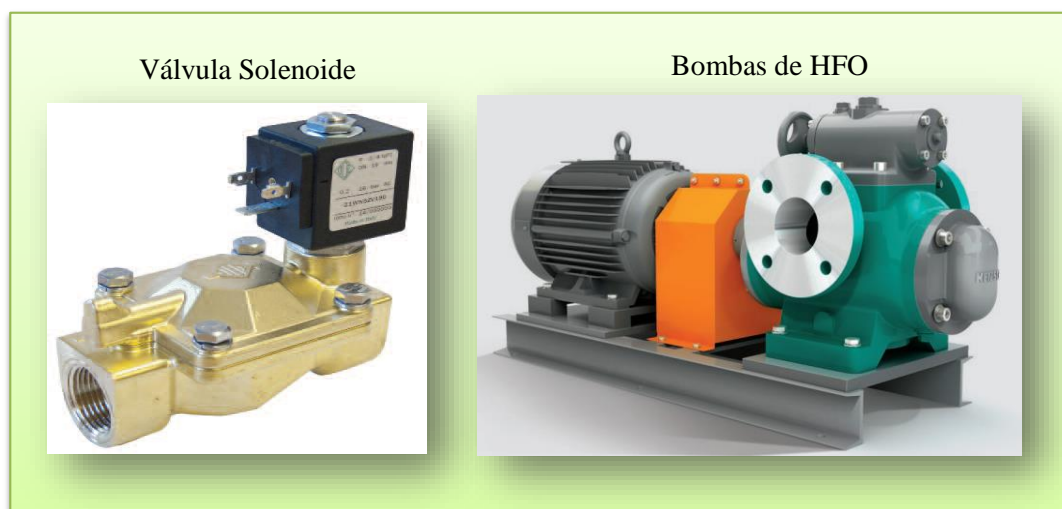


Figura 14: Válvulas Solenoides y Bombas HFO

### 2.4.1.6 GENERADORES

Al terminar el proceso anterior el combustible es enviado a las unidades de motor de diésel, la estación eléctrica cuenta con cuatro bombas generadores como se muestra en la figuras 15 y 16.



Figura 15: Generadores

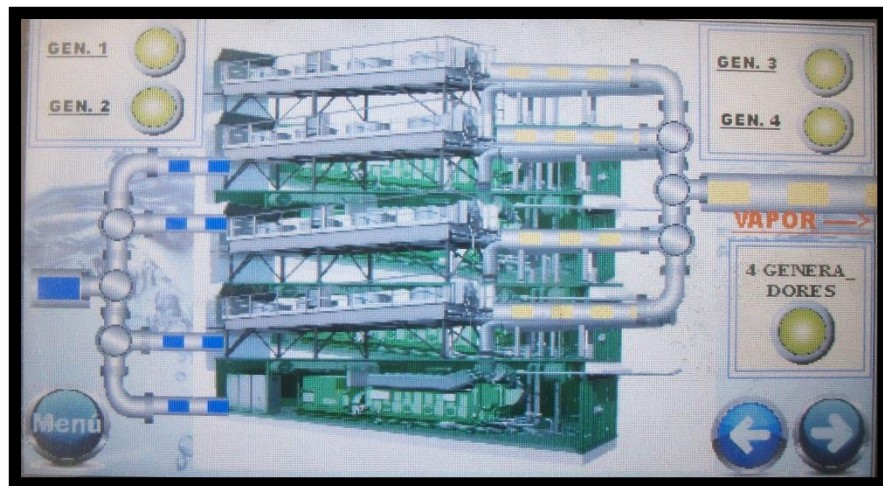


Figura 16: Generadores - HMI  
Elaborado por: Francisco Santana

<b>Marca</b>	Hyundai
<b>Tipo de Motor</b>	9H21/32
<b>Potencia:</b>	1,8 MW cada unidad
<b>Velocidad:</b>	900 rpm
<b>No. De cilindros:</b>	9
<b>Combustible:</b>	fuel oil clase 6
<b>Revoluciones</b>	900 rpm

Tabla 3: Características técnicas del motor de combustión interna

## 2.4.2 LÓGICO

### 2.4.2.1 TIA PORTAL V13

Es el software de ingeniería más conocido y utilizado en la automatización industrial en todo el mundo. La misma que ha facilitado la automatización de varios procesos industriales, optimizando tiempos de producción, aumentando la producción, disminuyendo costos con la mínima intervención del operario (Carrillo & Morales, 2015).

Cabe resaltar que el software TIA Portal V13. Es exclusivo de SIEMENS.



Figura 17: Ventana de TIA PORTAL V.13

### Características destacadas de TIA Portal versión V13.

En el mundo de la automatización, la complejidad de las tareas es variable por eso un buen software de ingeniería debe garantizar la interoperabilidad a fin de ahorrar tiempo y agilizar la flexibilidad en los proyectos (Carrillo & Morales, 2015).

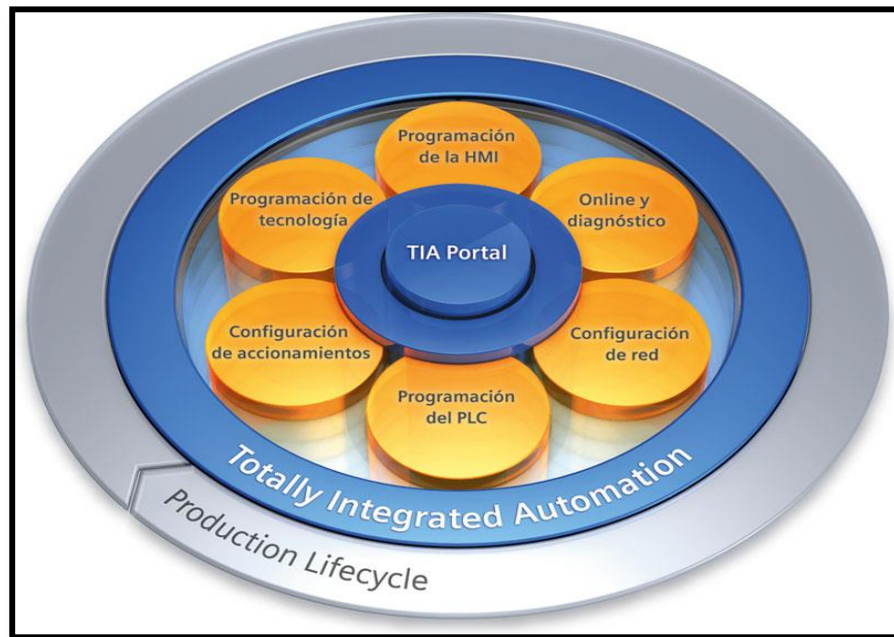


Figura 18: Características destacadas de TIA Portal versión V13

#### 2.4.2.2 LENGUAJE LADDER O DE CONTACTOS

Es conocido como lenguaje de escalera, al lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los Controladores Lógicos Programables (PLC), debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es más fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje (Cangás, 2015).

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay 1 lógico, este es un elemento de entrada.

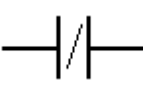


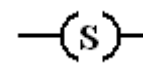
	Contacto NC	Esta se activa con la presencia de un 0 lógico, de igual manera es un elemento de entrada pero negada.
	Bobina NA	Este representa un elemento de salida y se activa cuando la combinación existente a la entrada da 1 lógico.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un 0 lógico es complemento de la bobina NA.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina set previamente activada.

Tabla 4: Símbolos del Lenguaje Ladder

Según Castro & García J. Y. (2012) Estos símbolos son los más usados en Lenguaje Ladder y de ellos derivan muchos más que fueron incorporándose a medida que los PLC fueron ampliando su gama de prestaciones. Existen también funciones especiales, temporizadores, contadores, interrupciones, subrutinas, etc.

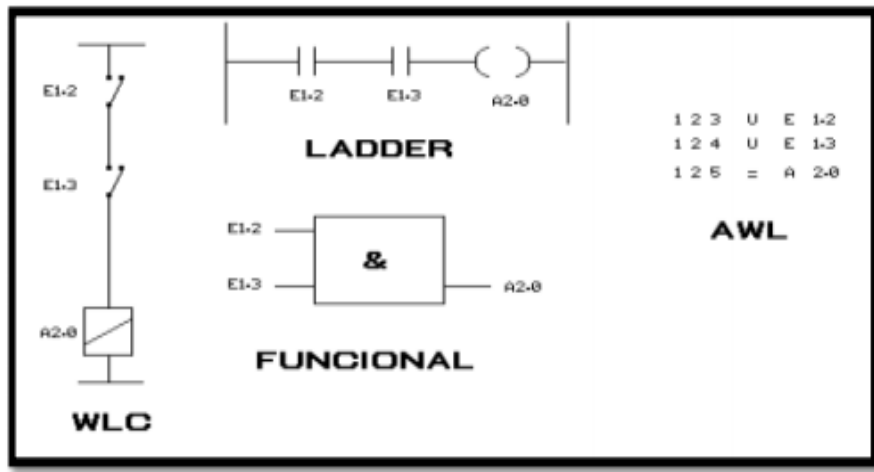


Figura 19: Simbología de lenguaje Ladder



### 2.4.2.3 SOFTWARE DOPSoft 2.00.04

Para realizar la creación de pantallas en el HMI se necesita el software DOPSoft 2.00.04 que se muestra en la Figura 20, con el cual no es necesario realizar la compra de la licencia para su uso ya que este software se lo puede obtener de manera gratuita desde el portal web de Delta Electronics.

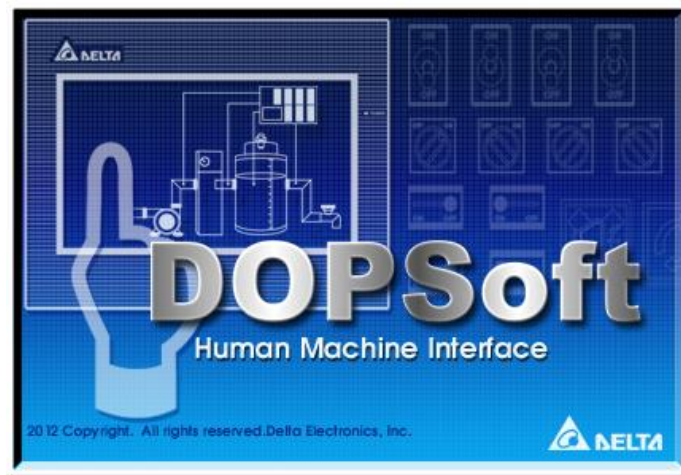


Figura 20: Página Principal De DOPSOFT

### 2.4.2.4 CADE SIMU

Para trazar un esquema eléctrico de una manera sencilla se utiliza el software CADE SIMU donde nos permite insertar de forma sencilla los distintos símbolos organizados en librerías para posteriormente ser simulado.

Esta simulación nos permite visualizar los conductores eléctricos sometidos al paso de la corriente y el estado de cada uno de ellos cuando este activado.



Figura 21: Página Principal De CADe SIMU

## 2.5 DISEÑO DE LA PROPUESTA

### PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN

Con la recopilación de la información, se procura tener una solución que visualice una repotenciación del equipo, donde se reutilizará algunos de los elementos y la renovación de otros, logrando cubrir las necesidades de la generación energética. Para cumplir los objetivos propuestos, se plantean las siguientes mejoras para el sistema:

- Diseño o estructuración de un control del sistema de forma remota y local.
- Interfaz humano – máquina para lograr el control remoto del sistema.
- Incorporar indicadores del sistema de medición de temperaturas.

#### 2.5.1 DISEÑO ELECTRICO DEL SISTEMA

Mediante un diagrama de bloques se da una representación gráfica a groso modo del funcionamiento interno de un sistema y los elementos implicados en el control y supervisión del proceso. Contempla alimentación, la etapa de potencia y la comunicación que requieren todos los elementos con el controlador central. En la figura 22, se muestra el diagrama de bloque de los elementos que formaran parte del sistema de control. (Rodríguez & Villacís, 2016)

#### DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA

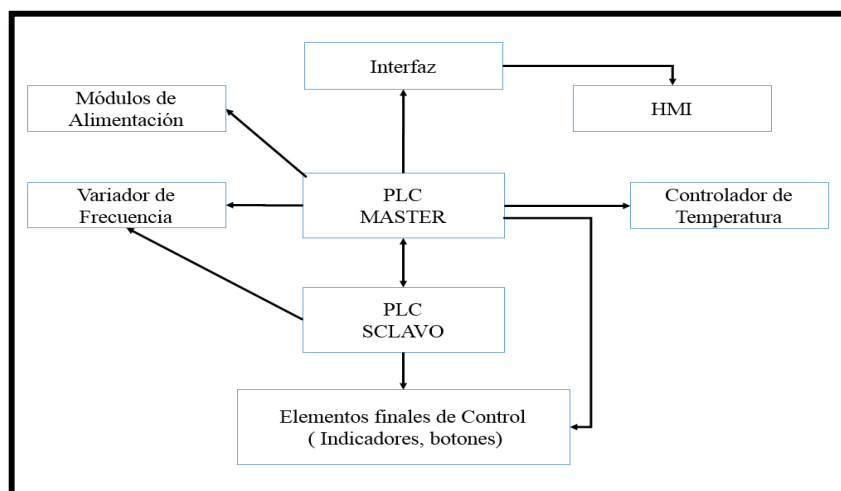


Figura 22: Diagrama de Bloque General del Sistema

## DIAGRAMA DE TOPOLOGICO DEL SISTEMA

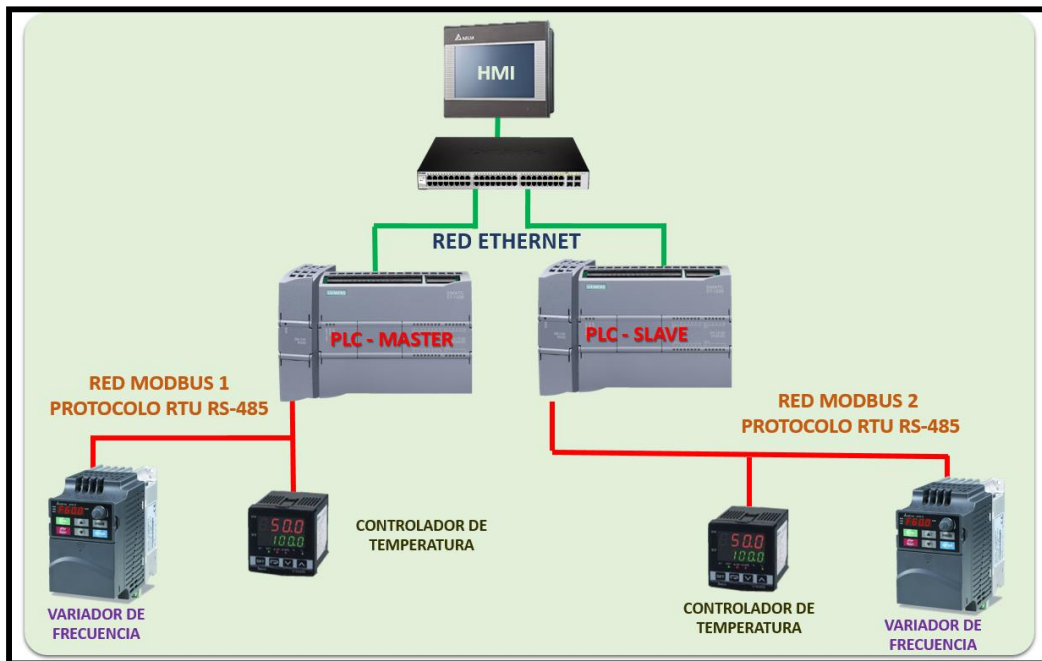


Figura 23: Diagrama Topológico del Sistema

### 2.5.1.1 VARIADOR DE FRECUENCIA DELTA VFD-EL

En la actualidad el uso de variadores de frecuencia es el método más eficaz y eficiente para la variación de velocidad aplicado a los motores asincrónicos.

El variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive). Es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC), por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

Los dispositivos son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA o inversores. Esto se da a que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia.

#### Tipos de variadores de frecuencia

Existen dos tipos de variadores par constante y par variable o cuadrático:

- **Par constante:** Se utilizan en máquinas en las que el par motor no varía con la velocidad
- **Par variable:** Se utiliza en los sistemas en los que el par motor es dependiente de la velocidad, ventiladores, bombas centrífugas, etc.

Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un convertidor de fase, un variador de velocidad). Tal como se muestra en la figura 24



Figura 24: Variador de Frecuencia VFD007EL23A

<b>Marca</b>	<b>DELTA</b>
Modelo	VFD007EL23A
Tipo de versión:	A: Standard drive
Tensión de entrada de red:	3PH 200-240V 5.1A
Salida:	3PH 0-240V 4.2A
Rango de Frecuencia	0.1 ~ 600Hz

Tabla 5: Características técnicas del Variador de Frecuencia

## CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR:

Para la configuración de los parámetros del VFD-EL se debe tener en cuenta que están divididos en 11 grupos. En la mayoría de las aplicaciones, el programador puede utilizar todas las configuraciones de los parámetros antes de comenzar y sin tener que hacer reajustes durante la operación.

Los 11 grupos son los siguientes:

Grupo 0: Parámetros del usuario

Grupo 1: Parámetros básicos

Grupo 2: Parámetros del método de operación

Grupo 3: Parámetros de la función de salida

Grupo 4: Parámetros de la función de entrada

Grupo 5: Parámetros de velocidad multietapa

Grupo 6: Parámetros de protección

Grupo 7: Parámetros del motor

Grupo 8: Parámetros especiales

Grupo 9: Parámetros de comunicación

Grupo 10: Parámetros de control del PID

A continuación se detalla los parámetros a utilizar en el presente proyecto:

<b>Parámetro</b>	<b>Explicación</b>	<b>Descripción de configuración</b>
00,02	Reinicio de parámetros	<b>9:</b> Reestablece todos los parámetros a sus valores de fábrica.
02,00	Fuente del primer comando de frecuencia maestra	<b>3:</b> Comunicación RS-485 (RJ-45)
02,01	Fuente del primer comando operacional	<b>3:</b> Comunicación RS-485 (RJ-45) STOP/RESET de teclado habilitado

09,00	Dirección de comunicación	1 a 254
09,01	Velocidad de transmisión	<b>1:</b> Tasa de baudios 9600
09,04	Protocolo de comunicación	<b>6:</b> 8,N,1 (Modbus, RTU)

Tabla 6: Parámetros a utilizar en el presente proyecto

### MEDIO DE TRANSMISION VARIADOR - PLC:

Para el medio de la comunicación y adquisición de datos entre dispositivos se utilizara cable UTP categoría 5e, debido a sus principales características son idóneas para la demostración de la simulación del proyecto, cabe recalcar que el medio perfecto para esta clase de proyecto es el cable STP categorías 6a ya que sus características los protegen del ruido eléctrico generado por los diferentes equipos industriales.

