



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

TÍTULO:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO
PARA UN GENERADOR ELÉCTRICO EN EL TERMINAL
PORTUARIO DE GUAYAQUIL UTILIZANDO EL SOFTWARE
LABVIEW”**

AUTOR:

ROBERTO VIVERO BAZAN

DIRECTOR:

ING. VÍCTOR LARCO TORRES

GUAYAQUIL, OCTUBRE 2016

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo Roberto Vivero Bazán con número de cédula de identidad 0924198351, estudiante de la carrera de Ingeniería Electrónica, declaro que el trabajo aquí descrito ha sido desarrollado respetando los derechos intelectuales de terceros cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Los análisis realizados y conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Guayaquil, octubre del 2016

Roberto Vivero Bazán

CI: 0924198351

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Roberto Vivero Bazán con número de cédula de identidad 092419835, manifiesto mi voluntad de ceder los derechos de intelectualidad correspondiente a este trabajo a la Universidad politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual y regida por su normativa institucional vigente.

Guayaquil, octubre del 2016

Roberto Vivero Bazán

CI: 0924198351

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de titulación “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para un generador eléctrico en el Terminal Portuario de Guayaquil utilizando el software LabView”, elaborada por Roberto Vivero Bazan, declaro y certifico la aprobación del presente trabajo de titulación basándome en la supervisión y revisión de su contenido.

Guayaquil, octubre del 2016

Ing. Víctor Larco Torres

CI: 0923270136

DEDICATORIA

A mi madre Marlene Dency Bazán Angulo, quien jamás perdió la fe en Dios y siempre le pedía fuerzas para darme y poder continuar adelante sin desmayar.

Dedicado también para mi esposa y mis hijos, quienes fueron mi mayor inspiración para llegar a cumplir esta gran meta.

Roberto Vivero Bazán

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por su inmenso amor hacia mí, demostrándomelo en todo tiempo y en todo lugar como el mejor de los padres.

A mis padres quienes desde muy temprana edad me enseñaron el significado de la responsabilidad y honestidad y porque siempre me han dado su apoyo incondicional.

A mi maravillosa esposa y a mis queridos hijos quienes han soportado con amor y paciencia muchas horas de mi ausencia necesarias para terminar mi carrera.

A las empresas: OREYCE Y ECUAESTIBAS, en donde me han permitido conocer y empaparme de este mundo tecnológico de forma práctica y teórica, pero sobre todo por su comprensión y tolerancia.

A mis estimados docentes de la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, quienes durante todos los semestres compartieron conmigo sus conocimientos y enseñanzas profesionales, pero en especial un agradecimiento al Ingeniero Víctor Larco quien me guió y brindó su apoyo para realizar este proyecto.

Roberto Vivero Bazán

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2. Antecedentes	3
1.3. Delimitación del problema	4
1.3.1. Delimitación espacial	4
1.3.2. Delimitación temporal	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivos generales	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
2. MARCO METODOLÓGICO	6
2.1. Metodología	6
2.1.2. Método Deductivo.....	6
2.1.3. Método Inductivo	6
2.2. Técnicas	6
2.3. Instrumentos de Investigación y Recolección de datos	6
2.4. Población y Muestra.....	7
2.4.1 Población.....	7

2.4.2 Muestra	7
2.5. Beneficiarios	7
2.6. Impacto	7
2.7. Fundamentación Teórica	8
2.7.1. Sistemas de Transferencia Automática	8
2.7.2. Generador Eléctrico	9
2.7.3. Sistema de Alimentación Ininterrumpida o UPS	10
2.7.3.1. Tipos de UPS	11
2.7.4. Tarjeta Arduino Uno	13
2.7.4.1. Alimentación de la tarjeta Arduino Uno	13
2.7.5. Arduino Shield GSM SIM900	15
2.7.6. Controlador Lógico Programable o PLC	16
2.7.6.1 Definición de PLC	17
2.7.6.2. Funciones	18
2.7.6.3. TIA PORTAL	18
2.7.7. Ethernet Industrial	20
2.7.7.1. Campo De Aplicación De Ethernet Industrial	21
Como aplicaciones se mencionan las más relevantes	21
2.7.7.2. Ventajas del Industrial Ethernet	21
2.7.8. OPC SERVER	22

2.7.8.1. Integración con OPC SERVER	22
2.7.9. Sistema SCADA	24
2.7.9.1. Prestaciones del sistema SCADA	24
2.7.9.2. Estructura del sistema SCADA	25
2.7.9.3. Características básicas de un sistema SCADA	26
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO	28
3.1. Diagramas eléctricos	28
3.1.1. Diagrama del tablero de transferencia automática	29
3.1.2. Diagrama eléctrico de las señales provenientes del TTA	31
3.1.3. Diagrama eléctrico de las señales de entrada al PLC	33
3.1.4. Diagrama eléctrico de las señales de salida del PLC	34
3.1.5. Diagrama eléctrico de las señales de salida del PLC	35
3.2. Construcción del Tablero de control	36
3.2.1. Selección del Tablero de control	36
3.2.2. Instalación de Sistema de Control	38
3.2.2.1. Montaje de los equipos eléctricos y electrónicos	39
3.3. Desarrollo del programa en el PLC	41
3.3.1 TIA PORTAL versión 13	41
3.3.2. Comunicación del PLC	41
3.3.3. Configuración del PLC	42

3.3.4. Programación del PLC	48
3.4. Configuración del NI OPC SERVER	58
3.5. Configuración del sistema SCADA	65
3.5.1. Creación Del Proyecto	67
3.5.2. Configuración de la conexión entre el sistema SCADA y el OPC SERVER	70
3.6. Programación de la Tarjeta Arduino Uno	76
4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	79
4.1 Pruebas de comunicación entre PLC y PC	80
4.2. Pruebas entre LabView 2013, OPC SERVER y PLC	81
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	87
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	89
PRESUPUESTO	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tablero de transferencia automático instalado en el Terminal Portuario de Guayaquil	8
Figura 2: Generador eléctrico del Terminal Portuario de Guayaquil	10
Figura 3: UPS interactivo de 1500va	11
Figura 4: UPS Online	13
Figura 5: Modelo moderno de la placa Arduino Uno.....	15
Figura 6: Imagen de la tarjeta de comunicación Arduino Shield SIM900	16
Figura 7: PLC. Un PLC modelo S7-1200 utilizado para este proyecto.....	17
Figura 8: Logo industrial de TIA PORTAL.....	19
Figura 9: Cableado de una red Ethernet Industrial	20
Figura 10: Diseño del cable Ethernet Industrial	21
Figura 11: Esquema general de la comunicación entre LabView y otros dispositivos por medio del NI OPC SERVER	23
Figura 12: Operadores utilizando un sistema SCADA para la supervisión de sus procesos	26
Figura 13: Operadores utilizando un sistema SCADA para la supervisión de sus procesos	27
Figura 14: Esquema del enlace entre los equipos de control, supervisión y la maquinaria.....	28

Figura 15: Diagrama del tablero de transferencia automática 30

Figura 16: Señales eléctricas obtenidas del tablero de transferencia automática..... 32

Figura 17: Conexiones de entradas digitales y analógicas al PLC	33
Figura 18: Conexiones de salidas digitales del PLC	34
Figura 19: Conexión de led's indicadores del tablero de adquisición de datos y monitoreo ...	36
Figura 20: Tablero de control utilizado para la implementación del proyecto	37
Figura 21: Tabla de las clases de protecciones contra el polvo y la humedad	38
Figura 22: Tablero de control vista interior	39
Figura 23: Tablero de control y monitoreo con la instalación de los dispositivos eléctricos y electrónicos	39
Figura 24: Tablero de control y monitoreo con su respectivo cableado y luces piloto en la parte externa de la puerta	41
Figura 25: Representación gráfica de comunicación entre en PLC y el computador	42
Figura 26: Pantalla inicial de TIA PORTAL	43
Figura 27: Creación del proyecto en TIA PORTAL	43
Figura 28: Primeros pasos para la configuración de un dispositivo	44
Figura 29: Parte del proceso en la que se agregar un dispositivo para el proyecto	44
Figura 30: Configuración de interfaz Profinet	45
Figura 32: Conexión exitosa entre el PLC y el TIA PORTAL	47
Figura 33: Pantalla del Main OB1	48
Figura 34: Líneas de fuerza de la CNEL	49
Figura 35: Líneas de fuerza del generador eléctrico	50
Figura 36: Líneas de fuerza del Terminal Portuario de Guayaquil	51

Figura 37: Sistema de alarma de la CNEL con salida para Arduino	52
Figura 38: Sistema de alarma del Generador con salida para Arduino	53
Figura 39: Sistema de alarma del Terminal Portuario de Guayaquil con salida para Arduino.	54
Figura 40: Sistemas de seguridad del Generador	55
Figura 41: Primera parte de la declaración de variables en la programación	56
Figura 42: Total de variables usadas en la programación	57
Figura 43: Creación y nombre del proyecto al inicio de la configuración del OPC	58
Figura 44: Búsqueda del driver para el dispositivo de control a realizar la implementación. ..	59
Figura 45: Canal inicial configurado	60
Figura 46: Selección del dispositivo de control y la dirección IP en el servidor OPC de National Instrument	61
Figura 47: Ventana con el proyecto y el dispositivo creado, listos para iniciar la creación de los tags	62
Figura 48: Configuración en la ventana de propiedades de cada uno de los tags	63
Figura 49: Ubicación del icono de QUICK CLIENT en donde se debe dar clic una vez que se ha creado todos los tags a comunicar	64
Figura 50: Proceso final de la configuración del OPC SERVER	65
Figura 51: Pantalla de inicio de LabView 2013 el cual servirá como sistema SCADA	66
Figura 52: Pantalla de inicio de trabajo de LabView 2013	68
Figura 53: Elementos seleccionados para monitorear	69
Figura 54: Sistema SCADA con gráficas similares a las señales físicas	70

Figura 55: Configuración de elementos para interconectar con el PLC mediante el OPC SERVER	71
Figura 56: Configuración de un elemento en el sistema SCDA	72
Figura 57: Conexión de datos por medio del Software LabView 2013	72
Figura 58: Selección del tipo de accesibilidad del dato a configurar	73
Figura 59: Acceso a la base de datos del OPC SERVER	74
Figura 60: Selección de carpeta donde se encuentra el archivo de la base de datos	75
Figura 61: Elección del tag para vincularlo con el dato de LabView	75
Figura 62: Selección del puerto para comunicarse la tarjeta con el PC	76
Figura 63: Selección de tarjeta Arduino a programar	77
Figura 64: Programación cargada en la tarjeta Arduino Uno	79
Figura 65: Prueba de ping desde la PC al PLC	81
Figura 66: Estado Off del tag de nivel de combustible en Quick Client	81
Figura 67: Estado Off de la variable de bajo nivel de combustible en TIA PORTAL	82
Figura 68: Estado Off de la variable de combustible en LabView 2013	83
Figura 69: Estado Off de la salida Q0.5 en el controlador S7-1200	83
Figura 70: Forzado del tag de combustible en el OPC SERVER	84
Figura 71: Estado On del tag de nivel de combustible en Quick Client	84
Figura 72: Estado On de la variable bajo nivel de combustible en TIA PORTAL	85
Figura 73: Estado On de la variable de combustible en LabView 2013	85

RESUMEN

AÑO	ALUMNO	DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	TEMA DE TRABAJO DE TITULACIÓN
2016	Roberto Vivero Bazán	Ing. Víctor David Larco Torres	Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para un generador eléctrico en el Terminal Portuario de Guayaquil utilizando el software LABVIEW.

El presente trabajo de titulación: “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para un generador eléctrico en el Terminal Portuario de Guayaquil utilizando el software LabView”, utiliza un sistema SCADA que monitorea un generador eléctrico.

El motivo principal del desarrollo de este proyecto es optimizar los tiempos de paradas cuando se producen cortes de energía eléctrica, sean estos provocados por personal interno o externo de la empresa. La acción de visualizar el estado de las señales eléctricas de la empresa desde un sitio remoto es realizada con el propósito de reducir el tiempo de análisis y posible viaje hasta el cuarto de generadores y cuarto de controles.

Para que el proyecto sea factible se investigó acerca de los sistemas de comunicación celular, sistemas SCADA, sistemas de tableros de transferencia de energía eléctrica y sensores en el área de los generadores eléctricos.

Para implementar el proyecto se utilizaron técnicas del estudio de materias como “Instalaciones Industriales, Automatismo I, Automatismo II, Sensores y transductores, Electiva III y Micro controladores II.

En la adquisición y procesamiento de señales eléctricas analógicas y digitales se empleó el PLC S7-1200 de la familia Siemens y para la visualización digital de estas señales en el computador y/o Smart phone se utilizó el software Labview 2013 de la familia National Instruments.

Además para la comunicación celular se utilizó la tarjeta Shield Sim900 de la familia de Arduino por ser más idónea y brindar las mismas funciones que el módulo de comunicación GSM/GPRS CP 1242-7.

ABSTRACT

YEAR	STUDENT	DIRECTOR WORKING TITLE	JOB TITLE THEME
2016	Roberto Vivero Bazán	Ing. Víctor David Larco Torres	Design and implementation of a monitoring system for an electric generator in the Port Terminal of Guayaquil using the LABVIEW software.

This degree work: "Design and implementation of a monitoring system for an electric generator in the Port Terminal of Guayaquil using the LabView software" uses a SCADA system that monitors an electrical generator.

The main reason for the development of this project is to optimize the downtime when power outages occur, whether caused by internal or external personnel of the company. The action of displaying the status of the electrical signals of the company from a remote site is carried out with the purpose of reducing the analysis time and possible trip to the fourth quarter of generators and controls.

To make the project feasible was investigated on cellular communication systems, SCADA systems, transfer boards electric power and sensors in the area of electrical generators.

To implement the project materials research techniques as "Industrial Installations, Automation I, Automation II, Sensors and transducers, Elective III and II Micro controllers were used.

In the acquisition and processing of analog and digital electrical signals PLC Siemens S7-1200 family and have been used for the digital display of these signals in the computer and / or Smart phone Labview 2013 National Instruments software family is used.

In addition to the Shield cellular communication SIM900 family card we were used Arduino be more suitable and provide the same functions as the module GSM / GPRS communication CP 1242-7.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de diseño e implementación del sistema de monitoreo a un generador eléctrico se realizó utilizando un PLC S7-1200 el cual sirvió para la adquisición de datos proporcionada por los sensores instalados en el generador, mismos que fueron procesados y enviados por el PLC al computador donde se utilizó un software llamado OPC SERVER de la familia de National Instruments, el cual comunica distintos dispositivos de control con LabView 2013. Una vez comunicado el PLC con LabView se construyó un sistema SCADA mismo que sirve para el interface entre los técnicos eléctricos y el sistema eléctrico de la empresa, con esta herramienta (LabView) es posible visualizar la situación actual del generador eléctrico y del sistema de transferencia desde cualquier sitio fuera de las instalaciones del Terminal Portuario de Guayaquil utilizando un programa llamado Team Viewer.

Este proyecto además de poder monitorear el sistema eléctrico también cuenta con un sistema de comunicación celular, puesto que al perder la energía suministrada por la CNEL, se recibe un mensaje de texto en el celular el cual informará en breves detalles el evento ocurrido, para esto fue necesario instalar, configurar e interconectar al PLC el módulo SIM 900 GPRS-GSM de la familia de ARDUINO.

Este trabajo está dividido en IV capítulos:

En el Capítulo I, se analiza el planteamiento del problema de la pérdida de alimentación eléctrica en las instalaciones del Terminal Portuario de Guayaquil, antecedentes, delimitación y objetivos del proyecto.

En el Capítulo II, se analiza la historia sobre la comunicación industrial, los sistemas de transferencia de energía eléctrica y los cambios constantes que se han dado al pasar los años por los eficaces avances tecnológicos suscitados.

En el Capítulo III, se explica el diseño e implementación del sistema de monitoreo para el generador eléctrico y para el tablero de transferencia, se analiza y se interconectan los módulos de comunicación celular, el software de programación, los controladores y los sensores propios del generador eléctrico.

En el Capítulo IV, se realizó la prueba de funcionamiento del proyecto en todas sus áreas y etapas, se prueba el interfaz entre el PLC S7-1200 y la PC de control y monitoreo local, luego se realiza la prueba de comunicación entre el NI OPC server y el software de monitoreo LabView 2013, después se prueba la comunicación entre el PLC y el módulo de comunicación celular Shield Sim900 de Arduino y por último se realiza una prueba de funcionamiento general del monitoreo remoto.

1. EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En la empresa Ecuastibas ubicada en el sur de la ciudad de Guayaquil en la Av. Los Ángeles. Vía Perimetral-Isla Trinitaria. Pasaje 51 y 4ta Peatonal, se han desarrollado varios eventos inusuales con respecto al sistema eléctrico de respaldo, esto se debe a que al perder la alimentación eléctrica suministrada por la CNEL debería ingresar en funcionamiento automáticamente el generador de emergencia lo cual no ocurre, debido a fallas mecánicas o eléctricas del grupo electrógeno, esto a su vez genera consecuencias graves para la empresa ya que se pone en riesgo todo el puerto. Citando unos ejemplos de las consecuencias se tiene: falta de iluminación en el patio de maniobras, pérdida de comunicación con los clientes y una mayor apertura para posibles fraudes o robos, ya que en términos generales resolver las fallas eléctricas de esta índole les toma a los encargados del sistema eléctrico un tiempo promedio de 1,5 horas.

1.2. Antecedentes

Los sistemas industriales de mayor relevancia en las empresas locales son: los sistemas de comunicación, esta herramienta permite mantener informado a los mandos medios y altos de lo que sucede en las diferentes áreas de la empresa para tomar decisiones apropiadas y mantener siempre un alto rendimiento en sus procesos.

En el Terminal Portuario de Guayaquil se implementó un sistema de monitoreo o supervisión de las señales eléctricas para el buen desarrollo de las maniobras realizadas dentro de sus instalaciones, ya que al no contar con la energía eléctrica en ciertos puntos de la empresa, puede conllevar a una serie de problemas que perjudicarían en gran manera y de forma directa al Terminal. Con el pasar del tiempo se han tomado varias medidas para evitar sufrir largos tiempos de parada por motivos de un corte de energía tales como: implementación de un constante cargador de baterías de arranque y mantenimientos periódicos a la subestación eléctrica y al generador.

1.3. Delimitación del problema

El proyecto solo permite monitorear el sistema eléctrico del generador y las líneas de alimentación de la CNEL, se trata de supervisar mas no de controlar el sistema de encendido del generador de emergencia, puesto que no se podrá forzar señales, debido al riesgo de controlar en forma remota un generador eléctrico o contactos de un tablero de transferencia, ya que representaría un peligro porque no se está en el sitio y no se conoce quiénes están alrededor trabajando. Para cumplir con los objetivos del proyecto los materiales a utilizar serán: una computadora de escritorio, un PLC S7-1200, un UPS interactivo y un módulo de comunicación celular GPRS-GSM.

1.3.1. Delimitación espacial

Este proyecto será diseñado e implementado en el sur de la ciudad de Guayaquil en la Av. Los Ángeles. Vía Perimetral-Isla Trinitaria. Pasaje 51 y 4ta Peatonal dentro de las instalaciones del Terminal Portuario de Guayaquil en los cuartos de distribución eléctrica y en el cuarto del generador eléctrico.

1.3.2. Delimitación temporal

El proyecto se lo considera realizable en un periodo de seis meses, entre los meses de julio del 2015 y enero del 2016.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo para un generador eléctrico en el interior del Terminal Portuario de Guayaquil.

1.4.2. Objetivos específicos

- ❖ Adquirir por medio del PLC las variables de voltaje de baterías del generador, nivel de combustible y la alimentación de las líneas de baja tensión suministradas por el generador y la CNEL.
- ❖ Realizar un enlace de comunicación entre los sensores del generador, el tablero de transferencia el PLC y LabView.
- ❖ Diseñar un sistema de comunicación el cual pueda enviar un mensaje de texto de alerta al teléfono celular, con un breve detalle del estado actual del sistema eléctrico en el generador.
- ❖ Diseñar un sistema de visualización digital de las señales adquiridas por el PLC utilizando el software LabView en un computador o en un Smartphone desde un sitio remoto al cuarto de eléctrico, las señales son:
 1. Nivel de combustible.
 2. Nivel de refrigerante.
 3. Nivel de voltaje de las baterías de arranque para el generador.
 4. Estado del supervisor de voltaje de las líneas de las CNEL.
 5. Líneas de baja tensión suministradas por la CNEL.
 6. Líneas de baja tensión suministradas por el generador.
 7. Líneas de baja tensión que alimentan al Terminal Portuario de Guayaquil.

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Metodología

2.1.2. Método Deductivo

En el presente proyecto se utilizó el método deductivo, ya que al producirse un corte de energía en las instalaciones del Puerto, se analizó la falta de comunicación y el largo tiempo de solución al problema generado, se analizó realizar una forma de mejorar la comunicación y reducir los tiempos sin energía eléctrica.

2.1.3. Método Inductivo

En la actualidad los sistemas de comunicación en las empresas son de vital importancia y su crecimiento al pasar del tiempo ha sido en forma exponencial por lo cual esta implementación puede ser replicada en los otros dos patios o bodegas de contenedores con los que cuenta el Terminal Portuario de Guayaquil.

2.2. Técnicas

La técnica a utilizar fue la observación, dirigida para analizar el cómo reducir los tiempos de paradas de los procesos en la empresa mientras se sufría un corte de energía eléctrica, en el análisis se pudo observar la falta de comunicación y la dificultad de cómo acceder o supervisar el estado del sistema eléctrico en tiempo real en forma rápida y eficaz.

2.3. Instrumentos de Investigación y Recolección de datos

Para la adquisición de datos y procesamiento de las señales tanto de entrada como de salida ya sean analógicas o digitales se utilizó el PLC S7-1200_CPU 1214 AC-DC-Relés, los mismos datos se pueden visualizar de forma digital al utilizar el software LabView versión 2013, en un computador.

Por otro lado para el interface entre el PLC y el sistema de comunicación celular se utilizó la tarjeta Arduino GENUINO UNO quien es la encargada de recibir las señales digitales del PLC y para el envío de mensajes de texto al celular se utilizó la tarjeta SIM900.

2.4. Población y Muestra

2.4.1 Población

La población que se tomó en cuenta para realizar este proyecto fueron las 18 torres de iluminación de 23mts de altura dentro del patio de maniobras del Terminal Portuario de Guayaquil.

2.4.2 Muestra

Se consideró como muestra uno de los tres cuartos de generadores de emergencia con los que cuenta el Terminal Portuario de Guayaquil.

2.5. Beneficiarios

El beneficiario principal de la implementación de este proyecto es el TERMINAL PORTUARIO DE GUAYAQUIL.

2.6. Impacto

El desarrollo de este proyecto en las instalaciones del TERMINAL PORTUARIO DE GUAYAQUIL, dio la accesibilidad a un fácil monitoreo de señales eléctricas importantes para poder tomar la solución más adecuada y rápida para cuando se presente un problema de corte de energía eléctrica y reducir significativamente los tiempos de paradas de los procesos dentro del patio de maniobras. Este sistema de monitoreo podrá utilizarse en otras empresas con similar demanda de trabajo diario permanente.

2.7. Fundamentación Teórica

A continuación se explica el funcionamiento de los sistemas de transferencia automática de energía eléctrica.

2.7.1. Sistemas de Transferencia Automática

En toda instalación eléctrica donde el sistema eléctrico es crítico, es necesario un sistema de transferencia automático o manual, en la figura 1 se muestra el tablero de transferencia automático con el que cuenta el Terminal Portuario de Guayaquil, este consta de un relé de protección quien detecta los niveles de tensión, corriente y frecuencia, además controla la conmutación de los contactores y dependiendo de los valores monitoreados este selecciona el suministro de energía más apropiado para las cargas.

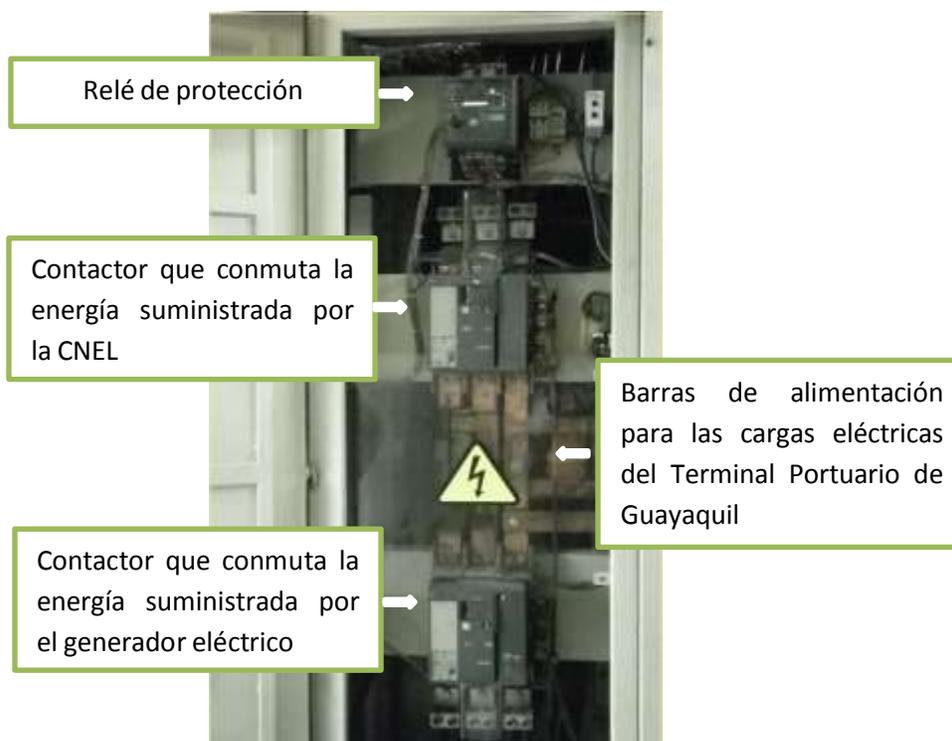


Figura 1: Tablero de transferencia automático instalado en el Terminal Portuario de Guayaquil.

Fuente: El autor

2.7.2. Generador Eléctrico

La función del generador eléctrico es convertir la energía mecánica procedente del motor primario en corriente alterna. Es muy parecido al alternador de un automóvil; no obstante, el alternador de un vehículo normalmente se acciona mediante una correa, mientras que el alternador de un generador se acciona mediante el eje motriz principal del motor primario. (Wolfgang, R. (2004))

El Terminal Portuario de Guayaquil cuenta con un generador eléctrico de emergencia de las siguientes características: marca Cummins, 385KVA, 3 fases, 60Hz, 220 Voltios, 1010 Amperios, 1800 revoluciones por minuto y tiene un tanque de Diésel de 500 galones el cual puede mantener suministrado al generador eléctrico encendido durante 125 horas.



Figura 2: Generador eléctrico del Terminal Portuario de Guayaquil

Fuente: El autor

En la figura 2 se muestra el generador eléctrico con sus partes enumeradas, las cuales se detallan en la siguiente lista:

1. Motor Cummins de tipo combustión.
2. Alternador Stamford.
3. Dos Baterías de arranque de 12Vdc.
4. Pantalla de HMI que muestra las magnitudes eléctricas y las alarmas.
5. Botón de parada de emergencia.
6. Cables de transmisión que alimentan al tablero de transferencia automática.

2.7.3. Sistema de Alimentación Ininterrumpida o UPS

El sistema de alimentación ininterrumpida más bien conocido como UPS, es un equipo de vital importancia en todo sitio donde se encuentran funcionando cargas sensibles a los cambios de voltajes, en pocas palabras un UPS es un equipo que proporciona alimentación de respaldo cuando la energía de la red eléctrica convencional en este caso suministrada por la CNEL comienza a presentar fallas, ya sean cortes momentáneos o cambios en los niveles de voltajes mayores o menores de lo normal.

El UPS suministra la energía por un tiempo determinado y este tiempo dependerá de la capacidad de sus baterías y también de la potencia de las cargas que tenga conectada, con el único propósito de no perder la información y apagar correctamente los equipos conectados, también usados para mantener operativas ciertas cargas hasta que entre en operación un generador de emergencia.

Existen dos tipos de UPS que son: el UPS Online y el UPS Interactivo. Los cuales tienen un modo de operación distinto y la selección depende del área donde van a trabajar o del tipo de equipos a los cuales van a dar el suministro de energía eléctrica.



Figura 3: UPS interactivo de 1500va.

Fuente: (electric, 2015)

2.7.3.1. Tipos de UPS

La construcción de los UPS dependerá de su aplicación y para esto tenemos dos sistemas de operación que entre ellos marca una gran diferencia pero al final de cuentas hacen lo mismo, los modelos son:

- El UPS Interactivo o (Stand-By), este método de funcionamiento mantiene las cargas suministradas por la energía de la red eléctrica convencional hasta el momento en el que se detecte un cambio de nivel de voltaje ya sea menor o

mayor al voltaje permitido de operación a como también a un corte de energía, en ese momento sus contactos se conmutarán y ahora las cargas serán alimentadas por un inversor de corriente con la batería interna del UPS, este cambio tiene un promedio de entre 4 y 5 milisegundos este tiempo lo da el fabricante.

- El UPS Online, este método de funcionamiento permite que las cargas sean alimentadas de forma permanente con el inversor de corriente y la batería interna del UPS; y, que la batería se mantenga cargando continuamente con la energía de la red eléctrica convencional, de esta forma no será necesario hacer cambios de contactos al momento de un problema con el suministro de energía, por lo que este método es más seguro, estable y también más costoso que el UPS interactivo.

