



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

***Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.***

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE FLUJO,  
VOLUMEN, TEMPERATURA Y GRADO API PARA LA ESTACIÓN  
REDUCTORA DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI QUITO (P.SH. Q.) Y  
CAMBIO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE COMBUSTIBLE.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL**

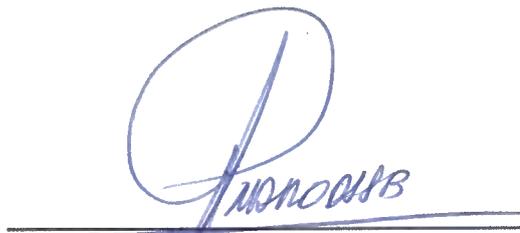
**ROVAYO LEMARIE GUSTAVO ANDRÉS**

**DIRECTOR: RODAS BENALCÁZAR ANA VERÓNICA**

**Quito, Marzo 2023.**

## **AVAL**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Rovayo Lemarie Gustavo Andrés,  
bajo mi supervisión.

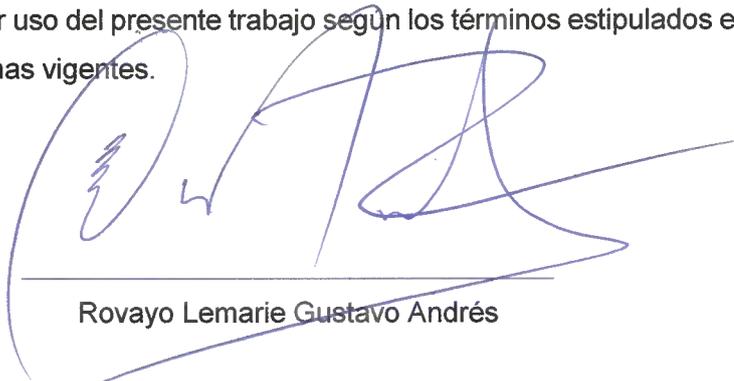


**RODAS BENALCÁZAR ANA VERÓNICA  
DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Rovayo Lemarie Gustavo Andrés, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.



---

Rovayo Lemarie Gustavo Andrés

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo primeramente a mi Dios por darme salud, vida, fuerzas, sabiduría y esperanza para seguir adelante. Que como siempre me siga bendiciendo y me lleve siempre por el camino correcto.

A mis amados padres, Fanny, Libby y Aníbal por hacer de mí un hombre de bien con sus consejos y enseñanzas.

A mis hermanos por su gran cariño y apoyo.

A toda mi familia por ser el pilar fundamental en toda mi vida.

A mi novia por siempre estar pendiente de mí y darme fuerzas para salir adelante.

También me dedico este gran paso en mi vida y en mi carrera. Con fuerza, constancia y esperanza aprovecharé toda la formación superior que me ha sido dada.

*Gustavo A. Rovayo L.*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi Dios todo poderoso, a la Madre Dolorosa y a la Virgen de Guadalupe. Y les pido que siempre me acompañen en cada momento de mi vida y que nunca se olviden de mí.

Agradezco a mis padres Fanny, Libby y Aníbal, por darme la vida y cuidar siempre de mí.

Agradezco a toda mi familia por darme una mano en todo momento y confiar en mí.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional por darme una educación de primer nivel y formar en mí un hombre con valores.

Agradezco a la Ing. Ana Rodas por ser una excelente profesora y ayudarme a realizar el proyecto de titulación.

Agradezco al Dr. Paulo Leica por ser un distinguido profesor y darme el impulso necesario para concluir mi carrera.

Agradezco al Ing. Nelson Sotomayor por su apoyo tanto como profesor como Coordinador de Carrera.

Agradezco a todos mis queridos profesores de la Escuela Politécnica Nacional, por su valiosa enseñanza, correcto proceder y gran profesionalismo.

Agradezco a mis compañeros del trabajo, por el apoyo brindado y el impulso que siempre me han dado.

Agradezco a todos mis compañeros de la Escuela Politécnica Nacional, por llevarnos siempre bien y compartir momentos juntos.

Agradezco a los miembros del Tribunal por su aporte, para la culminación de mi carrera.

Agradezco al personal administrativo y de apoyo de la Escuela Politécnica Nacional ya que son parte fundamental de la institución.

*Gustavo A. Rovayo L.*

# INDICE DE CONTENIDO

AVAL .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
INDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS .....	1
1.1.1 OBJETIVO GENERAL .....	1
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
1.2 ALCANCE .....	2
1.3 MARCO TEÓRICO.....	3
1.3.1. POLIDUCTO SHUSHUFINDI QUITO. ....	3
1.3.2. VARIABLES QUE SE UTILIZAN EN EL PROCESO. ....	5
1.3.3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE COMBUSTIBLE. ....	5
1.3.4. INFORMACIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN. ....	6
2. METODOLOGÍA.....	8
2.1. DETERMINACIÓN DEL MEDIDOR DE FLUJO.....	8
2.1.1. SELECCIÓN DEL MEDIDOR DE FLUJO. ....	8
2.2. CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN DEL MEDIDOR.....	10
2.2.1. EQUIPOS DE MEDIDA COMPLEMENTARIOS EN EL TREN DE MEDICIÓN.....	11
2.2.1.1. Transmisor Indicador integrado modelo 2700. ....	11
2.2.1.2. Transmisor Indicador de Temperatura.....	12
2.2.1.3. Transmisor Indicador de Presión.....	13
2.2.1.4. Indicador de Temperatura. ....	13
2.2.1.5. Indicador de Presión.....	14
2.3. DIAGRAMA DE MONTAJE DEL MEDIDOR Y EQUIPOS COMPLEMENTARIOS.....	14
2.4. COMPUTADORES DE FLUJO.....	16

2.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPUTADORES DE FLUJO FLOBOSS S600. ....	17
2.5. PLC LOGIX 5574.....	18
2.6. CONFIGURACIÓN DE LOS COMPUTADORES DE FLUJO.....	19
2.6.1. SOFTWARE DE CONFIGURACIÓN CONFIG 600. ....	19
2.6.2. CONFIGURACIÓN DE CADA COMPUTADOR DE FLUJO. ....	19
2.6.3. CONFIGURACIÓN DE REPORTES EN EL COMPUTADOR DE FLUJO. ....	23
2.7. DESCRIPCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL. ....	25
2.7.1. TABLERO DE CONTROL.....	25
2.7.2. EQUIPOS IMPLEMENTADOS EN EL TABLERO DE CONTROL. ....	26
2.7.2.1. Fuente de alimentación redundante 1756-PA75R. ....	26
2.7.2.2. Módulo ControlLogix 1756-L61. ....	27
2.7.2.3. Tarjeta Ethernet/IP 1756-ENBT. ....	28
2.7.2.4. Switch Ethernet Industrial Stratix 8000. ....	29
2.8. FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE RESPALDO. ....	29
2.9. DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN EN EL PLC LOGIX5576 .....	31
2.9.1. PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO MVI56-MCM. ....	31
2.9.2. MÓDULO DE COMUNICACIÓN MODBUS MVI56-MCM. ....	38
2.9.3. INICIALIZACIÓN DEL MÓDULO MVI56-MCM. ....	39
2.9.4. MÓDULO CONTROLNET. ....	39
2.9.5. MÓDULO ETHERNET.....	40
2.9.6. PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA TRANSMISIÓN DE DATOS. ....	43
2.9.7. ENTORNO DEL PROGRAMA CONTROL LOGIX5000.....	43
2.9.8. DESCRIPCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN UTILIZADA.....	46
2.9.8.1. Instrucciones Add-On (ADD-ON).....	46
2.10. DESARROLLO DE LA INTERFAZ PARA LA VISUALIZACIÓN DE DATOS (HMI).....	51
2.10.1. ESTRUCTURA DE DISEÑO.....	51
2.10.2. ESTRUCTURA METODOLÓGICA DE LA INTERFAZ. ....	51
2.10.3. GENERALIDADES DEL PROGRAMA FACTORYTALK VIEW STUDIO. ....	52
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
3.1. PRUEBAS EN EL CARRETE DE MONTAJE DEL TREN DE MEDICIÓN. ....	60
3.2. SISTEMA DE MEDICIÓN CORIOLIS IMPLEMENTADO.....	62

3.3. PRUEBAS DE CONEXIONADO Y PUESTA A TIERRA. ....	63
3.3.1. PRUEBAS DE CONEXIONADO. ....	63
3.3.2. SISTEMA DE PROTECCIÓN DE PUESTA A TIERRA.....	66
3.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO COMPUTADORES DE FLUJO. ....	66
3.4.1. PRUEBA DE LAS SEÑALES DE LOS MEDIDORES DE FLUJO. ....	68
3.5. PRUEBA DE LA SEÑAL DE LOS TRANSMISORES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA. ....	68
3.6. PRUEBA DE LA CONFIGURACIÓN DE SEÑAL EN EL COMPUTADOR DE FLUJO. ....	69
3.6.1. PRUEBA DE LA CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN DEL SISTEMA REDUNDANTE DEL COMPUTADOR DE FLUJO. ....	69
3.7. PRUEBA DE CONFIGURACIÓN PARA REPORTES COMPUTADORES DE FLUJO. ....	70
3.8. PRUEBA DE OPERACIÓN DE LOS COMPUTADORES DE FLUJO. ....	71
3.9. PRUEBAS DE LAS PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN EN LA SALA DE CONTROL. ....	73
3.9.1- ESQUEMÁTICO DE LA ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN. ....	73
3.9.2. PRUEBA DE PANTALLA DE VISUALIZACIÓN DEL TREN DE MEDICIÓN. ....	74
3.9.3. PRUEBA DE PANTALLA DE VISUALIZACIÓN PRINCIPAL DE OPERACIÓN. ....	75
3.9.3.1. Tren principal de ingreso.....	76
3.9.3.2. Tren de reducción de presión. ....	76
3.9.3.3. Tren de datos de medición de flujo. ....	76
3.9.3.4. Tren de distribución del producto. ....	76
3.9.3.5. Gráficas de registro de densidad. ....	76
3.9.3.6. Pantalla de visualización del perfil altimétrico. ....	76
3.10. PRUEBAS DE MANEJO DE LOS DATOS A TRAVÉS DE LA WEB SERVER. ....	77
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	82
4.1. Conclusiones.....	82
4.2. Recomendaciones. ....	83
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: .....	84
ORDEN DE EMPASTADO .....	85

## **RESUMEN**

En los procesos y operaciones de la industria hidrocarburífera es de suma importancia la medición de flujo, ya que desde los pozos petroleros o refinerías hay varios procesos en los cuales se hace una transferencia de custodia. En el Poliducto Shushufindi Quito se ejecutan varias transferencias de custodia, desde los tanques de la estación cabecera de bombeo Shushufindi pasando por las diferentes estaciones de bombeo hasta llegar a la Estación Reductora en el Terminal Beaterio.

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo el cambio del medidor de flujo de combustible a uno de tipo másico y el cambio del sistema de monitoreo para mejorar su operación. Al momento se cuenta con un medidor de tipo turbina, que tiene fallas en la medición porque tiende a trabarse por la acumulación de partículas y sedimentos propios de la operación en el transporte de hidrocarburos.

En la sala de operaciones se implementará un sistema de monitoreo el cual indique las variables de volumen, presión, temperatura y grado API en tiempo real, para permitir que el operador pueda tomar decisiones para el control del proceso, y cuente con un sistema de almacenamiento de información y presentación de reportes tanto para la contabilidad interna como para los organismos de fiscalización.

### **PALABRAS CLAVE:**

Medición, volumen, transferencia, Coriolis, monitoreo.

## **ABSTRACT**

In the processes and operations of the hydrocarbon industry, flow measurement is of utmost importance, since from oil wells or refineries there are several processes in which a custody transfer is made. In the Shushufindi Quito Polyduct, several custody transfers are carried out, from the tanks of the Shushufindi pumping head station passing through the different pumping stations until reaching the Reducing Station in the Beaterio Terminal.

The objective of this titling work is to change the fuel flow meter to a mass type and change the monitoring system to improve its operation. At the moment there is a turbine-type meter, which has measurement failures because it tends to get stuck due to the accumulation of particles and sediments typical of the operation in the transport of hydrocarbons.

In the operating room, a monitoring system will be implemented which indicates the variables of volume, pressure, temperature and API degree in real time, to allow the operator to make decisions for the control of the process, and has a storage system of information and presentation of reports both for internal accounting and for control agencies.

### **KEYWORDS:**

Measurement, volume, transfer, Coriolis, monitoring.

# 1. INTRODUCCIÓN

La cuantificación del volumen de los hidrocarburos juega un papel fundamental dentro de la cadena de valor y custodia. Complementando las operaciones petroleras de una manera confiable y rentable.

Para conseguir una adecuada cuantificación, se hace necesario implementar sistemas de medición a lo largo de la cadena de producción y comercialización. Esta cadena se puede dividir en producción, transporte y venta a clientes.

Los sistemas de medición que se implementen deben contar con una tecnología apropiada para la medición basada en estándares internacionales, así como normas locales, con el propósito de tener la menor incertidumbre posible en las mediciones.

Esto hace que en los diferentes puntos de transferencia de custodia se minimicen las pérdidas por error en la medición.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este Proyecto es:

Implementar un sistema de monitoreo de flujo, volumen, temperatura y grado API, para el Poliducto Shushufindi Quito y cambiar el sistema de medición de combustible.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Los objetivos específicos de este Proyecto son:

- Estudio del estado actual del sistema y recopilación de la información técnica y de operación.
- Dimensionar los modelos adecuados de medidores y computador de flujo con el estudio realizado. Realizar la instalación mecánica y eléctrica correspondiente para el montaje respectivo, así como la configuración de los equipos.
- Implementar la red de comunicación Modbus y Ethernet para la comunicación entre los medidores, el computador de flujo, el PLC y el sistema de monitoreo.

- Diseñar e implementar el sistema de monitoreo, tomando como referencia sistemas con características similares que ya se tiene en funcionamiento en la Estación Reductora del P.SH. Q.
- Realizar las pruebas del sistema en conjunto con el personal operativo de la sala de control para determinar la funcionalidad del sistema.

## **1.2 ALCANCE**

Los puntos que se pretende alcanzar en este proyecto son:

- Estudio del estado actual del sistema de medición para identificar problemas y plantear posibles soluciones.
- Determinar las especificaciones de los sensores y el computador de flujo a ser instalados.
- Cambiar el sistema de flujo existente instalando los medidores.
- Configurar los medidores y el computador de flujo de acuerdo a recomendación del fabricante y requerimientos del proceso.
- Adquirir los datos de las variables a medir que son el caudal, volumen, grado API y temperatura. Estos datos serán enviados a través de un bus de datos Ethernet, hacia el computador de flujo.
- Enlazar mediante un protocolo de comunicación industrial Modbus / TCP, el computador de flujo instalado, otro computador de flujo que se encuentra en operación y el PLC con el sistema de monitoreo en la sala de control.
- Diseñar e implementar un sistema de visualización para el monitoreo en la sala de control, el cual recibirá y almacenará los datos de caudal, volumen recibido, grado API y temperatura enviados desde los medidores.
- Realizar las pruebas a los equipos instalados y al sistema total en conjunto con el personal operativo de la planta, quienes determinarán la funcionalidad del sistema.

## 1.3 MARCO TEÓRICO

### 1.3.1. POLIDUCTO SHUSHUFINDI QUITO.

Los Poliductos son redes de tubería a través de los cuales se transportan productos derivados del petróleo, desde las refinерías hasta los centros de distribución o terminales de almacenamiento.

El Poliducto Shushufindi Quito tiene una extensión aproximada de 304 Km con diámetros de tubería de 6 y 4 pulgadas; y por él se transportan aproximadamente 420 bph (barriles por hora).

La estación cabecera Shushufindi se encuentra a 260 metros sobre el nivel del mar, hasta llegar a la estación Beaterio que se encuentra a 2940 metros sobre el nivel del mar. Dado que el fluido tiene que vencer el incremento de altura, cuenta con estaciones de bombeo intermedias que le dan una repotenciación y evitan la pérdida de presión en el poliducto. En la figura 1.1 se puede ver la ubicación del poliducto Shushufindi Quito en el mapa de Ecuador.



Figura 1.1. Ubicación del Poliducto Shushufindi Quito. [1]

El poliducto cuenta con estaciones reductoras de presión, sistemas de transferencia de custodia y sistemas de monitoreo.

El objetivo de colocar una Estación Reductora de presión en un poliducto u oleoducto es reducir la presión mediante la colocación de válvulas de estrangulación, por lo cual aguas arriba se mantiene una presión alta y aguas abajo se contará con una presión manejable para interactuar con equipos de medición y tanques de almacenamiento del producto.

Las estaciones reductoras pueden contar con control local y/o remoto. En este último caso reportan a un centro de control distante las señales de estado, presión de entrada y presión de salida, y al mismo tiempo desde la sala de control se puede modificar las consignas (set point) de operación de las válvulas.

La transferencia de custodia (Custody Transfer), se refiere principalmente al uso de sistemas de instrumentación que permiten asegurar que la cantidad de un producto transferido entre dos o más partes esté dentro del rango de volumen medido o contabilizado al inicio de la transferencia y se llegue a minimizar las pérdidas por el transporte de los hidrocarburos, en este caso por tubería o poliducto.

En este sentido la transferencia de custodia se considera muy importante en el sector industrial de Oil & Gas.

El proceso de selección de un flujómetro para transferencia de custodia no es fácil, ya que no es una ciencia exacta y por lo general existe más de una opción. Por lo cual se requiere hacer un análisis del proceso para su selección.

Según el foro de lineamientos de medición realizado en México en el año 2012, para la medición de hidrocarburos líquidos en operaciones de transferencia de custodia se recomienda lo siguiente:

- Para diámetros de tubería menor o igual a 12", la implantación de la tecnología coriolis es la mejor opción.
- Para diámetros de tubería mayor a 12", la implantación de la tecnología ultrasónica es la mejor opción. [20]

Los sistemas de monitoreo se utilizan con el propósito de asegurar el correcto funcionamiento del proceso incluso en situaciones anómalas.

El monitoreo en el sistema de transferencia de custodia que se implementa es importante por lo siguiente:

- En el proceso puede existir variaciones de densidad del producto, el operador al darse cuenta de esto puede tomar decisiones y reportar el problema.

- Con el monitoreo se puede tener en cuenta si hay variaciones de presión tanto en la entrada como en la salida del sistema y corregir las mismas.
- Mediante el monitoreo se puede evidenciar las condiciones de la Estación de Bombeo anterior y ayudarlo a mantener una presión de salida adecuada, para evitar que la tubería se des presione o se sobre presione.

### **1.3.2. VARIABLES QUE SE UTILIZAN EN EL PROCESO.**

En el monitoreo de las operaciones del poliducto se debe observar ciertas variables para mantener su funcionamiento en condiciones normales. Estas variables son la presión, el caudal o flujo y la temperatura.

En el caso de la presión, este parámetro es importante para evitar contaminaciones entre productos diferentes que son transportados por el poliducto, además evita que se produzcan gasificaciones dentro de la tubería, las cuales pueden causar corrosión interna.

El flujo permite contabilizar el movimiento del fluido por hora dentro de la tubería, además se puede tener un aproximado del volumen de los diferentes productos.

La temperatura es importante en el proceso, ya que, de acuerdo a esta los combustibles líquidos tienden a cambiar su volumen por expansión o contracción de acuerdo a la temperatura ambiente, por esta razón se debe tener un factor de corrección de temperatura al momento de la medición.

### **1.3.3. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE COMBUSTIBLE.**

En la Estación Reductora del Poliducto Shushufindi Quito actualmente se dispone de un sistema de medición de turbina el cual registra el volumen hora recibido en contadores de flujo. Se cuenta con un sistema de dos turbinas montadas en paralelo. Este sistema tiene fallas mecánicas por el desgaste de sus partes móviles, lo cual produce errores en la medición volumétrica y además la transmisión de los datos a la sala de control es deficiente, ya que actualmente sólo envía valores de flujo en barriles hora y volumen acumulado, dejando a la sala de operaciones sin los registros de temperatura y grado API necesarios para el control de los productos que se transportan y almacenan.

Estos inconvenientes se ven reflejados en la medición y contabilización final de cada producto (gasolina y diésel), ya sea en la comparación volumétrica que se bombea desde Shushufindi y/o también en lo recibido en el contador de la Estación Reductora con el aforo manual en los tanques de almacenamiento. Por lo cual en base a las necesidades de operación, se requiere que las mediciones de flujo, volumen, temperatura y grado API se puedan visualizar en pantallas de monitoreo. Es por esto que las Jefaturas han determinado la necesidad de cambiar el sistema de medición volumétrica actual, por un sistema de medición que incluya medidores másicos con indicación y envío de datos

#### 1.3.4. INFORMACIÓN TÉCNICA DE OPERACIÓN.

Luego de la visita técnica de campo se determinan las siguientes especificaciones técnicas de operación que permitirán seleccionar los instrumentos que van a reemplazar a los existentes.

Tubería:

<b>Descripción</b>	<b>Diámetro Pulgadas</b>	<b>ANSI</b>
Entrada a la estación (succión)	4	600
Tren de medición	3	300
Descarga	4	150

Presiones de trabajo:

<b>Descripción</b>	<b>Presión Máxima Psi</b>	<b>Presión Mínima Psi</b>
Entrada a la estación (succión)	600	90
Tren de medición	60	5
Descarga	50	5

Caudales de trabajo:

<b>Descripción</b>	<b>Caudal Máximo Barriles / hora</b>	<b>Caudal Mínimo Barriles / hora</b>
Entrada a la estación (succión)	500	0
Tren de medición	500	0
Descarga	500	0

Temperatura del producto:

<b>Descripción</b>	<b>Temperatura Máxima Grados Fahrenheit</b>	<b>Temperatura Mínima Grados Fahrenheit</b>
Entrada a la estación (succión)	85	55
Tren de medición	85	55
Descarga	85	55

Densidad del producto:

<b>Descripción</b>	<b>Densidad Máxima Grados API</b>	<b>Densidad Mínima Grados API</b>
Entrada a la estación (succión)	900	700
	26	71
Tren de medición	900	700
	26	71
Descarga	900	700
	26	71

## **2. METODOLOGÍA**

En este capítulo se va a describir la configuración de los diferentes equipos reemplazados con el fin de que envíen datos a la red industrial existente. Adicionalmente se explicará cómo se desarrolló la interfaz adicional programada.

### **2.1. DETERMINACIÓN DEL MEDIDOR DE FLUJO.**

Con la información obtenida anteriormente, se hace la siguiente evaluación para determinar el equipo adecuado:

- Se necesita un medidor que no sea afectado por la presencia de partículas propias de la operación, lo cual sucede con el medidor de turbina.
- Es necesario estandarizar los instrumentos.
- Se debe considerar el conocimiento y experiencia de los operadores en el manejo de instrumentos.
- El medidor a instalar debe cubrir los rangos de operación referentes a flujo, temperatura presión, densidad y diámetro de la tubería.

De lo expuesto anteriormente se escoge como medidor de flujo para la operación el de tipo Coriolis.

#### **2.1.1. SELECCIÓN DEL MEDIDOR DE FLUJO.**

En base a las consideraciones anteriormente descritas se ha escogido un medidor de flujo másico tipo coriolis y un computador de flujo de la marca Emerson.

Tomando en cuenta los rangos de operación, se analiza el catálogo de equipos del fabricante y se selecciona el modelo CMF300, el cual se observa en la figura 2.1.



**Figura 2.1.** Medidor de Coriolis. Modelo CMF300. [2]

Las características del medidor de flujo CMF300 están indicadas en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Características Coriolis Modelo CMF300 [2]

<b>Medidor de Flujo y Densidad Coriolis Modelo CMF300</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Fabricante</b>
Coriolis	Elite	CMF300	Micro Motion
<b>Variable</b>			
<b>Variable</b>	<b>Precisión</b>	<b>Repetitividad</b>	<b>Rango Nominal</b>
Flujo	±0.1% (caudal)	±0.05% (caudal)	De 0 a 1000 bls/h
Densidad	±0.5 Kg/ m <sup>3</sup>	±1.0 Kg/ m <sup>3</sup>	De 0 a 5000 Kg/m <sup>3</sup>
Temperatura	±0.5% lectura en Centígrados	±0.2% en Centígrados	De -40 a 140 Fahrenheit
Presión	Material de acero inoxidable		De 0 a 1730 Psi

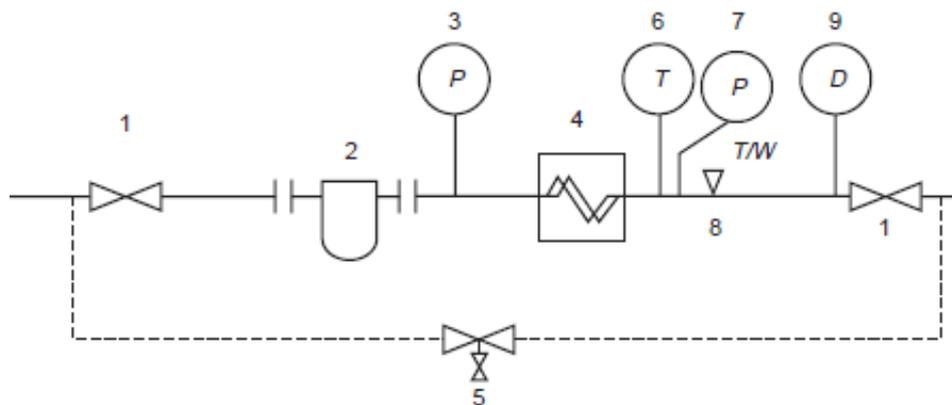
El medidor de flujo da la medida de la densidad absoluta, pero por medio de una transformación en el computador de flujo, indica la medida en grados API.

El material de acero inoxidable con el que está construido el medidor de flujo puede soportar condiciones ambientales en lugares de trabajo al aire libre. En esta instalación el equipo va permanecer a la intemperie, a temperatura ambiente entre 8 y 25 grados centígrados.

## 2.2. CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN DEL MEDIDOR.

Para la instalación se ha considerado que deben ser dos medidores en paralelo con las mismas características para tener la posibilidad de cambiar de ramal de medición y así no tener paradas de la operación por mantenimiento o si se produce algún daño en el equipo. Los medidores deben ser instalados en un carrete de tubería que a su vez va montado en una estructura metálica, la cual está fijada al suelo mediante concreto. La posición en la que se va a colocar los medidores es de tipo bandera. Adicionalmente en cada carrete y junto a cada medidor se va a instalar equipos complementarios como transmisor indicador de presión, transmisor indicador de temperatura, indicador de temperatura.

Para la instalación de los medidores y los equipos complementarios se utilizará la norma API 5.1- sección 6 [3], en lo referente al montaje típico de instalación. En la figura 2.2 se tiene el esquema de instalación del medidor y los equipos complementarios.



**Figura 2.2.** Esquema típico de instalación del medidor Coriolis [3]

1. Válvulas de bloqueo.
2. Filtro Strainer (tipo gorro de bruja).
3. Indicador de presión.

4. Medidor de flujo tipo Coriolis.
5. Válvula de drenaje.
6. Transmisor indicador de temperatura.
7. Transmisor indicador de presión
8. Conexión auxiliar
9. Indicador de densidad.

