



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE GASES MEDICINALES EN ZONA DE  
DIÁLISIS DE HOSPITAL DE 400 CAMAS”**

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD CON ESPECIALIZACIÓN  
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

LUIS CARLOS CORREA CRESPO  
HERNÁN OLIVERO VÉLEZ OZAETA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

## **AGRADECIMIENTO**

Mis más sinceros agradecimientos al Dios todo poderoso por darnos la inteligencia, sabiduría para poder realizar nuestro Proyecto Integrador y finalizar una etapa más de nuestra vida.

A nuestros padres y seres queridos que nos brindaron su apoyo incondicional, quienes con su esfuerzo nos han dado para dar un paso adelante a nuestra carrera.

A nuestros profesores por su ayuda incondicionalmente en el aspecto académico e impartir sus conocimientos hacia nosotros. Pues le quedamos muy agradecidos con ustedes.

A nuestra querida institución ESPOL por brindarme la preparación y ayuda necesaria para la culminación de nuestra carrera.

## DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado, primeramente, a Dios por guiarme, ayudarme incondicionalmente en cada paso de mi vida, gracias a él pude lograr mi objetivo, porque todo lo puedo en aquel que me fortalece.

A mi madre Mirian Ozaeta Mendoza que fue mi mayor motivación, apoyo y ayuda incondicional, que estuvo ahí en todo momento brindándome todo su amor y paciencia, todo se lo debo a ella y mucho más.

A mis abuelitos María Mendoza y Ostorio Ozaeta que ya no está conmigo que sin su consejos, abrigo y motivación habría sido difícil continuar en cada paso de mi vida.

A mis amigos y compañeros que en cada etapa me brindaron su apoyo y consejo para llegar a la meta propuesta.

*Hernán Olivero Vélez Ozaeta*

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi mamá, Elba Juana Abigail Crespo López, quien me supo sacar adelante con mucho esfuerzo, dedicación e infinita paciencia; a mi papá, Joselito Santos Correa Reyes, quien me supo dar los mejores consejos de vida para nunca descarrilarme de mis metas; a mis hermanos mayores, Daniel y José por siempre apoyarme, a mis hermanos menores, Steven y Aymara por siempre inspirarme; a mi mejor amiga, Adela Hidalgo, mi paño de lágrimas en los momentos más difíciles de mi vida; a mis amigos más cercanos Joseph, José, Álvaro, Esteban, Eduardo, Alexis, Cesar, en fin a los VPC, quienes siempre hicieron de mi vida algo divertido; a mi mano derecha, Ivette Pazmiño, quien me ayuda a ser mejor persona día a día y todos los días me llena de felicidad; por último a todos aquellos que aportaron con su granito de arena para lograr mi primera gran meta en la vida.

¡Muchas gracias a todos!

*Luis Carlos Correa Crespo*

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....  
**Ph.D. Wilton Agila**

PROFESOR EVALUADOR

.....  
**M.Sc. Alberto Larco**

PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....  
**Hernán Olivero Vélez Ozaeta**

.....  
**Luis Carlos Correa Crespo**

## RESUMEN

El siguiente proyecto tiene como objetivo principal desarrollar un sistema digital de control y monitoreo de gases medicinales en zona de diálisis para un hospital tipo de 400 camas, una réplica de ello está siendo implementada en diversas localidades del país por el Ministerio de Salud Pública.

El procedimiento de hemodiálisis es practicado en pacientes hemodinamicamente estables, pero las urgencias suceden de un momento a otro y la no intervención apropiada al paciente puede producir riesgo de muerte. Tener un control en tiempo real evitaría este riesgo, además existen varios parámetros que los médicos desearían investigar, pero que no poseen un registro, problema que se puede solucionar automatizando el sistema.

Para empezar, se detalla la obtención y funcionabilidad de los gases medicinales utilizados en la zona de diálisis, en lo que respecta a aspectos mecánicos, físicos, químicos y de seguridad, siguiendo las normas respectivas. Para esto se detalla brevemente la central de gases medicinales y como funciona.

A continuación, se analiza los planos arquitectónicos de la zona de diálisis y en conjunto con las normas que deben emplearse para la instalación de un sistema electrónico en esta zona. Para ello, se procede a ubicar tanto los sensores como los actuadores del sistema de automatización para realizar el control y monitoreo. Con la cantidad de sensores y actuadores se definirá el PLC a usar para realizar todo el control.

Finalmente, se desarrolla una interfaz de usuario para completar la automatización, la cual es probada mediante una simulación con la que se mostró un cambio positivo en el proceso de las diálisis.



## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	i
DEDICATORIA .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	v
DECLARACIÓN EXPRESA .....	vi
RESUMEN .....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	ii
CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 GASES MEDICINALES .....	1
1.1.1 OXÍGENO .....	2
1.1.2 AIRE MEDICINAL .....	3
1.1.3 VACÍO MEDICINAL.....	4
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	5
1.3 OBJETIVOS.....	6
1.4 RESULTADOS ESPERADOS .....	7
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	7
CAPITULO 2.....	9
2. CONTROL Y MONITORIZACIÓN DE CUARTO DE DIÁLISIS .....	9
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL DE GASES.....	9
2.1.1 SISTEMA DE OXÍGENO .....	9
2.1.2 SISTEMA DE AIRE MEDICINAL COMPRIMIDO .....	11
2.1.3 SISTEMA DE VACÍO .....	11
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE DIÁLISIS .....	12
2.3 NORMATIVA .....	13
2.3.1 PROTECCIÓN DE INSTRUMENTOS.....	13
2.4 INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA.....	14

2.4.1 SENSOR DE OXÍGENO .....	14
2.4.2 SENSOR DE VACÍO .....	15
2.4.3 TRANSMISOR DE OXÍGENO.....	16
2.4.4 TRANSMISOR DE PRESIÓN .....	17
2.4.5 ANALIZADOR DE GAS.....	17
2.5 DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS .....	19
2.6 ARQUITECTURA DE CONTROL .....	20
2.6.1 CONTROLADOR PLC SIEMENS .....	22
2.6.2 ESTACIÓN REMOTA - ET 200S.....	26
2.6.3SOFTWARE– NETTOPLCSIM.....	27
2.7 COMUNICACIONES .....	29
2.7.1 HERRAMIENTAS.....	30
2.7.2 TECNOLOGÍA OPC .....	30
2.7.3 DISEÑO DE LAS COMUNICACIONES.....	31
2.8 CONTROLADOR.....	32
CAPITULO 3.....	36
3. RESULTADOS.....	36
3.1 PROGRAMACIÓN – LABVIEW .....	36
3.2 INTERFACE / SISTEMA DE MONITORIZACIÓN .....	38
3.2 COSTO DE EQUIPOS.....	44
3.3 ANÁLISIS DEL PACIENTE Y PERSONAL MÉDICO.....	46
3.4 ENVÍO POR EMAIL DE INFORMACIÓN.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	49
Conclusiones .....	49
Recomendaciones .....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS.....	54
Anexo 1 .....	54
Anexo 2 .....	66

Anexo 3 .....	85
Anexo 4 .....	89

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de gases medicinales se ha vuelto indispensable en los procesos médicos de los centros de salud modernos, gracias a sus propiedades anestésicas, analgésicas, etc.

Al sistema de gases medicinales se le considera una ingeniería más dentro del desarrollo de proyectos hospitalarios, pero su ejecución se presenta de forma mecánica, con muy pocos componentes electrónicos y casi ningún sistema digital de control y monitoreo, lo cual es inaceptable en centros de salud del siglo XXI y de alta tecnología.

En este capítulo se hará una descripción general de los gases medicinales utilizados y principalmente el riesgo que se puede dar por la falta de suministro de estos gases en un proceso en donde se pone en juego la vida de las personas como lo es la diálisis.

### 1.1 GASES MEDICINALES

En general los gases presentan propiedades físicas y químicas que se detallan a continuación:

- Adoptan la forma y el volumen del recipiente que los contiene.
- Su densidad es mucho menor que en estado sólido y líquido.
- Se pueden comprimir considerablemente.
- Al estar en presencia de otros gases se mezclan uniformemente.
- Sus moléculas están en constante movimiento.

Los gases medicinales, son una familia de gases, los cuales gracias a sus propiedades físicas y químicas ayudan en los procedimientos médicos rutinarios, ya sea para diagnosticar, tratar, prevenir o aliviar enfermedades. Dentro de la zona de diálisis se encuentran tres tipos de gases, los cuales son:

- Oxígeno
- Aire Medicinal
- Vacío Medicinal

### 1.1.1 OXÍGENO

El oxígeno es el tercer elemento químico más abundante del universo tras el hidrógeno y el helio, este elemento es insípido, incoloro e inodoro. Esta sustancia es necesaria para la vida en el planeta en proporciones adecuadas debido a que en concentraciones entre 75% y 100% se vuelve tóxico, lo normal es entre 17 y 21%, en menor cantidad se corre riesgo de asfixia, desvanecimiento y muerte. Las propiedades físicas de este gas se describen en la Tabla 1

Propiedades físicas	
Estado ordinario	Gas (Paramagnético)
Densidad	1.429 kg/m <sup>3</sup>
Punto de fusión	-223 °C
Punto de ebullición	-183 °C
Volumen molar	17.36x10 <sup>-3</sup>

**Tabla 1: Propiedades Físicas – Oxígeno**

El oxígeno es un elemento no metálico altamente reactivo que puede formar fácilmente compuestos como lo son los óxidos.

Dentro de la medicina el oxígeno es usado para tratamiento de quemaduras, anestesia, reanimación, terapia respiratoria, UCI (unidad de cuidados intensivos), atmosferas artificiales, tratamiento de hipoxias y terapia hiperbárica.

### 1.1.2 AIRE MEDICINAL

También llamado aire medicinal comprimido, es un gas para inhalación inodoro, incoloro e insípido que se envasa en botellas a una presión de 200Bar a 15°C. Es una mezcla de gases, natural o sintética que consiste en su mayor parte en oxígeno y nitrógeno, recordando que el oxígeno para que sea de óptimo consumo debe encontrarse en proporciones entre el 17 y 21%. Para esta mezcla sea llamada aire medicinal debe de estar libre de partículas, bacteriológicamente apto, libre de aceites y libre de agua.

Cuenta con las propiedades físicas mostradas en la Tabla 2.

Propiedades físicas	
Estado ordinario	Gas
Densidad	1.985 kg/m <sup>3</sup>
Punto de ebullición	-194.35 °C

**Tabla 2: Propiedades Físicas – Aire Medicinal**

El aire medicinal tiene varias aplicaciones médicas, entre las más importantes tenemos las mostradas en la Tabla 3.

<b>Tratamiento</b>	<b>Diagnóstico</b>
Asistencia respiratoria	Análisis biológicos
Incubadoras	Cromatografía con detector de ionización de llama
Oxigenoterapia	Fotometría de llama

**Tabla 3: Aplicaciones Médicas**

Este aire medicinal no puede faltar en unidades de cuidados intensivos, ya que nos permite realizar respiraciones artificiales impulsadas por aire comprimido, además que también sirve como diluyente de O<sub>2</sub> para bajar sus concentraciones de niveles tóxicos a niveles sin riesgo para la vida humana.

Se debe evitar que aire medicinal se mezcle con monóxido de carbono, dióxido de carbono, humedad, halógenos, óxidos de nitrógeno, amoníaco, sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre, aceite, ozono, cianógenos e hidrocarburos ya que se vuelve toxico con esas mezclas.

### **1.1.3 VACÍO MEDICINAL**

El vacío medicinal no es otra cosa que aire atmosférico a menor presión, el cual es utilizado para limpieza de heridas de cirugía, drenajes generales de sangre y secreciones, limpieza del campo de trabajo en quirófano y limpieza de vías respiratorias.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Una diálisis es un proceso mediante el cual se hace una limpieza de la sangre, en personas cuyos riñones han dejado de funcionar paulatinamente, a este paciente se lo conecta a la máquina de hemodiálisis en un proceso que dura alrededor de 3 horas. Haciendo uso de dos catéteres, esta máquina cumple con las funciones de un riñón artificial, un catéter para la salida de la sangre infectada y otro para la llegada de la sangre limpia, la sangre es transportada a la planta de tratamiento de hemodiálisis.

Durante el proceso de diálisis, el paciente puede sufrir ahogos, mareos, calambres, etc. ante estos síntomas lo que se realiza es una reanimación usando gases medicinales, sea oxígeno o aire medicinal, mientras que el vacío se utiliza en casos de que se necesite realizar succiones.

El problema surge a raíz de la falta de automatismo del sistema de suministro de gases medicinales, si bien existe un control en la central de gases, este control y monitoreo no se extiende en los demás ramales del hospital, cabe recalcar que donde se requiere un mayor control sería en las UCIs (Unidad de Cuidados Intensivos), pero trabajar en esta área requeriría de muchísimo más tiempo debido a que son muchas más variables que hay que controlar y no se cuenta con ese tiempo suficiente. Tener un control y monitoreo de todo el sistema evitará pérdida de información además de doble vía de envío de información (personal encargado y mails automáticos).

Otro punto a favor de un sistema automatizado es el de generar bases de datos, con variables necesarias para los nefrólogos para poder hacer un



estudio a futuro, este es un problema muy grande en nuestro país, los médicos utilizan las máquinas, las cuales entregan datos del paciente, pero al momento de irse el paciente, estos datos no se guardan en una base de datos, el proyecto propuesto busca revolucionar el sistema de salud del país, ya que de la mano de las bases de datos generadas y de estadistas, los médicos podrán realizar investigaciones a futuro. El Doctor especialista en Nefrología Juan Mosquera del Hospital de Niños Roberto Gilbert comentó que siempre ha querido realizar una investigación en el proceso de diálisis para saber si el flujo de las bombas de la central de diálisis influye para una mejor diálisis, esto es ¿a mayor flujo es mejor o a menor flujo es mejor?, inquietudes como estas existen permanentemente en médicos especialistas, pero en el país no se puede realizar este tipo de investigación debido a la pérdida de información.

### **1.3 OBJETIVOS**

- Renovar el sistema de gases medicinales, incluyendo un sistema digital de control y monitoreo para llevarlo hacia una visión futurista.
- Obtener información del sistema de gases medicinales de manera rápida, sin necesidad de alterar el orden dentro de la zona de diálisis.
- Brindar al personal encargado (Médicos y enfermeros) un buen control del estado del paciente, revisando datos en tiempo real de cómo se está realizando la diálisis, esta información debe de ser enviada por email en caso de que se necesite información remota.

- Tomar medidas de emergencia e informar a todos los implicados sobre la emergencia dada en la zona de diálisis.
- Detectar automáticamente inconsistencias en el sistema, para poder corregirlas a tiempo sin poner en riesgo la vida de los pacientes.
- Generar bases de datos, desarrollando un software, de pacientes para llevar una historia clínica, la cual puede servir para ver el desarrollo que se ha llevado con el tratamiento.

#### **1.4 RESULTADOS ESPERADOS**

- Mejorar la interfaz gráfica de usuario, para dar un mejor control de la información en la zona de diálisis.
- Generar bases de datos para poder realizar estudios del desarrollo de pacientes usando diferentes procesos.
- Reducir el porcentaje de peligro al momento de que un paciente se ve intervenido en una diálisis.
- Aumentar el confort al momento de manejar información mediante un sistema amigable con el usuario.

#### **1.5 JUSTIFICACIÓN**

- El sistema de gases medicinales en esta zona de diálisis no se encuentra digitalizado, todo es manual y apenas hay un par de manómetros para el monitoreo de la presión; y para el control unas válvulas manuales en caja

de válvulas, con lo cual se inhabilita toda la zona, y lo que se desea es atacar a los problemas específicamente en el lugar de origen.

- No existe envío de información automática cuando se genere una emergencia, ni para el director del área, ni para el director de la central de gases, mucho menos al director del hospital y a los médicos y enfermeros encargados.

## **CAPITULO 2**

### **2. CONTROL Y MONITORIZACIÓN DE CUARTO DE DIÁLISIS**

La Central de gases se ubica en los exteriores del hospital con la seguridad debida para evitar el ingreso de personal no autorizado, como se muestra en la Figura 2.1.

#### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL DE GASES**

Debido a que este edificio está planificado para varios ambientes destinados al cuidado de la salud entre los cuales se encuentran áreas de: consulta externa con varias especialidades, hospitalización, centros quirúrgicos y obstétricos, emergencias, auxiliares de diagnóstico (laboratorios, imágenes, etc), unidades de cuidados intensivos, servicios administrativos, servicios complementarios (esterilización, dietética, etc.), se decidió instalar una central de gases, de la cual en nuestro estudio solo nos interesa el oxígeno medicinal, el aire medicinal y el vacío medicinal.

##### **2.1.1 SISTEMA DE OXÍGENO**

Consta de una central de oxígeno con un tanque criogénico y un respaldo con un distribuidor con tanques tipo H, o equipos de regulación y control, la red de distribución y derivaciones, con sus correspondientes alarmas y controles y las tomas de oxígeno convenientemente ubicadas.

Es común que existan tomas dobles para oxígeno y vacío, salvo el caso en que se solicite algún otro gas dependiendo de los requerimientos del área.

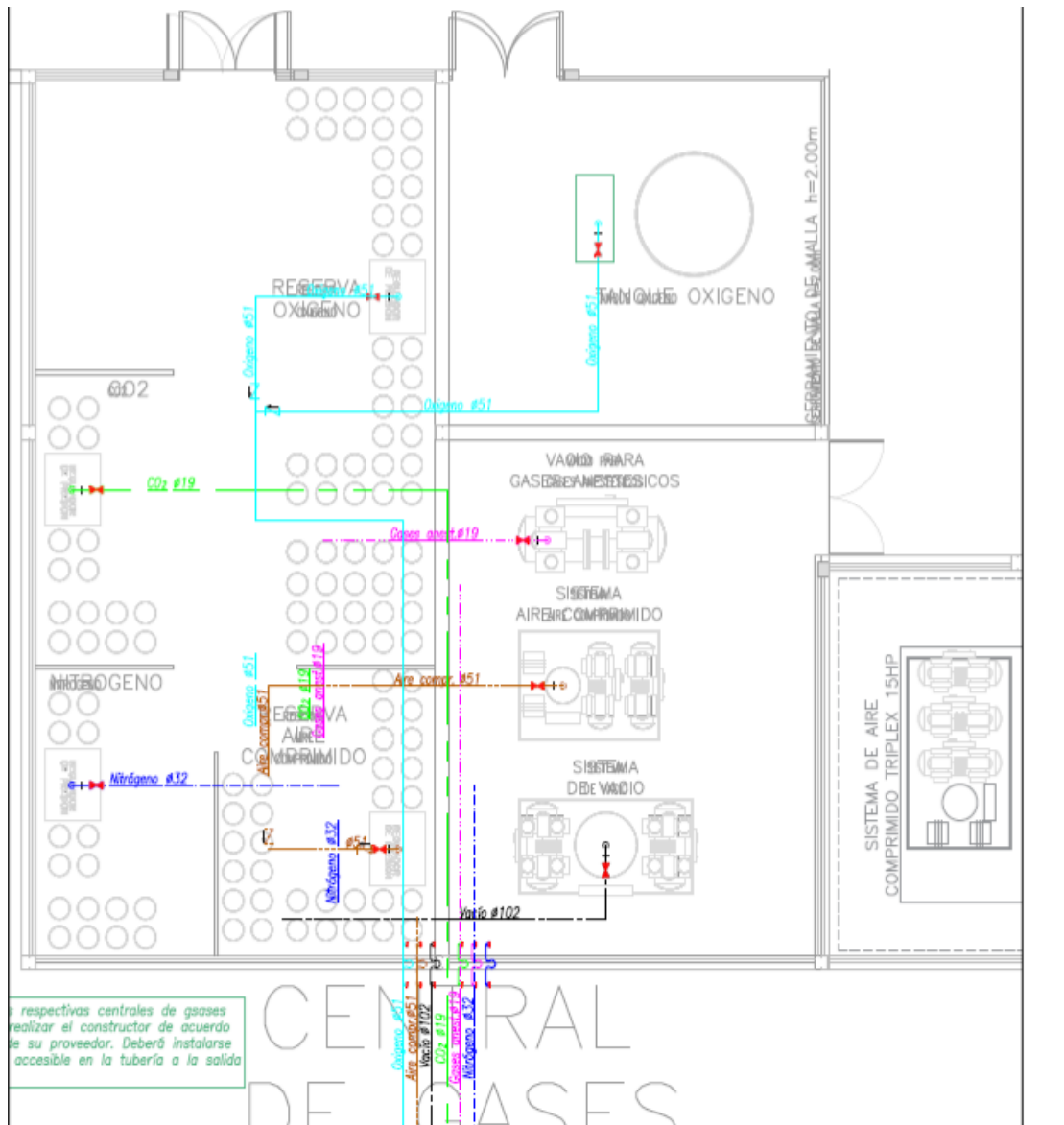


Figura 2.1: Implantación de Central de Gases

Los bancos de cilindros serán conectados a sendos cabezales (múltiples), en la conexión se contempla una válvula de retención, el cabezal contará con una válvula de alta presión en el extremo. De esta válvula se conectará al sistema de regulación de presión, pasando por una nueva válvula de retención para ir a la línea de distribución en la que se instala un interruptor de alarma conectada a la alarma maestra, utilizando el número de puntos correspondientes, un regulador de presión de línea para 3.87 Kg/cm<sup>2</sup> (55 psig), una válvula de alivio que descarga al exterior de la central, calibrada al 50% más de presión que la especificada para el sistema. En el inicio de la línea de distribución se instalará una válvula de línea.

### **2.1.2 SISTEMA DE AIRE MEDICINAL COMPRIMIDO**

Consta de compresores centrales con su equipo de acondicionamiento, regulación y control, la red de distribución y derivaciones, con sus alarmas y controles y las tomas convenientemente ubicadas. Es un sistema paralelo al de oxígeno.

El sistema funcionará a una presión de 3.87 Kg/cm<sup>2</sup> (55 psig), tendrá una válvula de alivio que descarga al exterior de la central, calibrada al 50%, más de presión que la especificada para el sistema. Al inicio en la línea de distribución se instalará una válvula de línea.

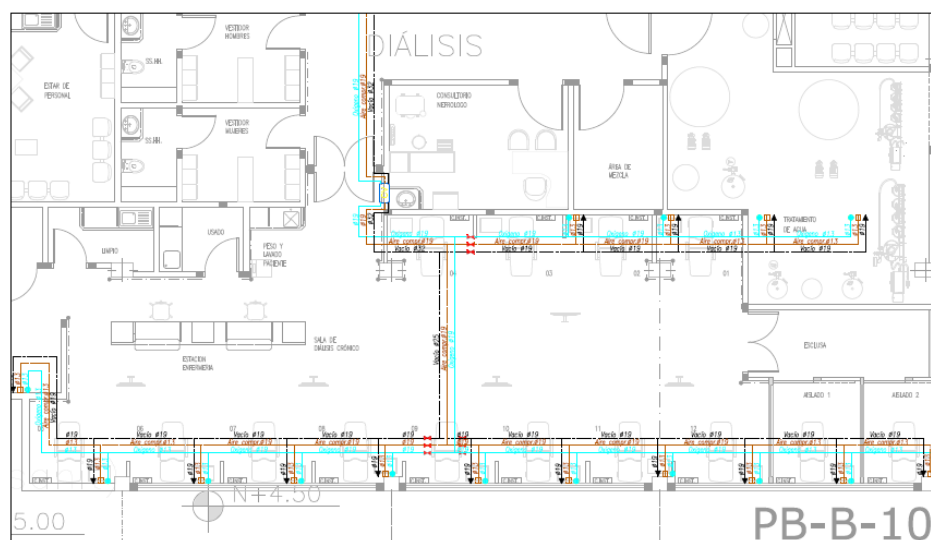
### **2.1.3 SISTEMA DE VACÍO**

Consta de una central de succión cuádruple, con su equipo de regulación y control, la red de distribución y derivaciones con sus correspondientes alarmas y controles y las tomas de vacío convenientemente ubicadas.