### Cable Par Trenzado Blindado (STP)

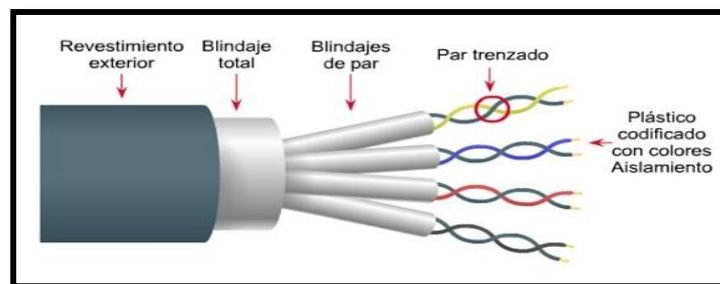


Figura 25: Cable Par Trenzado

Este cable tiene una estructura de ocho hilos de cobre que se encuentran aislados entre sí, anulando el efecto de las ondas eléctricas producido por ellos mismos al momento de transmitir

Para la instalación o conexión de transmisión y resección de datos entre los equipos *Variador de Frecuencia* y *PLC* se utiliza el cable par trenzado, teniendo en consideración que el Variador de Frecuencia tiene su puerto de comunicación RS-

485 integrada, para su conexión entre estos dos equipos se debe adaptar un conector RJ-45 de un extremo y un conector DV9 del otro. Tal como muestra la figura 26.

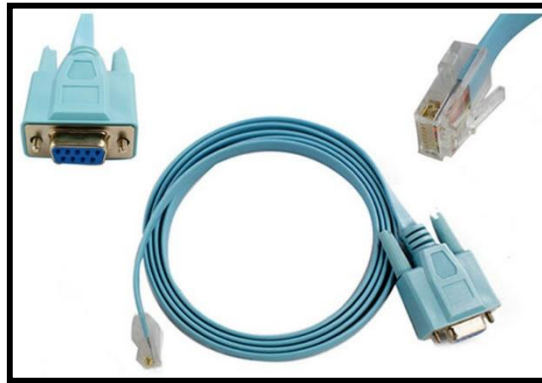


Figura 26: Cable Conector DV9 a RJ-45

La configuración interna de RS-485 serial interface del Variador de Frecuencia consta de 8 pines los cuales cada uno representa funciones específicas, tal como se ve en la figura 27. Teniendo en consideración dos principales pines para la transmisión y recepción de datos. Tal como se muestra en la tabla 7.

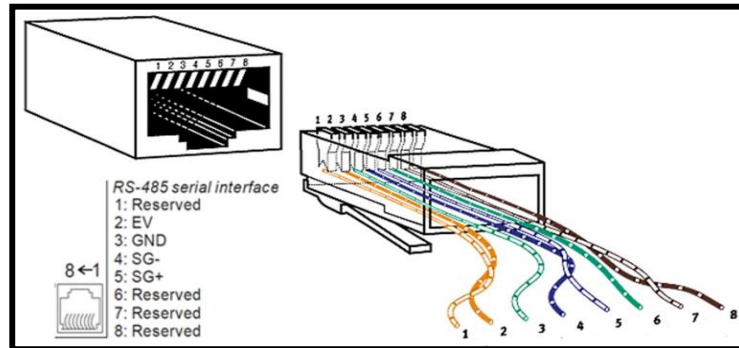


Figura 27: RS-485 Serial Interface del Variador de Frecuencia

Datos RS-485	Variador de frecuencia (RJ-45)
D+	Pines 5
D-	Pines 4

Tabla 7: Pines principales para la transmisión y recepción de datos en el RJ- 45

Del otro extremo de cable se acoplara el dispositivo DV9 que ira conectado directamente al módulo de comunicación MODBUS que está adaptado al PLC.

Del conector DV9 se tomara en consideración 2 pines principales tal como se muestra en la figura 28 y en la tabla 8.

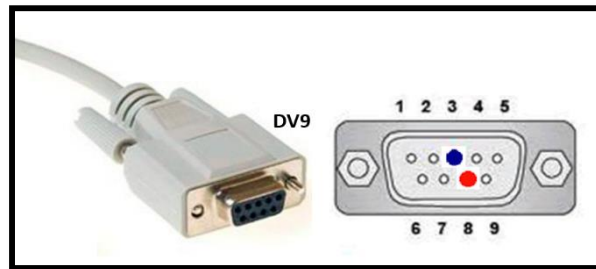


Figura 28: Conector DV9

Datos RS-485	Conector DV9
D+	Pines 8
D-	Pines 3

Tabla 8: Pines Principales para la Transmisión y Recepción de datos en DV9

Se toma en cuenta la conexión que se le realizo del cable para la comunicación al conector DV9 considerando que de un extremo ya se conectó el RJ 45 con los pines 4 y 5 correspondientes a la configuración del Variador de frecuencia, es decir, se conecta el pin 8 y 3 del dispositivo DV9 tal como lo muestra la gráfica 29.

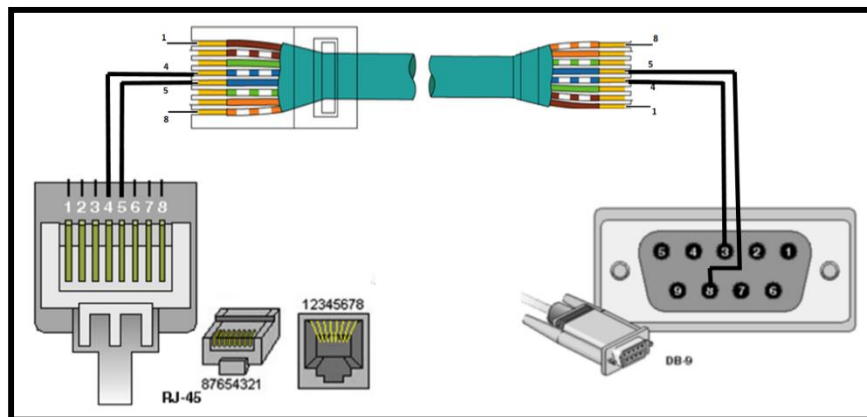


Figura 29: Montaje del Cable con conectores RJ-45 a DV9

Datos RS-485	Variador de frecuencia (RJ-45)	Conector DV9
D+	Pines 5	Pines 8
D-	Pines 4	Pines 3

Tabla 9: Identificación de pines importantes del Cable con Conectores RJ-45 a DV9



## REGISTROS PARA FUNCIONES INTERNAS DEL VARIADOR:

El Variador de Frecuencia cuenta con registros internos donde almacena información de todo los procesos que puede realizar, de los cuales se utilizará los siguientes:

Registro	Descripción	
8193- 8194	Escribe en el registro asignado del variador	Velocidad
8450-8451	Lee en el registro asignado del variador	Velocidad

Tabla 10: Registros Internos del Variador de Frecuencia

### 2.5.1.2 CONTROLADOR DE TEMPERATURA MARCA DELTA DTB4848.

Los controladores de temperatura son aquellos dispositivos que nos permite medir la temperatura de un entorno y nos da un equivalente en una señal analógica o digital. Dependiendo de las aplicaciones que se vaya a dar se los catalogan de diferentes maneras, por su precisión, área de uso y rangos en los que van a ser manejados, entre otros parámetros. (Jara, 2012)

Su uso habitual es para control preciso de temperatura en máquinas industriales, domésticas y sistemas en general. (ADAJUSA) Para efectuar el proyecto se utiliza el Controlador de Temperatura mara Delta DTB4848 tal como se muestra en la figura 30, con las siguientes características técnicas.



Figura 30: Controlador de Temperatura DTA4848R0




<b>Marca</b>	<b>DELTA</b>
Modelo	DTA4848R0
Consumo de potencia:	5 VA.
Tensión de trabajo:	100 a 240 Vac.
Métodos de control:	PID, ON/OFF, manual
Termopares	K, J, T, E, N, R, B, U, L, TXX
Dimensiones	48x48mm
Tasa de transmisión	2400 – 38400 baudios
Precisión de medida	0,1 %
Tasa de Muestreo	0,5 segundos

Tabla 11: Características técnicas del control de temperatura

Para efecto del proyecto se utilizaron dos de estos Controladores donde estarán encargados de la tomas de las medidas de temperatura constantemente. La primera tomara la temperatura en el sector del cuarto de centrifugación y el segundo Controladores se encontrara ubicado en el sector del Viscosímetro.

### **CONFIGURACIÓN DEL CONTROLADORES DE TEMPERATURA:**

Para un excelente funcionamientos de estos equipos controladores de temperatura se debe tomar en cuenta que funcionan en una red MODBUS, por ende estos equipos necesitan ser configurados con los siguientes parámetros, ver la tabla 12.

Para acceder a la configuración del controlador se debe mantener presionado el botón **||SET||** por unos tres segundos, luego aparece un menú donde se podrá configurar el controlador, para trasladarse entre los diferentes parámetros se  presiona el siguiente botón luego se   presiona los siguientes botones con estos se busca los valores adecuados según la configuración deseada para cada parámetro y para aceptar los cambios configurados se presiona **||SET||** sucesivamente con todos los parámetros y una vez terminado el proceso de configuración se presiona por última vez el botón **||SET||** para finalizar el proceso.









Parámetro	Valor	Función
	J.	Asignación del termopar que se esté utilizando.
	on/off.	Selección del modo de control.
	Rtu.	Selección de variante de MODBUS.
	1; para el reservorio inicial. 2; para el reservorio final.	Selección de la dirección para la comunicación MODBUS.
	9600.	Velocidad de transmisión de datos.
	8.	Configuración bits de datos.
	none.	Configuración del bit de paridad.
	1.	Configuración de bit de Stop.

Tabla 12: Parámetros de Configuración Manual

## MEDIO DE TRANSMISION CONTROLADOR DE TEMPERATURA – PLC

Para el medio de la comunicación entre el controlador de temperatura y el PLC se utiliza cable UTP categoría 5e, de igual manera como se hizo en la configuración para el enlace entre variador y PLC, ya que es idóneo para la simulación del proyecto. Teniendo en cuenta de la misma manera que el medio perfecto para estos proyectos es el cable STP categorías 6a.

De la misma forma que el variador de frecuencia, el controlador de temperatura para su funcionamiento, envío y recepción de datos D+ y D- este debe conectarse a una red MODBUS ya que también tiene puertos de comunicación RS-485 integrados, es decir, se debe adaptar conectores para la comunicación entre Controlador y PLC, estos puertos se encuentran en la parte posterior del equipo

controlador tal como se muestra en la figura 31.

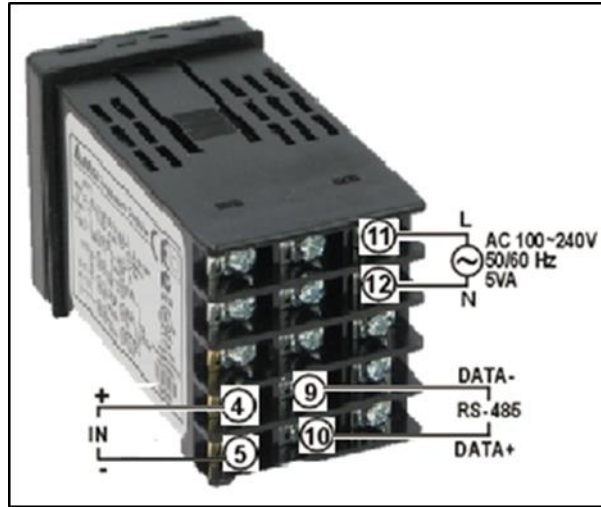


Figura 31: Parte posterior del Controlador de Temperatura

Datos RS-485	Controlador de temperatura
D+	Pin 10
D-	Pin 9

Tabla 13: Identificación de Pines Importantes para la Transmisión y Recepción de datos en el control de Temperatura

Para la transmisión y resección de datos entre los equipos *Controlador de Temperatura* y *PLC* se necesita el cable par trenzado, teniendo en consideración los pines 10 y 9 del Controlar de Temperatura, para su conexión entre estos dos equipos se debe adaptar de un extremo del cable conectores tipo U y un conector DV9 del otro extremo. Tal como muestra la figura 32.



Figura 32: Cable DV9 con Terminales tipo U

A continuación se describe como se realiza la conexión del cable figura 32, entre un controlador de temperatura y el conector DV9 considerando que de un extremo del cable se encuentran conectores tipo U que irán conectados en los pines 9 y 10 correspondientes a la configuración del Controlador de Temperatura y del otro extremo se conectará el pin 3 y 8 del conector DV9 tal como lo muestra la gráfica 33.

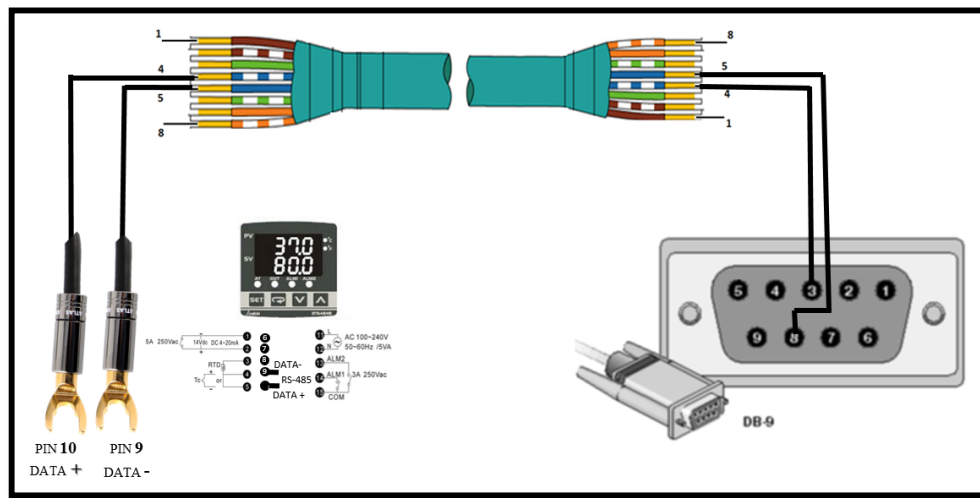


Figura 33: Montaje del Cable DV9 a terminales tipo U

Datos RS-485	CONTROLADOR DE TEMP.	Conector DV9
D-	Pines 9	Pines 8
D+	Pines 10	Pines 3

Tabla 14: Pines Importantes para la Comunicación

## REGISTROS PARA FUNCIONES INTERNAS DEL CONTROLADOR DE TEMPERATURA:

El controlador de temperatura cuenta con registros internos donde almacena datos de todos los procesos que puede realizar dicho equipo, de los cuales se utilizará los siguientes:

<b>Registro</b>	<b>Descripción</b>	
44097	<b>Registro de lectura.-</b> Almacena el valor de temperatura actual registrado por el termopar	Pv.
44098	<b>Registro de escritura.-</b> Almacena el valor de Set Point de temperatura asignado por el usuario	Sv.

Tabla 15: Registros a Utilizar para Lectura y Escritura

### 2.5.1.3 ENLACE PARA COMUNICACIÓN – MODBUS RTU

#### Módulo de comunicación CM1241

Para el enlace entre estos dispositivos se utilizara protocolo de comunicación MODBUS serial, este protocolo es un sistema abierto de red muy extendido para automatizaciones industriales, fue diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores programables (PLCs).

El equipo que se utiliza para el enlace es el módulo de comunicación CM1241 este dispositivo figura 34 es un módulo de expansión con interfaz RS-422 y RS-485.

La interfaz RS-485 es la más utilizada para realizar trabajos de redes industriales, ya que se puede comunicar con equipos que tengan el mismo puerto serial, como por ejemplo los variadores de frecuencias, entre otros.



Figura 34: Módulo de Comunicación CM1241

<b>Referencia</b>	6ES7241-1CH32-0XB0 MODUL DE COMUNIC. CM 1241, RS422/485
<b>Información general</b>	
Designación del tipo de producto	CM 1241 RS422/485
<b>Tensión de alimentación</b>	
Valor nominal (DC)	
• 24 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
<b>Intensidad de entrada</b>	
Consumo, máx.	220 mA; De bus de fondo 5 V DC
<b>Pérdidas</b>	
Pérdidas, tip.	1,1 W
<b>Interfaces</b>	
Nº de interfaces	1
Norma de interfaz, RS 232C (V.24)	
Física de la interfaz, RS 422/485 (X.27)	Sí
<b>Punto a punto</b>	
• Longitud del cable, máx.	1 000 m
<b>Drivers de protocolo integrados</b>	
— Freeport	Sí
— ASCII	Sí; disponible como función de librería
— Modbus	Sí
— RTU maestro Modbus	Sí
— RTU esclavos Modbus	Sí
— USS	Sí; disponible como función de librería

Tabla 16: Datos técnicos CM 1241 RS-422 / RS-485

Este dispositivo permite protocolos ideales que definen una estructura de mensajes que los controladores podrán reconocer y utilizar sin tener en cuenta los tipos de red que se utilicen para comunicarse.

El protocolo MODBUS es el protocolo de comunicación más común utilizado en los entornos industriales, monitorización y sistemas de telecontrol.