### **2.2.1. EQUIPOS DE MEDIDA COMPLEMENTARIOS EN EL TREN DE MEDICIÓN.**

A más del medidor de Coriolis es conveniente instalar equipos complementarios de medida los cuales se indicaron anteriormente en la figura 2.2.

Estos equipos son un transmisor indicador integrado, indicador de presión, indicador transmisor de temperatura, Indicador transmisor de presión, indicador de temperatura. Las características generales técnicas de cada equipo las revisamos a continuación. Estos equipos ya se los tenía en bodega por lo cual se procedió a su uso. Los equipos complementarios sirven para tener una dualidad en la medida por si hay dudas por parte del operador, y, para cuando se realice un recorrido, poder verificar las condiciones de operación e ir tomando nota de las condiciones en campo.

#### **2.2.1.1. Transmisor Indicador integrado modelo 2700.**

El transmisor indicador integrado cuenta con dos señales que van hacia el tablero de campo, estas son, una señal de pulsos y una señal de 4 a 20 mA. Es alimentado por una fuente de 24 Vdc y va conectado al medidor de flujo tipo coriolis. En el indicador se observa la lectura del flujo en barriles/hora. En la figura 2.3 se puede observar el indicador.



**Figura 2.3.** Transmisor indicador integrado modelo 2700.

### **2.2.1.2. Transmisor Indicador de Temperatura.**

El Transmisor indicador de temperatura tiene capacidad para medir hasta 2 entradas y se usa para medir la temperatura del fluido. Su salida es de 4 a 20 mA. y su voltaje de alimentación es de 24 Vdc. Se lo puede observar en la figura 2.4.



**Figura 2.4.** Transmisor indicador de temperatura.

### 2.2.1.3. Transmisor Indicador de Presión.

El transmisor indicador de presión tiene una señal de salida de 4 a 20 mA y es alimentado con una fuente de 24 Vdc. El indicador da la lectura en Psi. Tiene un rango de operación de 0 a 800 Psi. En la figura 2.5 se tiene el transmisor indicador de presión.



Figura 2.5. Transmisor indicador de presión.

### 2.2.1.4. Indicador de Temperatura.

El indicador de temperatura analógico se instala a la salida del medidor de flujo y se lo utiliza para visualizar el valor de la temperatura en grados Centígrados en un rango de -10 °C a 90 °C y en grados Fahrenheit en un rango de 0 °F a 200 °F. En la figura 2.6 se tiene el indicador de temperatura.



Figura 2.6. Indicador de Temperatura.

### 2.2.1.5. Indicador de Presión.

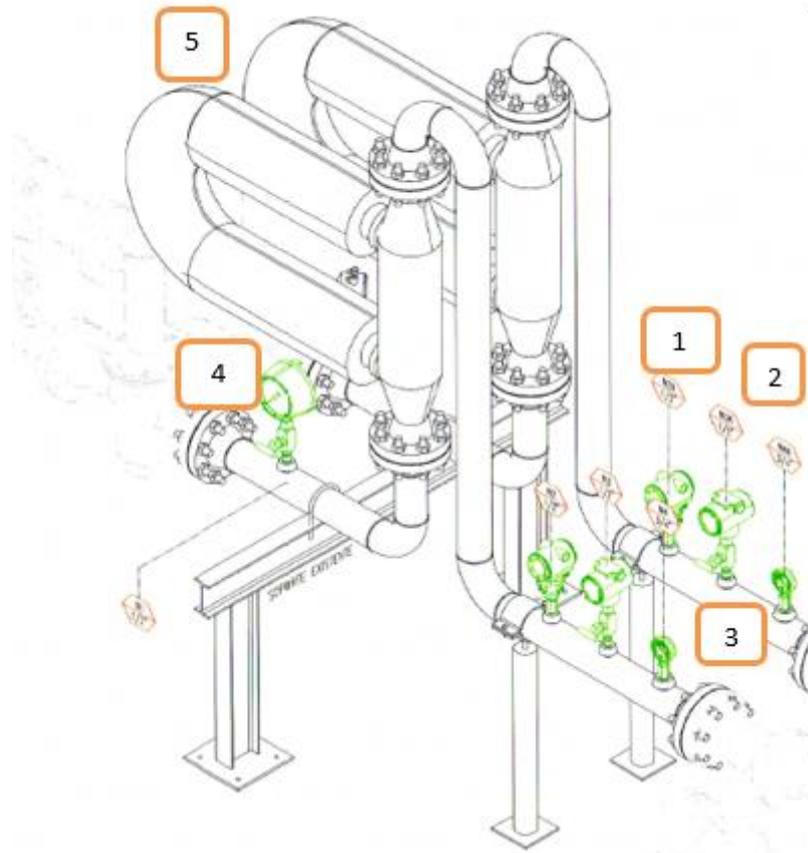
El indicador de presión analógico tiene como elemento primario un muelle tubular; la aguja y pantalla se encuentran embebidos en glicerina para que la vibración propia de la operación no afecte la lectura. Tiene un rango de medida de 0 a 600 Psi. El indicador de presión se observa en la figura 2.7.



**Figura 2.7.** Indicador de Presión.

## 2.3. DIAGRAMA DE MONTAJE DEL MEDIDOR Y EQUIPOS COMPLEMENTARIOS.

El montaje de la tubería y el medidor de flujo se encuentran sobre una estructura metálica, la cual está fijada en el suelo mediante concreto. La posición de los medidores es en tipo bandera como se observa en la figura 2.8, ya que, no se contaba con el espacio suficiente entre el suelo y la tubería para poner los medidores en forma de U como se los instala por lo general. La instalación tipo bandera no afecta en nada a la medición de los equipos.



**Figura 2.8.** Diagrama del montaje del carrito de tubería y equipos.

1. Transmisor indicador de temperatura.
2. Transmisor indicador de presión.
3. Indicador de temperatura.
4. Indicador de presión.
5. Medidor de flujo tipo Coriolis.

El montaje de los equipos en la tubería se va realizando uno por uno, instalando primero los medidores de flujo y luego los equipos complementarios del sistema de medición. El montaje se lo realiza con la ayuda de una grúa para el levantamiento y sostén de los medidores de flujo. El personal se encarga de la fijación en las respectivas juntas con ajuste de los pernos. El montaje se los puede observar en la figura 2.9.

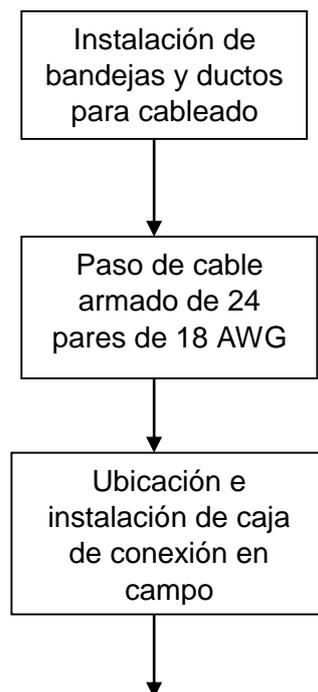


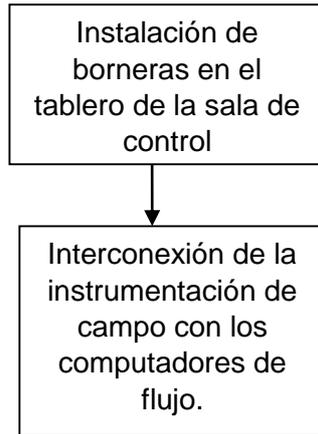
**Figura 2.9.** Montaje de los equipos en la tubería

## **2.4. COMPUTADORES DE FLUJO.**

Los computadores de flujo son los equipos a los cuales llegan las señales de los medidores de flujo tipo Coriolis y los equipos auxiliares. Los computadores de flujo son equipos que ya se los había instalado junto a otros medidores de flujo de otro Poliducto y al ser compatibles con los medidores a instalar, ya no fue necesario hacer una selección previa de los mismos. Por esta razón los computadores de flujo utilizados son de la marca Emerson modelo Floboss S600.

Para la conexión de estos medidores a los computadores de flujo ubicados en la sala de control se requiere previamente hacer los siguientes pasos físicos que se señalan en el diagrama de la figura 2.10.





**Figura 2.10.** Pasos para la conexión de los medidores a los computadores de flujo

### 2.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPUTADORES DE FLUJO FLOBOSS S600.

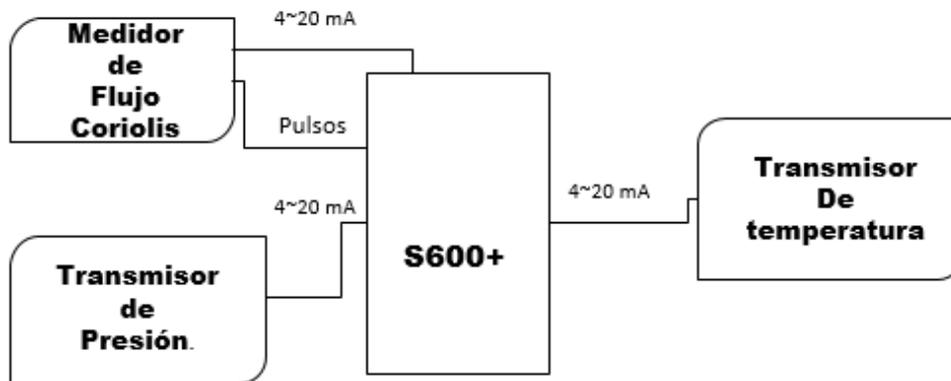


**Figura 2.11.** Computador de flujo FloBoss S600. [4]

El computador de flujo FloBoss S600, es un computador para montaje en panel diseñado específicamente para medir el líquido y el gas de hidrocarburos. Las características de este computador lo hacen ideal para mediciones fiscales, transferencia de custodia, carga por lotes y aplicaciones de prueba de medidores. Este computador permite configurar aplicaciones que le permiten medir simultáneamente

líquidos y gases. En la figura 2.11 se puede observar el computador de flujo FloBoss S600.

El diagrama de señales que ingresan de los equipos al computador de flujo se puede verificar en la figura 2.12.



**Figura 2.12.** Diagrama de ingreso de señales FloBoss S600.

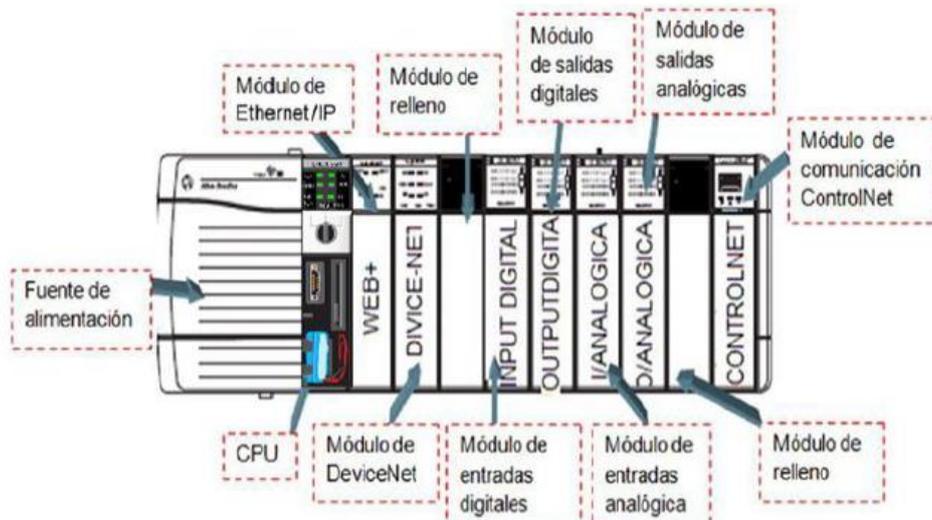
## 2.5. PLC LOGIX 5574.

El PLC Logix 5574 se empleará para la recepción de los datos de los computadores de flujo y transmitirlos hacia los HMI por medio de comunicación Ethernet / IP. Estos controladores usan Studio 5000 Automation Engineering para su programación.

Cuentan con un módulo RIO para colocar tarjetas de comunicación, tarjeta de entradas y salidas analógicas y tarjeta de entradas salidas discretas. En este caso se utilizará el módulo ControlLogix 1756-L61. En la figura 2.13 se tiene el PLC Logix 5574 y en la figura 2.14 se tiene el módulo ControlLogix 1756-L61.



**Figura 2.13.** PLC Logix 5574 [10]



**Figura 2.14.** Módulo ControlLogix 1756-L61 [7]

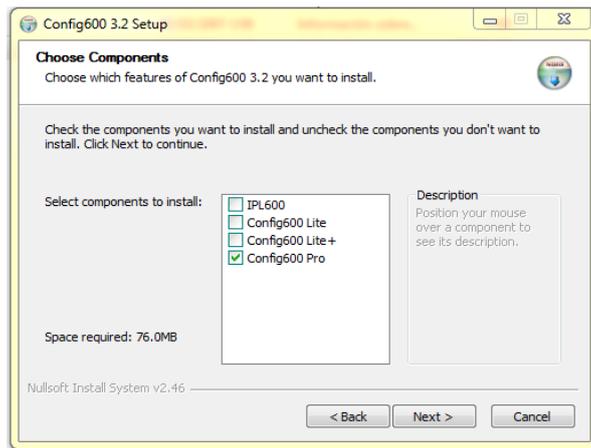
## 2.6. CONFIGURACIÓN DE LOS COMPUTADORES DE FLUJO.

### 2.6.1. SOFTWARE DE CONFIGURACIÓN CONFIG 600.

El programa de configuración permite hacer o cargar configuraciones nuevas o modificar las existentes o cargar configuraciones ya realizadas anteriormente. Permite así mismo modificar o definir las funciones tales como totalización de estaciones, corrección de lotes, equilibrio de flujo, programación de flujo, secuencia de prueba automática, factorización del factor K o factor de medida, control de muestra, densitómetro, número de error hacia adelante o hacia atrás, modo de mantenimiento, Modbus, y modificar la matriz de visualización.

### 2.6.2. CONFIGURACIÓN DE CADA COMPUTADOR DE FLUJO.

Para la configuración se inicia con la instalación del software Config 600 como se indica en la figura 2.15.



**Figura 2.15.** Instalación del software Config 600.

Se debe tener en cuenta que hay que asignar una dirección IP al computador de flujo para la configuración. Para este caso se asigna la dirección IP: 172.25.128.7

Para la configuración del computador de flujo se escoge el aplicativo 'Config Generator'. Como se puede observar en la figura 2.16.

	Config Generator	06/03/2017 15:13	Acceso directo	2 KB
	Config Transfer	06/03/2017 15:13	Acceso directo	2 KB
	Config600 Help	06/03/2017 15:13	Acceso directo	3 KB
	Display Editor	06/03/2017 15:13	Acceso directo	2 KB
	LogiCalc Editor	06/03/2017 15:13	Acceso directo	2 KB
	Modbus Editor	06/03/2017 15:13	Acceso directo	2 KB
	PCSetup	06/03/2017 15:13	Acceso directo	2 KB
	Remote Archive Uploader	06/03/2017 15:13	Acceso directo	2 KB
	Remote Front Panel	06/03/2017 15:13	Acceso directo	2 KB
	Report Editor	06/03/2017 15:13	Acceso directo	2 KB
	System Editor	06/03/2017 15:13	Acceso directo	2 KB
	Version History	06/03/2017 15:13	Acceso directo	3 KB

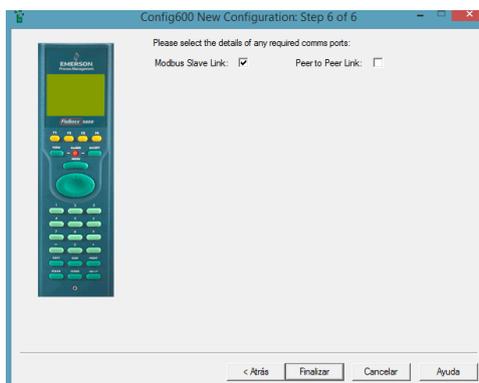
**Figura 2.16.** Configuración inicial.

Al ingresar al Config Generator se selecciona el sistema de medida que en este caso será el sistema Imperial, el cual da las medidas de presión en Psi, de temperatura en grados Fahrenheit y el volumen en barriles BBL.

Se configura el computador de flujo como una estación con varios brazos de medición. Así mismo se indica el tipo de sensor de flujo a utilizar, el cual es el medidor coriolis CMF 300.

Se tiene luego las opciones de cálculo, en la cual se escoge la configuración estándar. Esta configuración da una densidad del producto corregida a 60°F.

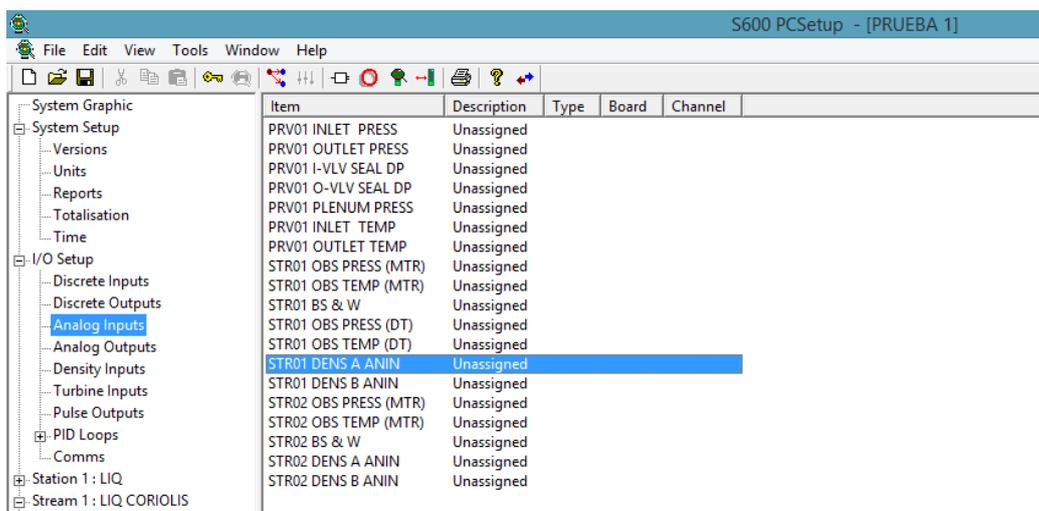
Una vez terminado estos pasos se muestra una ventana la cual ya indica el computador de flujo como en la figura 2.17.



**Figura 2.17.** Pantalla de fin de configuración.

Posteriormente se ingresa al sistema del computador de flujo y se configuran las variables densidad, temperatura, presión y volumen.

Para configurar la densidad y se escoge el medidor 1(meter 1), entradas analógicas como se puede ver en la figura 2.18.



**Figura 2.18.** Configuración de la señal de densidad.

El siguiente paso es tomar la señal de campo, para esto se escoge el canal uno y luego 'measured' o medida como se indica en las figuras 2.19 y 2.20 respectivamente.

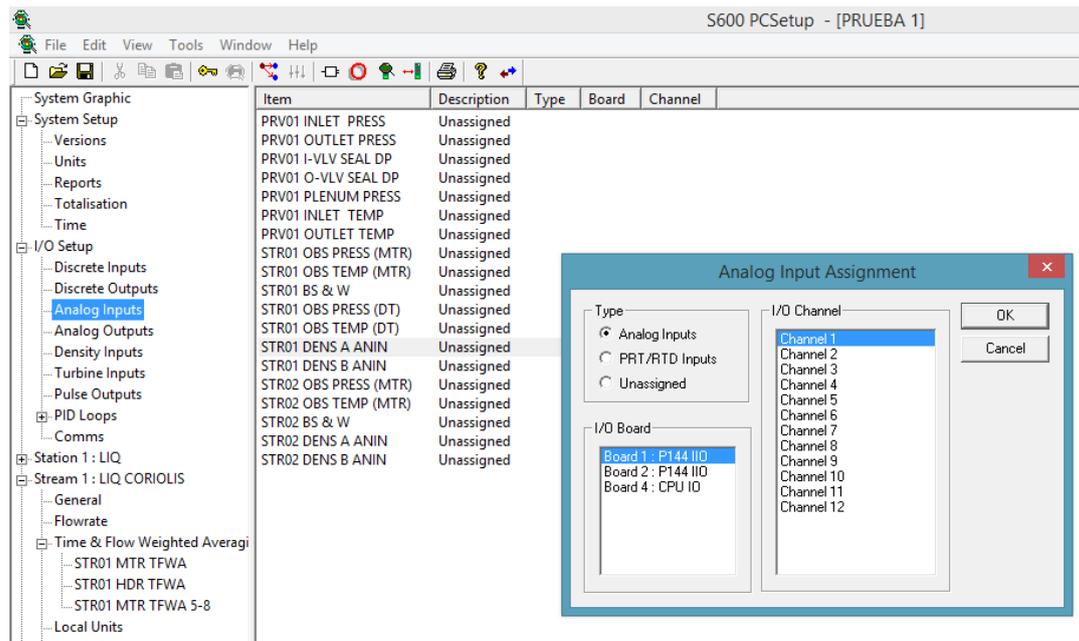


Figura 2.19. Asignación de un canal de señal.

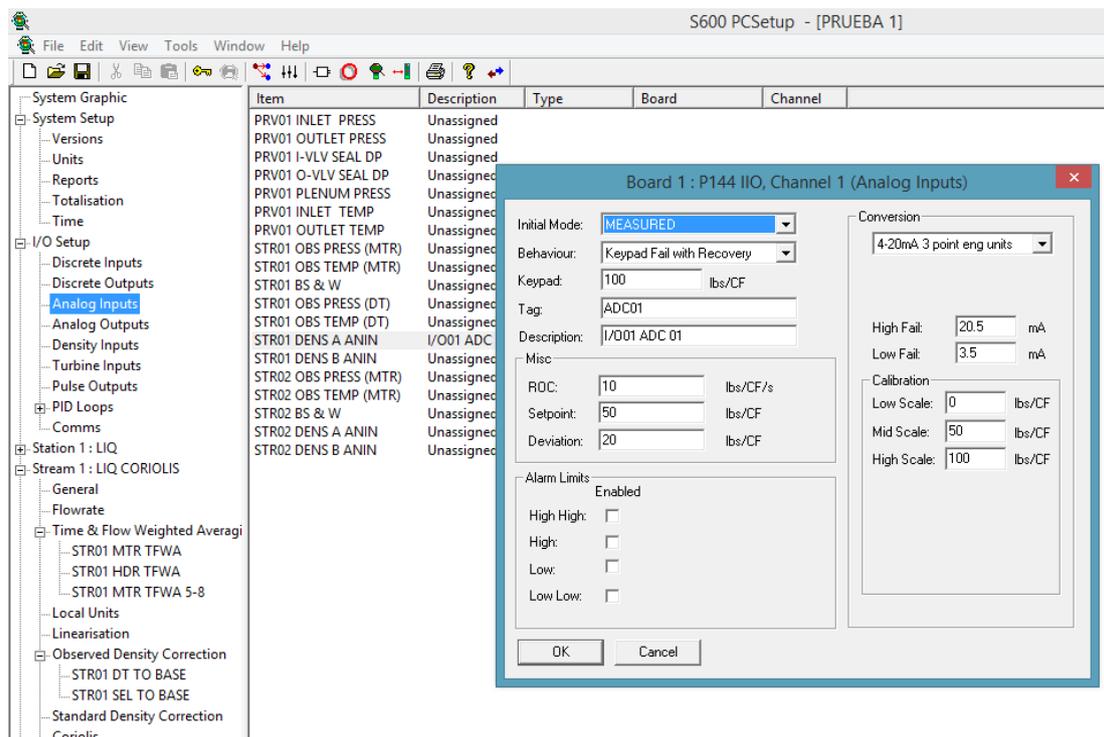


Figura 2.20. Asignación de una señal de campo

Los mismos pasos anteriores se los realiza para la configuración de las señales de entrada de temperatura, presión y volumen.

### 2.6.3. CONFIGURACIÓN DE REPORTES EN EL COMPUTADOR DE FLUJO.

Los reportes son necesarios ya que permiten hacer los cortes diarios de recepción de producto, además las jefaturas lo utilizan para hacer los consolidados semanales y mensuales.

Para la configuración de reportes se va a 'system setup' y se escoge 'reports'. En esta sección se puede crear un nuevo reporte en donde se debe indicar el número de reportes de acuerdo a la necesidad, que puede ser diario, semanal, mensual, anual. Esto se lo puede apreciar en la figura 2.21.

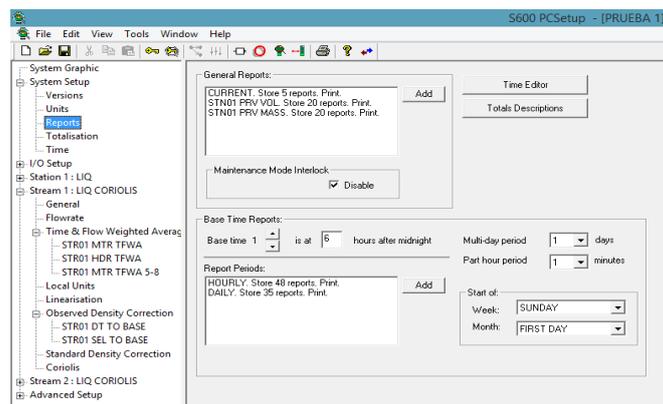


Figura 2.21. Configuración de reportes.

Una vez creado el reporte se añade fecha de corte, periodo, producto y las variables que se desea ver en dicho reporte como se muestra en las figuras 2.22 y 2.23.