Las bombas operaran para tener -19mmHg con relación a la presión atmosférica de Guayaquil. Para el diseño se consideró una caída de presión máxima de 4mmHg debida a rozamiento.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE DIÁLISIS

Para motivo de este trabajo de investigación, se eligió la zona de diálisis de un hospital tipo de 400 camas, esta zona consta de 14 camas, dos de ellas aisladas completamente para casos de extrema emergencia, para cada cama existe una columna de servicios, la cual consta de 3 tomas de gases medicinales (oxígeno, aire comprimido medicinal y vacío medicinal), 4 tomacorrientes polarizados de grado hospitalario, 2 tomacorrientes polarizados regulados de grado hospitalario, 1 punto de datos RJ45, 2 rieles a los costados para equipos médicos (ej.: canastilla) y 1 riel central para colocar un monitor. En la figura 2.2 muestra la implantación del sistema de gases medicinales en la zona de diálisis.



**Figura 2.2: Implantación de Sistema de Gases Medicinales – Zona de Diálisis**

Todos los pacientes entran en estado estable (hemodinámicamente estable) y recomendable para una diálisis, pero suelen suceder cambios bruscos en el paciente mientras se le realiza una diálisis, esto causa que el paciente necesite de oxígeno medicinal o de aire comprimido medicinal o se haga uso de la toma de vacío en caso de que se necesite realizar succión para limpieza.

Para cada paciente existen dos mangueras a las cuales se conectan los catéteres tanto de salida de sangre como de retorno de sangre limpia. Estas mangueras después de cada uso son sometidas a una limpieza rigurosa, bajo las normas del NFPA-99, asimismo en un determinado tiempo, toda esta red de tuberías y mangueras por la cual fluye la sangre es totalmente reemplazada, para mantener así la integridad del sistema.

## **2.3 NORMATIVA**

Para la ejecución de las instalaciones de oxígeno, aire medicinal comprimido y vacío se seguirá lo indicado en el "Standard for Non-Flammable Medical Gas Systems # 56F", "Standard for Inhalation Therapy # 56B" de la NFPA, Standard for Health Care Facilities NFPA 99, por lo que la ejecución será realizada de acuerdo a la mejor práctica de la ingeniería.

### **2.3.1 PROTECCIÓN DE INSTRUMENTOS**

Con lo que respecta a la protección de instrumentos, los fabricantes deben cumplir con la normativa o grupos de normas, en la cual les permite asegurar que sus equipos pueden funcionar en lugares distintos.



Ya que dichos equipos pueden estar expuestos a diferentes tipos de líquido (agua), sólidos (partículas de polvo) e inmersión del agua.

Cabe mencionar que es importante conocer las normas de los instrumentos para así evitar desmanes a futuro.

## **2.4 INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA**

Los instrumentos a utilizar entre lo más importantes tenemos a los sensores, transmisores y analizadores de gas.

### **2.4.1 SENSOR DE OXÍGENO**

El Sensor de Oxígeno es uno de los instrumentos a utilizar, se encuentra en las tuberías de distribución del gas oxígeno, en la cual será distribuido desde la Central de Gases a cada una de las tomas que se encuentra en cada sala de emergencia, en nuestro caso la Sala de Diálisis.

Un Sensor de Oxígeno tiene una de las características que genera milivoltios (mV) a partir de la detección de oxígeno en la tubería que lo transporta.



**Figura 2.3: Sensor de Oxígeno**

La Figura 2.3 muestra el Sensor de Oxígeno. La señal de salida que envía este sensor será en milivoltios (mV), la cual será enviada a un transmisor de Oxígeno.

Los sensores de oxígeno (O<sub>2</sub>) están diseñados para controlar con exactitud y precisión la concentración de O<sub>2</sub> que será continuo. Todo esto cumpliendo con las normas estándares tanto internacional como nacional.

La Tabla 4, muestra las características del Sensor de Oxígeno.

<b>Marca</b>	ABB
<b>Serie</b>	4640/4645
<b>Requisitos de Tensión</b>	100-130 V /200-260 V
<b>Frecuencia - Operación</b>	50/60 HZ
<b>Temperatura de Operación</b>	0-40 C / 32 -104F
<b>Numero de Modelo</b>	9408-710/720/730
<b>Salida</b>	Analógica (mV)
<b>Protección</b>	IP67

**Tabla 4: Características – Sensor de Oxígeno**

#### **2.4.2 SENSOR DE VACÍO**

El Sensor de Vacío se caracteriza por su amplio rango de medición acompañado de una excelente resolución.

El sensor de Vacío contiene una electrónica de energía optimizada para un consumo de corriente de 10 mA [1].

En la Tabla 5 se muestra las siguientes características.

<b>Principio de Medición</b>	Conducción del Calor (Impulso Pirani)
<b>Rango de Medición</b>	1000 a $1 \times 10^{-4}$ mbar
<b>Alimentación</b>	15 - 30 VDC
<b>Tipo de Protección</b>	IP 54
<b>Señal de salida</b>	4 - 20 mA

**Tabla 5: Características – Sensor de Vacío**

### 2.4.3 TRANSMISOR DE OXÍGENO

EL Transmisor de Oxígeno tiene la característica que recepta señales que el sensor de oxígeno las envía.

El Transmisor de Oxígeno tiene la función de monitorear y chequear la cantidad de gas O<sub>2</sub> que se encuentra en el interior de sus tuberías y retransmitirla en una señal tipo analógica de 4-20 mA hacia unos de los módulos I/O de estación remota.

La Tabla 6 muestra las características del Transmisor de Oxígeno

<b>Marca</b>	Moore
<b>Modelo</b>	340GFBHAAB5N111
<b>Presión de Trabajo Max.</b>	1500 PSI/10300Kpa
<b>Salida</b>	Analógica 4 - 20 mA
<b>Frecuencia de Operación</b>	50 - 60 Hz
<b>Encapsulamiento</b>	Tipo 4X

**Tabla 6: Características – Transmisor de Oxígeno**

#### 2.4.4 TRANSMISOR DE PRESIÓN

Se encuentra en la central de gases, el transmisor monitorea de manera continua la presión que hay en cada gas (oxígeno, gas medicinal y vacío). El Transmisor envía señal tipo analógica de 4 a 20 mA hacia el controlador (PLC siemens).

La Tabla 7 muestra los datos técnicos del Transmisor de Presión.

<b>Marca</b>	Moore
<b>Modelo</b>	340GFBHAAB5N113
<b>Medición</b>	12.5 - 450 PSIG
<b>Presión de Trabajo Max.</b>	1500 PSI/10300Kpa
<b>Salida</b>	Analógica 4 - 20 mA
<b>Encapsulamiento</b>	Tipo 4X
<b>Protección</b>	IP 66

**Tabla 7.0: Características – Transmisor de Presión**

#### 2.4.5 ANALIZADOR DE GAS

El analizador de Gas consta de varios elementos tales como: Unidad de control, sonda de Oxígeno y Caja Analizadora.

Se lo utiliza como unidad patrón, para conocer qué tan lejos será la lectura del Transmisor Oxígeno comparado con lo Real.

La Sonda de Oxígeno puede introducirse en pequeñas válvulas de aire que se encuentra en unas de sus tuberías de distribución de gases [2].

Con el analizador se pueden tomar varias mediciones tales como:

- Temperatura del Gas (O<sub>2</sub>, vacío, medicinal)
- Porcentaje de exceso de aire

- Porcentaje de oxígeno
- Entre otros.

En la figura 2.4, se muestra el analizador de Gas (emisión) O<sub>2</sub>.



**Figura 2.4: Analizador de Gas Portátil marca Testo**

A continuación se muestra los datos técnicos del Analizador de Gas, en la Tabla 8.

<b>Marca</b>	TESTO
<b>Modelo</b>	570 -1
<b>Alimentación</b>	100 V - 240 V AC
<b>Frecuencia de Operación</b>	50 - 60 Hz
<b>Memoria</b>	Hasta 999 h gráfico
<b>Pantalla</b>	Pantalla gráfica LCD
<b>Tiempo de Operatividad</b>	Hasta 40 horas
<b>Medidas</b>	280 x 135 x 75 mm
<b>Peso</b>	1200 g
<b>Grado de Protección</b>	IP 42
<b>Interfaz</b>	USB 2.0 / Bluetooth
<b>Encapsulamiento</b>	4 X

**Tabla 8: Datos Técnicos – Analizador de Gas**

## 2.5 DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS

La tubería y los accesorios para la distribución de gases medicinales deberán ser de cobre tipo L hasta los 76mm (3") de diámetro y tipo K en las de mayor diámetro. La instalación de este sistema de gases medicinales debe de seguir varios puntos específicos como se detalla a continuación:

- La instalación de las válvulas se debe realizar con el vástago del volante apuntando a la parte superior o  $\pm 45^\circ$ , pero nunca apuntando a la parte inferior.
- Para evitar esfuerzos en la tubería, se instalarán soportes cada 2m aproximadamente, exceptuando el caso de tubería de  $\frac{1}{2}$ " en donde se debe instalar un soporte intermedio.
- Todos los equipos, tuberías y accesorios deben estar completamente limpios.
- Se debe utilizar la herramienta adecuada en cada caso.
- Es inaceptable que se soporten tuberías entre sí.
- Es necesario que la tubería no esté en contacto directo con el soporte o materiales ferrosos, para evitar esto se coloca un segmento de manguera PVC a la tubería en el punto de soporte, excediendo 5mm al ancho del soporte en cada lado.

- Es inaceptable que exista presencia de fugas en uniones ni en accesorios, para esto se realizarán con soldadura AWS-BCup-5, de bajo punto de fusión.
- Las posiciones de las tomas de gases medicinales generalmente son oxígeno a la izquierda, aire medicinal comprimido al centro y vacío a la derecha.
- Las tuberías debes de estar pintadas para poder identificarlas, este pintado debe de ser cada 6 metros.

En el anexo 3 se tiene un detalle del plano de la zona de diálisis, indicando dimensiones.

## **2.6 ARQUITECTURA DE CONTROL**

La Arquitectura de Control Propuesta será Descentralizada, usando el PLC S7300 marca Siemens como el gran maestro en nuestra RED.

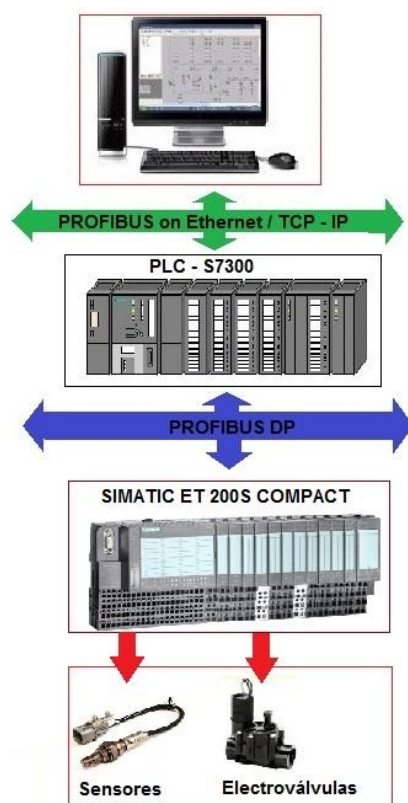
También del PLC saldrán señales (AO y DO), salidas analógicas y digitales enviadas por el S7300. Para la Comunicación con los esclavos (electroválvulas) utilizaremos Profibus que es uno de los buses de campo abierto que cumple con todos los requerimientos en un rango muy amplio de las comunicaciones [8].

Profibus es una de las normas de comunicaciones favorita en el continente europeo y presume tener el mayor mando en todas instalaciones operando del mundo.

Además de ser abierto como se describió anteriormente no pertenece a ningún fabricante en particular, está certificado y es a todas luces un producto a satisfacer las necesidades de la Automatización y Control de Procesos en las próximas décadas.

La Figura 2.12 muestra el esquema de la arquitectura de Control descrito anteriormente.

Cabe Mencionar que se utilizó Profibus ya que ese bus de Campo me permite enlazar hasta distancia de 1200mts con velocidad en un rango de 9,6 Kbps a 12 Mbps.



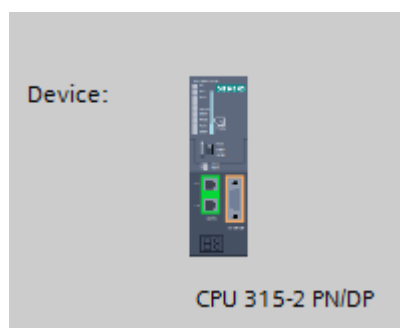
**Figura 2.12: Arquitectura de Control Propuesta**



### 2.6.1 CONTROLADOR PLC SIEMENS

El PLC a usar en el proyecto integrador es uno virtual del programa Tía Portal S7-300 de Siemens en la cual permite programarlo en los diferentes lenguajes de programación.

La figura 2.5 muestra el dispositivo en la cual se eligió con características de CPU 315-2 PN/DP.



**Figura 2.5: Dispositivo S7-300 CPU 315-2 PN/DP**

En la tabla 9 se detallan los datos característicos del PLC S7-300 y en la tabla 10 se detallan las características de la fuente de alimentación.

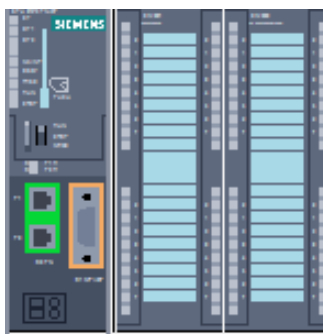
<b>MARCA</b>	Siemens
<b>Modelo</b>	S7-300
<b>Referencia</b>	6ES7307-1EA01-0AA0
<b>Fuente de Alimentación</b>	PS 307; 5A
<b>Módulo Central</b>	CPU 315-2PN/DP
<b>Módulo Separador</b>	6ES7195-7KF00-0XA0

**Tabla 9: Datos Característicos S7-300**

<b>Intensidad de Salida</b>	5 A
<b>Tensión Nominal de Salida</b>	24 V DC
<b>Separación Eléctrica segura</b>	Según NEC 60 950
<b>Referencia</b>	6ES7307-1EA01-0AA0

**Tabla 10: Características – Fuente de Alimentación**

El Controlador S7-300 está formado por 32 módulos de Entradas y Salidas Digitales (DI/DO), también de entradas y salidas analógicas (AI/AO). Tal como se muestra en la figura 2.6.



**Figura 2.6: CPU y Módulos de Entradas y Salidas Digitales**

La Figura 2.7 muestra la fuente de alimentación “PS 307 5A\_1” que energizará al PLC.



**Figura 2.7: Fuente de alimentación “PS 307 5A\_1”**

En la tabla 11 se detallan las características del módulo de entradas digitales.

<b>Características</b>	SM 321; DI 32 x DC24V
<b>Número de Entradas</b>	32 DI; con aislamiento galvánico en grupos de 16
<b>Tensión Nominal de Entrada</b>	24 V DC

**Tabla 11: Características Módulo de Entradas Digitales**

En la tabla 12 se detallan las características del módulo de salidas digitales.

<b>Características</b>	SM 322; DO 32 x DC 24 V/0,5 A
<b>Número de Salidas</b>	32 DO; con aislamiento galvánico en grupos de 8
<b>Intensidad de Salida</b>	0,5 A
<b>Tensión Nominal de Entrada</b>	24 V DC

**Tabla 12: Características Módulo de Salidas Digitales**

En la tabla 13 se detallan las características del módulo de salidas por relés.

<b>Características</b>	SM 322; DO 8x Rel. AC 230 V/5 A (-5HF00-)
<b>Número de Salidas</b>	8 salidas, con aislamiento galvánico en grupos de 1
<b>Tensión Nominal de Carga</b>	24 V a 120 V DC, 24 V a 230 V AC

**Tabla 13: Características Módulo de Salidas por relés**

La CPU para el dispositivo S7-300, puede procesar valores analógicos sea para una entrada o salida analógica (AI/AO) en forma binaria.

En la siguiente Tabla 14, muestra la representación de valores analógicos con resolución de 16 bits.

<b>Bit</b>	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
<b>Valor de Bit</b>	$2^{15}$	$2^{14}$	$2^{13}$	$2^{12}$	$2^{11}$	$2^{10}$	$2^9$	$2^8$	$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$

**Tabla 14: Representación de Valores Analógicos – resolución 16**

Cabe mencionar con respecto a la función de módulo analógico y su parametrización; puede diferir en la resolución de sus valores analógicos.

Como se detalla en la siguiente tabla 15, en resoluciones menores a 15 bits se asigna el valor de “0”, a los bits identificados con “x”.

<b>Resolución en bits (+ signo)</b>	<b>Unidades</b>		<b>Valor Analógico</b>	
	<b>Decimal</b>	<b>Hexadecimal</b>	<b>Byte Alto</b>	<b>Byte Bajo</b>
8	128	80H	Signo 0000000	1xxxxxxx
9	64	40H	Signo 0000000	01xxxxxx
10	32	20H	Signo 0000000	001xxxxx
11	6	10H	Signo 0000000	0001xxxx
12	8	8H	Signo 0000000	00001xxx
13	4	4H	Signo 0000000	000001xx
14	2	2H	Signo 0000000	0000001x
15	1	1H	Signo 0000000	00000001.

**Tabla 15: Posible Resoluciones de los Valores Analógicos**

### 2.6.2 ESTACIÓN REMOTA - ET 200S

El ET 200S es un sistema de periferia descentralizada altamente escalable y flexible que permite conectar las señales del proceso a un controlador central a través de un bus de campo.

El ET 200S soporta los buses de campo PROFIBUS DP y PROFINET IO.

El ET 200S tiene el grado de protección IP 20 [11].

La Estación Remota I/O es el punto más importante de la comunicación, que a través de ella se reciben e envían señales necesarias para el control y monitorización de sistemas de gases medicinales.

Directamente junto al módulo de interfaz que transfiere los datos al controlador central se pueden enchufar prácticamente cualquier número de módulos de periferia y en cualquier combinación. De este modo es posible adaptar la configuración exactamente a las exigencias del proceso [11].

Dependiendo del módulo de interfaz, la estación remota ET 200S puede componerse de hasta 63 módulos, por ejemplos los módulos de potencia, módulos de periferia y arrancadores de motor [11].

El sistema de periferia descentralizada ET 200S, tiene las siguientes características:

- Se conecta a PROFIBUS DP mediante un conector para PROFIBUS DP al módulo de interfaz IM151-1 o IM151-1 COMPACT

- Se conecta a PROFINET IO mediante un conector para PROFINET IO al módulo de interfaz IM151-3.

Por otra parte, cada sistema de periferia descentralizada ET 200S es un

- Esclavo DP en PROFIBUS DP ó
- Dispositivo IO en PROFINET IO

Como se muestra en la figura 2.8 el ET 200S.



**Figura 2.8: SIMATIC ET 200S**

### **2.6.3 SOFTWARE– NETTOPLCSIM**

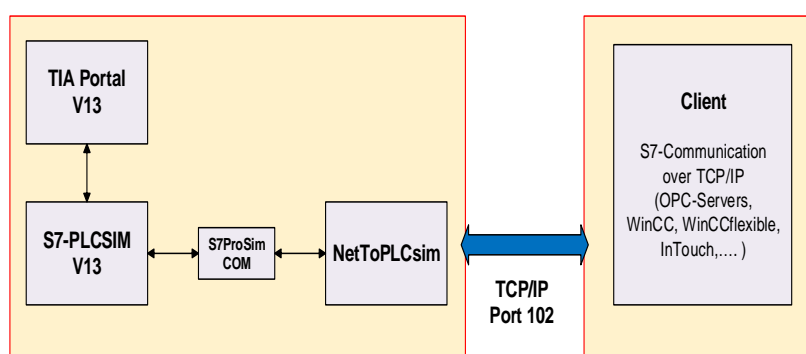
Una vez hecho el programa en “Ladder” en el TIAPortal, podemos simular virtualmente y ver las entradas y salidas del PLC.

Existe un inconveniente acerca del simulador “PLCSIM”, que no tiene esa capacidad de salir al exterior como los hacen otros simuladores tal como el de Schneider.

En el anexo 1, se detalla la programación Ladder del proyecto Automation Medical.

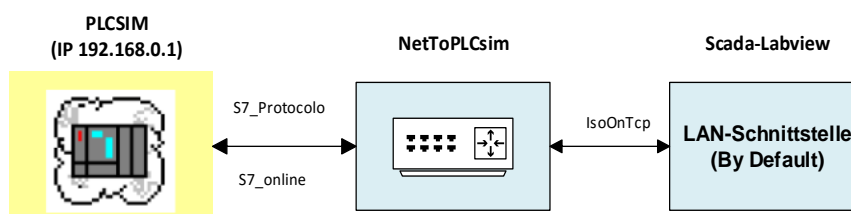
Actualmente hay un Programa que hace el papel de pasarela entre el simulador PLCSIM y el protocolo Ethernet S7 de Siemens. Este software se llama “NETTOPLCSIM” en el cual permite conectar el PLC S7-300 virtual con otras entidades como son los OPC, Kep o Drivers propietarios sea siemens, rockwell que tengan sistema SCADA [3].

En la figura 2.9 se muestra el esquema básico TIAPortal V13.



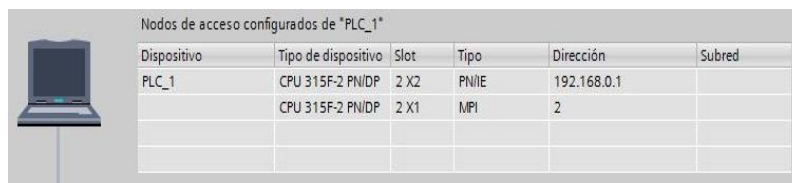
**Figura 2.9: NetToPLCSim utiliza el S7ProSim COM-Interface de PLCSIM**

La figura 2.10 muestra el esquema de cómo comunicar el TIAPortal V13 con Labview, en la cual la dirección ip (192.168.0.1) es dada por el simulador S7-PLCsimV13.



**Figura 2.10: Comunicación PLCSIM y Labview**

La figura 2.11 muestra los nodos de acceso configurados del PLC s7-300 con su respectiva dirección “ip”.



Dispositivo	Tipo de dispositivo	Slot	Tipo	Dirección	Subred
PLC_1	CPU 315F-2 PN/DP	2 X2	PNIE	192.168.0.1	
	CPU 315F-2 PN/DP	2 X1	MPI	2	

**Figura 2.11: Nodos de acceso configurados del PLC**

Con respecto a las áreas compatibles existen restricciones debido a las limitaciones que presenta el S7ProSim COM-interface, ya que solo puede leer y escribir los siguientes datos como se muestra en la tabla 16.

Area	Read	Write
Data Blocks (DB)	OK	OK
Flags (M)	OK	OK
Outputs (O)	OK	-
Inputs (I)	-	OK
Timer (T)	-	-
Counter (C)	-	-
Peripheral Inputs (PI)	-	-
Peripheral Outputs (PO)	-	-

**Tabla 16: Área Compatibles - NetTOPLCsim**

## 2.7 COMUNICACIONES

La comunicación es un punto clave, ya que el SCADA hecho por Labview (VI) debe tener acceso a los diferentes estados de la variable del proceso. Dichas Variable son creadas tanto en el TIAPORTAL como en Labview a través del OPCclient.



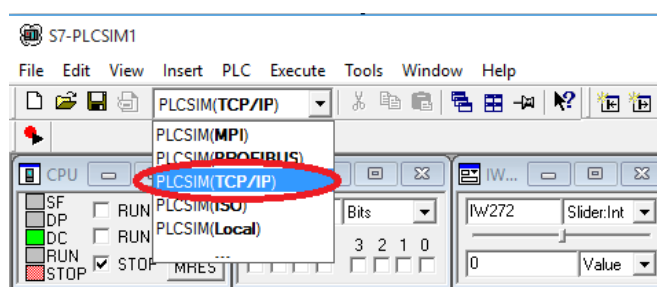
En el Anexo 2, se describe con más detalle los pasos para la comunicación entre PLCsim u OPCcliente – Labview.

### 2.7.1 HERRAMIENTAS

Se puede conectar equipos que estén conectados a internet y tengan una dirección “IP”. Una vez que los equipos estén conectados, se puede hacer la transmisión de información, mediante dicho protocolo.

El Protocolo TCP-IP (Transmisión Control Protocol), me permite interconectar equipo que estén fuera de nuestra RED, sea el caso de una Red Local (LAN).