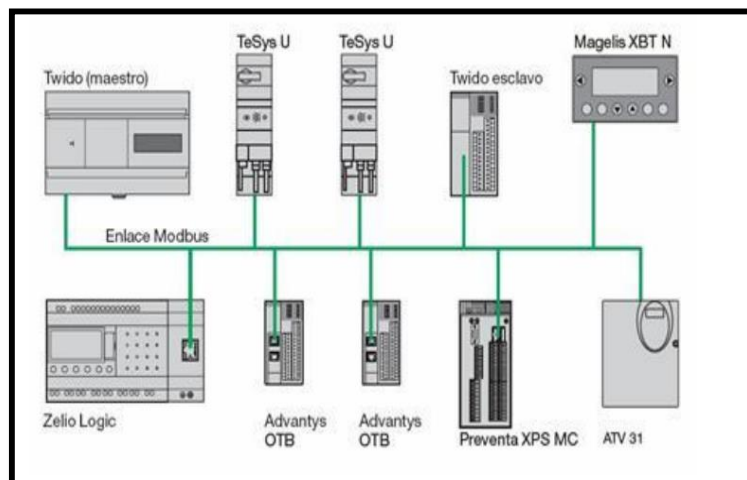


Figura 35: Protocolo Modbus

El principal objetivo principal del protocolo MODBUS es la comunicación entre diferentes dispositivos electrónicos conectados en la misma red, preestableciendo un dispositivo como maestro (MASTER) y varios equipos como esclavos (SLAVE). (Gallegos & Delgado, 2015)

### **Modos de transmisión**

Existen dos versiones principales de tipos de transmisión para definir el mensaje transmitido por la red, estos modos de transmisión son:

MODBUS RTU para la comunicación serial convencional y MODBUS/TCP, que emplea Ethernet como medio físico de transmisión.

### **Modo de transmisión MODBUS RTU**

MODBUS RTU es un protocolo abierto, serial (RS-232 o RS-485) procedente de la arquitectura (maestro/esclavo). Es un protocolo ampliamente aceptado debido a su facilidad de uso y fiabilidad.

Al configurar los controladores en un red MODBUS usando el modo RTU (Remote Terminal Unit) para su comunicación, cada byte de 8 bits en un mensaje contiene dos dígitos hexadecimales de 4 bits.

<b>Parámetros</b>	<b>Trama MODBUS RTU</b>
Arranque	T1, T2, T3, T4
Dirección	8 BITS
Función	8 BITS
Datos	N * 8 BITS
Comprobación LRC.	NO
Comprobación CRC.	16 BITS
Final	T1, T2, T3, T4

Tabla 17: Tramas del protocolo MODBUS RTU



MODBUS RTU		
Personajes	Binario 0 ... 255	
Control de errores	CRC comprobación de redundancia cíclica	
Start Frame	3,5 caracteres silencio	
Cuadro final	3,5 caracteres silencio	
Lagunas en el mensaje	1,5 veces la longitud de caracteres	
Bit de inicio	1	
Bits de datos	8	
Paridad	Par / Impar	Ninguno
Bits de parada	1	2

Tabla 18: Propiedades de MODBUS RTU

## 2.5.2 DISEÑO LOGICO DEL SISTEMA

### 2.5.2.1 DIAGRAMA DE PETRI

Gracias a los diagramas se visualizara la lectura y el control de los proceso del sistema. En los siguientes diagramas se contemplaran los diferentes sistemas de control, originados en el controlador para el funcionamiento del sistema.

A continuación se detallara en variadas graficas los diferentes procesos del sistema, teniendo en cuenta, que los diagrama de estado se representa por medio de entradas y salidas donde las salidas podrían ser 0 o 1, ejemplo (0/1) donde 0 sería la entrada y 1 la salida, los que significa si las salidas marcan en 0 se queda ciclado en el proceso mencionado, hasta que se determinate la salida en 1 para pasar el siguiente estado.

En la figura 36 se muestra el diagrama de estados del proceso de inicialización del sistema alterno para la alimentación de combustible en generadores marca Hyundai, en el mismo se visualiza que tiene salidas 1 lo que permite el paso al siguiente proceso, el cuales es a los tanques de acumulación, donde se vuelve a ser la pregunta y se encuentran 2 entradas, si se da como salida 0 permanecerá ciclado en dicho proceso caso contrario si se tiene salida 1 permitirá el paso a los tanque T1 y T2, de las misma manera nos permitirán el paso al siguiente proceso.

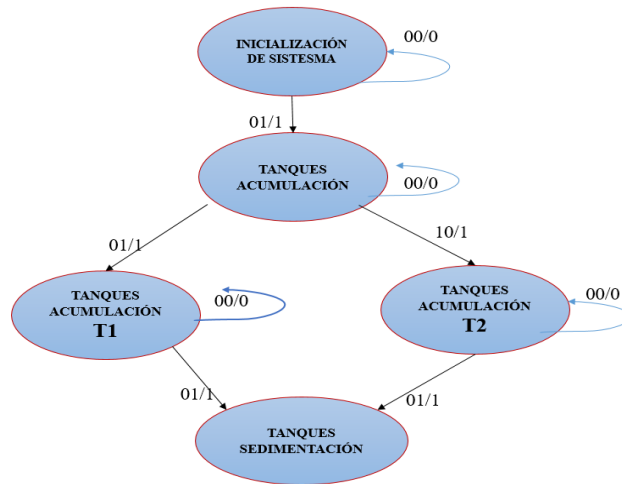


Figura 36: Diagrama Inicialización del sistema alternativo

La figura 37 muestra la lectura del siguiente proceso en el cual tal como se mostró en la gráfica anterior se visualiza el proceso en los tanques de sedimentación donde el sistema se pregunta si su salida es 0 se ciclara en ese proceso, caso contrario sus entradas son activadas se muestra 1 de salidas que permitirán la activación de los 3 tanques de sedimentación, al mismo instante una vez activos los tanques de sedimentación se dará el paso al siguiente proceso.

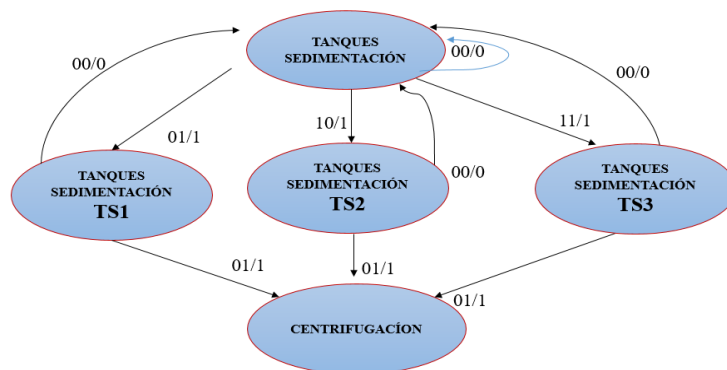


Figura 37: Diagrama - Proceso de Tanques de Sedimentación

En el siguiente diagrama se muestra el proceso de centrifugado donde le operario activara el tanque de centrifugado y se encontrara con la entrada de temperatura, donde si la temperatura no es la deseada se activa una salida que la envía al proceso

de los tanques de sedimentación, como proceso de retroalimentación, caso contrario si la temperatura si es la deseada se activa la salida que permite la activación del motor de centrifugado y que por medio de este pasa al siguiente proceso que son los Tanques diarios.

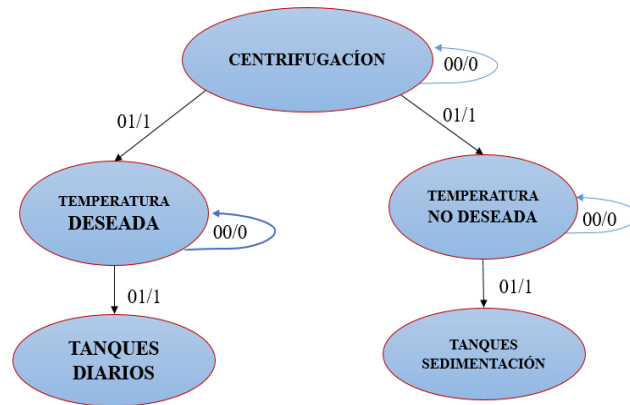


Figura 38: Diagrama -Proceso de centrifugado

La figura 39 muestra el proceso de los Tanques Diarios de la cual siguiendo la secuencia del sistema, en este proceso el operador se encuentra con la misma situación que en los tanques de sedimentación donde si sus salidas marca 1 se activan los tanque diarios, de la misma manera permiten el paso al proceso del cuarto de bomba.

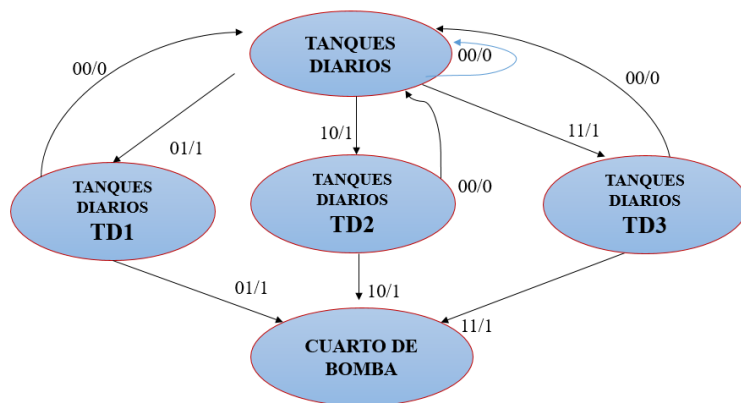


Figura 39: Diagrama - Proceso Tanques Diarios

En el siguiente diagrama se describe el proceso del cuarto de bombas donde se visualiza dos entradas las cuales son de presión, donde el sistema tomara la decisión dependido la presión que están basadas en bares, si la presión en las tubería es igual

a 7 bares se activan las válvulas y la bomba 1 dando paso al siguiente proceso, caso contrario si la presión es menor a los 7 bares se activan dos salidas permitiendo que se activen las bombas 1 y 2 dando paso al proceso de viscosidad.

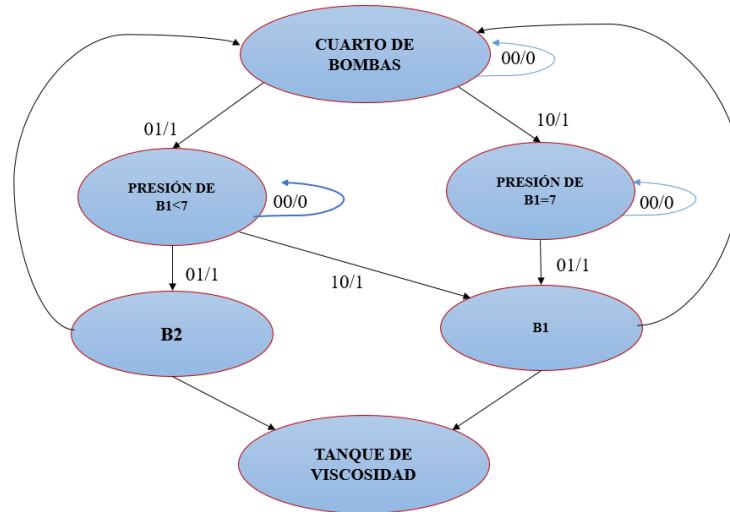


Figura 40: Diagrama - Proceso Cuarto de Bombas

La última grafica muestra el proceso de Viscosidad donde el operador supervisa si el combustible este acto para alimentar a los generadores bunker, este proceso se encuentra con dos entradas de temperatura, si la temperatura no es la deseada se activan dos entradas las cuales una es la válvula de vapor y la otra es la válvula que da paso a la alimentación del sistema tradicional, caso contrario si temperatura es la deseada automáticamente desactiva la válvula del sistema tradicional y se activa la válvula que da el paso a la alimentación y al encendido de los bunker con el sistema alterno.

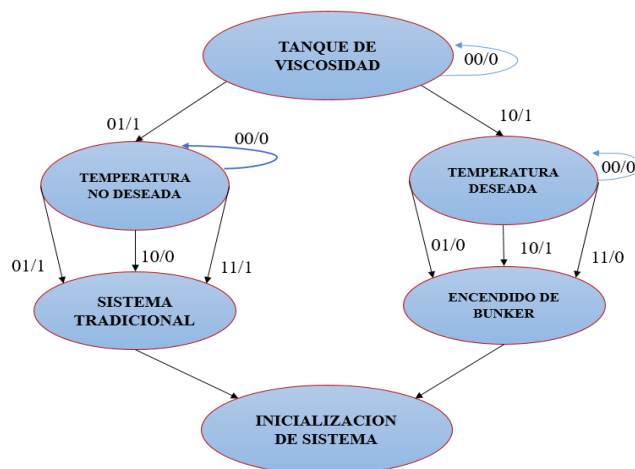


Figura 41: Diagrama - Encendido de Bunker

### 2.5.2.2 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Existen variedades de lenguajes de programación que permite el desarrollo de la programación de los PLCs, el software TIA Portal permite que los datos ingresados sean utilizados y referenciados de acuerdo al tipo de programación ya que dispone de tres lenguajes estándar dentro del S7-1200, los cuales se detalla a continuación:

- **KOP:** Programación gráfica, utiliza esquemas de contactos o lenguaje tipo escalera (ladder), basado en el uso de esquemas eléctricos clásicos.



Figura 42: Esquemas de Contactos (KOP)

- **FUP:** Programación gráfica y utiliza diagrama de funciones que se basan en la utilización de símbolos lógicos que se emplean en el álgebra booleana, las cuales representan las tareas asignadas por medios de cuadros.



Figura 43: Diagrama de Funciones (FUP)

- **SCL:** La programación es orientada a la maquina mediante lista de instrucciones de alto nivel basadas en texto, este lenguaje de control estructurado pueden combinarse con los leguajes KOP y FUP para optimizar la programación.

### DIAGRAMA DE ESCALERA

STEP 7 tiene instrucciones lógicas, la cual cada bloque como máximo puede contener hasta 999 segmentos. Los segmentos contienen contactos, temporizadores, bobinas, etc., la cual cada uno de estos segmentos cumple una función específica

dentro del programa. Ver Figura 44.

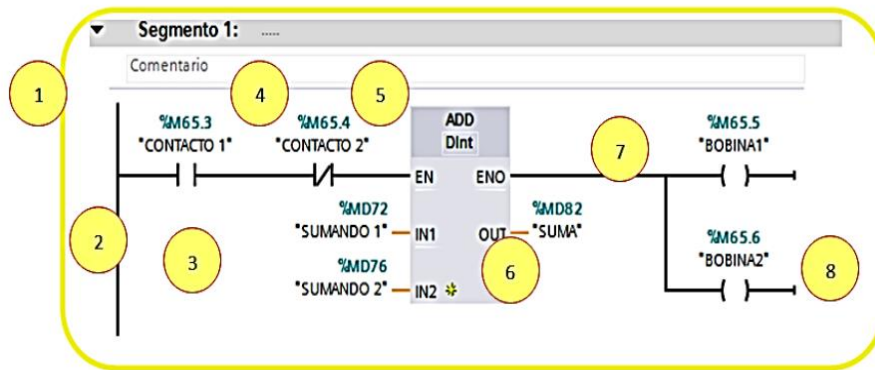


Figura 44: Diagrama de Escalera

1. **Segmento:** Lugar donde se colocan todos los elementos para la programación.
2. **Barra de alimentación:** Línea donde circula de corriente para la habilitación de los elementos.
3. **Contacto normalmente abierto (NA):** Este elemento para su activación depende del estado de la variable, es decir si su estado lógico es "1" se cierra su contacto y permite que el valor lógico de la entrada se transfiera a la salida.
4. **Comentario:** Se encuentra en la parte superior de la barra de alimentación, en ese lugar se agregan notas, detalles especificando que hace dicho segmento.
5. **Contacto normalmente cerrado (NC):** Este elemento es lo inverso del caso del NA, es decir si su estado de operación es "1", se abre su contacto y permite que su estado lógico en la salida de la instrucción sea "0".
6. **Función lógica:** Son los diagramas de funciones que auxilian a la esquematización de la programación.
7. **Circuito:** Es el fluido de corriente que pasa entre los contactos para la habilitación de la bobina.
8. **Bobina:** Estos elementos al activarse representan el bit de un operando indicado.

A continuación se muestra en diferentes figuras la programación que se utiliza para la implementación del sistema de control del proceso de alimentación de

combustible para generador marca Hyundai.

Los gráficos que se revelaran son los que se utilizaron para la programación de ya mencionado sistema, los mismo han sido divididos por segmentos para su mayor eficacia y si en caso de haber fallas detectarlos de manera rápida.

El proyecto está dividido en dos PLCs, en Master (**1 Principal**) y Esclavo (**2 Esclavo**), el cual primero se visualizara los segmentos del PLC "**1 Principal**" con su respectiva secuencia.

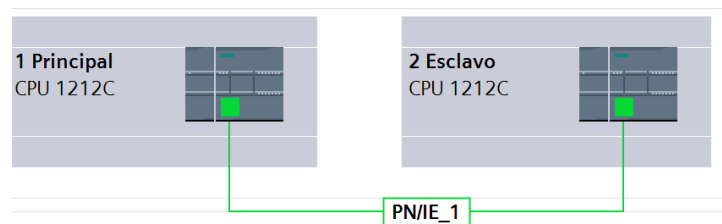


Figura 45: PLC (Master - Esclavo)

### Programación del 1 Principal CPU 1212C

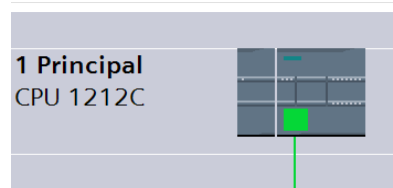


Figura 46: PLC Master o Principal

La figura 47 muestra el inicio del sistema.