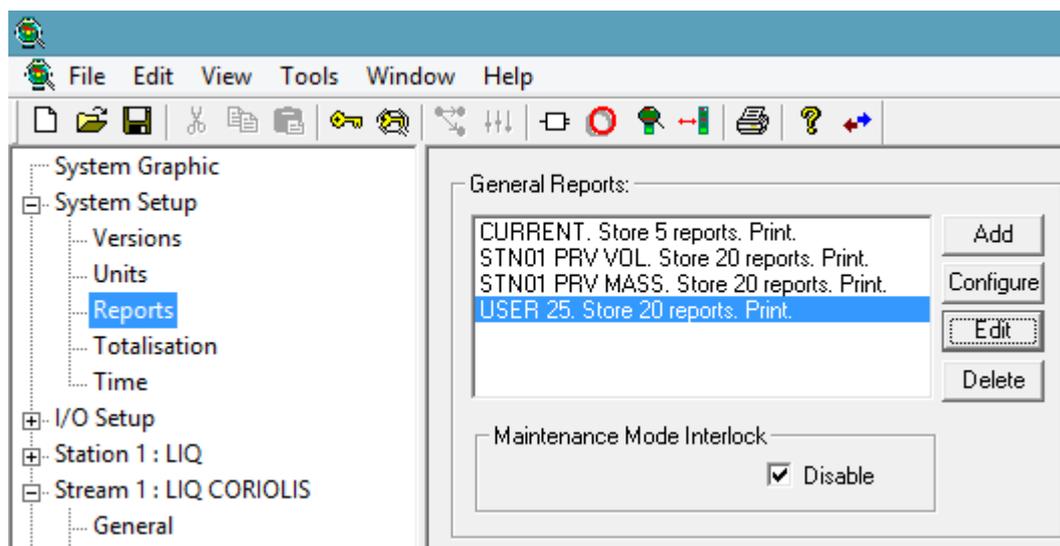
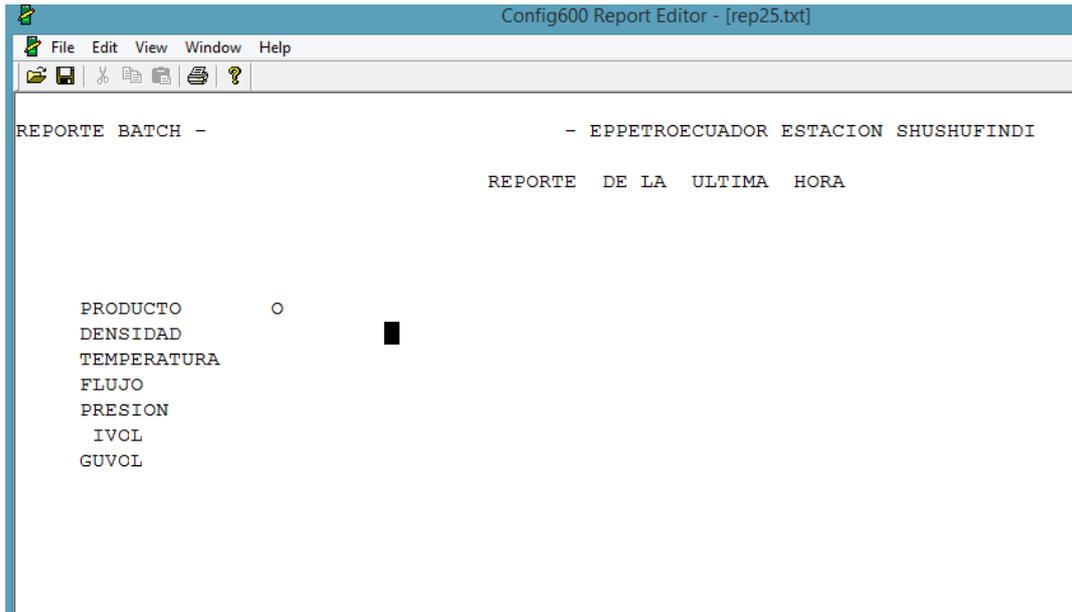
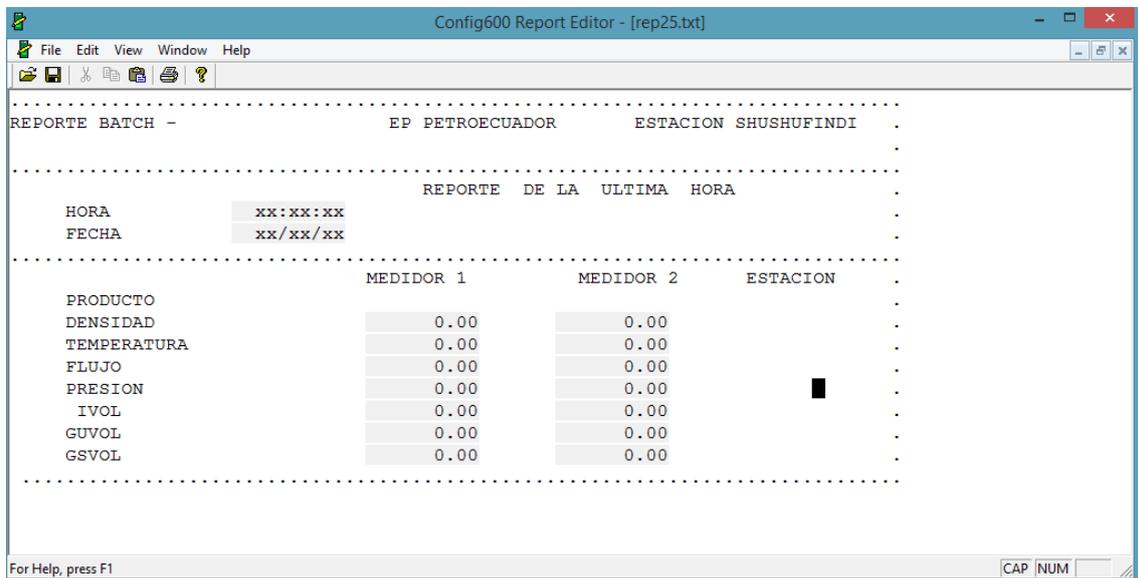


Figura 2.22. Edición de reportes.



**Figura 2.23.** Variables que se incluye en reportes.

El reporte final para un bache, lote o partida tendrá los datos del producto, los datos del periodo y el volumen. El reporte queda como se puede observar en la figura 2.24.



**Figura 2.24.** Formato de reporte de un bache.

## 2.7. DESCRIPCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.

### 2.7.1. TABLERO DE CONTROL.

El tablero de control principal de la estación se encuentra en el cuarto de control, a este, llegan todas las señales de los diferentes equipos que comprenden la Estación Reductora. En la figura 2.25 se tiene el diagrama frontal del tablero de control de la estación.

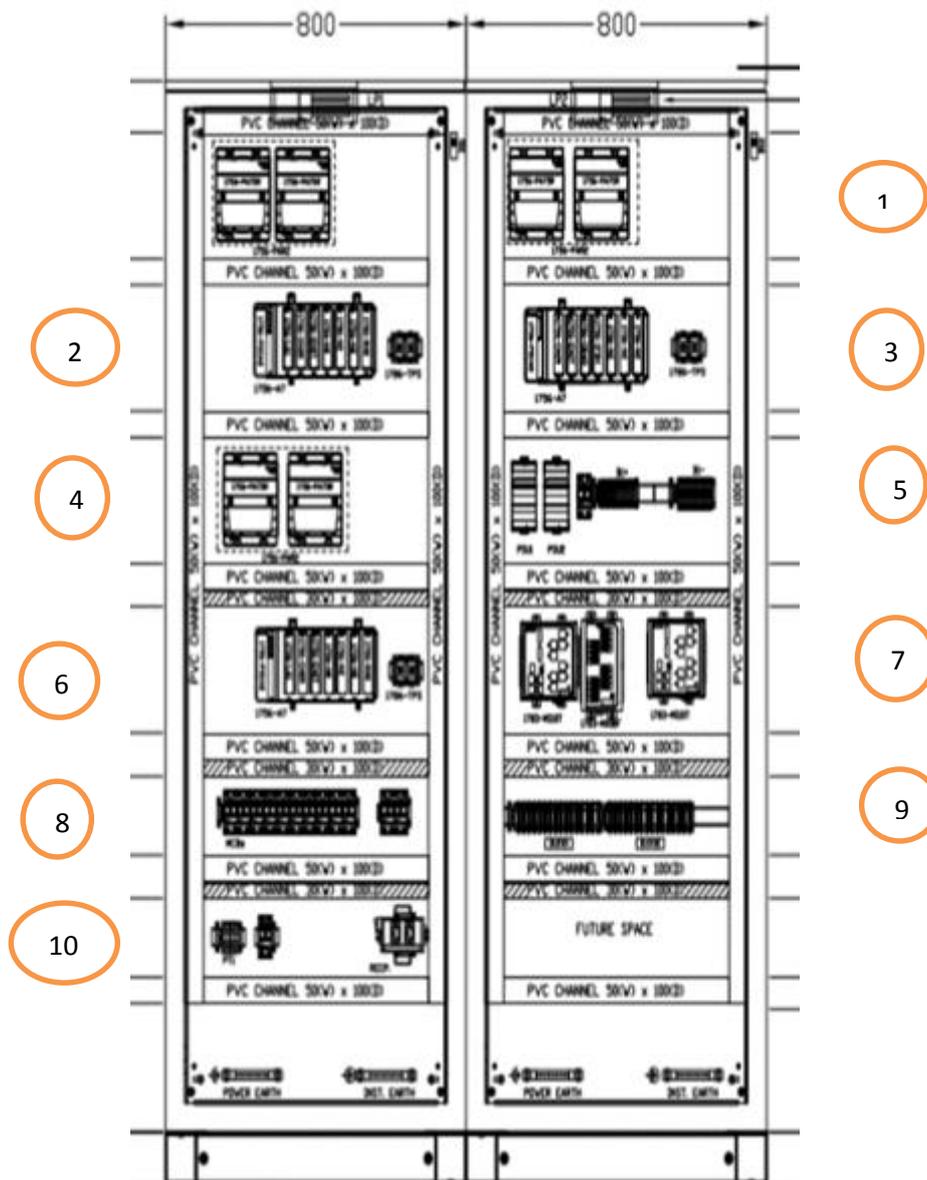


Figura 2.25. Esquema frontal de tablero de control.

1. Fuente de alimentación de 24 Vdc.
2. PLC logix 5574 principal
3. Módulo control Logix 1756-L61
4. Fuente de alimentación de 24 Vdc.
5. Borneras de conexión.
6. PLC Logix 5574 redundante
7. Switch Ethernet industrial Stratix 8000.
8. Borneras de conexión.
9. Borneras de conexión.
10. Equipos de protección modular (Breakers).

En el tablero de control se tiene PLCs (principal y redundante), borneras, fuentes, tarjeta de comunicación Modbus, comunicación ethernet, protecciones eléctricas.

Se cuenta con dos PLC similares, uno principal y un redundante. El propósito de tener dos es que el auxiliar sólo va funcionar en el caso de que se dé alguna falla en el PLC principal. Los dos cuentan con la misma programación.

## **2.7.2. EQUIPOS IMPLEMENTADOS EN EL TABLERO DE CONTROL.**

### **2.7.2.1. Fuente de alimentación redundante 1756-PA75R.**

La fuente de alimentación redundante 1756-PA75R, es una fuente que cuenta con una fuente de respaldo de las mismas características a la fuente principal. Al momento que la fuente principal tenga una falla o baja de voltaje, la fuente alterna o redundante actúa para así, tener asegurada la funcionalidad de los equipos conectados a esta, específicamente se conectará al PLC 1756-L61 Controllogix, su módulo de comunicación y sus tarjetas de salida y/o entrada incorporadas.

En la figura 2.26 se tiene las principales especificaciones técnicas de la fuente redundante 1756-PA75R. [6]

PARÁMETRO	VALOR
Rango de voltaje de entrada	120 a 240V AC
Rango de frecuencia de entrada	47 a 63 Hz
Potencia de entrada máxima	120VA, 115W
Potencia de salida máxima	75W
Voltaje de salida	24V DC
Capacidad de corriente	2.8A
Rango de temperatura	0 a 60°C (32 a 140°F)

**Figura 2.26.** Especificaciones técnicas fuente 1756-PA75R. [6]

### 2.7.2.2. Módulo ControlLogix 1756-L61.

Este Módulo es el encargado de recibir todas las señales y datos en sus diferentes tarjetas. En la figura 2.27 se describen las especificaciones técnicas del módulo ControlLogix1756-L61. [7]

PARÁMETRO	ATRIBUTO
Tareas del Controlador	32 tareas
Programas por tarea	100 programas/tarea
Puerto de comunicación	1 puerto RS-232 serial
Opciones de comunicación	-EtherNet/IP -ControlNet -DeviceNet -Data Highway Plus -Remote I/O -Synch Link
Puerto de comunicación serial	-ASCII -DF1 full/half-duplex

	-DF1 radio modem -DH 485 -Modbus via logic
Máximo de conexiones	250
Memoria de usuario	2 MB
Entradas/Salidas (I/O) Digitales máximas	128,000
Entradas/Salidas (I/O) Analógicas máximas	4,000
Número de Slot	1

**Figura 2.27.** Especificaciones técnicas módulo ControlLogix1756-L61. [7]

El controlador ControlLogix1756-L61 utilizado cuenta con varias tarjetas, las cuales son las encargadas de tareas como entrada / salida de señales (digitales y/o analógicas), comunicaciones.

### **2.7.2.3. Tarjeta Ethernet/IP 1756-ENBT.**

Las redes EtherNet/IP, son redes de comunicación que ofrecen una amplia aplicación en automatización, como por ejemplo control en tiempo real, sincronizaciones y movimiento.

Esta tarjeta será la encargada de la comunicación.

Este estándar es de comunicación abierta por lo cual permite la compatibilidad de datos y mensajería de entradas y salidas en general.

El módulo de comunicación permite realizar al controlador las funciones de mensajería, tags producidos, consumidos, entradas y salidas distribuidas, encapsular mensajes en protocolos TCP/UDP/IP estándar y no requiere programación de la red ni tablas de encaminamiento.

Para su interconexión se utiliza conectores Rj45 categoría 5 o conectores de fibra. En la figura 2.28 se tiene la tarjeta Ethernet/ IP 1756-ENBT. [8]



**Figura 2.28.** Tarjeta Ethernet/ IP 1756-ENBT. [8]

#### **2.7.2.4. Switch Ethernet Industrial Stratix 8000.**

El Switch Ethernet Industrial Stratix 8000 es un dispositivo que ya cuenta con tecnología Cisco, la cual hace que este equipo sea más versátil en su configuración y en la detección de fallas. Se lo utiliza en esta aplicación para una conexión a toda la red de la estación por medio del protocolo Ethernet/IP. Se lo puede ver el equipo en la figura 2.29.



**Figura 2.29.** Switch Ethernet Industrial Stratix 8000. [8]

## **2.8. FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE RESPALDO.**

Para garantizar la continuidad de funcionamiento de los equipos de control se tiene en el cuarto de control de un sistema UPS (Uninterruptible Power Supply), el cual tiene la función de mantener los equipos funcionando en forma continua cuando hay un corte

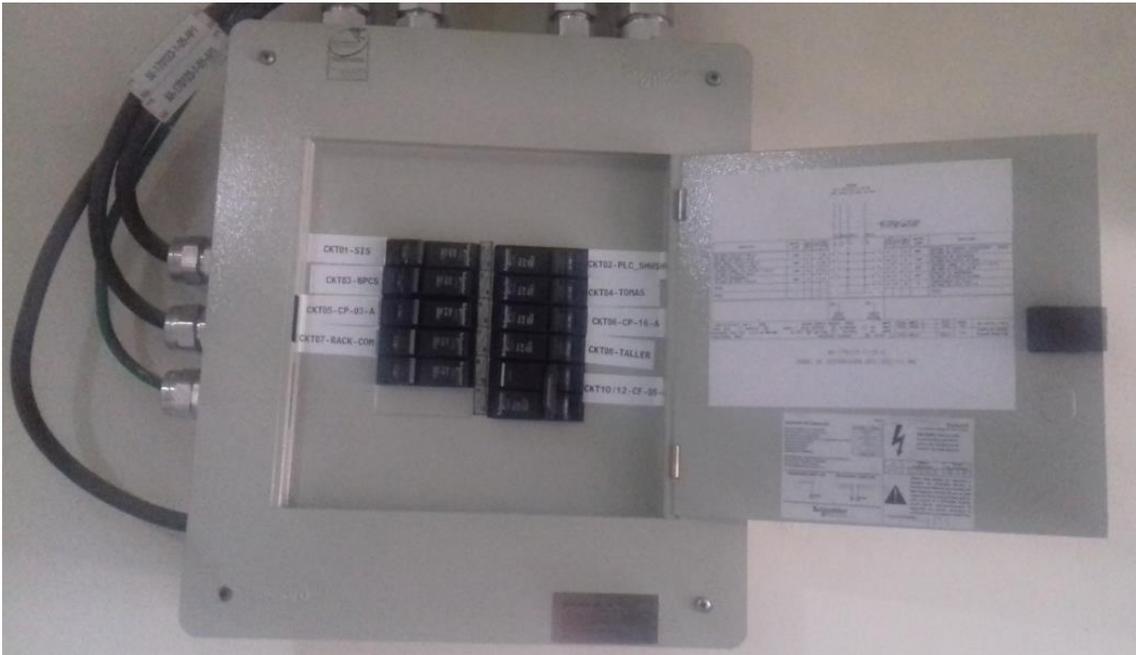
de la energía de la red hasta que el sistema de generación de energía auxiliar entre en funcionamiento. En la figura 2.30 se tiene el sistema UPS.

Para garantizar dicho funcionamiento se aumentó la capacidad del UPS y de uno de 3 KVA se cambió a uno de 6 KVA, ya que al aumentar nuevos equipos se hizo necesario el aumento de la capacidad del sistema.



**Figura 2.30.** Sistema de respaldo de energía UPS.

Luego del sistema de respaldo de energía se tiene el tablero centralizado del cuarto de control, que cuenta con acometida de voltaje de 220V y 110V con los respectivos breakers de protección para alimentar a los diferentes equipos instalados. El tablero centralizado de energía del cuarto de control se tiene en la figura 2.31.



**Figura 2.31.** Tablero de distribución centralizado de energía.

## **2.9. DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN EN EL PLC LOGIX5576**

### **2.9.1. PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO MVI56-MCM.**

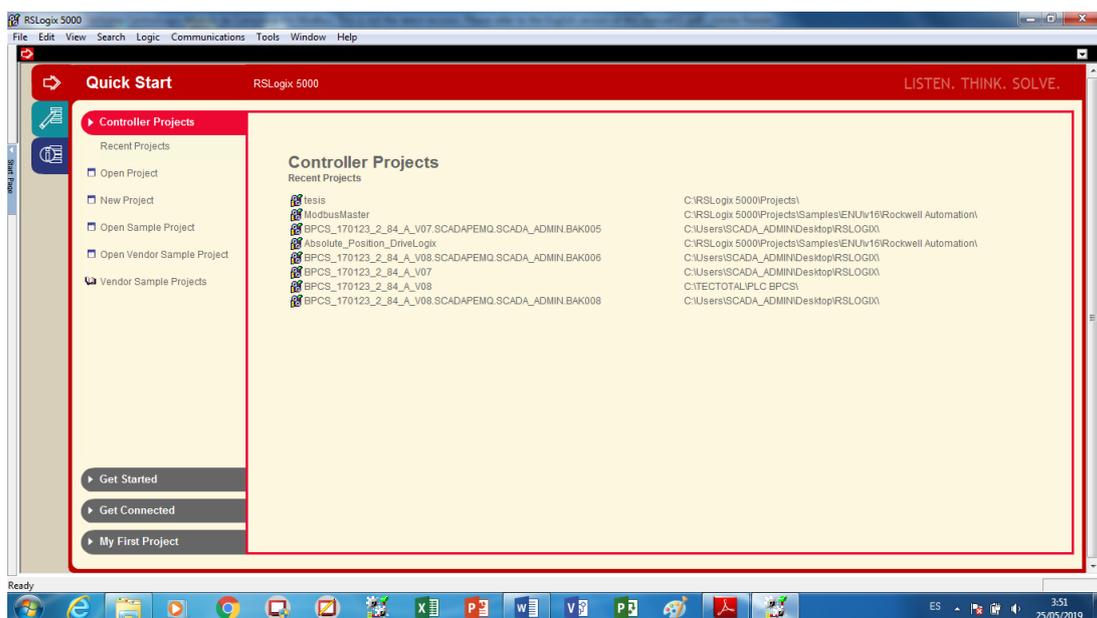
Para iniciar la programación del módulo MVI56-MCM, se ingresa al programa RSlogix5000 como se indica en la figura 2.32.



**Figura 2.32.** Pantalla ingreso a la aplicación RSLogix5000. [19]

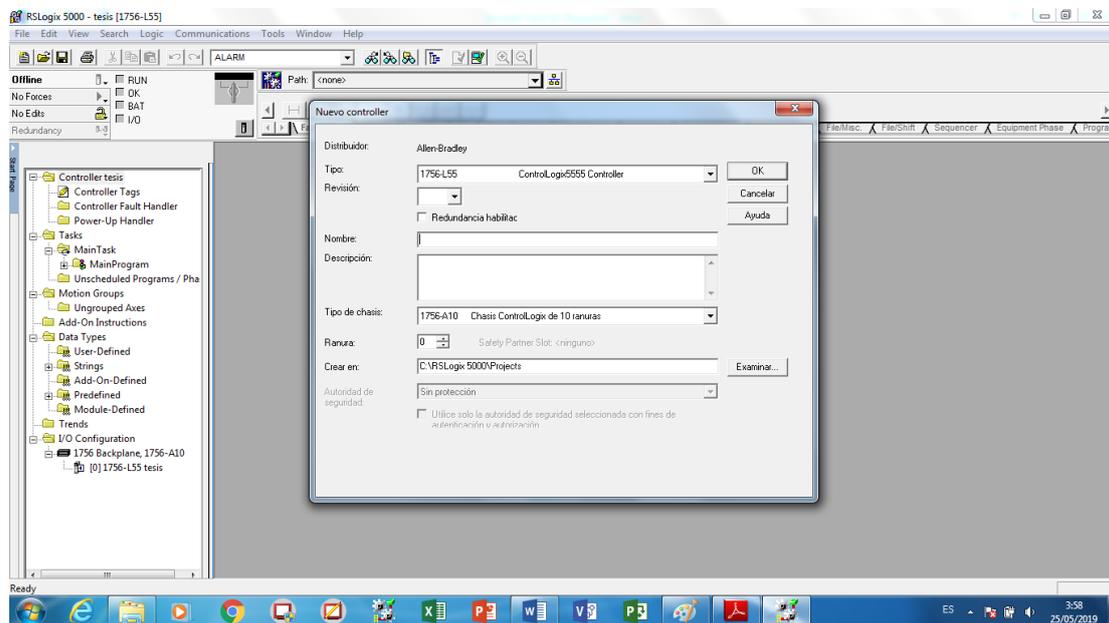
Al ingresar al programa se tiene la pantalla de inicio la cual indica los programas que se tiene realizados en el Controller Projects. Esto se lo puede ver en la figura 2.33.

En esta pantalla nos aparecen varias opciones tales como crear un nuevo proyecto o abrir uno ya existente para su revisión.



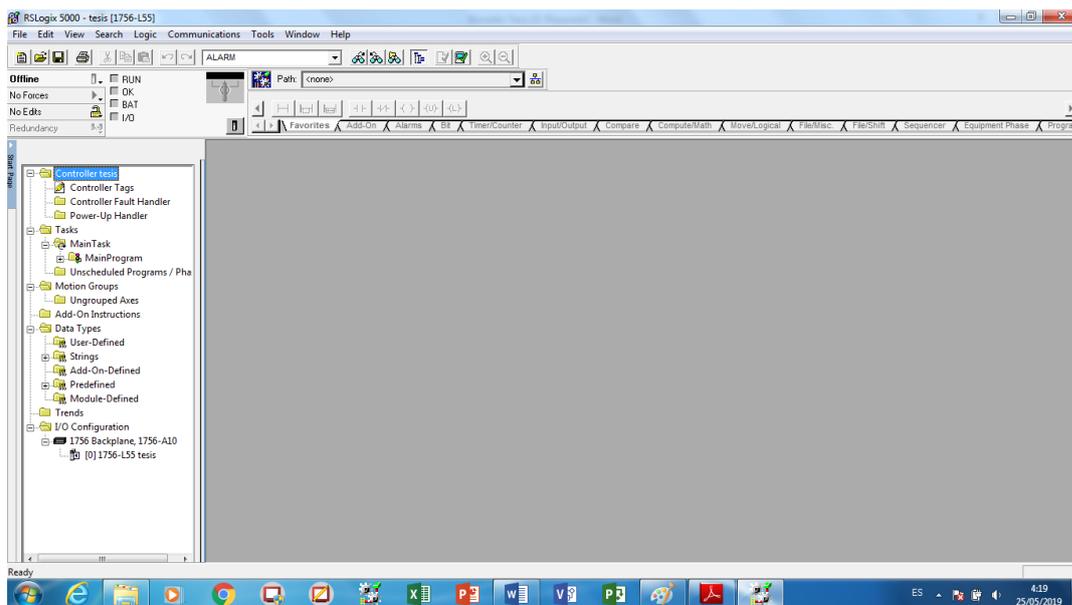
**Figura 2.33.** Pantalla de inicio a la aplicación RSLogix5000.

Si se escoge un nuevo proyecto se desplegará una pantalla en la cual pide ciertos datos como nombre del nuevo proyecto, una descripción general del proyecto y en que parte o carpeta se guardará dicho proyecto. La rutina descrita se puede ver en la figura 2.34.



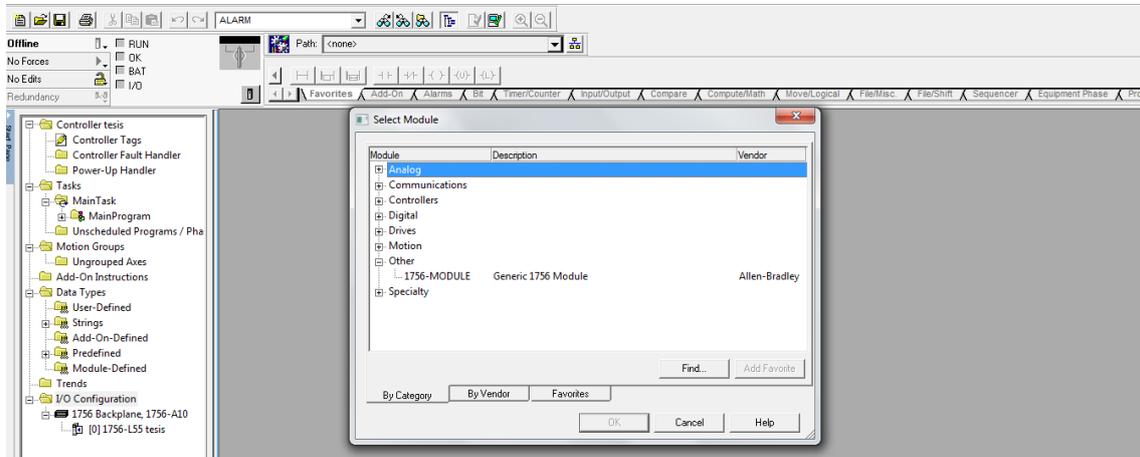
**Figura 2.34.** Pantalla de creación de nuevo proyecto.

Una vez realizado el paso anterior nos aparece ya creado el nuevo proyecto en el cual se tiene a la izquierda todo el menú del controlador, con aplicaciones tales como el controller tags, I/O configuración, etc. La figura 2.35 muestra la pantalla de trabajo del nuevo proyecto.



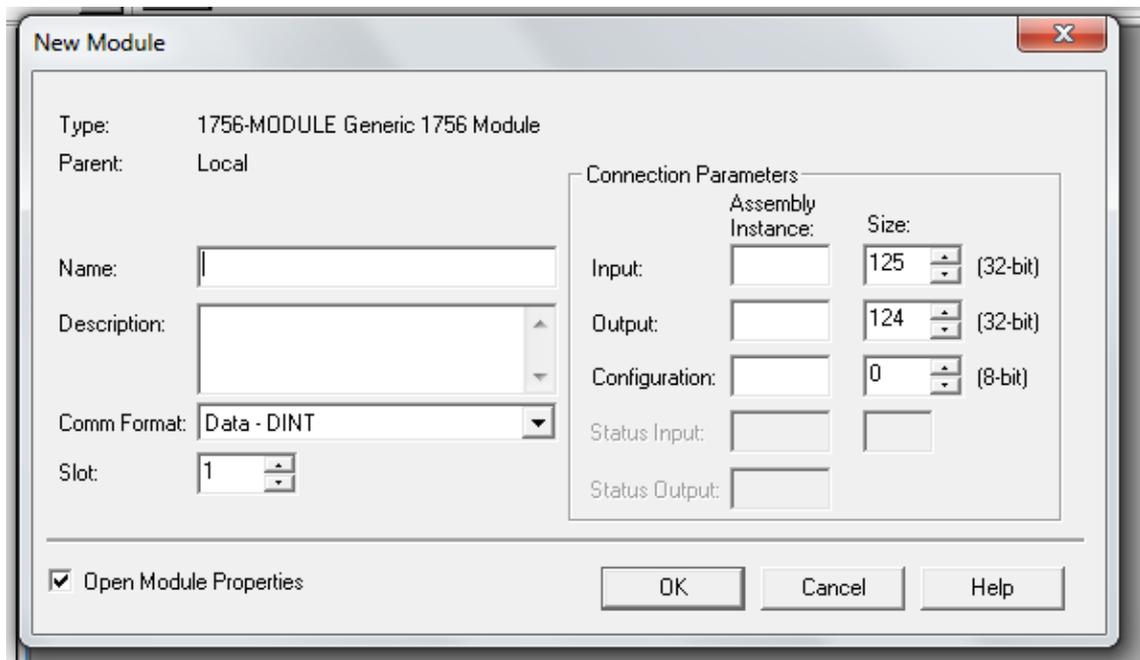
**Figura 2.35.** Pantalla de trabajo del nuevo proyecto.