En la figura 2.16, muestra la ventana de PLCSIM.



**Figura 2.16: Protocolo TCP/IP PLCSIM**

### 2.7.2 TECNOLOGÍA OPC

OPC es un estándar de comunicación que tiene muchas aplicaciones en lo que respecta a la supervisión de procesos y en el campo del control.

En la figura 2.17 muestra la Tecnología del OPC, la cual envían datos dentro del mismo servidor OPC, ya que a la vez pueden conectarse diferentes programas sea compatibles a dicho estándar.



**Figura 2.17: Tecnología OPC**

### **2.7.3 DISEÑO DE LAS COMUNICACIONES**

- Por medio del servidor NI OPC-servers en la cual crearemos el canal y el dispositivo a seleccionar y a usar es el PLC de Siemens S7-300.
- El OPC Servers de National Instruments permite el enlace e intercambio de datos entre cualquier Cliente/Servidor sin ninguna restricción.
- En la figura 2.18 se muestra la creación del canal del NI OPC Servers.

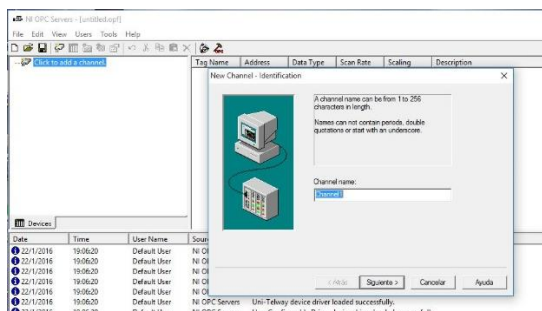


Figura 2.18: NI OPC Servers

## 2.8 CONTROLADOR

El tipo de Control que se realiza es de tipo ON\_OFF, considerando valores de presiones, flujo y temperatura en los gases, que se describe en la tabla 17.

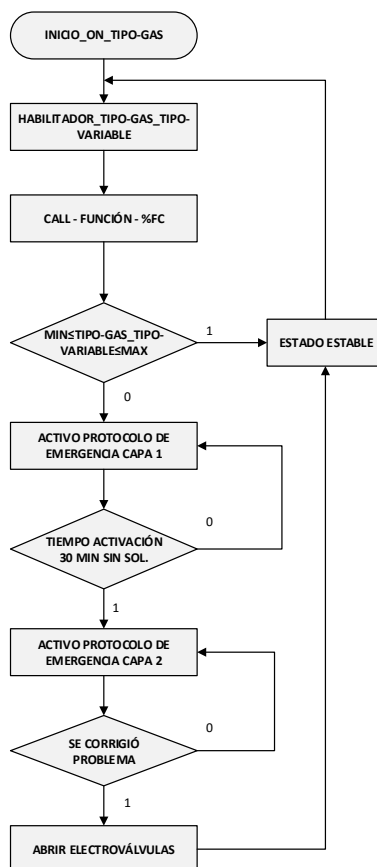
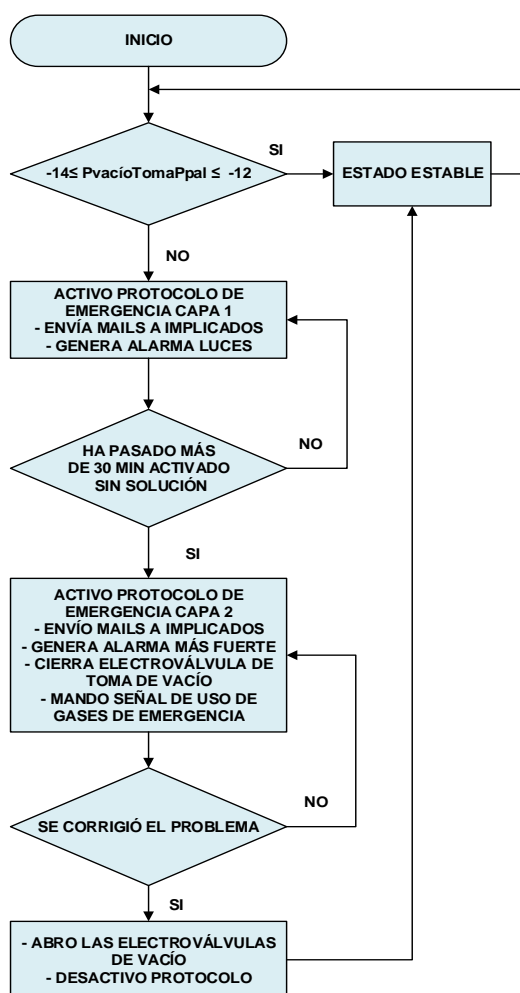


Figura 2.13: Diagrama de Flujo – Control General – Gases

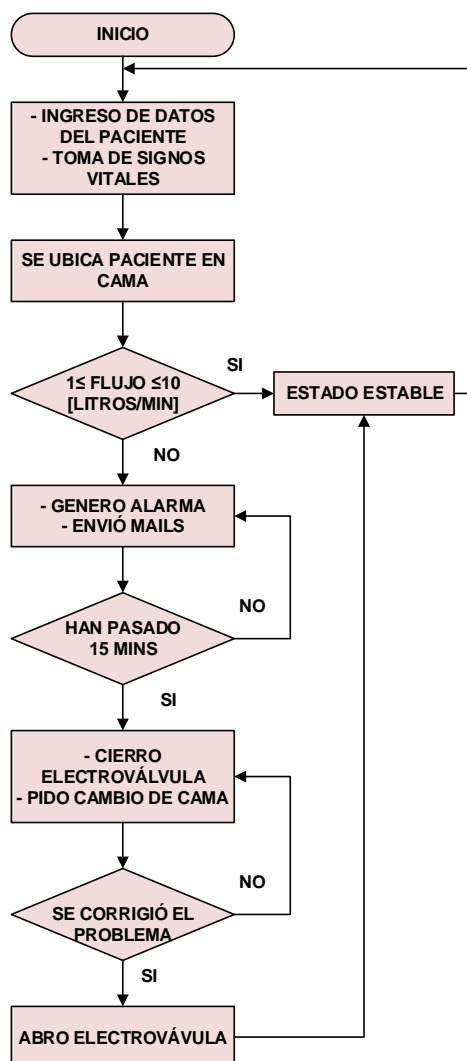
En la figura 2.13 se muestra el diagrama de flujo donde se describe nuestro control en forma general para los gases.

En la figura 2.14, se muestra el control de Presión del gas vacío para la toma Principal. En la cual se aplica lo mismo para los otros gases como oxígeno, aire medicinal con diferentes variables a controlar como es la temperatura y el flujo.



**Figura 2.14: Diagrama de Flujo – Control Presión – Vacío**

Así mismo se hace control al paciente en cada cama, como se ve en la figura 2.15 el tipo de control es por flujo [lit/min], la cual debe asegurarse que el flujo este dentro del rango establecido, caso contrario se genera alarma y envió de emails.



**Figura 2.15: Diagrama de Flujo – Control Flujo – Cama\_Paciente**

A continuación, se muestra la tabla 17 de los gases con los valores de los tipos de variable a controlar como es presión, flujo y temperatura.

Tipo de Gas	Tipo de Variable - Control	Valores
Oxígeno	Presión	50 psi
Aire Medicinal	Presión	50 psi
Vacío	Presión	De -14 a -12 mmHg
Oxígeno	Temperatura	18 C
Aire Medicinal	Temperatura	Temp. Ambiente
Vacío	Temperatura	-
Oxígeno	Flujo	1 a 10 lit/min
Aire Medicinal	Flujo	1 a 10 lit/min
Vacío	Flujo	1 a 10 lit/min

**Tabla 17: Valores – Control de Gases**

## CAPITULO 3

### 3. RESULTADOS

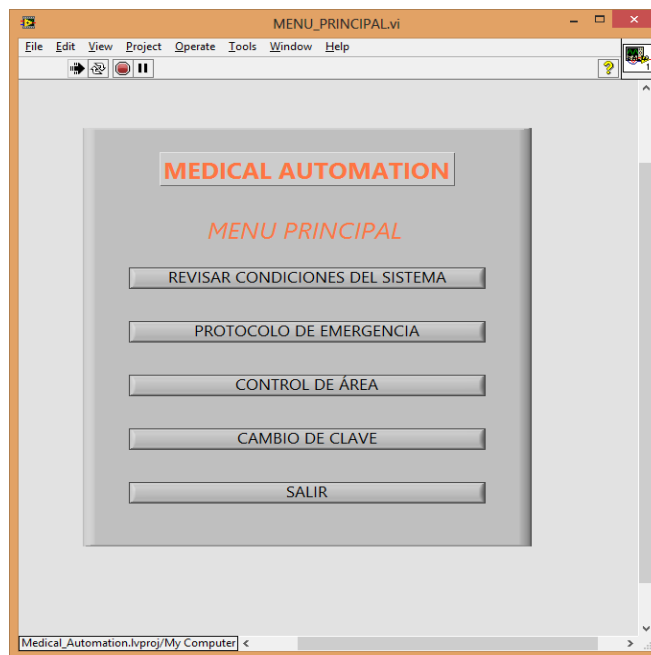
#### 3.1 PROGRAMACIÓN – LABVIEW

El Lenguaje de programación de LabView, es un lenguaje de programación de características totalmente gráfica, a diferencia de los otros tipos de lenguaje de programación como el C, Basic, etc.

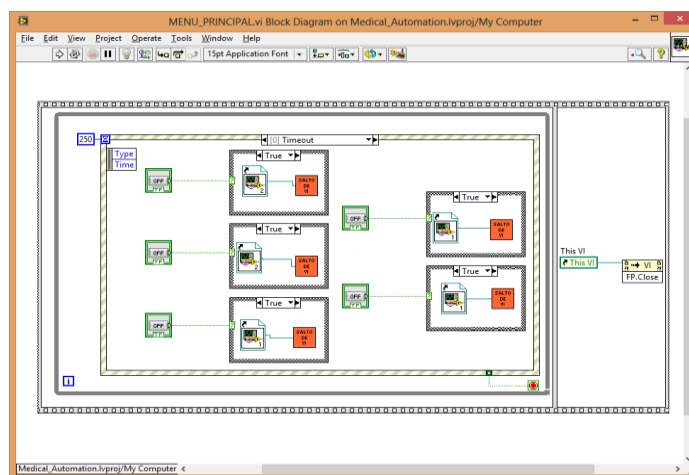
LabView de National Instrument está basado en una programación tipo modular en la cual me permite crear tareas muy complejas partiendo de sus módulos o sub-módulos mucho más sencillos según requiera el usuario.

El resultado de una programación en LabView es totalmente similar a la de un instrumento, pues cabe mencionar que los módulos creados en LabView se les llama "VI" (Instrumento Virtual), en la cual constan de 3 componentes:

- Panel Frontal (Front Panel), que es la interfaz de usuario.
- Diagrama de Bloque (Block Diagram), que contiene dicho código fuente gráfico.
- Conector e Icono. La cual me permite identificar cada "VI", de tal forma que me permite utilizar dentro de otro VI.



**Figura 3.1: Ejemplo - Diagrama Panel**



**Figura 3.2: Ejemplo - Diagrama de Bloques**

Como se observó en la figura 3.1 el Panel Frontal es donde se construye a bases de indicadores y controles según requiera el usuario, el cual son terminales de las entradas y salidas con respecto al VI.



Tenemos a los controles knobs y dials (botones rotatorios), así mismo el push buttons (pulsadores) y otros dispositivos de entrada.

Una vez que el usuario construya su panel frontal, se desarrolla el código usando el diagrama de bloques de la figura 3.2, que controlarán los objetos de dicho panel frontal.

Recordar que en el diagrama de bloques es quien contiene el código fuente gráfico. Los objetos creados en el panel frontal aparecen como terminales en el diagrama de bloques.

### **3.2 INTERFACE / SISTEMA DE MONITORIZACIÓN**

Para poder realizar el sistema de monitorización se creó una interfaz mediante labview, debido a la gran gama de herramientas que este software permite usar, entre esas se tiene el manejo de bases de datos vía Access, asimismo como el envío de emails, etc. Al sistema se lo llamó MedicalAutomation.

MedicalAutomation trabaja en conjunto con una base de datos de Access encriptada, donde se guardan las contraseñas, los estados de los pacientes y además una historia clínica de los pacientes.

El sistema debe de tener una seguridad inviolable, es por esto que para el ingreso al sistema pide una contraseña para acceder. Como se muestra en la figura 3.3.



**Figura 3.3: Ventana de Ingreso al Sistema**

A continuación, aparecerá un menú principal, como se muestra en la figura 3.4.



**Figura 3.4: Menú Principal**

En este momento el usuario tiene para elegir que desea monitorear o controlar.

Si se elige la opción revisar condiciones del sistema, se puede monitorear en tiempo real valores de presión (PSI), flujo (L/min) o temperatura (°C) de cada uno de los gases de la toma principal, los sensores que proporcionan esta información se encuentran en la caja de válvulas. Existe una alarma tipo botón de luz, que en caso de encontrarse en el rango indicado estará de color verde, caso contrario detectará una falla y enviará una señal de emergencia al PLC para mostrar una alarma y al mismo tiempo enviará un email a todo el personal encargado para que se revise esta falla, este tipo de fallas quedarán registradas en la base de datos para estudios estadísticos posteriores. Al mismo tiempo tiene un botón para saltar directamente al control de área. Como se muestra en la figura 3.5.

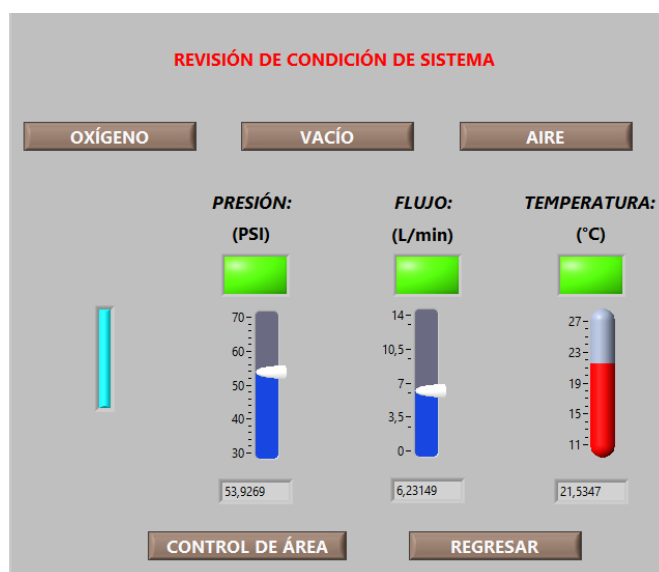
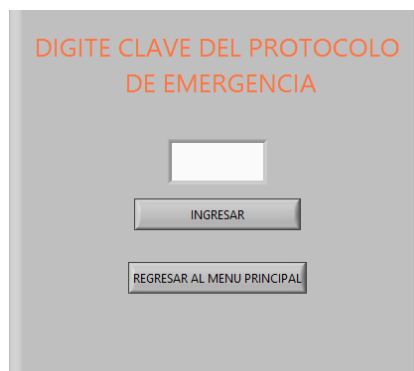
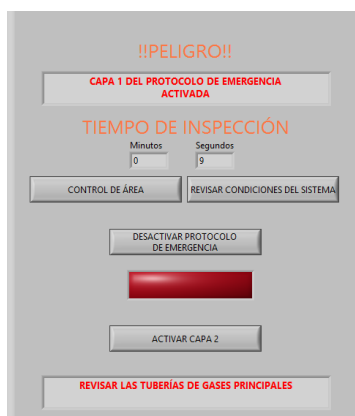


Figura 3.5: Ventana Revisión de Condiciones del Sistema

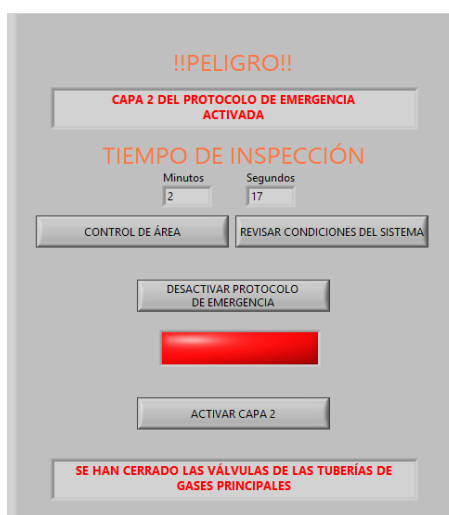
Si se regresa al menú principal se encuentra la siguiente opción que es PROTOCOLO DE EMERGENCIA, como se muestra en la figura 3.6. Este protocolo consta de dos capas de alarmas, 1 de PELIGRO y la otra de URGENCIA y para poder activarlo se debe ingresar la contraseña del protocolo de emergencia, una vez ingresado se entra a un estado de PELIGRO, en el cual se muestran alarmas visuales en el área, al mismo tiempo que se envían emails automáticamente a los encargados del área. En caso de que esta señal de PELIGRO no sea desactivada en un tiempo de 30 minutos, se pasa a la capa de URGENCIA, como se muestran en la figura 3.5 y 3.6. En esta capa las electroválvulas que se encuentran en la caja de válvulas de la toma principal se cerrarán y automáticamente se enviarán emails a las personas encargadas del sistema para una revisión.



**Figura 3.6: Activar Protocolo de Emergencia**

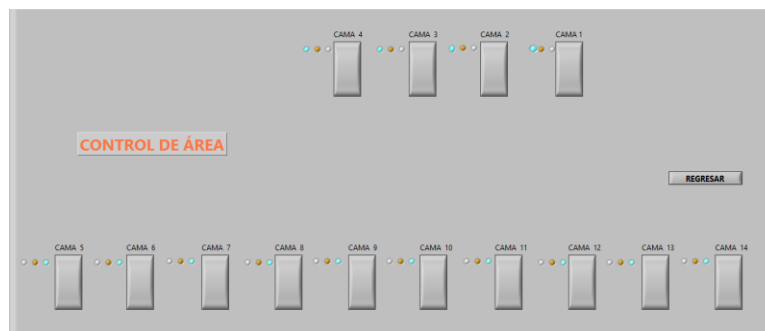


**Figura 3.7: Protocolo de Emergencia Activado 1ra Capa**



**Figura 3.8: Protocolo de Emergencia Activado 2da Capa**

Si se regresa al menú principal se encuentra la siguiente opción que es CONTROL DE ÁREA, la cual fue diseñada para poder tener a la mano la información de cada paciente, ubicado en cada una de las camas, caso contrario llevar el control de las camas que se encuentran disponibles, al costado izquierdo se observan unos LEDs que sirven para indicar qué gases se están utilizando para cada paciente. Como se muestra en la figura 3.9



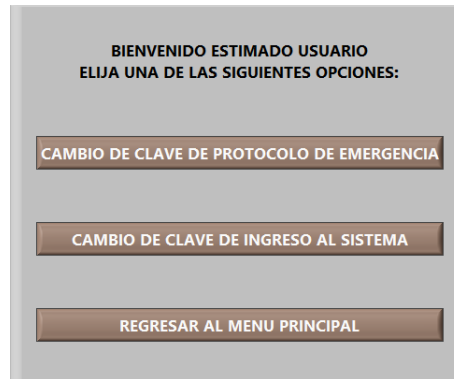
**Figura 3.9: Ventana Control de Área**

Aparte de aquello se posee unas variables globales (ver figura 3.10) que se activan conforme a la opción seleccionada desde la pantalla de control de área y que permite realizar un seguimiento en la base de datos basados del paciente que se encuentra en la cama que fue seleccionada. La información mostrada es la que diferentes médicos nos pidieron para un mejor control del paciente, entre esas; peso con sobrecarga hídrica, peso seco, etc.

ESTADO DEL PACIENTE		PACIENTE	FECHA DE DIALISIS
CEDULA DE IDENTIDAD	NOMBRES	3	14/12/2015
0846153384	Silvia Maritza	APELLIDOS	Reyes Herrera
TIPO DE SANGRE	TIPO DE DIÁLISIS	ÚLTIMA DIÁLISIS	
	Hemodíalisis		
HORA DE INICIO	HORA DE FIN	FECHA DE PROXIMA CITA	
10:15:00	13:15:00	16/12/2015	
MEDICO RESPONSABLE	NIVEL DE ÚREA INICIAL	FLUJO DE DIALIZADO	
PESO CON SOBRECARGA HÍDRICA	NIVEL DE ÚREA FINAL	TIPO DE FILTRO DE DIÁLISIS	
PESO SECO	FLUJO DE CENTRAL DE DIÁLISIS	DISPOSITIVO PARA ADMINISTRACIÓN DE GASES	

**Figura 3.10: Información pedida por Médicos**

Finalmente, en el menú principal podemos ver que se pueden cambiar las claves, tanto del protocolo de emergencia como del ingreso al sistema.



**Figura 3.11: Cambio de Clave**

La interfaz es lo más amigable y comprensible para el usuario para un mejor manejo.

### **3.2 COSTO DE EQUIPOS**

En la Tabla 19 se mostrará marca y modelos de equipos (hardware) utilizado en el Proyecto Integrador.

<b>EQUIPO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>
<b>PLC</b>	Siemens	S7300
<b>FUENTE DE ALIMENTACION PLC</b>	Siemens	PS 307; 5A
<b>MODULO E/S ANALOGICAS</b>	Siemens	SM 321-322
<b>SWITCH INDUSTRIAL</b>	Siemens	Scalance X-200
<b>FUENTE DE ALIMENTACION SWITCH</b>	Siemens	SITOP
<b>ESTACION REMOTA I/O</b>	Siemens	Et-200
<b>MODULOS D/I</b>	Siemens	SM 321
<b>MODULOS D/O</b>	Siemens	SM 322
<b>MODULOS A/I</b>	Siemens	SM 331
<b>MODULOS A/O</b>	Siemens	SM 1232
<b>MODULO DE FINALIZACION END</b>	Siemens	SM 1231
<b>PANELES PARA EL PLC Y E/S REMOTA</b>	TeleControl	TeleControl
<b>SENSOR DE OXIGENO</b>	ABB	AZ122/141010
<b>TRANSMISOR DE PRESION</b>	MOORE	340GFBHAAB5N113
<b>TRANSMISOR DE OXIGENO</b>	ABB	4681/510
<b>ANALIZADOR DE GASES</b>	TESTO	570 - 1
<b>SENSOR DE VACIO</b>	PIRANI	VSP 63
<b>LICENCIA NATIONAL INSTRUMENTS - LABVIEW 2015</b>	NI	National Instruments

**Tabla 19: Listado de Equipos Utilizado**

Un Ingeniero cobra por mano de obra \$25.00 la hora para el que recién ingresa e empieza a trabajar (ingeniero novato). Ese precio es considerado en el costo con el nombre ingeniería. En la siguiente tabla 20 se muestra el costo aproximado del proyecto.



EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO ( \$ )	PRECIO TOTAL ( \$ )
PLC	1	600	600
FUENTE DE ALIMENTACION PLC	1	105	105
MODULO E/S ANALOGICAS	2	135	270
SWITCH INDUSTRIAL	1	151.15	151.15
FUENTE DE ALIMENTACION SWITCH	1	70	70
ESTACION REMOTA I/O	1	170	570
FUENTE DE ALIMENTACION ET	1	100	100
MODULOS D/I	3	56	168
MODULOS D/O	2	56	112
MODULOS A/I	8	143	1144
MODULOS A/O	4	143	572
MODULO DE FINALIZACION END	1	22.00	22.00
PANELES PARA EL PLC Y E/S REMOTA	2	450	900
ANALIZADOR DE GASES	1	9600	9600
TRANSMISOR DE OXIGENO	1	217.19	217.19
SENSOR DE OXIGENO	28	124.00	3472
SENSOR DE VACIO	14	118.00	1652
TRANSMISOR DE PRESION	1	749,95	749,95
LICENCIA NATIONAL INSTRUMENTS - LABVIEW 2015	1	20450	20450
INGENIERÍA	1	5426,4	5426,4
		<b>Total</b>	<b>45961,35</b>

**Tabla 20: Costo del Proyecto**

### 3.3 ANÁLISIS DEL PACIENTE Y PERSONAL MÉDICO

Esta interfaz ha sido presentando a diferentes doctores, los cuales han dicho que la iniciativa está muy buena, y que debería ser orientada a zonas de más riesgo como lo son las UCIs, pero lo importante es que la parte medica se sienta satisfecha con la interfaz y además de que se va a contar con una base de datos con la cual se podrán hacer investigaciones a futuro.