- **Inicio del sistema**

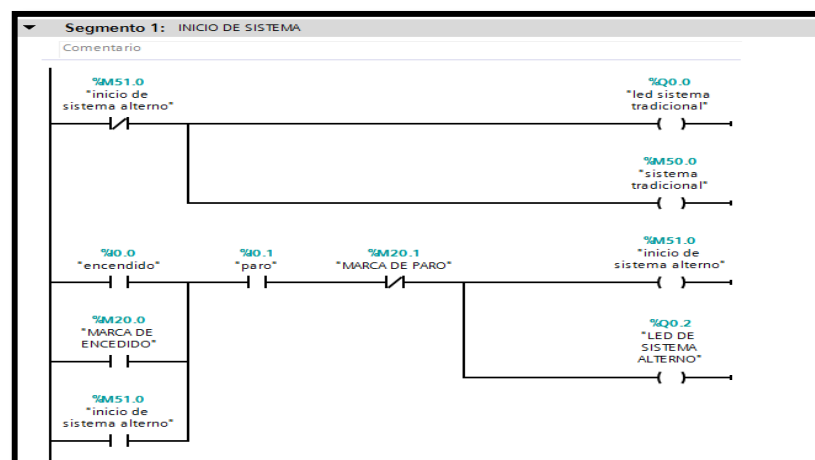


Figura 47: Segmento Inicio del Sistema

La figura 48 muestra el segmento del proceso para el almacenamiento de combustible en los denominados Tanque Negros, de la misma forma se programa los segmentos para los procesos de almacenamientos en los Tanques de Sedimentación y Tanques Diarios.

- **Almacenamiento de Combustible en Tanques Negros**

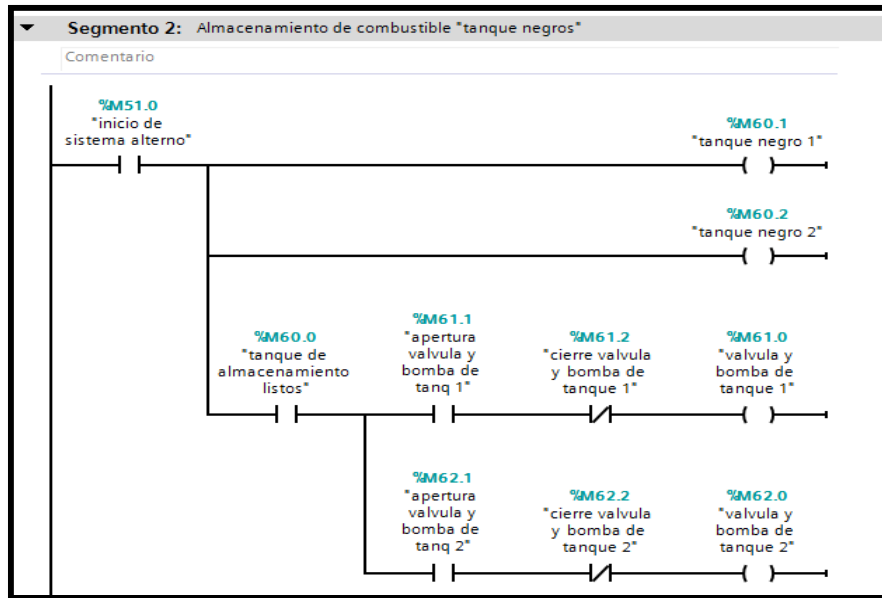


Figura 48: Segmento Almacenamiento de Combustible

La figura 49 muestra la programación para la activación del motor centrifugador.

- **Activación de Centrifugador**

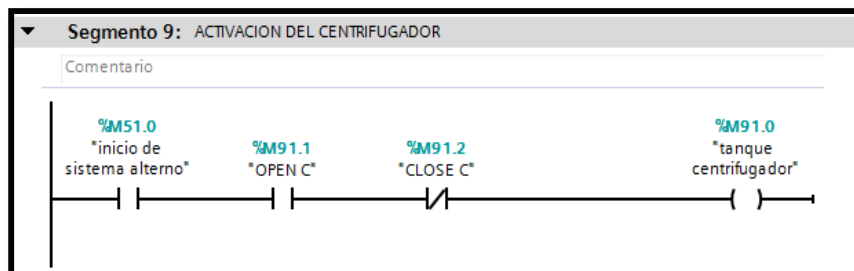


Figura 49: Segmento de Activación del Centrifugador

La figura 50 muestra el segmento donde están los bloques específicos para el control de temperatura, este proceso se acciona cuando el sistema se encuentra en la activación del centrifugador figura 49, y los mismos se utilizarán en el PLCs (2 Esclavo) donde también se utiliza la configuración para el control de temperatura



en el segmento de Viscosidad.

- **Bloque para control de Temperatura**

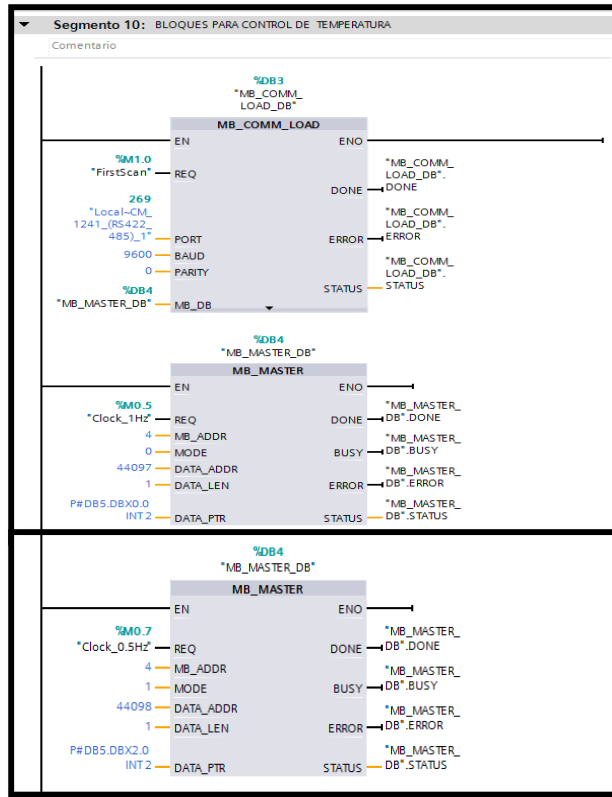


Figura 50: Segmento Bloques para control de Temperatura

En la figura 51 se visualiza el segmento donde se encuentra el bloque para el control del Variador de Frecuencia, tomando en consideración que se utiliza el mismo bloque MB\_COMM\_LOAD de la grafica anterior, caso contrario se añadie ese bloque.

- **Control del Variador de Frecuencia**

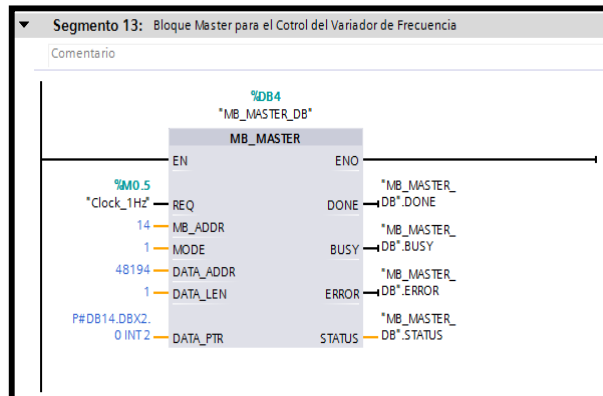


Figura 51: Segmento Control del Variador

La figura 52 muestra la compracion de temperatura que se realiza para el momento de tomar la decision y de esa forma pasar al siguiente proceso.

- **Comparador de datos de temperatura**

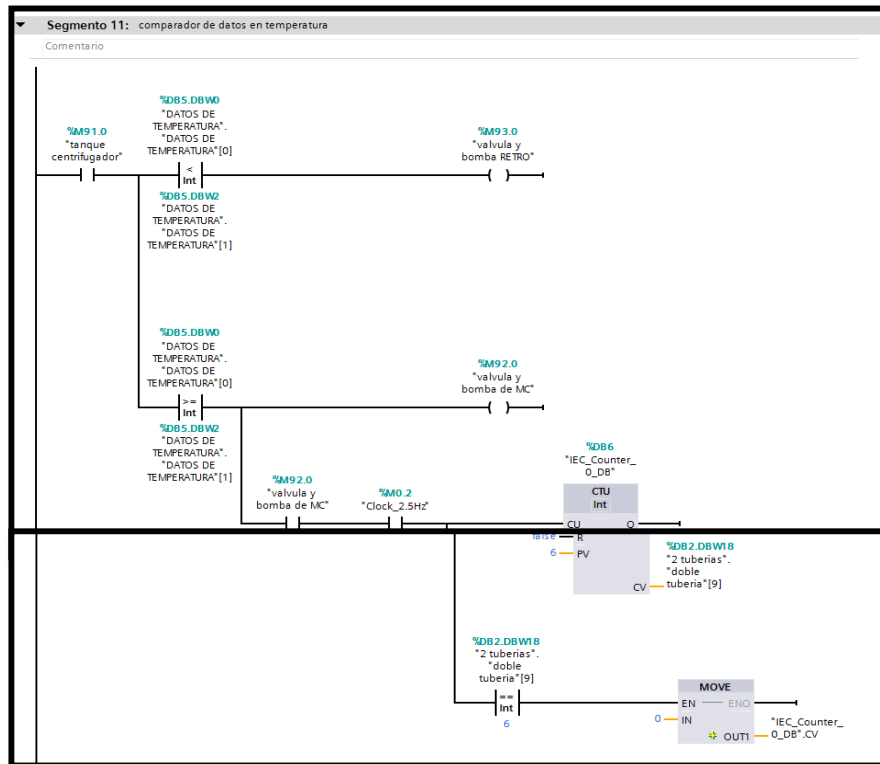


Figura 52: Segmento Comparador de Datos de Temperatura

La figura 53 muestra el bloque para la configuración de un dato analógico que sirve en el sistema como la presión que ingresa al cuarto de bomba.

- **Ingreso de Datos Analógicos**

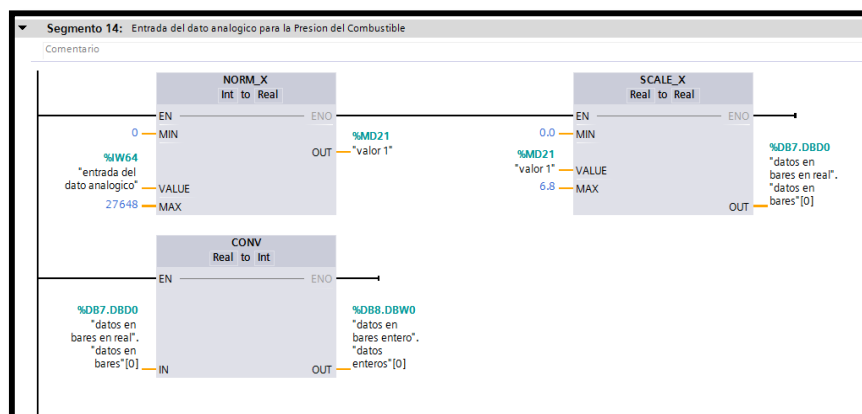


Figura 53: Segmento Ingreso de Datos Analógicos

La figura 54 muestra segmento donde se visualiza el proceso del cuarto de bombas, en se procesó se activan las entradas que dan paso al encendido de las bombas que se verán en la pantalla HMI.

- **Proceso del Cuarto de bombas**

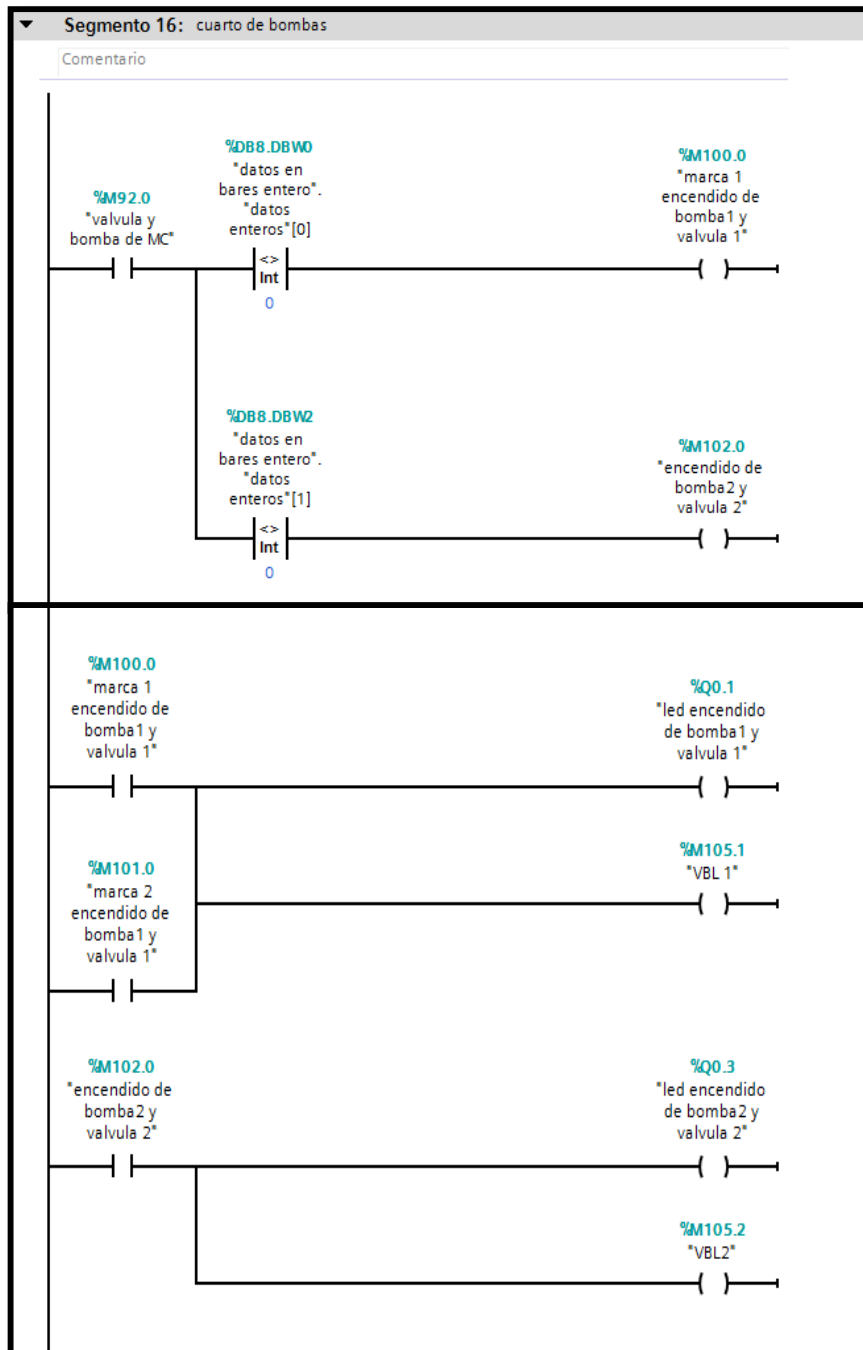


Figura 54: Segmento Cuarto de Bomba

La figura 55 contiene el segmento que muestra la programación que se realiza para la configuración de los datos que se ingresa en el Variador de Frecuencia, a su vez se visualizara en la pantalla HMI y en la pantalla del equipo

- **Configuración de datos para el Variador de Frecuencia**

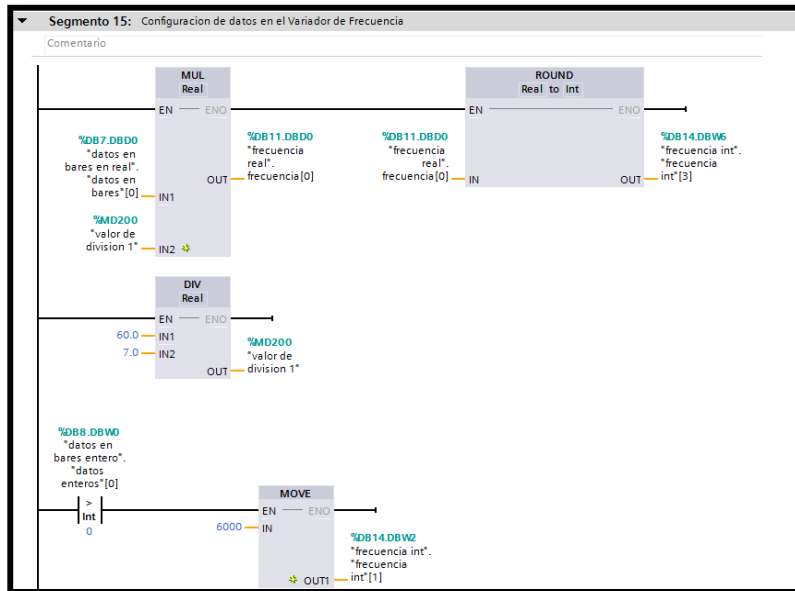


Figura 55: Segmento Configuración de Datos del Variador

Para el envío de datos de PLC a PLC se los configura con los bloques PUT y GET, el cual uno recibe y el otro envía, tal como se ve en la figura 56.

### PUT y GET

Las instrucciones "PUT" y "GET" se utilizan para la comunicación utilizando enlaces S7.

La instrucción "PUT" escribe datos en un interlocutor de comunicación remoto.

La instrucción "GET" lee datos del interlocutor de comunicación remoto.

- **Put y Get**

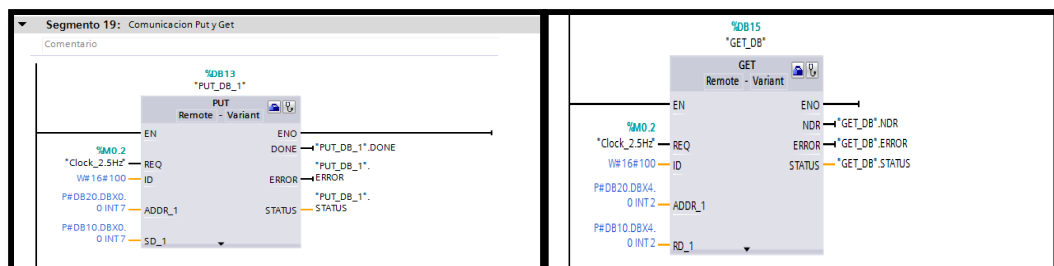


Figura 56: Segmento Put y Get

A continuación en la figura 57 muestra la programación de los flujos de combustible en las tuberías, estos efectos son visualizados en el HMI que dan un efecto más real para la supervisión y el control de la misma. Cabe recalcar que esta programación es para todas las tuberías que sistema.