Para incorporar el módulo y que lo reconozca se debe implementar una subrutina de fabricación. Para implementar el módulo en el programa se dirige a la barra de menú de la izquierda y se da clic derecho sobre I/O Configuration, a continuación se escoge 'new module' y buscamos el generic1756 Module como se indica la figura 2.36.



**Figura 2.36.** Incorporación del Módulo MVI56-MCM.

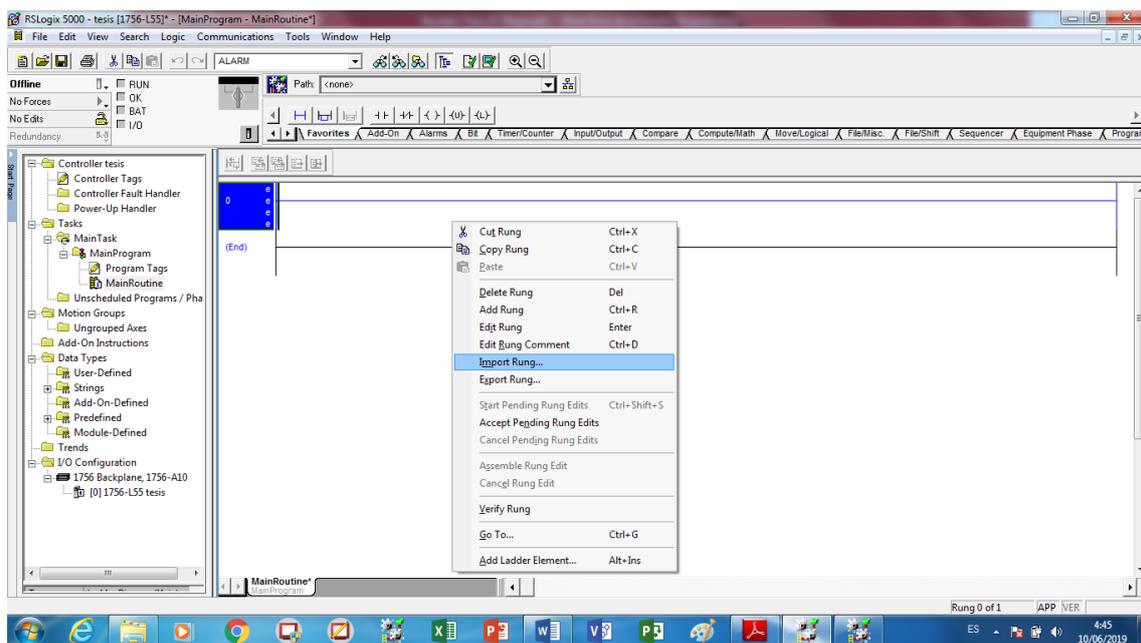
Luego de esto aparece una ventana donde pide ciertos datos que se tiene que ingresar. Dichos datos son proporcionados por el fabricante para inicializar el módulo. Este paso se indica en la ventana de la figura 2.37.



**Figura 2.37.** Pantalla ingreso de datos del Módulo MVI56-MCM

Para 32 bts se ingresa en input el valor de 1, output el valor de 2 y en configuration el valor de 4. Para el valor del slot se debe ver en cual ranura se colocará el módulo. El nombre y la descripción van por cuenta del criterio del programador.

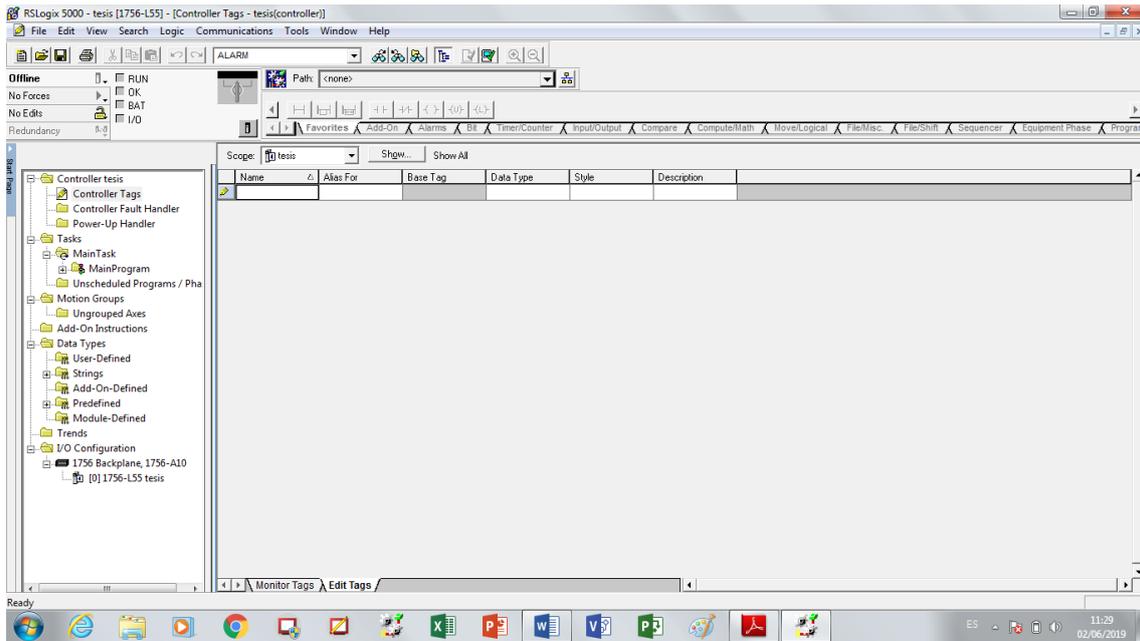
Para continuar con la inicialización del módulo MVI56-MCM se requiere el programa de inicialización entregado por el fabricante cuando se adquiere el módulo. Para cargarle se hace un click en Import Rung y se selecciona el parche o archivo MVI56 (E) MNET\_ADDON\_RUNG\_V1\_4.L5X y se realiza su instalación. Este paso se lo puede ver en la figura 2.38.



**Figura 2.38.** Parche de instalación del Módulo MVI56-MCM

Al finalizar se verifica que el autómatas reconozca el módulo MVI56-MCM y se continúa con la programación y definición de los tags.

El siguiente paso es definir los Tags o datos a ser usados entre la interfaz y la lógica de escalera. Los tags define el programador de acuerdo a una relación del proceso en cuestión y también como se han definido anteriormente parámetros similares. Para esto se dirige a Controller> Controller> Tags> New Tag. Cada tag se va incorporando en la pantalla de la figura 2.39.



**Figura 2.39.** Pantalla para la implementación de los tags.

Los tags tienen relación o son los mismos nombres que las variables que se requieren transmitir desde los computadores de flujo. Al terminar la tabla de tags con sus respectivas características queda como se puede ver en la figura 2.40.

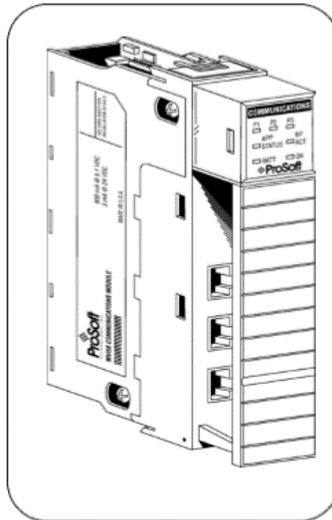
<b>REGISTRO TABLA MODBUS.</b>			
<b>TAG</b>	<b>FORMATO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>DIRECCION</b>
PIT-12-A	FLOAT	Valor de campo	56
TIT-12-A	FLOAT	Valor de campo	57
DIT-12-A	FLOAT	Valor de campo	58
PDIT-12-A	FLOAT	Valor de campo	59
PIT-13-A	FLOAT	Valor de campo	60
TIT-13-A	FLOAT	Valor de campo	61
DIT-13-A	FLOAT	Valor de campo	62
PDIT-13-A	FLOAT	Valor de campo	63
STR03 GUVOL	FLOAT	Corregido volumen bruto	64
STR03 GSVOL	FLOAT	Volumen bruto	65
STR03 MASS	FLOAT	Totalizador másico	66
STR04 GUVOL	FLOAT	Corregido volumen bruto	67
STR04 GSVOL	FLOAT	Volumen bruto	68
STR04 MASS	FLOAT	Totalizador másico	69
STR03 GUVOL BATCH	FLOAT	Batch volumen bruto	70
STR03 GSVOL BATCH	FLOAT	Batch volumen corregido	71
STR03 MASS BATCH	FLOAT	Batch volumen másico	72
STR04 GUVOL BATCH	FLOAT	Batch volumen bruto	73
STR04 GSVOL BATCH	FLOAT	Batch volumen corregido	74

STR04 MASS BATCH	FLOAT	Batch volumen másico	75
STR03 GUVOL FR	FLOAT	Flujo instantáneo corregido	76
STR03 GSVOL FR	FLOAT	Flujo instantáneo bruto	77
STR03 MASS FR	FLOAT	Flujo instantáneo másico	78
STR04 GUVOL FR	FLOAT	Flujo bruto corregido	79
STR04 GSVOL FR	FLOAT	Flujo instantáneo bruto	80
STR04 MASS FR	FLOAT	Flujo instantáneo másico	81
STR03 PREV FWA VAR1	FLOAT	Datos promedio variable 1	82
STR03 PREV FWA VAR2	FLOAT	Datos promedio variable 2	83
STR03 PREV FWA VAR3	FLOAT	Datos promedio variable 3	83
STR03 PREV FWA VAR4	FLOAT	Datos promedio variable 4	84
STR04 PREV FWA VAR1	FLOAT	Datos promedio variable 1	90
STR04 PREV FWA VAR2	FLOAT	Datos promedio variable 2	91
STR04 PREV FWA VAR3	FLOAT	Datos promedio variable 3	92
STR04 PREV FWA VAR4	FLOAT	Datos promedio variable 4	93
STR03 MTR TO BASE	FLOAT	Densidad base	98
STR03 MTR TO BASE	FLOAT	Densidad base	99
STR04 MTR TO BASE	FLOAT	Densidad base	100
STR04 MTR TO BASE	FLOAT	Densidad base	101
TIME AND DATE	CUR YEAR	Año actual	151
TIME AND DATE	CUR MONTH	Mes actual	152
TIME AND DATE	CUR DAY	Día actual	153
TIME AND DATE	CUR HOUR	Hora actual	154
TIME AND DATE	CUR MINUTE	Minuto actual	155
TIME AND DATE	CUR SECOND	Segundo actual	156
TIME AND DATE	DLOAD YEAR	Cargar año	201
TIME AND DATE	DLOAD MONTH	Cargar mes	202
TIME AND DATE	DLOAD DAY	Cargar día	203
TIME AND DATE	DLOAD HOUR	Cargar hora	204
TIME AND DATE	DLOAD MINUTE	Cargar minuto	205
TIME AND DATE	DLOAD SECOND	Cargar segundo	206
TIME AND DATE	DLOAD EVENT	Cargar nueva fecha hora	207
CMD PLC2	VALUE	Corte de batch P.SH.Q.	210
PRD SEL2	VALUE	Sel. Pro. P.SH.Q.	211

**Figura 2.40.** Tabla de creación de Tags.

### 2.9.2. MÓDULO DE COMUNICACIÓN MODBUS MVI56-MCM.

El módulo de comunicación Modbus facilita la interfaz entre los procesadores ControlLogix con otros dispositivos compatibles con el protocolo Modbus. En la figura 2.41 se puede observar el módulo MVI56-MCM.



**Figura 2.41.** Módulo de comunicación Modbus MVI56-MCM. [5]

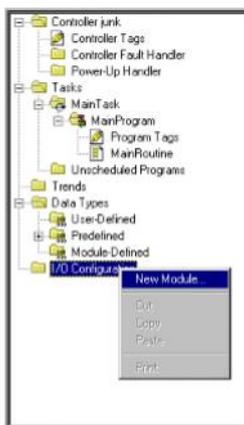
El módulo MVI56-MCM actúa como una compuerta entre la red Modbus y el backplane (hardware posterior) Allen-Bradley. Los datos son transferidos asincrónicamente desde el procesador ControlLogix. El módulo utiliza un espacio de registros de 5000 palabras para el intercambio de datos. [5]

El módulo MVI56-MCM, una vez energizado, comienza a realizar las siguientes funciones lógicas:

- 1) Inicializa el módulo el driver del backplane del ControlLogix (PLC); prueba y borrado de la memoria RAM; se inicializan los puertos de comunicación serial.
- 2) Espera por su configuración desde el procesador (PLC).
- 3) Inicializa el espacio de registros del módulo.
- 4) Habilita el driver esclavo de los puertos seleccionados.
- 5) Se habilita el driver maestro de los puertos seleccionados.

### 2.9.3. INICIALIZACIÓN DEL MÓDULO MVI56-MCM.

Para la inicialización del módulo MVI56-MCM, sólo se requiere la configuración del software utilizando el programa RSLogix5000. Si se está instalando este módulo en una aplicación existente, se debe copiar los elementos requeridos de la lógica de escalera en la nueva aplicación. También se requiere definir el módulo en el sistema en la opción de configuración de entradas/ salidas (E/S), opción nuevo. El proceso que indica este paso se lo puede observar en la figura 2.42.



**Figura 2.42.** Inicialización del módulo en el software RSLogix5000.

### 2.9.4. MÓDULO CONTROLNET.

El módulo ControlNet se lo configura de manera similar al módulo MVI56-MCM con el uso del programa RS Logix 5000. Este módulo de red abierta de control en tiempo real es de alta velocidad para la integración del PLC con entradas, salidas, variadores y muchos otros tipos de periféricos. Es muy apropiado para aplicaciones discretas y de control de procesos.

El módulo ControlNet permite que muchos controladores trabajen en el mismo sistema. Esto es que varios PLCs pueden controlar sus propias entradas / salidas y comunicarse entre ellos mediante la red, ahorrando costes y eliminando las necesidades de mantener redes individuales para realizar la misma función. El módulo ControlNet implementado se lo puede observar en la figura 2.43.

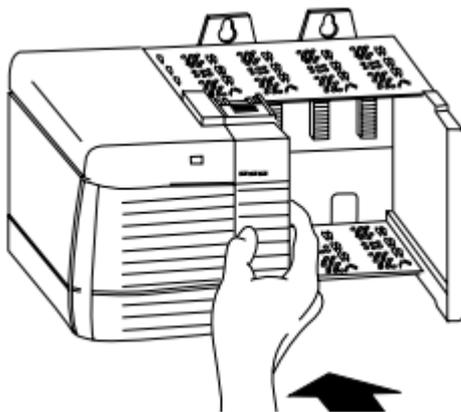


**Figura 2.43.** Módulo Control Net. [10]

### 2.9.5. MÓDULO ETHERNET.

El módulo Ethernet realiza el control de datos de entrada / salida en tiempo real entre el PLC y otros dispositivos de la red compatibles con el protocolo Ethernet, por medio de la dirección IP de cada dispositivo.

Para la instalación y configuración del módulo Ethernet, primero se inserta el módulo en la ranura del chasis del PLC, como se indica en la figura 2.44.

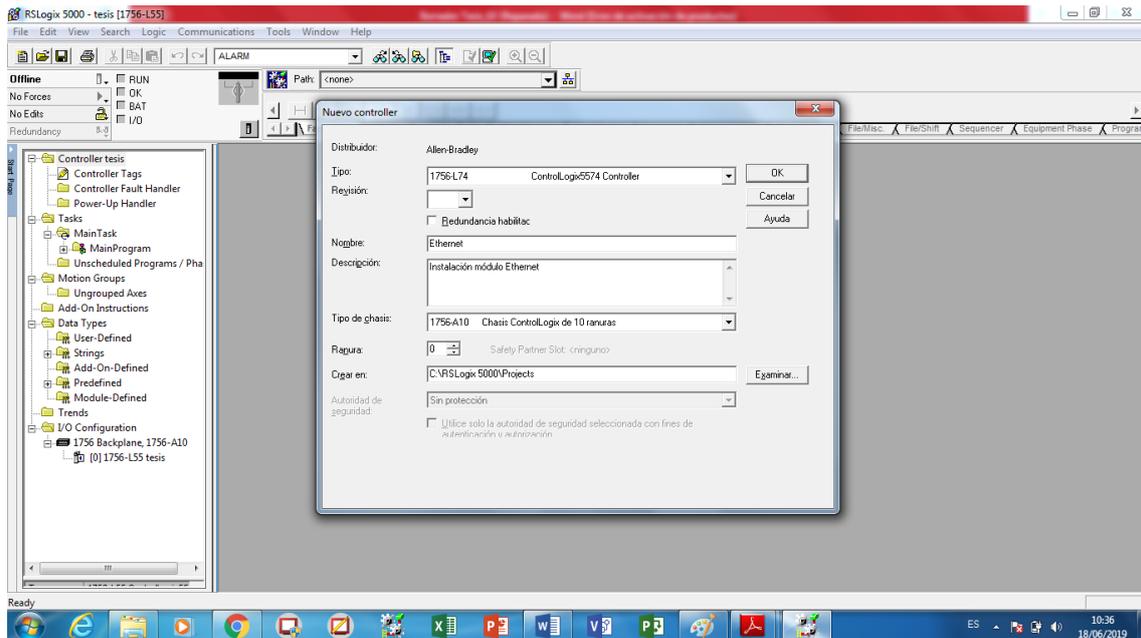


**Figura 2.44.** Instalación del Módulo Ethernet en el chasis. [10]

Luego se procede con la configuración con el programa RSLogix 5000 de la siguiente manera:

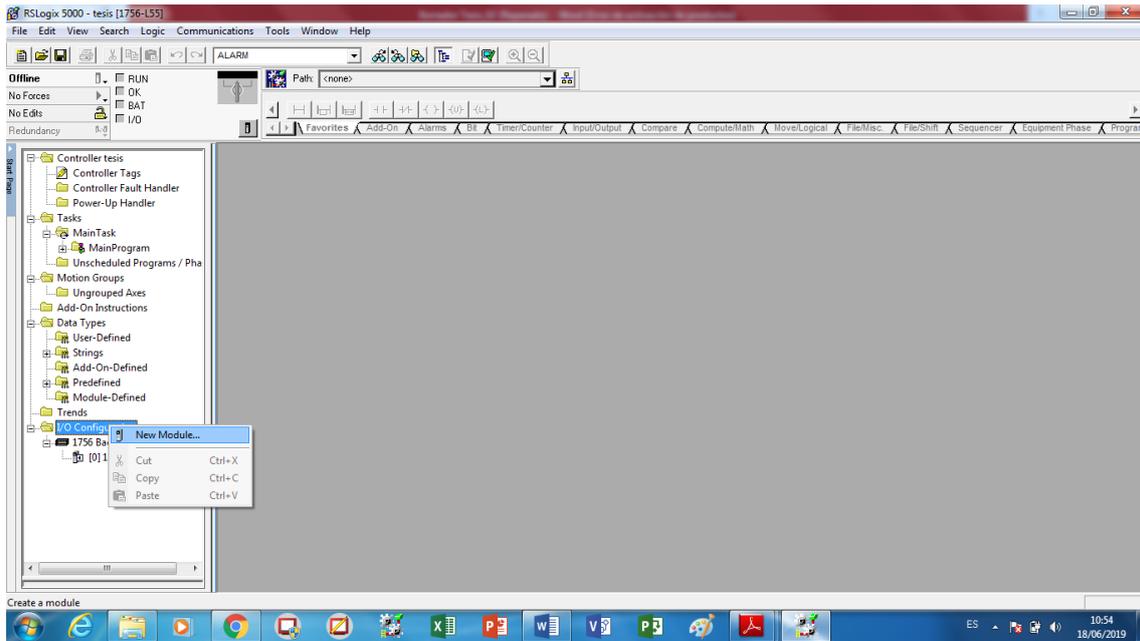
- Se abre la aplicación del programa RSLogix5000, en el menú de inicio y se ingresa a New.

Luego se despliega una pantalla para escoger el controlador, para este caso buscamos el controlador Control Logix5574 Controller, a continuación se llena los datos requeridos y presionamos OK. Este proceso se ve en la figura 2.45.



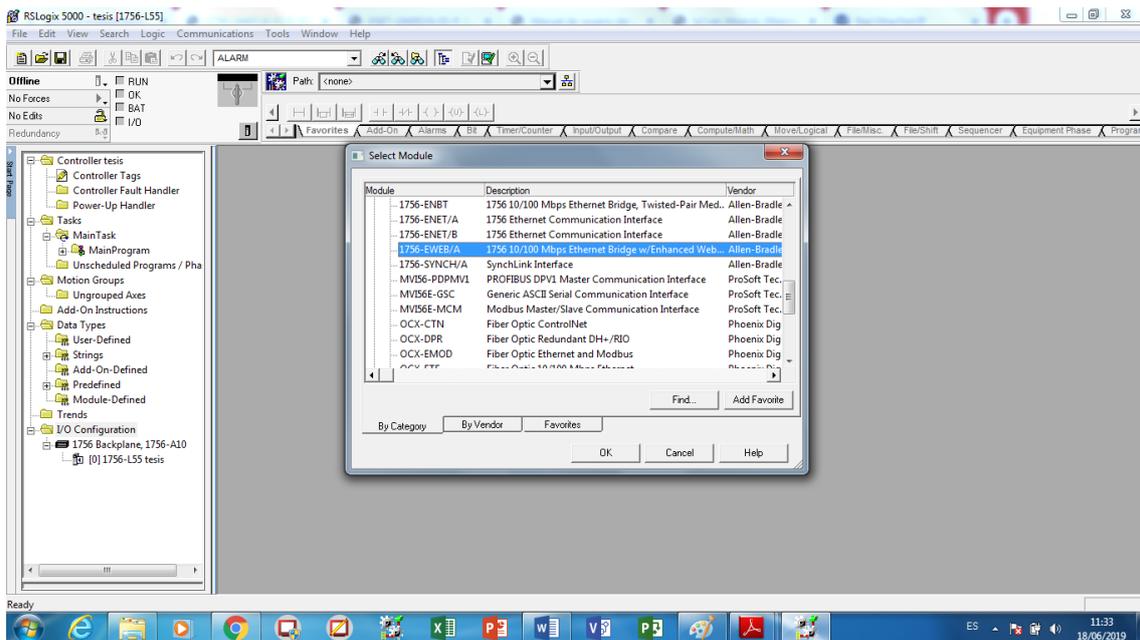
**Figura 2.45.** Ventana para el ingreso del controlador.

Para configurar el modulo Ethernet se dirige a 'I/O Configuration' del menú que se despliega a la izquierda, se hace clic derecho y se apunta a 'New module', como se observa en la figura 2.46.



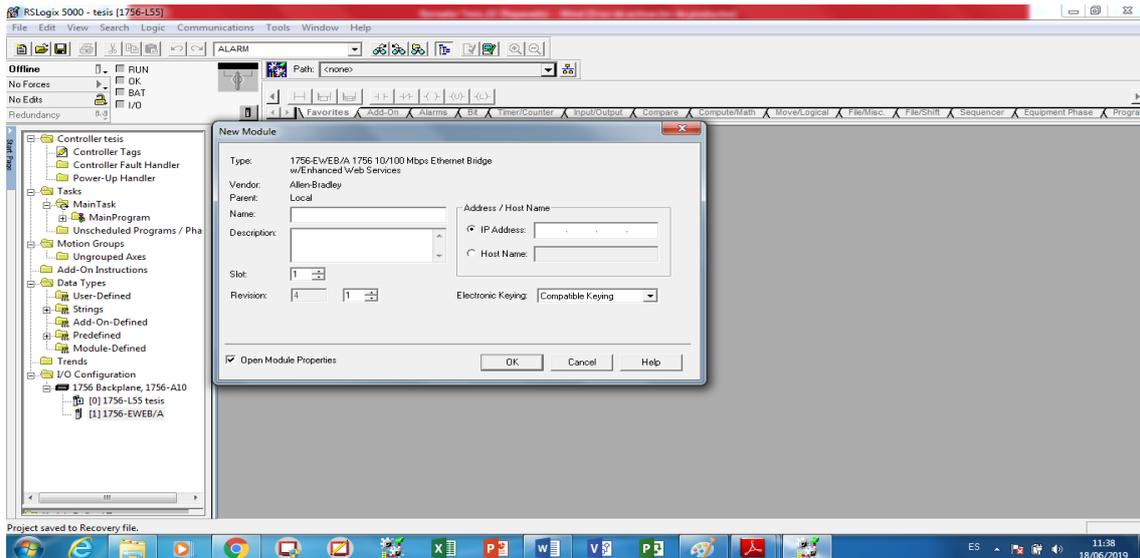
**Figura 2.46.** Ventana para inicio configuración módulo Ethernet.

Se selecciona el módulo Ethernet y se da clic en Ok como se muestra en la figura 2.47.



**Figura 2.47.** Ventana para la selección del módulo Ethernet.

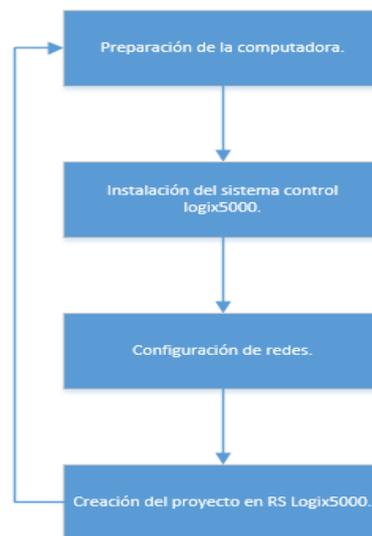
Por último aparece la ventana de propiedades en la cual se tiene que ingresar los siguientes datos: nombre, dirección IP, slot o ranura en que se encuentra el módulo y el 'electronic Keying' y con esto finaliza la programación. Esta ventana se observa en la figura 2.48.



**Figura 2.48.** Ventana para ingreso de datos del módulo Ethernet.

### 2.9.6. PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA TRANSMISIÓN DE DATOS.

Para la programación del PLC Logix5574 para la transmisión de datos se requiere el programa RS Logix5000. Se debe tomar en cuenta los siguientes pasos para crear la programación como se muestra en la figura 2.49.