Con este sistema el paciente puede sentirse más tranquilo al momento de realizarse una diálisis, ya que la pérdida de información ya no será tan relevante por parte del personal encargado, sino que todo va a quedar registrado y todo se va a poder monitorear en tiempo real, además que se cuenta con un sistema de múltiples alarmas las cuales evitaban accidentes a futuro.

El sistema Medical Automation es la base de un sistema versátil el cual al ser desarrollado hará que los índices de mortalidad bajen gracias el back-up de información y por el correcto feedback de información.

### **3.4 ENVÍO POR EMAIL DE INFORMACIÓN**

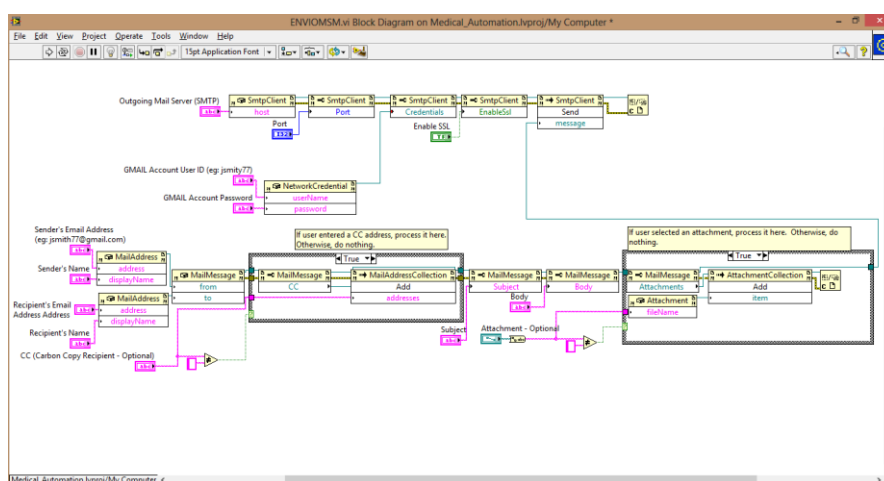
En un principio la idea fue hacer un envío periódico de emails sobre el estado del paciente, pero las conversaciones con los médicos, aconsejaron que no sea de esa manera ya que se vuelve tedioso y al final la información sería ignorada.

La parte medica recomendó que el envío de emails sea solo en momentos críticos, cuando se realice un cambio brusco en el estado del paciente como cuando se cambie de oxígeno a aire medicinal, o como cuando se necesite realizar una succión mediante la toma de vacío o como cuando se cambie el dispositivo para administrar oxígeno de manera que se denote un deterioro en el proceso de recuperación del paciente.

Para el protocolo de emergencia, que al momento de ser activado y se encuentre en la primera capa de PELIGRO se realiza un envío de emails

periódicos, debido a que este problema al ser en la toma principal de distribución de gases debe de ser resuelto de manera inmediata y ahí si se requiere que se haga una revisión exhaustiva, caso contrario seguirán las alarmas y el envío de emails. La única diferencia con la segunda capa del protocolo, URGENTE, es que en este punto se realiza una acción automática de cerrado de las válvulas de las tomas principales, de igual manera se hace un envío periódico de emails hasta que el protocolo de emergencia sea desactivado.

En la figura 3.12 se detalla el diagrama de bloques del VI para el envío de emails usando Labview.



**Figura 3.12: Diagrama de bloques para enviar mails**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. En el sistema hospitalario actual público no existe un control general del sistema de gases medicinales; las señales de alarma son netamente momentáneas y no se hace un registro digital de este tipo de problemas, el mantenimiento es correctivo y no hay un control y monitoreo preventivo.
2. Este sistema provee control y monitoreo completo de toda la zona de diálisis sin necesidad de alterar el orden dentro de la zona, a excepción de un caso de extrema urgencia cuando se active la segunda capa del protocolo de emergencia.
3. El envío de información automática debe de ser solo en momentos de extrema urgencia, debido a que si se hace continuamente será tedioso y la información será ignorada.
4. El sistema hospitalario de nuestro país no consta en una base de datos con variables relevantes para realizar una investigación médica en el futuro. Cuando se realizan los sistemas informáticos de hospitales, no se hace a la par con lo que necesite el médico especialista del área respectiva. Los médicos de nuestro país tienen muchos temas de investigación que no se realizan debido a que no hay una recopilación sistemática de los datos para ser analizados en un futuro; es por esto que Medical Automation sería la solución para empezar a abrir camino hacia lo que mundialmente se conoce como informática médica.
5. La Comunicación entre el PLCsim de Tía Portal y NI-OPC Server de National Instruments a través del software NetToPLCsim presenta una gran ventaja ya

que me permite conectar diferentes dispositivos tales como el software Labview para la integración, adquisición de datos, sistema de control y supervisión.

6. Se utilizó un controlador S7-300 de Siemens para monitorear, procesar y controlar las diferentes 7 salidas analógicas como lo son flujo, temperatura y presión de cada gas.
7. La comunicación se implementó con NI-OPC Servers de National Instruments y OPC Client ya que da la ventaja también de hacer conexiones con varios dispositivos sea físico o virtual, como en el caso de este proyecto.
8. El sistema SCADA "Medical Automation" implementado provee un mayor control y monitorización de lo que sucede en la zona de Diálisis. También permite obtener información (Base de Datos) a tiempo real de los pacientes en el área donde se está realizando dicho control.

### **Recomendaciones**

1. El Proyecto Integrador es ejecutable y simulado virtualmente, se puede implementar a futuro en Hospitales de alta gama de tecnología para tener un mejor control tanto médico como estadísticos.
2. El Uso de una Tarjeta de Adquisición de Base de Datos "DAQ" de National Instruments no fue considerado, debido a que se necesita controlar, monitorear a largas distancia desde la central de gases a la Zona de Diálisis, por ende se necesitó el uso de una Estación Remota y de un PLC.

3. Este sistema tendría mayor utilidad en zonas críticas como la unidad de cuidados intensivos, pero lo importante en este proyecto es hacer un sistema base, en un futuro logre automatizar todo un hospital completo con todas las especialidades.
4. Al desarrollar el software se debe tener reuniones continuas con especialistas de las diversas áreas, con intensivistas y terapeutas ya que ellos son los que están continuamente revisando a los pacientes y saben de acuerdo a su experiencia que decisiones tomar en caso de emergencia.
5. Finalmente, se necesita buscar una inversión aproximada de \$500.000 para poder desarrollarlo por completo en todo el hospital.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Castro M. y Otros “Modelo OSI, Estándares” en Libro de Principios Básicos – comunicaciones Industriales, Tema II.

[2] Aquilino Rodríguez “Profibus” en COMUNICACIONES INDUSTRIALES – Sistemas de Regulación y Control Automáticos.

[3] A.C. Soles “Sensores en la Instrumentación” en Instrumentación Industrial 6ª Edición.

[4] P.E. Layana “Implementación de un Sistema SCADA en Labview para el control Automatizado del módulo Solar EPH2 del Laboratorio de Instrumentación” Tesis de Ingeniería en Electricidad, especialización Electrónica y Automatización Industrial, Facultad FIEC.

[5] Medidor – Detalles Técnicos, Sensor de Vacío Pirani VSP 63

<http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/sistemas/sensor-pirani-vsp62.htm>

[6] Analizador de Gas Portátil – marca Testo

<https://www.testo.es/analizadores-de-combustion/productos/>

[7] NetToPLCsim – Interface

<http://nettoplcsim.sourceforge.net/>

[8] Siemens TCP/IP Ethernet Driver Help

[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/612/22146612/att\\_113921/v1/t-bausteine\\_e.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/612/22146612/att_113921/v1/t-bausteine_e.pdf)

[9] Tipos de Datos en S7300

<http://www.tecnopl.com/tipos-de-datos-en-s7-300/>

[10] Oxígeno – Medicina

<https://es.wikipedia.org/wiki/Ox%C3%ADgeno#Medicina>

[11] Prospecto Informal para el usuario: Aire Medicinal Comprimido

[http://www.aemps.gob.es/cima/pdfs/es/p/68510/P\\_68510.pdf](http://www.aemps.gob.es/cima/pdfs/es/p/68510/P_68510.pdf)

[12] Profibus

<http://www.etitudela.com/celula/downloads/2profibus.pdf>

[13] Paquetes de Pruebas - Labview

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/212458>

[14] Indicación de Configuración DP/PA

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/21562130/%C2%BFqu%C3%A9-hay-que-tener-en-cuenta-al-conectar-equipos-profibus-pa-en-la-red-profibus-dp?dti=0&lc=es-BO>

[15] Sistema de Periferia descentralizada ET – 200 S

[https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiYI86\\_ufvKAhXFIR4KHUb2AesQFggIIMAI&url=https%3A%2F%2Fsupport.industry.siemens.com%2Fcs%2Fattachments%2F1144348%2Fet200S\\_operating\\_instructions\\_es\\_ES\\_es-ES.pdf%3Fdownload%3Dtrue&usg=AFQjCNE1TGNQWvQu3\\_T6lpwfiq9kWb1dEQ](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiYI86_ufvKAhXFIR4KHUb2AesQFggIIMAI&url=https%3A%2F%2Fsupport.industry.siemens.com%2Fcs%2Fattachments%2F1144348%2Fet200S_operating_instructions_es_ES_es-ES.pdf%3Fdownload%3Dtrue&usg=AFQjCNE1TGNQWvQu3_T6lpwfiq9kWb1dEQ)

[16] SIMATIC ET 200 S COMPACT

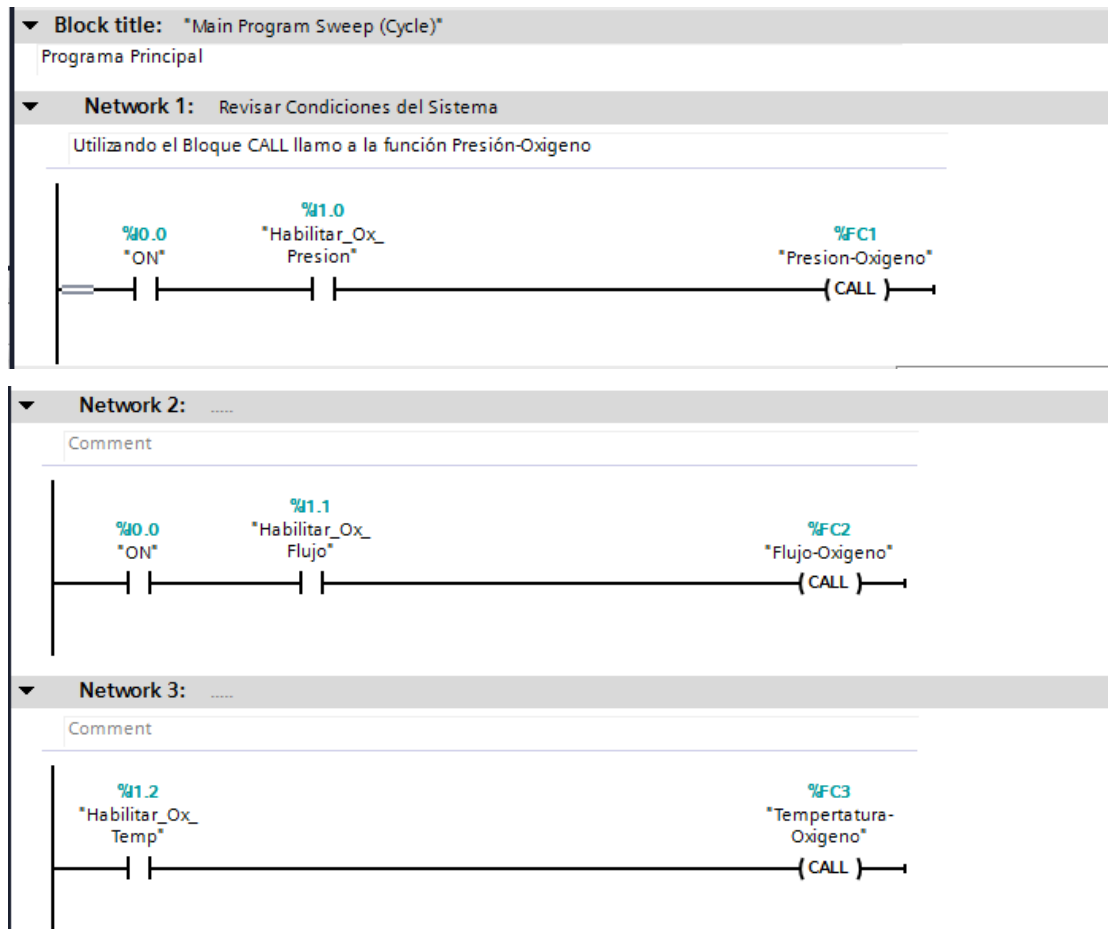
<http://w3.siemens.com/mcms/distributed-io/en/ip20-systems/et200s/interface-modules/pages/default.aspx>