- **Flujo en Tuberías**

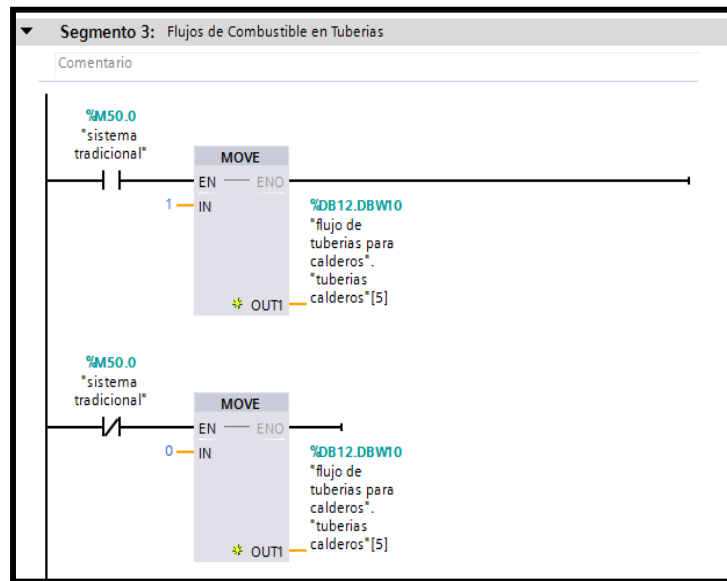


Figura 57: Segmento para Flujo de Tuberías

### Programación del 2 Esclavo CPU 1212C

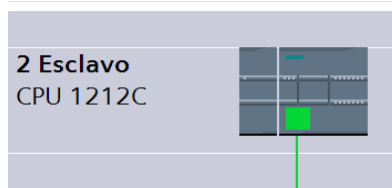


Figura 58: PLC 2 (Esclavo)

A continuación se muestra los segmentos con su respectiva programación, cabe recalcar, que ciertos segmentos contienen la misma programación que el PLC 1, por ejemplo los bloques del control de temperatura y los del control del variador de frecuencia, por ende solo se visualizaran los segmentos que no se repiten en los anteriores gráficos.

La figura 59 visualiza el envío de un dato del PLC Principal al PLC Esclavo donde se hace una comparación dando como resultado el encendido de una bobina, que a su vez encenderá una alarma tanto en la pantalla HMI como física ya sea este un indicador, esta programación se repite para todas los demás segmentos que tengan el mismo procedimiento.

- **Encendido de Indicadores**

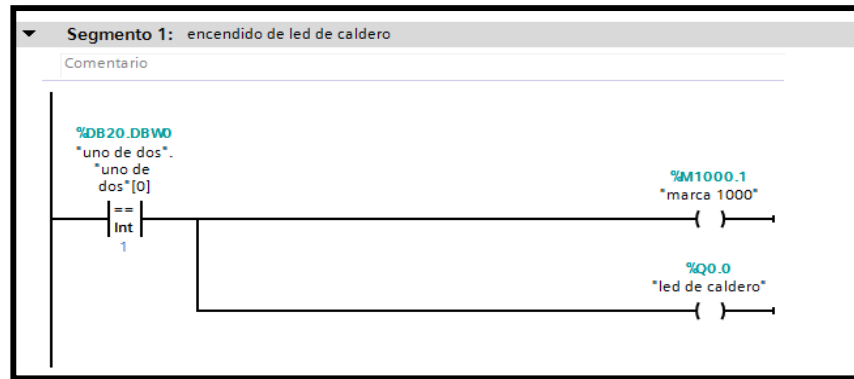


Figura 59: Segmento Encendido de Indicadores

La figura 60 visualiza el segmento donde se configuro los datos para el ingreso al variador de frecuencia.

- **Configuración para los datos de presión**

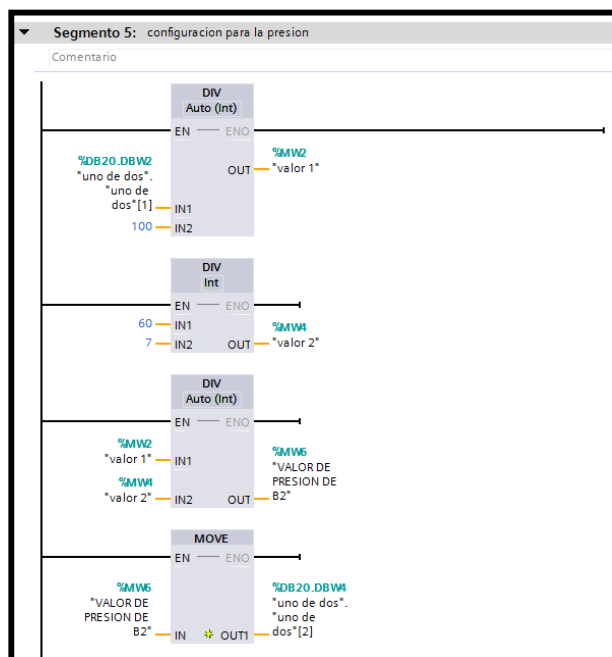


Figura 60: Segmento Configuración de datos de presión

## Proceso Final

Para el proceso final se muestran dos figuras 61 y 62 donde la primera grafica corresponde al PLC Principal en la cual se visualizara la última secuencia hasta el encendido de los Generadores Bunker, de la misma manera la segunda grafica corresponde al PLC Esclavo donde se visualiza el encendido de los generadores pero por medio de una bobina que a su vez enciende un indicador que permite al operador observar su que está funcionando en perfectas condiciones.

- **Final de Proceso**

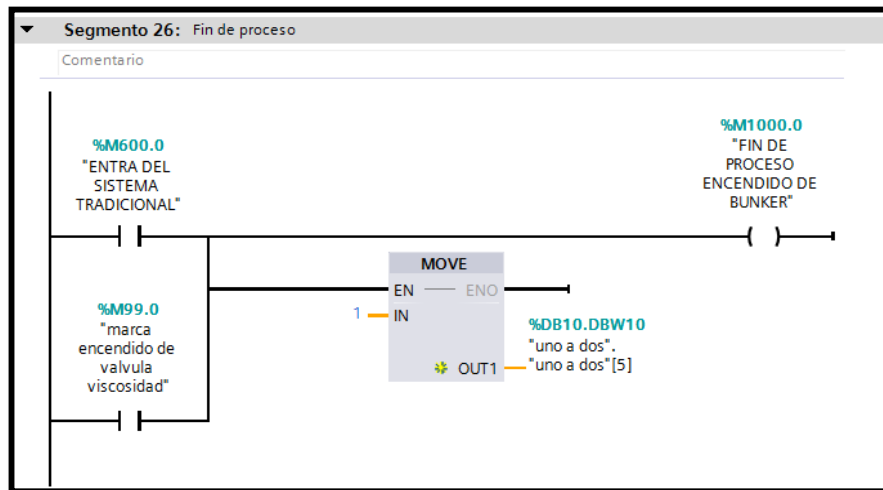


Figura 61: Proceso final PLC1

- **Encendido de Indicadores del Final del Proceso**

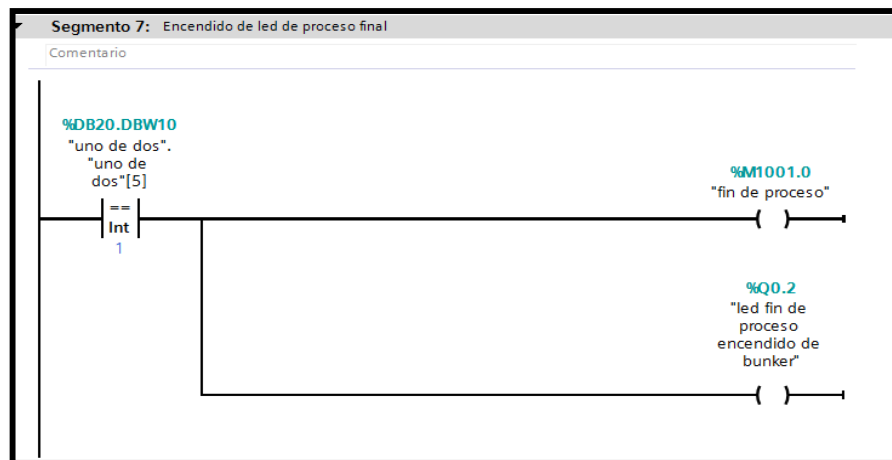


Figura 62: Proceso final PLC2

## **2.6 PRUEBAS**

En el siguiente ítem se muestra los diferentes experimentos de funcionamiento de los elementos que intervienen en el sistema, para verificar la correcta funcionalidad se sometió a una serie de pruebas con el fin de observar e identificar si existen errores en el programa, de esa manera corregirlos de manera rápida y a su vez se obtendrá conclusiones del proyecto.

### **2.6.1 ADQUISICIÓN DE DATOS DEL CONTROL DE TEMPERATURA A LAS BASES DE DATOS DEL PLC**

#### **A. Objetivo**

Enviar y recibir datos desde el control de temperatura a las bases de datos que se encuentran en el software TIA PORTAL.

#### **B. Criterio de éxito**

Se considera que la prueba de adquisición de datos es exitosa cuando la información que emite el controlador de temperatura llega sin errores a las bases de datos, utilizando las herramientas de codificación necesarias y los equipos de comunicación apropiados para el envío y recepción de datos.

#### **C. Experimentos**

Los experimentos que se realizaron para esta prueba se enfocaron principalmente en la adquisición y envío de datos entre el controlador de temperatura y el computador o en este caso con la programación que está en el PLC.

Para este experimento se realizaron algunas pruebas teniendo en cuenta que se tiene los datos de temperatura precisos en los registros del controlador físico, por ende se tomará las mismas pruebas.

Las pruebas que se realizaron fueron para verificar si la comunicación entre PLC y



controlador de temperatura, de esa manera poder manipular los datos de temperatura que son enviados gracias a la termocupla ya instalada.

La programación para este experimento se lo mostró anteriormente en la figura 51.

A continuación se muestra la figura 63.

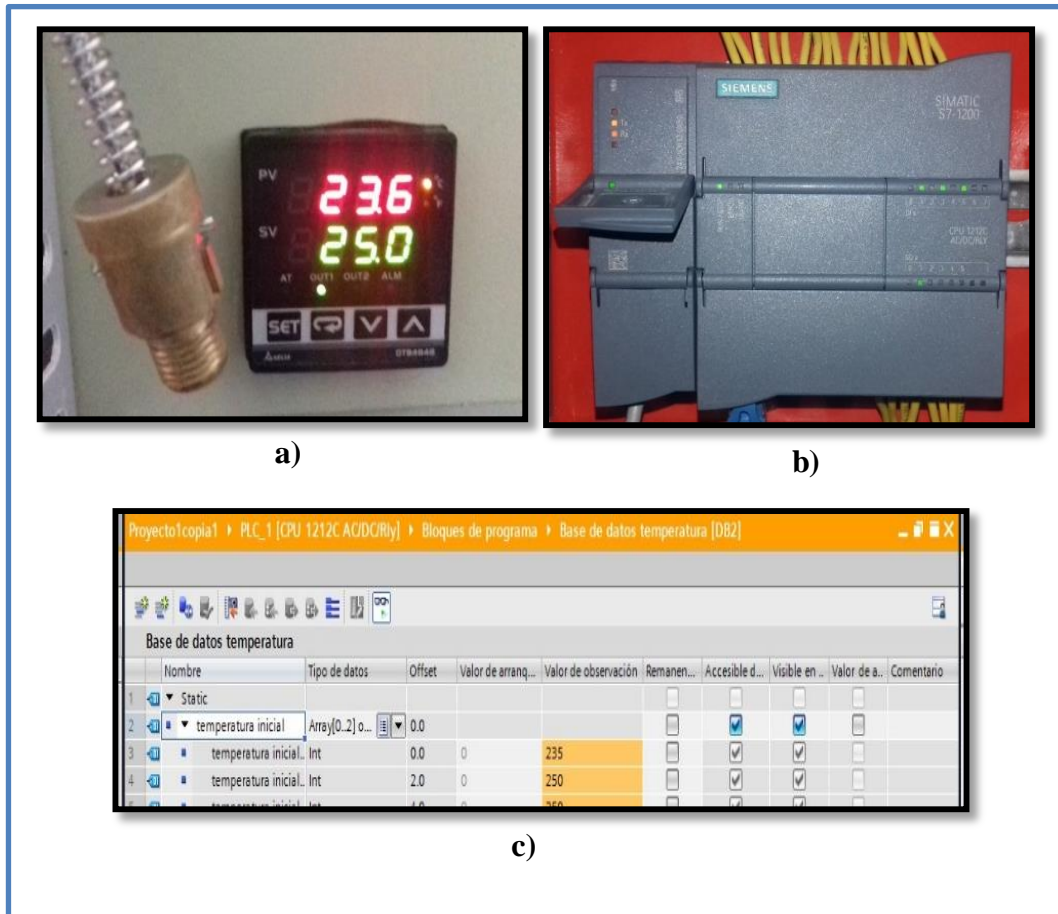


Figura 63: Prueba 1

(a) Se visualiza la termocupla y el controlador de temperatura enviando y recibiendo datos.

(b) Representa los equipos PLC y el módulo de comunicación donde se observa que si se está enviando y recibiendo datos de equipo a equipo.

Por ultimo (c) muestra las base de datos que emite el control de temperatura, gracias a la comunicación que existen entre estos equipos.

## D. Resultados

Como resultado se aprecia que la programación que se utiliza para la adquisición y envío de los datos es confiable ya que de las pruebas realizadas el 100% fue exitosa.

A continuación se muestra la tabla 19 con los valores de las diversas pruebas.

# DE PRUBA	DATOS SENSOR	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN	DATA BLOCK DATO RECIBIDO	CRITERIO
1	25.6	WORD	0.0	256	EXITOSO
	25.0	WORD	2.0	250	EXITOSO
2	15.0	WORD	4.0	150	EXITOSO
	14.5	WORD	6.0	145	EXITOSO
3	30.0	WORD	8.0	300	EXITOSO
	32.0	WORD	10.0	320	EXITOSO
4	27.4	WORD	12.0	274	EXITOSO
	25.9	WORD	14.0	259	EXITOSO
5	32.0	WORD	16.0	320	EXITOSO
	30.0	WORD	18.0	300	EXITOSO

Tabla 19: Resultados de Prueba 1

### 2.6.2 ESCRITURA DE DATOS DEL PLC AL CONTROLADOR DE TEMPERATURA

#### A. Objetivo

Enviar los datos de temperatura desde el PLC al registro Sv. Del controlador de temperatura por medio de las pantallas HMI.

#### B. Criterio de éxito

Se considera que la prueba es exitosa cuando al escribir los datos desde las pantallas HMI se guardan en las base de datos del sistema del PLC sin mostrar errores, de tal

manera por medio de la codificación ya antes mencionada y la comunicaciones que existe entre estos dos equipos se considera que es exitosa cuando se visualiza los datos que se enviaron desde el PLC en los registros del set Point (SV). del controlador temperatura, caso contrario si no visualizan los datos enviados desde la pantalla HMI al controlador de temperatura se considera que la prueba no es exitosa.

### C. Experimentos

Para esta prueba se realizaron diversos experimentos donde el principal objetivo es escribir los datos que se envían desde las pantallas HMI a los registros del controlador de temperatura.

Tomando en cuenta que en la prueba anterior el controlador físico envía datos al PLC, es decir, gracias a la termocupla y al controlador de temperatura se obtienen datos del ambiente que son enviados directamente al PLC.

En este experimento se realizara lo mismo pero de manera inversa, se enviaron los datos desde el PLC al controlador de temperatura al registro del Sv. por medio de las pantallas HMI.

(a) muestra la pantalla en donde se encuentre un botón, que a la vez presionado despliega otra pantalla que permitirá el ingreso de los datos que se desea escribir en el controlador de temperatura.



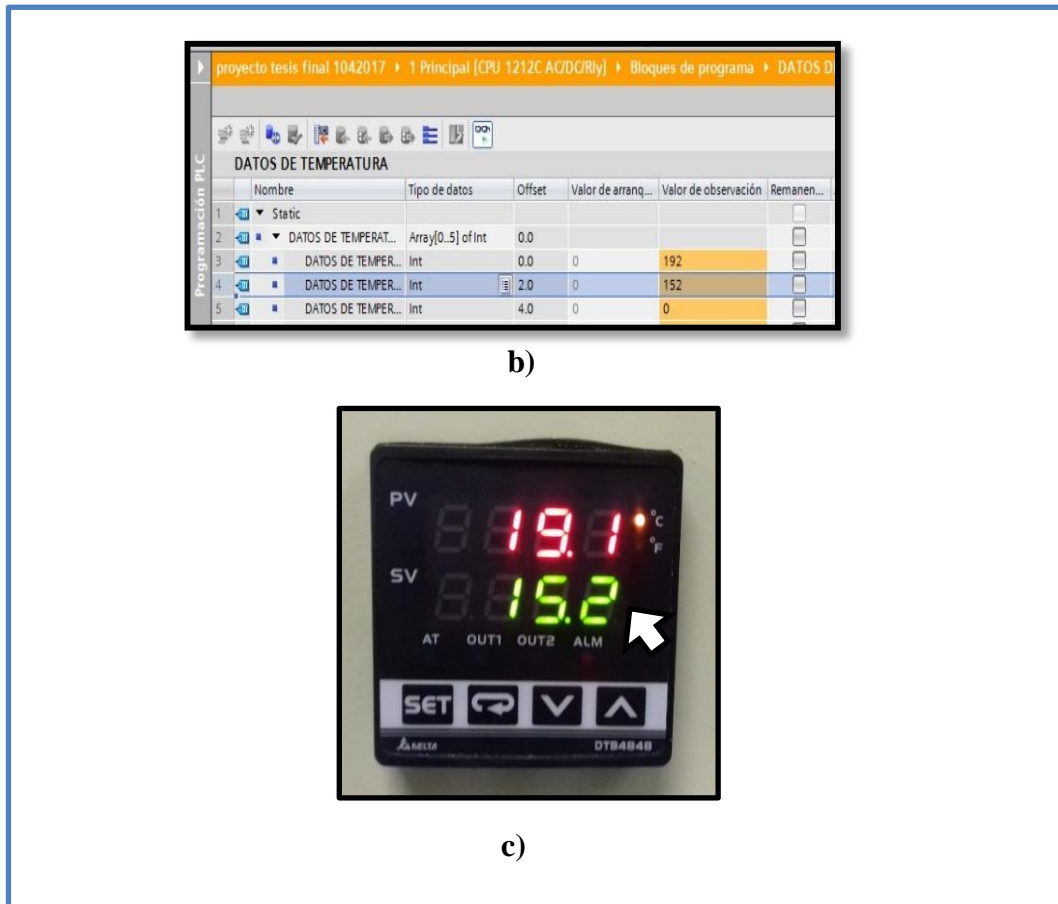


Figura 64: Prueba 2

Una vez que se ingresen los valores deseados y de acorde a la programación y el direccionamiento que tienen, estos valores pasan directos a las bases de datos que ya están programadas y configuradas tal como muestra (b).