En muchos casos el corto tiempo de conmutación del UPS interactivo no es detectado por las cargas conectadas a él y su rendimiento no se ve afectado por las variaciones de voltaje pero existen otros casos donde las cargas son muy sensibles a las variaciones de voltaje y en ese momento el UPS interactivo deja de ser el más idóneo para suministrar la energía eléctrica ya que para ese tipo de equipos lo más factible es una alimentación estable que solo la puede proveer un UPS online.

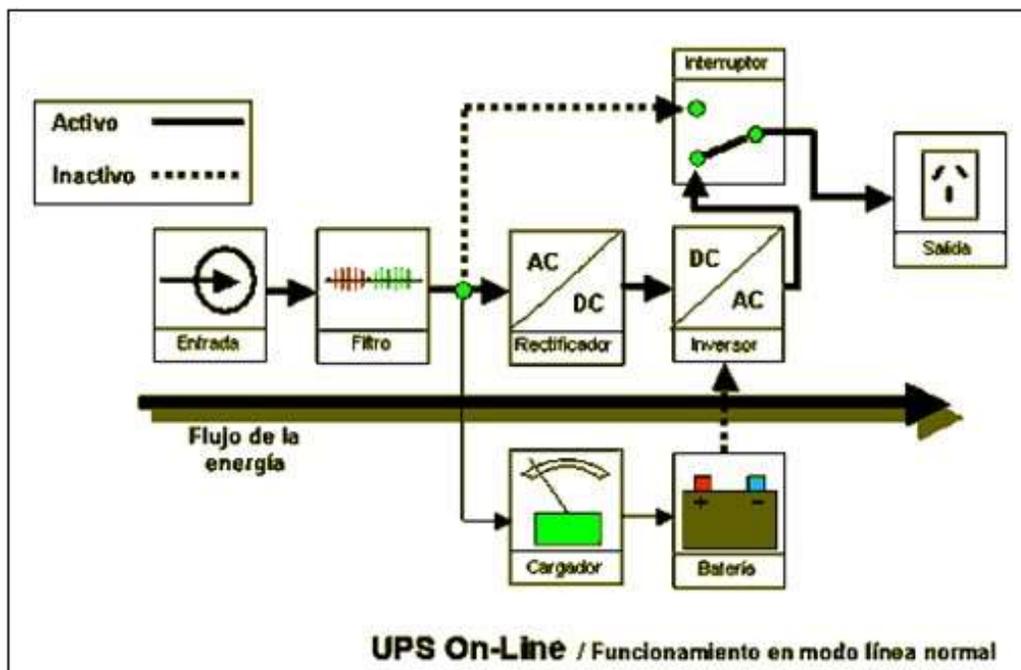


Figura 4: UPS Online.

Fuente: (Unicrom, 2015)

2.7.4. Tarjeta Arduino Uno

El Arduino Uno es una placa electrónica que está basada en el ATmega328P.

Cuenta con 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación y un botón de reinicio.

Contiene todo lo necesario para apoyar el micro controlador; simplemente conectarlo a un ordenador con un cable USB o el poder con un adaptador de CA o la batería a CC para empezar.

"Uno" significa uno en italiano y fue elegido para conmemorar el lanzamiento de Arduino Software (IDE) 1.0. La junta Uno y la versión 1.0 del software de Arduino (IDE) fueron las versiones de referencia de Arduino, ahora evolucionado para nuevos lanzamientos.

La junta Uno es el primero de una serie de placas Arduino USB y el modelo de referencia para la plataforma Arduino; con una amplia lista de tablas actuales, pasados o anticuadas ver el índice de Arduino de planchar.(Arduino Uno versión 1.0,2011)

2.7.4.1. Alimentación de la tarjeta Arduino Uno

El Arduino Uno puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente.

El adaptador se puede conectar a un enchufe de 2.1mm centro-positivo en el conector de alimentación de la placa.

Los pines de alimentación son los siguientes:

VIN. El voltaje de entrada a la placa Arduino, cuando se trata de utilizar una fuente de alimentación externa (en oposición a 5 voltios de la conexión USB u otra fuente de alimentación regulada).

Se puede suministrar tensión a través de este pin, o, suministro de tensión a través de la toma de alimentación, que proporciona acceso a él.

5Vdc. Este pin como salida de 5Vdc regulada en el tablero.

El suministro de tensión a través de los pines de 5V o 3.3V no pasa por el regulador, y puede dañar su tablero.

GND. Pines de tierra.(Arduino, Genuino Uno, 2015)

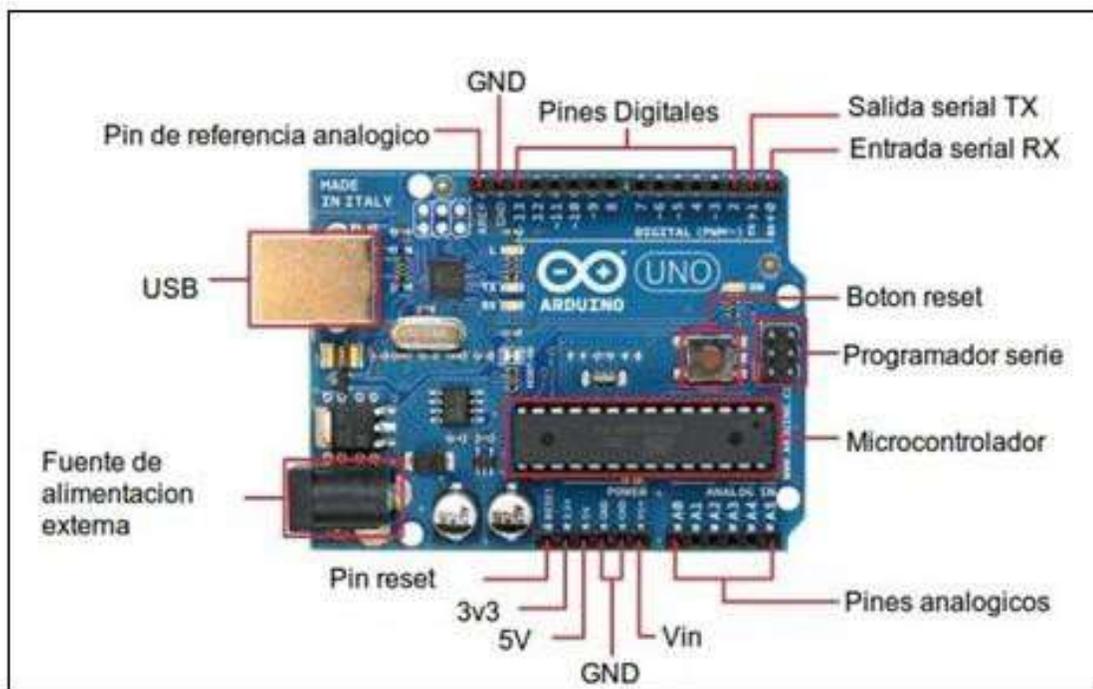


Figura 5: Modelo moderno de la placa Arduino Uno

Fuente: (Arduino, Genuino Uno, 2015)

2.7.5. Arduino Shield GSM SIM900

El escudo Arduino GSM permite que una placa de Arduino pueda conectarse a internet, hacer y recibir llamadas de voz también enviar y recibir mensajes SMS. El escudo utiliza un módem de radio M10 por Quectel. Es posible comunicarse con el tablero utilizando los comandos AT.

El escudo utiliza pines digitales 2 y 3 para el software de comunicación serie con el M10. Pin 2 está conectado al pin TX del M10 y el pin 3 con el pin RX.

Antes de utilizar la placa Arduino Shield hay que considerar los siguientes requisitos:

- 5Vdc Tensión de funcionamiento aislada de la placa Arduino Uno.

- Una tarjeta SIM de cualquier operadora celular.
- Conexión de una antena transmisora y receptora.(Arduino, Escudo Shield Arduino, 2015)

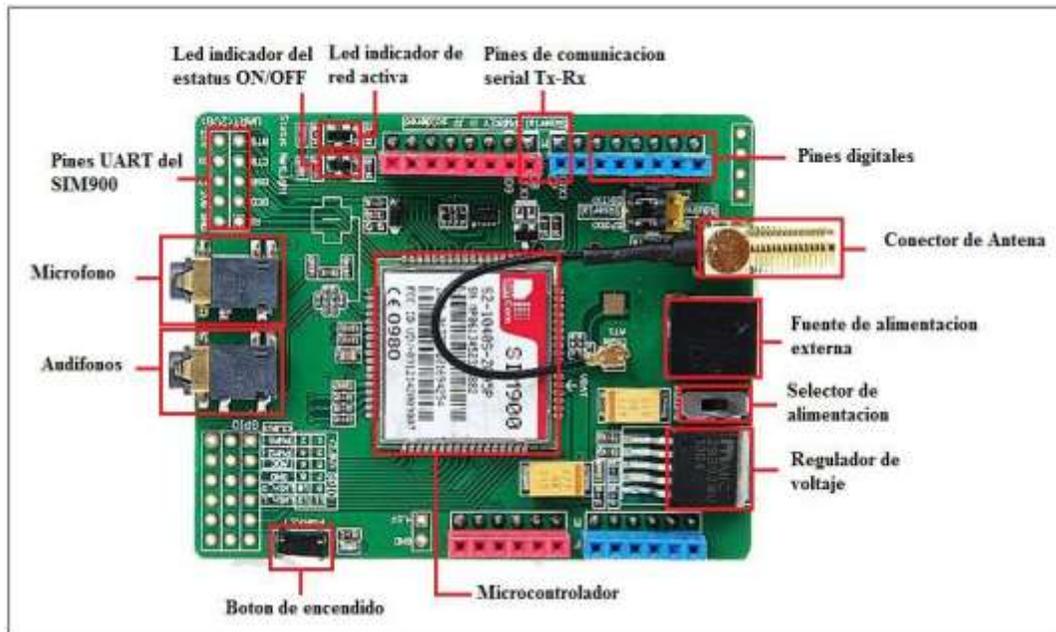


Figura 6: Imagen de la tarjeta de comunicación Arduino Shield SIM900.

Fuente: (Arduino, Escudo Shield Arduino, 2015)

2.7.6. Controlador Lógico Programable o PLC

Un Controlador Lógico Programable, o P.L.C. (Programmable Logic Controller) es un computador especialmente diseñado para automatización industrial, para el control de una máquina o proceso industrial.

La principal diferencia entre un PC y un PLC, es que el PLC contiene múltiples canales para medir distintas señales provenientes de sensores instalados en la máquina o proceso que controlan y también tienen canales de salida de señal que actúan sobre la máquina o proceso que controlan.

Un PLC permite controlar o proteger un proceso industrial, posibilitando además las opciones de monitoreo y diagnóstico de condiciones (alarmas) presentándolas en un HMI (Interface Hombre Máquina) o pantalla de operación, o presentándolas a una red de control superior (Dahl-Skog, 2012)



Figura 7: PLC. Un PLC modelo S7-1200 utilizado para este proyecto.

Fuente:(Siemens, Simatic s7-1200 CPU, 2015)

2.7.6.1 Definición de PLC

EL PLC es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones específicas tales como: lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas; para controlar a través de módulos de entrada /salida digitales y analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. Una computadora digital que es usada para ejecutar las funciones de un controlador programable, se puede considerar bajo este rubro.

Se excluyen los controles secuenciales mecánicos. De una manera general podemos definir al controlador lógico programable a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Su programación y manejo puede ser realizado por personal con conocimientos electrónicos sin previos conocimientos sobre informática.(Gomez, 2014)

2.7.6.2. Funciones

- Detección: Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación
- Mando: Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y pre-accionadores.
- Diálogo hombre máquina: Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando el estado del proceso
Programación: El diálogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la máquina. (Maser, 2013)

Además como funciones tiene también el hecho de poder tomar decisiones según la lógica y criterios pre configurado, realizar adquisición de datos, control y monitoreo.

2.7.6.3. TIA PORTAL

TIA Portal es el moderno software necesario para liberar todo el potencial de Totally Integrated Automation (TIA). El marco de la ingeniería pionera optimiza todos los de planificación, procedimientos de máquinas y procesos y ofrece un concepto operativo estandarizado e integrado.

Se integra controladores, E/S, HMI, unidades, control de movimiento y gestión de motores en un solo entorno de ingeniería. Funciones, gracias a su gestión de datos común y el concepto de biblioteca inteligente, software integral de hardware y resolver eficientemente todas las tareas de automatización. (Siemens, Totally Integrated Automatizacion, 2015)

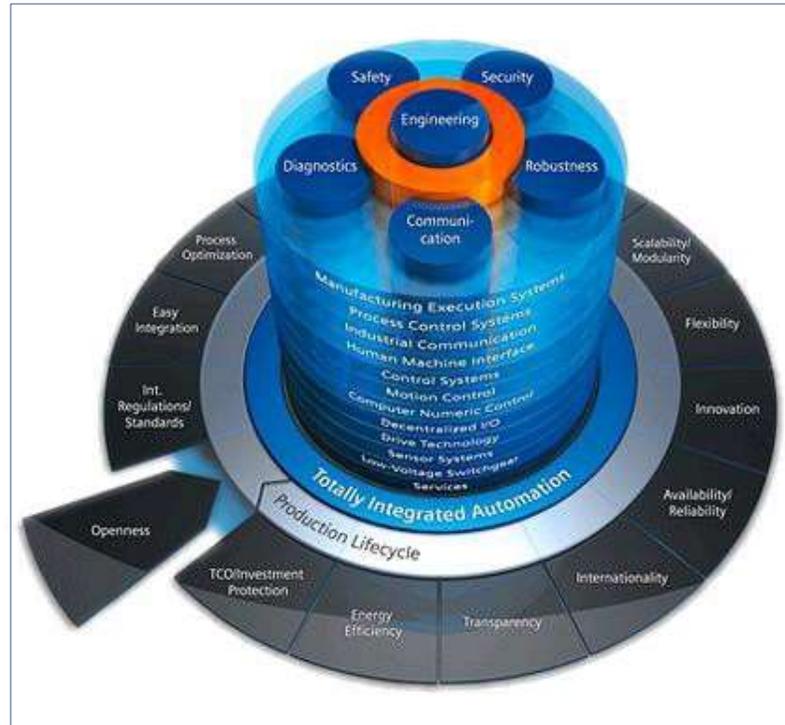


Figura 8: Logo industrial de TIA PORTAL

Fuente: (Siemens, Totally Integrated Automatizacion, 2015)

2.7.7. Ethernet Industrial

Se requieren redes de comunicación que incluso sobre grandes distancias se destaquen por sus prestaciones y permitan aprovechar las múltiples posibilidades del mundo digital. Industrial Ethernet se ha establecido desde hace tiempo como la tecnología básica para este fin. (CATEDU. S.f., pág. 9)

Para la implementación de este proyecto se optó por utilizar la red Ethernet Industrial ya que cumple con los requisitos de transmisión segura según lo indica la norma IEC 61784-2 quien especifica un protocolo seguro de comunicación y en el proceso de control.

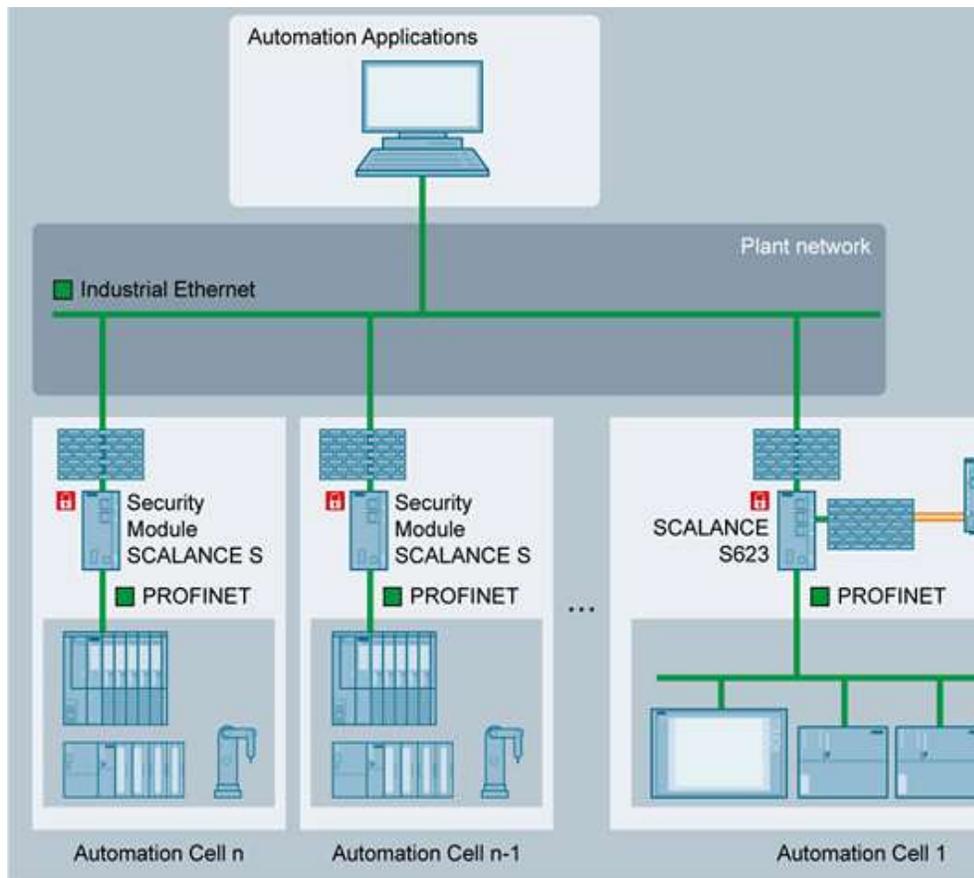


Figura 9: Cableado de una red Ethernet Industrial.

Fuente: (Siemens, Industrial Ethernet, 2015)

2.7.7.1. Campo De Aplicación De Ethernet Industrial

Como aplicaciones se mencionan las más relevantes:

- Grandes cantidades de datos: Intercambio de grandes cantidades de datos (en el entorno de Megabytes).
- Grandes distancias: Posibilidad de grandes distancias entre dispositivos
- Múltiples tipos de dispositivos: Comunicación entre aparatos de ingeniería, ordenadores y dispositivos de control. (Siemens, Industrial Ethernet, 2015)

2.7.7.2. Ventajas del Industrial Ethernet

Ethernet industrial ha ganado gran terreno ya que está abierto con la mayoría de los dispositivos de varias marcas y como ventajas se mencionan las siguientes:

- Amplia superficie de cobertura y alcanza grandes distancias.
- Ahorro de gastos. Por medio una disminución de los costes de montaje y cableado. (Siemens, Industrial Ethernet, 2015)

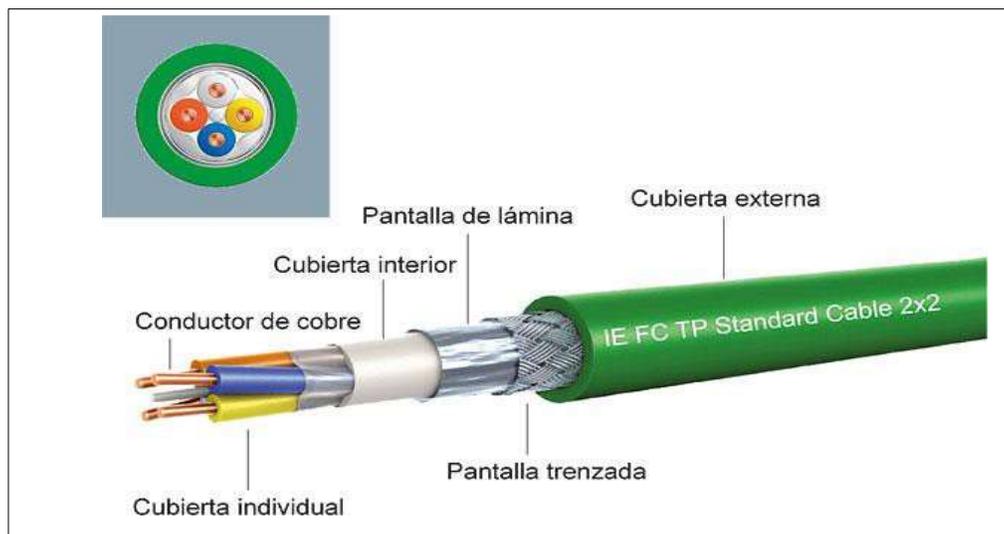


Figura 10: Diseño del cable Ethernet Industrial.

Fuente: (Siemens, Industrial Ethernet FastConnect Cable 2x2, 2015)

2.7.8. OPC SERVER

El OPC SERVER es un potente software de comunicación que cumple con la función de un servidor, de un fácil manejo y proporciona el acceso a la información del proceso en tiempo real, en los dispositivos de protección y de control a lo largo de toda la planta.

Utilizado en sistema de automatización, sistema SCADA, (Sistema de Control de Distribución), u otro sistema con soporte de cliente OPC. Este software tiene la solución que se necesita y servirá en la toma de decisiones ya que puede ofrecer la información correcta en el momento adecuado y en el lugar adecuado.

Es un software capaz de comunicar varios tipos de dispositivos de diferentes marcas y protocolos con la finalidad de establecer una conexión entre los equipos y poder realizar un enlace de forma indirecta pero a la vez segura y confiable.

2.7.8.1. Integración con OPC SERVER

Basado en estándares abiertos, el OPC SERVER permite una libre integración de la información del proceso y dispositivos de control.

El servidor OPC mejora el trazado de fallos en aplicaciones integradas al permitir la protección y control para interactuar con el ordenador de la solicitud del cliente, esto da como resultado una validación rápida de la conectividad y la calidad de los datos; la puesta en marcha más rápida y los costos de integración correspondientemente son más bajos.

La solución permite a los operadores de las plantas industriales monitorear y controlar todo el proceso de fabricación o maniobras a través de un sistema de control único y computarizado.

En este caso se está integrando dos marcas en un mismo proceso, para ser más específicos, mediante el N.I. OPC SERVER se realizó un enlace entre el software de control TIA PORTAL versión 13 de la compañía SIEMENS y el software de sistema SCADA para la supervisión LabView 2013 de la compañía NATIONAL INSTRUMENT.

Con la combinación de estas dos tecnologías distintas para desarrollar un mismo proyecto, se puede probar que los OPC SERVER actúan como un interfaz entre los equipos de control y los equipos de supervisión, sin necesidad de considerar la marca al momento de adquirir estos dispositivos.

Se puede decir también que el OPC es un software estándar. Diseñado con un estándar de la industria probada como interfaz para clientes OPC, el servidor OPC facilita la aplicación del control, seguimiento y presentación de informes con aplicaciones en un formato estándar.

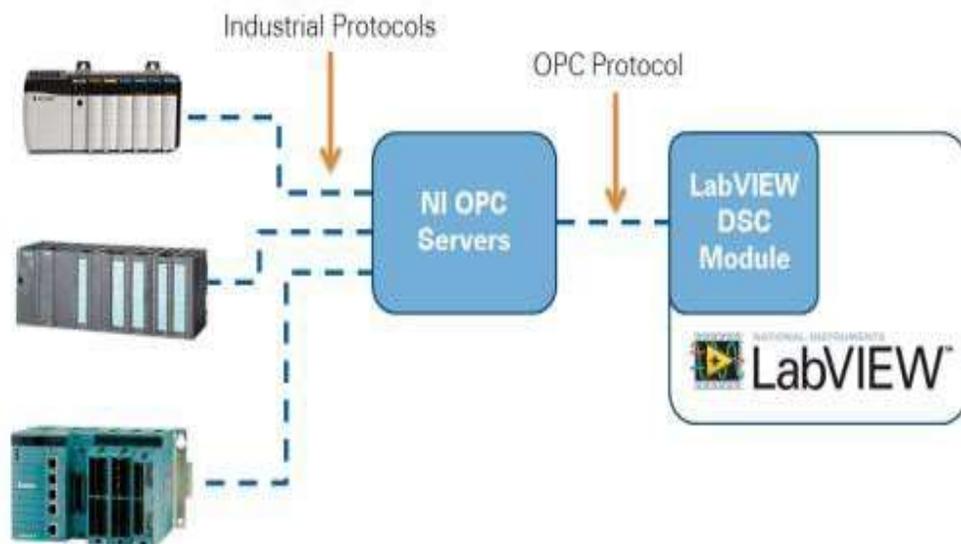


Figura 11: Esquema general de la comunicación entre LabView y otros dispositivos por medio del NI OPC SERVER.

Fuente: (Instruments, 2016)

2.7.9. Sistema SCADA

Hoy en día el crecimiento industrial es de forma exponencial y va de la mano con el desarrollo de la tecnología en todas las áreas pero sobretodo en las telecomunicaciones, ya que el tema de mantenerse informado con todo y con todos se está volviendo costumbre, una de estas áreas las cumplen los sistemas de monitoreo de procesos industriales conocidos como SCADA.

Se da el nombre de SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition o control con supervisión y adquisición de datos) a cualquier software que permita el acceso a datos remotos de un proceso, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, permita el control del mismo.

No se trata de un sistema de control, sino de una utilidad software de monitorización o supervisión, que realiza la tarea de interface entre los niveles del PLC y los de gestión a un nivel superior.

La topología de un sistema SCADA (su distribución física) variará adecuándose a las características de cada aplicación, unos sistemas funcionarán bien en configuraciones de bus, otros en configuraciones de anillo. Unos necesitarán equipos redundantes debido a las características del proceso. (Aquilino Rodríguez Penin 2006)

2.7.9.1. Prestaciones del sistema SCADA

El paquete SCADA en su vertiente de herramientas de interface hombre-máquina, comprende toda una serie de funciones y utilidades encaminadas a establecer una comunicación lo más clara posible entre el proceso y el operador:

- Sistema de monitoreo.
- Sistema de supervisión.

- Sistema de control.
- Sistema de adquisición de datos.
- Visualización de las alarmas y eventos.
- Grabación de acciones o rectas.

2.7.9.2. Estructura del sistema SCADA

Para dar respuesta a la funcionalidad requerida, que acabamos de comentar, se ha diseñado un sistema SCADA cuya estructura general se expone en este apartado.

La implantación de un sistema SCADA requiere trabajar a tres niveles dentro del entorno piramidal de automatización integrada, permitiendo el intercambio de información entre los elementos de la propia capa o de niveles inmediatamente superior o inferior. Estos elementos son:

- Nivel de Supervisión.
- Nivel de Control.
- Nivel de Campo o de Proceso

Están compuestos por ciertos elementos, que dan la funcionalidad deseada a la capa, y por una configuración de la comunicación con el nivel superior y/o inferior. En este proyecto, el elemento es:

Nivel de supervisión:

- **PC de supervisión:** se utilizará un ordenador convencional dotado de hardware adicional y de software industrial, en este caso LabView 2013.

En cuanto a las necesidades de comunicación, se ha implementado un bus de campo según la tecnología Ethernet industrial. Dicho bus comunica el nivel de supervisión (PC) con el de control (PLC). (Manuel Redondo 2008, pág. 32)



Figura 12: Operadores utilizando un sistema SCADA para la supervisión de sus procesos.

Fuente: (ABB, 2016)

2.7.9.3. Características básicas de un sistema SCADA

Las características básicas de un sistema SCADA son las siguientes:

- Adquisición y almacenado de datos, para recoger, procesar y almacenar la información recibida de forma continua y confiable.
- Representación gráfica y animada de variables de proceso y monitorización de éstas por medio de alarmas.
- Ejecutar acciones de control, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.), directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
- Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación.
- Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación (i.e. MS Excel, SQL)
- Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control. Transmisión de información con dispositivos de campo y otros PC.
- Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface).

- Base de datos, gestión de datos con bajos tiempos de acceso. Suele utilizar SQL server. Presentación, representación gráfica de los datos.
- Explotación de los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.
- Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios pueden ser almacenados en el sistema para su posterior análisis.
- Grabación de acciones o recetas ya que en algunos procesos se utilizan combinaciones de variables que son siempre las mismas. Un sistema de recetas permite configurar toda una planta de producción con solo ejecutar un comando.(Manuel Redondo 2008, pág. 32)



Figura 13: Operadores utilizando un sistema SCADA para la supervisión de sus procesos.

Fuente: (ABB, 2016)

3. Diseño e Implementación del Sistema de monitoreo

Este capítulo se basa en describir el diseño e implementación del Sistema de monitoreo para un generador eléctrico en el Terminal Portuario de Guayaquil, donde se muestran la configuración y la programación implementada en el software, con una explicación detallada sobre la programación y conexión de los equipos.

La implementación del sistema de monitoreo está basado y regido por el siguiente esquema.