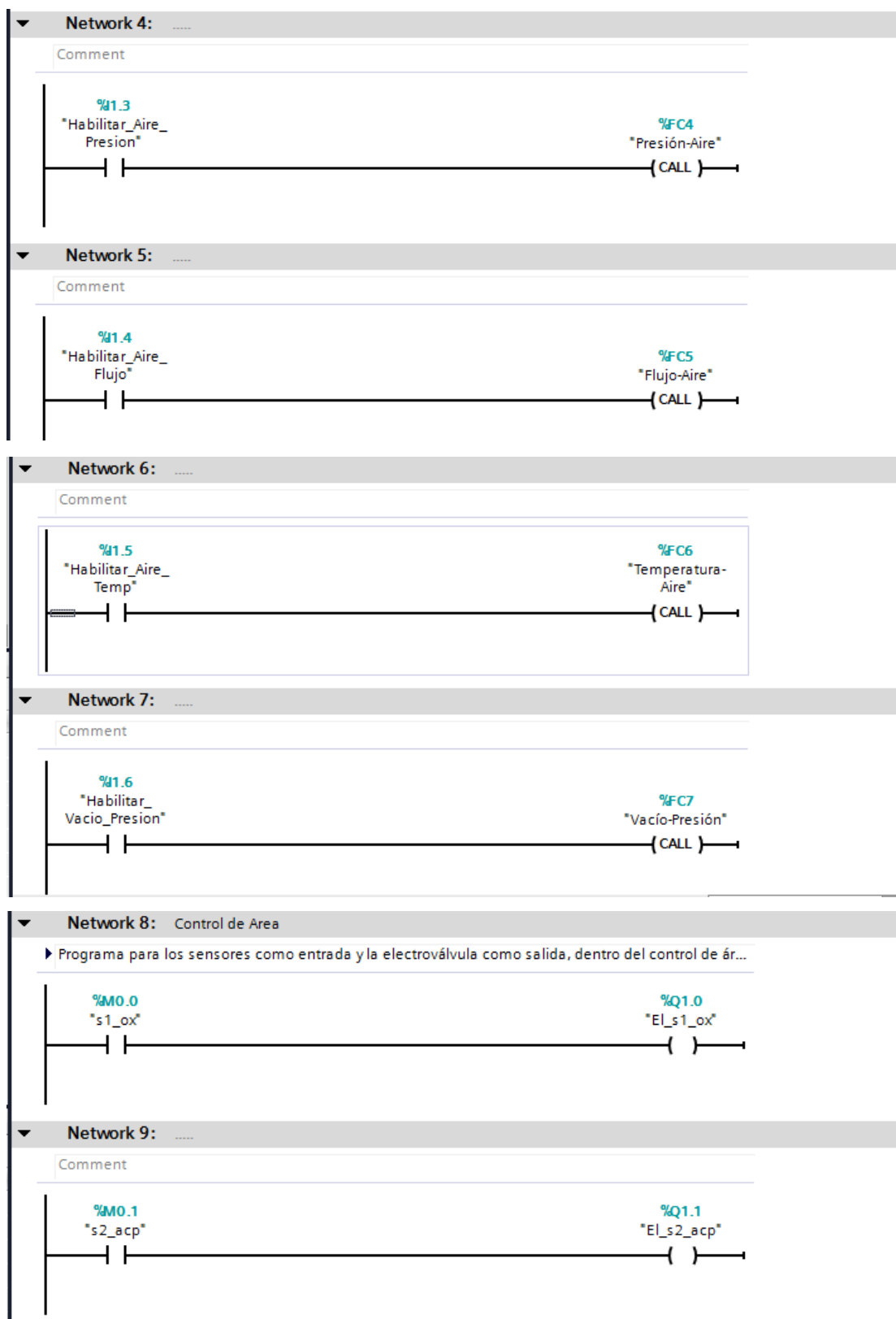


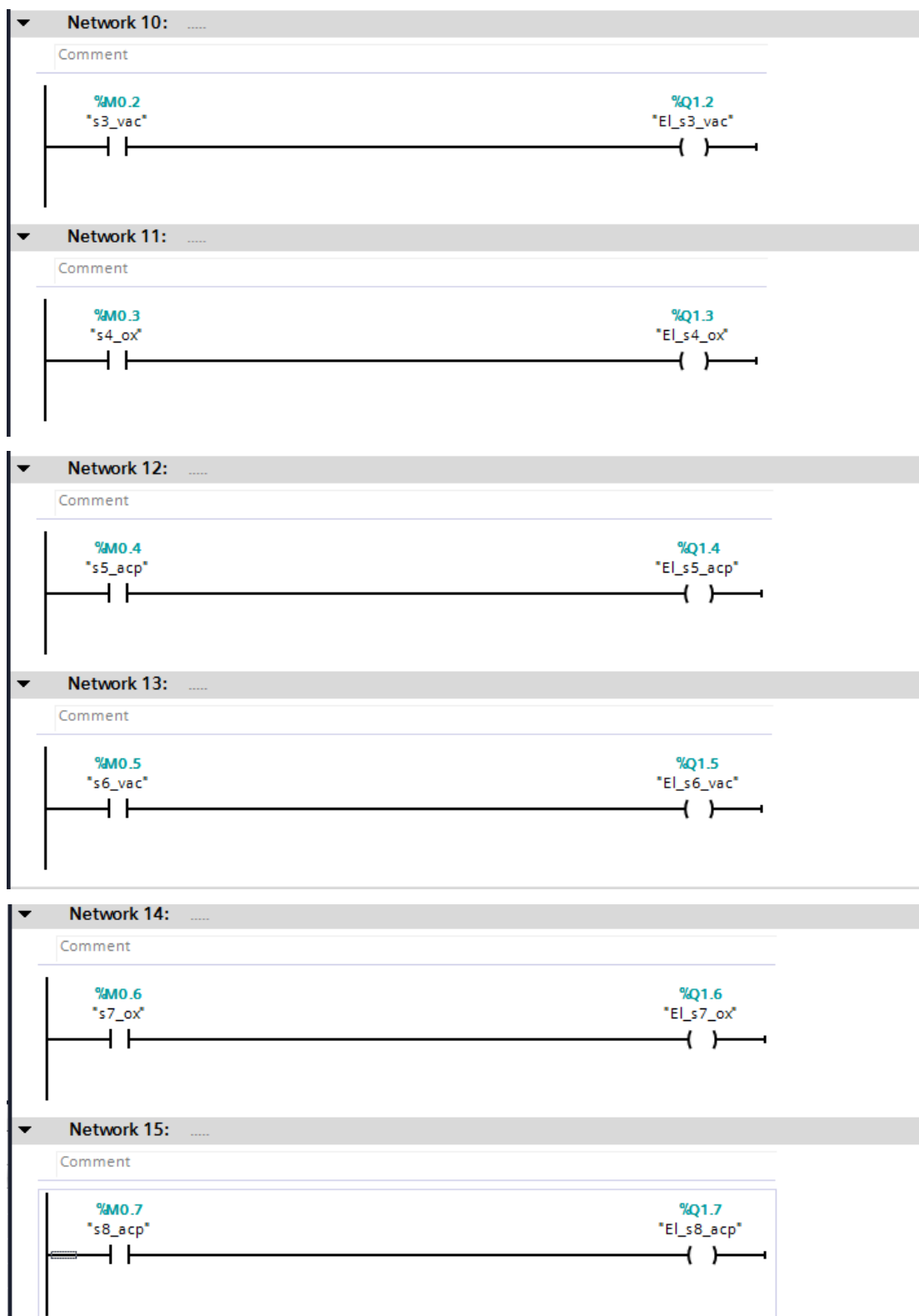
# ANEXOS

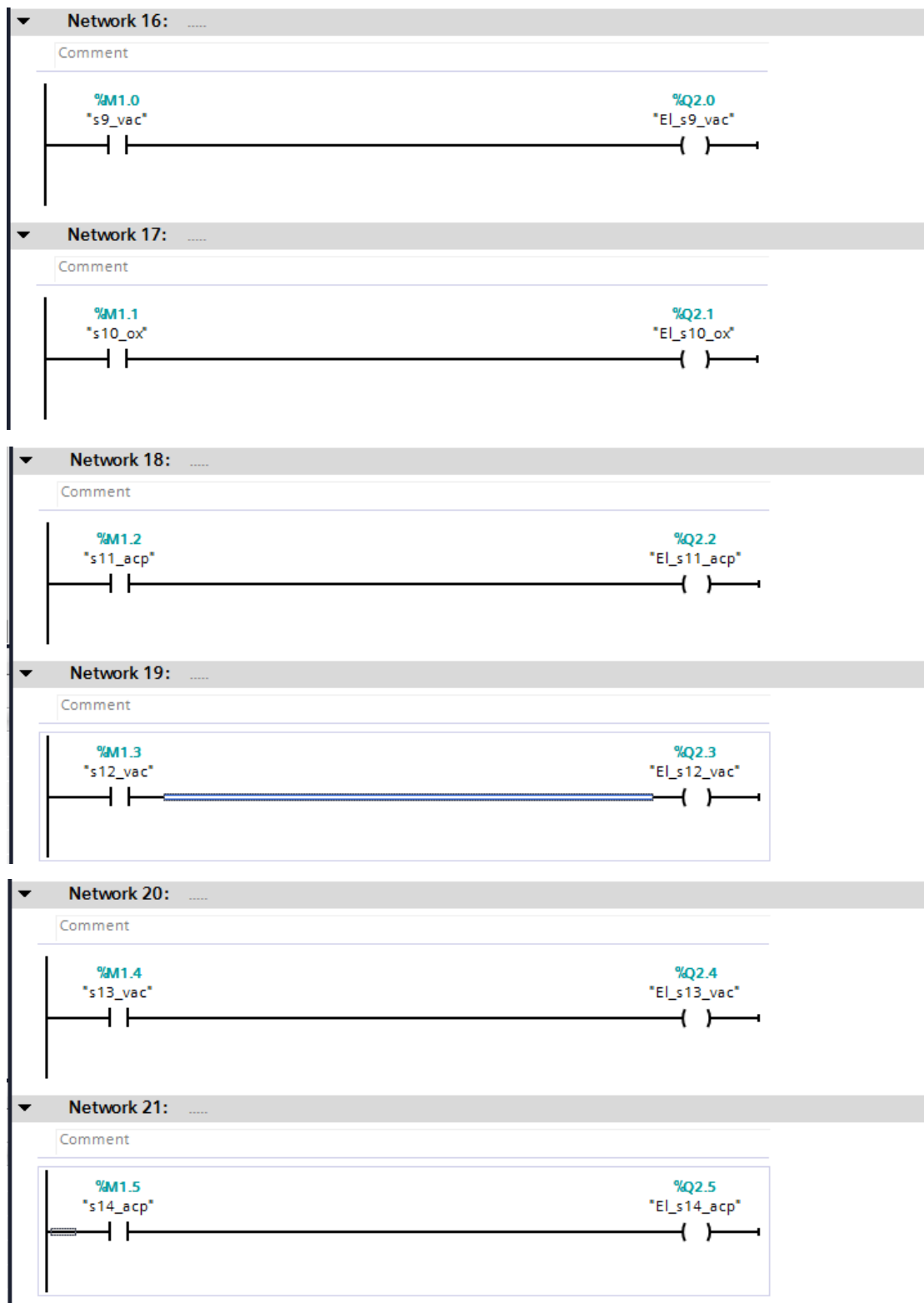
## Anexo 1

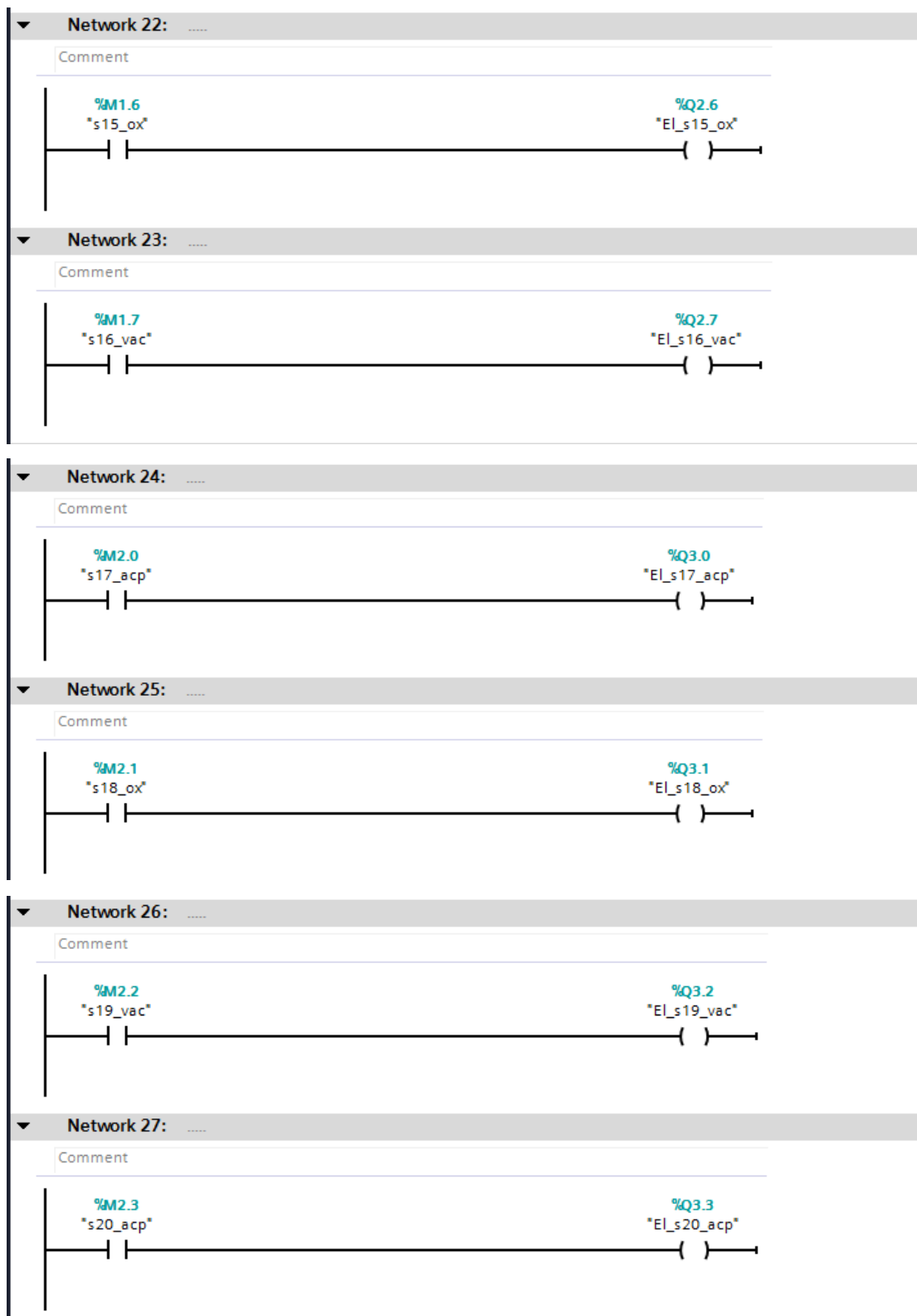
### PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE LADDER DEL PLC A TRAVÉS DEL TIA-PORTALV13