Al enviar los valores desde las pantallas HMI estos llegan a las bases de datos y son enviados al controlador de temperatura sin errores, estos valores son visualizados en los registros del Sv. El cuál es el Set Point que manipulara el operador según el funcionamiento, (c).

Cabe recalcar que la programación que utiliza para la recepción y transmisión de datos se la observa en la figura 50 en donde muestran los bloques configurados con el número del equipo, el modo, 0 para escritura, 1 para la lectura y la dirección de las bases de datos en donde se almacenas los datos enviados.

## D. Resultados

Como resultados se aprecia una tabla con 10 pruebas realizadas para el envío de datos desde el PLC al controlador de temperatura por medio de las pantallas HMI, el 100% de estas pruebas se dio sin falla, concluyendo que las configuraciones y la programación realizada para la recepción y transmisión de datos es confiable, para ello se muestra la tabla 20 con las pruebas exitosas.

# DE PRUBA	DATOS INGRESADOS POR HMI	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN	DATOS DEL SENSOR Sv.	CRITERIO
1	300	WORD	2.0	30.0	EXITOSO
2	150	WORD	2.0	15.0	EXITOSO
3	100	WORD	2.0	10.0	EXITOSO
4	250	WORD	2.0	25.0	EXITOSO
5	300	WORD	2.0	30.0	EXITOSO
6	320	WORD	2.0	32.0	EXITOSO
7	469	WORD	2.0	46.9	EXITOSO
8	320	WORD	2.0	32.0	EXITOSO
9	325	WORD	2.0	32.5	EXITOSO
10	105	WORD	2.0	10.5	EXITOSO

Tabla 20: Resultados de Prueba 2

### 2.6.3 ADQUISICIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS ENTRE PLC Y VARIADOR DE FRECUENCIA

#### A. Objetivo

Enviar y recibir datos desde el PLC a de acorde a la programación realizada, a los registros internos del variador de frecuencia utilizando comunicación RS-485.

## B. Criterio de éxito

Se considera que la prueba es exitosa cuando el envío y la recepción de los datos llegan a los registros internos del variador de frecuencia sin presentar ningún error, caso contrario se considera que no prueba no es exitosa.

## C. Experimentos

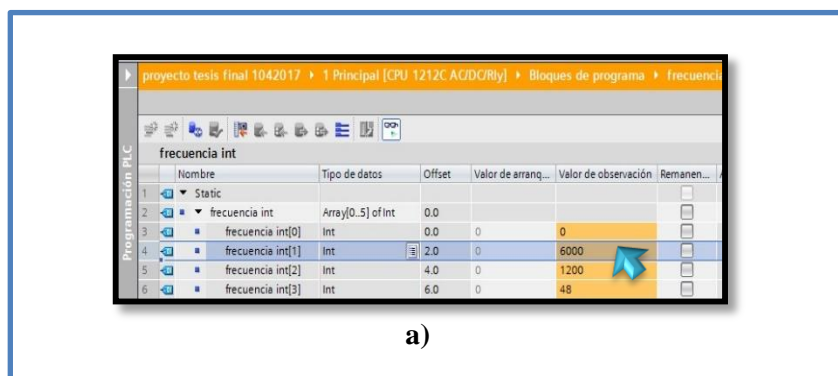
Para esta prueba se realizaron diversos experimentos tomando en cuenta la programación y resultados de la anterior prueba, ya que si bien es cierto, llevan simular programación y configuración.

Este experimento se realizó para verificar la comunicación entre PLC y el variador de frecuencia, de esa manera poder manipular los datos que se envían desde el PLC y a su vez recibirlos en los registros internos del variador.

En la sesión anterior en donde se muestran los diagramas de escaleras se visualizan los bloques y la programación para llevar con éxito este experimento, por ende se muestra a continuación con diversas figuras en donde se realizan las pruebas.

A continuación se muestra dos graficas (a), (b), en donde:

(a) permite visualizar los datos que están en las bases de datos del sistema y que serán enviados y el variador de frecuencia.



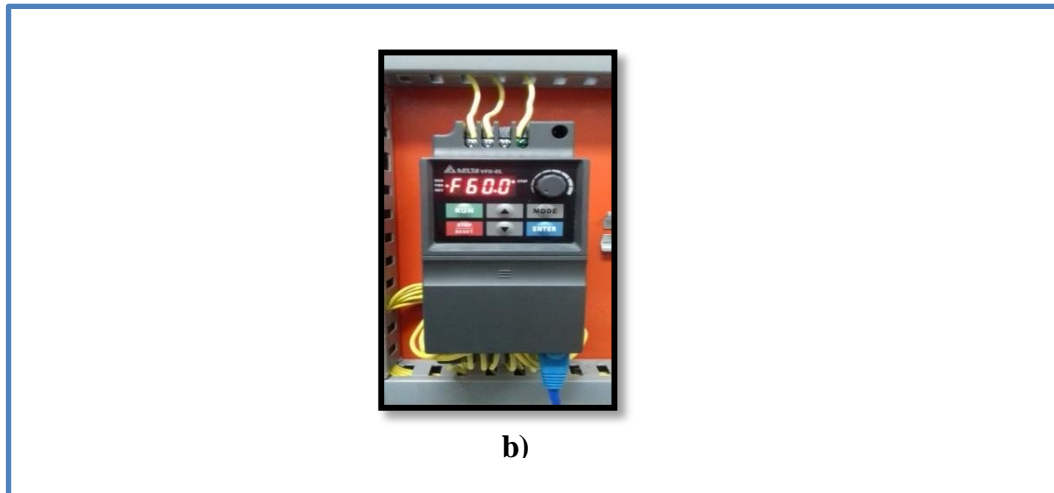


Figura 65: Prueba 3

Una vez que los valores asignados por el PLC lleguen a las bases de datos, estos se escriben inmediatamente en los registros internos del variador (b).

#### D. Resultados

Como resultados se muestra la tabla 21 en donde se comprueba que la programación y configuración que se realizaron para él envía y recepción de datos entre el PLC y el Variador de Frecuencia es de total confiabilidad.

# DE PRUBA	DATA BLOCK DATO ENVIADOS	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN	REGISTROS DEL VARIADOR	CRITERIO
1	600	WORD	0.0	60.0	EXITOSO
2	000	WORD	2.0	00.0	EXITOSO
3	600	WORD	0.0	60.0	EXITOSO
4	120	WORD	2.0	12.0	EXITOSO
5	600	WORD	0.0	60.0	EXITOSO
6	350	WORD	2.0	35.0	EXITOSO
7	000	WORD	0.0	00.0	EXITOSO
8	600	WORD	2.0	60.0	EXITOSO
9	600	WORD	0.0	60.0	EXITOSO
10	100	WORD	2.0	10.0	EXITOSO

Tabla 21: Resultados de la Prueba 3

## 2.6.4 ADQUISICIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS DE PLC A PLC

### A. Objetivo

Enviar y recibir datos de PLC a PLC por medio de la comunicación S7.

### B. Criterio de éxito

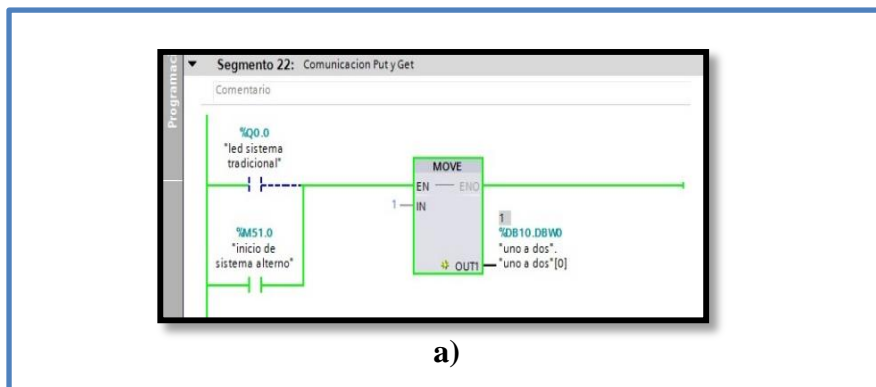
Se considera que la prueba es exitosa cuando se recibe y se transmite datos de PLC a PLC y estos llegan a las bases de datos sin mostrar ningún error, también se considera exitosa cuando la programación, la configuración y los enlaces están correctamente instalados gracias a la comunicación S7, caso contrario se considera que la prueba no es exitosa.

### C. Experimentos

Para esta prueba se realizaron diversos experimentos en la cual se consideró algunos aspectos de las cuales la principal fue la codificación y el buen enlace que se adaptó para realizar una buena comunicación entre estos dos equipos.

El experimento consiste enviar y recibir datos, para llevar a cabo esta prueba se utilizaron los bloques PUT y GET los cuales están detallados en la sesión de diagramas de escaleras en las figuras 56, en donde gracias a estos bloques bien configurados se tendrá la comunicación que se desea.

(a) Muestra una sesión del diagrama de escalera en donde se visualiza el envío de un dato en este caso se moverá un número a una base de datos en el PLC principal.





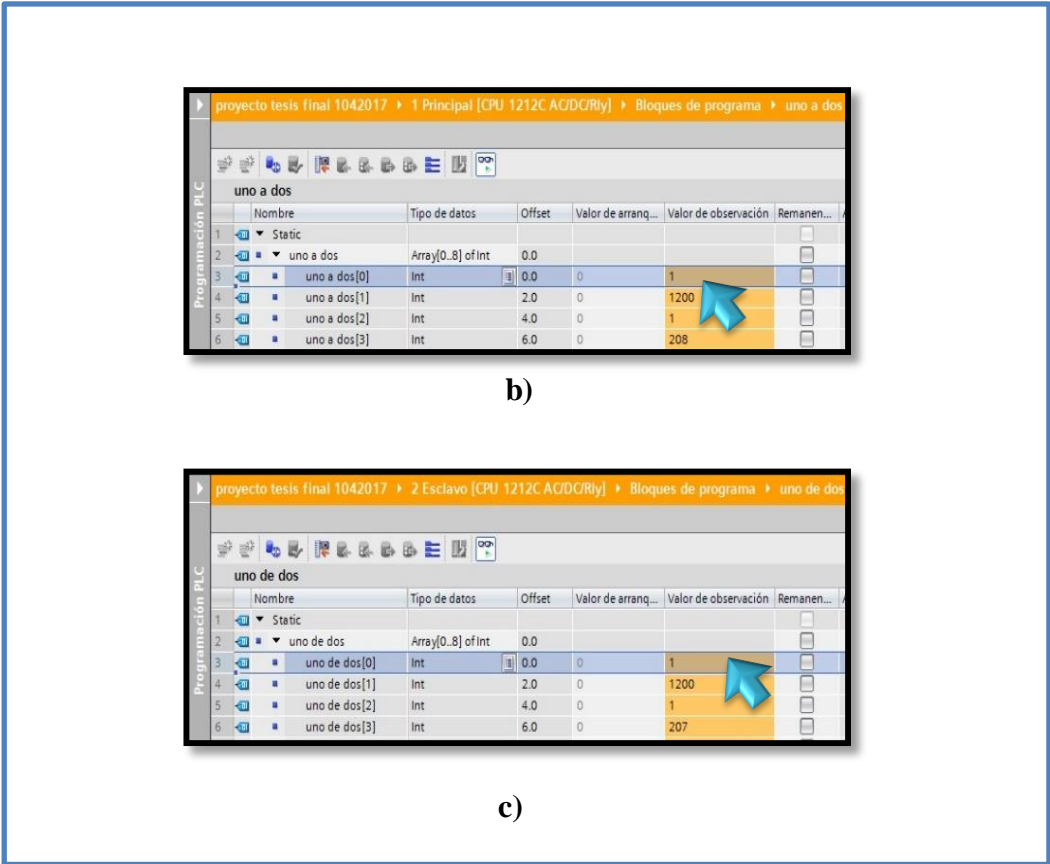


Figura 66: Prueba 4

(b) se observa que los datos que se enviaron se encuentran en la base de datos, y ese valor ya está listo para ser enviado desde el PLC1 Y ser recibido por PLC2.

Gracias a la codificación y a los bloques PUT y GET ver figura 57, se enviaran los datos del PLC1 al PLC2, (c) muestra la pantalla de la base de datos del PLC2, visualizando que los datos se reciben sin errores.

**D. Resultados**

Como resultado se visualiza que la programación y la configuración para el envío y recepción de datos de PLC a PLC son confiables, a continuación se muestra la tabla 22 con valores de pruebas exitosas.

# DE PRUBA	DATA BLOCK PLC 1	TIPO DE DATO	DIRECCIÓN	DATA BLOCK PLC 2	CRITERIO
1	10	WORD	0.0	10	EXITOSO
2	1	WORD	2.0	1	EXITOSO
3	300	WORD	4.0	300	EXITOSO
4	20	WORD	6.0	20	EXITOSO
5	45	WORD	8.0	45	EXITOSO
6	3	WORD	10.0	3	EXITOSO
7	13	WORD	12.0	13	EXITOSO
8	27	WORD	14.0	27	EXITOSO
9	2	WORD	16.0	2	EXITOSO
10	100	WORD	18.0	100	EXITOSO

Tabla 22: Resultados de Prueba 4

## 2.6.5 ADQUISICIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS ENTRE HMI A PLC

### A. Objetivo

Enviar y recibir datos con medio de entornos gráficos desde las pantallas HMI a los PLC.

### B. Criterio de éxito

Se considera que la prueba exitosa cuando el operador puede controlar el sistema enviando y recibiendo datos desde las pantallas HMI al PLC, de igual manera se considera exitosa cuando al programar las pantallas para que se pueda visualizar gráficamente los botones ya preestablecidos funcionen sin mostrar errores, de lo contrario se considera que la prueba no fue exitosa.

### C. Experimentos

Para esta prueba se realizó múltiples experimentos en la cual se consideró algunos aspectos de los cuales fueron la codificación y la configuración que se le realiza a

la pantalla HMI.

El experimento consiste en enviar y recibir datos desde la pantalla HMI, presionando algún botón o ingresando algún valor numérico, estos datos reflejarse en alguna data block o encender alguna marca.

A continuación se muestra la figura 67:

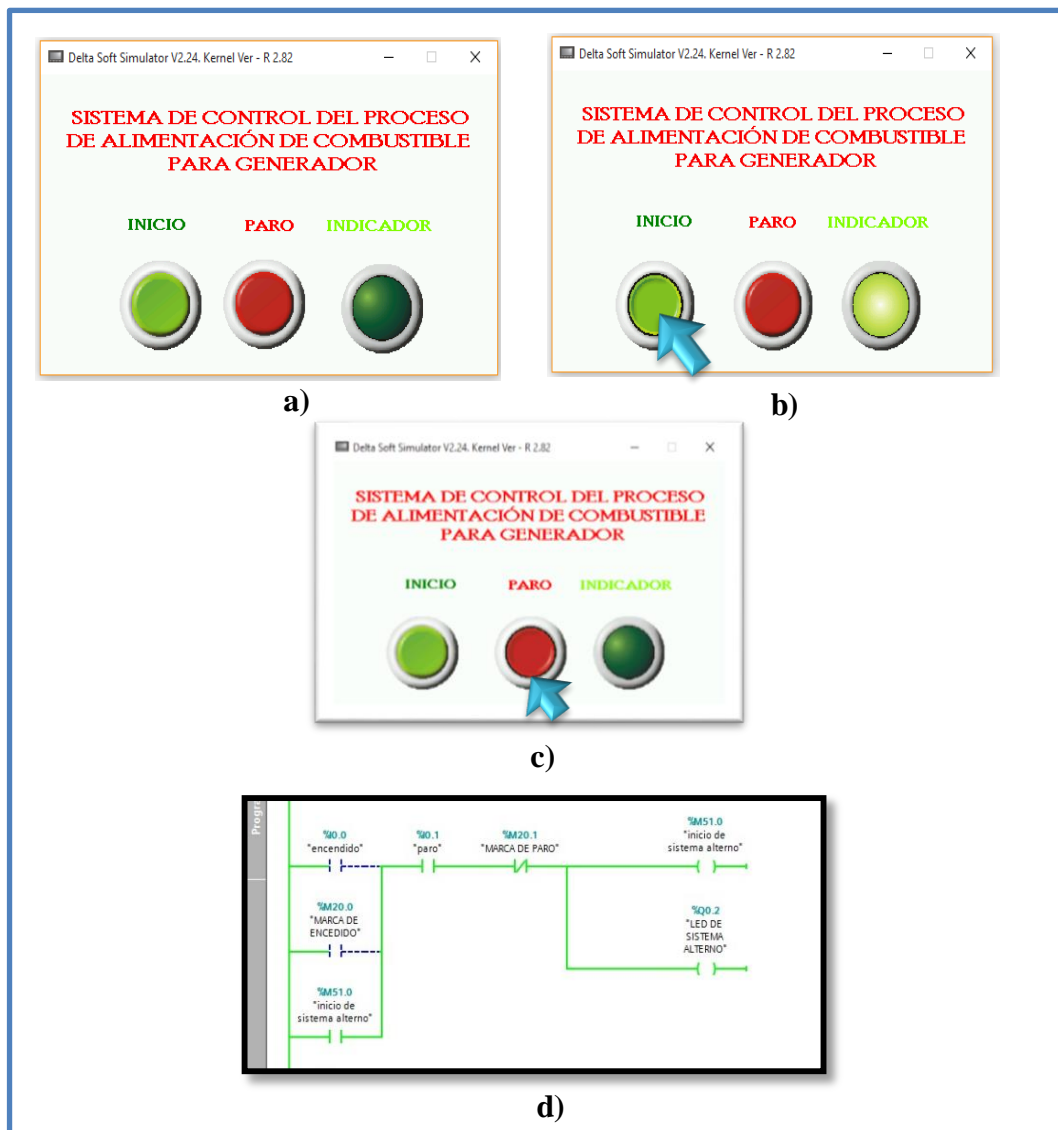


Figura 67: Prueba 5

(a) muestra la pantalla HMI del sistema ON/OFF en donde se visualizan los dos botones uno de inicio, otro de paro y un tercero que es un led, estos están en estados desactivados ya que aún no se ha pulsado ningún botón.