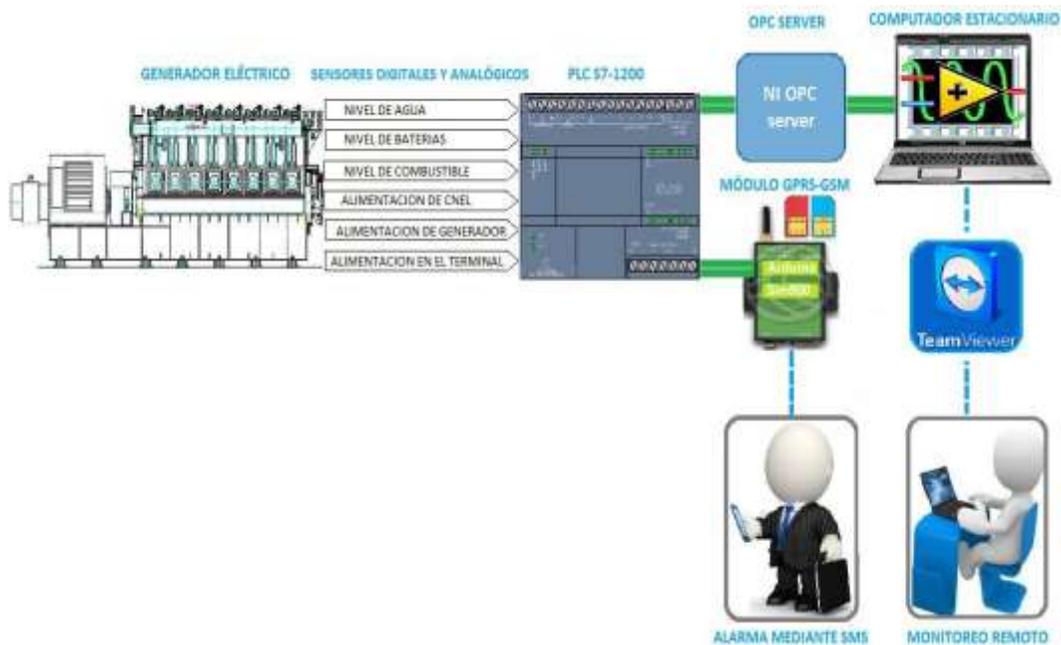


Figura 14: Esquema del enlace entre los equipos de control, supervisión y la maquinaria.

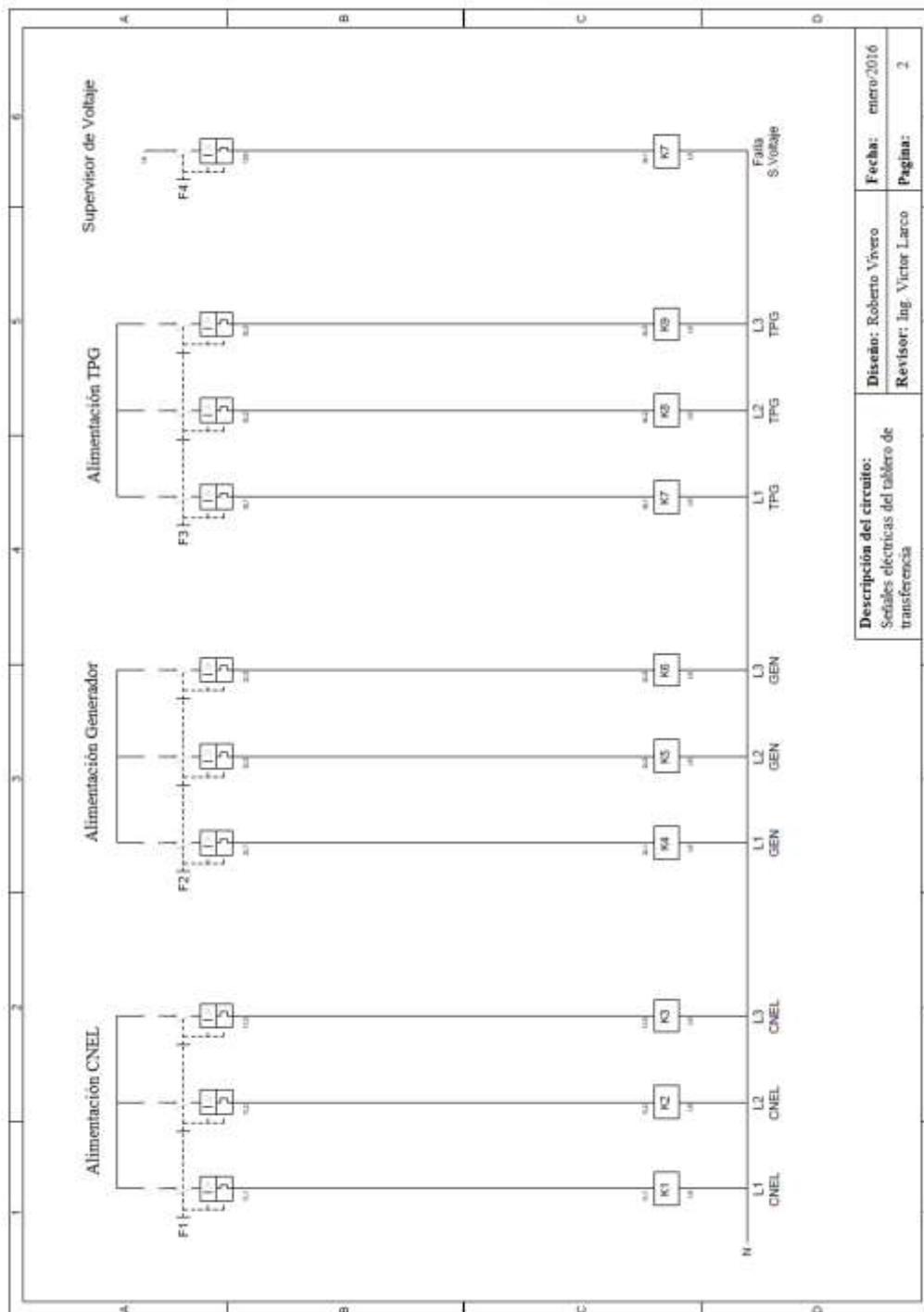
Fuente: El autor

3.1. Diagramas eléctricos

La sección de diagramas eléctricos detalla cómo están realizadas las conexiones de las señales provenientes del tablero de transferencia automática, los sensores del generador eléctrico, las entradas y salidas del PLC y de la tarjeta de comunicación celular de Arduino. A continuación se muestran los planos eléctricos del proyecto que fueron realizados con el programa AutoCAD.

Figura 15: Diagrama del tablero de transferencia automática.

Fuente: El autor



Descripción del circuito: Señales eléctricas del tablero de transferencia	Diseño: Roberto Vivero	Fecha: enero/2016
	Revisor: Ing. Victor Larco	Página: 2

3.1.2. Diagrama eléctrico de las señales provenientes del TTA

Figura 16: Señales eléctricas obtenidas del tablero de transferencia automática.

Fuente: El autor

3.1.3. Diagrama eléctrico de las señales de entrada al PLC

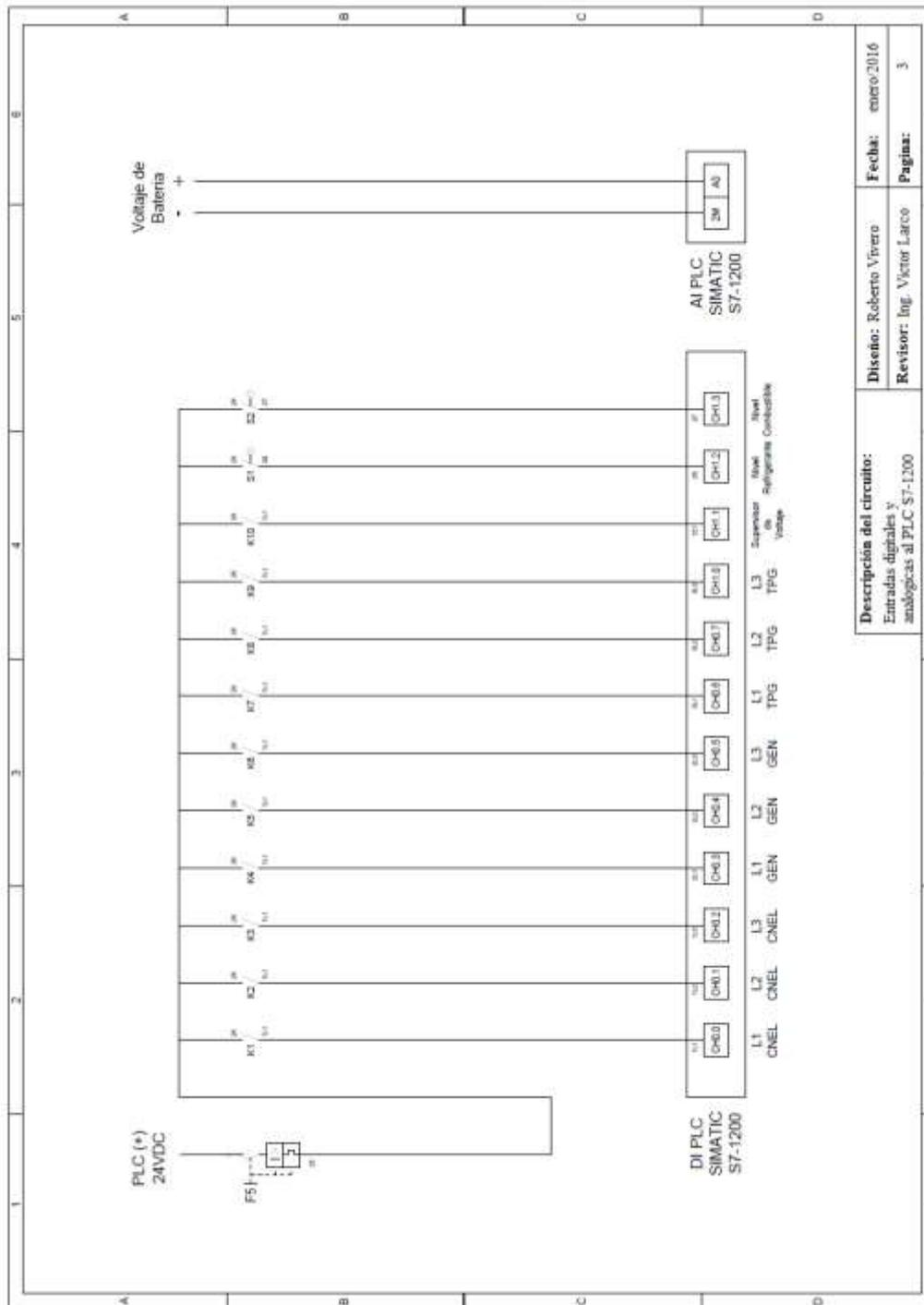
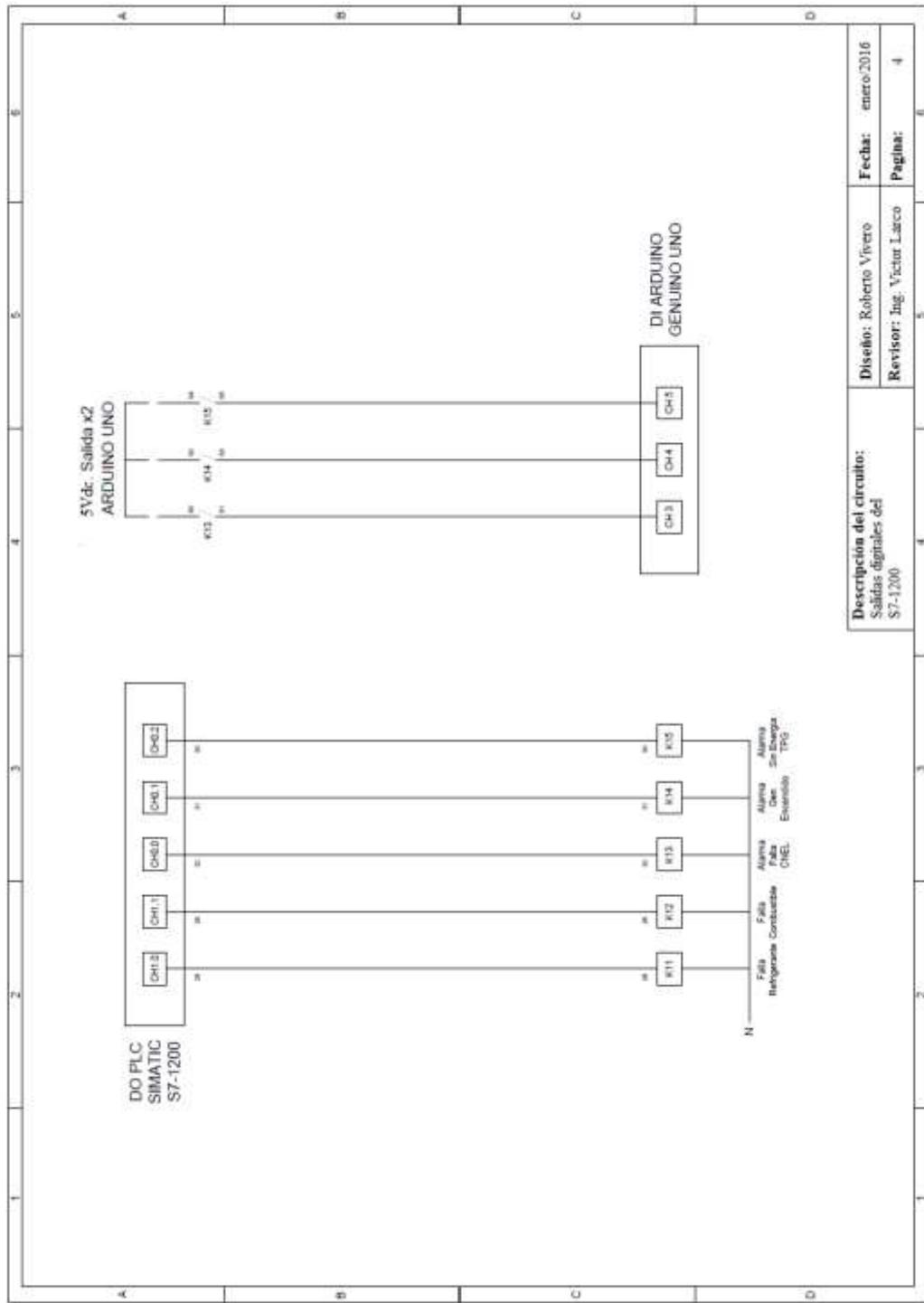


Figura 17: Conexiones de entradas digitales y analógicas al PLC

Fuente: El autor

3.1.4. Diagrama eléctrico de las señales de salida del PLC



Descripción del circuito: Salidas digitales del S7-1200	Diseño: Roberto Vivero	Fecha: enero 2016
	Revisor: Ing. Victor Larco	Página: 4

Figura 18: Conexiones de salidas digitales del PLC

Fuente: El autor

3.1.5. Diagrama eléctrico de las señales de salida del PLC

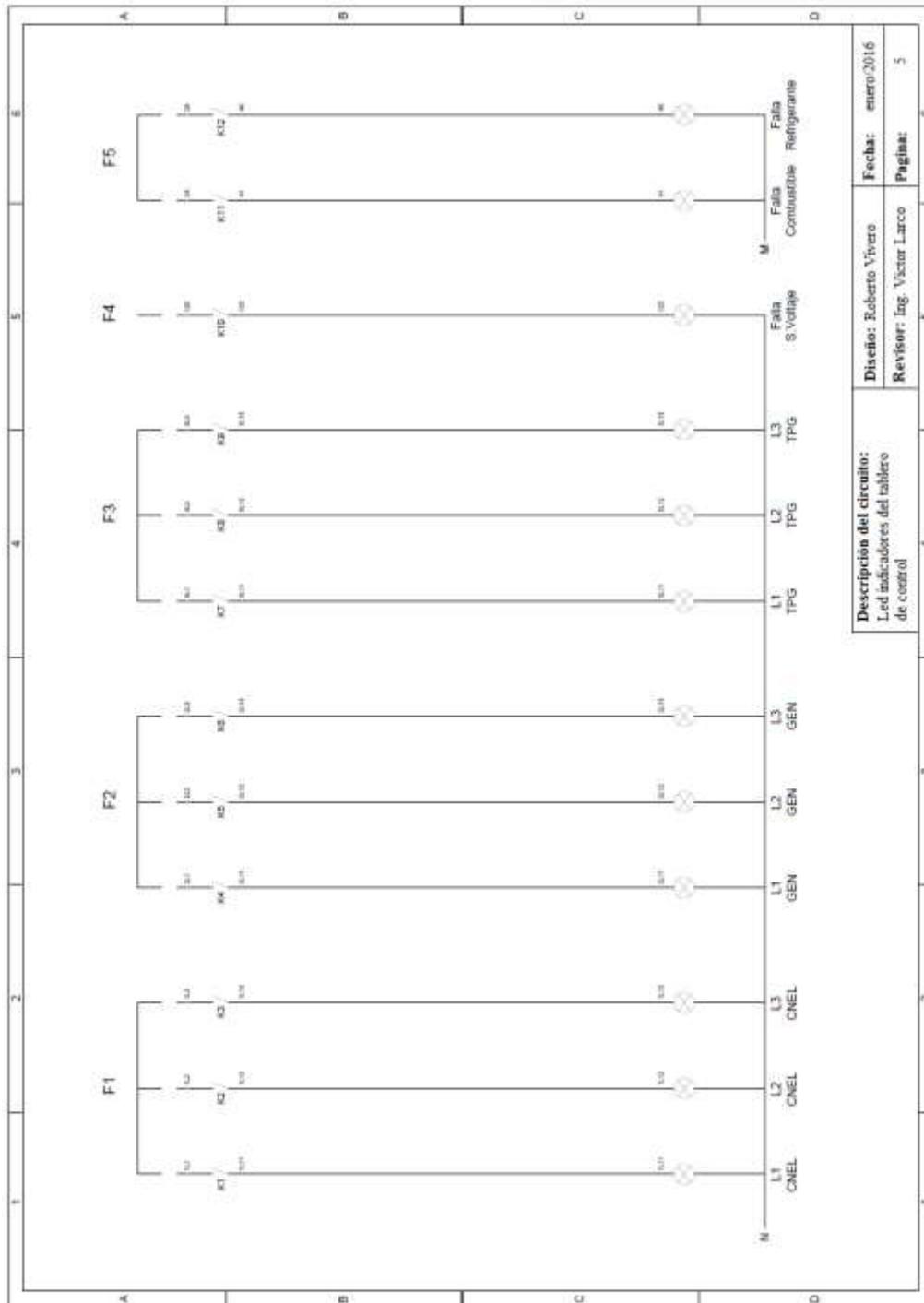


Figura 19: Conexión de led's indicadores del tablero de adquisición de datos y monitoreo

Fuente: El autor

3.2. Construcción del Tablero de control

A continuación se explica de forma detalla el proceso de instalación y conexión de los equipos utilizados en este proyecto.

3.2.1. Selección del Tablero de control

Para este proyecto fue preciso realizar un pequeño estudio de las condiciones ambientales que rodean el entorno donde se instalarán los equipos necesarios para el desarrollo del proyecto y luego poder seleccionar la marca y calidad que se ajuste al medio.

Debido a que los cuartos eléctricos están situados a 200 mts del estero Santa Ana, se requirió un tablero eléctrico que soporte el ambiente salino producido por el estero y además con un nivel de protección hermético IP 64 el cual brinda seguridad y confiabilidad.



Figura 20: Tablero de control utilizado para la implementación del proyecto.

Fuente: El autor.

Una vez realizado el cálculo de la cantidad de elementos y las medidas de los mismos, se determinó que las medidas del tablero de control serían de 600*600*200mm y del tipo super pesado con un espesor de 1.25mm para que soporte las condiciones ambientales donde será instalado de manera permanente.

Los equipos electrónicos que son utilizados en diversas aplicaciones y tienen que trabajar de una manera segura durante un largo periodo de tiempo bajo condiciones ambientales adversas. El polvo y la humedad no se pueden evitar siempre, así como la presencia de cuerpos extraños. Es precisamente en las áreas críticas de producción en las industrias, donde la seguridad de estos aparatos y de los trabajadores cobra una mayor importancia.(reinmedical, 2012)

CLASES DE PROTECCIÓN IP		
PROTECCIÓN CONTRA EL CONTACTO Y LA PENETRACIÓN DE AGUA Y SUCIEDAD		
IP	N°. reconocimiento 1 para protección contra el contacto	IP N°. reconocimiento 2 para protección contra el agua
0	sin protección contra el contacto, sin protección contra cuerpos extraños	0 sin protección contra agua
1	Protección contra cuerpos extraños con diámetro >50mm	1 Protegido contra gotas de agua que caen verticalmente
2	Protección contra cuerpos extraños con diámetro >12mm	2 Protegido contra gotas de agua que caen inclinado (15° respecto de la vertical)
3	Protección contra cuerpos extraños con diámetro >2,5mm	3 Protegido contra agua pulverizada (hasta 60° respecto de la vertical)
4	Protección contra cuerpos extraños con diámetro >1mm	4 Protegido contra agua pulverizada
5	Protección completa contra contacto, protección contra sedimentaciones de polvos en el interior	5 Protegido contra los chorros de agua (desde todas las direcciones)
6	Protección completa contra contacto, protección contra penetración de polvo	6 Protegido contra la penetración de agua en caso de inyección pasajera
7		7 Protegido contra la penetración de agua sumergiéndolo
8		8 Protegido contra la penetración de agua sumergiéndolo por un periodo indefinido
9		9 Protegido contra la penetración de agua de todas direcciones también en caso de una presión alta contra el chasis. (limpiadora de alta presión o de chorro de vapor, 80-100 bar)

Figura 21: Tabla de las clases de protecciones contra el polvo y la humedad.

Fuente: (reinmedical, 2012)

3.2.2. Instalación de Sistema de Control

Debido a que en este proyecto se contempla el hecho de monitorear señales eléctricas provenientes de sensores y de las barras de distribución del tablero de transferencia, solo se ocupa cable calibre 18 AWG flexible utilizado en control basado en la norma IEC 61439-1 (*La cual trata acerca de las seguridades de gabinetes en baja tensión*)

Es por eso que los canales ranurados que se instalaron tienen una medida de 33*33mm; lo cual, ahorra espacio y dinero. La función de estos canales es servir como base para los cables a conectar en los distintos dispositivos dentro del tablero de control.

El riel DIN es un elemento necesario en todo tablero eléctrico donde van a ser instalados dispositivos de control o protección, se trata de una barra metálica que hoy en día ya consta con una norma europea que es la DIN 46277-3.



Figura 22: Tablero de control vista interior.

Fuente: El autor

3.2.2.1. Montaje de los equipos eléctricos y electrónicos

Una vez ya instalados los rieles y los canales ranurados se puede decir que el tablero está listo para el montaje de los dispositivos a instalar y conectar puesto que estos dos elementos primarios son las bases para el cable y los equipos de control o de protección.



Figura 23: Tablero de control y monitoreo con la instalación de los dispositivos eléctricos y electrónicos.

Fuente: El autor

El siguiente paso a seguir es el cableado y conexión de los equipos eléctricos y electrónicos instalados, en la figura 21 se puede apreciar los elementos conectados entre

sí, y todas las conexiones terminan en las borneras de control donde se interconectara a los equipos externos como son: el tablero de transferencia automática, los sensores del generador eléctrico y la tarjeta Arduino Uno que sirve de interface con el sistema de comunicación celular.

En esta implementación se está monitoreando señales de corriente continua a nivel de 24 Vdc que son aquellas señales que vienen de los sensores del generador, como también, se está monitoreando las señales eléctricas de corriente alterna en niveles de 120Vac y 220Vac que son las señales del tablero de transferencia, quien es alimentado en condiciones normales por la CNEL y en casos de emergencia por el generador.

Para marcar una diferencia entre estas señales se decidió utilizar un cable de control calibre 18AWG flexible para ambos casos, pero de colores distintos; de tal forma que para las señales de mayor voltaje y de corriente alterna se ocupó un cable de color negro, y para las señales de menor voltaje y de corriente continua se ocupó un cable de color azul, esto se realizó basado en la norma IEC 61439-1 (*La cual trata acerca de las seguridades de gabinetes eléctricos de baja tensión*)



Vista interior del tablero de control

Vista externa del tablero de control

Figura 24: Tablero de control y monitoreo con su respectivo cableado y luces piloto en la parte externa de la puerta.

Fuente: El autor

3.3. Desarrollo del programa en el PLC

Esta sección aborda el tema de cómo configurar el software del controlador antes durante y después de la programación.

3.3.1 TIA PORTAL versión 13

El Software TIA PORTAL V13, es el programa de ingeniería de creación actualizada por Siemens para configurar los dispositivos de control de la serie S7-1200 de última generación. Estos controladores poseen las funciones necesarias para realizar este proyecto de implementación y muchas aplicaciones más para el área industrial.

3.3.2. Comunicación del PLC

En este proyecto la comunicación entre el PLC y la computadora se realizó por medio de una conexión usando un cable de red para comunicaciones industriales conocido como Profinet, es de similares características que el UTP (Unshield Twister Pair), pero más robusto y su conexión en los dispositivos de control que en la computadora se lo realiza en el mismo puerto de Ethernet.

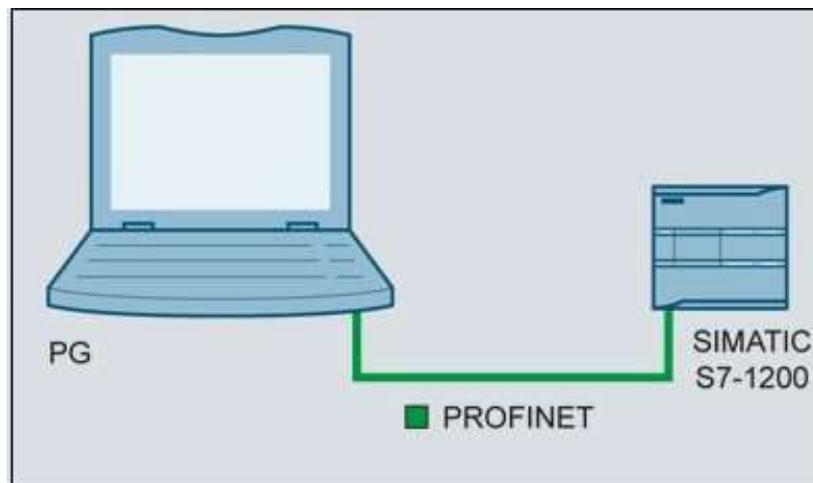


Figura 25: Representación gráfica de comunicación entre en PLC y el computador.

Fuente: (Siemens, Industrial Ethernet, 2015)

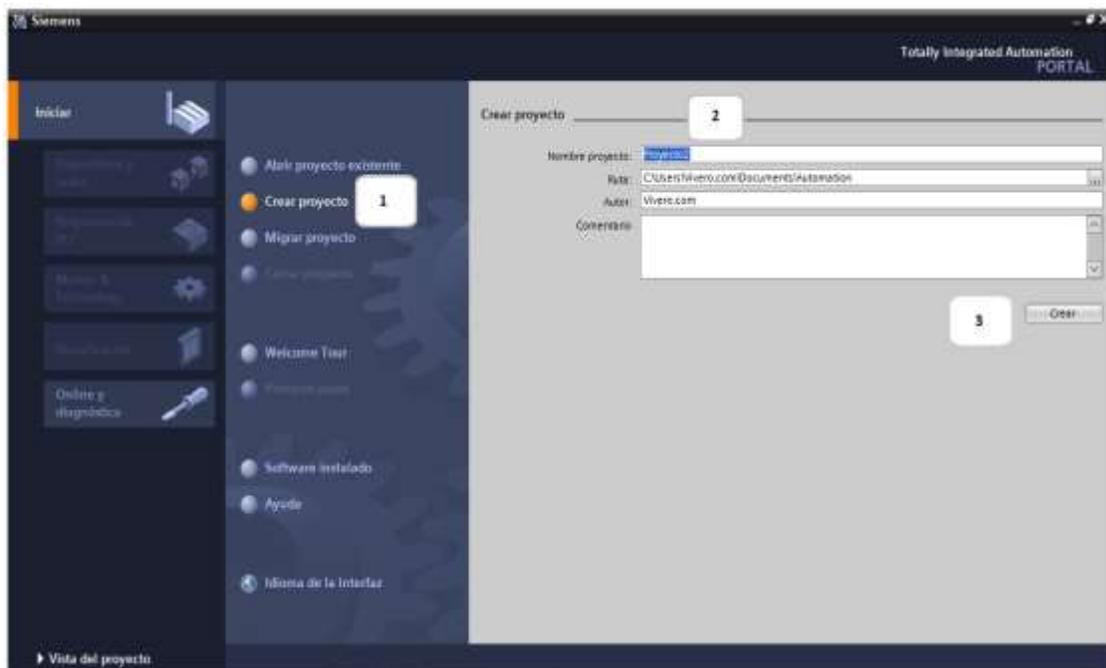
3.3.3. Configuración del PLC

Antes de iniciar con la programación se deben realizar los siguientes pasos para poder establecer una comunicación correcta con el PLC.

En los siguientes pasos se describirá cómo realizar y comprobar una correcta conexión entre el TIA PORTAL y el PLC.

Paso1: Al dar clic en el icono del TIA PORTAL V13 se abrirá una ventana con varios botones, como se lo muestra en la figura 26.

Paso 2: al ejecutarse el programa, por defecto aparece seleccionada la opción abrir proyecto existente, pero en este caso se elige crear proyecto, aquí se debe especificar el



nombre, la ruta de ubicación, autor y comentario.

Figura 26: Pantalla inicial de TIA PORTAL

Fuente: El autor

Paso 3: Al llenar estos campos solicitados se completa la primera etapa de configuración y se da clic en el botón crear.