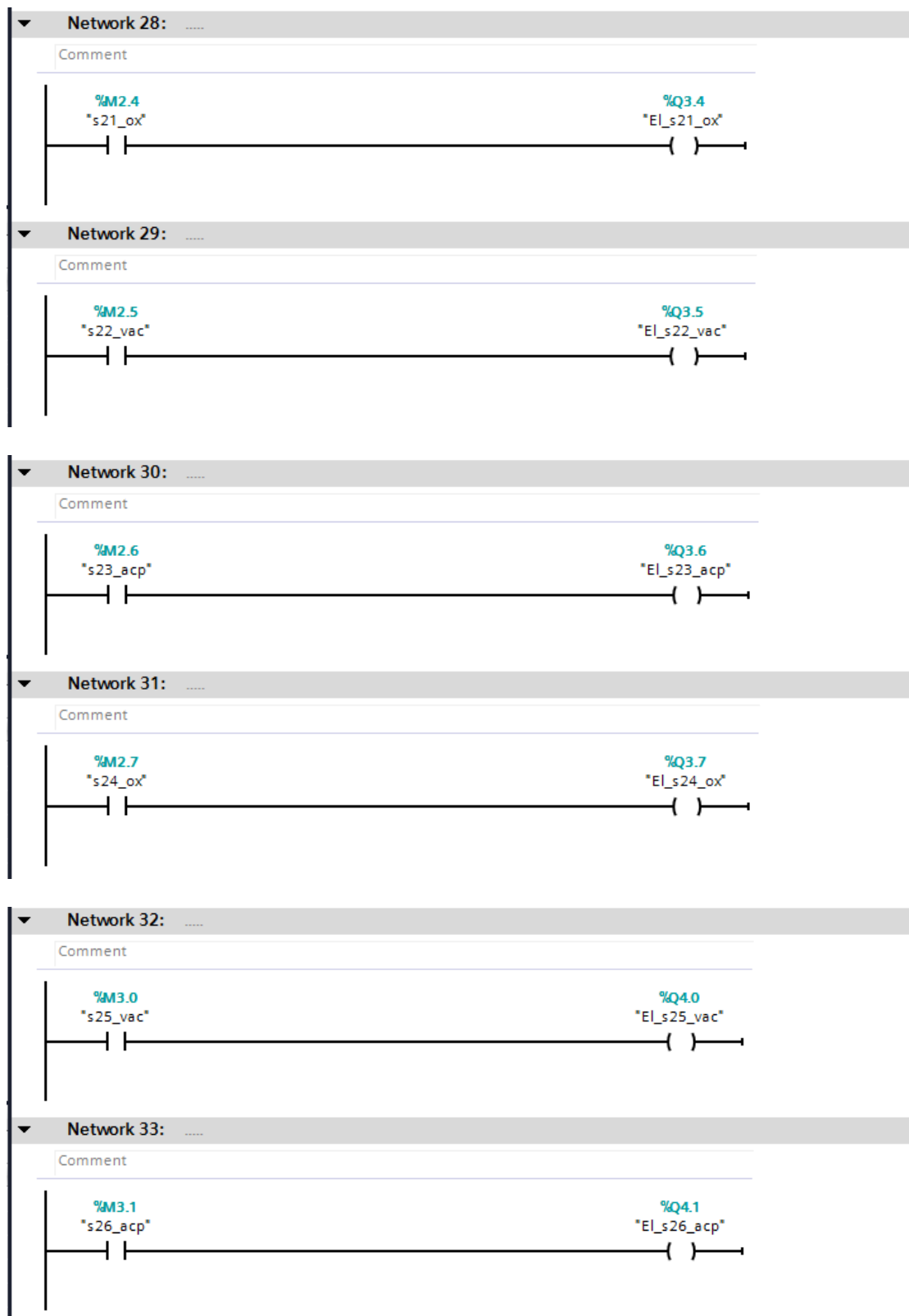


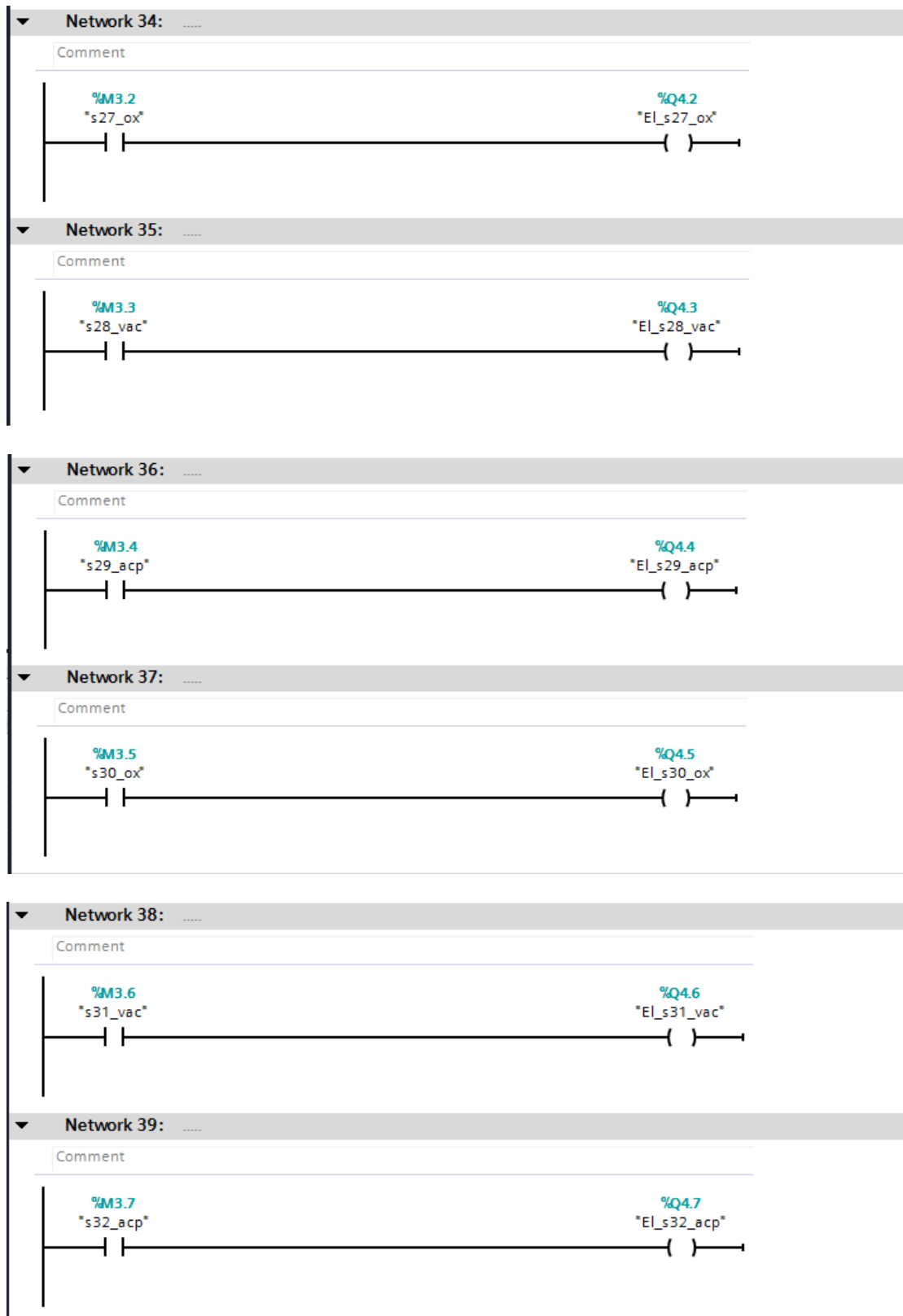


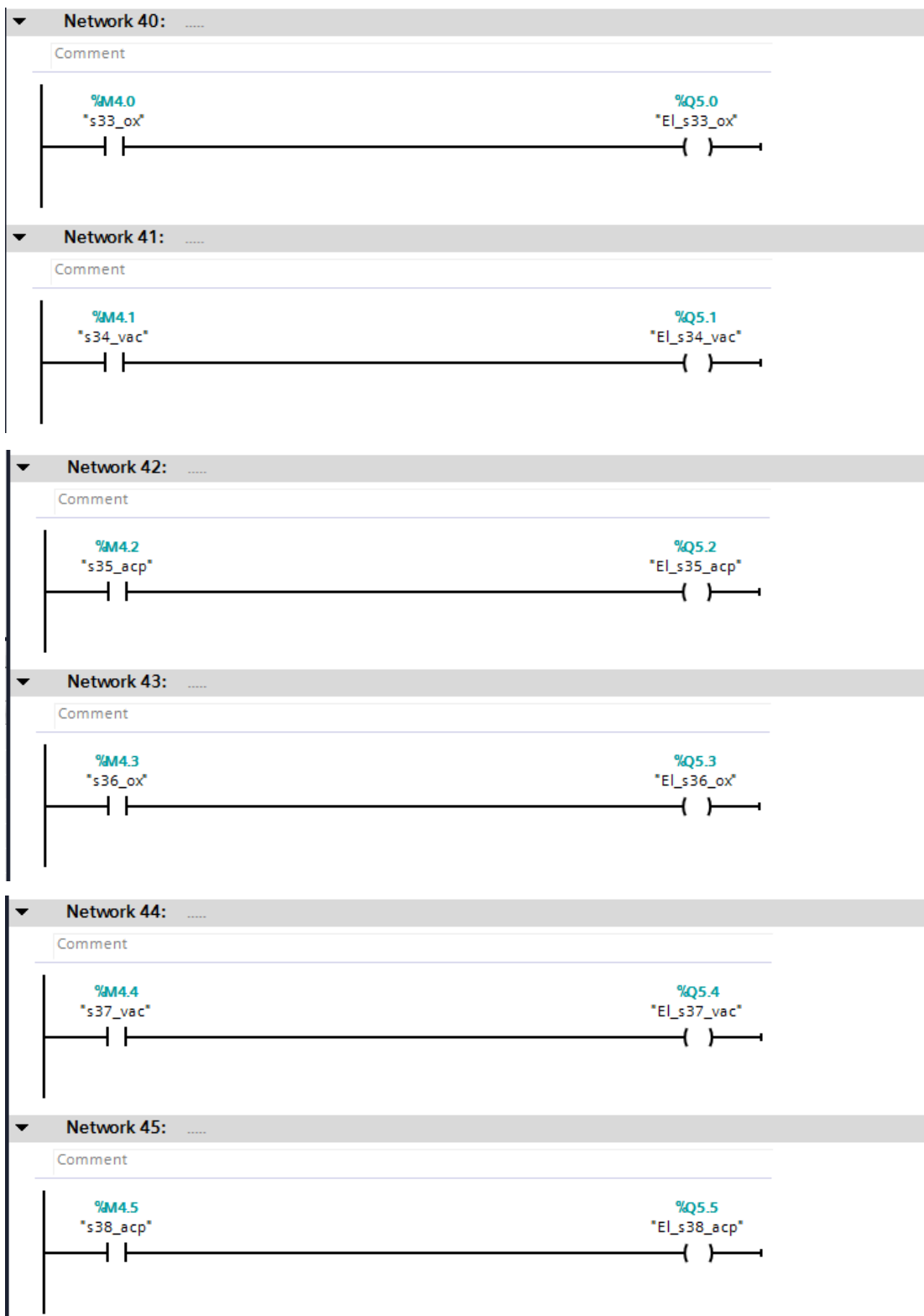




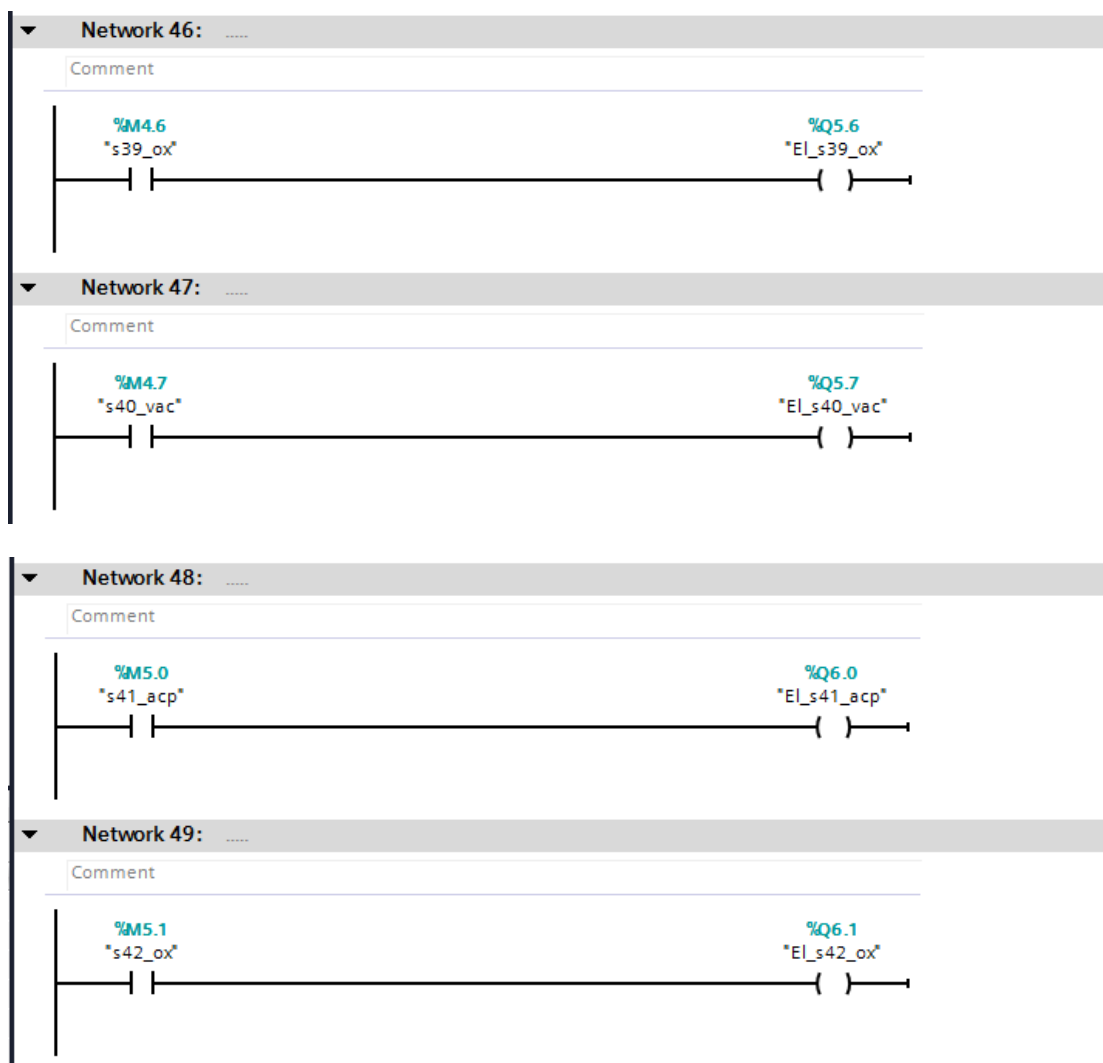






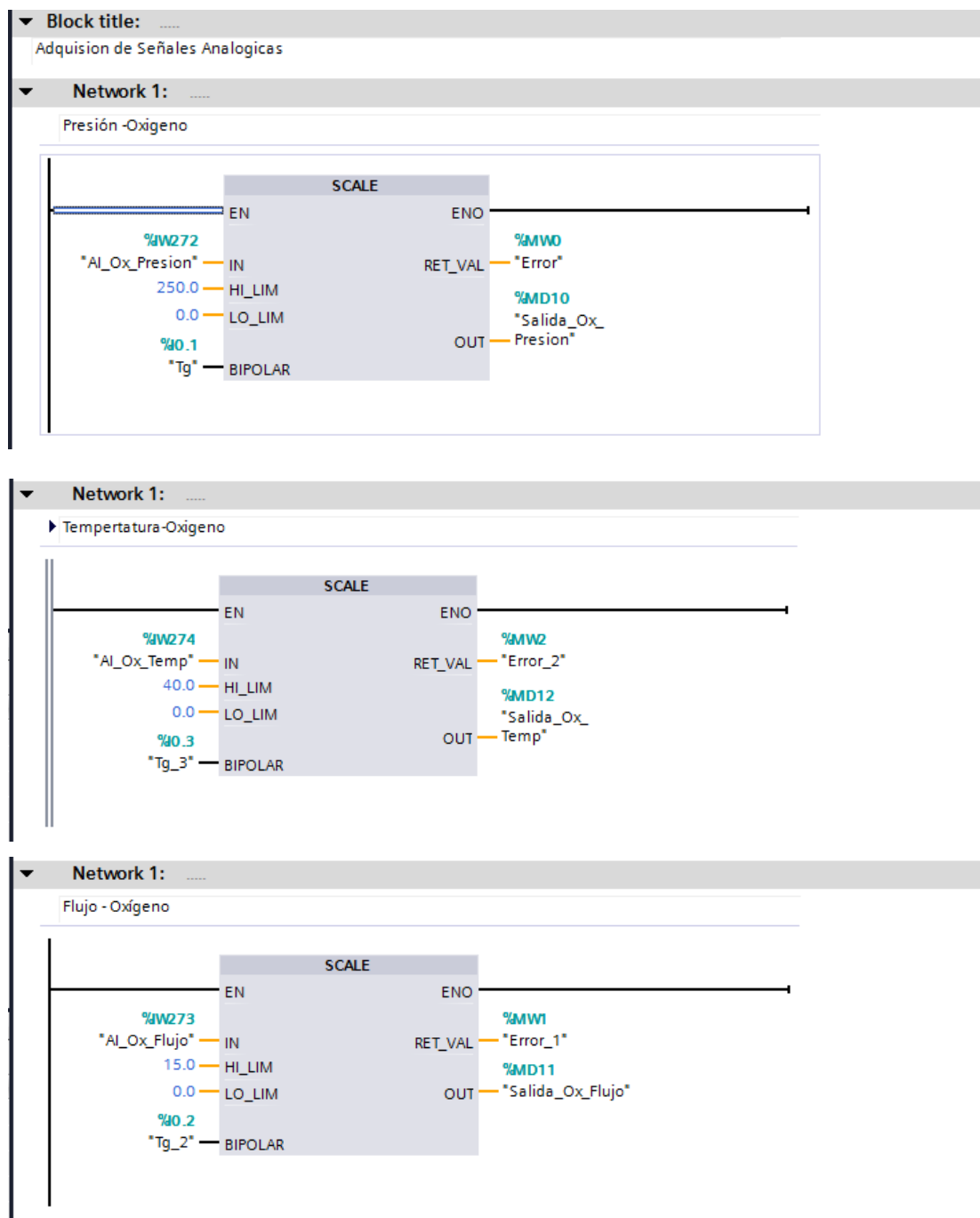


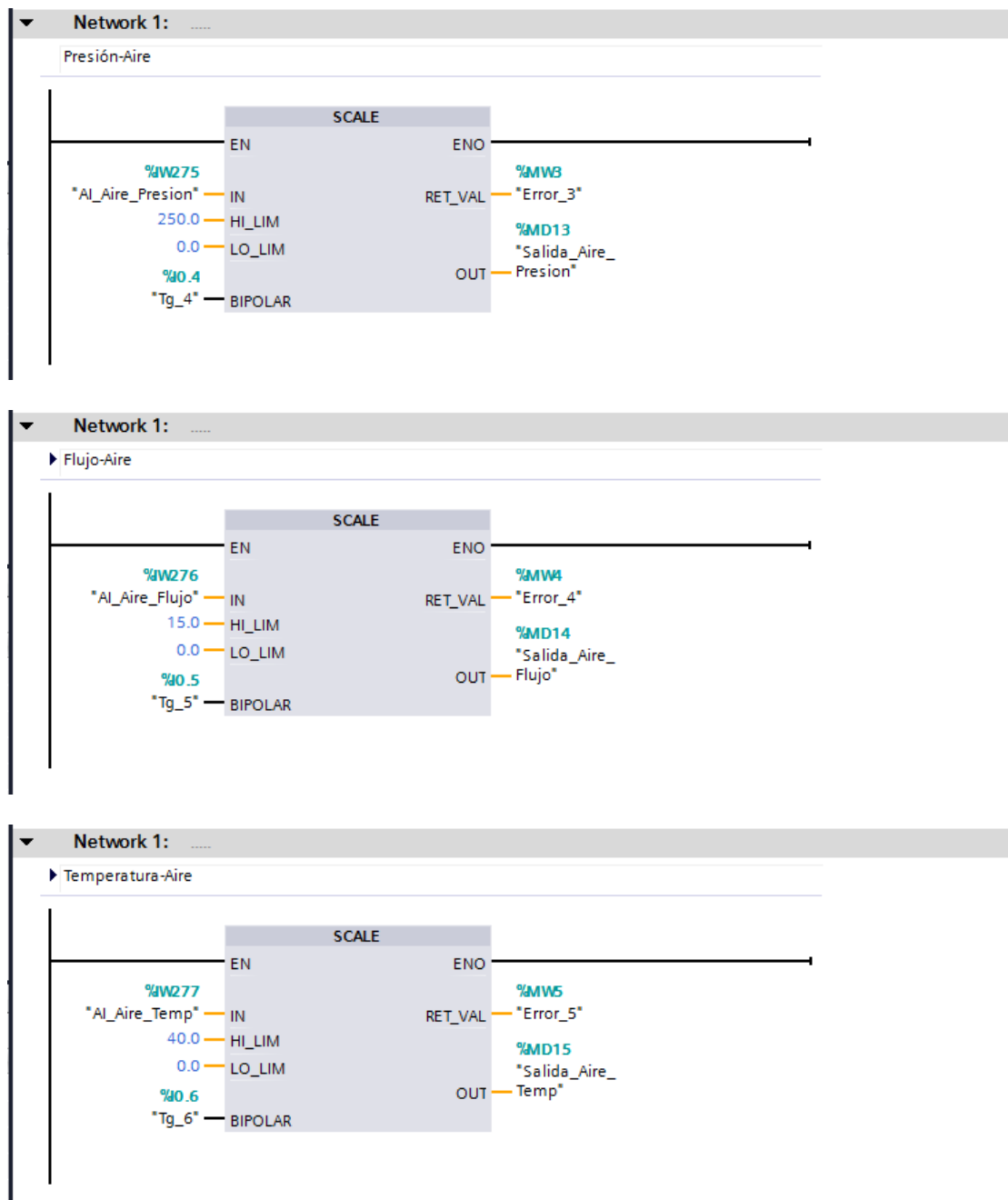


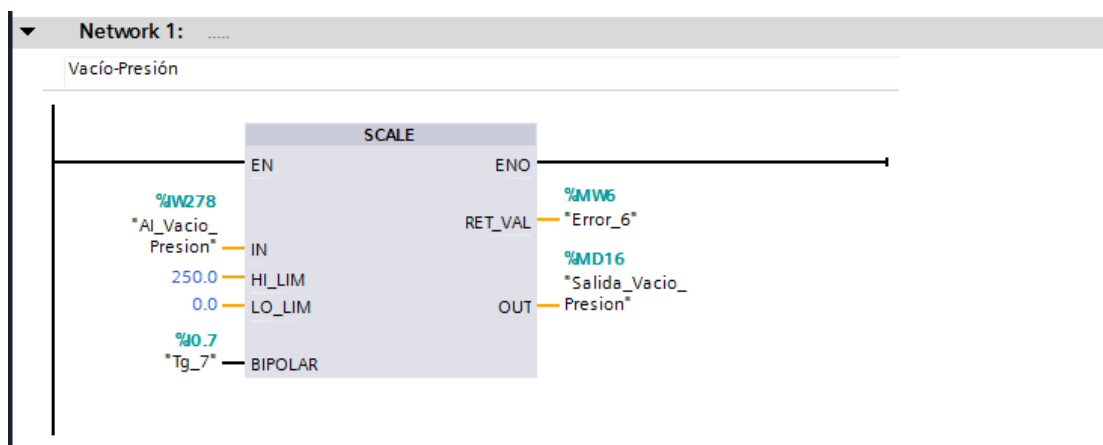


A Continuación, mostraremos los bloques de funciones que hemos creado, para la adquisición de señales analógicas.

## Bloque de Funciones – Ladder





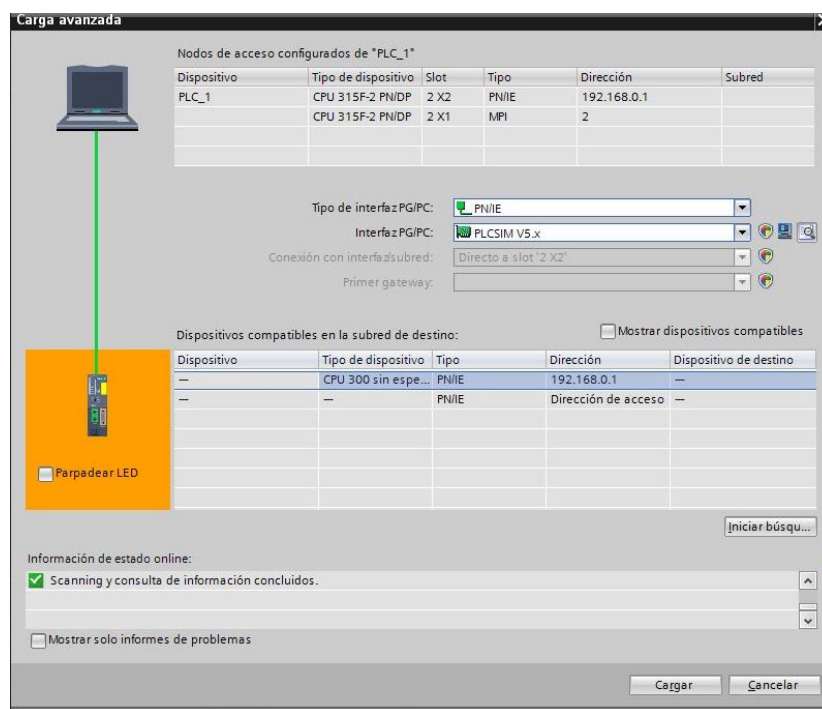


## Anexo 2

### COMUNICACIÓN ENTRE EL PLCSIM – NIOPSERVERS

La Comunicación que vamos a efectuar es primeramente tener el programa hecho en Ladder en el Tia-Portal V13.

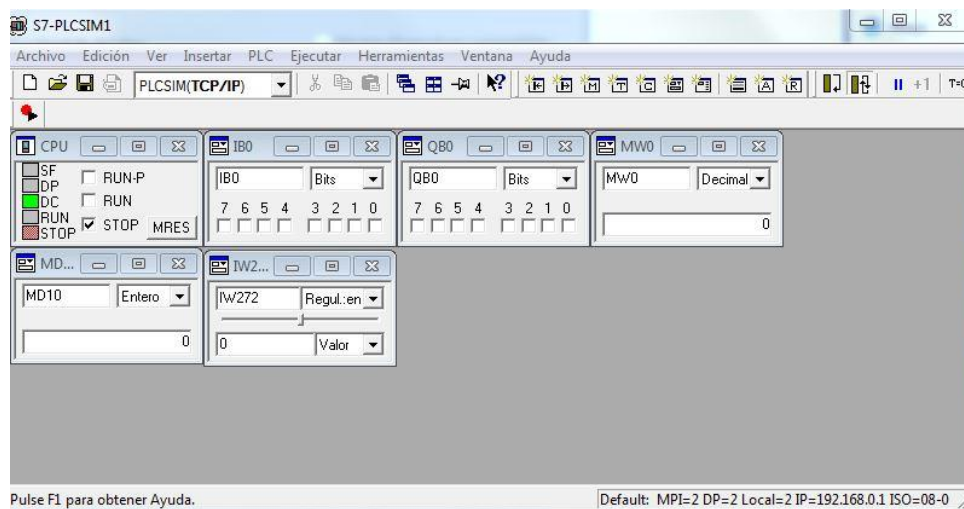
Como se observa en la figura, cargaremos nuestro programa a través de la opción “Simulación” del TiaPortal.



**Figura A2.1: Carga avanzada del PLC**

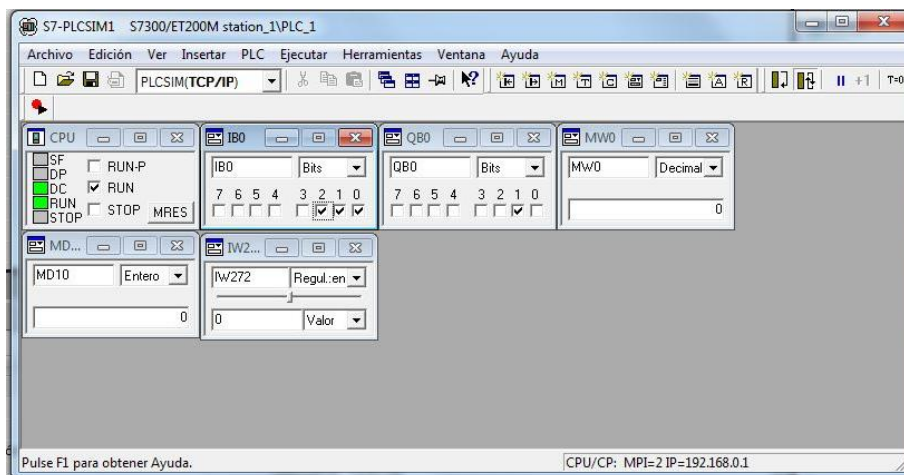
Como se observa en la figura A2.1, no muestra la dirección IP del PLC que es “192.168.0.1”; así mismo el tipo de interfaz, en la cual usaremos el PN/IE y le interfaz del PLCSIM V5. X.

Una vez cargado nuestro programa en el PLC, este nos dirige automáticamente a la ventana del PLCSIM, como se muestra en la figura A2.2.



**Figura A2.2: Ventana del S7-PLCSIM**

Una vez que nos aparece, la ventana presionamos RUN en la pestaña que dice CPU del S7-PLCSIM ya en ese momento comienza a correr el programa, si presionamos en unas de entradas IBO como se observa en la figura, también aparece una salida marcada con un visto en la pestaña de QBO. Observar figura A.3.



**Figura A2.3: Ventana del S7-PLCSIM con sus entradas y salidas**

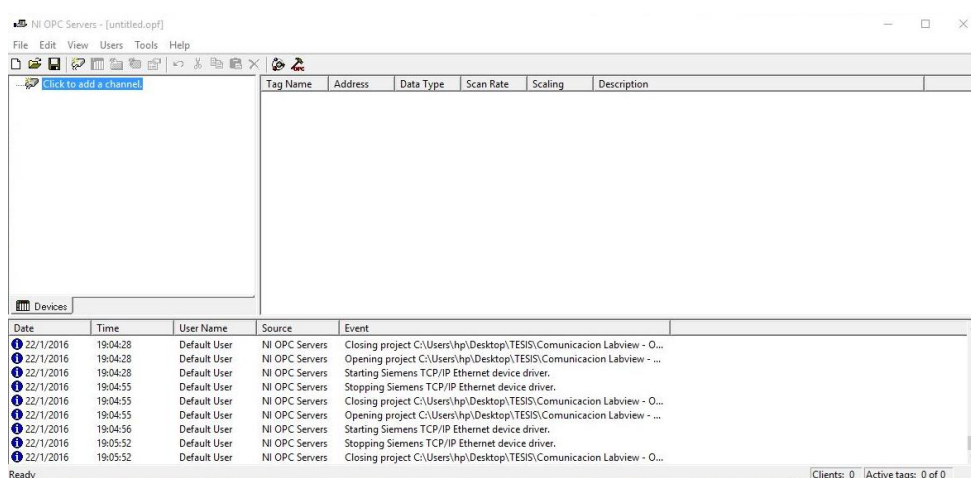
A partir de ahora iremos al servidor NI-OPCSERVERS de National Instruments, como ya sabemos OPC es una tecnología que tiene objetivo estandarizar interfaces de comunicación entre los distintos elementos y dispositivos inteligentes, tanto hardware como software. Dentro de una pirámide de la automatización.

A continuación, veremos cómo trabajar con dichas herramientas.

### i. Configuración Inicial

Al instalarse el NI-OPCSERVERS, por defecto en el directorio asociados dentro de los proyectos que se crean, viene incluido un proyecto **simdemo.opf**, en la cual permite simular drivers de pruebas.

Como se muestra en la figura A2.4, muestra el NI-OPCSERVERS al inicializarse.

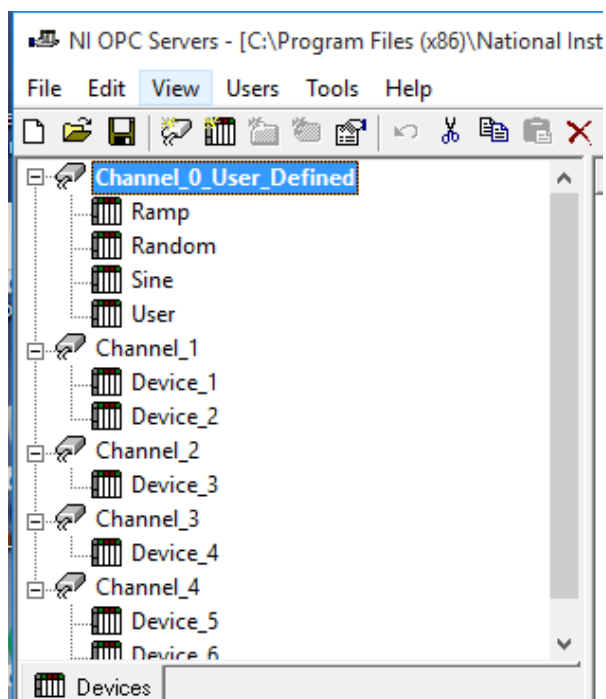


**Figura A2.4: Ventana de inicialización de NI OPC servers**

La Pantalla Principal como se observa en la figura A2.4 se divide en 3 secciones. La de arriba, izquierda es el listado de la red de automatización en la cual OPC tiene configurada para conectarse.

La sección de la parte de arriba, derecha es un listado de etiquetas (tags) de cada dispositivo en el cual el usuario lo crea.

Por último, en la sección de abajo (ver figura A2.5), es una ventana para registro de eventos en el servidor. Como veremos a continuación se verá a detalle que las dos primeras secciones son más importantes.



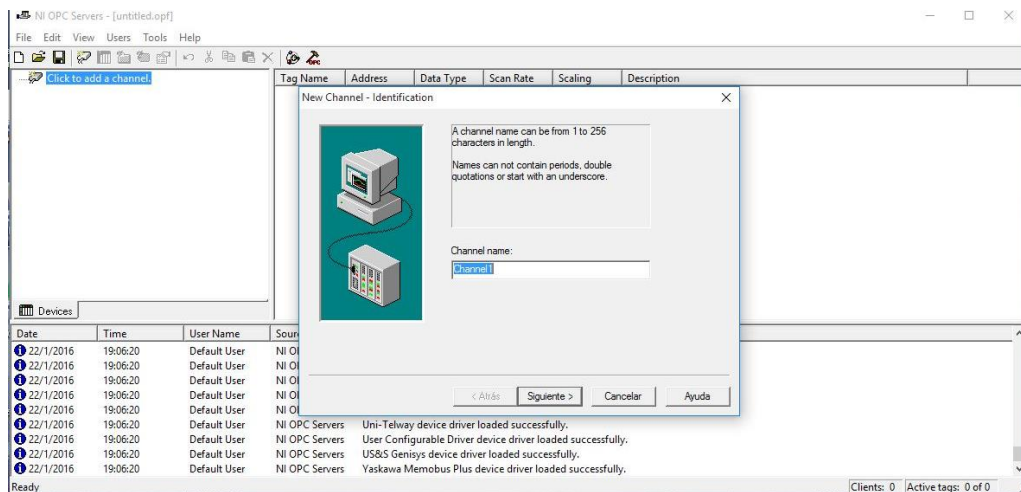
**Figura A2.5: Channel de NI OPC servers**

Como se observa en la figura la primera sección muestra la configuración de la red para el proyecto llamado **simdemo.opf**.



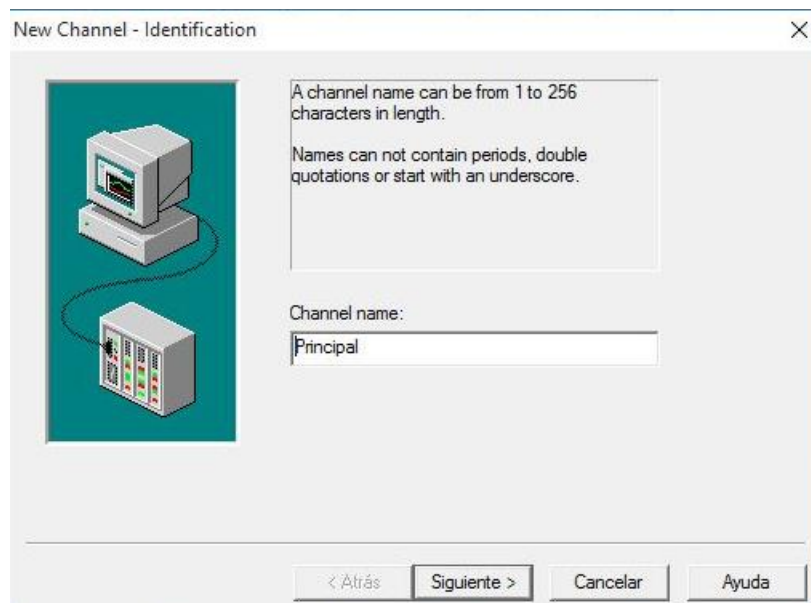
## ii. Creación de Nuevo Canal

Para Crear nuestro propio canal, damos clic “Click to add a Channel” como se muestra en la figura A2.6.

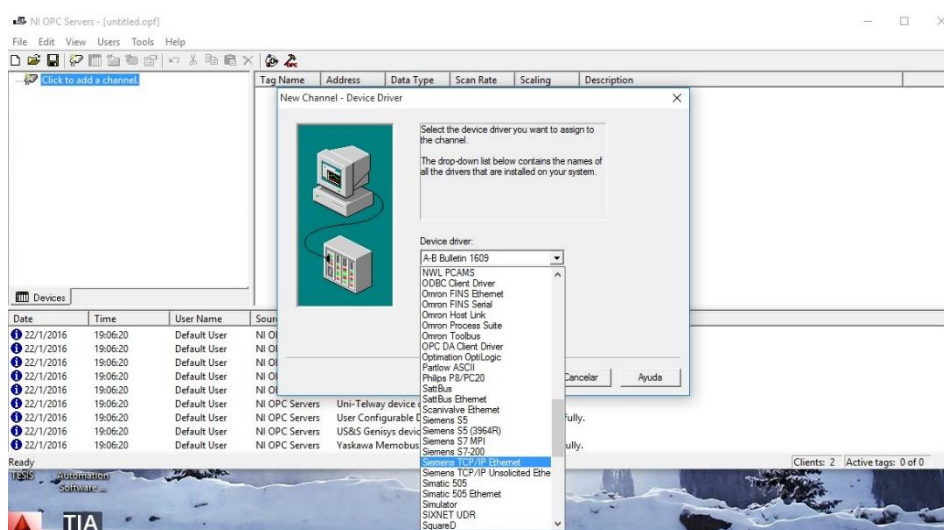


**Figura A2.6: Creación de Nuevo Canal**

Como se muestra en la figura A2.7, nuestro canal se llamará Principal, así mismo el dispositivo “Device driver” en el cual no conectaremos en el cual será Siemens TCP/IP Ethernet.

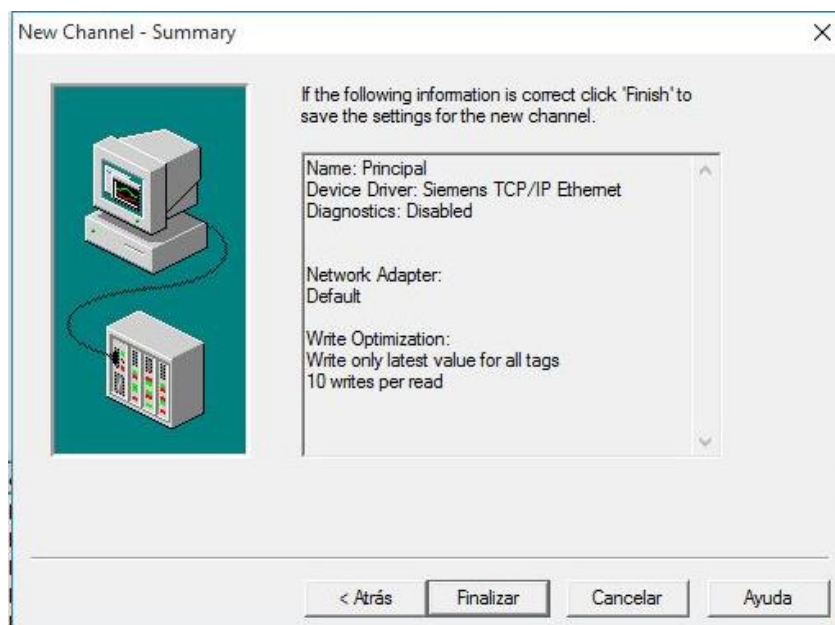


**Figura A2.7: Cambio de Nombre – Canal: Principal**



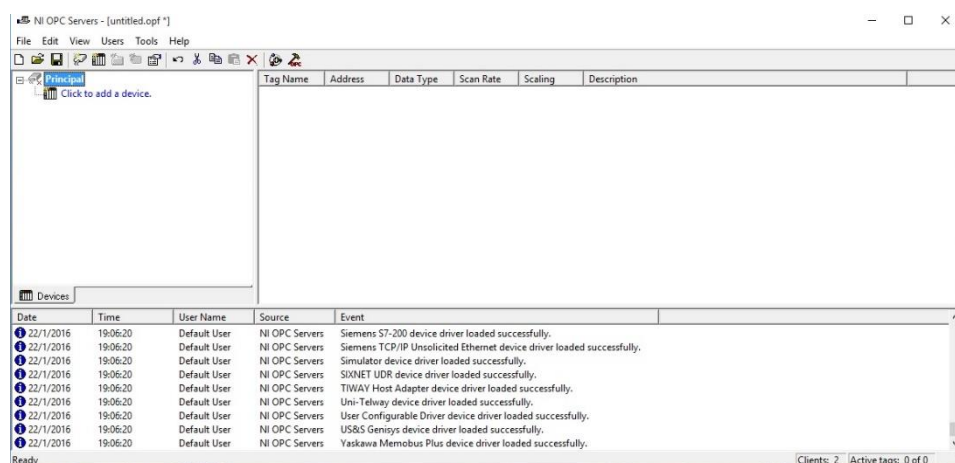
**Figura A2.8: Escoger el Tipo de “Device Driver”**

Una vez que elegí las opciones descrita anteriormente, daré clic en siguiente en las demás opciones que estarán a continuación, hasta llegar con la ventana última y dar clic en Finalizar, como se muestra en la figura A2.9.



**Figura A2.9: Ventana de Confirmación de información del New Channel**

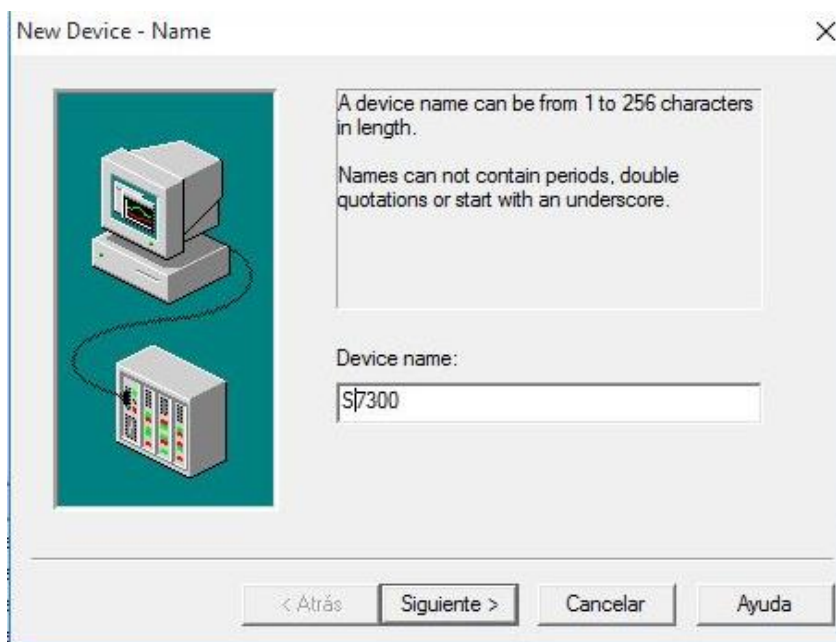
Una vez hecho los pasos descrito anteriormente, al dar clic en finalizar nos aparecerá una ventana, así como se muestra en la figura A2.10.