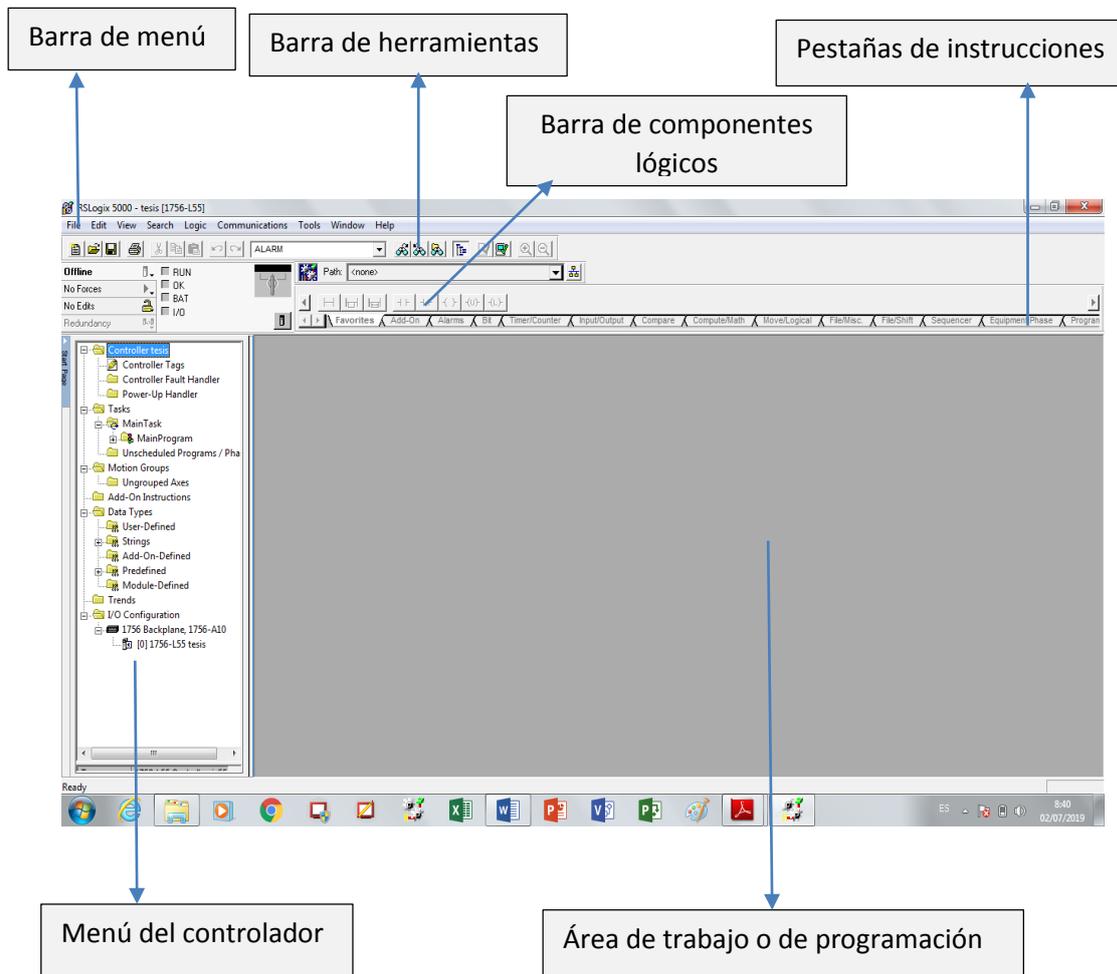
**Figura 2.49.** Pasos para el inicio de creación de proyectos.

### 2.9.7. ENTORNO DEL PROGRAMA CONTROL LOGIX5000.

El programa RSLogix5000 es una herramienta para la programación de los controladores de la gama logix5000 de la empresa Rockwell Automation. Este Software

permite el uso de varios tipos de lenguaje de programación como Escalera (Ladder), Bloques de funciones (Functions blocks diagram), Texto estructurado (Structured text), y Esquemas de funciones secuenciales (Sequential function chart).

La pantalla principal del software RS Logix5000 con sus principales funciones se muestra en la figura 2.50.



**Figura 2.50.** Pantalla principal del software RS Logix5000.

Según la Norma IEC 61131, se tiene los siguientes lenguajes de programación para PLCs:

**Lenguaje en Escalera (Ladder Diagram).**- Es un lenguaje de representación gráfica en escalones por lo cual se asemeja a una escalera.

**Lenguaje diagrama de bloques de funciones (FBD).**- Functions blocks diagram, comúnmente llamado FBD, por sus siglas en inglés. Utiliza un flujo de bloques

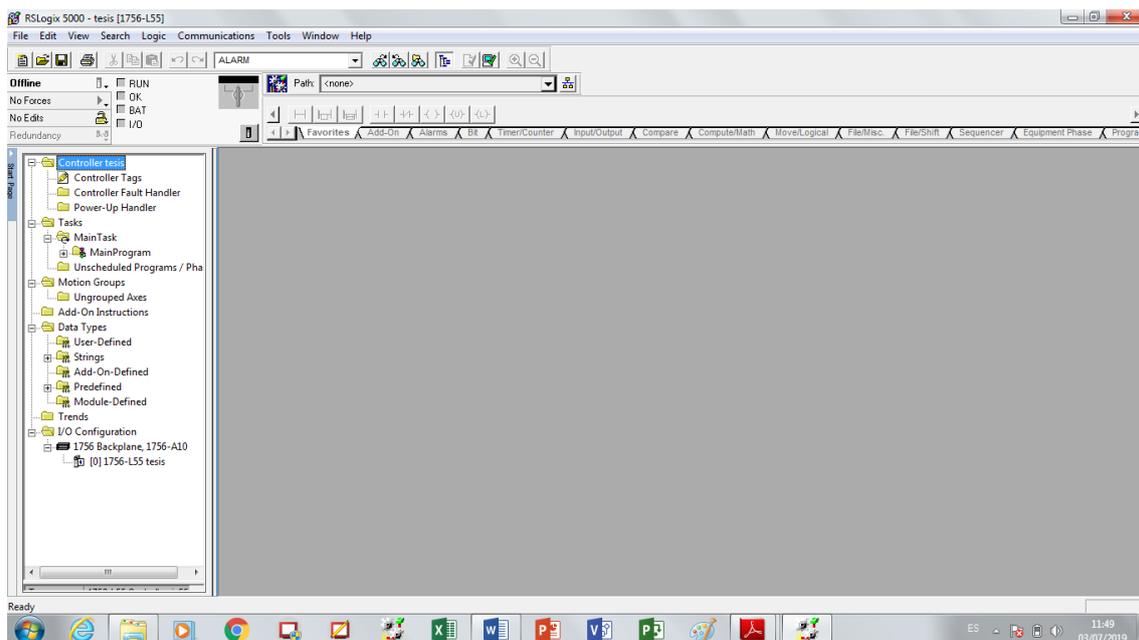
predeterminados, estos van desde simples como una compuerta and hasta más complejos como funciones matemáticas o de control.

**Diagramas de Funciones Secuenciales (SFC).**- Sequential function chart, llamado SFC por sus siglas en inglés. Es una secuencia similar a los diagramas de flujo en los cuales se va armando por pasos o tareas.

**Lenguaje de texto estructurado (Structured text).**- Conocido por sus siglas en inglés como ST. Es un lenguaje basado en comando de texto como Basic, pascal o lenguaje C que es muy utilizado en control industrial.

Para este proyecto se utilizarán los lenguajes de programación Ladder y FBD.

Una vez establecido todos los pasos para crear un nuevo proyecto, agregado en el sistema los diversos módulos necesarios, la ventana del proyecto quedará lista para programar y el menú del controlador desplegado como se observa en la figura 2.51.



**Figura 2.51.** Pantalla lista para el inicio de la programación.

### **2.9.8. DESCRIPCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN UTILIZADA.**

La programación en escalera o Ladder se la realiza preferentemente en subrutinas las cuales se van ejecutando de acuerdo al programa.

Para la creación de los Tags o direcciones de datos se ha considerado los siguientes parámetros:

- Se debe utilizar para la creación de Tags sólo letras, números y caracteres de subrayado.
- El nombre de cada Tag de preferencia debe iniciar con una letra.
- No se puede utilizar caracteres de subrayado consecutivamente.
- Tener en cuenta que el programa no distingue entre mayúsculas y minúsculas.

A continuación se hará una descripción de los comandos o instrucciones y la lógica utilizada para la programación del PLC Logix5574.

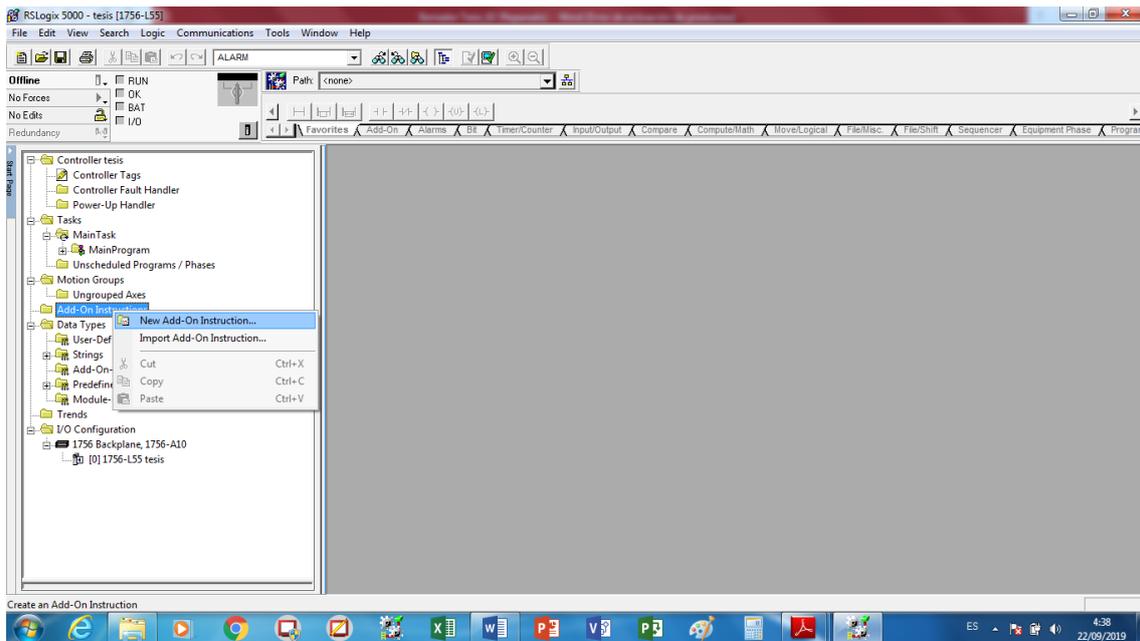
#### **2.9.8.1. Instrucciones Add-On (ADD-ON).**

Las instrucciones ADD-ON permiten al programador hacer una base de la lógica de programación más utilizada en el proyecto para poder reusarla de acuerdo a su conveniencia. Con esto se facilita la programación y se ahorra tiempo al no tener que volver a crear programaciones similares.

Las instrucciones ADD-ON se pueden crear por medio de los diferentes editores como son la lógica de escalera, diagrama de bloques de función, y de texto estructurado que se tiene disponible en el programa RSLogix5000.

Para la creación de una ADD-ON se va a la carpeta Add-on del menú izquierdo y se hace clic derecho y se dirige a new Add-On instruction. Este paso se lo puede observar en la figura 2.52.

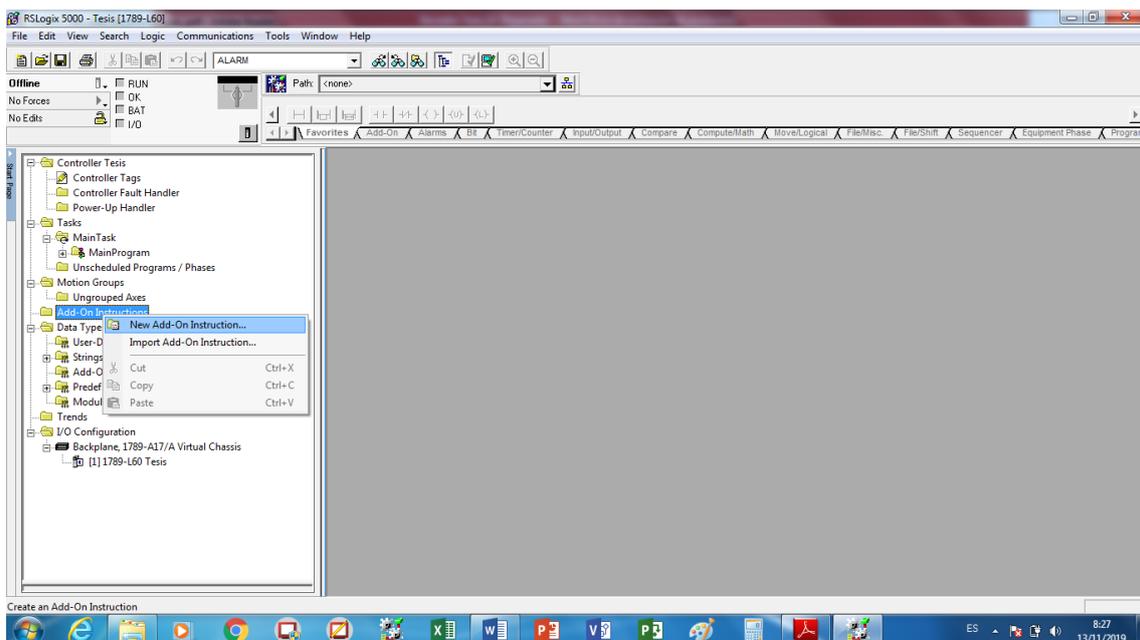
Las instrucciones ADD-ON, se utiliza en este caso para no tener que repetir la lógica de programación, ya que por ejemplo se cuenta con 2 señales de entrada de presión de los dos ramales, su lógica sería igual en la programación. Pero con la ADD-ON sólo se requiere hacer una vez la programación.



**Figura 2.52.** Creación de una nueva instrucción ADD-ON.

Luego de este paso el sistema desplegará un cuadro de diálogo en el cual se tiene que completar la información requerida, al finalizar este paso estará creada la función ADD-ON.

Ahora se va a configurar la instrucción creada, para esto se dirige al menú izquierdo y se selecciona el nombre con el que se creó la ADD-ON nueva como se ve en la figura 2.53.



**Figura 2.53.** Ingreso a configuración de una nueva instrucción ADD-ON.

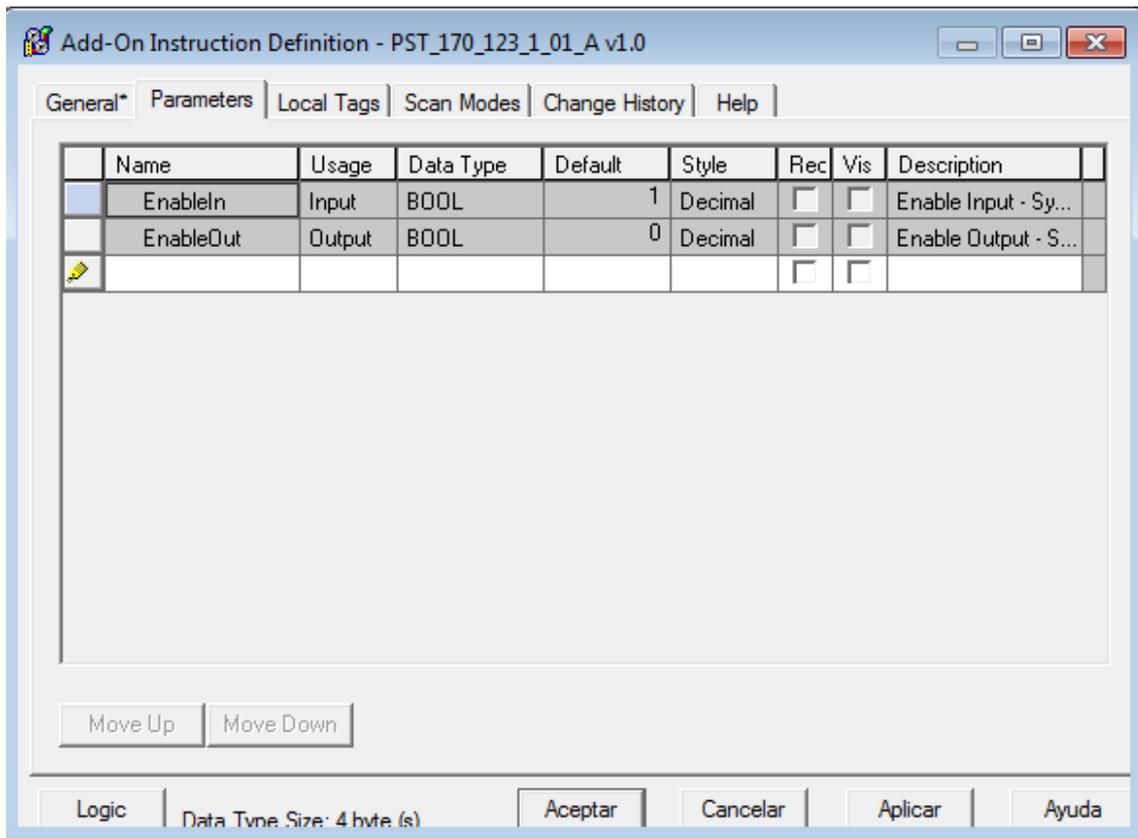
De manera siguiente se llenan los datos que se requieren en los cuadros de diálogo siguientes y está creada la instrucción ADD-ON nueva, figura 2.54. Por default se han creado las instrucciones 'EnableIn' y 'EnableOn' que se puede ver en el cuadro de instrucciones de la figura 2.55.

The image shows a software dialog box titled "Add-On Instruction Definition - PST\_170\_123\_1\_01\_A v1.0". It has several tabs: "General\*", "Parameters", "Local Tags", "Scan Modes", "Change History", and "Help". The "General\*" tab is active. The fields are as follows:

- Name:** PST\_170\_123\_1\_01\_A
- Description:** Entrada analógica de presión standar
- Type:** Ladder Diagram
- Revision:** Major: 1, Minor: 0, Extended Text: (empty)
- Revision Note:** Ninguna
- Vendor:** (empty)

At the bottom, there are buttons for "Logic", "Aceptar", "Cancelar", "Aplicar", and "Ayuda". A status bar at the bottom left shows "Data Type Size: 4 byte (s)".

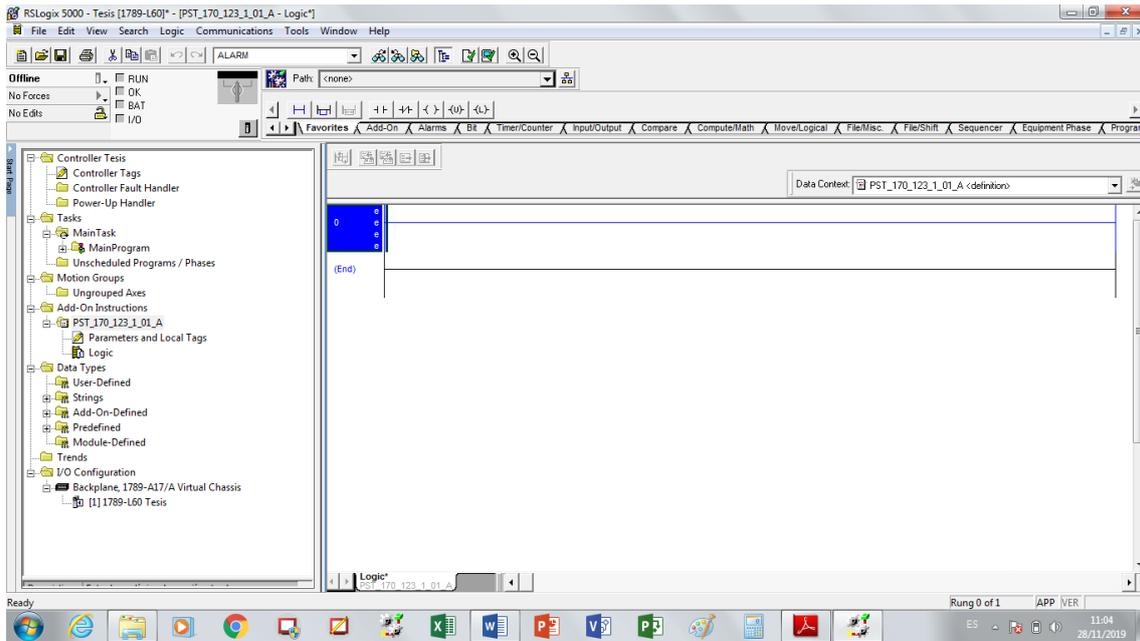
**Figura 2.54.** Cuadro para definir la nueva instrucción ADD-ON



**Figura 2.55.** Instrucciones creadas por default en la nueva ADD-ON.

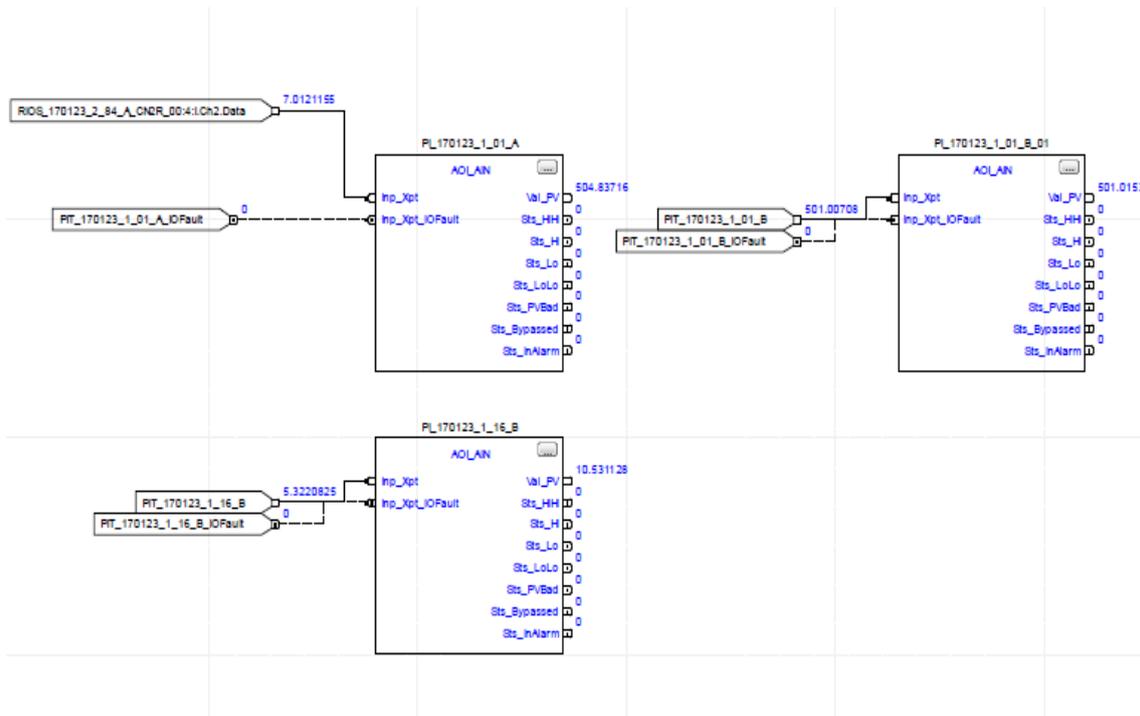
En la pestaña parámetros que se indica en la figura 2.55, se puede editar los Tags y modificar algunos aspectos de los mismos para la instrucción Add-On, como por ejemplo el Usage, Default, Rec, Vis y Description.

Al crear los Tags y definir sus parámetros se tiene que dar clic en el botón Apply para que ya estén guardados los cambios y poder crear la lógica, para esto se da clic en el botón Logic que se encuentra en el lado inferior izquierdo como se indica en la figura 2.55. En ese momento se desplegará una pantalla con el inicio de la lógica de escalera que se creará. Figura 2.56.



**Figura 2.56.** Pantalla para crear lógica de escalera de la Instrucción ADD-ON.

Para realizar la lógica se la hace de manera similar y con los mismos instrumentos del menú desplegable estándar. Al finalizar la lógica se graba para guardar todos los cambios y se tiene creada la instrucción Add-On como se observa en la figura 2.57.



**Figura 2.57.** Instrucciones ADD-ON de presión creadas para el proyecto.

## **2.10. DESARROLLO DE LA INTERFAZ PARA LA VISUALIZACIÓN DE DATOS (HMI).**

### **2.10.1. ESTRUCTURA DE DISEÑO.**

Luego de un análisis de los requerimientos para las condiciones de monitoreo y supervisión de los datos y registros, se determina que la aplicación debe considerar los siguientes aspectos:

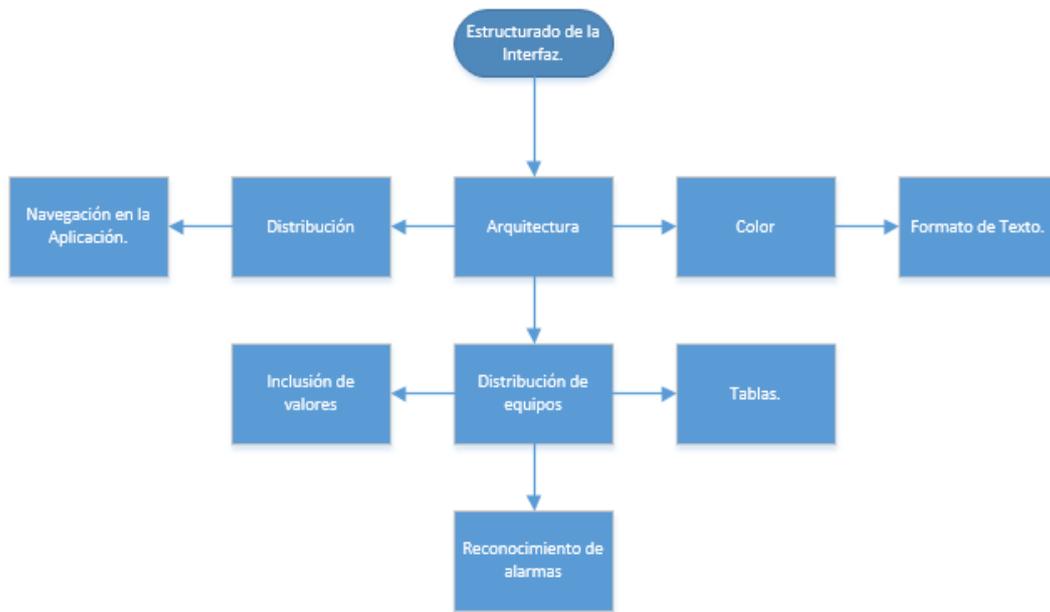
- La aplicación de visualización diseñada debe contener claves de acceso tanto para cada operador como para los encargados del mantenimiento, los cuales deben ser los únicos responsables de las modificaciones del sistema.
- Debe contener los datos del monitoreo de flujo, presión, temperatura y volumen en una sola pantalla la cual sea un esquemático del proceso de recepción.
- Debe permitir al operador un despliegue rápido a las diferentes pantallas de toda la aplicación.
- Las pantallas deben contener colores homogéneos, que en lo posible no sean muy claros y que su contraste no dé confusión tanto con el color de los equipos y con la animación de los mismos.
- Contar con una pantalla de tendencias reales e históricas que cuente con una representación numérica y una representación gráfica de dichas tendencias.
- Se debe contar con una pantalla de interacción de sumario de alarmas en las cuales el operador pueda verificar las mismas.
- Se debe tratar que la aplicación sea de fácil comprensión y visibilidad para los operadores y que tenga un manejo que facilite su operación.