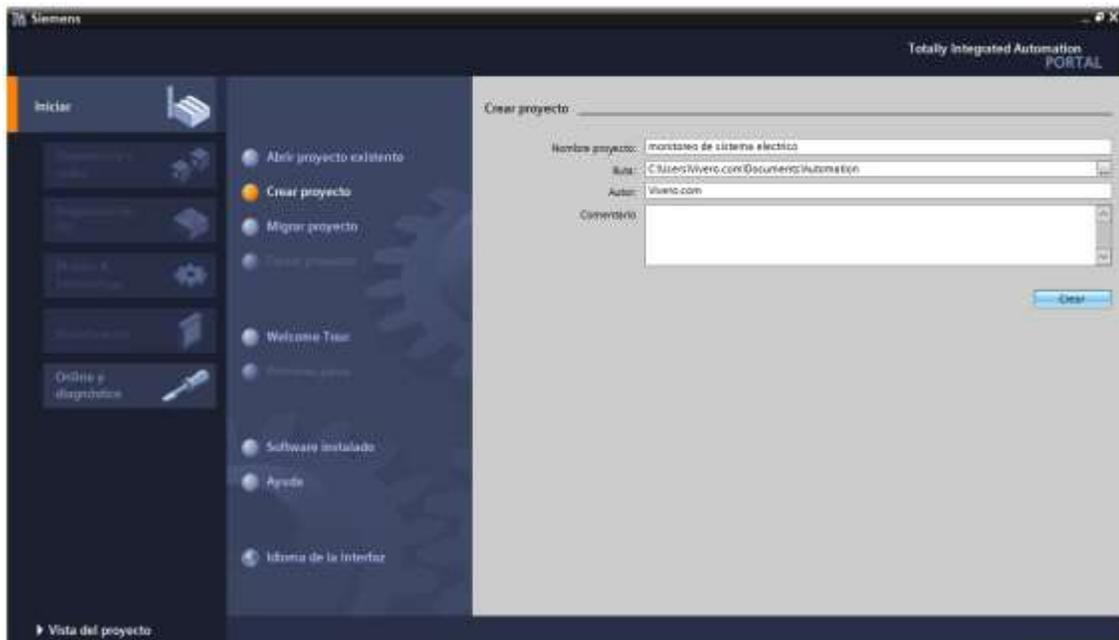


Figura 27: Creación del proyecto en TIA PORTAL

Fuente: El autor

Paso 4: una vez creado el proyecto aparece por defecto seleccionada la opción que dice primeros pasos y es aquí donde se visualiza una pantalla con el árbol del proyecto donde existen las opciones:

- Configurar Dispositivo
- Escribir el programa en el PLC
- Configurar una HMI

- Abrir vista del proyecto

Para este caso se le da clic en el botón *Configurar Dispositivo* y así poder seleccionar el equipo (modelo y versión) de control con el cual se va a realizar el proyecto.

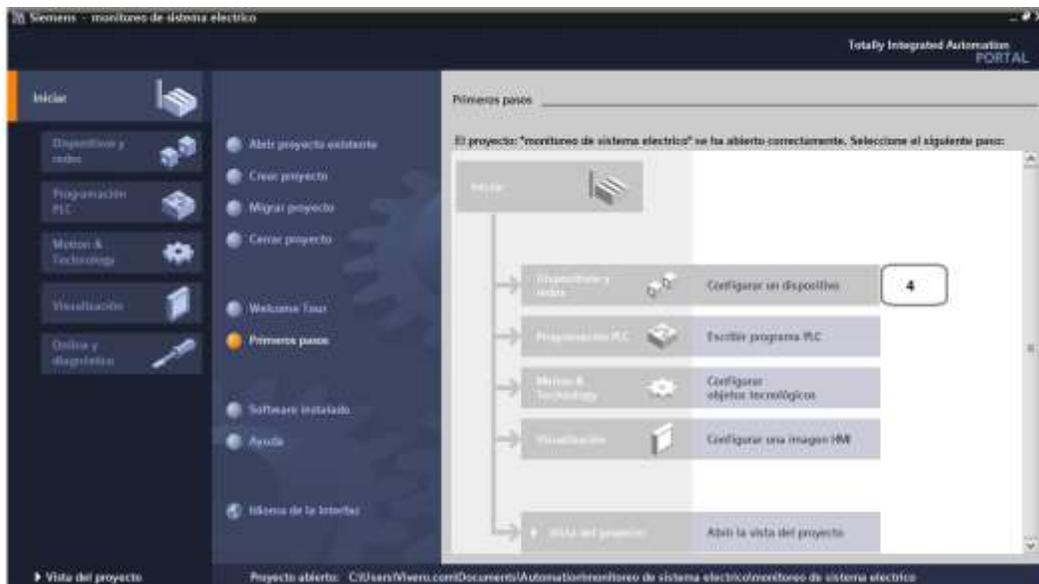


Figura 28: Primeros pasos para la configuración de un dispositivo

Fuente: El autor

Paso 5: En la ventana que se abre luego de dar clic en *configurar un dispositivo* aparece la opción de *Dispositivos y redes*, se da clic en agregar dispositivo y se debe seleccionar el CPU con el que se va a trabajar.

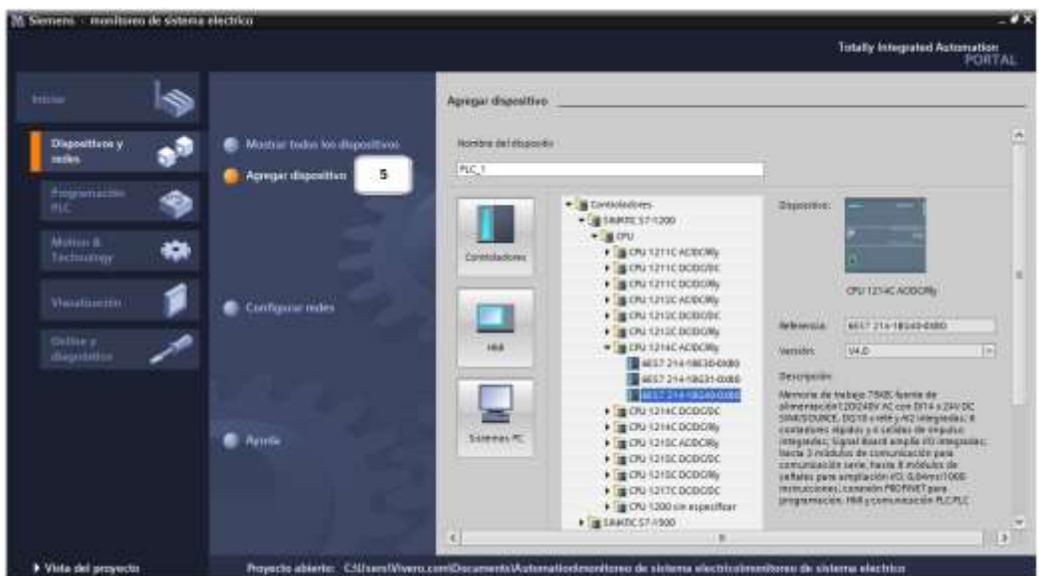


Figura 29: Parte del proceso en la que se agregar un dispositivo para el proyecto.

Fuente: El autor

Paso 6: Si ya se eligió el CPU correcto, entonces el siguiente paso es establecer una conexión con el PLC para que el Software reconozca el dispositivo.

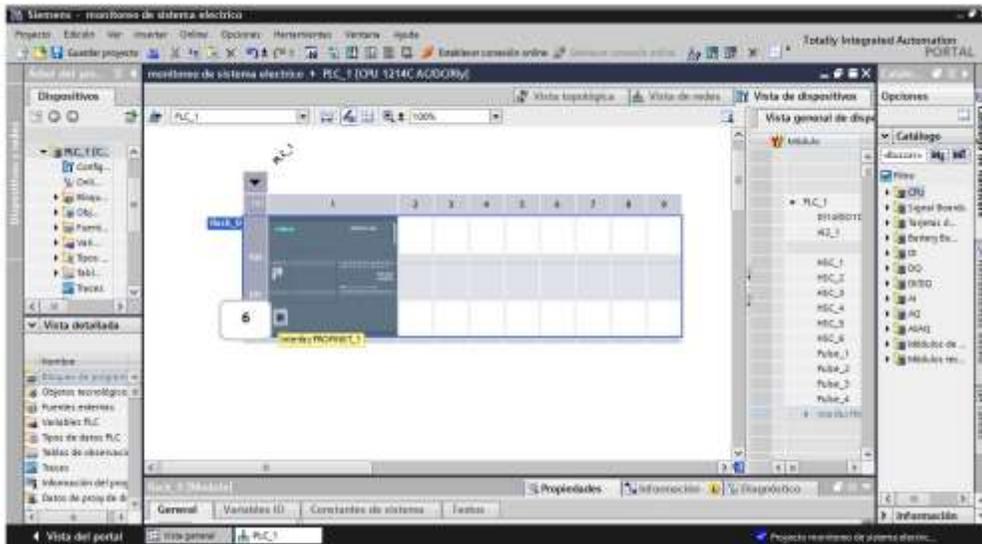


Figura 30: Configuración de interfaz Profinet

Fuente: El autor

Paso 7: Dentro de esta ventana se elige el tipo de interfaz y luego se da clic en el botón *Establecer conexión*.

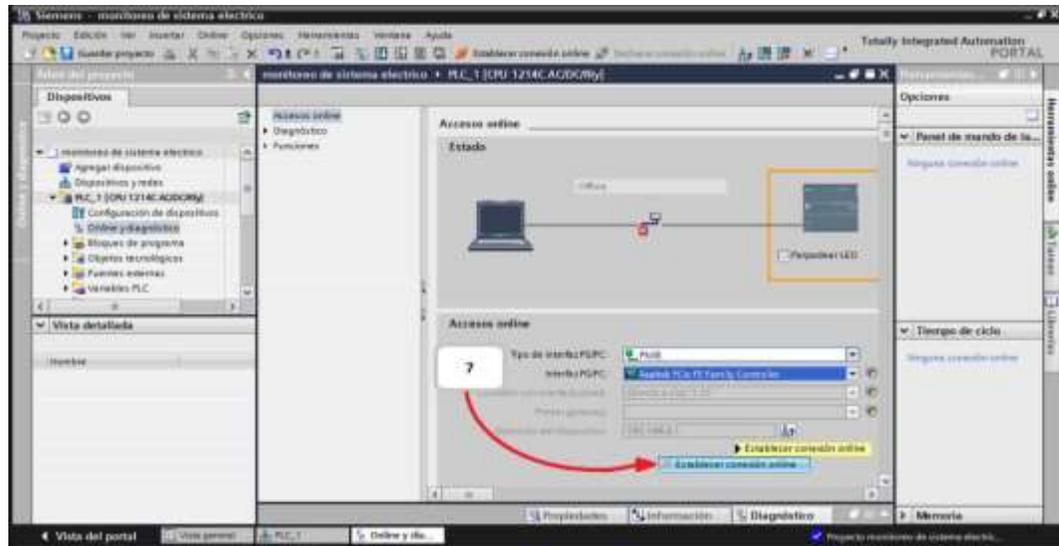


Figura 31: Estado de conexión entre el PLC y el Software TIA PORTAL

Fuente: El autor

Paso 8: Luego de dar clic en *Establecer conexión* aparece una ventana en la que se da una breve información del estado de la conexión, se espera un tiempo hasta que el software de manera automática logre reconocer el dispositivo de control que se tiene conectado.

Una vez cumplido este procedimiento se debe dar clic en el botón *conectar*, al momento de realizar esta acción se presentará una ventana de información en la cual hace una solicitud de agregar una dirección IPv4 al dispositivo de control, se debe aceptar dicho requerimiento y automáticamente el interfaz de Profinet asignará una IP al controlador.

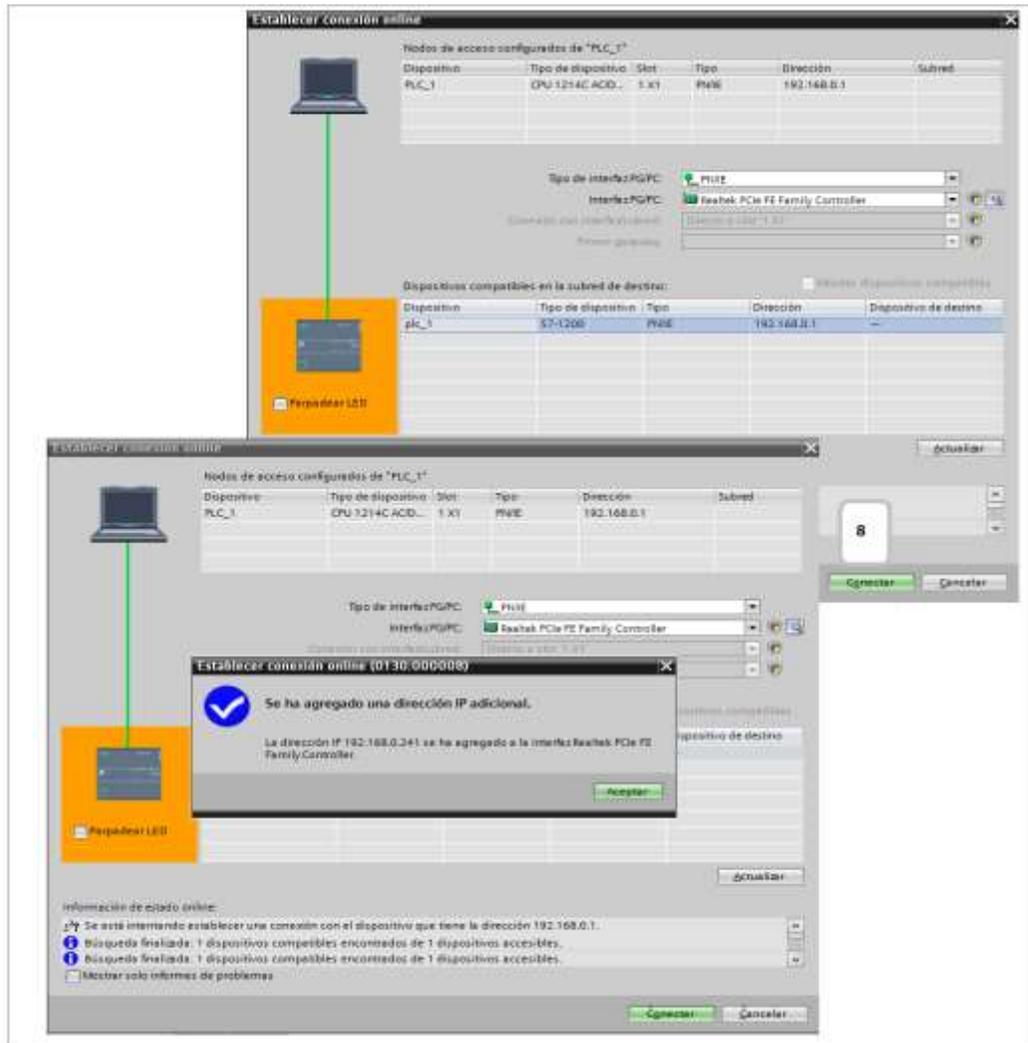


Figura 32: Conexión exitosa entre el PLC y el TIA PORTAL
Fuente: El autor

3.3.4. Programación del PLC

La programación realizada para este proyecto está orientada a la adquisición de señales y luego de ser procesadas por el controlador sean mostradas por medio de un sistema SCADA al usuario final.

El tipo de lenguaje de programación utilizado en este proyecto es el KOP (Kontakts plan) o conocido por sus siglas en inglés LAD (Ladder Diagram) o Esquema de contactos tipo escalera.

En los campos de las secuencias de programación se escriben los comentarios para identificar a cada línea de programación según su segmento.

En la figura 30 se muestra la pantalla de inicio del bloque principal de programación o conocido también como Main [OB1].

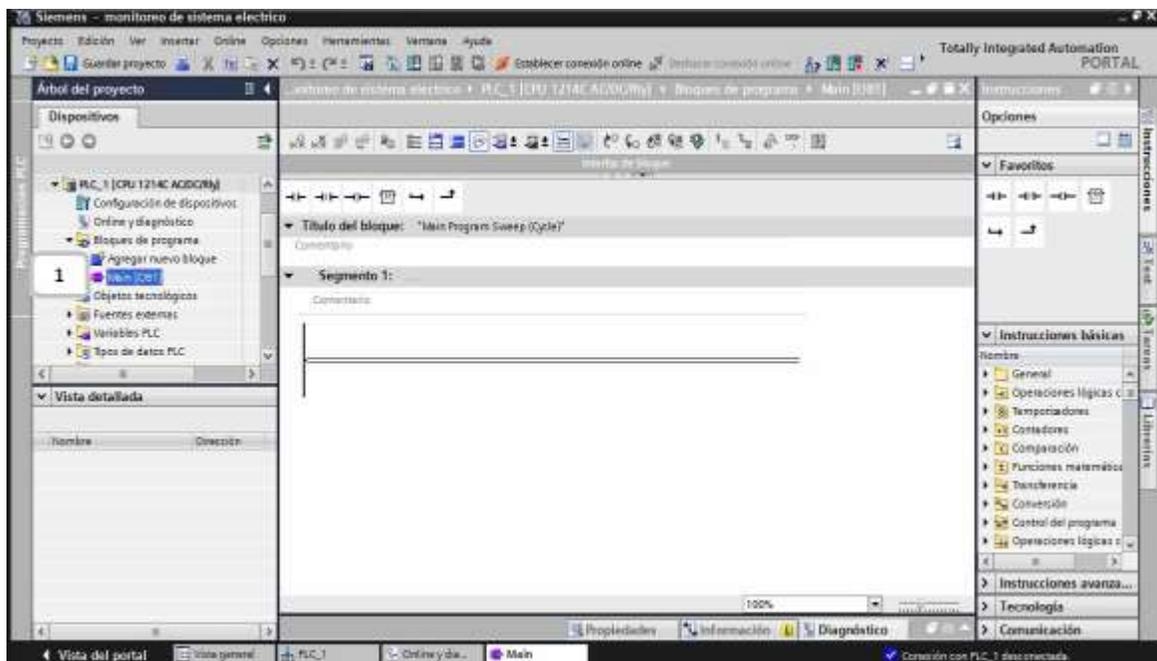


Figura 33: Pantalla del Main OB1.

Fuente: El autor

La siguiente parte de este capítulo se basará netamente en mostrar las líneas de programación realizadas para este proyecto. Las tres primeras líneas de programación muestran la configuración para detectar las líneas de la CNEL.

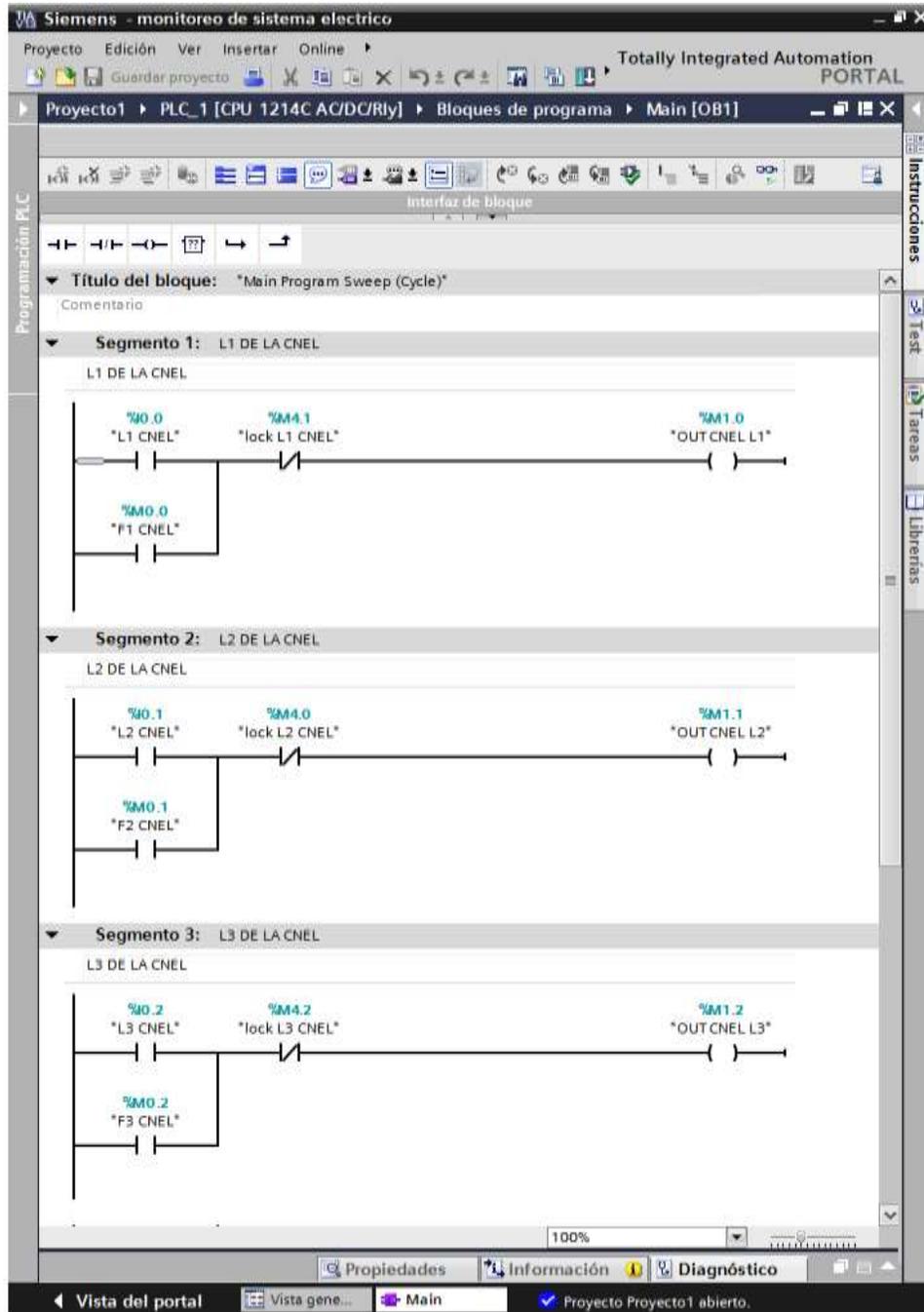


Figura 34: Líneas de fuerza de la CNEL
Fuente: El autor

Desde el segmento 4 hasta el 6 se realizó de manera ordenada la configuración necesaria para procesar las señales de entrada de las líneas de fuerza del generador eléctrico.

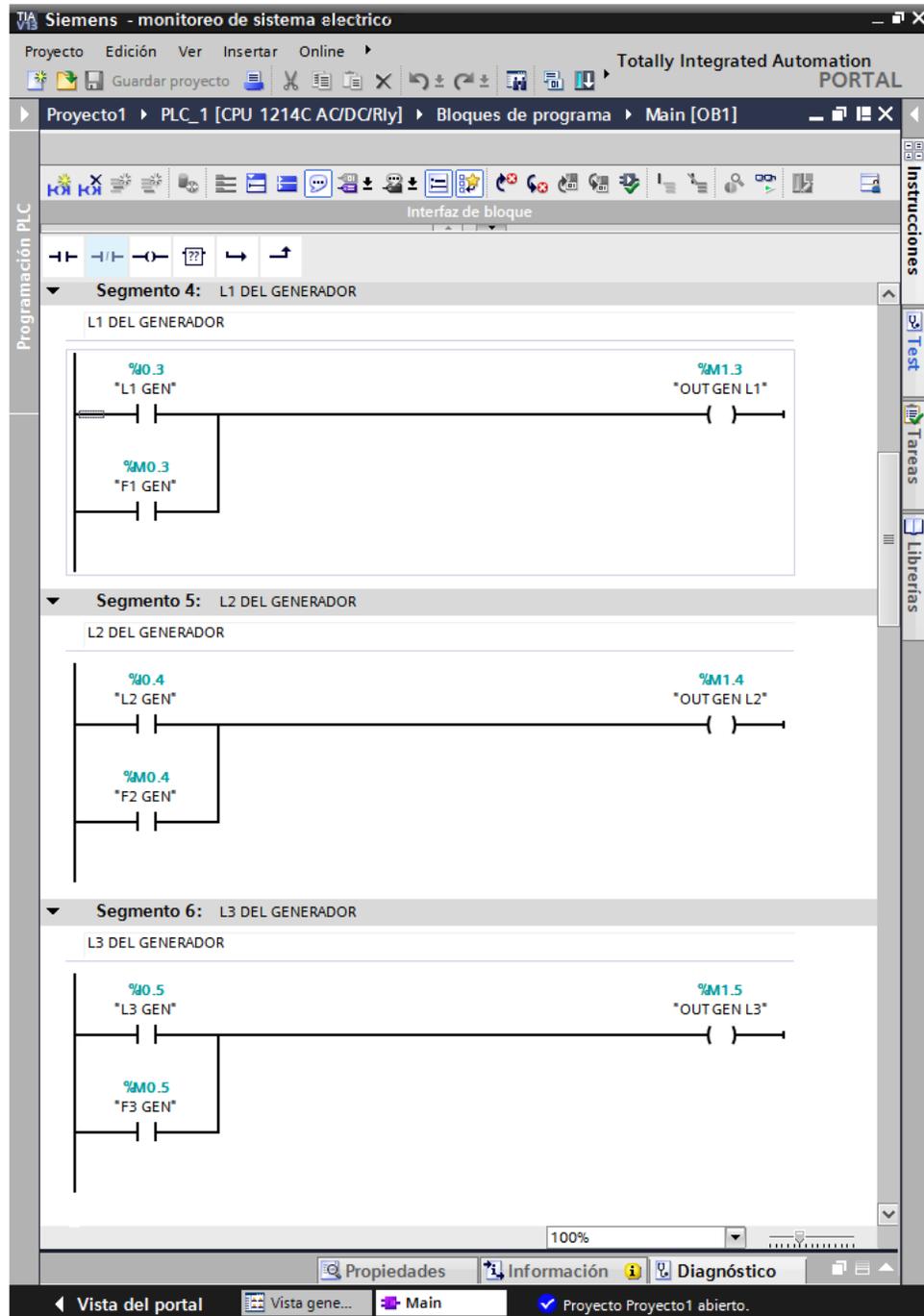


Figura 35: Líneas de fuerza del generador eléctrico

Fuente: El autor

En la figura 36 se muestra la configuración necesaria para procesar las señales de entrada de las líneas de fuerza del Terminal Portuario de Guayaquil.

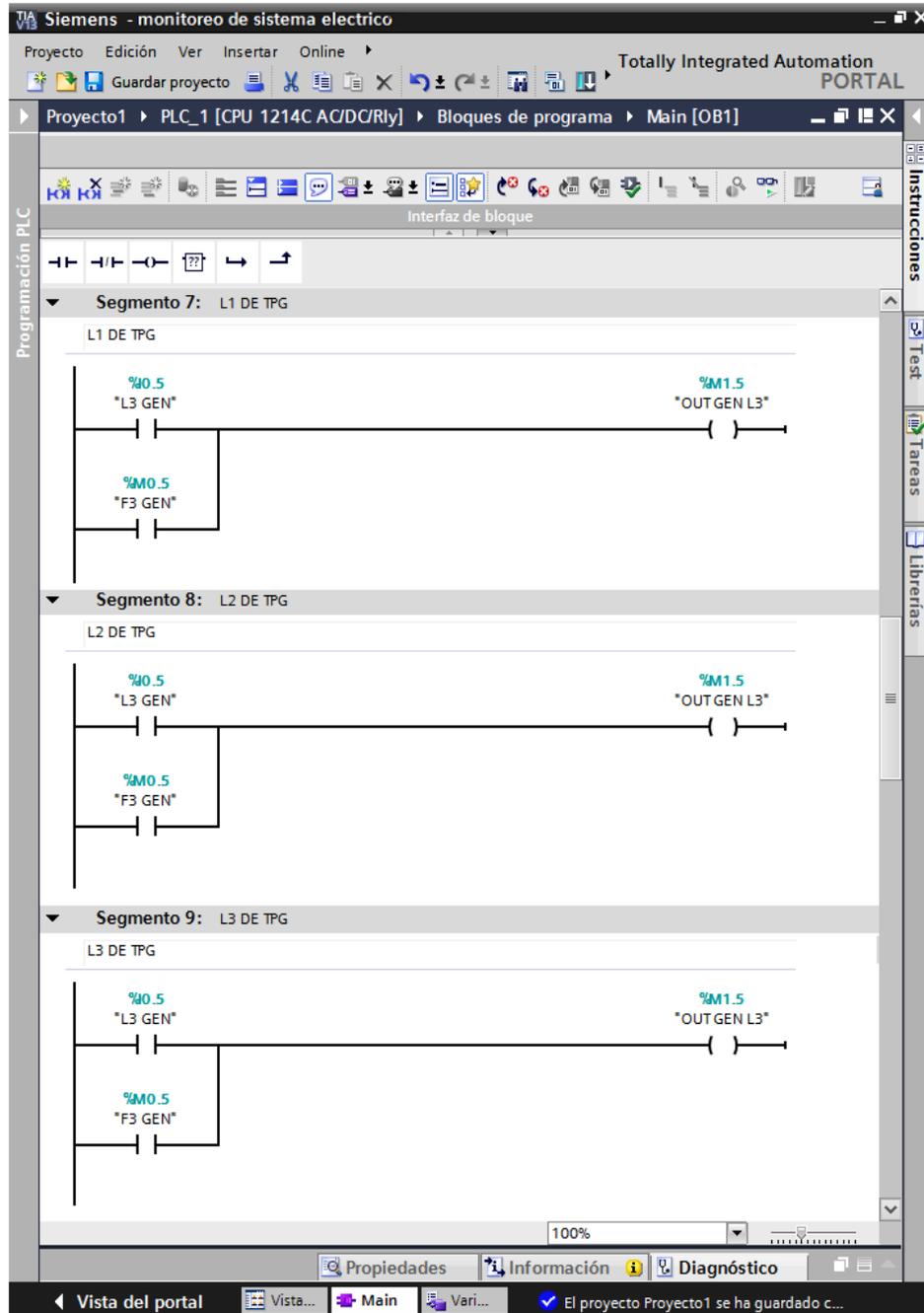


Figura 36: Líneas de fuerza del Terminal Portuario de Guayaquil

Fuente: El autor

Una vez terminada la configuración de las entradas de fuerza del TTA, del generador y de TPG se procede a realizar la programación para el sistema de alerta celular.