**Figura A2.10: Ventana con el nuevo Canal creado de nombre Principal**

### i. Creación de Nuevo Dispositivo

Ahora daremos clic en agregar nuevos dispositivos (Click to add device), nos aparecerá una ventana opcional, como se muestra en la figura A2.11, en la cual le cambiaremos de nombre y le pondremos S7300, como se muestra en la figura.



**Figura A2.11: Agregar nuevo dispositivo en el Canal Principal**

Luego de hacer el paso descrito anteriormente, se procede dar clic en siguiente y nos aparece otra opción donde nos pide el modelo de dispositivo como se muestra en la figura; así mismo la ID del dispositivo que será la dirección del PLC que me la da el PLCSIM 192.168.0.1. Como se muestra en la figura A2.12.

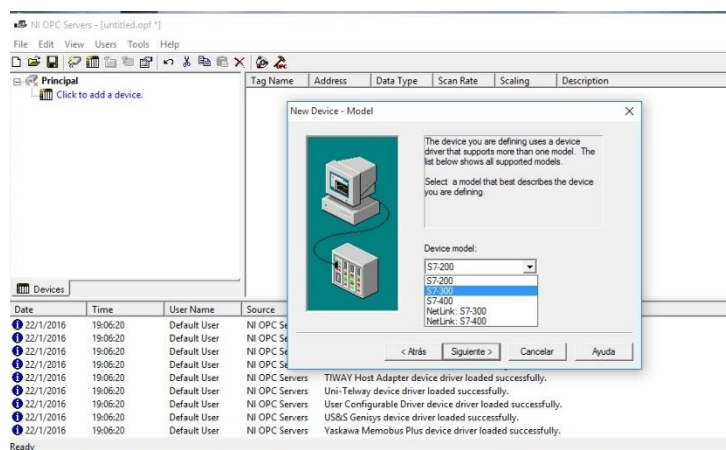


Figura A2.12: Modelo de dispositivo a usar en el NI OPC Servers

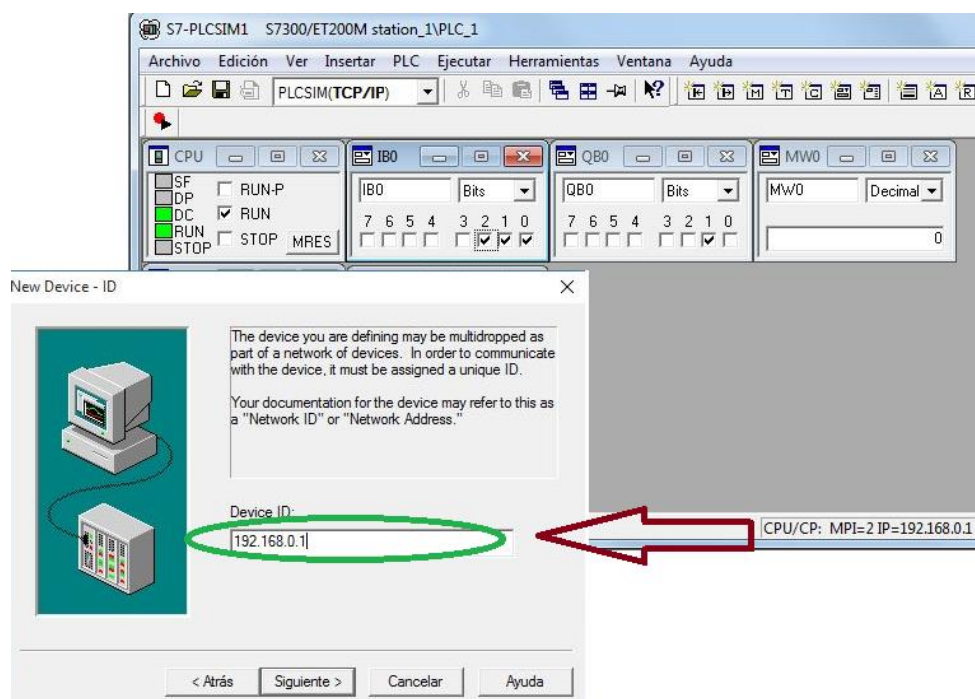
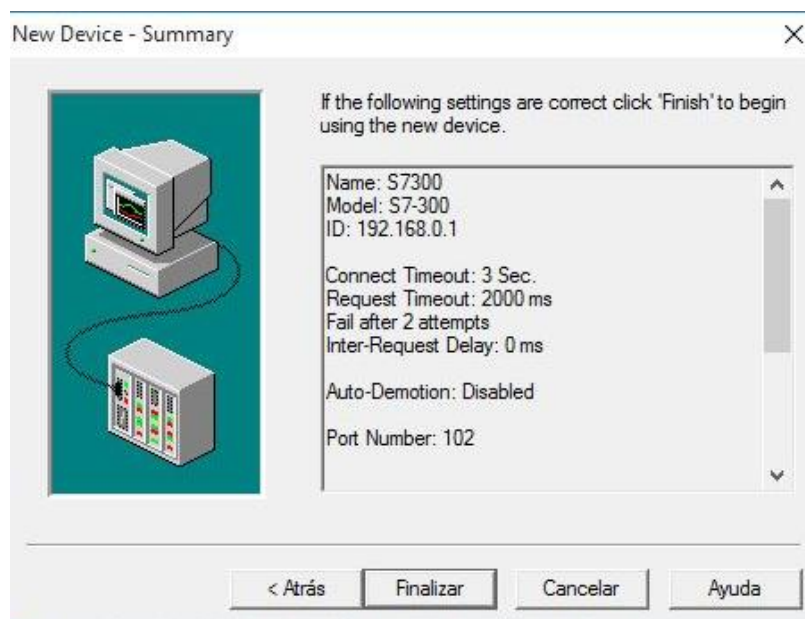


Figura A2.13: ID del PLC : 192.168.0.1

Una vez hecho los pasos descrito anteriormente, se procede dar clic en siguiente hasta encontrar la ventana donde este la opción finalizar, donde me muestra la confirmación de datos e información, así como el puerto, nombre de dispositivo, ID entre otros. Ver figura A2.14.



**Figura A2.14: Confirmación de Datos del Dispositivo creado**

#### **Iv: Creación de Variables (Tags)**

Para crear Otras Variables “tags”, mostraremos los siguientes pasos:

En la Parte arriba, derecha, sección de variables; clic derecho seleccionamos New Tag. Al seleccionar lo descrito anteriormente nos aparece la siguiente pantalla, como se muestra en la figura A2.15.

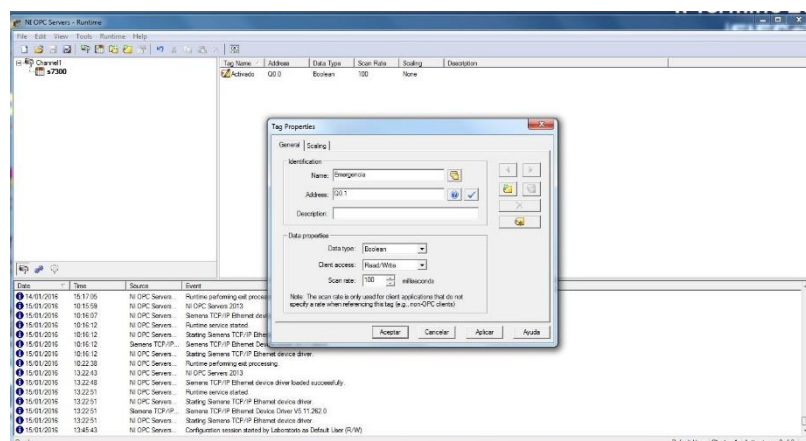


Figura A2.15: New Tag

Como se muestra en la figura anterior, se ve en Datos de la Variable: Descripción, Nombre, Dirección y propiedades de los datos (tiempo de actualización, tipo y tipo de acceso al cliente).

Debemos mencionar en el campo Address: es donde direccionamos la ruta real de la variable que se creó y se quiere leer en el dispositivo de campo sea el PLC para nuestro caso, para registrarla en el servidor OPC.

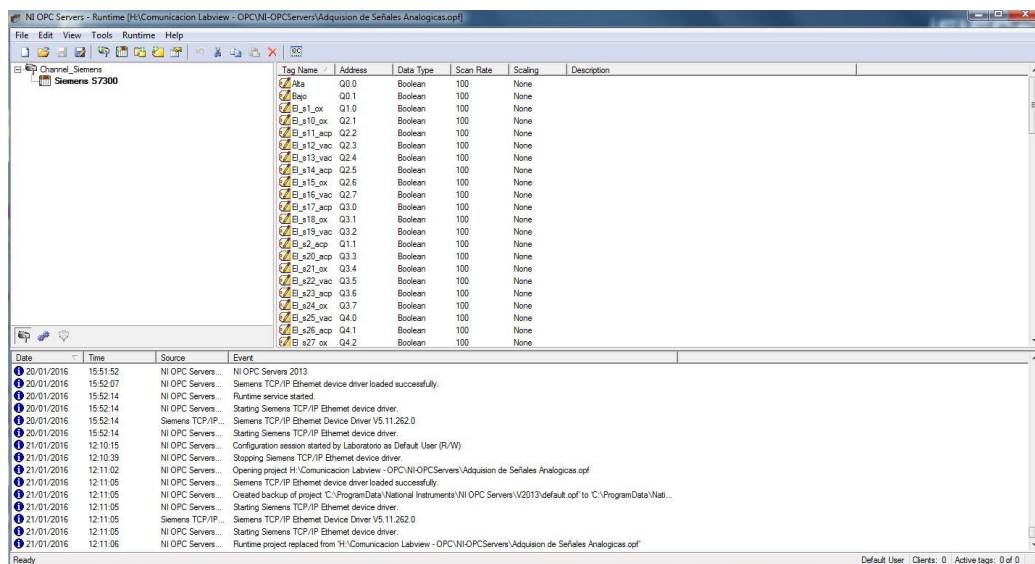
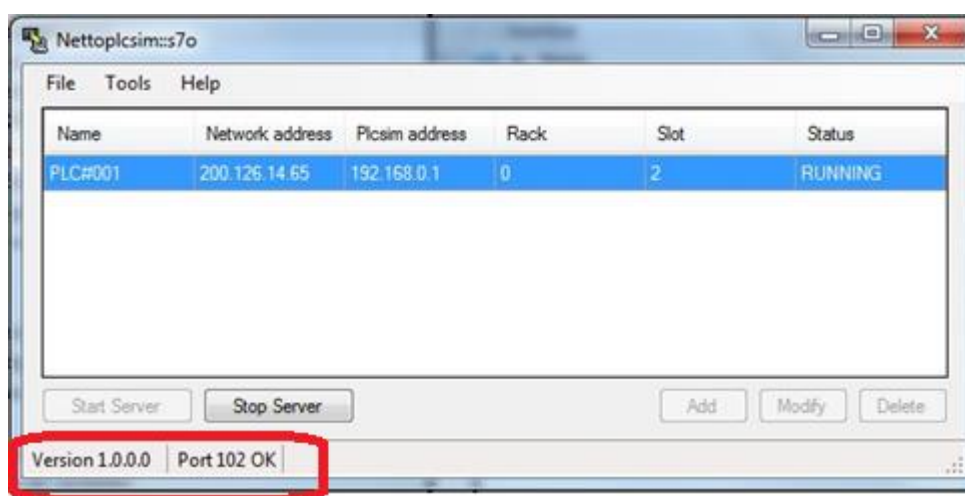


Figura A2.16: Tags o Variables Creada

Como se muestra en la figura A2.16 hemos creado nuestra variable en la cual registraremos en nuestro servidor OPC y así poder comunicarnos.

Ahora Procedemos abrir el software NetToPLCsim que será nuestra pasarela en la cual nos comunicaremos con el PLCsim y el OPCclient, para verificar si comunican y hay cambio de valores en sus variables.

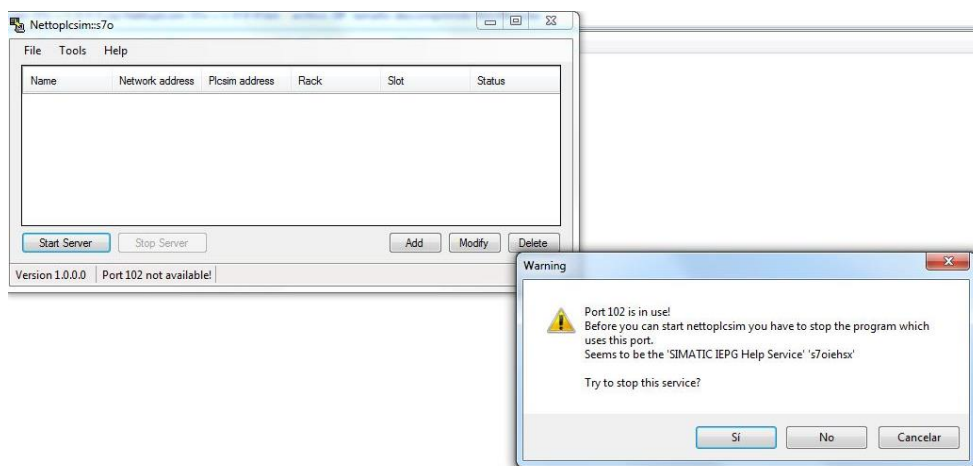


**Figura A2.17: Ventana del NettoPLCsim**

Como se observa en la figura A2.17, al ejecutar el Netto PLC SIM, nos aparece la ventana y debemos verificar que se encuentra marcado "OK" en el puerto 102, caso contrario deberá acceder ayuda y parar el servicio a través de "SIMATIC IEPG Help Service".

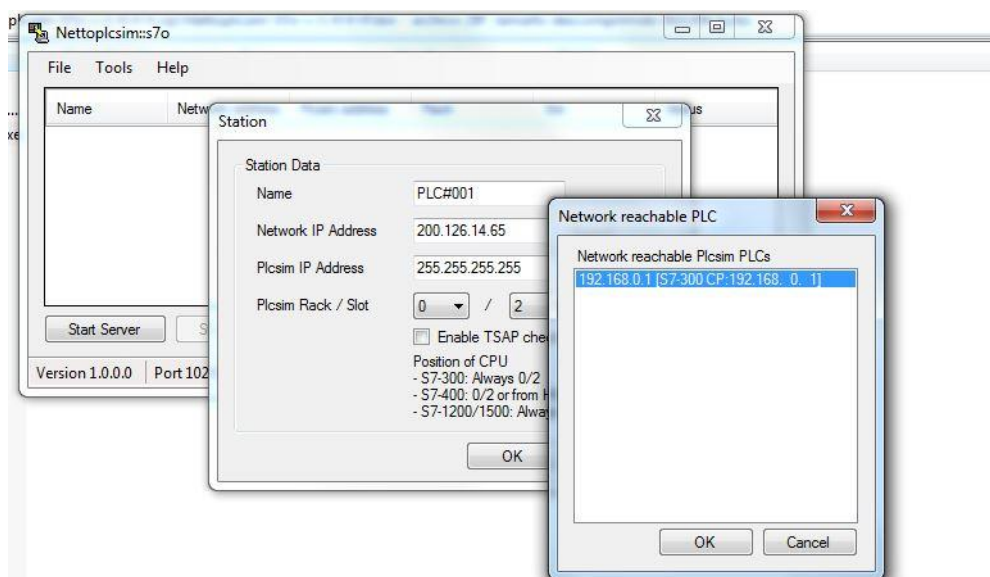
Pues no aparecerá un problema así, como se muestra en la figura A2.18.





**Figura A2.18: Ventana con problema en el Port 102**

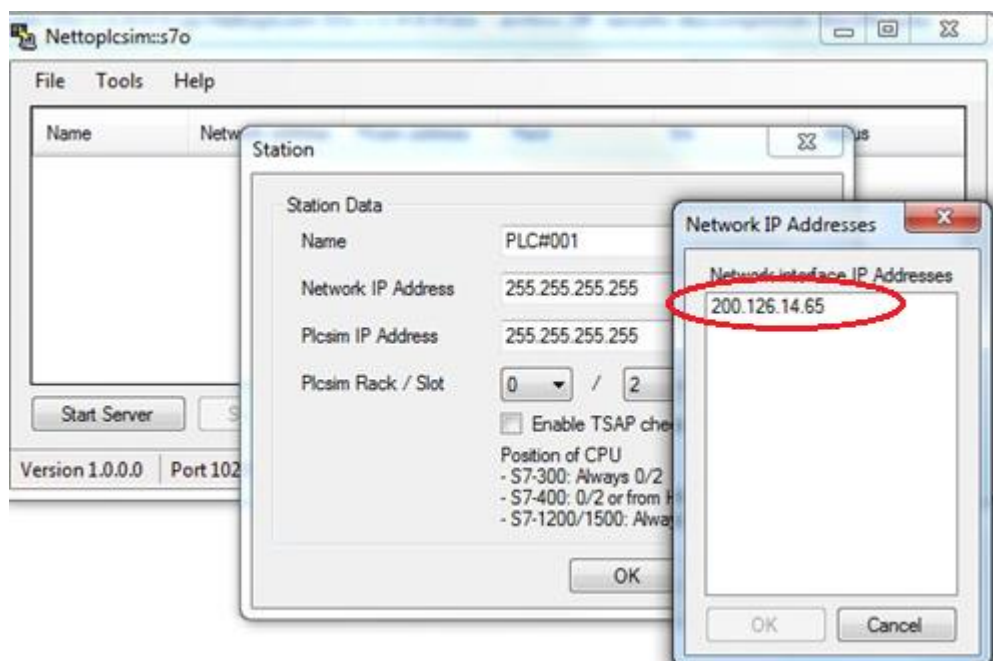
Ahora los que nos interesa dentro de la ventana del NetToPLCsim, debemos agregar una estación de trabajo, dando clic en “Add”, como se muestra en la figura A2.19 al dar clic nos aparece la siguiente pantalla.



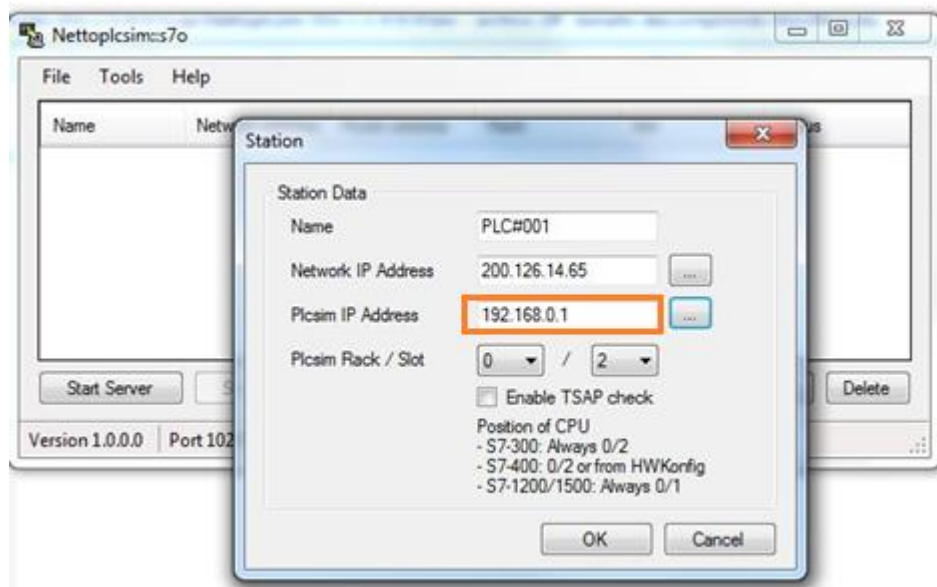
**Figura A2.19: Agregando nueva estación de Trabajo**

Hay que tomar en cuenta que, al agregar nueva estación de trabajo, con las direcciones IP. En el caso de la dirección de la red "Network IP Address", esa dirección te la da el NetToPlcsim por default y como se ve en la figura A2.20 es de 200.126.14.65.

La otra dirección IP del plcsim, tengo que configurarla y poner su dirección que está dada en el S7.PLCSIMV13 que es de 192.168.0.1

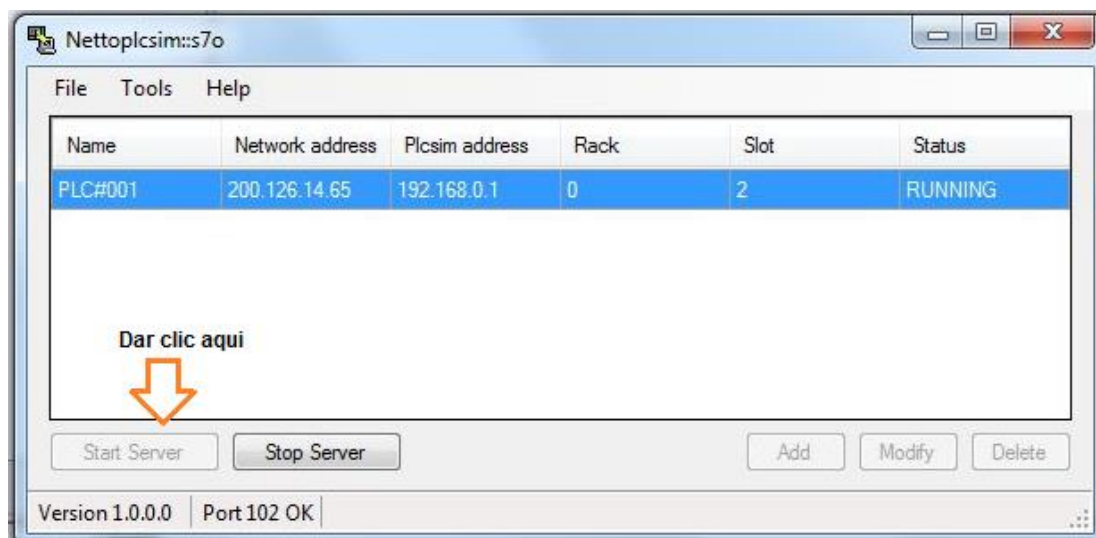


**Figura A2.20: Dirección IP dada por NetToplssim**



**Figura A2.21: Dirección IP del Plcsim**

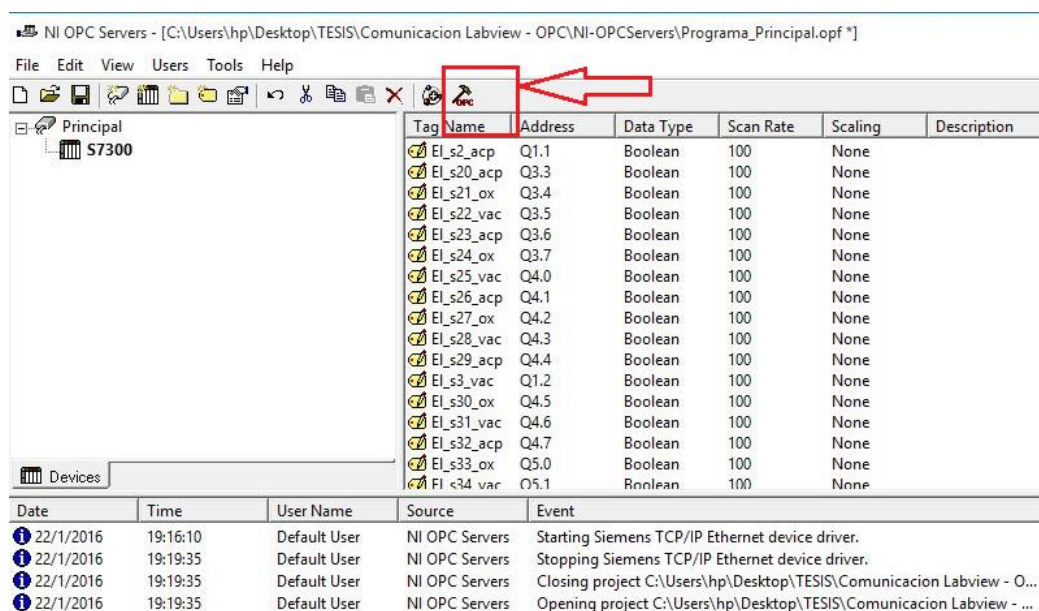
Una vez hecho lo descrito anteriormente, se procede a iniciar el Servidor del NetToPLCsim, dando clic en “Start Server”, como se muestra en la figura A2.22.