### **2.10.2. ESTRUCTURA METODOLÓGICA DE LA INTERFAZ.**

La estructura metodológica de la interfaz son los pasos generales que el programador por conveniencia puede tomar en cuenta al momento de iniciar una nueva aplicación gráfica.

Por lo general estos pasos son reconocimiento de arquitectura, distribución, navegación en la aplicación, color, formato de texto, distribución de equipos, inclusión de valores,

tablas, y reconocimiento de alarmas. El diagrama de flujo de la estructura de la interfaz se puede observar en la figura 2.58.



**Figura 2.58.** Estructurado metodológico de la interfaz.

Para la implementación de la interfaz se utilizará el programa FactoryTalk View Studio, que es una herramienta creada por Allen Bradley para aplicaciones en las que se requiera el monitoreo, control y automatización de procesos industriales y máquinas.

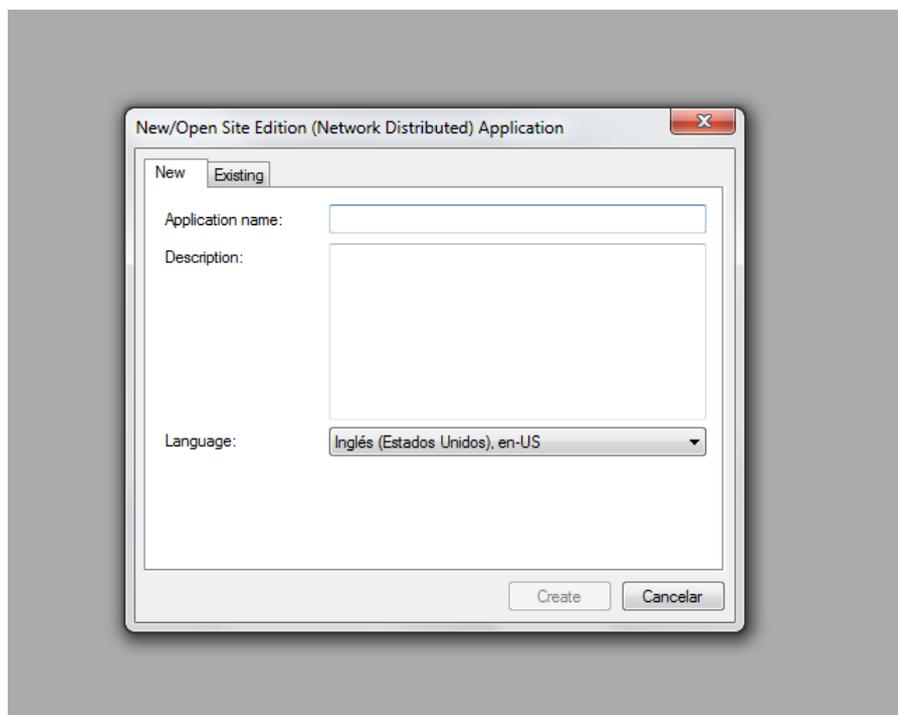
### **2.10.3. GENERALIDADES DEL PROGRAMA FACTORYTALK VIEW STUDIO.**

Al momento de abrir el programa FactoryTalk View Studio, se despliega la ventana en la cual se tiene que escoger el tipo de aplicación que se utilizará como por ejemplo Network Distributed, Network Station, Local Station o View Machine Edition. Para nuestra aplicación se va a escoger Network Distributed y el Local Station. La ventana en mención se la puede ver en la figura 2.59.



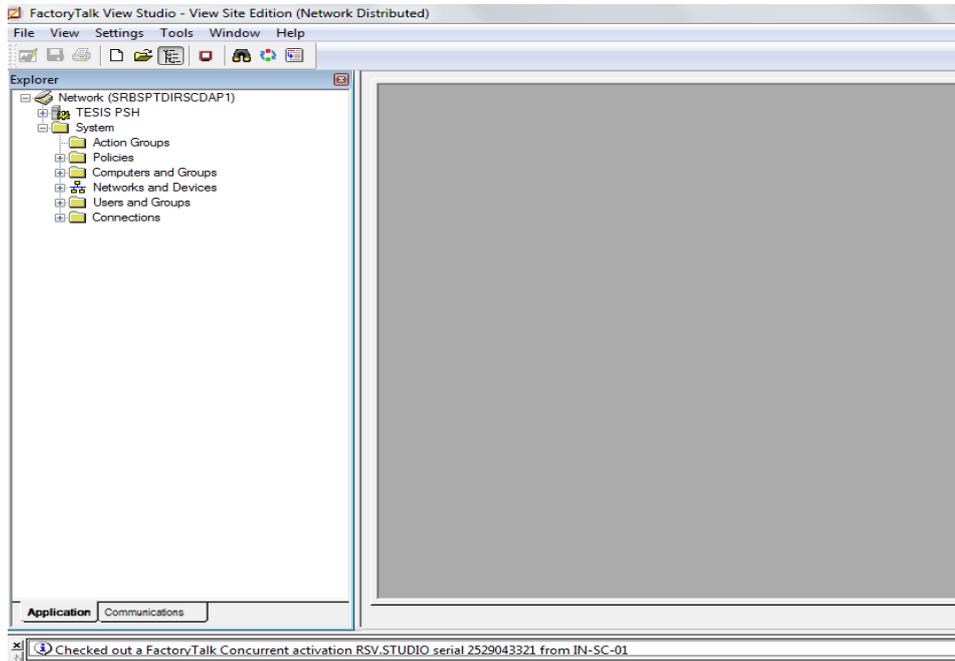
**Figura 2.59.** Ventana inicio FactoryTalk View Studio.

Para crear o abrir una aplicación se requiere llenar los datos que pide el cuadro de dialogo siguiente de la aplicación Network Distributed, estos datos son un nombre para la aplicación nueva, una breve descripción (paso opcional) y escoger el idioma. Esto se muestra en la figura 2.60.



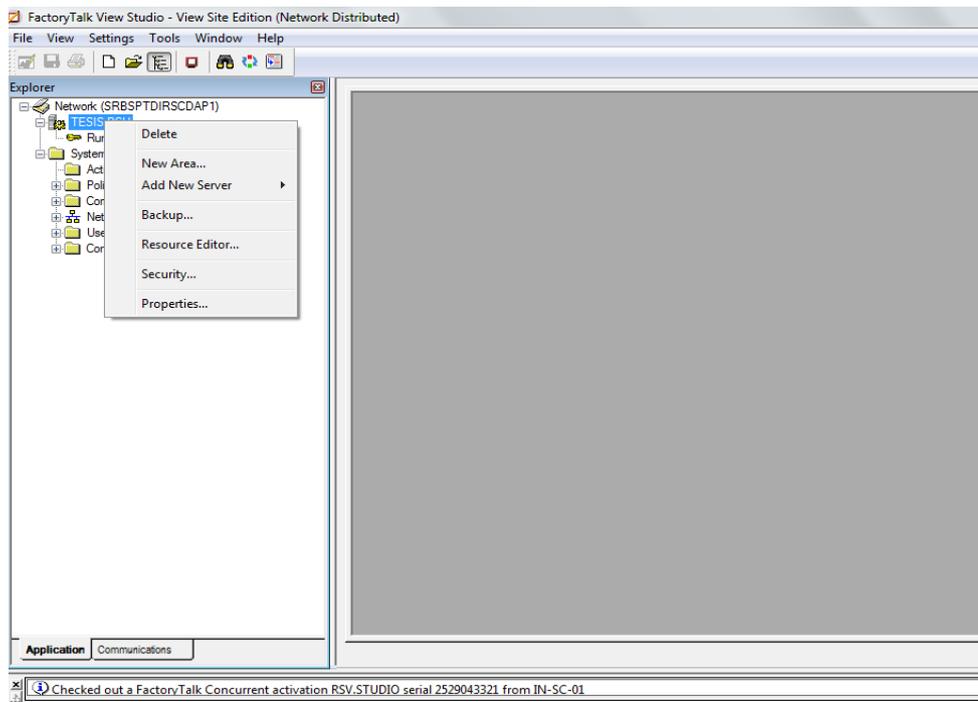
**Figura 2.60.** Cuadro de dialogo para crear / abrir una aplicación.

Al crear correctamente una nueva aplicación debe aparecer el nombre de la misma en la ventana izquierda que contiene el menú. Figura 2.61.



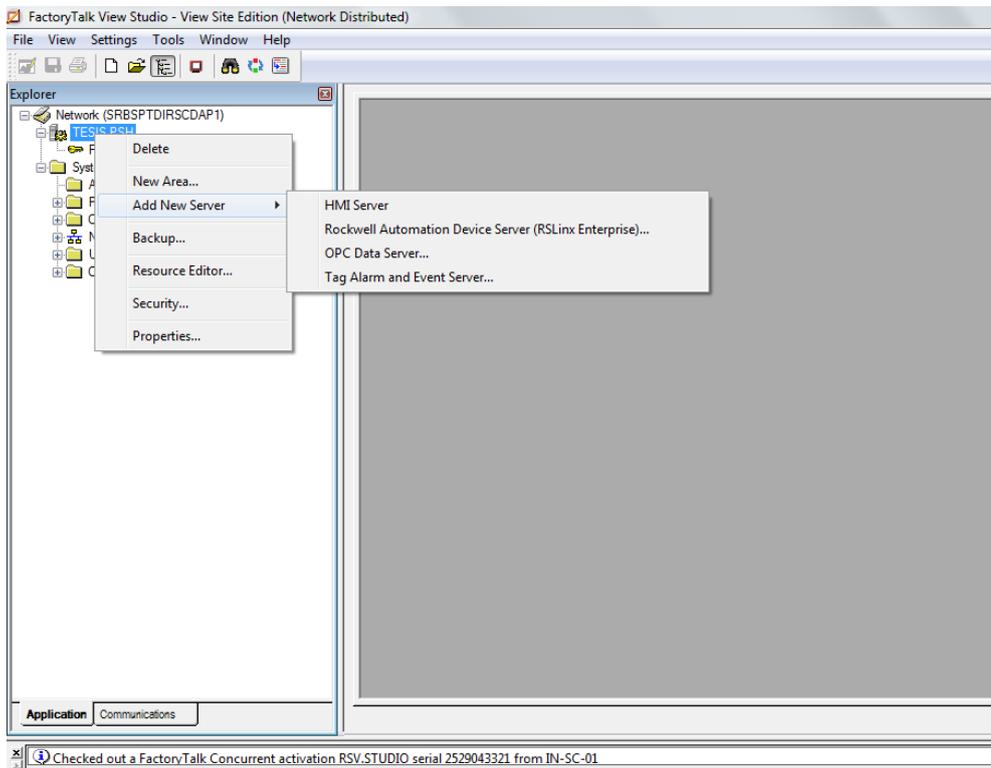
**Figura 2.61.** Aplicación creada en Network Distributed.

El paso siguiente es el direccionamiento a un servidor, ya sea este físico o virtual. Para lo cual se da clic derecho sobre el nombre de la aplicación creada que se encuentra en la parte izquierda del menú. Este paso se lo tiene en la figura 2.62.



**Figura 2.62.** Direccionamiento hacia un servidor.

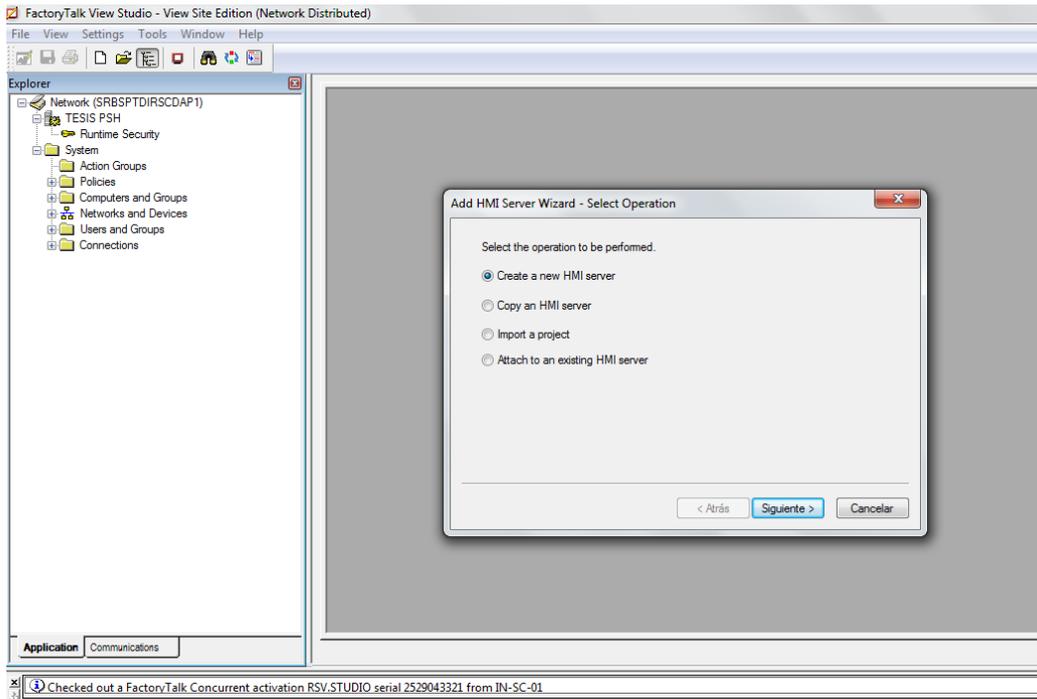
Después se dirige por Add New Server y se escoge un servidor para la aplicación de los que aparecen en el recuadro de la derecha. En las figuras 2.63 se demuestra este paso.



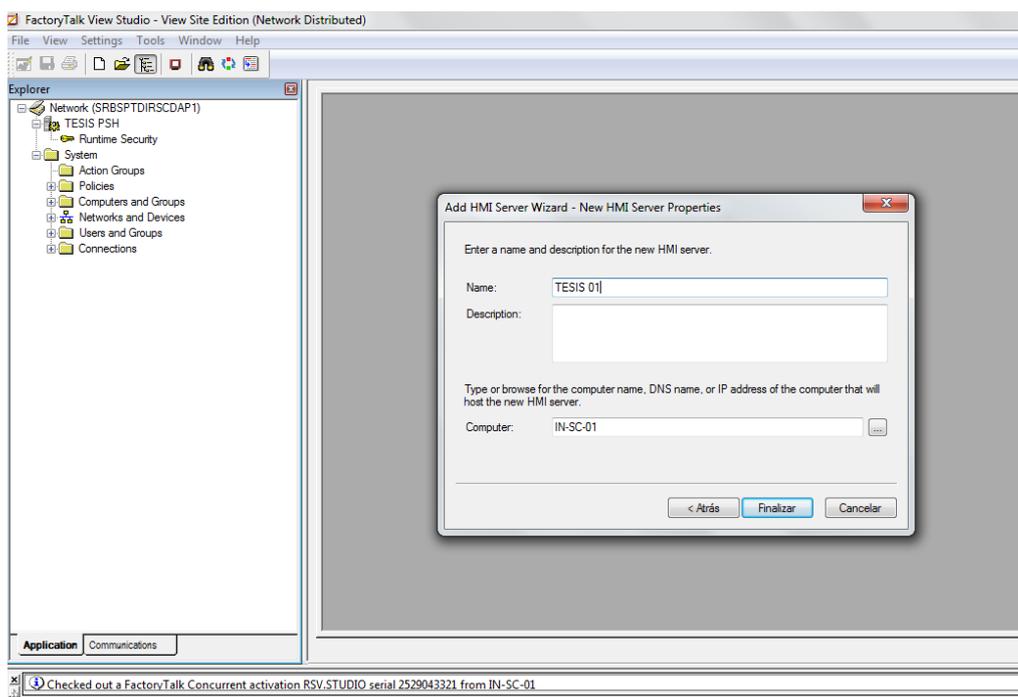
**Figura 2.63.** Elección de un servidor para la aplicación.

Luego de lo cual se despliega un cuadro de diálogo en el cual se tiene que seleccionar una operación que puede ser crear un nuevo HMI servidor, importar, copiar, o conectarse a un HMI server ya creado, figura 2.64.

Después si se escoge por ejemplo 'create' a new HMI server, se tiene que poner un nombre ya que pide como requisito el cuadro de diálogo que se ve en la figura 2.65.



**Figura 2.64.** Elección de un servidor para la aplicación



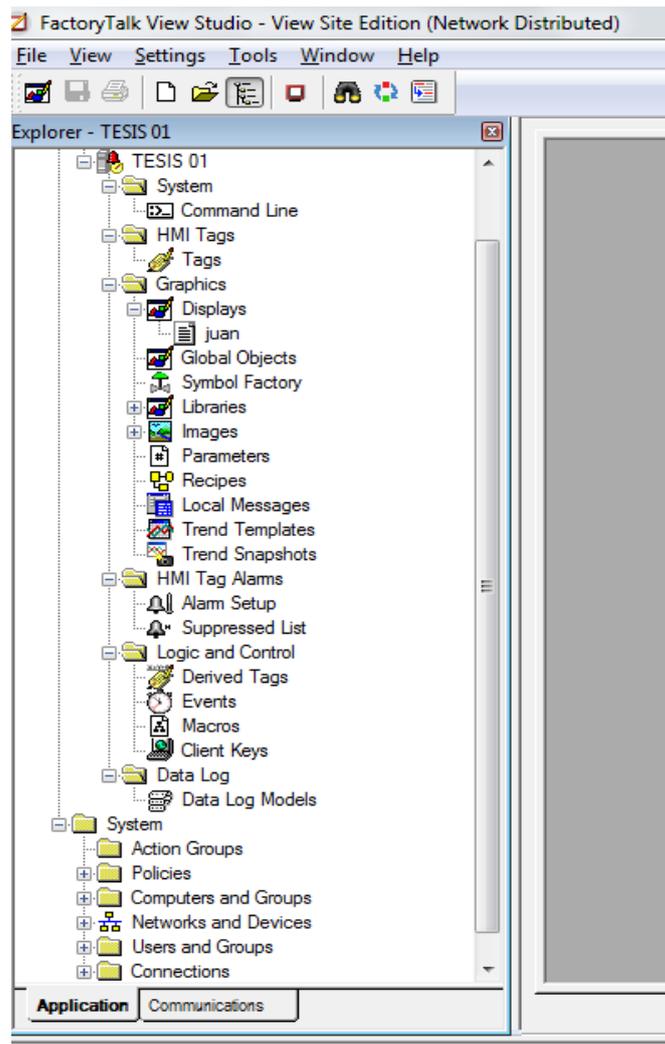
**Figura 2.65.** Elección de un nombre y descripción al servidor para la aplicación

Al completar el paso anterior aparece ya en la ventana izquierda todas las herramientas para la creación de nuestra aplicación y adicionalmente se tiene los otros componentes como son la barra de menú, la barra de herramientas, la ventana de exploración, el espacio de trabajo y todo con sus respectivos subcomponentes. La ventana de inicio con sus componentes se la puede ver en la figura 2.66.



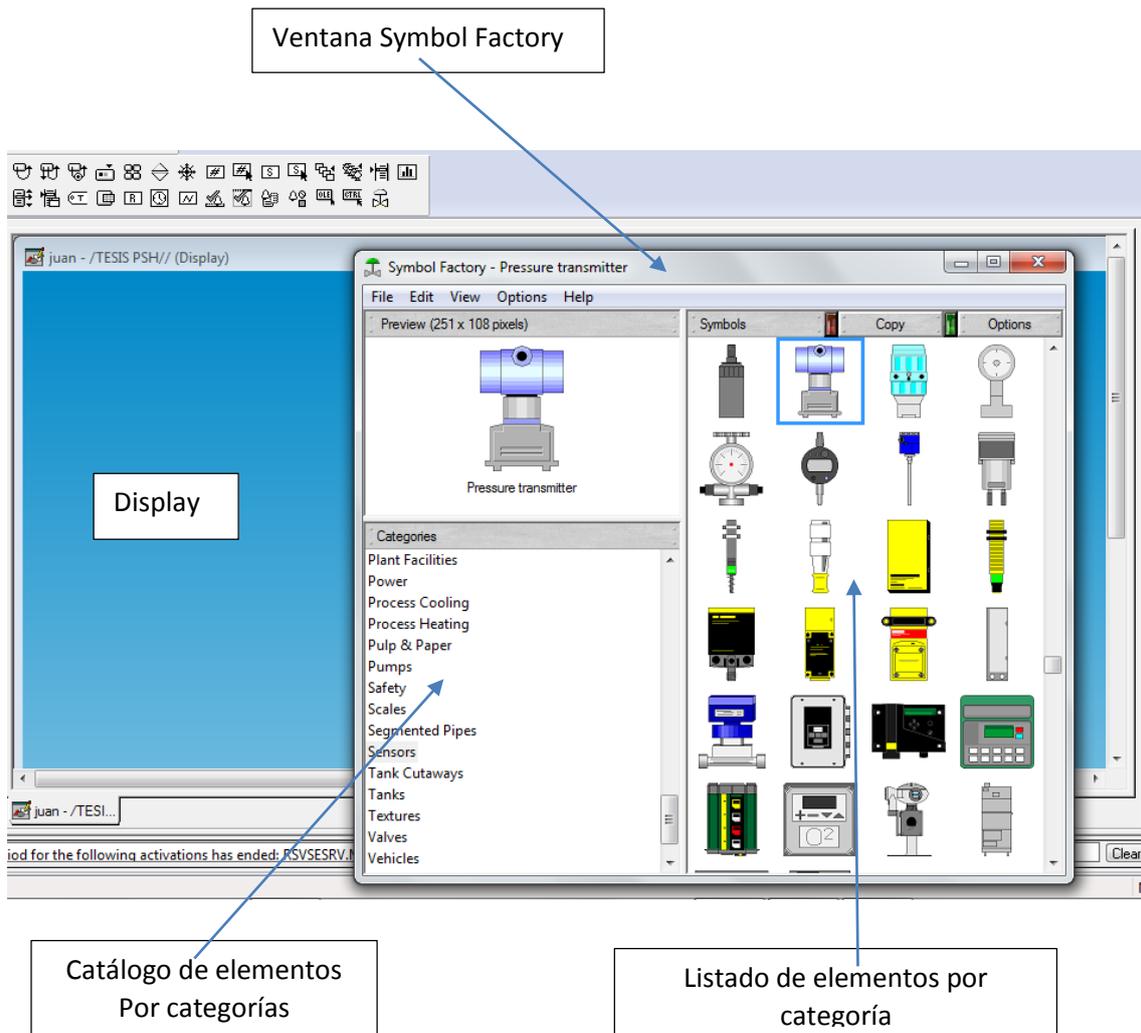
**Figura 2.66.** Ventana de inicio y sus componentes.

Entre las principales carpetas y archivos de la ventana de exploración que se usan para el diseño están: Runtime security, System, HMI Tags, Graphics, Symbol Factory, Libraries, HMI Tags Alarms, Networks and Devices, y Computers and Groups. Estas carpetas las tenemos en la figura 2.67.



**Figura 2.67.** Carpetas ventana de exploración.

Mediante la ventana de exploración se tiene las herramientas para los respectivos proyectos. Se requiere iniciar con la configuración del display y luego se tiene en el Symbol Factory los diferentes elementos industriales más comunes por categorías. A dichos elementos se los puede hacer cambios como el tamaño, el color, si se quiere que tenga animación, cambio de color al cambiar de estado, etc. Un ejemplo de esto se puede ver en la figura 2.68.

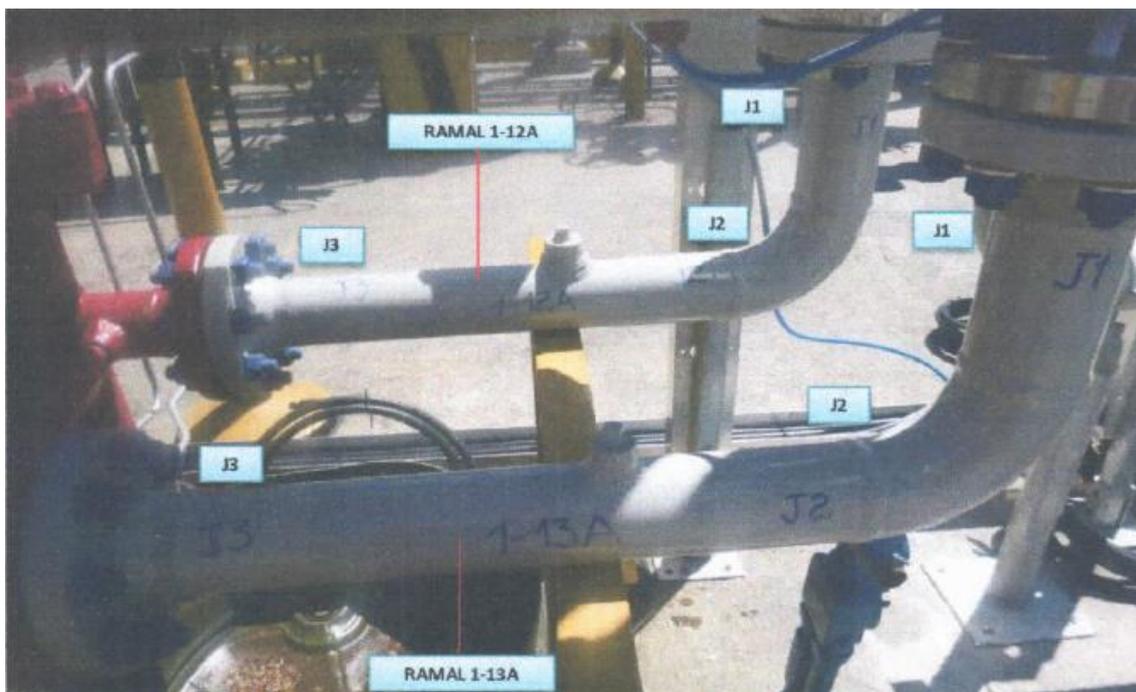


**Figura 2.68.** Modo para usar y configurar diferentes elementos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. PRUEBAS EN EL CARRETE DE MONTAJE DEL TREN DE MEDICIÓN.

El carrete para el montaje no es más que el tramo de tubería en la cual se va a montar el medidor y todos los equipos complementarios de acuerdo a la Norma API 5.1. El objetivo de las pruebas mecánicas es comprobar la resistencia, la soldadura, la limpieza al interior de la tubería y la capa anticorrosiva que tiene que llevar en su exterior. En la figura 3.1, se tiene un tramo del carrete de tubería en el cual se realizó las pruebas.



**Figura 3.1.** Parte del carrete de tubería para montaje.

Es importante someter a distintas pruebas a los tramos nuevos de tubería por cuanto se trabajará con alta presión y en ambientes al aire libre. En la tabla figura 3.2, se tiene el resumen de las pruebas realizadas al carrete de tubería, en las cuales se ve que aprobó según la certificación cada una de ellas.