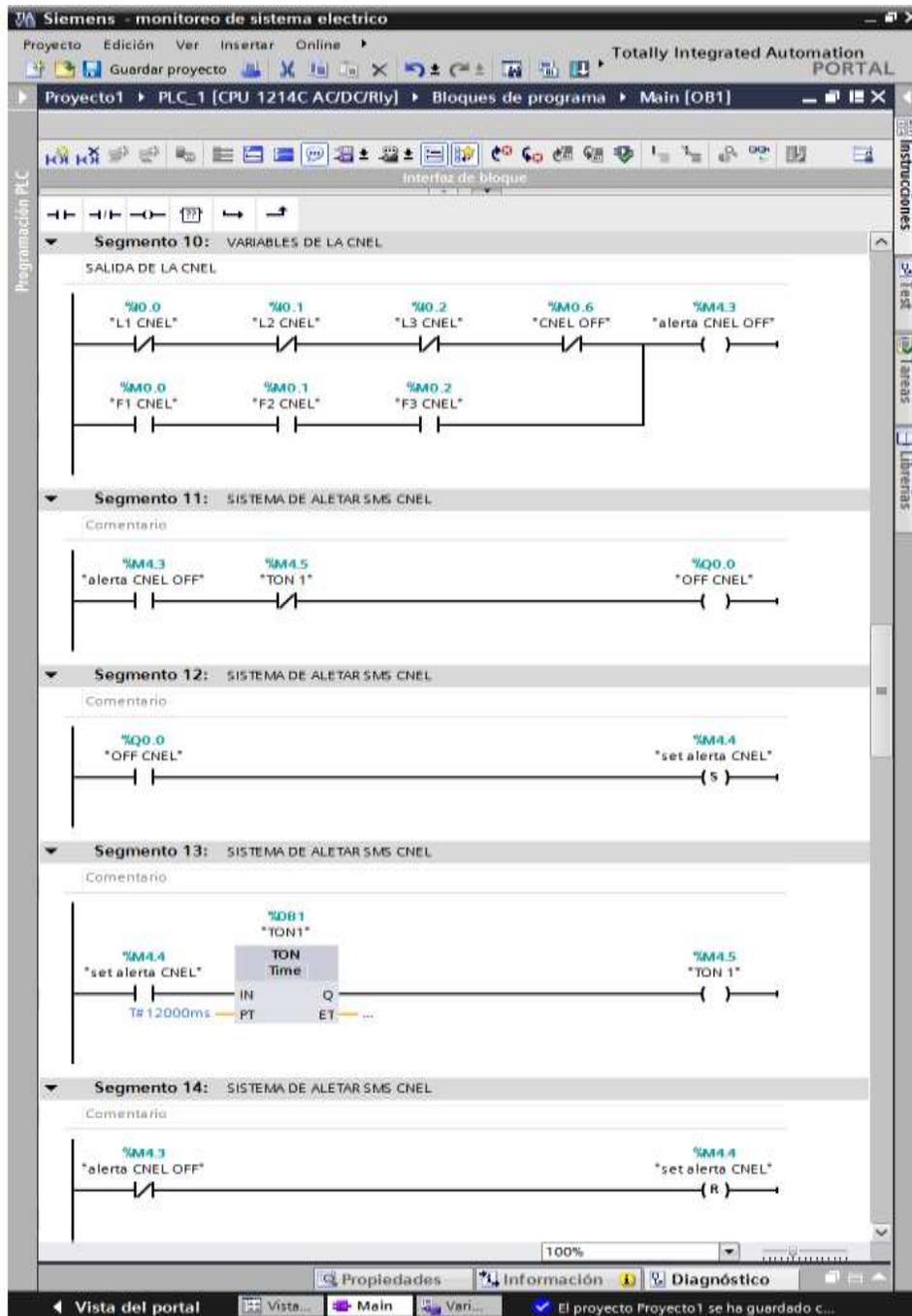


Figura 37: Sistema de alarma de la CNEL con salida para Arduino

Fuente: El autor

Desde el segmento 15 de la figura 38, se muestra la etapa de alerta por medio de una llamada y mensaje de texto cuando se pierde una o varias líneas del generador.

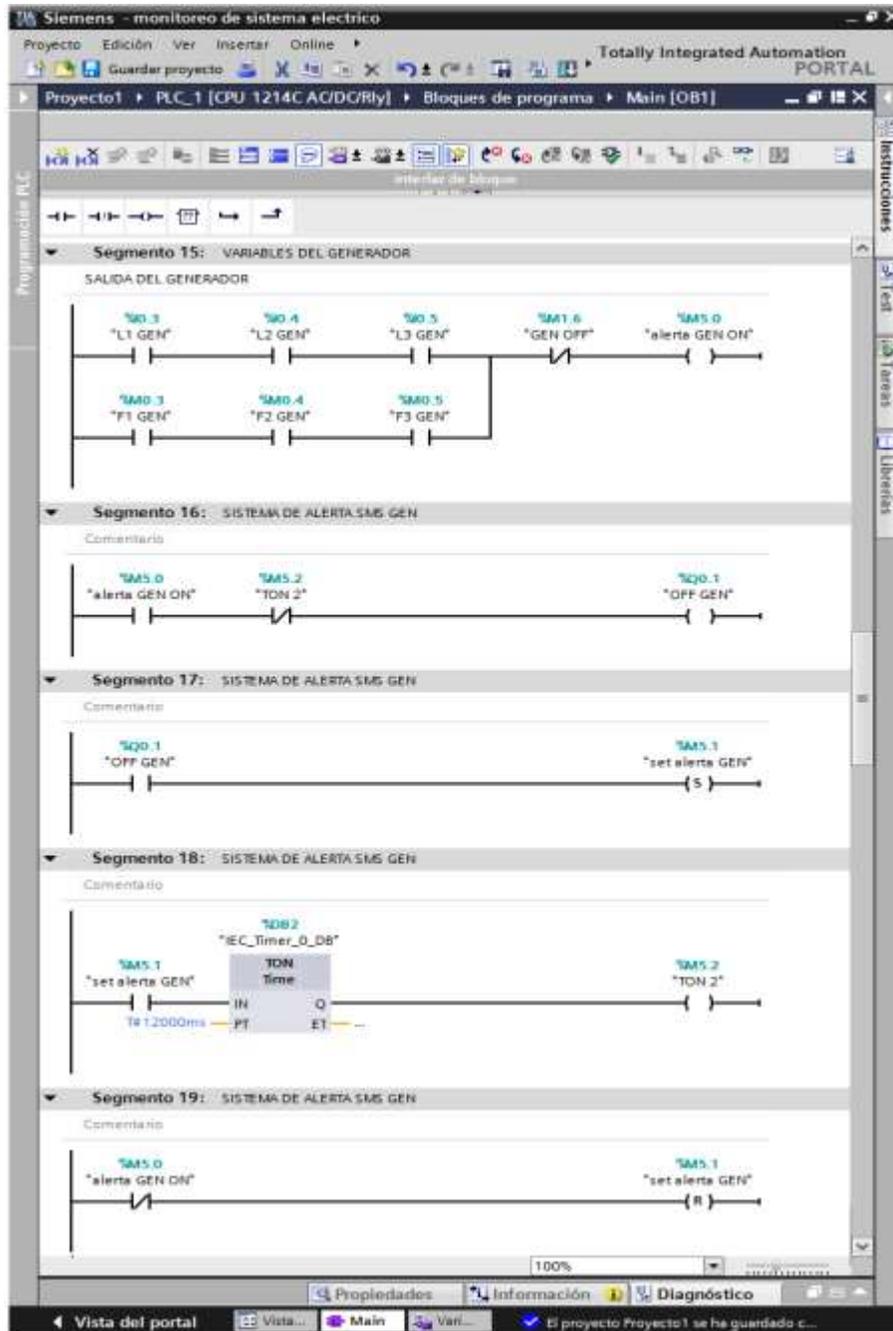


Figura 38: Sistema de alarma del Generador con salida para Arduino

Fuente: El autor

Al igual que el sistema de alerta celular diseñado para cuando se pierde la energía eléctrica de la CNEL y cuando se enciende el generador, se diseñó también un sistema de alerta para detectar si las instalaciones de TPG cuentan con energía eléctrica.

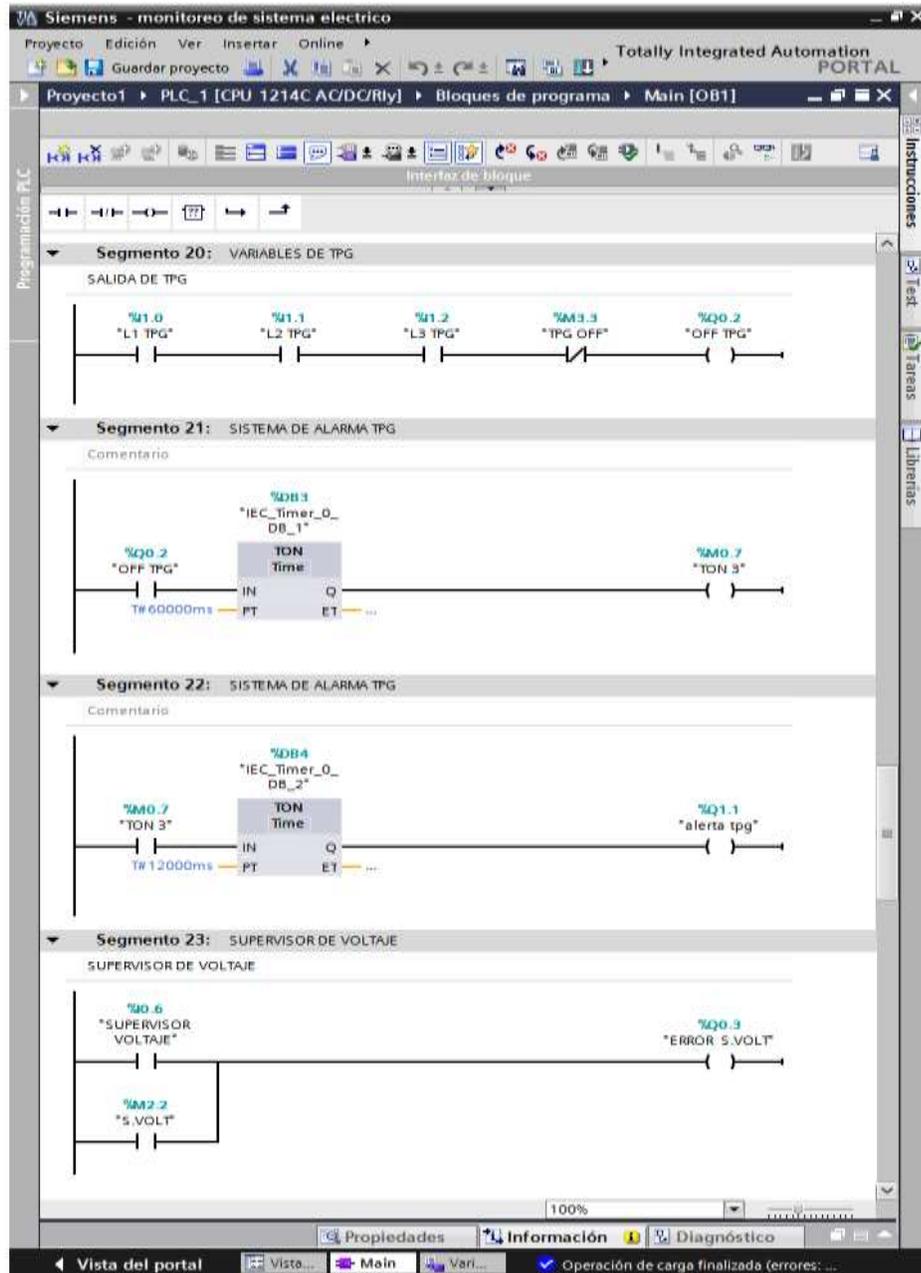


Figura 39: Sistema de alarma del Terminal Portuario de Guayaquil con salida para Arduino

Fuente: El autor

Esta última etapa de la programación está orientada a la adquisición de datos de los sensores del generador eléctrico, tales como: nivel de refrigerante, nivel de combustible y nivel de voltaje de las baterías.

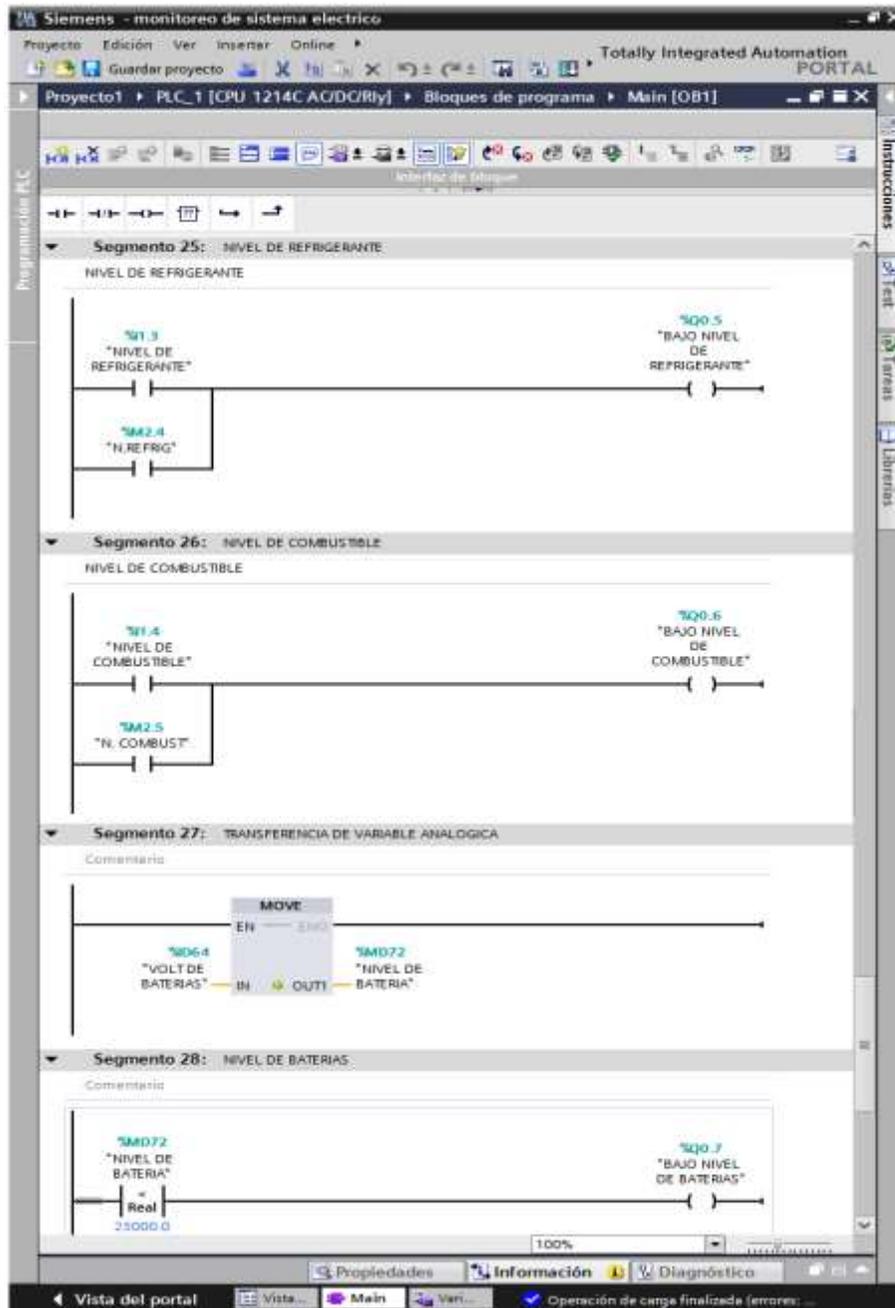


Figura 40: Sistemas de seguridad del Generador

Fuente: El autor

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario un total de 62 variables, las cuales están declaradas en las líneas de programación, de las que también se tomará el mismo nombre con sus respectivas direcciones para usarlas en el OPC SERVER, posteriormente estas variables también serán usadas con el mismo nombre en el sistema SCADA, con la finalidad de evitar conflictos en el proyecto.

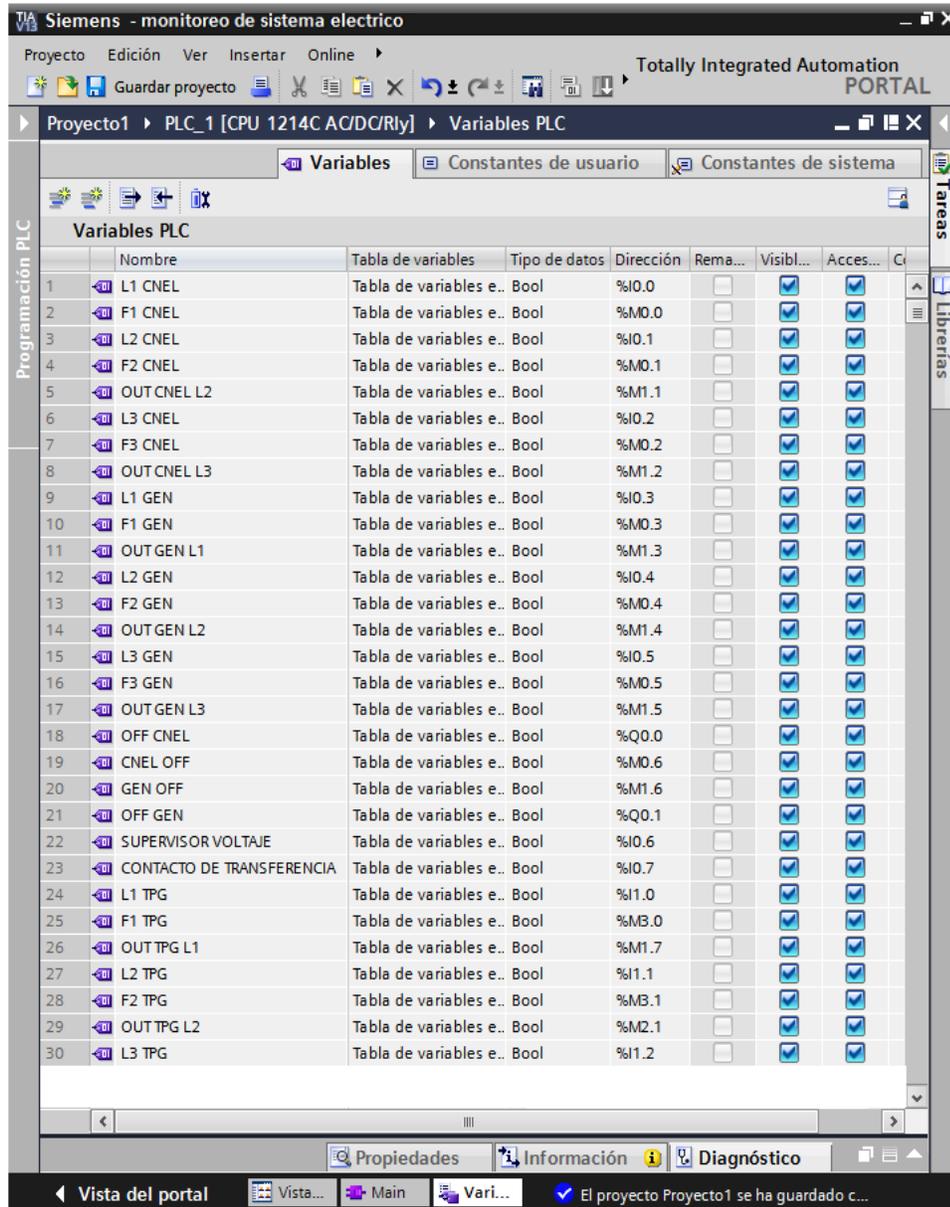


Figura 41: Primera parte de la declaración de variables en la programación.

Fuente: El autor

En la figura 42 se da a conocer el tipo de dato de cada variable que se utilizó para esta programación, en este proyecto existen dos tipos de datos que son: booleanos y reales.

The screenshot shows the 'Variables PLC' table in Siemens TIA Portal. The table lists 63 variables with their names, data types, and addresses. Two variables are circled in red: 'VOLT DE BATERIAS' (Real, %ID64) and 'alerta tpg' (Bool, %Q1.1).

Nombre	Tabla de variables e..	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Ci
F3 TPG	Tabla de variables e..	Bool	%M3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
OUT TPG L3	Tabla de variables e..	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
OFF TPG	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
TPG OFF	Tabla de variables e..	Bool	%M3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ERROR S.VOLT	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ERROR DE CONT. TRANSF	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
NIVEL DE REFRIGERANTE	Tabla de variables e..	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
NIVEL DE COMBUSTIBLE	Tabla de variables e..	Bool	%I1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
VOLT DE BATERIAS	Tabla de variables e..	Real	%ID64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
BAJO NIVEL DE REFRIGERANTE	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
BAJO NIVEL DE COMBUSTIBLE	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
BAJO NIVEL DE BATERIAS	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
S.VOLT	Tabla de variables e..	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
C.TRANSF	Tabla de variables e..	Bool	%M2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
N.REFRIG	Tabla de variables e..	Bool	%M2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
N. COMBUST	Tabla de variables e..	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
GENERADOR RUNNING	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
OUT CNEL L1	Tabla de variables e..	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
NIVEL DE BATERIA	Tabla de variables e..	Real	%MD72	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
BAJA BATERIA	Tabla de variables e..	Bool	%M2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
GENERADOR ON	Tabla de variables e..	Bool	%M2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
lock L3 CNEL	Tabla de variables e..	Bool	%M4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
lock L2 CNEL	Tabla de variables e..	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
lock L1 CNEL	Tabla de variables e..	Bool	%M4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
alerta CNEL OFF	Tabla de variables e..	Bool	%M4.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
set alerta CNEL	Tabla de variables e..	Bool	%M4.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
TON 1	Tabla de variables e..	Bool	%M4.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
alerta GEN ON	Tabla de variables e..	Bool	%M5.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
set alerta GEN	Tabla de variables e..	Bool	%M5.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
TON 2	Tabla de variables e..	Bool	%M5.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
TON 3	Tabla de variables e..	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
alerta tpg	Tabla de variables e..	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 42: Total de variables usadas en la programación

Fuente: El autor

3.4. Configuración del NI OPC SERVER

Tal como se había mencionado en el capítulo 2.7.8. El OPC SERVER es un software el cual nos permite comunicar un dispositivo de control con un sistema SCADA en este caso el dispositivo de control es un PLC S7-1200 de Siemens y para el sistema SCADA se está utilizando el software LabView 2013 de National Instrument.

A continuación se presentan los pasos en forma detallada de la configuración necesaria para establecer una conexión entre el sistema de control y el sistema de supervisión.

Al iniciar el programa se da clic en el icono nuevo proyecto, y se crea un nuevo proyecto al mismo que se le debe agregar un nombre.

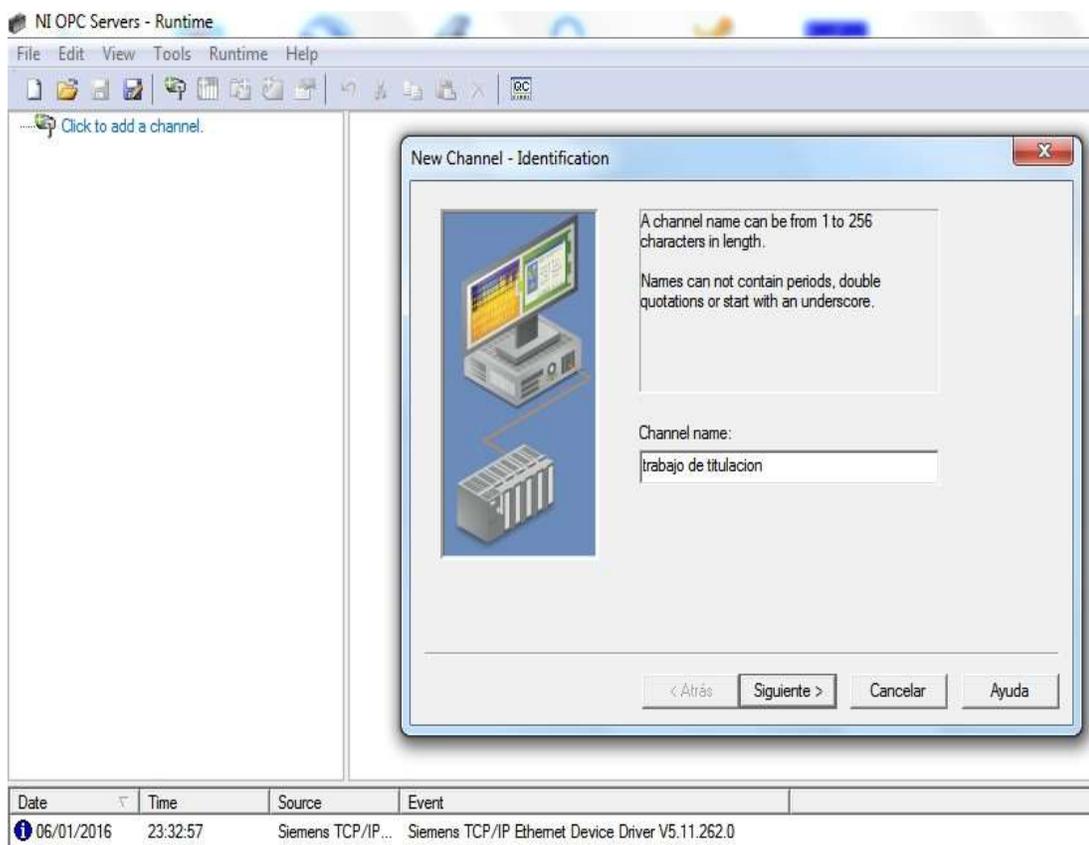


Figura 43: Creación y nombre del proyecto al inicio de la configuración del OPC

Fuente: El autor

Búsqueda y selección del driver para el dispositivo de control.- En esta ventana se debe buscar entre la librería del OPC SERVER si se encuentra el dispositivo de control con el cual se va a implementar el proyecto, ya que puede tratarse de un dispositivo moderno y de última generación como también puede ser un dispositivo que se encuentre discontinuado.

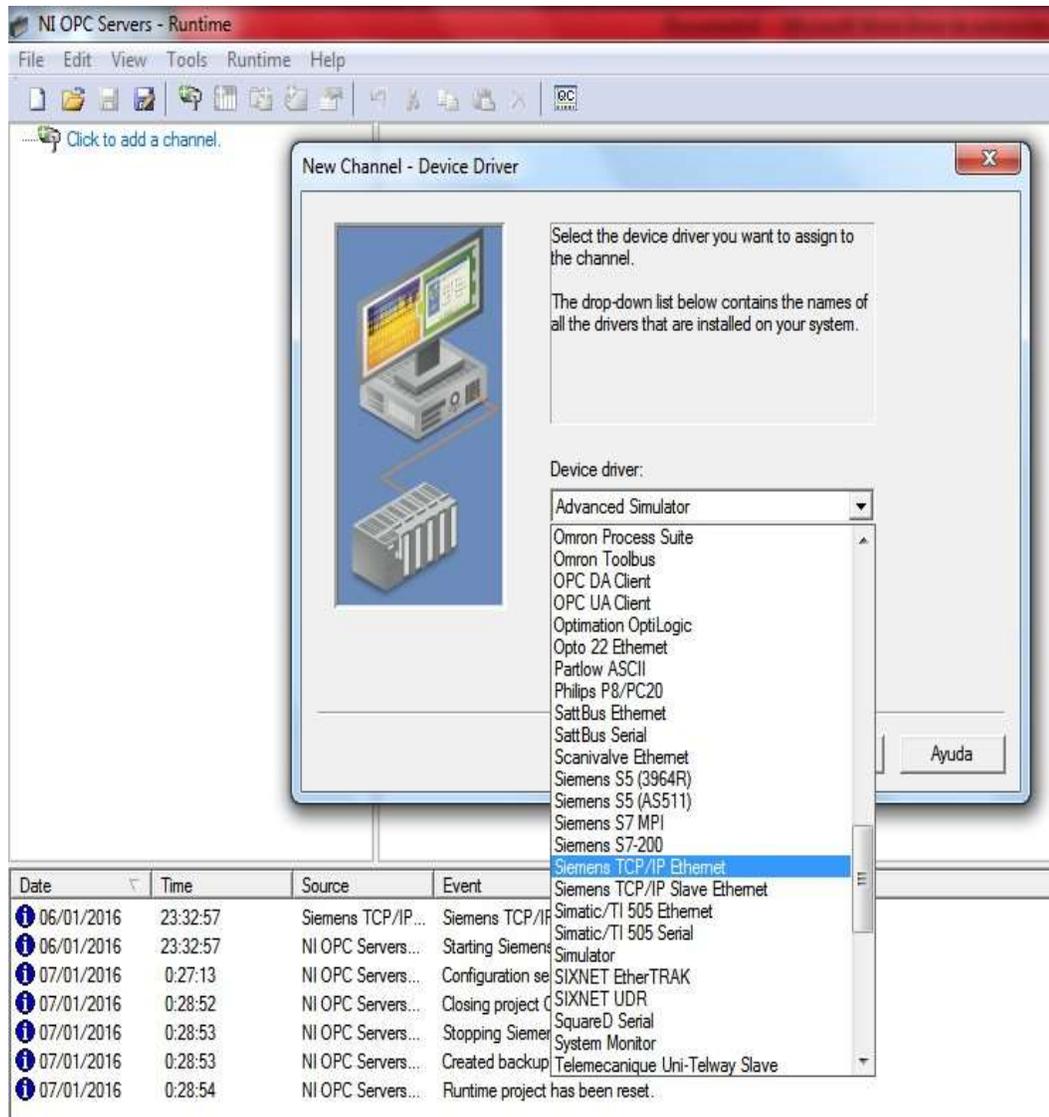


Figura 44: Búsqueda del driver para el dispositivo de control a realizar la implementación.