**Figura A2.22: Estado de mi estación de trabajo del NetToplcsim**

Lo visto en la figura A2.22, al dar clic izquierdo en “Start Server” nos aparece en la parte superior el nombre de la estación, en ese caso “PLC#001”, Rack, Slot y el estado (Status) ahí nos aparece RUNNING, debido al que simulador del plc sim está corriendo cuando le dimos clic en RUN en una de las pestañas del CPU.

Una vez hecho lo anterior, nos dirigimos a la ventana del NI OPC Servers y en la parte superior de la ventana damos clic en “OPCCient”, como se muestra en la figura A2.23.



**Figura A2.23: Estado de las Variables – OPC Quick Client**

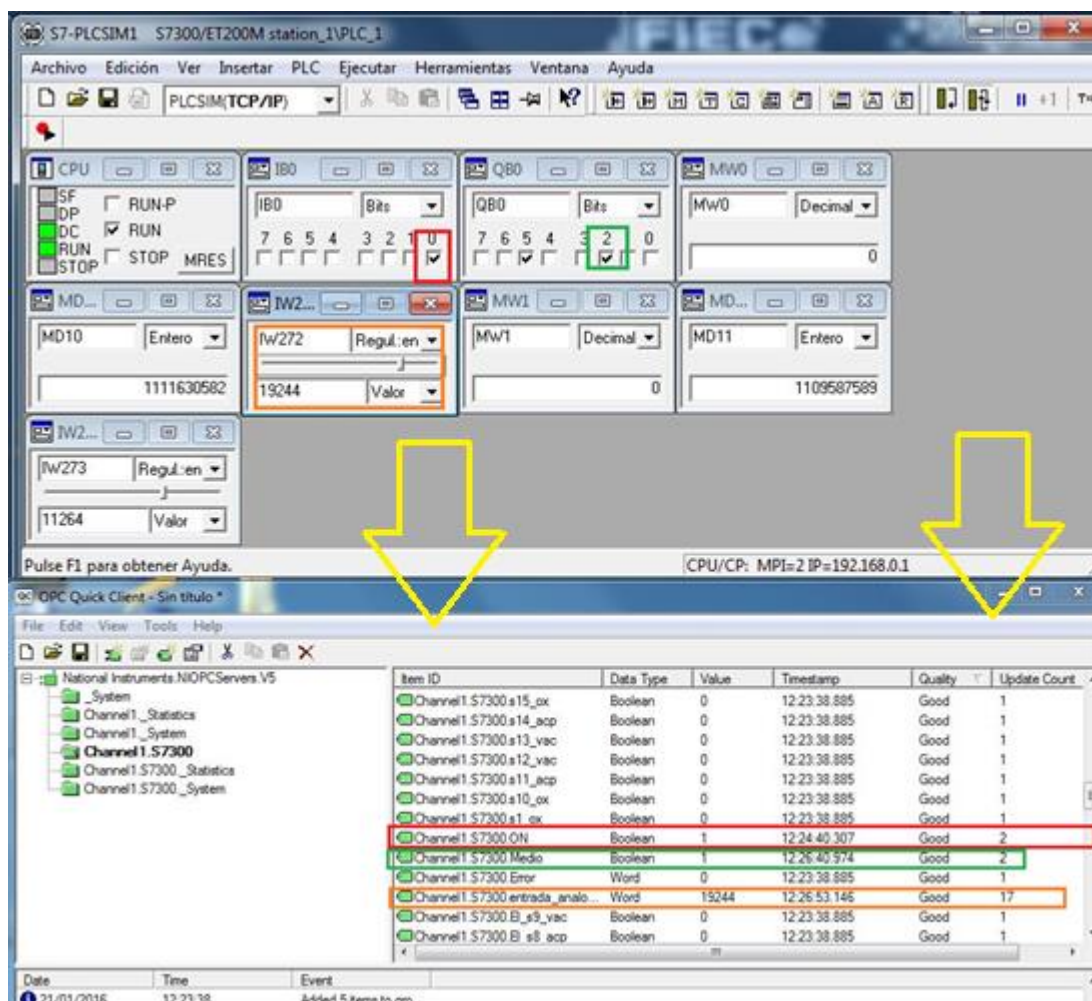
Al dar clic en OPC Quick client, nos aparece la siguiente pantalla, como se muestra en la figura A2.24.

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
Channel1.57300.E_s16_vac	Boolean	0	12:23:38.884	Good	1
Channel1.57300.E_s15_ox	Boolean	0	12:23:38.884	Good	1
Channel1.57300.E_s14_ox	Boolean	0	12:23:38.884	Good	1
Channel1.57300.E_s13_vac	Boolean	0	12:23:38.884	Good	1
Channel1.57300.E_s12_vac	Boolean	0	12:23:38.884	Good	1
Channel1.57300.E_s11_ox	Boolean	0	12:23:38.884	Good	1
Channel1.57300.E_s10_ox	Boolean	0	12:23:38.884	Good	1
Channel1.57300.E_s1_ox	Boolean	0	12:23:38.884	Good	1
Channel1.57300.Eajo	Boolean	0	12:23:38.884	Good	1
Channel1.57300.Aba	Boolean	0	12:23:38.884	Good	1
Channel1.57300.Slot	Byte	2	12:23:38.474	Good	1
Channel1.57300.Rack	Byte	0	12:23:38.464	Good	1

**Figura A2.24: Ventana del OPC Quick Client**

Como se observa en la figura A2.24, se muestran las variables, el tipo de datos sea booleano, entero, Word, etc. También se muestra el valor de la variable cuando lo hacemos accionar sea el caso de una variable booleana que puede cambiar de cero a uno.

Algo muy importante que mencionar, que debemos darnos cuenta si comunica bien, es en observar la calidad en este caso es muy buena "Good".



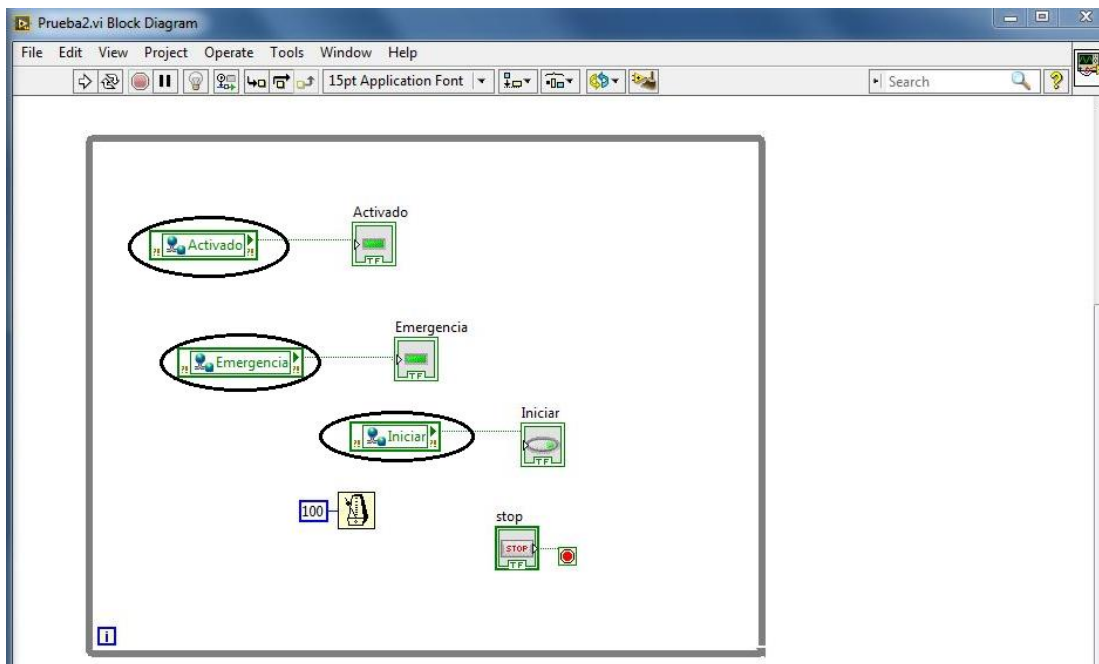
**Figura A2.25: Ventanas del OPC Quick client y del PLCSimv13**

Como se muestra en la figura A2.25, nos damos cuenta cómo cambia el valor de mis variables al momento que yo los acciono mediante el simulador del plcsim,

Acciono la entrada "Ib0" que es de tipo booleana, en mi opc quick client aparece con el nombre de "ON", al cual ese valor cambia de 0 a 1.

Así mismo si manipulo mi variable entera "iw272" con un valor de 19244 del plcsim, en el opc quick client la variable "entrada\_analógica" también aparece con el valor de 19244.

Al fin nos damos cuenta que, si comunica con el OPC client y ya podemos comunicar al Labview, creando OPC client en la opción de I/O Servers. Como se muestra en la figura A2.26 tenemos las variables de mi I/O servers del OPCclient.



**Figura A2.26: Variables I/O servers a partir de mi OPCclient deLabview**

## Anexo 3

## TABLA DE VARIABLES DEL PLC – PROGRAMACIÓN TIA PORTAL

Control de Area		
Nombre	Tipo de Datos	Dirección
s1_ox	Bool	%M0.0
s2_acp	Bool	%M0.1
s3_vac	Bool	%M0.2
s4_ox	Bool	%M0.3
s5_acp	Bool	%M0.4
s6_vac	Bool	%M0.5
s7_ox	Bool	%M0.6
s8_acp	Bool	%M0.7
s9_vac	Bool	%M1.0
s10_ox	Bool	%M1.1
s11_acp	Bool	%M1.2
s12_vac	Bool	%M1.3
s13_vac	Bool	%M1.4
s14_acp	Bool	%M1.5
s15_ox	Bool	%M1.6
s16_vac	Bool	%M1.7
s17_acp	Bool	%M2.0
s18_ox	Bool	%M2.1
s19_vac	Bool	%M2.2
s20_acp	Bool	%M2.3
s21_ox	Bool	%M2.4
s22_vac	Bool	%M2.5
s23_acp	Bool	%M2.6
s24_ox	Bool	%M2.7
s25_vac	Bool	%M3.0
s26_acp	Bool	%M3.1
s27_ox	Bool	%M3.2
s28_vac	Bool	%M3.3
s29_acp	Bool	%M3.4
s30_ox	Bool	%M3.5
s31_vac	Bool	%M3.6
s32_acp	Bool	%M3.7
s33_ox	Bool	%M4.0



s34_vac	Bool	%M4.1
s35_acp	Bool	%M4.2
s36_ox	Bool	%M4.3
s37_vac	Bool	%M4.4
s38_acp	Bool	%M4.5
s39_ox	Bool	%M4.6
s40_vac	Bool	%M4.7
s41_acp	Bool	%M5.0
s42_ox	Bool	%M5.1

**Tabla 21: Variables para los 42 sensores**

<b>Control de Area</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Tipo de Datos</b>	<b>Dirección</b>
El_s1_ox	Bool	%Q1.0
El_s2_acp	Bool	%Q1.1
El_s3_vac	Bool	%Q1.2
El_s4_ox	Bool	%Q1.3
El_s5_acp	Bool	%Q1.4
El_s6_vac	Bool	%Q1.5
El_s7_ox	Bool	%Q1.6
El_s8_acp	Bool	%Q1.7
El_s9_vac	Bool	%Q2.0
El_s10_ox	Bool	%Q2.1
El_s11_acp	Bool	%Q2.2
El_s12_vac	Bool	%Q2.3
El_s13_vac	Bool	%Q2.4
El_s14_acp	Bool	%Q2.5
El_s15_ox	Bool	%Q2.6
El_s16_vac	Bool	%Q2.7
El_s17_acp	Bool	%Q3.0
El_s18_ox	Bool	%Q3.1
El_s19_vac	Bool	%Q3.2
El_s21_ox	Bool	%Q3.4
El_s20_acp	Bool	%Q3.3
El_s22_vac	Bool	%Q3.5

El_s23_acp	Bool	%Q3.6
El_s24_ox	Bool	%Q3.7
El_s25_vac	Bool	%Q4.0
El_s26_acp	Bool	%Q4.1
El_s27_ox	Bool	%Q4.2
El_s28_vac	Bool	%Q4.3
El_s29_acp	Bool	%Q4.4
El_s30_ox	Bool	%Q4.5
El_s31_vac	Bool	%Q4.6
El_s32_acp	Bool	%Q4.7
El_s33_ox	Bool	%Q5.0
El_s34_vac	Bool	%Q5.1
El_s35_acp	Bool	%Q5.2
El_s36_ox	Bool	%Q5.3
El_s37_vac	Bool	%Q5.4
El_s38_acp	Bool	%Q5.5
El_s39_ox	Bool	%Q5.6
El_s40_vac	Bool	%Q5.7
El_s41_acp	Bool	%Q6.0
El_s42_ox	Bool	%Q6.1

**Tabla 22: Variables como dirección de salidas %Q para las Electroválvulas**

<b>Adquisición de Señales Analógicas_Rev. Cond Sist</b>		
<b>Nombre:</b>	<b>Tipo de Datos</b>	<b>Dirección</b>
ON	Bool	%I0.0
Tg	Bool	%I0.1
Tg_2	Bool	%I0.2
Tg_3	Bool	%I0.3
Tg_4	Bool	%I0.4
Tg_5	Bool	%I0.5
Tg_6	Bool	%I0.6
Tg_7	Bool	%I0.7
AI_Ox_Presion	Int	%IW272
AI_Ox_Flujo	Int	%IW273
AI_Ox_Temp	Int	%IW274
AI_Aire_Presion	Int	%IW275
AI_Aire_Flujo	Int	%IW276
AI_Aire_Temp	Int	%IW277
AI_Vacio_Presion	Int	%IW278
Salida_Ox_Presion	Real	%MD10
Salida_Ox_Flujo	Real	%MD11
Salida_Ox_Temp	Real	%MD12
Salida_Aire_Presion	Real	%MD13
Salida_Aire_Flujo	Real	%MD14
Salida_Aire_Temp	Real	%MD15
Salida_Vacio_Presion	Real	%MD16
Error	Word	%MW0
Error_1	Word	%MW1
Error_2	Word	%MW2
Error_3	Word	%MW3
Error_4	Word	%MW4
Error_5	Word	%MW5
Error_6	Word	%MW6

**Tabla 23: Adquisición de Señales Analógicas**

## Anexo 4

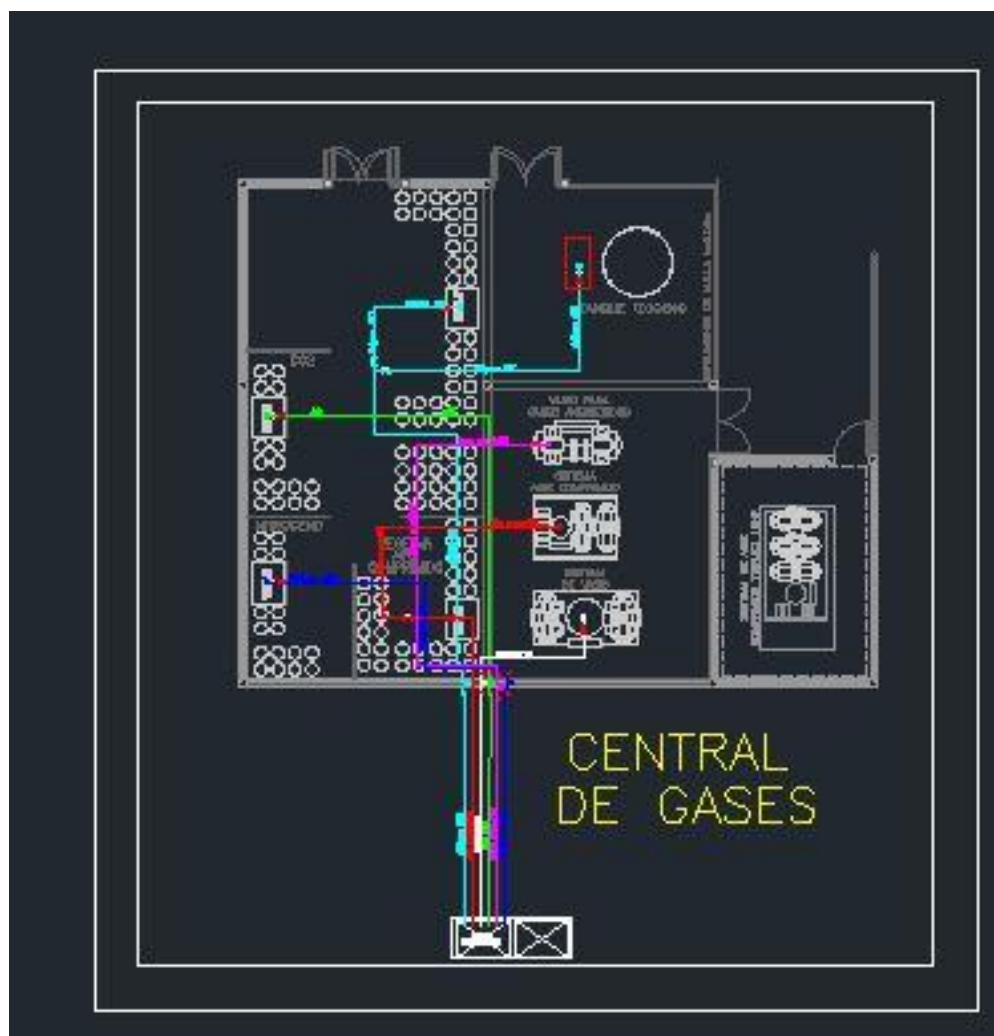
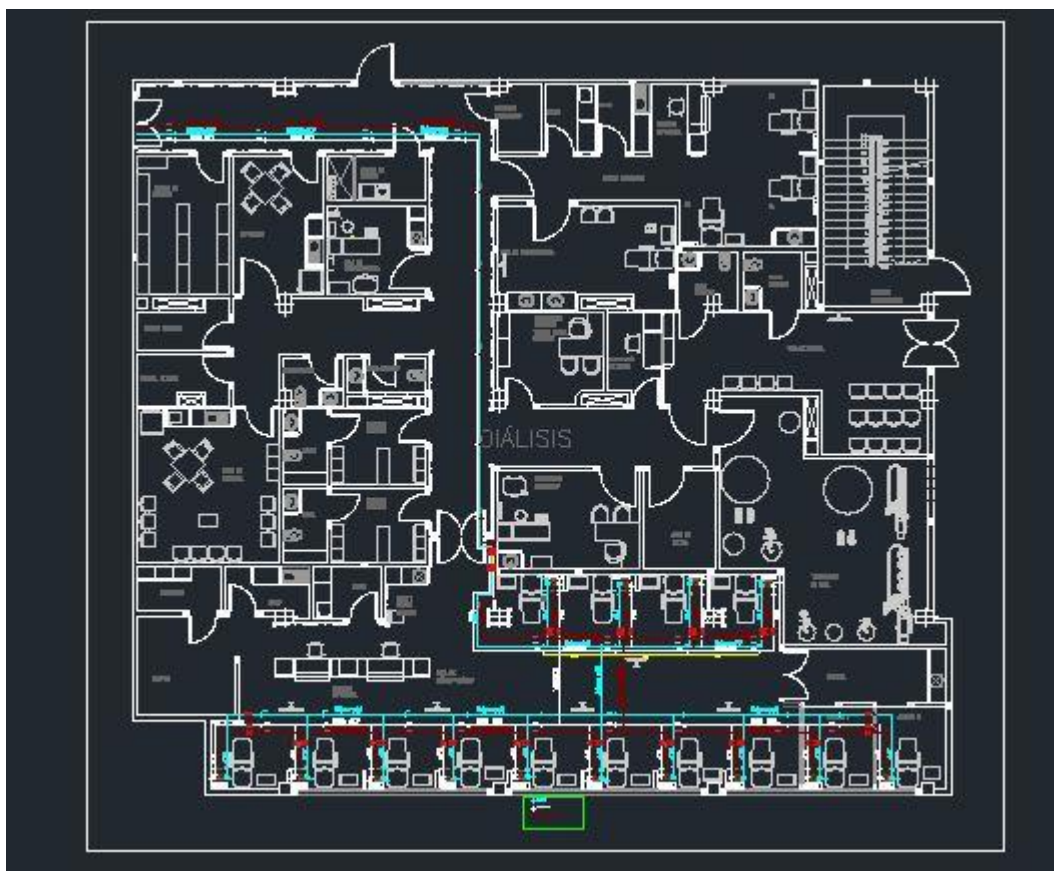


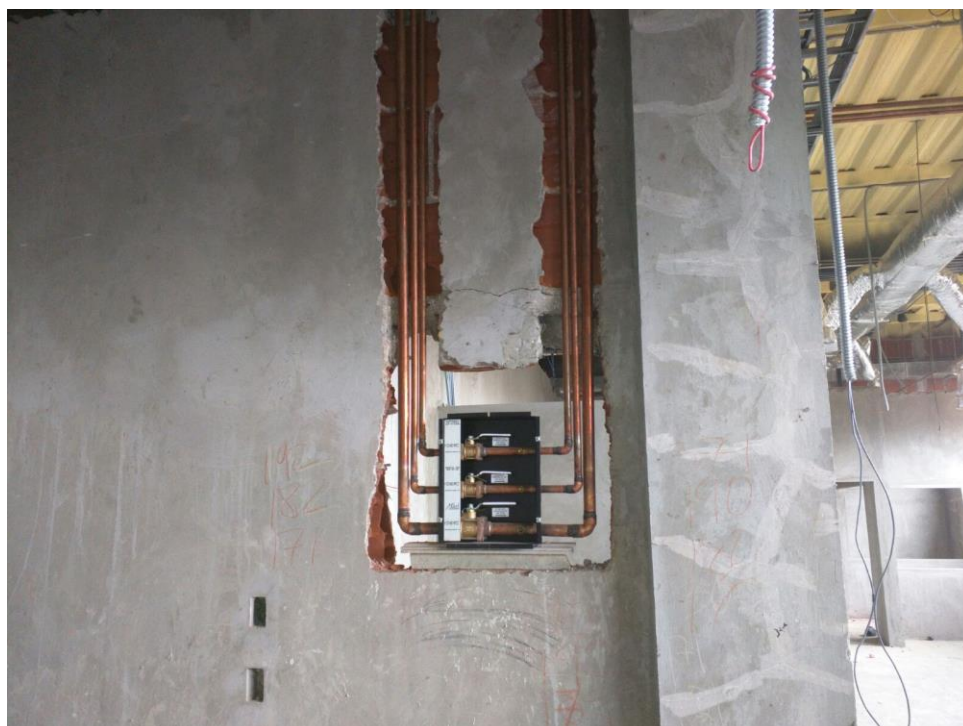
Figura A4.1: Planos – Central de Gases



**Figura A4.2: Planos – Zona de Diálisis**



**Figura A4.3: Zona de Diálisis – En Construcción**



**Figura A4.4: Caja de Válvulas – Zona de Diálisis**



**Figura A4.5: De Izquierda a Derecha: Toma de gas oxígeno,  
Aire medicinal y vacío**



**Figura A4.6: Conector de toma de Vacío**



**Figura A4.7: Conector doble en toma de Oxígeno**



**Figura A4.8: Conector simple en toma de Aire Medicinal**



**Figura A4.9: Paciente siendo intervenido usando gases medicinales**