(b) Muestra que pulsando el botón de Inicio en la HMI de inmediatamente se enciende el indicador.

(c) Presenta la misma pantalla pero esta vez se presiona el botón Paro (botón rojo), donde inmediatamente se deshabilita el indicador es decir apaga el led.

Por último (d) visualiza las líneas codificadas que interactúan al momento de la pantalla HMI envía el dato de encendido y se observa que el PLC está recibiendo información e inmediatamente manda a encender el indicador.

#### **D. Resultados**

Como resultado se observa la tabla 23, en donde se realizaron 10 pruebas para la adquisición y envío de datos desde las HMI hasta el PLC, las cuales el 100% de ellas no presentaron error, tal como se presenta en la siguiente tabla.

<b># DE PRUBA</b>	<b>HMI ADDRESS</b>	<b>DIVICE TYPE</b>	<b>LINK</b>	<b>PLC 1 DIRECCIÓN</b>	<b>TIPO VARIABLE</b>	<b>CRITERIO</b>
1	2.0	I	EtherLink	2.0	I	EXITOSO
2	50.0	M	EtherLink	50.0	M	EXITOSO
3	0.0	Q	EtherLink	0.0	Q	EXITOSO
4	20.4	M	EtherLink	20.4	M	EXITOSO
5	1.0	I	EtherLink	1.0	I	EXITOSO
6	0.1	Q	EtherLink	0.1	Q	EXITOSO
7	3.0	I	EtherLink	3.0	I	EXITOSO
8	27.2	M	EtherLink	27.2	M	EXITOSO
9	0.2	Q	EtherLink	0.2	Q	EXITOSO
10	100.0	M	EtherLink	100.0	M	EXITOSO

Tabla 23: Resultaos de Prueba 5

## 2.6.6 CONTROL DE VARIADORES MEDIANTE EL DATO DE PRESIÓN

### A. Objetivo

Controlar el envío y la recepción de datos que son proporcionados por el valor de presión a los variadores de frecuencia.

### B. Criterio de éxito

Se considera que la prueba es exitosa cuando los datos proporcionados de presión son enviados de manera analógica al PLC, este último convierte esos valores en digitales y los reenvía a los variadores de frecuencia sin presentar error, caso contrario se considera que la prueba no es exitosa.

### C. Experimentos

Para esta prueba se realizaron múltiples experimentos para el envío de datos hacia los variadores pero con aspectos diferentes ya que se trata de valores de presión que son propiciados por equipos externos, con configuraciones que van valores analógicos, que a su vez son transformados para la respectiva manipulación de sus datos.

Para proporcionar valores de presión en este experimento se utiliza un potenciómetro el cual se lo conecta en los canales de entradas analógicas que facilita el PLC, estos canales se encuentran en la parte superior del PLC, tal como se muestran (a).



a)

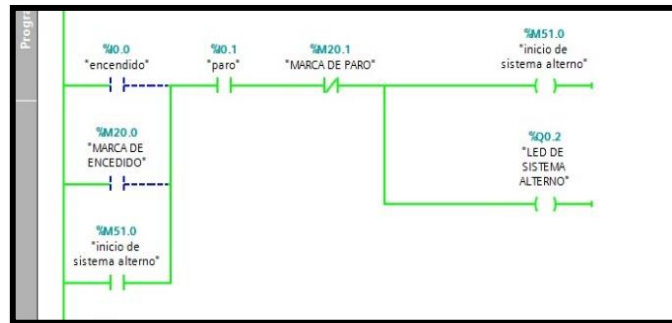
proyecto tesis final 1042017 > 1 Principal [CPU 1212C AC/DC/Rly] > Bloques de programa > datos en l

Programación PLC

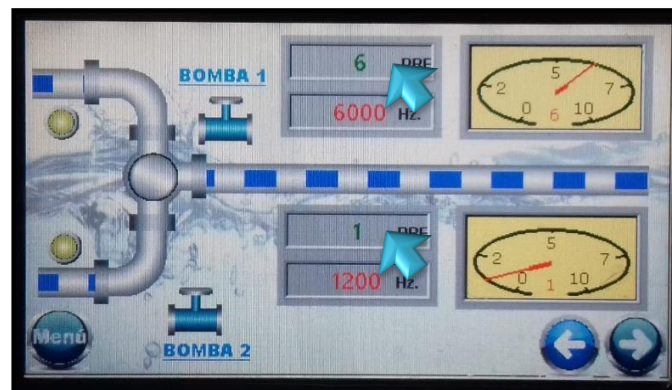
datos en bares entero

	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Valor de observación	Remanen...
1	Static					
2	datos enteros	Array(0..2) of Int	0.0			
3	datos enteros[0]	Int	0.0	0	6	
4	datos enteros[1]	Int	2.0	0	1	
5	datos enteros[2]	Int	4.0	0	7	

b)



c)



d)

Figura 68: Prueba 6

Una vez configurado, conectado y correctamente codificado, ver codificación en la sesión de diagrama de escalera en la figura 55, se escalan los valores que ingresaron de manera analógica y se envía a las bases de datos previamente configurados. (b)

Por último se mueve los valores de las base de datos en donde se guardan los valores para enviarlos a los registros internos del variador de frecuencia y en la pantalla HMI, (c).

#### **D. Resultados**

Como resultado se visualiza que la programación y la configuración para el envío y recepción de datos de PLC por medio del control de presión a los Variadores de Frecuencia son confiables, ya que de 10 pruebas realizadas el 100% de estas no presento errores, a continuación se muestra la tabla 24 con valores de pruebas exitosas.

<b># DE PRUBA</b>	<b>CONTROL DE PRESIÓN</b>	<b>TIPO DE DATO</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>DATA BLOCK PLC</b>	<b>CRITERIO</b>
<b>1</b>	7	WORD	0.0	60.0	EXITOSO
<b>2</b>	1	WORD	2.0	10.0	EXITOSO
<b>3</b>	10	WORD	0.0	60.0	EXITOSO
<b>4</b>	3	WORD	2.0	38.0	EXITOSO
<b>5</b>	0	WORD	0.0	0.00	EXITOSO
<b>6</b>	4	WORD	2.0	47.6	EXITOSO
<b>7</b>	3	WORD	0.0	45.0	EXITOSO
<b>8</b>	10	WORD	2.0	60.0	EXITOSO
<b>9</b>	2	WORD	0.0	35.0	EXITOSO
<b>10</b>	9	WORD	2.0	60.0	EXITOSO

Tabla 24: Resultados de Prueba 6

## **2.7 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

### **2.7.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA**

La factibilidad técnica determina y demuestra si el sistema de control del proceso de alimentación de combustible para generador Hyundai, modelo 9h21/32, tendrá éxito al momento de la implementación y operación del mismo.

Técnicamente es factible, para esto se analizaron varios aspectos que se mencionarán a continuación:

- Para este sistema se cuenta con el recurso humano calificado y disponible que participara en el desarrollo y funcionamiento del sistema de control.
- La principal característica de este sistema son los elementos, debido a que son de fácil adquisición en el mercado mundial, por ende se tomara en cuenta las especificaciones técnicas del Hardware para el óptimo desarrollo ya que el sistema de control está diseñado en base a componentes de programación estándar , lo que permite que se rediseñe el sistema en el futuro, con el fin de mejoras para la operación, en caso de prestarse fallas en los equipos se compra y se reemplaza, de esa manera seguir la operación de la industria y no existan paralizaciones.
- La selección del software de este proyecto dependería del equipo principal ya que en ellos se personalizará el sistema por ende se utilizó Tia PORTAL, el cual es un software especial para equipos de la marca Siemens, en este se programó los diferentes procesos, el cual mediante la simulación se visualiza la correcta comunicación que este hace con los demás equipo.
- Además para el desarrollo e implementación de este sistema automatizado se realizaron múltiples investigaciones preliminares, considerando y analizando los diversos recursos tecnológicos, se determinó que los más esenciales para el desarrollo e implementación son:



- ✓ Hardware para el Desarrollo
- ✓ Software para el Desarrollo de la programación.
- ✓ Hardware para Implementación del sistema.

A partir del análisis de los recursos de hardware y software necesarios para el desarrollo e implementación del sistema de alimentación para generadores se determinaron los siguientes puntos.

Con respecto a hardware se tuvo que autofinanciar la mayoría de los equipos y dispositivos para completar el desarrollo e implementación, del cual se presentan en las siguientes tablas:

<b>Cantidad</b>	<b>Hardware</b>	<b>Descripción</b>
1	Computadora portátil	Procesador i5 2.10GHz, 4GB de memoria, 1 TB de Disco Duro
1	Impresora Multifunción	Epson L350 Multifunción
1	Disco Externo	120 GB

Tabla 25: Hardware para el desarrollo

Con respecto al Hardware para la implementación se necesitara los siguientes equipos, ver en la siguiente tabla:

Cantidad	Software	Descripción
2	PLC S7 1200	Controlador modular SIMATIC S7-1200
2	CM1241 MODULO DE COMUNICACIÓN	RS485
1	PANTALLA HMI	DELTA 4.3"
1	SWITCH	Next de 24 puertos
2	CONTROL DE TEMPERATURA	DTB4848VRE
2	VARIADOR TRIFASICO 200-240 VAC 1HP-0.75 KW	VFD 007
5	BREAKER	SIEMENS 2P 20AMP
2	TERMOCUPLA	TIPO J
1	PULSADORES	ROJO
1	PULSADORES	VERDE
4	LUZ PILOTO	ROJO
4	LUZ PILOTO	VERDE
2	RACK	
300	BORNERAS PARA RIEL	
40	TOPE DE BORNE	
4	CANALETAS	
2	REGLETAS	
6	PORTAFUSIBLES	
2	CONECTORES DV9	
1	CABLES #12	
1	CABLE #14	
2	ENCHUFES	
1	MULTIMETRO DIGITAL	

Tabla 26: Hardware para la implementación

### 2.7.2 FACTIBILIDAD FINANCIERA

De acorde al estudio y al análisis previo para la creación de este proyecto se evaluó que era necesario contar con recursos que deben ser considerados para el desarrollo

de este proyecto, los cuales se detallan a continuación con sus respectivas tablas de descripción de recursos y costos.

Ya sean en la parte del Hardware, Software, Personal y Recursos Administrativos, tomado en cuenta que todos estos son estrictamente necesarios para el buen desarrollo del mismo.

A continuación se detallan las siguientes tablas:

### **COSTOS DESARROLLO DEL SISTEMA**

En la siguiente tabla se detallan los costos totales de todo lo necesario que se llevará para el desarrollo del sistema.

<b>DESCIPCIÓN</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Hardware	\$ 1.150,00
Software	\$ 300,00
Suministro	\$ 250,00
<b>TOTAL EN DESARROLLO</b>	<b>\$ 1.700,00</b>

Tabla 27: Total en Desarrollo del Sistema

#### **2.7.2.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA**

En las siguientes tablas detallan el costo que llevará la implementación del sistema.

<b>CANTIDAD</b>	<b>HARDWARE</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
1	MONTAJES E IMPLEMETACIÓN	\$ 500,00	\$ 500,00
2	PLC S7 1200	\$ 500,00	\$ 1.000,00
2	CM1241 MODULO DE COMUNICACIÓN	\$ 257,00	\$ 514,00
1	PANTALLA HMI	\$ 419,19	\$ 419,19
1	SWITCH	\$ 120,00	\$ 120,00
2	CONTROL DE TEMPERATURA	\$ 104,52	\$ 209,04
2	VARIADOR TRIFASICO	\$ 261,47	\$ 522,94
5	BREAKER	\$ 19,70	\$ 98,50
2	TERMOCUPLA	\$ 6,98	\$ 13,96
1	PULSADORES VERDES	\$ 1,51	\$ 1,51
1	PULSADORES ROJOS	\$ 1,51	\$ 1,51
4	LUZ PILOTO VERDES	\$ 1,38	\$ 5,52
4	LUZ PILOTO ROJOS	\$ 1,38	\$ 5,52
300	BORNERAS PARA RIEL	\$ 1,16	\$ 348,00
2	RACK DE PISO	\$ 120,00	\$ 240,00
40	TOPE DE BORNE	\$ 0,20	\$ 8,00
4	CANALETAS	\$ 6,05	\$ 24,20
2	REGLETAS	\$ 50,00	\$ 100,00
6	PORTAFUSIBLES	\$ 1,87	\$ 11,22
2	CONECTORES DV9	\$ 3,00	\$ 6,00
2	CABLES #12	\$ 20,00	\$ 40,00
2	CABLE #14	\$ 20,00	\$ 40,00
10	ENCHUFES	\$ 1,50	\$ 15,00
1	MULTIMETRO DIGITAL	\$ 25,00	\$ 25,00
1	ENVIO	\$ 26,00	\$ 26,00
1	GASTOS VARIOS	\$ 155,00	\$ 155,00
<b>Total de Gasto en Implementación de Hardware</b>			<b>\$ 4.450,11</b>

Tabla 28: Total Hardware en Implementación

En esta sesión no se encuentra alguna tabla donde se describe el total en gastos de implementación en Software ya que se encuentran detallados en la tabla de gastos de desarrollo, por ende se muestra la tabla con el total en implementación.

En esta tabla se muestran los valores de los costos totales para el sistema, tanto los costos del desarrollo y el costo total de implementación:

<b>DESCIPCIÓN</b>	<b>SUB TOTAL</b>
Desarrollo	<b>\$ 1.700,00</b>
Implementación	<b>\$ 4.450,11</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 6.150,11</b>

Tabla 29: Costo Total para el Sistema

### **Análisis de periodos de mantenimientos de generadores**

Para el análisis de los periodos de mantenimiento se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Tiempo de uso en horas.
- Calidad del combustible que alimenta el generador.

Comúnmente el uso de los generadores termoeléctricos de la Corporación eléctrica del Ecuador (CELEC EP) es contante las 24 horas, razón por la cual en este caso en particular el tiempo del mantenimiento se verá determinado únicamente por la calidad del combustible suministrado al generador.

A continuación se muestra la tabla 31 que contiene las especificaciones del tiempo de mantenimiento recomendadas por el fabricante.

<b>MANTENIMIENTOS</b>
200 HORAS
1000 HORAS
3000 HORAS
1000 HORAS
12000 HORAS
36000 HORAS

Tabla 30: Mantenimientos recomendadas por el fabricante

Fuente: Fabricante

Para lograr este tiempo de funcionamiento es necesario que el combustible sea de óptimas condiciones, ver Anexo 2, las mismas que se alcanzan al tener un mayor control sobre los procesos de alimentación de combustible de generador termoeléctrico Hyundai 9h 21/32.

A continuación se detalla en tabla 32 diferentes casos de mantenimiento realizados en la Planta Generadora Che Guevara – Nicaragua, en los que no se han alcanzados los tiempo sugeridos por el fabricante. (Morales., 2015)

PLANTA GENERADORA	MES	TIEMPO DE USO EN HORAS	COSTO DE MANTENIMIENTO
CHE GUEVARA	Enero	600	\$ 6.052,21
	Febrero	300	\$ 365,74
	Marzo	800	\$ 10.712,24
	Abril	400	\$ 4.354,48
	Mayo	1000	\$ 24.554,35

Tabla 31: Caso de Mantenimiento Planta Che Guevara

Los costos de mantenimiento de un generador son de aproximadamente \$ 6.791,40. (Naranjo, 2013)

La figura 69 presenta los gastos de la Planta Che Guevara, donde se observa que el gasto promedio mensual es de \$ 9207,80 por los meses inactivos del sistema que han requerido de un mantenimiento correctivo del mismo.



Figura 69: Gastos Mantenimiento Planta Che Guevara  
Fuente: Francisco Santana

En la figura 70, se aprecia la diferencia del gasto económico mensual por mantenimientos del sistema de alimentación de combustible del generador marca Hyundai modelo 9h 21/32.



Figura 70: Grafico Estadístico de Gastos entre sistemas  
Fuente: Francisco Santana

La figura 71 muestra el tiempo que representa el valor gastado en los mantenimientos.

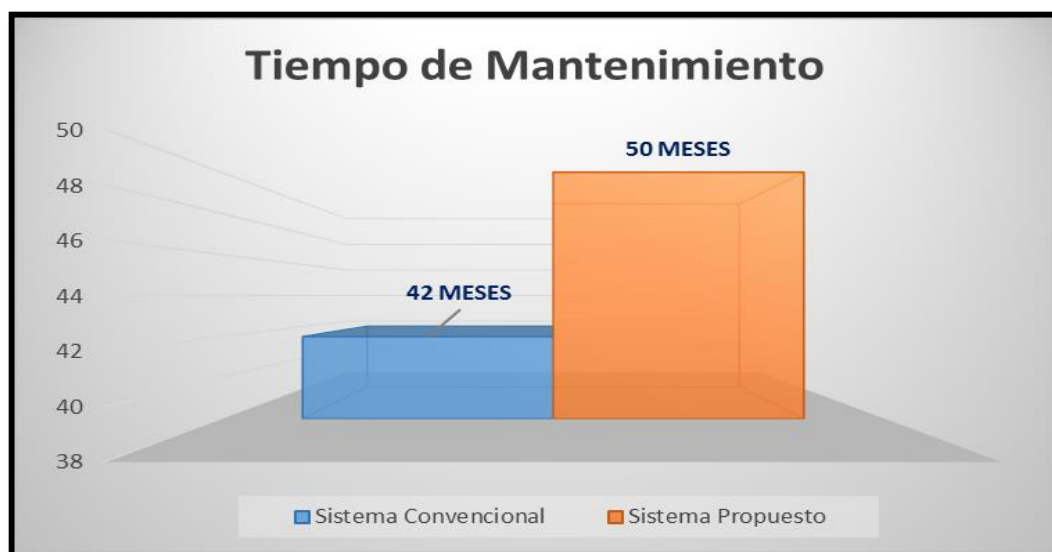


Figura 71: Grafico Estadístico de Tiempos de Mantenimiento  
Fuente: Francisco Santana

A continuación en la tabla 32 muestra los valores de combustible nivel 2 o combustible pesado que utilizan los motores HYUNDAI Himsen 9H 21/32.