Fuente: El autor

Para este caso, ya una vez seleccionado el driver del dispositivo a instalar, en las próximas ventanas se debe seleccionar por defecto la opción *siguiente* hasta finalizar el canal de configuración.

Antes de finalizar se revisa las configuraciones iniciales que muestra el cuadro de texto en la parte superior.

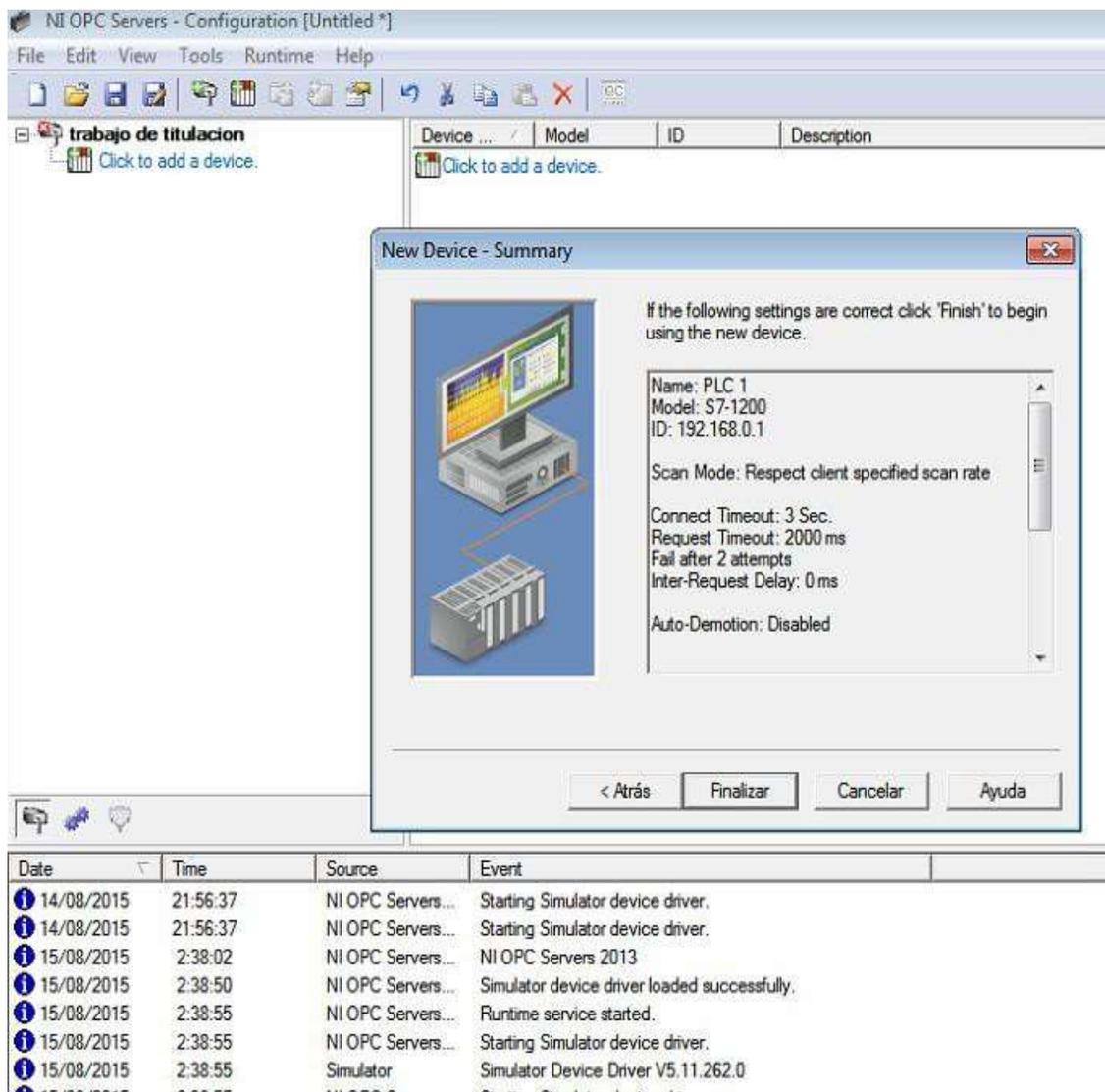


Figura 45: Canal inicial configurado.

Fuente: El autor

La selección del dispositivo de control se debe realizar en la ventana que se genera después de haber creado el proyecto, en donde se debe elegir la marca y el modelo del controlador sin importar su versión o generación y seguido por la dirección IP que este tiene o al menos la que se generó en el Software de diseño TIA PORTAL, cuando se configuro el PLC.

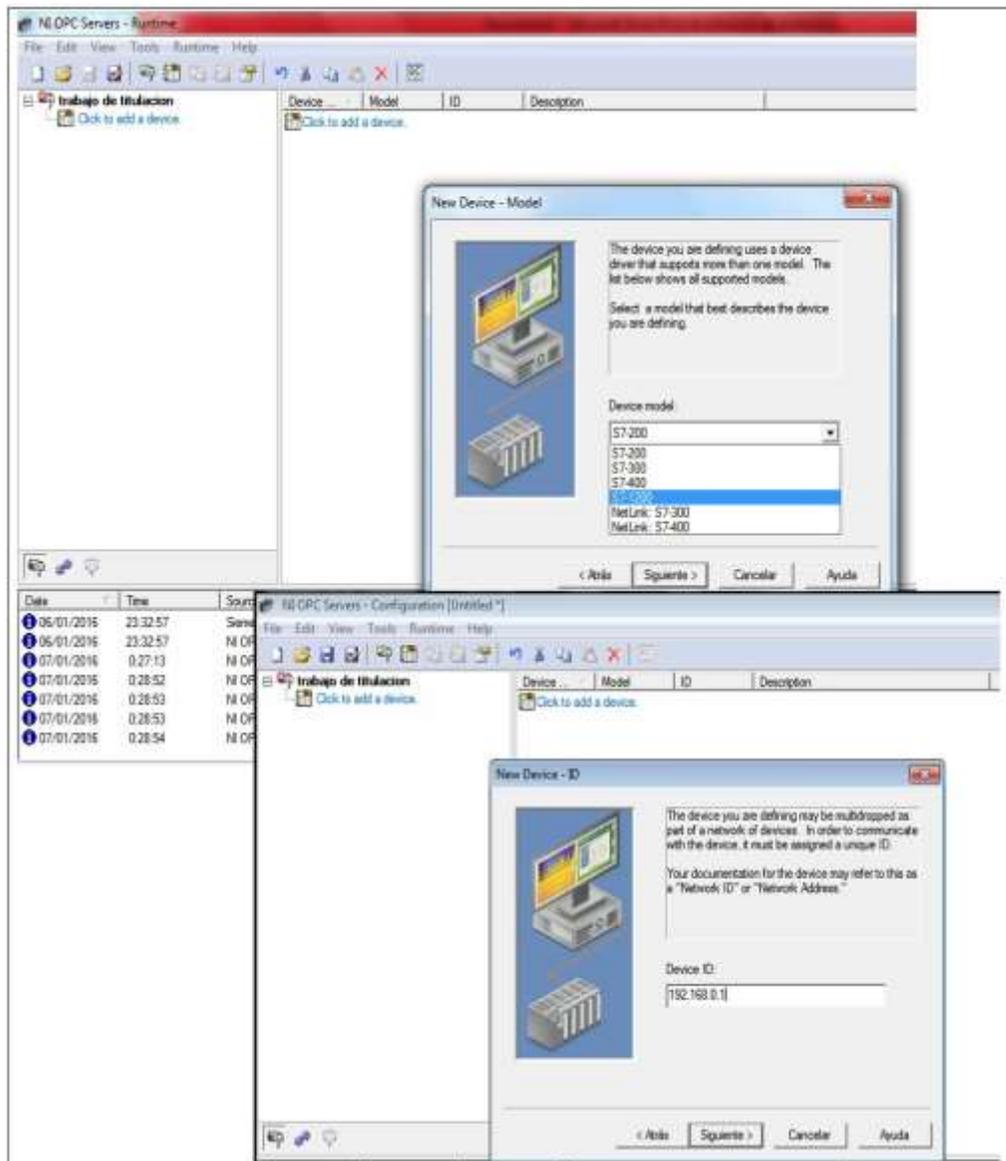


Figura 46: Selección del dispositivo de control y la dirección IP en el servidor OPC de National Instrument.

Fuente: El autor

Una vez creado el proyecto y elegido el dispositivo de control, lo siguiente es crear las carpetas para sectorizar las variables creadas en el TIA PORTAL, que en este caso se refiere a las entradas y salidas a supervisar desde el sistema SCADA con el software LabView 2013 y posteriormente asignarle a cada una de las variables o tags estáticas un nombre.

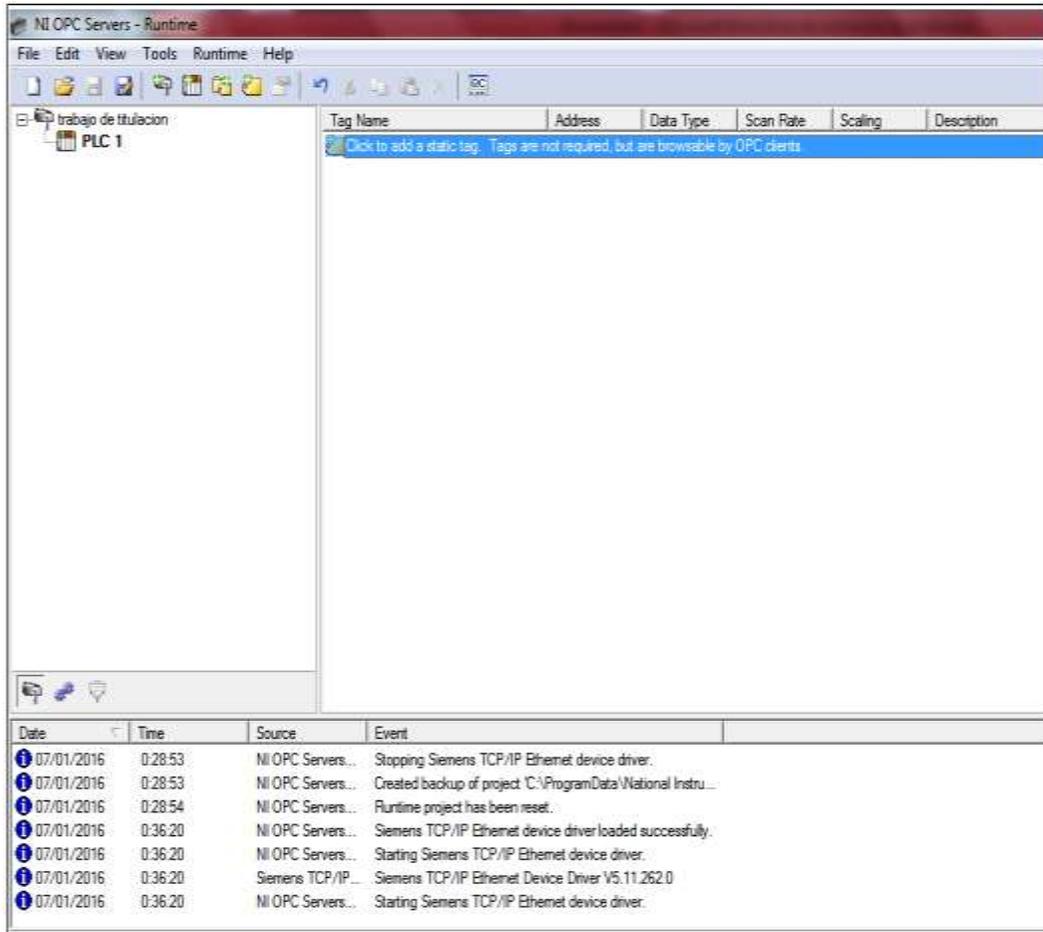


Figura 47: Ventana con el proyecto y el dispositivo creado, listos para iniciar la creación de los tags.

Fuente: El autor

El siguiente clic se lo debe dar en aceptar con el fin de que se guarden las propiedades de cada uno de los tags creados.

Para continuar con la configuración es necesario crear los tags estáticos y asignarles un nombre, de preferencia que sean los mismos nombres que poseen las variables en el software TIA PORTAL, es preciso saber que un tag es la representación de cada una de las direcciones que se contienen en el PLC y además hay que conocer que este es un requisito para que se lleve a cabo la comunicación.

Al dar clic en agregar tags estáticos se presentará una ventana la cual estará con varios campos vacíos en donde se ubicarán los nombres, tipo de dato, tipo de acceso ya sea leer y/o escribir y direcciones que se necesitan para crear correctamente los tags.

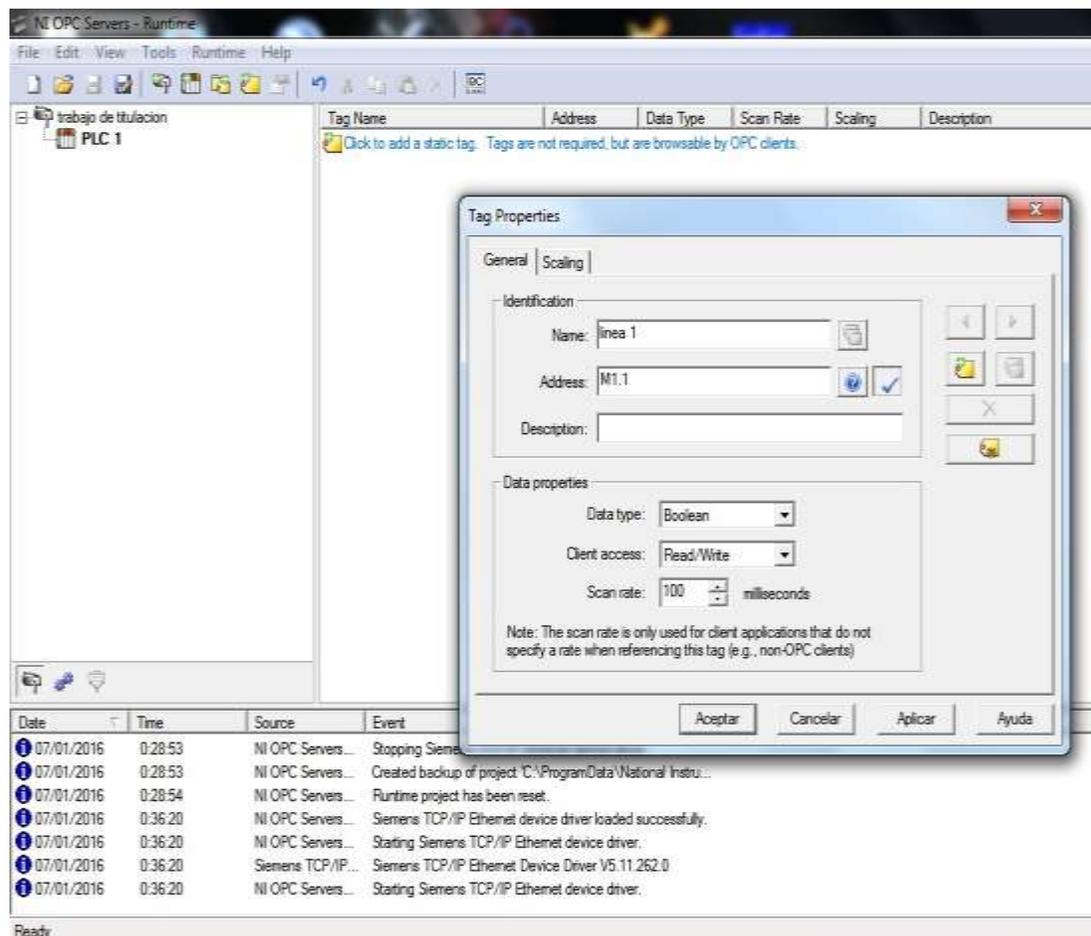


Figura 48: Configuración en la ventana de propiedades de cada uno de los tags.

Fuente: El autor

Al haber creado y guardado todos los tags requeridos, el siguiente paso es entrar en modo cliente y revisar las variables y su estado actual, para esto se necesita dar clic en el icono de QUICK CLIENT que se encuentra en la parte superior de la barra de herramientas, solo después de este paso es posible comprobar que existe una comunicación entre el PLC y el sistema SCADA.

Además existe la posibilidad de revisar desde el QUICK CLIENT cuál de las variables está bien configurada y esta es una de las cualidades que tiene este programa ya que emite una lista de alarmas de las variables que no poseen una buena configuración.

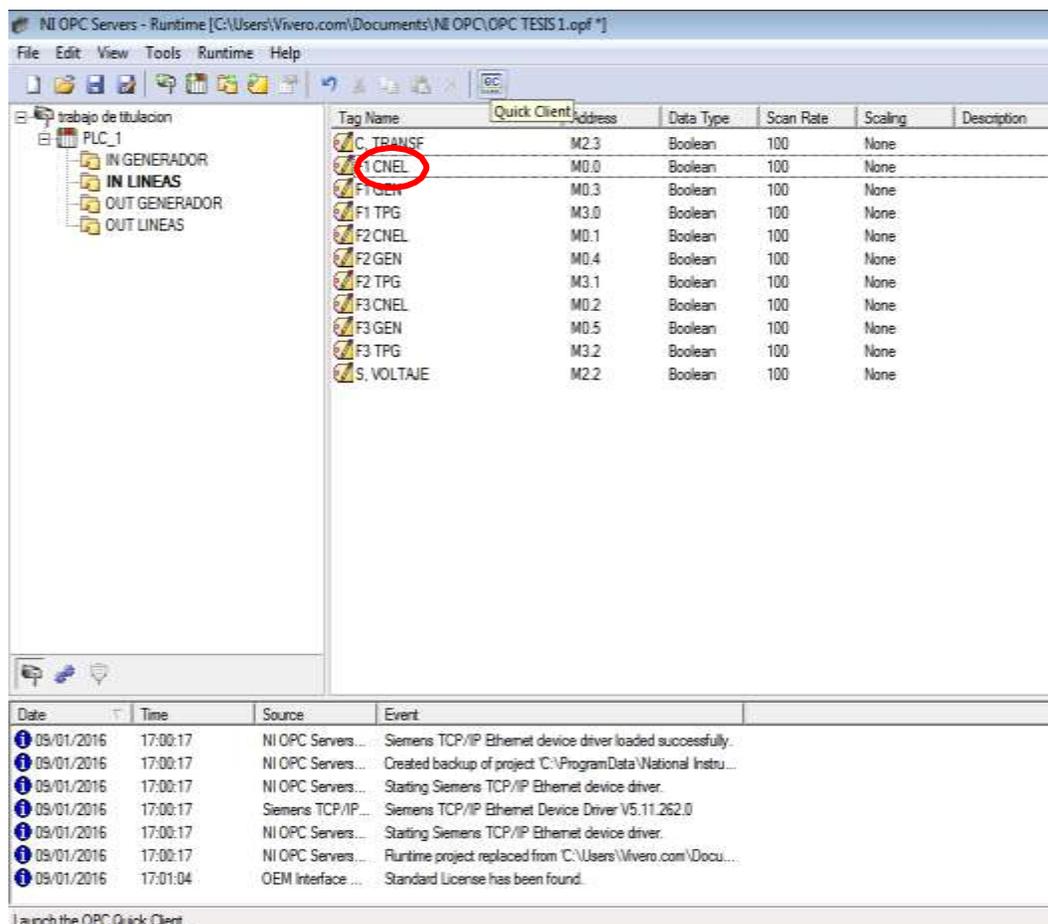


Figura 49: Ubicación del icono de QUICK CLIENT en donde se debe dar clic una vez que se ha creado todos los tags a comunicar.

Fuente: El autor

Una vez ya dentro del QUICK CLIENT este muestra varias carpetas que se generan al crear el proyecto y se debe elegir la carpeta en donde se encuentra el nombre neto del proyecto sin que diga **system o statistic** al final del nombre del archivo, al dar clic en esa carpeta se podrá ver la buena calidad de la comunicación y solo entonces se podrá acceder a los tags desde el sistema SCADA.

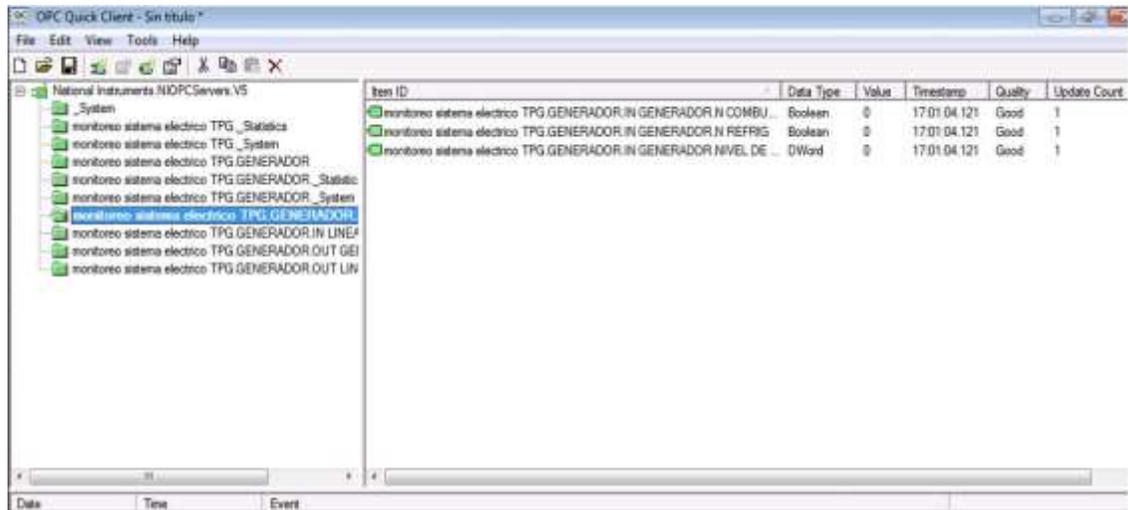


Figura 50: Proceso final de la configuración del OPC SERVER

Fuente: El autor

3.5. Configuración del sistema SCADA

El sistema SCADA, utilizado para el monitoreo y control de procesos de sistemas industriales hoy ofrece una facilidad de uso para crear y configurar gráficos de un sistema a supervisar, también permite obtener accesos a la información de datos de todo un sistema en tiempo real.

En esta aplicación será utilizada solo para supervisar el estado de las señales del sistema eléctrico de los sensores y líneas de fuerza del generador y las líneas de fuerza de la CNEL que provienen del tablero de transferencia eléctrica dentro de las instalaciones del Terminal Portuario De Guayaquil.

Para el desarrollo de este proyecto se usó el software LabView 2013, quien es un programa de la familia NATIONAL INSTRUMENT.

En la figura 51 se puede visualizar la pantalla de inicio del programa el cual permitirá el monitoreo del sistema eléctrico que se desea supervisar de forma remota.

Los programas desarrollados mediante LabView se denominan Vis (Instrumentos Virtuales) esto se debe a que su apariencia y funcionamiento son similares a los de un instrumento real



Figura 51: Pantalla de inicio de LabView 2013 el cual servirá como sistema SCADA.

Fuente: El autor

A continuación se describirán detalladamente los pasos necesarios para lograr una correcta configuración del proyecto a implementar.

3.5.1. Creación Del Proyecto

Para crear un proyecto se da clic en el botón *Create Project* que se puede notar en la apertura del programa en la pantalla de inicio.

A continuación se presentan 2 ventanas en donde se procede a realizar el desarrollo del sistema SCADA las cuales son:

- La ventana de color gris se le conoce como **PANEL FRONTAL** y es donde se muestran las gráficas que sirven como interfaz entre el Vis y el operador, aquí se pueden encontrar distintos controles e indicadores tales como: potenciómetros, led's, botones, barras indicadores de nivel, etc.
- La ventana de color blanco se le conoce como **DIAGRAMA DE BLOQUES** y es donde se realiza la programación y conexión necesarias para controlar y procesar los bloques que fueron creados en el panel frontal.

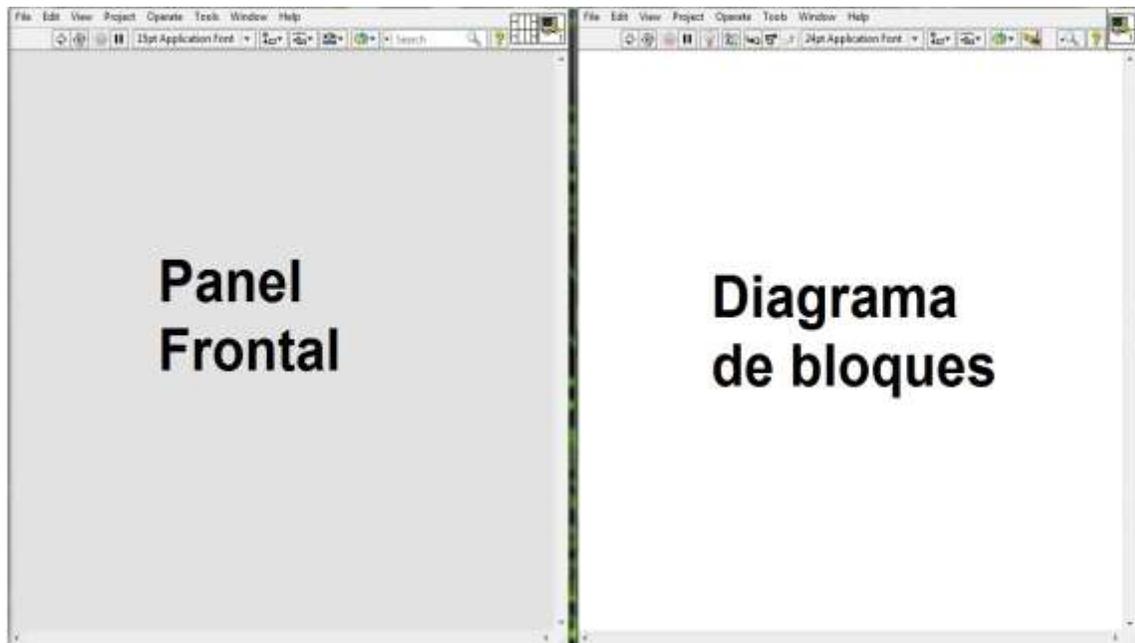


Figura 52: Pantalla de inicio de trabajo de LabView 2013.

Fuente: El autor

Una vez abierto el programa y listas las pantallas de trabajo se procede con la elección de elementos a utilizar para la tarea deseada.

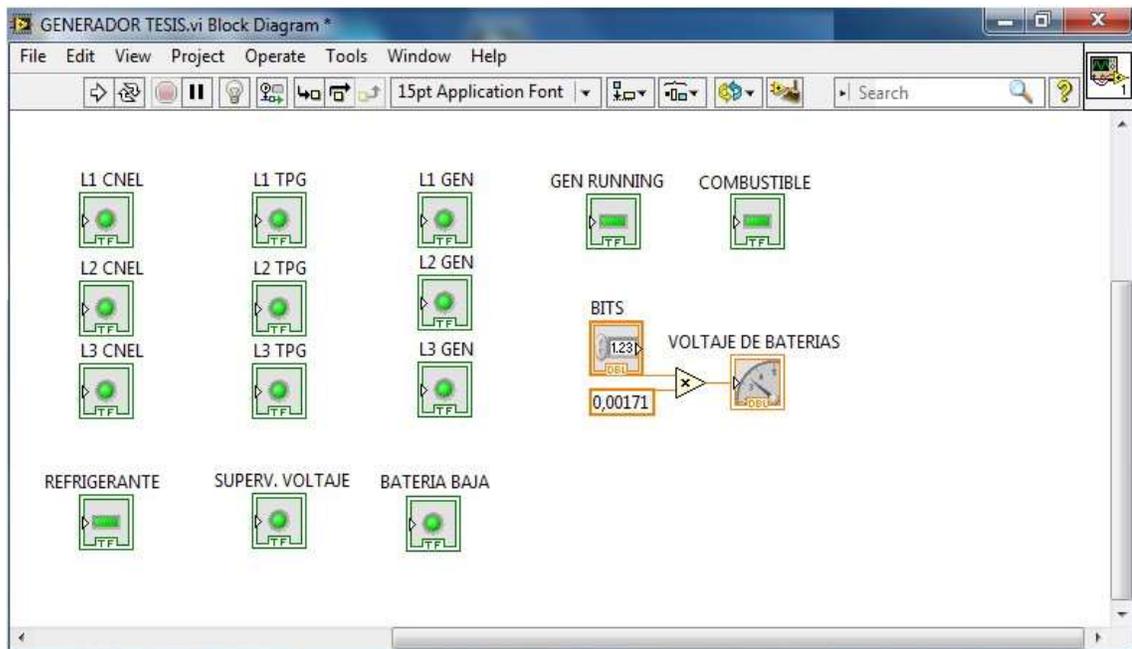


Figura 53: Elementos seleccionados para monitorear.

Fuente: El autor

Los elementos de color verde representan los datos de tipo booleano y los de color naranja indican que son de tipo analógico.

En este caso la mayoría de elementos son led's para monitorear las señales digitales que provienen de los sensores del generador y las señales de alimentación de voltaje de las líneas de la empresa CNEL y en su momento del generador, también se eligió un gráfico de tipo analógico para la medición de voltaje de las baterías de arranque.

Para una fácil comprensión de lo que sucede en el sistema eléctrico al momento de realizar el monitoreo remoto, en el sistema SCADA se ha diseñado una ventana que represente las gráficas digitales con similares características a las del tablero de control y monitoreo que está instalado actualmente en el cuarto eléctrico, este comentario se refiere a los led's físicos y al nivel de voltaje de baterías que se refleja tanto en la pantalla de control del generador como en el cargador de baterías.