<b>Pruebas del carrete de tubería para montaje de los equipos</b>		
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Aprobado</b>
1	Revisión de planos para la fabricación	si
2	Revisión de WPS, WPQ, PQR	si
3	Revisión de materiales y certificados de calidad	si
4	Tubería según norma ANSI	si
5	Accesorios para el montaje	si
5	Revisión de armado de tubos, bridas y codos	si
6	Inspección del descarbonato de juntas	si
7	Inspección y registro dimensional de spools	si
8	Radiografiado de soldaduras	si
9	Inspección prueba hidrostática	si
10	Grit blasting y pintura	si
11	Inspección y registro de condiciones ambientales	si
12	Medición de espesores de pintura y pruebas de adherencia	si

**Figura 3.2.** Pruebas realizadas a los carretes de tubería.

### **3.2.- SISTEMA DE MEDICIÓN CORIOLIS IMPLEMENTADO.**

Esta prueba requiere que, una vez montados los equipos se haga una inspección visual del sistema por parte de técnicos especializados, los cuales revisan si existe fugas, si hay elementos que no tiene el ajuste respectivo, si los cables se encuentran dentro de la tubería y si todos los equipos se encuentran etiquetados con su placa. El sistema de medición de Coriolis modelo CMF300 implementado se lo ha dispuesto con una colocación tipo bandera. Esta colocación de los medidores si nos permite la norma API. Se implementó dos medidores de Coriolis en dos ramales con sus respectivos equipos de medición auxiliar independientemente para cada uno. El motivo de poner dos medidores es por cuanto son equipos de trabajo continuo y aunque sólo se usa uno de los dos a la vez, el otro queda como para hacer un uso alternado y para hacer mantenimientos sin necesidad de parar las operaciones. Los medidores ya montados se los puede ver en la figura 3.3 y 3.4.



**Figura 3.3.** Medidor de Coriolis del ramal frontal 13-A.



**Figura 3.4.** Medidor de Coriolis del ramal posterior 12-A.

Como se puede observar en las figuras 3.3 y 3.4 los equipos se encuentran colocados como fue el diseño y no hay fugas de producto y se encuentran con su placa de identificación y características.

### 3.3. PRUEBAS DE CONEXIONADO Y PUESTA A TIERRA.

#### 3.3.1. PRUEBAS DE CONEXIONADO.

Esta prueba se la realiza para tener la seguridad de que el cableado por donde van las señales desde los diferentes instrumentos hacia el cuarto de control y específicamente hacia el tablero de control se encuentre conectado en los puntos correctos de las borneras y no se encuentren rotos en algún tramo. Esta prueba se la realiza por separado para cada uno de los medidores de flujo. En la figura 3.5 se encuentran las pruebas punto a punto del medidor 12-A y en la figura 3.6 se encuentran las pruebas punto a punto del medidor 13-A.

REGISTRO DE PRUEBAS PUNTO A PUNTO			
TAG INSTRUMENTO	IDENTIFICACION	TABLERO	CONTINUIDAD
FIT-170123-1-12-A	TS-01(01)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-12-A	TS-01(02)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-12-A	TS-01(04)	CF-170123-01-05-A	SI

FIT-170123-1-12-A	TS-01(04)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-12-A	TS-01(05)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-12-A	TS-01(05)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-12-A	TS-01(10)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-12-A	TS-01(10)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-12-A	TS-01(10)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-12-A	TS-01(11)	CF-170123-01-05-A	SI
PIT-170123-1-12-A	TS-01(13)	CF-170123-01-05-A	SI
PIT-170123-1-12-A	TS-01(14)	CF-170123-01-05-A	SI
PIT-170123-1-12-A	TS-01(14)	CF-170123-01-05-A	SI
PIT-170123-1-12-A	TS-01(14)	CF-170123-01-05-A	SI
TIT-170123-1-12-A	TS-01(16)	CF-170123-01-05-A	SI
TIT-170123-1-12-A	TS-01(17)	CF-170123-01-05-A	SI
TIT-170123-1-12-A	TS-01(17)	CF-170123-01-05-A	SI
TIT-170123-1-12-A	TS-01(17)	CF-170123-01-05-A	SI
PDI-170123-1-12-A	TS-01(19)	CF-170123-01-05-A	SI
PDI-170123-1-12-A	TS-01(20)	CF-170123-01-05-A	SI
PDI-170123-1-12-A	TS-01(20)	CF-170123-01-05-A	SI
PDI-170123-1-12-A	TS-01(20)	CF-170123-01-05-A	SI

**Figura 3.5.** Pruebas punto a punto del medidor 12-A.

<b>REGISTRO DE PRUEBAS PUNTO A PUNTO</b>			
<b>TAG INSTRUMENTO</b>	<b>IDENTIFICACION</b>	<b>TABLERO</b>	<b>CONTINUIDAD</b>
FIT-170123-1-13-A	TS-01(22)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-13-A	TS-01(23)	CF-170123-01-05-A	SI

FIT-170123-1-13-A	TS-01(25)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-13-A	TS-01(25)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-13-A	TS-01(26)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-13-A	TS-01(26)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-13-A	TS-01(30)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-13-A	TS-01(30)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-13-A	TS-01(30)	CF-170123-01-05-A	SI
FIT-170123-1-13-A	TS-01(31)	CF-170123-01-05-A	SI
PIT-170123-1-13-A	TS-01(33)	CF-170123-01-05-A	SI
PIT-170123-1-13-A	TS-01(34)	CF-170123-01-05-A	SI
PIT-170123-1-13-A	TS-01(34)	CF-170123-01-05-A	SI
PIT-170123-1-13-A	TS-01(34)	CF-170123-01-05-A	SI
TIT-170123-1-13-A	TS-01(36)	CF-170123-01-05-A	SI
TIT-170123-1-13-A	TS-01(37)	CF-170123-01-05-A	SI
TIT-170123-1-13-A	TS-01(37)	CF-170123-01-05-A	SI
TIT-170123-1-13-A	TS-01(37)	CF-170123-01-05-A	SI
PDI-170123-1-13-A	TS-01(39)	CF-170123-01-05-A	SI
PDI-170123-1-13-A	TS-01(40)	CF-170123-01-05-A	SI
PDI-170123-1-13-A	TS-01(40)	CF-170123-01-05-A	SI
PDI-170123-1-13-A	TS-01(40)	CF-170123-01-05-A	SI

**Figura 3.6.** Pruebas punto a punto del medidor 13-A.

Al culminar estas pruebas se puede concluir que el cableado está bien conectado y que no existen fallas en su interior.

### 3.3.2. SISTEMA DE PROTECCIÓN DE PUESTA A TIERRA.

Para la protección adecuada de los equipos eléctricos y electrónicos del cuarto de control y en atención a los requerimientos de protección de equipos recomendados por los fabricantes, se implementó dos mallados de puesta a tierra, uno para la parte eléctrica o de fuerza y el otro para los equipos electrónicos e instrumentación, las cuales son totalmente independientes entre sí. Las borneras de puesta a tierra se pueden observar en la figura 3.7.

Se realizó pruebas de resistencia en la malla de puesta a tierra dando como resultado valores de resistencia inferiores a  $1\Omega$ , por lo cual se ha verificado que la puesta a tierra funciona correctamente y es confiable para la protección de los equipos.



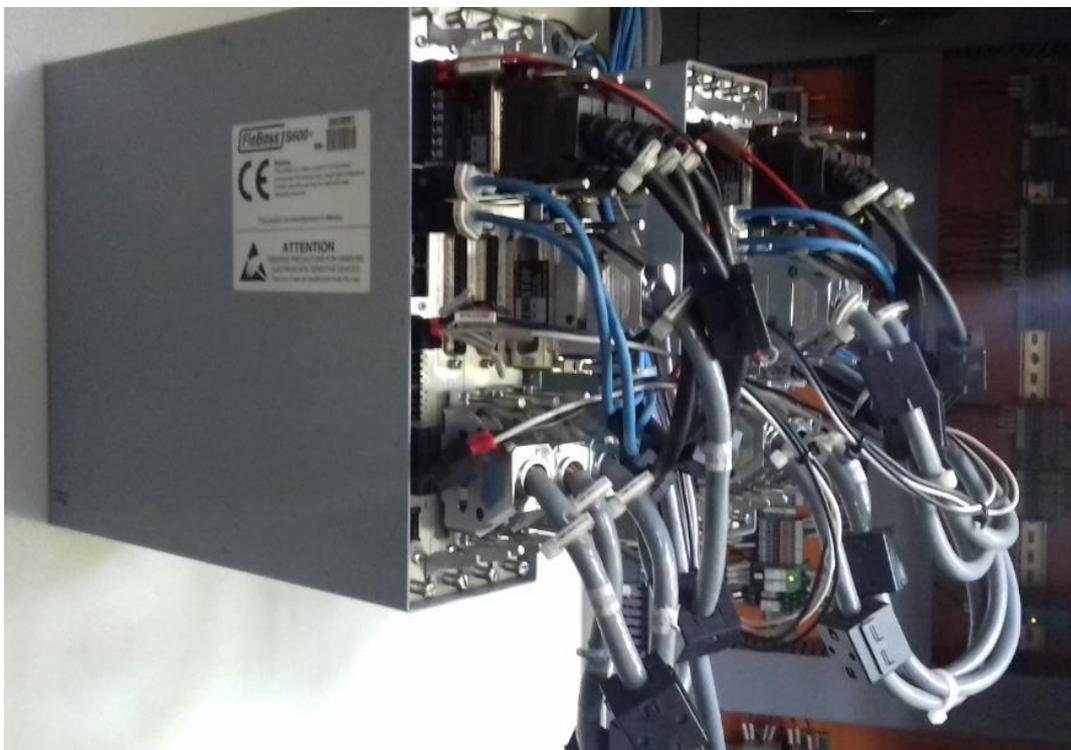
**Figura 3.7.** Borneras del mallado de puesta a tierra.

### 3.4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO COMPUTADORES DE FLUJO.

Los computadores de flujo se encuentran instalados y ya configurados, se tiene dos computadores. Uno principal y uno auxiliar o de backup. Los computadores montados en su armario se pueden ver en la figura 3.8 y la parte posterior de las conexiones de entrada y salida de señales se puede ver en la figura 3.9.



**Figura 3.8.** Computadores de flujo instalados.



**Figura 3.9.** Conexiones posteriores de los Computadores de flujo.

### 3.4.1. PRUEBA DE LAS SEÑALES DE LOS MEDIDORES DE FLUJO.

Para las pruebas de los medidores de flujo se verifica la cantidad de pulsos por barril de acuerdo a la calibración del fabricante que da el sensor, al igual que la señal de 4 a 20 mA. En la tabla 3.10 se muestra el registro de datos de pruebas en sitio.

DESCRIPCIÓN.	TAG	SALIDA	RANGO
Transmisor de flujo	FIT-170123-1-12-A	1000 pulsos	1 Barril
Transmisor de densidad	FIT-170123-1-12-B	4-20 mA	0 / 1000 Kg/m3
Transmisor de flujo	FIT-170123-1-12-A	1000 pulsos	1 Barril
Transmisor de densidad	FIT-170123-1-12-B	4-20 mA	0 / 1000 Kg/m3

**Tabla 3.10.** Registro de pruebas de los medidores de flujo.

### 3.5. PRUEBA DE LA SEÑAL DE LOS TRANSMISORES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA.

Para las pruebas de los transmisores de presión y temperatura se verifica la señal de 4 a 20 mA con el rango establecido. El transmisor de presión se lo verifica en un banco de pruebas que en 0 Psi dé 4mA y que en 800 Psi dé 20 mA. En la tabla 3.11 se muestra el detalle de las pruebas de las señales de los transmisores de presión y temperatura.

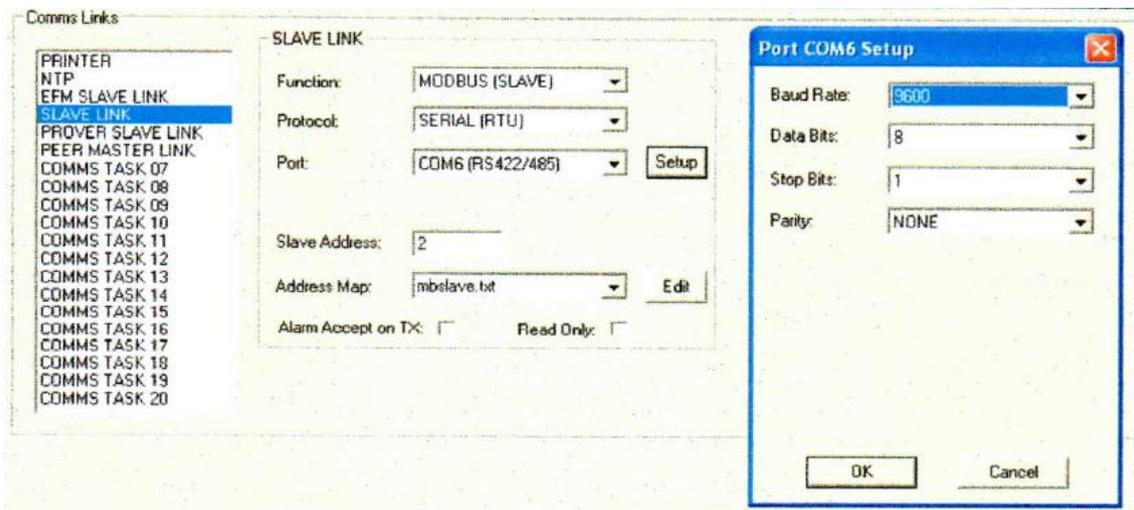
DESCRIPCIÓN	TAG	SALIDA	RANGO
Transmisor de presión ST-1	PIT-170123-1-12-A	4 a 20 mA	0 a 800 PSI
Transmisor de temperatura ST-1	TIT-170123-1-12-A	4 a 20 mA	0 a 200 °F
Transmisor de presión ST-2	PIT-170123-1-13-A	4 a 20 mA	0 a 800 PSI

Transmisor de temperatura ST-2	TIT-170123-1-13-A	4 a 20 mA	0 a 200 °F
--------------------------------	-------------------	-----------	------------

**Tabla 3.11.** Pruebas de los transmisores de presión y temperatura.

### 3.6. PRUEBA DE LA CONFIGURACIÓN DE SEÑAL EN EL COMPUTADOR DE FLUJO.

La prueba de configuración de señal se la hace verificando los datos de configuración de la comunicación como son si es la función, el protocolo, el pòrtico, los baudios, los bits por dato y el bit de parada. En la figura 3.12 se tiene la prueba de comunicación de los medidores de flujo.



**Figura 3.12.** Prueba comunicación de medidores de flujo.

#### 3.6.1. PRUEBA DE LA CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN DEL SISTEMA REDUNDANTE DEL COMPUTADOR DE FLUJO.

La prueba de configuración para la comunicación con el computador de flujo redundante se la hace desde el sistema verificando los datos ingresados. En la figura 3.13 se muestra la configuración del computador de flujo redundante.

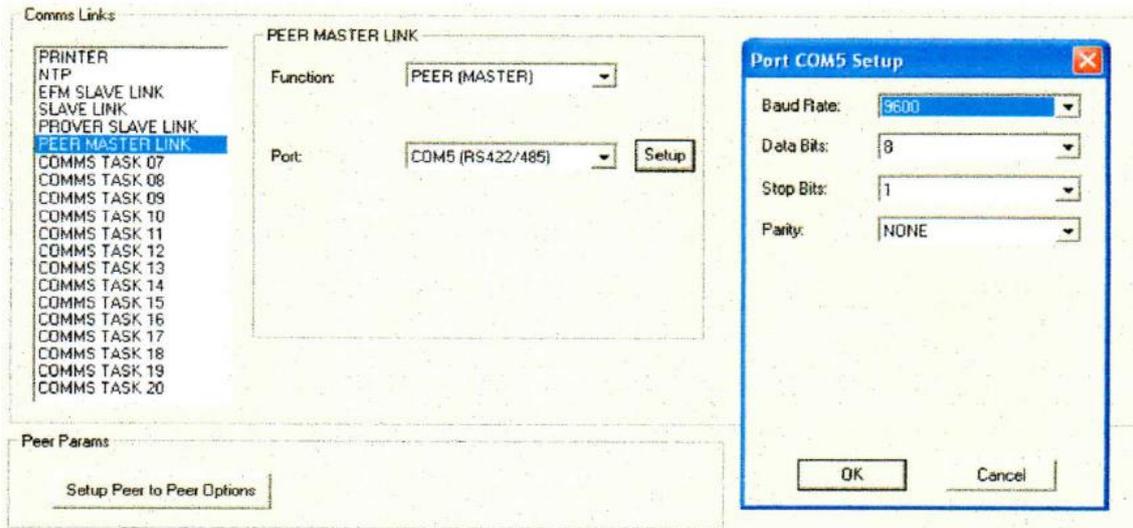


Figura 3.13. Prueba configuración del computador de flujo redundante.

### 3.7. PRUEBA DE CONFIGURACIÓN PARA REPORTES COMPUTADORES DE FLUJO.

La prueba de configuración para los reportes se la hace en el sistema de acuerdo a periodos programados y los datos ingresados como se observa en la figura 3.14.

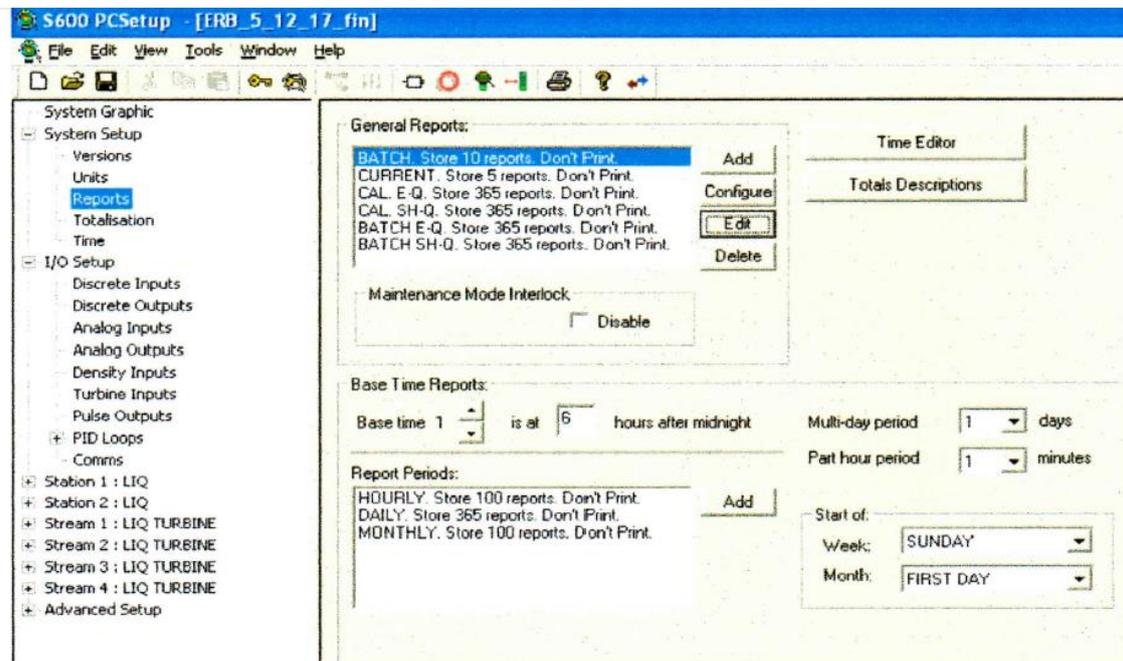


Figura 3.14. Prueba configuración de reportes computadores de flujo.

### 3.8. PRUEBA DE OPERACIÓN DE LOS COMPUTADORES DE FLUJO.

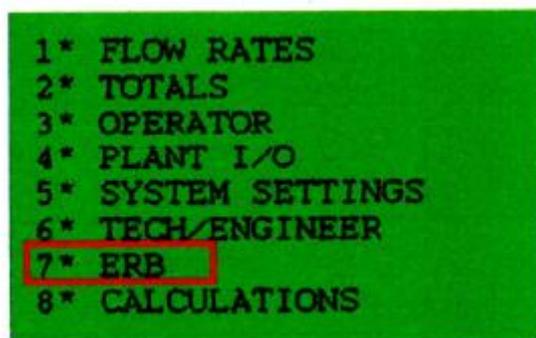
Una vez instalados y configurados los computadores de flujo Floboss S600+, se los puede operar desde su teclado y display. Esto garantiza que no se pierdan los datos de recepción si por alguna razón no funcionan los computadores de la sala de operaciones.

Para la operación del computador de flujo vamos hacia su panel frontal que se indica en la figura 3.15 y se pulsa la tecla menú.



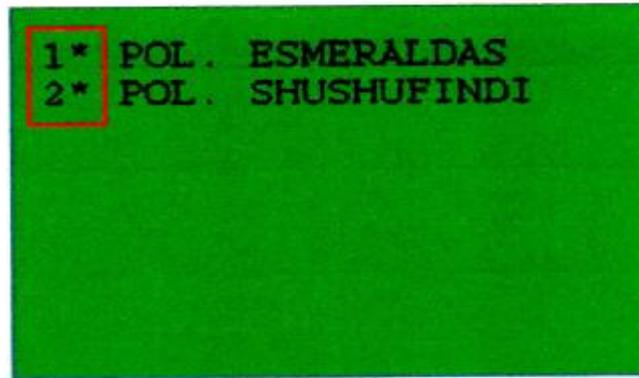
**Figura 3.15.** Panel frontal del computador de flujo Floboss S600+. [8]

Al hacer el paso anterior aparece las opciones del menú como se muestra en la figura 3.16, a continuación se escoge la opción 7 (ERB).

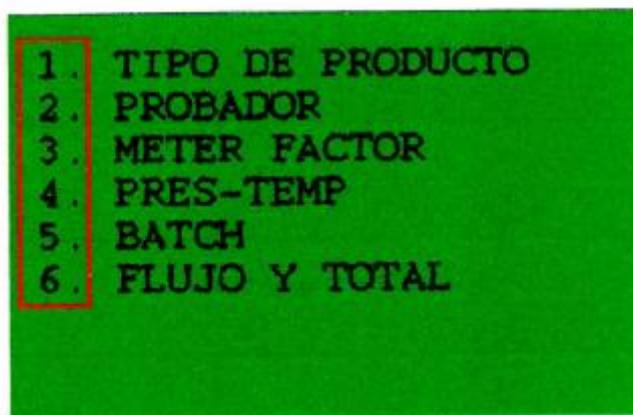


**Figura 3.16.** Opciones del menú inicial del computador de flujo.

En la opción 7 se puede escoger el poliducto, el producto en operación y el último bache o total volumétrico del producto que se encuentra en operación. En el display del computador de flujo aparecerá en las pantalla que se muestran en las figuras 3.17 y 3.18 respectivamente.

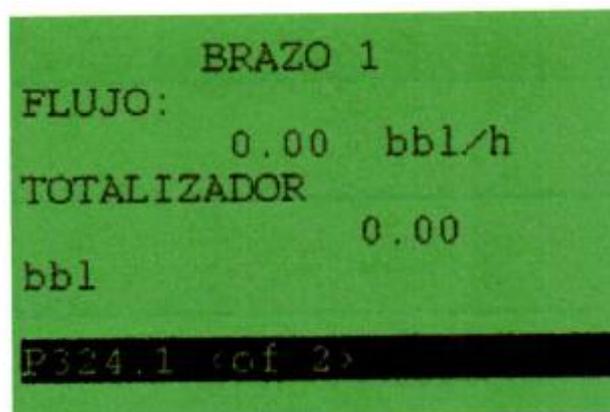


**Figura 3.17.** Opción que muestra el poliducto que se quiere los datos.



**Figura 3.18.** Opción menú de datos requeridos.

Luego de esto de la figura 3.18 se escoge la opción 6. Ahí muestra el display de que brazo o medidor se requiere los datos. Con esto se escoge el brazo que se encuentra en operación y a continuación el display muestra el flujo o caudal en barriles hora y el acumulado del producto que se está recibiendo. En la figura 3.19 se puede observar el display del totalizador.



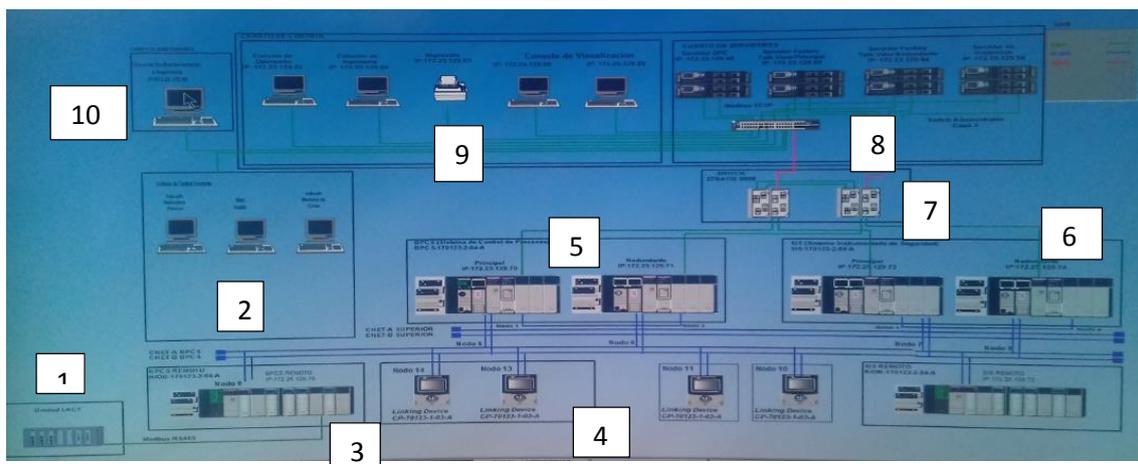
**Figura 3.19.** Display con datos de flujo y totalizador.

Al realizar estas pruebas podemos verificar que los computadores de flujo cuentan con la programación deseada y están recibiendo los datos desde los instrumentos de control.

### 3.9. PRUEBAS DE LAS PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN EN LA SALA DE CONTROL.

#### 3.9.1- ESQUEMÁTICO DE LA ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN.

En una de las pantallas de visualización se muestra el esquemático de cómo está la comunicación de los diferentes equipos entre el cuarto de equipos de control, los servidores y la sala de operación. Esta prueba es para verificar si el esquemático cuenta con todos los elementos y se encuentra como en realidad se hizo la comunicación. En la figura 3.20 se observa la arquitectura de comunicación.



**Figura 3.20.** Esquemático de la arquitectura de comunicación.

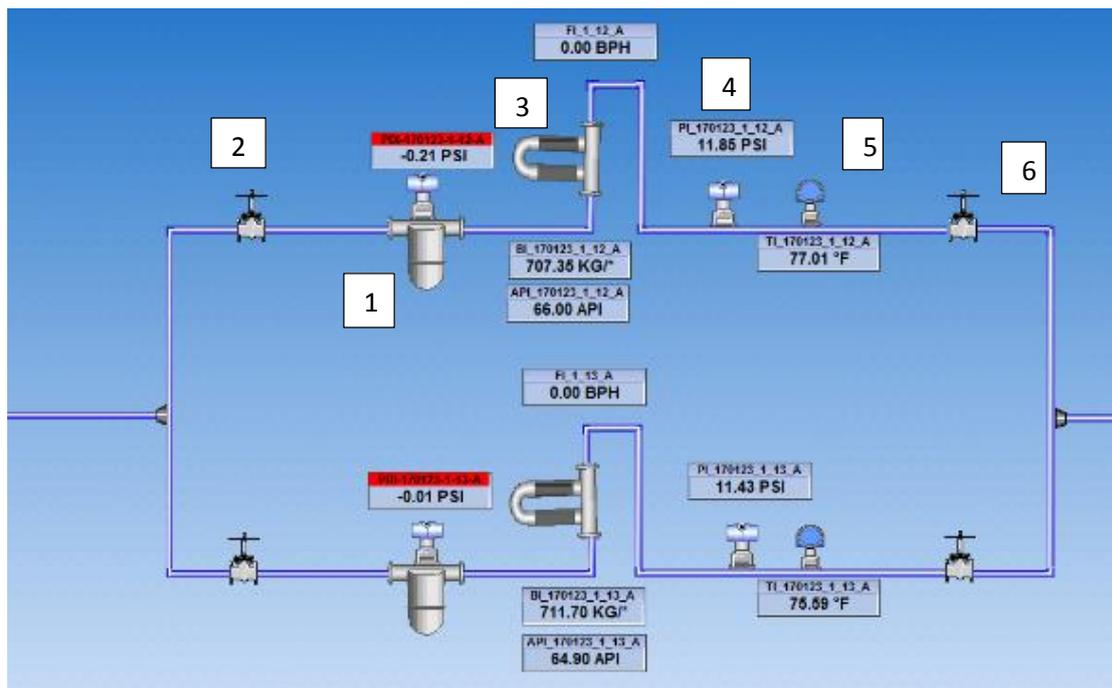
Se puede verificar que la esquemática cuenta con todos los equipos y a continuación se va a indicar cada uno de ellos.