ESPECIFICACIONES	MÉTODO	Min	Max	RESULTADO
Viscosidad cinemática a 50 cst	ASTM D 445-10	92	500	492
Agua y sedimento por centrifuga % V	ASTM D 1796-11		0.5	0.1
Contenido de azufre % wt	ASTM D 4294-10		3.0	2.5
Compatibilidad	ASTM D 4740-04		1	1
Punto de fluidez	ASTM D 5950- 12 <sup>a</sup>		15	-9
Sedimentos en la extracción	ASTM D 473-07		0.1	0.3

Tabla 32: Especificaciones de tipo de combustible utilizado motores Hyundai  
Fuente: Manual de los motores Hyundai Himsen.

Cabe recalcar que el análisis muestra gráficos estadísticos de los gastos que sobrellevan los mantenimientos de los dos sistemas, donde se visualiza que con el sistema propuesto los gastos de mantenimiento son menores a los de un sistema tradicional y duran aproximadamente el tiempo recomendado por el fabricante para la ejecución de los mantenimientos correspondientes.

Finalizado el análisis de factibilidad financiera se puede deducir que la implementación de un sistema automatizado permite que los periodos de funcionamiento de la planta termoeléctrica se extiendan reduciendo los gastos por concepto de mantenimiento, contribuyendo a un mayor periodo de vida útil del equipo, haciendo de esta inversión una solución viable.



### 2.7.3 FACTIBILIDAD OPERACIONAL

En esta parte del estudio de factibilidad se estima que el sistema se mantenga operativo, puesto que se desarrolló un sistema con interfaz gráfica amigable al usuario, lo que permite que la propuesta sea de fácil empleo y manipulación.

La viabilidad operativa de nuestro proyecto que consiste en la automatización del sistema de control para la alimentación de combustible de un generador, mejorará la rapidez con que se capturarán los datos que están en la industria, supervisar los diversos procesos ya que se utilizará un sistema que ayudará al operador.

Una vez realizada la investigación sobre el grado de aceptación del sistema de control se concluye lo siguiente:

- Tomar en cuenta como base la investigación realizada donde se puede afirmar que el personal de la empresa considera cambios necesario en especial la implementación del sistema para solventar las tareas de control y supervisión.
- El sistema es factible operativamente desde el punto de vista de los recursos que serán utilizado, ya que todos los equipos implicados cumplen con los requisitos necesarios para que el sistema opere de forma satisfactoria.

Por lo tanto el proyecto se considera que es factible técnica, financiera y operativa, para la realización del sistema de control del proceso de alimentación de combustible para generador Hyundai, el cual se puede obtener los siguientes beneficios.

- Automatizar los procedimientos.
- Reducir errores y mejor comunicación entre equipos.
- Minimizar el tiempo para la supervisión del sistema.

## CONCLUSIONES

- ✓ A través del análisis de los diferentes dispositivos a utilizarse para la solución se determina que es necesaria la implementación de una red de arquitectura mixta, Ethernet y ModBUS, debido a las diferentes interfaces de comunicación de los mismos, lo que implica la utilización de módulos de comunicación CM1241 el cual permiten la incorporación del PLC a la red ModBUS para la adquisición de datos de temperatura.
  
- ✓ A través del diseño del HMI se logra mostrar gráficamente la estructura, sus principales características, sus variables monitoreadas y controladas de forma eficiente, de cada uno de los procesos para el sistema de alimentación alterno de los bunker.
  
- ✓ Para las mediciones de temperatura, se obtiene un control ideal, que permite al operador inspeccionar y manipular el grado de temperatura del combustible, además verifica el correcto funcionamiento de los motores de purificación.
  
- ✓ Se mejora y se corrige el proceso de distribución del combustible, además se observa el correcto funcionamiento del sistema auxiliar de bombas, que permite el envío adecuado de presión a los generadores.
  
- ✓ Se logra supervisar y mejorar las propiedades de viscosidad faltantes en el combustible, además se confirma el correcto funcionamiento del sistema alterno de alimentación de un generador.
  
- ✓ De acuerdo a los resultados de la pruebas se observa que el sistema tiene una transmisión de datos exitosa del 100% debido a que no existen pérdidas de paquetes, adicional los datos se encuentran dentro de los tiempos sugeridos por los fabricantes.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Tener conocimientos previos del equipo a utilizar, puesto que es indispensable conocer sobre control industrial, y automatización.
  
- ✓ Antes de manipular el sistema verificar minuciosamente que todos los equipos estén correctamente conectados e instalados, en el momento de la instalación de los dispositivos, tener cuidado y separar los cables de alimentación con los de comunicación para evitar el ruido y que esto no afecte la comunicación entre equipos.
  
- ✓ Tener en consideración la configuración de la red, verificar constantemente las asignaciones de direcciones de cada elemento, el número de esclavo de cada equipo ya que no se puede repetir, puesto que un error impediría el correcto funcionamiento del sistema.
  
- ✓ Dar el uso adecuado al módulo didáctico de simulación, para poder sacar el máximo provecho de la tecnología actual presentada en este proyecto.
  
- ✓ Al implementar esta propuesta en la Central Térmica, este colabora al sistema de control ya existente de la empresa, aumentando la supervisión del subprocesos de alimentación, por lo tanto esta propuesta ayudara al operador a mejorar el monitoreo del proceso de alimentación de combustible a los generadores.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADAJUSA. (s.f.). Controlador de Temperatura digital 48x48. ADAJUSA MATERIAL ELECTRICO - MECANICO - NEUMATICO - MAQUINARIA.
- Alejandro, S. L. (2016). Análisis y diseño para la automatización de la subestación Manglaralto CNEL-ep de acuerdo al protocolo IEC 61850. LA LIBERTAD. Obtenido de <http://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/2585/UPSE-TET-2016-0003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ANTONIO, E. R. (s.f.). En INCIDENCIA DE LA INTEGRACIÓN DE LAS NORMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9001:2008, AMBIENTE ISO 14001:2004 Y SEGURIDAD & SALUD OCUPACIONAL OHSAS 18001:2007 EN LA EFICIENCIA DE LA GESTIÓN, REALIZANDO UN ANÁLISIS DOCUMENTAL, PARA EL DISEÑO DE UNA GUÍA METODOLÓGICA (pág. 80). GUAYAQUIL. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7978/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>
- ANTONIO, E. R. (2014). Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7978/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>
- Arias & Bravo, F. Y. (2016). Estudio para la modernización de la Central Hidroeléctrica Saucay. CUENCA. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24175/1/tesis.pdf>
- Cangás, D. M. (2015). Diseño e implementación de un módulo didáctico para la programación y simulación de procesos de un controlador lógico programable. IBARRA. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4865/1/05%20FECYT%202414%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Carrillo & Morales, M. F. (2015). Implementación de un módulo de clasificación por materiales y tamaños con el PLC y pantalla táctil para el laboratorio de control y automatización de procesos industriales de la escuela de ingeniería mecánica de la ESPOCH. RIOBAMBA. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/5002/1/15T00639.pdf>
- Casquete, C. A. (2016). En ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA CON MOTORES DE CONBUSTIÓN INTERNA EN UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA (pág. 15). GUAYAQUIL. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/4730/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-66.pdf>
- Castro & García. (2012). Implementación de un banco de pruebas de sistemas industriales didáctico mediante un PLC S7-1200, en el laboratorio de ingeniería electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi periodo 2011. LATACUNGA. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1314/1/T-UTC-0906.pdf>
- Castro & García, J. (2012). Implementación de un banco de pruebas de sistemas

- industriales didáctico mediante un PLC S7-1200, en el laboratorio de ingeniería electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi periodo 2011. LATACUNGA. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1314/1/T-UTC-0906.pdf>
- Castro & García, J. D. (2012). Implementación de un banco de pruebas de sistemas industriales didáctico mediante un PLC S7-1200, en el laboratorio de ingeniería electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi periodo 2011. LATACUNGA. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1314/1/T-UTC-0906.pdf>
- Castro & García, J. Y. (2012). Implementación de un banco de pruebas de sistemas industriales didáctico mediante un PLC S7-1200, en el laboratorio de ingeniería electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi periodo 2011. LATACUNGA. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1314/1/T-UTC-0906.pdf>
- Erivasg. (s.f.). Procedimientos para realizar investigacion. Recuperado el 25 de Noviembre de 2016, de [www.monografia.com/trabajo74](http://www.monografia.com/trabajo74)
- Gallegos & Delgado, J. y. (2015). Diseño e implementación de una red industrial ModBus para el control de actuadores trifásicos en el laboratorio de fabricación flexible .
- Google. (2017). Google Map. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/Sub+Estaci%C3%B3n+Termoel%C3%A9ctrica+Santa+Elena/@-2.2440765,-80.8487826,3157m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x6c89c66189ed2da5!8m2!3d-2.2421512!4d-80.846774?hl=es>
- Jara, J. E. (2012). En DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE TEMPERATURA Y VELOCIDAD PARA REACTOR QUIMICO EN UN SISTEMA EXPERIMENTAL USADO EN LA ELABORACIÓN DEL 5-HIDROXIMETILFURFURAL A PARTIR DE MELAZA DE CAÑA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE (pág. 26). CUENCA. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/326798652/UPS-CT002334>
- Morales., B. E. (Octubre de 2015). Propuesta de un diagnóstico de mantenimiento preventivo ajustado a las condiciones de explotación de los motores Himsen 921/32, de la batería 8, en la planta che Guevara VI, ubicada en el municipio de Nagarote en el periodo de enero a julio del año 2015. Recuperado el agosto de 2017, de <http://repositorio.unan.edu.ni/3400/1/29189.pdf>
- Naranjo, I. W. (2013). Memorando No. CELEP EP-EGU-MTT-smm3-0026-13. Santa Elena.
- Núñez, J. A. (2012). En IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE SISTEMAS INDUSTRIALES DIDÁCTICO MEDIANTE UN PLC S7-1200, EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2011 (pág. 27). LATACUNGA. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1314/1/T-UTC-0906.pdf>
- Rodríguez & Villacís, A. Y. (2016). Automatización de una máquina encoladora de libros Sulby 7 clamp perfect binder para la empresa briuve servicios gráficos. SANGOLQUI. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/11601/T-ESPE-053459.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rodríguez, J. (2016). APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN Y ENVASADO DE LÍQUIDOS., La Libertad. Obtenido de <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/3633/1/UPSE-TET-2016-0009.pdf>
- Rodríguez, J. A. (2016). Aplicación de la inteligencia artificial en el proceso de dosificación y envasado de líquidos. La Libertad. Obtenido de <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/3633/1/UPSE-TET-2016-0009.pdf>
- Rodríguez, J. A. (2016). APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN Y ENVASADO DE LÍQUIDOS. La Libertad. Obtenido de <http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/3633/1/UPSE-TET-2016-0009.pdf>
- Rodrimed, A. (2011). Modalidades de la Investigación Científica. Recuperado el 24 de Noviembre de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/50045935/Modalidades-de-la-investigacion-cientifica>
- Sánchez & Pacheco. (2016). Diseño e implementación de un sistema automatizado para el proceso de producción de leche en el centro experimental de Tunshi. RIOBAMBA. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6012/1/108T0166.pdf>
- Sarmiento, D. J. (2016). Implementación de los protocolos de comunicación industrial mediante Simatic S7-1200 para el laboratorio de automatización de la universidad de Azuay. CUENCA. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5479/1/11820.pdf>
- Sarmiento, D. J. (2016). Implementación de los protocolos de comunicación industrial mediante Simatic S7-1200 para el laboratorio de automatización de la universidad de Azuay. CUENCA. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5479/1/11820.pdf>
- SNI. (2014). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL-CANTÓN SANTA ELENA 2014-2019.
- Tesis\_t1075id. (2015). En Tesis\_t1075id (pág. 35). Obtenido de [http://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19179/1/Tesis\\_t1075id.pdf](http://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19179/1/Tesis_t1075id.pdf)

# **ANEXOS**

## ANEXO 1: Características de las bombas de HFO

**Serie 2NS**

Las Bombas de Dos Tornillos NETZSCH cuentan con un tornillo motriz que se acopla con un tornillo inducido, transfiriendo el torque de un tornillo a otro.

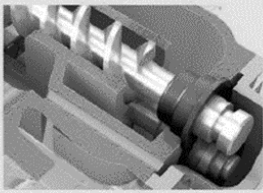
- Caudal hasta 320m<sup>3</sup>/h (1410 gpm)
- Presión hasta 16 bar (230 psi)
- Temperatura hasta 300° C (570°F)
- Viscosidad hasta 10.000 cSt





**Ventajas**

- Hidráulicamente balanceadas
- Bajo nivel de ruido
- Larga vida útil
- Baja pulsación
- Alta Eficiencia (HEUD)
- Cumple con la Norma API 676



El balanceo hidráulico es la razón principal de la mayor vida útil de esta bomba.

## Características de las válvulas solenoides

**PRESENTATION:**  
S.V. with pilot control for interception of fluids compatible with the construction materials.  
A minimum operational pressure of 0,2 bar is required.  
The materials used and the tests carried out ensure maximum reliability and duration.

**USE:** Automation  
Heating

**PIPES:** 3/8 NPT - 2 NPT

**COILS:** 8W - Ø 13  
BDA - BDS - BSA 155°C (class F)  
BDF - BDV 180°C (class H)

**MOULDING AND BOBBIN ARE MADE BY 100% VIRGIN MATERIAL.**

**Max. allowable pressure (PS)**  
3/4 NPT - 1 NPT 25 bar  
1 1/4 NPT - 2 NPT 16 bar

**Ambient temperature:**  
with coil class F - 10°C + 60°C  
with coil class H - 10°C + 80°C



Gaskets	Temperature	Medium
B=NBR (nitrile rubber)	- 10°C + 90°C	Air, inert gas, water
E=EPDM (ethylene-propylene)	- 10°C +140°C	Water, low pressure steam
V=FKM (fluoroelastomer)	- 10°C +140°C	Mineral oils (2°E), gasoline, gas oil

For seats other than NBR replace the letter "B" with the ones corresponding to the other seats. E.I. 21WN5KV190.

Pipe ANSI/ASME B1.20.1	Code	Max viscosity		Ø mm	Kv l/mn	Power (watt)	Pressure		
		cSt	*E				min bar	AC bar	DC bar
3/8 NPT	21WN3K0B130	12	- 2	13	60	8	0,2	16	16
1/2 NPT	21WN4K0B130			70					
3/4 NPT	21WN5KB190			19	140				
1 NPT	21WN6KB250			25	190				
1 1/4 NPT	21WN7KB350			35	400				
1 1/2 NPT	21WN8KB400			40	520				
2 NPT	21WN9KB500			50	750				





## ANEXO 2:

### Especificaciones Fuel Oil

Fuente: (CELEC, Manual de Operación y Mantenimiento Hyundai para 1700 KW Packaged Power Station, 2010)

<b>HYUNDAI</b>		PROJECT GUIDE		H25/33S	
Fuel System	Fuel Oil Specification			Sheet No.	Page
				P.05.300	1 / 1
<b>Heavy Fuel Oil</b>			<b>Diesel Fuel Oil</b>		
<p>The engine together with proper external feed system can be operated on heavy fuel oil of viscosity up to 700 cSt at 50 °C, which corresponds to the grades of CIMAC H700 (CIMAC Recommendation No. 21, 2003). However, the fuel should be cleaned and preheated before entering the engine with following specifications at least.</p>			<p>The quality requirements for MDO shall be in accordance with CIMAC DA, DB, DC grade. If the engine is run on blended MDO (A-bunker diesel), i.e. CIMAC DC grade, a centrifugal treatment system should be prepared. For reference, specification for CIMAC DC is as follows:</p>		
Properties	Unit	Limit	HFO (CIMAC H700)	MDO (CIMAC DC)	
Kinematic viscosity	mm <sup>2</sup> /s(cSt)	max	700 at 50°C Range 12 -18 (**)	1.5 - 14.0 at 40°C Range 6 - 14 (**)	
Density at 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	max	991.0 1010.0 (*)	920.0	
Flash point	°C	min	60	60	
Pour point (Winter quality)	°C	max	30	0	
Carbon Residue	% mass	max	22 15 (**)	2.5	
Asphaltenes	% mass	max	8	-	
Ash	% mass	max	0.15 0.03 (**)	0.03 0.03 (**)	
Total sediment, potential	% mass	max	0.10	-	
Total sediment, existent	% mass	max	-	0.10	
Water	% volume	max	0.5 0.2 (**)	0.3 0.2 (**)	
Sulfur	% mass	max	4.50 3.50 (**)	2.00	
Vanadium	mg / kg	max	600 150 (**)	100	
Sodium	mg / kg	max	100 30 (**)	50 30 (**)	
Aluminum +Silicon	mg / kg	max	80 15 (**)	25 15 (**)	
Solid Particles	mg / kg	max	20 (**)	20 (**)	
	µm	max	5 (**)	5 (**)	
<p>(*) : Adequate purifying equipment for high density is required.                  (**): Limited value before engine inlet for economical operation.                  Note 1: The following kinds of fuel are not to be used:                  1) Bunker fuel including cat-fines 2) Bunker fuel including land-used lubricating oil waste                  3) Bunker fuel including alkylated bottom oil (total acid&lt;3, strong acid=0)                  Note 2: Additional properties are specified by the engine manufacturer, which are not included in the CIMAC fuel quality. (CIMAC Recommendation No. 21, 2003)</p>					
<b>HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO.,LTD.</b>			Engine & Machinery Division	Rev. 05.01/KCM	