Las señales que se tiene indicando en el tablero de control son las que se pueden visualizar en el sistema SCADA tanto en forma local como de forma remota.

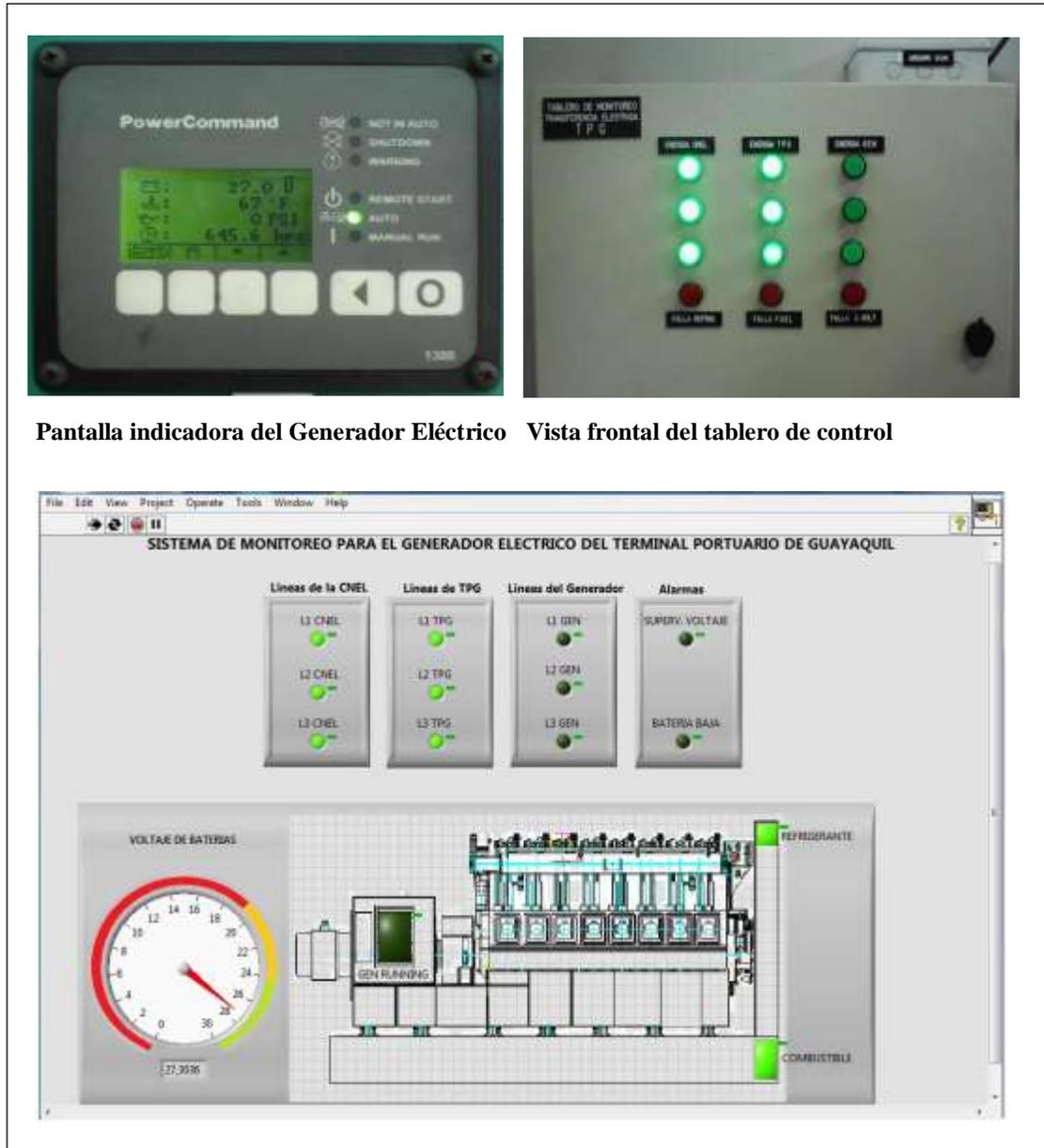


Figura 54: Sistema SCADA con gráficas similares a las señales físicas.

Fuente: El autor

3.5.2. Configuración de la conexión entre el sistema SCADA y el OPC SERVER

Una vez que ya se ha elegido los elementos a utilizar para el proyecto, es cuando comienza la conexión entre el PLC y el sistema SCADA por medio del OPC.

Lo primero es asignar un tag anteriormente configurado del OPC SERVER a cada uno de los elementos a monitorear en el sistema SCADA, en este caso a los LED'S que servirán como indicadores.



Figura 55: Configuración de elementos para interconectar con el PLC mediante el OPC SERVER.

Fuente: El autor

La instrucción, es dar clic derecho sobre el elemento a configurar e ir hasta el botón de propiedades y luego elegir la opción que dice Data Binding.

Este proceso de debe repetir para los demás elementos que están en la pantalla del diagrama de bloques, debe ser idéntico sin importar el tipo de dato a configurar puesto a que la configuración inicial para los tipos de datos se la realizó en el OPC SERVER.

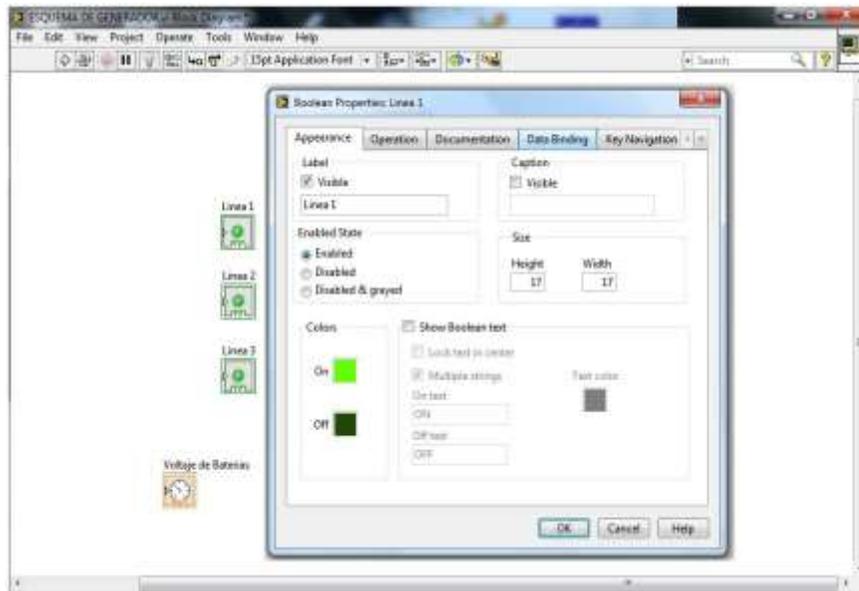


Figura 56: Configuración de un elemento en el sistema SCDA

Fuente: El autor

Al estar dentro de la ventana de Data Binding, escogemos la opción Data Socket.

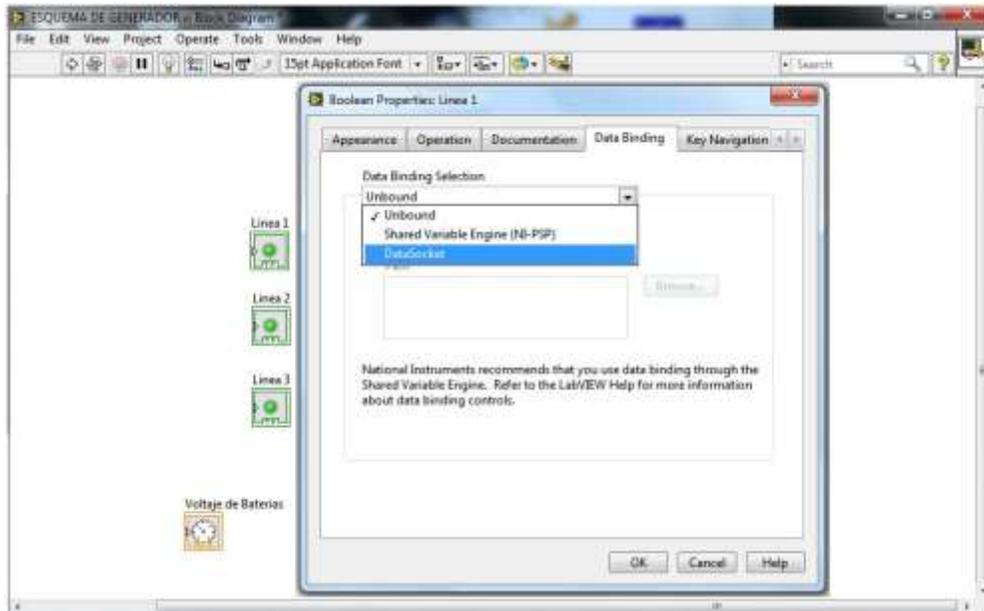


Figura 57: Conexión de datos por medio del Software LabView 2013

Fuente: El autor

El siguiente procedimiento es escoger que tan accesible se quiere que sea el dato, este tema se refiere a que se puede específicamente seleccionar solo leer, escribir o tener la posibilidad de realizar ambas cosas lo cual es más común en sistemas de control y supervisión.

En el caso particular de este proyecto se eligió la opción de solo leer tal como se puede ver en la figura 58, puesto que se debe a un sistema de monitoreo, además con la firme intención de que no se puedan forzar o cambiar el estado de los datos desde un punto remoto, por una razón propiamente de seguridad.

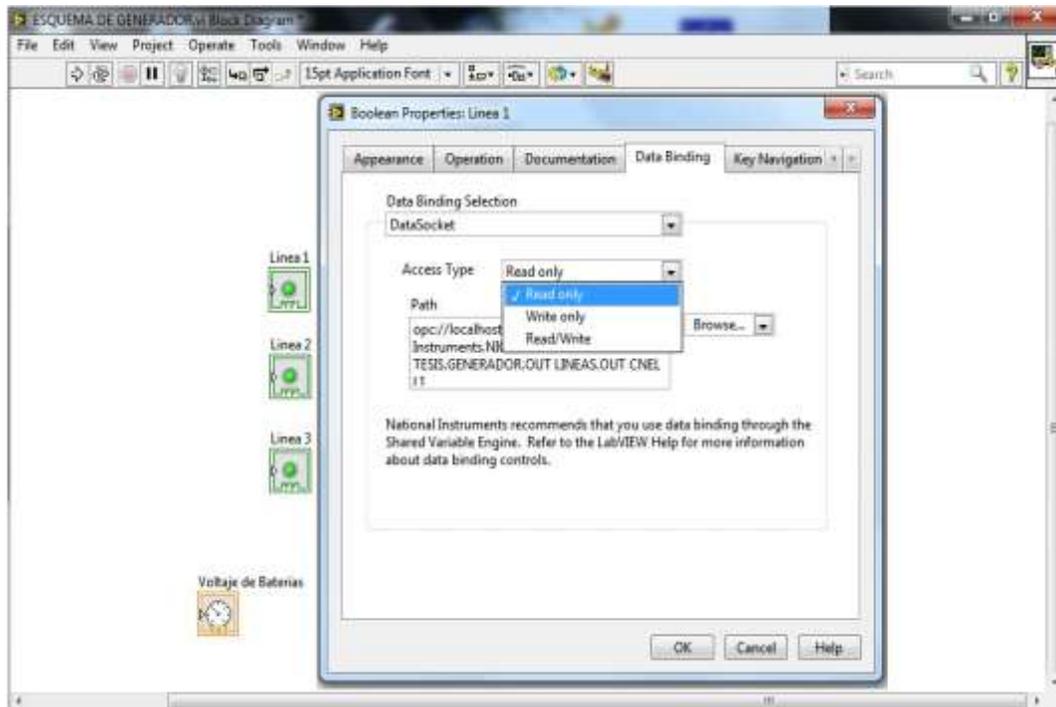


Figura 58: Selección del tipo de accesibilidad del dato a configurar

Fuente: El autor

El siguiente paso será elegir de donde se va a extraer el enlace que logre comunicar al sistema SCADA con el PLC.

Esto es posible ingresando a la carpeta de la base de datos que se creó con anterioridad en el OPC SERVER al momento de configurar los tags.

Para conseguirlo es necesario dar clic en el botón **Browser** elegir la opción que aparece con el nombre **DSTP Server**, buscar la ubicación del archivo en donde se guardaron las propiedades de los tags al momento de su configuración individual, tal como lo muestra la siguiente figura 59.

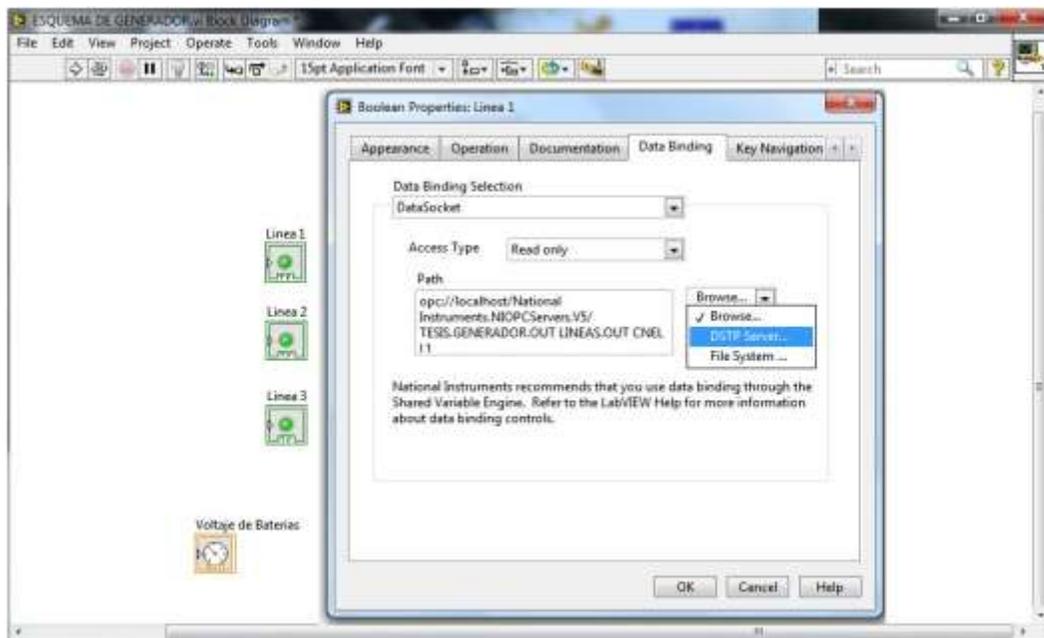


Figura 59: Acceso a la base de datos del OPC SERVER

Fuente: El autor

Para finalizar con la configuración de la conexión de datos de un programa a otro, hay que buscar el tag que se desea enlazar con el elemento de LabView 2013, el mismo que debe estar dentro de una carpeta de la base de datos del OPC SERVER, una vez asignado el tag, se da doble clic y luego se selecciona la opción **OK** en la ventana de propiedades del elemento y con eso se da por finalizada la conexión.

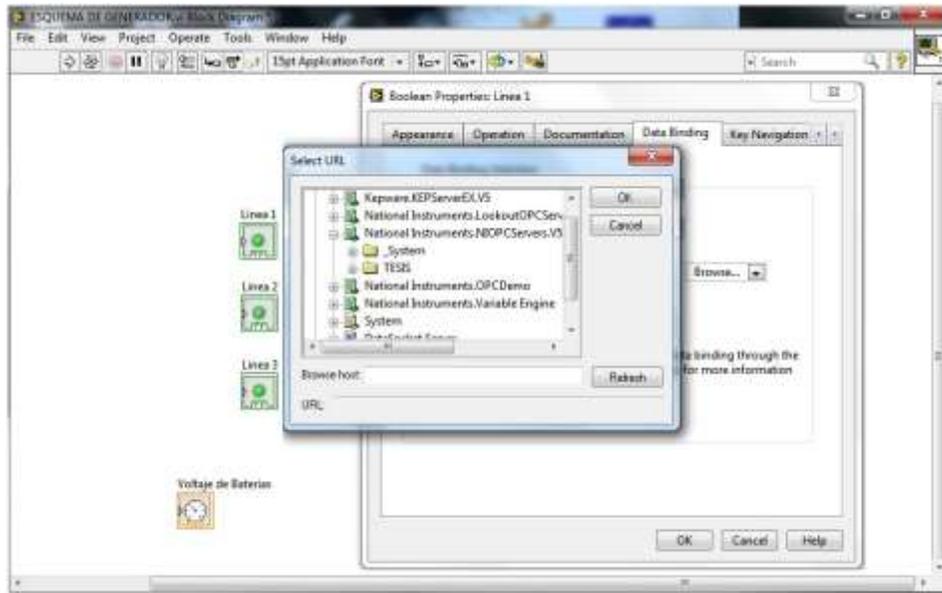


Figura 60: Selección de carpeta donde se encuentra el archivo de la base de datos
Fuente: El autor

Los datos que se desean enlazar entre LabView y el OPC se encuentran en una carpeta que se origina automáticamente al momento que se crea un proyecto en el OPC SRVER.

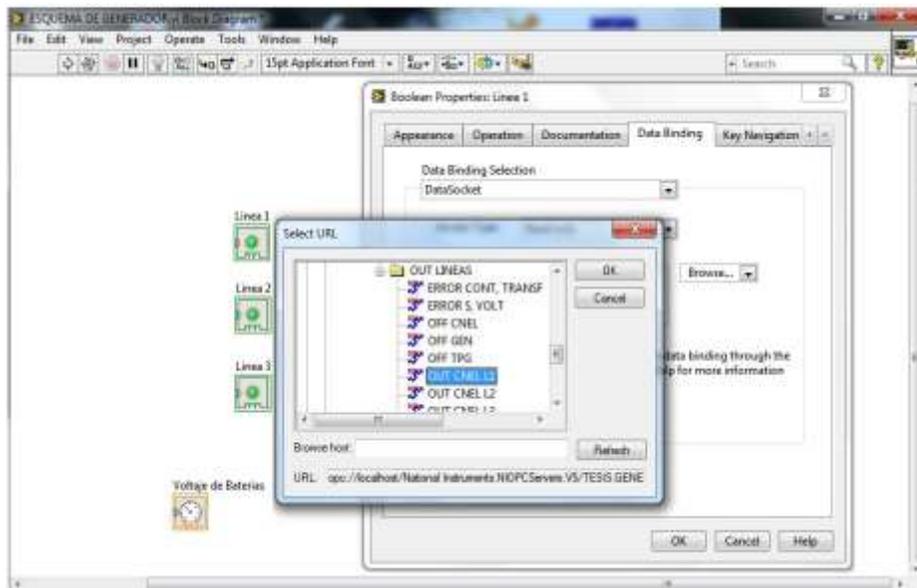


Figura 61: Elección del tag para vincularlo con el dato de LabView

Fuente: El autor

3.6. Programación de la Tarjeta Arduino Uno

La tarjeta de Arduino se utilizó en este proyecto para realizar la tarea de informar y poner en alerta de un evento mediante un mensaje de texto en el teléfono celular a los técnicos responsables del sistema eléctrico del Terminal Portuario de Guayaquil.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la versión del Software Arduino 1.6.5

A continuación se describe en detalle el proceso necesario para la programación de esta tarjeta.

Al abrir el programa se mostrara una ventana de inicio, en la cual está una barra de herramientas donde se debe seleccionar el botón HERRAMIENTAS, luego de esto hay que elegir el puerto por el cual se va a comunicar con el computador en donde se está realizando la programación, puesto que la tarjeta tiene un puerto de comunicación USB.

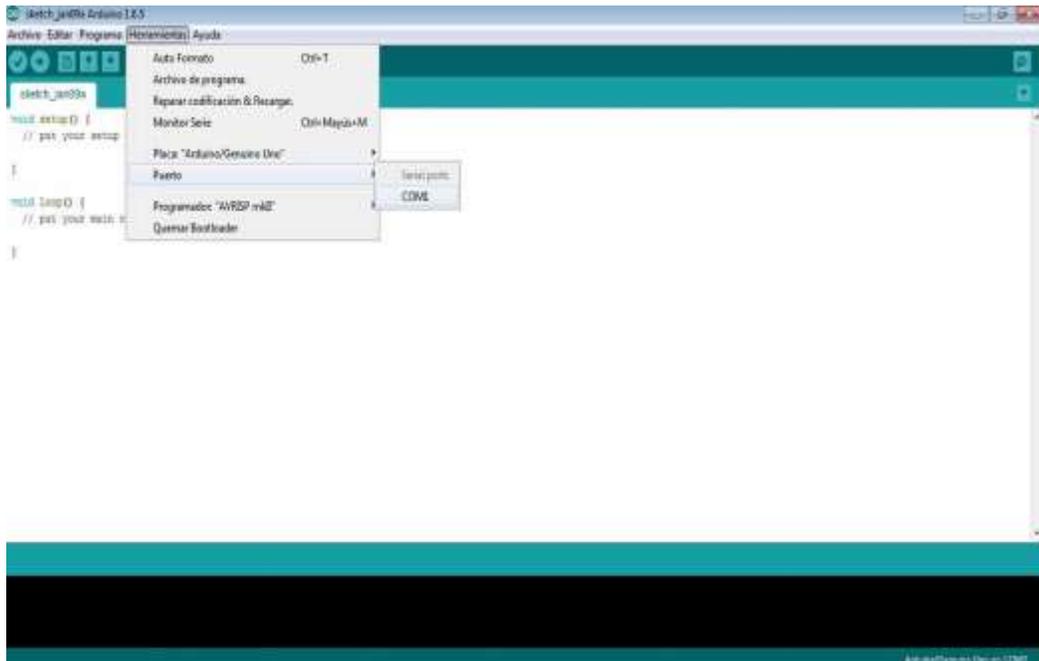


Figura 62: Selección del puerto para comunicarse la tarjeta con el PC

Fuente: El autor

Luego de haber elegido el puerto de comunicación adecuado, se debe escoger el modelo de la tarjeta.

En el mismo botón de herramientas en el cual se eligió el puerto de comunicación se debe dar clic y buscar el modelo de tarjeta con la cual se va a implementar el proyecto.

Para este caso se eligió la placa de Arduino/Genuino Uno.

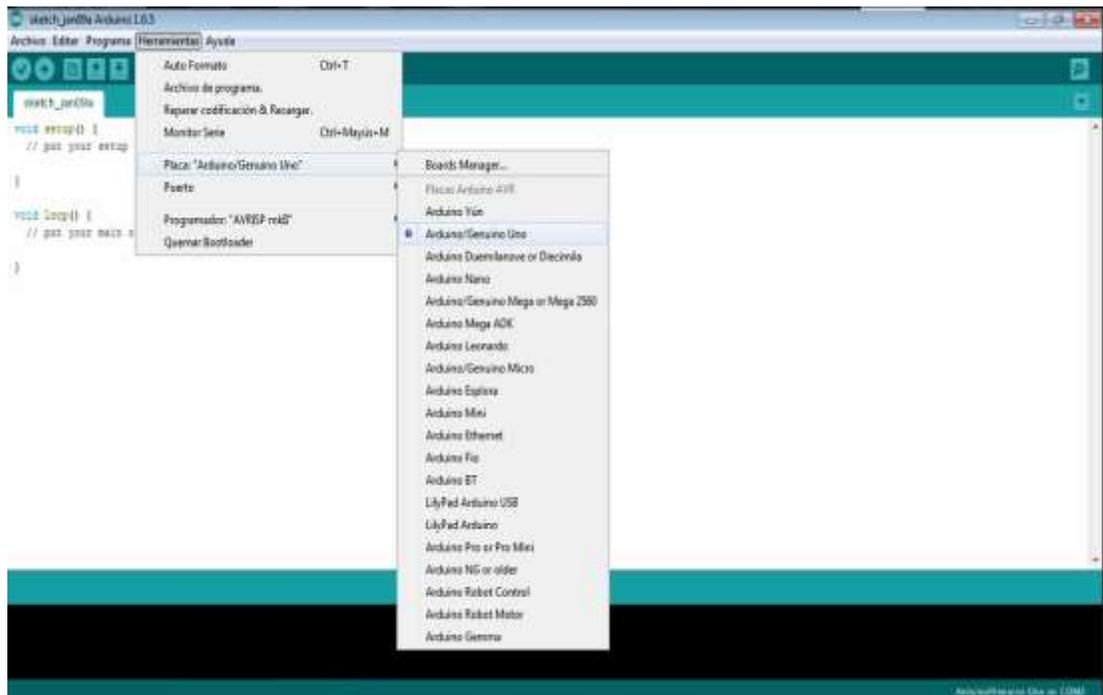


Figura 63: Selección de tarjeta Arduino a programar

Fuente: El autor

Una vez realizada la correcta selección del puerto de comunicación y el modelo de la tarjeta, se puede dar paso a la programación, la misma que se mostrará en la figura 64.

Al lado derecho de cada línea de programación se ubicó en forma de comentario la función de cada comando utilizado para el desarrollo del proyecto.

Como en todo software al terminar las líneas de programación esta debe ser compilada, si no hay mensajes de error el paso siguiente es cargar el proyecto al micro controlador.



```
alertastpg Arduino 1.6.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
alertastpg
void loop()
{
  if (digitalRead(3)==HIGH)
  {
    SIM900.println("ATD + +59398636453:");//llamada telefonica al primer numero
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(15000);
    SIM900.println("ATH");//codigo activado para colgar la llamada, luego del tiempo del delay
    delay(3000);
    digitalWrite(13,HIGH);//led encendido para indicar la primera llamada
    delay(300);
    digitalWrite(13,LOW);//led apagado para indicar que se termino este lazo
    delay(300);

    ////////////////////////////////////SEGUNDA LLAMADA A OTRO TECNICO////////////////////////////////////

    SIM900.println("ATD + +593969809341:");//llamada telefonica al segundo numero
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(15000);
    SIM900.println("ATH");//codigo activado para colgar la llamada, luego del tiempo del delay
    delay(3000);
    digitalWrite(13,HIGH);//led encendido para indicar la primera llamada
    delay(300);
    digitalWrite(13,LOW);//led apagado para indicar que se termino este lazo
    delay(300);

    ////////////////////////////////////envio del sms al primer tecnico////////////////////////////////////

    SIM900.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(100);
    SIM900.println("AT + CMGS = \"+593986364953\");
    delay(100);
    SIM900.println("No hay energia de la CNEL");
    delay(100);
    SIM900.println((char)26);//termino de la communication
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(5000);
    SIM900.flush();
    delay(1000);

    ////////////////////////////////////envio del sms al segundo tecnico////////////////////////////////////

    SIM900.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(100);
    SIM900.println("AT + CMGS = \"+593986364953\");
    delay(100);
    SIM900.println("No hay energia de la CNEL");
    delay(100);
    SIM900.println((char)26);//termino de la communication
    delay(100);
    SIM900.println();
    delay(5000);
    SIM900.flush();
    delay(1000);

  }
}
```

Figura 64: Programación cargada en la tarjeta Arduino Uno

Fuente: El autor

4. Pruebas de Funcionamiento

En este capítulo se describen las pruebas realizadas en los equipos utilizados para la implementación de este proyecto antes de su puesta en marcha. A continuación se explica el procedimiento de funcionamiento del proyecto.

Al momento de que el sistema de control no detecte una de las líneas de fuerza suministrada por la CNEL, se activará la salida Q0.0 del PLC S7-1200 y esta a su vez al relé K13, al conmutarse los contactos de este relé, enviarán un pulso de 5Vdc al pin 2 de la tarjeta Arduino UNO, la misma que por medio de comunicación serial transmitirá este dato digital a la tarjeta de comunicación celular para proceder a realizar la llamada de alerta que dura 15 segundos, seguido por un mensaje de texto indicando la pérdida de energía eléctrica por parte de la CNEL.

En condiciones normales luego de la pérdida del suministro de energía por parte de la CNEL, se debe encender de forma automática el generador de emergencia, si esto ocurre entonces se activará la salida Q0.1 del PLC y esta a su vez al relé K14, al conmutarse los contactos de este relé, enviarán un pulso de 5Vdc al pin 3 de la tarjeta Arduino UNO, la misma que se comunicará con la tarjeta SIM900 para proceder a realizar la llamada de alerta que dura 15 segundos, seguido por un mensaje de texto indicando que el generador de emergencia entró en funcionamiento.