- 1) Computadores de flujo.
- 2) Sistema de control existente.
- 3) PLC con sus respectivos módulos.
- 4) Linking device
- 5) Sistema de control principal y redundante.

- 6) Sistema de Instrumentación principal y redundante.
- 7) Switch del sistema de control.
- 8) Switch generales y de los servidores.
- 9) Computadores de la sala de control de operaciones.
- 10) Consola de mantenimiento e ingeniería.

### 3.9.2. PRUEBA DE PANTALLA DE VISUALIZACIÓN DEL TREN DE MEDICIÓN.

En esta pantalla se diseñó los dos trenes de medición montados en los cuales se tienen los medidores tipo Coriolis montados tipo bandera y sus respectivos componentes de acuerdo a la norma API. Son dos trenes de medición conectados a la tubería principal en paralelo, sólo se utiliza uno a la vez. Se cuenta con dos trenes de medición para si se requiere por algún daño o mantenimiento periódico cambiar de tren y no paralizar la operación. En la figura 3.21 se tiene la visualización de los trenes de medición.



**Figura 3.21.** Pantalla de visualización de los trenes de medición.

Se puede verificar que en el HMI hay los valores de las diferentes variables que se requiere en el cuarto de control, además se puede observar que el tren de medición cuenta con las siguientes lecturas y equipos:

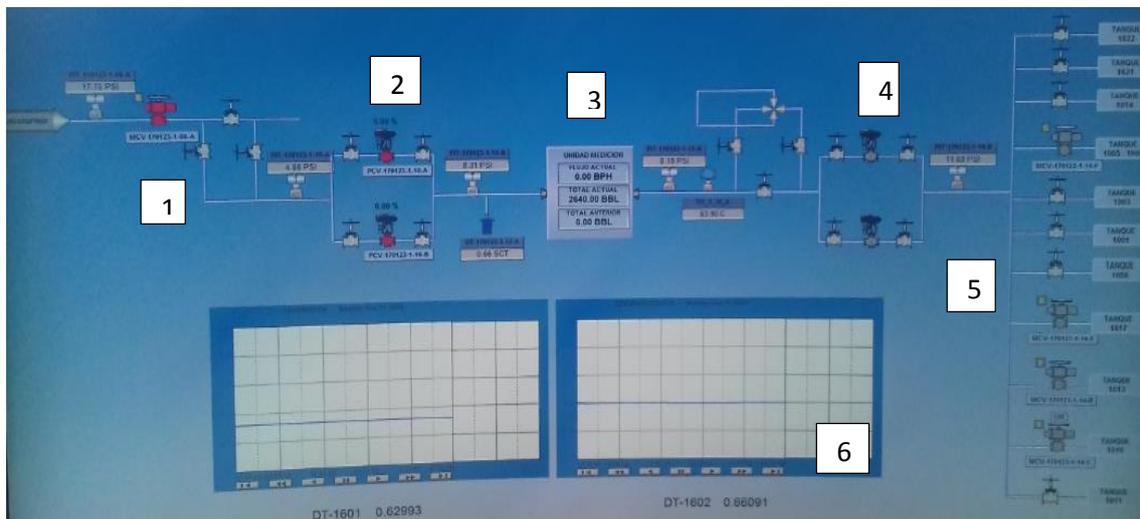
- 1) Filtro tipo sombrero de bruja.

- 2) Válvula de bola de bloqueo al ingreso del tren.
- 3) Medidor volumétrico tipo Coriolis.
- 4) Transmisor indicador de presión.
- 5) Transmisor indicador de temperatura.
- 6) Válvula de bola de bloqueo a la salida del tren.

En el otro tren de medición se tiene los mismos componentes.

### 3.9.3. PRUEBA DE PANTALLA DE VISUALIZACIÓN PRINCIPAL DE OPERACIÓN.

La pantalla principal reúne los tres trenes de operación con sus respectivos estados y lecturas en tiempo real. En la figura 3.22 podemos observar la pantalla principal de visualización.



**Figura 3.22.** Pantalla de visualización principal de operación.

En esta pantalla se puede observar los distintos valores requeridos para la operación en tiempo real con lo cual la pantalla funciona perfectamente. La pantalla principal de operación se cuenta con la siguiente distribución:

### **3.9.3.1. Tren principal de ingreso.**

En el tren principal de ingreso tenemos la válvula principal, la trampa receptora de equipos de limpieza, transmisor de presión de ingreso, sensor de llegada de equipos de limpieza. El tren de ingreso principal se muestra en la figura 3.22 numeral 1.

### **3.9.3.2. Tren de reducción de presión.**

En este tren se encuentran las válvulas reductoras de presión las cuales son controladas mediante un set point de presión el cual varía entre 600 y 700 psi. El movimiento de la válvula está asociado a un controlador PIC que regula su velocidad de cierre y apertura, para evitar cambios bruscos en la presión y golpes de ariete en la tubería. En la figura 3.22 numerales 2 y 4 se puede observar los 2 trenes de reducción que se cuenta.

### **3.9.3.3. Tren de datos de medición de flujo.**

En este tren, que es también llamada unidad LACT, se cuenta con la información de los medidores de flujo tipo Coriolis. Se tiene tres marcos de medida, los cuales son el flujo volumétrico por hora en barriles/ hora, el acumulado del bache actual en barriles y el acumulado del bache anterior también en barriles. En la figura 3.22 numeral 3 se muestra el tren de datos de medición.

### **3.9.3.4. Tren de distribución del producto.**

El tren de distribución de producto o flauta de distribución es donde se cuenta con las diferentes válvulas y tuberías que direccionan el producto a cada tanque de almacenamiento de acuerdo a las especificaciones y programa que se encuentre recibiendo. En la figura 3.22 numeral 5 se muestra el tren de distribución del producto.

### **3.9.3.5. Gráficas de registro de densidad.**

Las gráficas de registro de densidad nos muestran el cambio de la misma en tiempo real. Se utilizan para controlar la calidad del producto y hacer los cambios de producto a los respectivos tanques. Se tiene 2 gráficas, la de la izquierda es para observar la densidad del producto que pasa un kilómetro antes de la estación y la de la derecha nos muestra la densidad del producto que tenemos en la estación. En la figura 3.22 numeral 6 se muestran las gráficas de registro de densidad.

### **3.9.3.6. Pantalla de visualización del perfil altimétrico.**

La pantalla de perfil altimétrico muestra un esquemático de todo el trayecto de la tubería con las respectivas estaciones de bombeo con los datos de presión de succión y de

descarga. También muestra a la altitud sobre el nivel del mar que se encuentra cada estación. En la figura 3.23 se muestra la pantalla del perfil altimétrico del P.SH.Q.

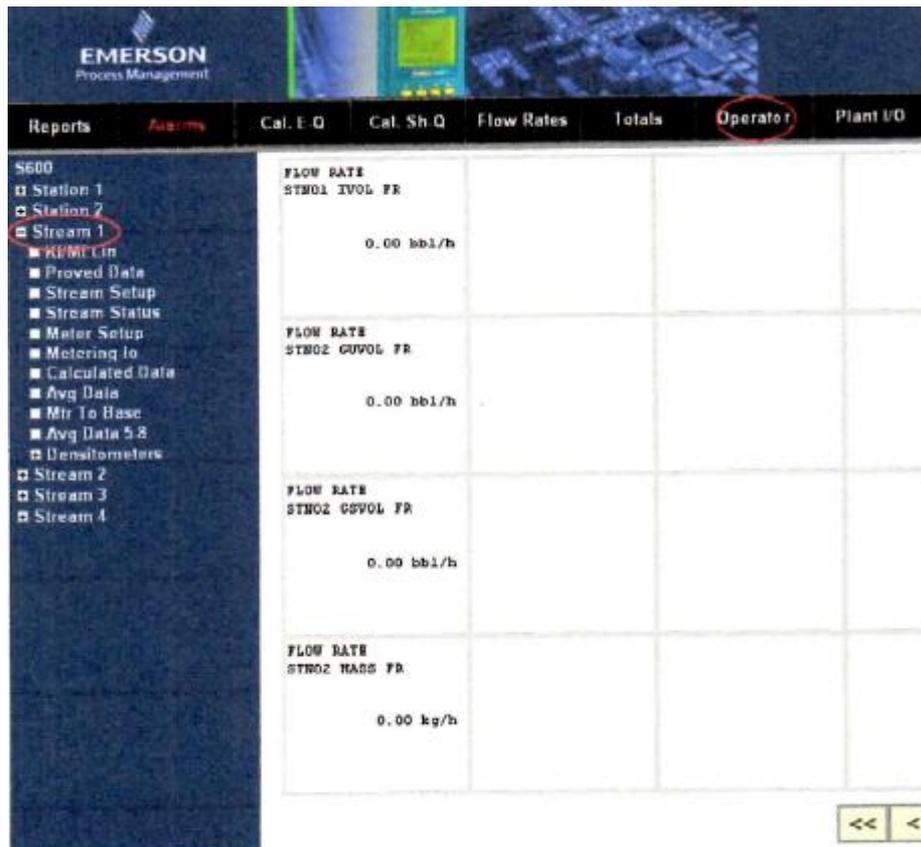


**Figura 3.23.** Pantalla del perfil altimétrico del P.SH.Q.

### **3.10. PRUEBAS DE MANEJO DE LOS DATOS A TRAVÉS DE LA WEB SERVER.**

Con la opción desde la web server se puede cambiar el factor de medición de los medidores de flujo, además se puede sacar reportes de cualquier periodo de tiempo que se requiera para el análisis y estadísticas o para presentar a los organismos de control de ser el caso.

Para el ingreso al sistema web server de Emerson se tiene que poner el usuario y clave de la persona autorizada. Luego de esto aparece una pantalla principal como se observa en la figura 3.24.



**Figura 3.24.** Pantalla principal sistema Web Server.

En la pantalla de la figura 3.24 se selecciona operador, en ese momento se despliega el menú de la izquierda y se escoge el brazo de medición que se requiere cambiar el factor de medición o sacar reportes. En el ejemplo se seleccionó el brazo 1 (Stream 1).

Seguido se selecciona la opción 'Proved Data' y aparece la pantalla que se encuentra en la figura 3.25, y se escoge el cuadro inferior derecho como está señalado en dicha figura.

Reports	Alarms	Cal. F Q	Cal. Sh Q	Flow Rates	Totals	Operator	Plant I/O	System Settings	Tech/Engineer
S600 Station 1 Station 2 Stream 1 K/M/Lin Proved Data Stream Setup Stream Status Meter Setup Metering In Calculated Data Avg Data Mtr To Base Avg Data 5.8 Stream 2 Stream 3 Stream 4									
STRO1 PROVED FR		STRO1 PROVED TRHP		STRO1 PROVED PRESS		STRO1 PROVED FREQ		STRO1 PROVED MF	
Value: 628.98105700 bbl/h		Value: 68.00000000 Deg.F		Value: 290.07548780 psig		Value: 0.00000000 Hz		Value: 1.00000000	
STRO1 TYPE		STRO1 NAME		STRO1 METER LOCATION		STRO1 METER MAN		STRO1 METER MODEL	
Status: LIQ TURBINE		Value: CORIOLIS		Value: POLIDUCTO ESMERALDAS		Value: METER MAN		Value: METER MODEL	
STRO1 STATUS		STRO1 DISABLE		STRO1 LP C/O STATUS		STRO1 RAW PULSE			
Status: OFF-LINE		Status: CLEAR		Status: SET		Status: CLEAR			
STRO1 LOW FREQ CUTOF		STRO1 K-FACTOR		STRO1 K-FACTOR		STRO1 METER FACTOR		STRO1 METER FACTOR	
Value: 2.00000000 Hz		In Use Value: 1000.000000 pls/bbl		Keypad Value: 1000.000000 pls/bbl		In Use Value: 1.000000		Keypad Value: 1.000000	
		Mode Status: KEYPAD		Mode Status: KEYPAD		Mode Status: KEYPAD		Mode Status: KEYPAD	

Figura 3.25. Pantalla para cambio de factor de medición.

Al seleccionar el cuadro inferior derecho aparece el recuadro de la figura 3.26 en el cual se puede poner el nuevo factor de medición y presionamos OK.

STRO1 METER FACTOR	No entry limits:
Keypad Value: 1.000000	
Mode Status: KEYPAD	Value: 1.000000
	OK Cancel

Figura 3.26. Pantalla para ingreso del nuevo factor de medición.

Una vez cambiado el factor de medición se realiza una o dos corridas de prueba de lo cual se despliega en el sistema un reporte. El reporte es analizado por el operador y personal de inspección técnica de ser el caso y si todos están de acuerdo con el cambio se hace la ratificación en el sistema como se indica en las figuras 3.27 y 3.28.

Reports	Actions	Cal. F. Q.	Cal. Sh. Q.	Flow Rates	Totals	Operator	Plant I/D	System Settings	Tech/Engineer	Frk	Calculations	Diags	Log																																																															
<div style="display: flex;"> <div style="width: 20%; background-color: #2e3192; color: white; padding: 5px;">           S020  <input type="checkbox"/> Station 1  <input type="checkbox"/> Station 2  <input type="checkbox"/> Stream 1  <input type="checkbox"/> KUMI Lin  <input type="checkbox"/> Proved Data  <input type="checkbox"/> Stream Setup  <input type="checkbox"/> Stream Status  <input type="checkbox"/> Meter Setup  <input type="checkbox"/> Metering I/O  <input type="checkbox"/> Calculated Data  <input type="checkbox"/> Avg Data  <input type="checkbox"/> Min To Date  <input type="checkbox"/> Avg Data YTD  <input type="checkbox"/> Demographics  <input type="checkbox"/> Stream 2  <input type="checkbox"/> Stream 3  <input type="checkbox"/> Stream 4         </div> <div style="width: 80%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">STRO1 PROVED FR</td> <td style="width: 15%;">STRO1 PROVED TSDP</td> <td style="width: 15%;">STRO1 PROVED PRESS</td> <td style="width: 15%;">STRO1 PROVED PRSD</td> <td style="width: 15%;">STRO1 PROVED HP</td> <td style="width: 15%;">STRO1 PROVED SP</td> <td style="width: 15%;">STRO1 M-FAC ACCEPT</td> </tr> <tr> <td>Value: 628.9916780 bbl/h</td> <td>Value: 67.0000000 Deg.F</td> <td>Value: 290.07348780 psia</td> <td>Value: 0.0000000 Hz</td> <td>Value: 1.0000000</td> <td>Value: 1.580E+02 g/La/bbl</td> <td>Status: IDLE</td> </tr> <tr> <td>STRO1 TYPE</td> <td>STRO1 NAME</td> <td>STRO1 METER LOCATION</td> <td>STRO1 METER MAN</td> <td>STRO1 METER MODEL</td> <td>STRO1 METER SERIAL N</td> <td>STRO1 METER TAG</td> </tr> <tr> <td>Status: LIQ TUBERIE</td> <td>Value: CORIOLIS</td> <td>Value: FOLIODUCTS EMBRALDAP</td> <td>Value: METER MAN</td> <td>Value: METER MODEL</td> <td>Value: METER SERIAL NO</td> <td>Value: METER TAG</td> </tr> <tr> <td>STRO1 STATUS</td> <td>STRO1 DISABLE</td> <td>STRO1 LF C/S STATUS</td> <td>STRO1 EMB PULSE</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Status: OFF-LINE</td> <td>Status: CLEAR</td> <td>Status: SET</td> <td>Status: CLEAR</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>STRO1 LOW FREQ CUTOFF</td> <td>STRO1 K-FACTOR</td> <td>STRO1 K-FACTOR</td> <td>STRO1 METER FACTOR</td> <td>STRO1 METER FACTOR</td> <td>STRO1 HP TUBD PRSD</td> <td>STRO1 TUBE LIFE/CHI</td> </tr> <tr> <td>Value: 7.0000000 Hz</td> <td>In Use Value: 1000.000000 g/La/bbl</td> <td>Keypad Value: 1000.000000 g/La/bbl</td> <td>In Use Value: 1.045000</td> <td>Keypad Value: 1.045000</td> <td>Value: 0.0000000 Hz</td> <td>Status: LIVE</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Note Status: ACTIVE</td> <td>Note Status: ACTIVE</td> <td>Note Status: ACTIVE</td> <td>Note Status: ACTIVE</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </div> </div>														STRO1 PROVED FR	STRO1 PROVED TSDP	STRO1 PROVED PRESS	STRO1 PROVED PRSD	STRO1 PROVED HP	STRO1 PROVED SP	STRO1 M-FAC ACCEPT	Value: 628.9916780 bbl/h	Value: 67.0000000 Deg.F	Value: 290.07348780 psia	Value: 0.0000000 Hz	Value: 1.0000000	Value: 1.580E+02 g/La/bbl	Status: IDLE	STRO1 TYPE	STRO1 NAME	STRO1 METER LOCATION	STRO1 METER MAN	STRO1 METER MODEL	STRO1 METER SERIAL N	STRO1 METER TAG	Status: LIQ TUBERIE	Value: CORIOLIS	Value: FOLIODUCTS EMBRALDAP	Value: METER MAN	Value: METER MODEL	Value: METER SERIAL NO	Value: METER TAG	STRO1 STATUS	STRO1 DISABLE	STRO1 LF C/S STATUS	STRO1 EMB PULSE				Status: OFF-LINE	Status: CLEAR	Status: SET	Status: CLEAR				STRO1 LOW FREQ CUTOFF	STRO1 K-FACTOR	STRO1 K-FACTOR	STRO1 METER FACTOR	STRO1 METER FACTOR	STRO1 HP TUBD PRSD	STRO1 TUBE LIFE/CHI	Value: 7.0000000 Hz	In Use Value: 1000.000000 g/La/bbl	Keypad Value: 1000.000000 g/La/bbl	In Use Value: 1.045000	Keypad Value: 1.045000	Value: 0.0000000 Hz	Status: LIVE		Note Status: ACTIVE	Note Status: ACTIVE	Note Status: ACTIVE	Note Status: ACTIVE		
STRO1 PROVED FR	STRO1 PROVED TSDP	STRO1 PROVED PRESS	STRO1 PROVED PRSD	STRO1 PROVED HP	STRO1 PROVED SP	STRO1 M-FAC ACCEPT																																																																						
Value: 628.9916780 bbl/h	Value: 67.0000000 Deg.F	Value: 290.07348780 psia	Value: 0.0000000 Hz	Value: 1.0000000	Value: 1.580E+02 g/La/bbl	Status: IDLE																																																																						
STRO1 TYPE	STRO1 NAME	STRO1 METER LOCATION	STRO1 METER MAN	STRO1 METER MODEL	STRO1 METER SERIAL N	STRO1 METER TAG																																																																						
Status: LIQ TUBERIE	Value: CORIOLIS	Value: FOLIODUCTS EMBRALDAP	Value: METER MAN	Value: METER MODEL	Value: METER SERIAL NO	Value: METER TAG																																																																						
STRO1 STATUS	STRO1 DISABLE	STRO1 LF C/S STATUS	STRO1 EMB PULSE																																																																									
Status: OFF-LINE	Status: CLEAR	Status: SET	Status: CLEAR																																																																									
STRO1 LOW FREQ CUTOFF	STRO1 K-FACTOR	STRO1 K-FACTOR	STRO1 METER FACTOR	STRO1 METER FACTOR	STRO1 HP TUBD PRSD	STRO1 TUBE LIFE/CHI																																																																						
Value: 7.0000000 Hz	In Use Value: 1000.000000 g/La/bbl	Keypad Value: 1000.000000 g/La/bbl	In Use Value: 1.045000	Keypad Value: 1.045000	Value: 0.0000000 Hz	Status: LIVE																																																																						
	Note Status: ACTIVE	Note Status: ACTIVE	Note Status: ACTIVE	Note Status: ACTIVE																																																																								

Figura 3.27. Pantalla para ratificar el nuevo factor de medición.



Figura 3.28. Pantalla final para aceptar el nuevo factor de medición.

Con estas pruebas en los reportes se puede observar que contienen la información deseada y se puede escoger la información por periodo de tiempo y cambiar de ser el caso el factor de corrección del sistema de medición.

Para uso de la supervisión se puede realizar cortes diarios, semanales, mensuales y semestrales de recepción de cada producto. El reporte se saca de cada medidor coriolis por separado. En este reporte consta la cantidad en barriles del periodo, el producto, el grado API, el stream o medidor, la presión de entrada, los pulsos por barril, la densidad y la temperatura del producto. En la figura 3.29 se observa un reporte del stream 2.

STREAM 2 NAME: LIQ CORIOLIS

STREAM 2 PRODUCT TYPE: G.BASE  
RETROSPECTIVE K FACTOR APPLIED NO  
POWER OFF DURING BATCH CLEAR

	CUMULATIVE	BATCH	FLOW RATE	
GUVOL	1178732.33	28589.87 bbl	0.00	kg/m3
GSVOL	1166571.15	28245.22 bbl	2721.14	bbl/h
MASS	315475760.81	7373087.04 lbs	2685.22	bbl/h
IVOL	1178732.33	28589.87 bbl	678689.01	lbs/h

OBS PRESS (MTR):	151.21	psig	Obs. Dens:	64.50	Deg. API
OBS TEMP (MTR) :	80.25	Deg.F	SG:	0.72	
MTR DENS :	735.76	kg/m3			
GUVOL FR :	2636.20	bbl/h			
MTR CCF :	0.98794	!			
MTR CPL :	1.00121				
MTR CTL :	0.98629				
NKF :	1000.00	! pls/bbl			

DURACION: 651.54 minutos

Figura 3.29. Reporte del stream 2 para uso Supervisión.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 4.1. Conclusiones.

Se ha llegado a las siguientes conclusiones en base a los resultados obtenidos de este proyecto de titulación.

- ✓ Al cambiar el sistema de medición de combustible de uno de turbina a uno tipo Coriolis, se tiene una mejora sustancial en el proceso ya que se eliminaron las paradas de operación inesperadas y los errores en la medición del flujo de combustibles por atascamiento con partículas y sedimentos que se acumulaban en el cuerpo de la turbina.
- ✓ Se ha obtenido una transmisión de datos sin errores entre los diferentes componentes del sistema de medición implementado ya que utilizan protocolo de comunicación Modbus/TCP y Ethernet.
- ✓ Con este trabajo se ha logrado disminuir los errores volumétricos en la transferencia de custodia de los diferentes productos transportados por el Poliducto, llegando a estar dentro del porcentaje de error permitido en la medición por los órganos de control del sector hidrocarburífero.
- ✓ Al implementar las pantallas de visualización para el monitoreo el operador tiene la facilidad de manejar las actividades relacionadas con la recepción de los diferentes productos.
- ✓ Con la implementación del web server los supervisores y personal de los órganos de control tienen la facilidad de sacar reportes en periodos de tiempo y por producto para realizar los respectivos análisis e informes.
- ✓ En la parte mecánica luego de realizadas las pruebas a los tramos de tubería de 4 pulgadas en los cuales se montó los equipos del tren se comprobó que las mediciones son seguras y resisten tanto la presión de operación como el paso de los diferentes productos que por el poliducto se transportan.

## **4.2. Recomendaciones.**

Se hace las siguientes recomendaciones en función del proyecto implementado.

- ✓ Realizar charlas técnicas de la funcionalidad y operación de los equipos instalados al personal de operaciones para su conocimiento y manejo del correcto del mismo.
- ✓ Realizar la conexión respectiva al sistema meter proveer que se tiene para los medidores tipo Coriolis del Poliducto Esmeraldas Quito, para poder hacer pruebas y verificar el factor de corrección. El sistema meter proveer es un comprobador en sitio que se utiliza para calibrar el factor de corrección del sistema de medición de ser necesario.
- ✓ Hacer pruebas periódicas punto a punto de todas las señales de campo para verificar sus rangos. Al igual que verificar las comunicaciones entre los diferentes sistemas.
- ✓ Cualquier cambio que se requiera hacer en el sistema de medición deber ser notificado a los organismos nacionales de control como es el caso de la ARCH para el sector hidrocarburífero.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] Bravo D., Flores D., (2014), 'Estudio de la Repotenciación del Poliducto Shushufindi Quito y sus Estaciones de Bombeo', Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- [2] Emerson, (2018), "Medidores de caudal y densidad tipo coriolis Elite de Micro Motion". Disponible en: <https://www.emerson.com/documents/automation/hoja-de-datos-del-sensor-elite-data-sheet-spanish-es-64388.pdf>
- [3] American Petroleum Institute, (2002), 'Manual of Petroleum Measurement Standards', Chapter 5 Metering, First Edition. Washington, D.C.
  
- [4] Emerson Process Management, (2015), 'FloBoss S600 + Flow computer Instruction Manual', Houston, TX, U.S.A.
- [5] Prosoft Technology, (2004), 'MVI56-MCM plataforma ControlLogix. Módulo de comunicación Modbus', Bakersfield, CA 93301, U.S.A.
- [6] Allen-Bradley, (2018), 'ControlLogix Redundant Power Supply'. Disponible en: <https://www.ControlLogix Redundant Power Supply>
- [7] Allen-Bradley, (2018), '1756 ControlLogix Controllers'. Disponible en: <https://www.1756 ControlLogix Controllers Catalog>.
- [8] Allen-Bradley, (2015), 'Configuración de la red Ethernet/IP'. Disponible en: <https://www.configuración de la red Ethernet/IP>.
- [9] Allen-Bradley, (2019), 'FactoryTalk View Machine Edition Users Guide'. Disponible en: Rockwell Automation Sample Code Library, viewme-um004.
- [10] Allen-Bradley, (2018), 'Logix5000 Controllers Add On Instructions' Programming Manual. [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm010\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm010_-en-p.pdf)
- [11] Comisión nacional de Hidrocarburos, 'Foro de lineamientos de medición'. Disponible: [Chrome.extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Foilproduction.net%2Ffiles%2FMejores\\_Practicas\\_para\\_la\\_Medicion\\_de\\_Hidrocarburos\\_Emerson.pdf&clen=9193153&chunk=true](Chrome.extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Foilproduction.net%2Ffiles%2FMejores_Practicas_para_la_Medicion_de_Hidrocarburos_Emerson.pdf&clen=9193153&chunk=true)

## ORDEN DE EMPASTADO