Si se ha generado una pérdida de energía de la CNEL y existe un problema con una de las señales de nivel de combustible, nivel de refrigerante o bajo nivel de voltaje de las baterías de arranque que impida el encendido del generador de emergencia, se activará la salida Q0.2 del PLC y esta a su vez al relé K15, al conmutarse los contactos de este relé, enviarán un pulso de 5Vdc al pin 4 de la tarjeta Arduino UNO, la misma que se

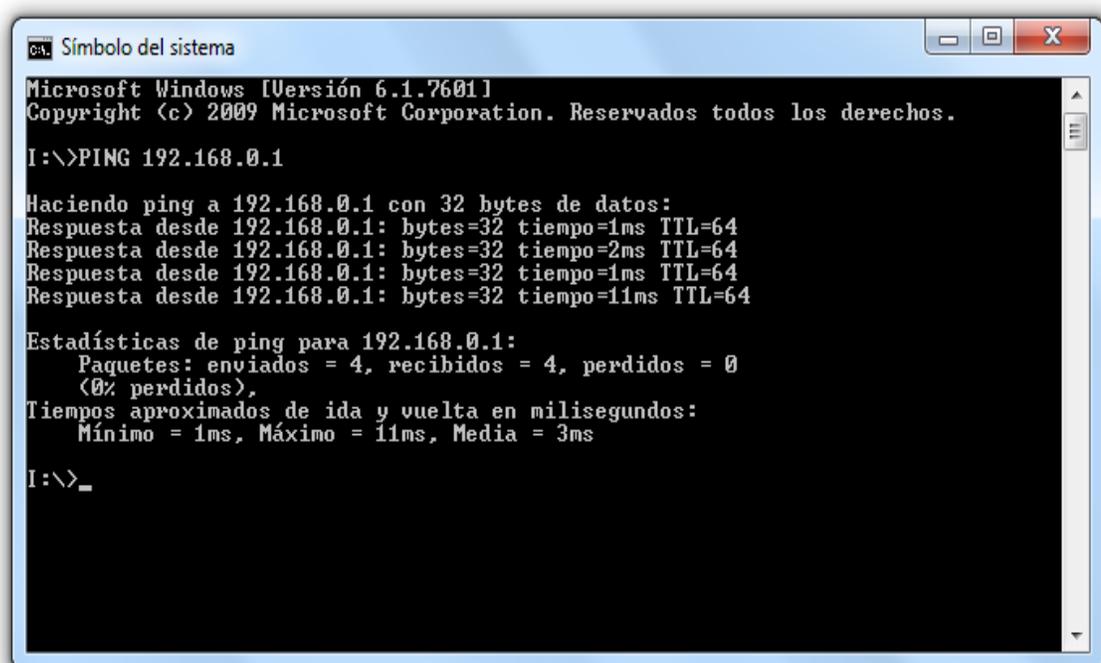
comunicará con la tarjeta SIM900 para proceder a realizar la llamada de alerta que dura 15 segundos, seguido por un mensaje de texto indicando que el generador de emergencia no está en operación y no hay energía eléctrica en TPG.

4.1 Pruebas de comunicación entre PLC y PC

Como primer paso se debe ir a la consola de la PC utilizando el comando WINDOWS + R, en ese momento aparecerá una ventana en la cual se debe escribir CMD luego de esto aparecerá una pantalla de color negro conocida como consola, aquí se deberá escribir PING y la dirección IP del controlador que en este caso es 192.168.0.1

Esta prueba se la realizó con el propósito de asegurarla conexión entre el equipo de control y el computador que servirá para el interfaz del sistema SCADA, ya que están conectados mediante un cable Profinet o más conocido como Ethernet Industrial, de esta forma se comprueba el buen estado del puerto de comunicación del PLC, del computador y los conectores del cable de comunicación.

En la figura 65 se muestra la correcta comunicación entre el PLC y la PC, esto se consiguió haciendo PING desde el computador hacia el PLC.



```
ca. Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

I:\>PING 192.168.0.1

Haciendo ping a 192.168.0.1 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.1: bytes=32 tiempo=11ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.1:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 11ms, Media = 3ms

I:\>_
```

Figura 65: Prueba de ping desde la PC al PLC

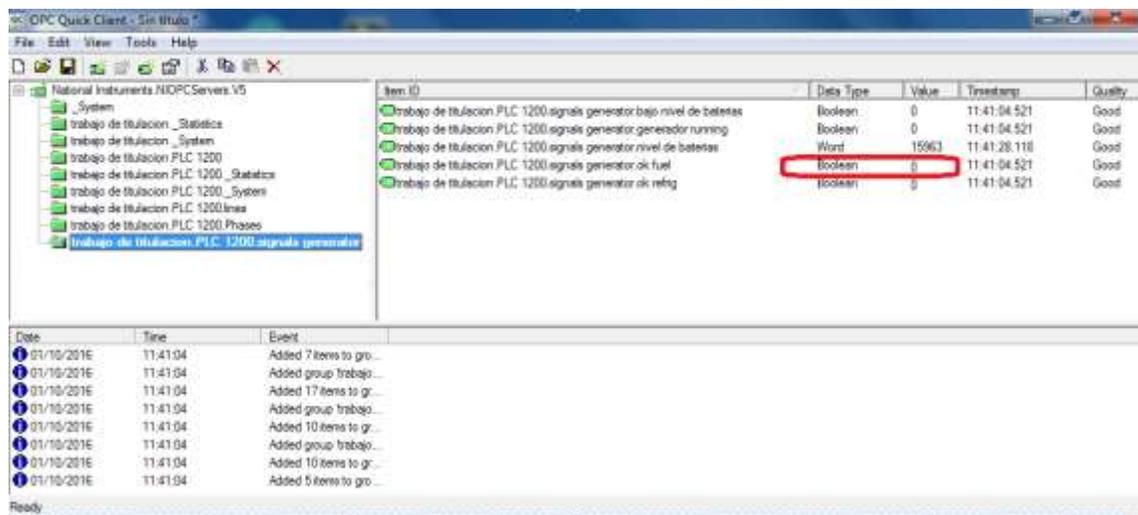
Fuente: El autor

4.2. Pruebas entre LabView 2013, OPC SERVER y PLC

Esta parte de la prueba se basa en la combinación de software y hardware, ya que al realizar un forzado desde el OPC SERVER, se podrá notar el cambio de estado de una variable tanto en TIA PORTAL como en LabView y también en una de las salidas físicas del PLC.

Para este procedimiento el controlador debe estar en modo RUN al igual que software LabView 2013 y el OPC debe estar en modo QUICK CLIENT.

Antes de realizar el forzado en un tag del OPC SERVER se mostrará la figura 66 en donde se puede apreciar el estado OFF de la variable de combustible.



Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality
trabajo de titulacion PLC 1200 signal generador bajo nivel de baterias	Boolean	0	11:41:04.521	Good
trabajo de titulacion PLC 1200 signal generador generador running	Boolean	0	11:41:04.521	Good
trabajo de titulacion PLC 1200 signal generador nivel de baterias	Word	15963	11:41:28.118	Good
trabajo de titulacion PLC 1200 signal generador ok fuel	Boolean	0	11:41:04.521	Good
trabajo de titulacion PLC 1200 signal generador ok refil	Boolean	0	11:41:04.521	Good

Date	Time	Event
01/10/2016	11:41:04	Added 7 items to gro...
01/10/2016	11:41:04	Added group trabajo...
01/10/2016	11:41:04	Added 17 items to gr...
01/10/2016	11:41:04	Added group trabajo...
01/10/2016	11:41:04	Added 10 items to gr...
01/10/2016	11:41:04	Added group trabajo...
01/10/2016	11:41:04	Added 10 items to gr...
01/10/2016	11:41:04	Added 5 items to gro...

Figura 66: Estado Off del tag de nivel de combustible en Quick Client

Fuente: El autor

Esta prueba denotará un buen enlace en todo el sistema de comunicación ya que cualquier cambio realizado sea en software o en la parte de entradas físicas del PLC, producirán cambios en el sistema SCADA y en el interfaz entre software esto quiere decir también en el OPC SERVER.

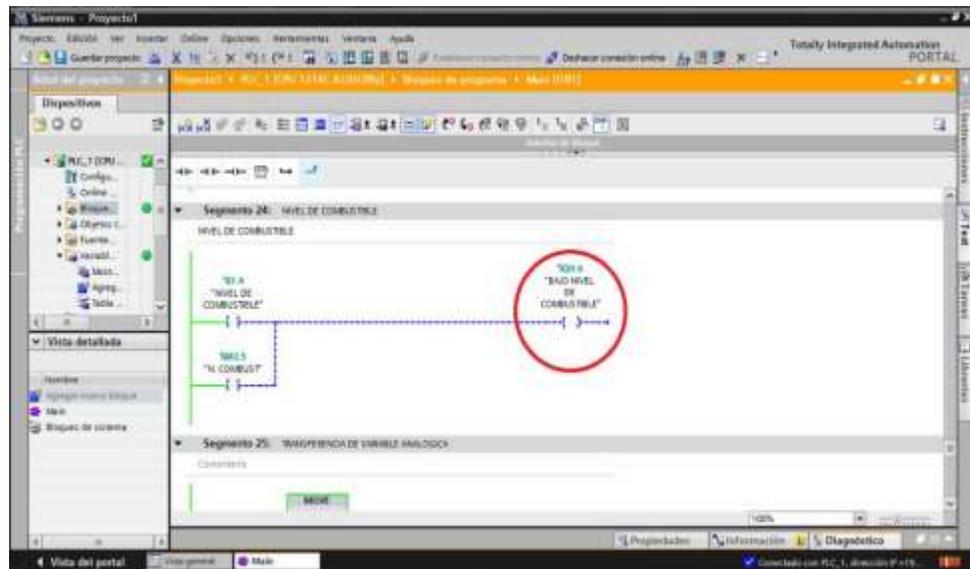


Figura 67: Estado Off de la variable de bajo nivel de combustible en TIA PORTAL

Fuente: El autor

En la figura 68 se puede visualizar el estado de la variable de combustible antes de ser forzada desde el OPC SERVER.

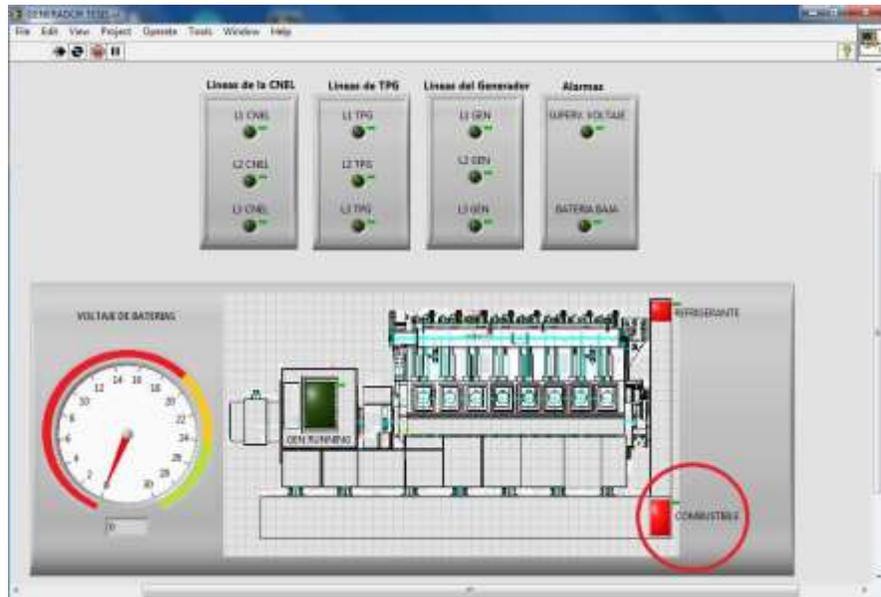


Figura 68: Estado Off de la variable de combustible en LabView 2013

Fuente : El autor

En la figura 69 se muestra el estado de salida Q0.5 antes de ser forzada desde el OPC SERVER



Figura 69: Estado Off de la salida Q0.5 en el controlador S7-1200

Fuente: El autor

Se realiza el cambio de estado de la señal de combustible desde el OPC SERVER.



Figura 70: Forzado del tag de combustible en el OPC SERVER

Fuente: El autor

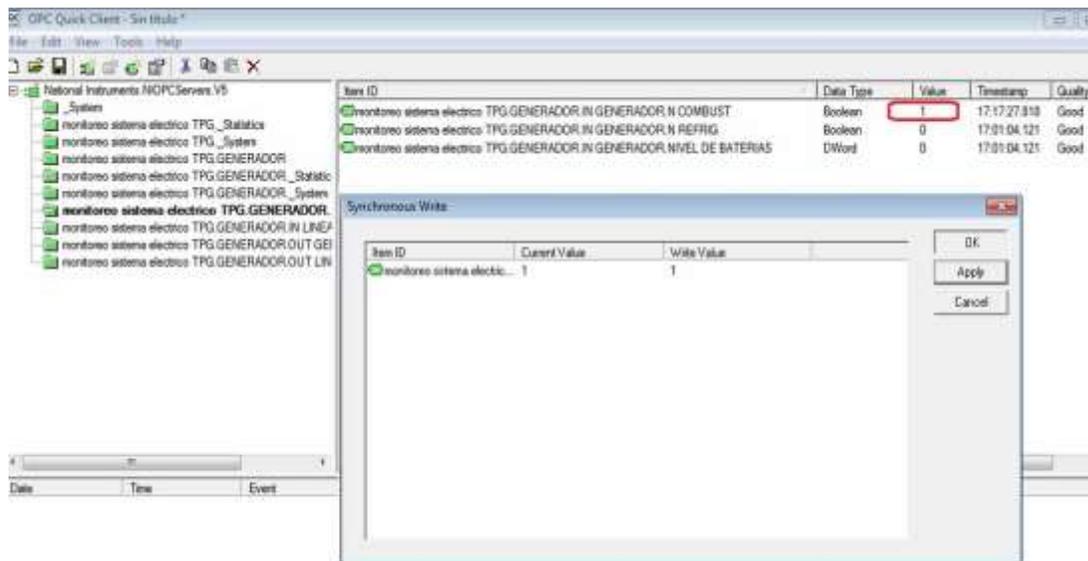


Figura 71: Estado On del tag de nivel de combustible en Quick Client

Fuente: El autor

En la figura 72 se puede visualizar de la salida Q0.5 encendida, luego del forzado en el OPC SERVER de la señal de combustible.

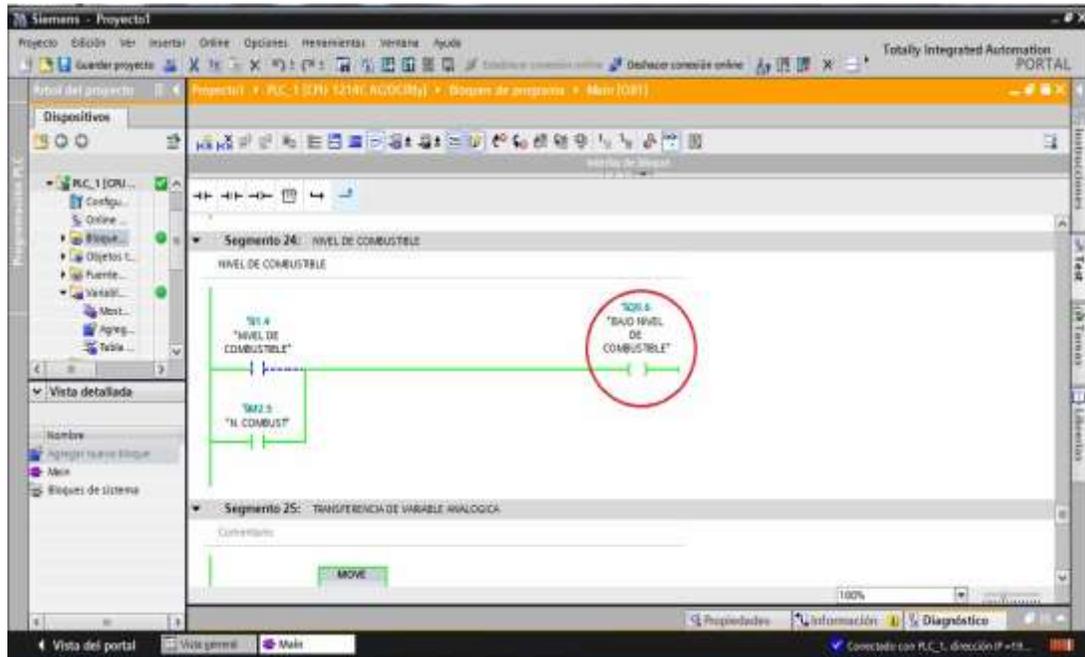


Figura 72: Estado On de la variable bajo nivel de combustible en TIA PORTAL

Fuente: El autor

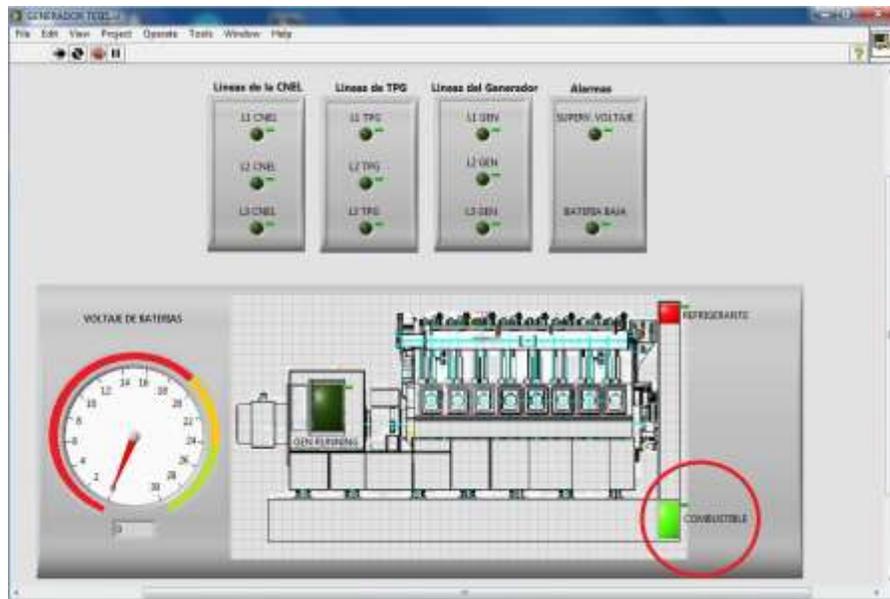


Figura 73: Estado On de la variable de combustible en LabView 2013

Fuente : El autor

En la prueba de funcionamiento se esta comprobando que un cambio en el software se ve reflejado tambien en el hardware.



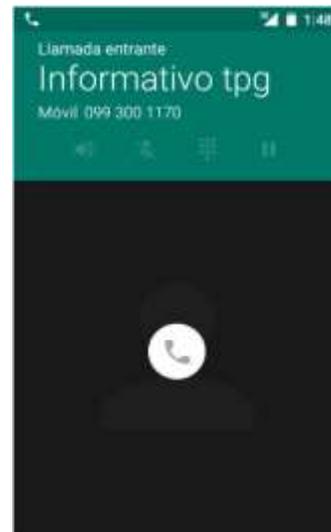
Figura 74: Estado On de la salida Q0.5 en el controlador S7-1200 y llamada celular al número de teléfono configurado

Fuente: El autor

Conclusiones

Luego de realizar el proyecto de implementación se concluir que se cumple el objetivo general de visualizar el estado de las señales eléctricas tanto de sensores del generador como la alimentación suministrada por la empresa eléctrica.

- Para que sea posible la supervisión remota al sistema eléctrico del Terminal Portuario de Guayaquil sin crear una dirección IPv4 pública, fue necesario utilizar el programa Team Viewer versión 10 con la finalidad de poder conectarse a la estación de monitoreo ubicada en el cuarto de generador.



puede
los

- La adquisición de datos se realizó única y exclusivamente con el PLC S7-1200 quien luego de recibir las señales a monitorear también es el encargado de procesar la información.
- La tarjeta Shield 900 utilizada para la comunicación celular fue adquirida con las mismas características físicas que la tarjeta Arduino Uno, con el propósito de aprovechar la compatibilidad entre estas y así no utilizar fuentes de alimentación adicionales que requieren espacio y dinero.
- La compatibilidad del NI OPC SERVER con LabView 2013 fue de gran ayuda ya que facilitó la comunicación entre el controlador y el sistema SCADA.
- Las instalaciones realizadas en el cuarto de generadores fueron debidamente estudiadas con un previo análisis debido a las condiciones ambientales a la que está expuesto el tablero de control, por lo cual se utilizó un tablero con norma IP 64 y su encofrado de tipo pesado.

Recomendaciones

Para el uso de este sistema es necesario tener presente las siguientes recomendaciones puesto que la manipulación de cualquier equipo o edición en el programa del proyecto, puede causar alteraciones a los parámetros inicialmente configurados.

- Realizar los mantenimientos periódicos desde ahora no solo al generador sino también al sistema de monitoreo tal como los bornes de control del tablero eléctrico, al menos los bornes y contactos del tablero cada 6 meses ya que el mantenimiento del generador dependerá de sus horas trabajadas las cuales son cada 500 horas.

- Alimentar los equipos de control y monitoreo estrictamente de la salida del UPS de 1500VA puesto que de otra forma no funcionaría el sistema SCADA en caso de un corte de energía.
- Cuando se dé el caso de realizar un mantenimiento al tablero de control y se deba quitar la alimentación del tablero, es necesario iniciar por el breaker del PLC para que no se active la alarma por medio de mensajes de texto, y al momento de energizar nuevamente el tablero el breaker del PLC debe ser el último en accionar.
- Las personas que manipulan el computador estacionario deben ser solo las que están capacitadas para el mismo y no se deberán hacer cambios de parámetros a menos que la situación de la empresa lo requiera.

Presupuesto

LISTADO DE MATERIALES PARA SISTEMA SCADA EN TPG				
Ítem	Descripción del Material	Precio Uni.	Cantidad	Precio total
1	PLC S7-1200 6ES7 214-1BG40-0XB0	695	1	695
2	Cable Ethernet	3.8	10 mts	38
3	Relé de 24vdc 8pines	16	5	80
4	Relé de 120vac 8 pines	16	10	160
5	Bases para relé de 8 pines	5	15	75
6	Supervisor de voltaje 3~ 220vac	78.3	1	78.3
7	Breakers de 3p-1A 220V	42	3	126
8	Breaker 1p-1A 220V	14	2	28
9	Breaker 1p-1A 24Vdc	14	1	14
10	Tablero de control de 60*60*20	78	1	78
11	Luces pilotos Led verde 120v	6	10	60
12	Luz piloto Led roja 120v	6	2	12
13	Canaleta Ranurada de 33*33	5	2	10
14	Riel din	3	2	6
15	Borneras de control calibre 18	1.12	24	26.88
16	Rollo de cable flexible calibre 18awg	19	2	38
17	Tarjeta Arduino Uno	25	1	25
18	Tarjeta Shield Sim900	65	1	65
19	Computador de escritorio	600	1	600
20	Radar o sensor de nivel de combustible	250	1	250
21	UPS 1500VA-120V Interactivo	300	1	300
22	Ingeniería del proyecto	20	240 Hrs	4800
TOTAL				7565.18

Nota: El costo de los materiales del proyecto fueron cubiertos en un su totalidad por el Terminal Portuario de Guayaquil.

Bibliografía

- ABB. (2016). *Sistemas de Control*. Recuperado el 05 de 01 de 2016, de Sistemas 800:
<http://new.abb.com/control-systems/system-800xa>
- Arduino. (2015). *Escudo Shield Arduino*. Recuperado el 19 de 09 de 2015, de productos:
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>
- Arduino. (2015). *Genuino Uno*. Recuperado el 19 de 09 de 2015, de Productos:
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- Catedu. (2010). *montaje del simulador 1200*. Recuperado el 03 de 01 de 2016, de Industrial Ethernet:
<http://www.catedu.es/elechomon/s71200/CARACTERISTICAS%20Y%20MONTAJE%20DEL%20SIMULADOR%20S7-1200.pdf>
- Dahl-Skog, R. (01 de 2012). *Deal Books Library*. Recuperado el 16 de 12 de 2015, de Introduccion a los Controladores Logicos Programables:
<http://dealsbook.me/deal-book/introducci-n-a-la-programaci-controladores-l-gicos-Dt4.html>
- electric, A. b. (2015). *UPS*. Recuperado el 6 de 12 de 2015, de productos y servicios:
<http://www.apc.com/shop/ec/ls/products/APC-Power-Saving-Back-UPS-Pro-1500/P-BR1500G>
- eléctrica, r. i. (junio de 2011). *editores online*. Recuperado el 5 de diciembre de 2015, de sistemas de transferencia: http://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/255/sistema_de_transferencia_automatico
- Gomez, R. R. (04 de 09 de 2014). *Apuntes de Sistemas Electronicos Industriales*. Recuperado el 23 de 12 de 2015, de conceptos basicos de PLC:
<http://www.ruelsa.com/notas/misec616/sei021.html>

<http://www.reinmedical.com/es/conocimientos-tecnologia/clases-de-proteccion-ip.html>.
(5 de 2012). Conocimiento-Tecnologico. *conocimiento y tecnologia*, 2.

Instruments, N. (2016). *OPC SERVER*. Recuperado el 04 de 01 de 2016, de productos y servicios: <http://www.ni.com/product-documentation/14533/es/>

Maser, G. (2013). *PLC*. Recuperado el 23 de 12 de 2015, de Introduccion y estructura: http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm

Penin, A. R. (2006). *Sistemas Scada*. Barcelona: Marcocombo S.A.

reinmedical. (5 de 2012). *Conocimiento y tecnologia*. Obtenido de <http://www.reinmedical.com/es/conocimientos-tecnologia/clases-de-proteccion-ip.html>

Sevilla, U. d. (17 de mayo de 2014). *laplace*. Recuperado el 5 de 11 de 2015, de Generadore GIE: [http://laplace.us.es/wiki/index.php/Generadores_\(GIE\)](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Generadores_(GIE))

Siemens. (2015). *Industrial Ethernet*. Recuperado el 03 de 01 de 2016, de Ejemplos de aplicacion: <http://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/en/ie/industrial-ethernet-security/scalance-s/pages/default.aspx>

Siemens. (2015). *Industrial Ethernet FastConnect Cable 2x2*. Recuperado el 03 de 01 de 2016, de <http://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/es/ie/sistema-de-cableado/fc-cable-2x2/pages/fc-cable-2x2.aspx>

Siemens. (2015). *Simatic s7-1200 CPU*. Recuperado el 23 de 12 de 2015, de CPU de alto rendimiento: <http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/basic-controller/s7-1200/cpu/Pages/Default.aspx>

Siemens. (2015). *Totally Integrated Automatizacion*. Recuperado el 23 de 12 de 2015, de Automatizacion Eficiente:

<http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia/pages/default.aspx>

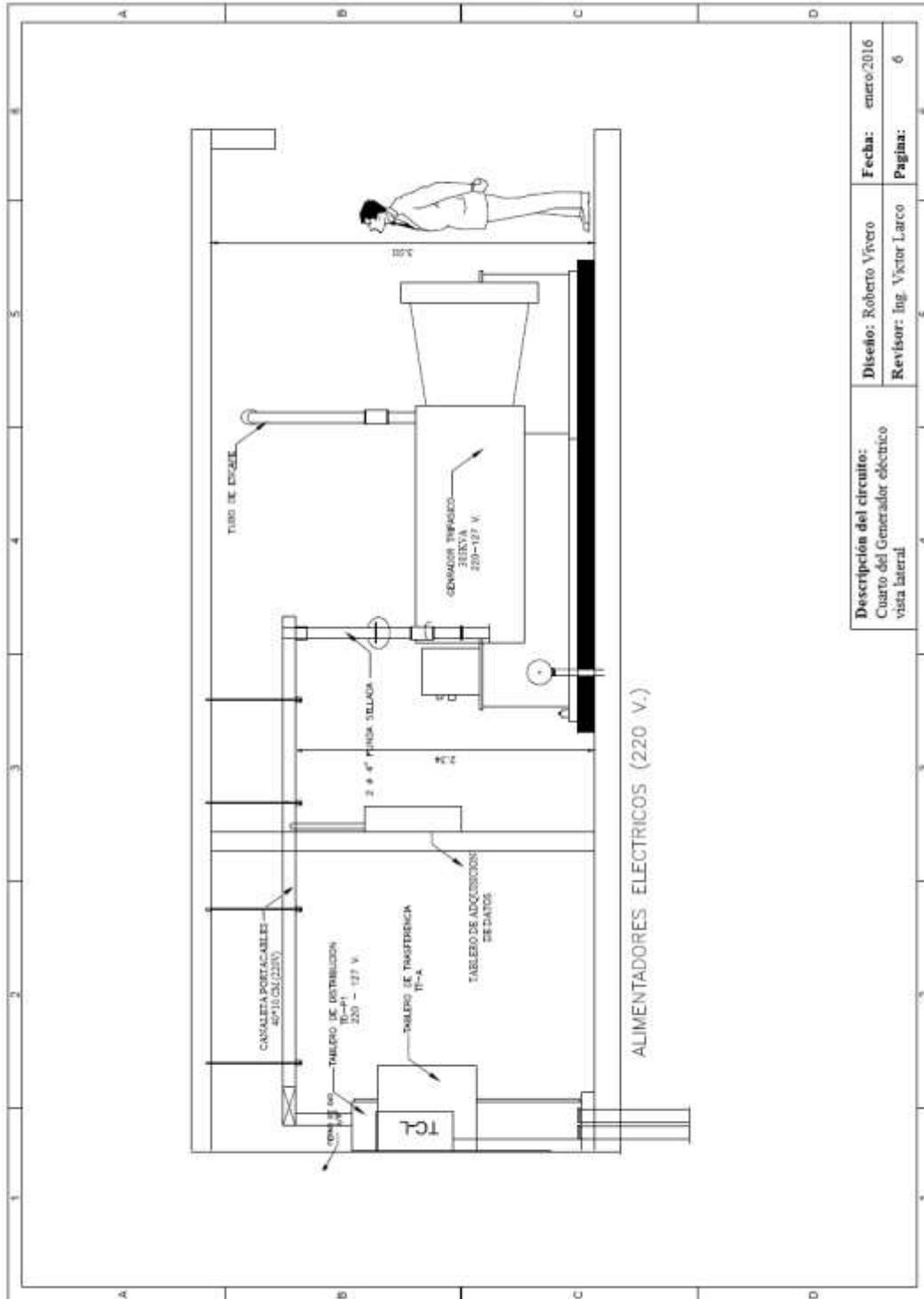
Sol, M. R. (06 de 2008). *Diseño de sistema SCADA*. Recuperado el 04 de 01 de 2016, de Estructura de SCADA:

http://www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/13784/PFC%20Manel%20Redondo%20Sol_annex.pdf?sequence=2

Wolfgang, R. (2004). *principio basico del generador*. Recuperado el 5 de 12 de 2015, de documento tecnico 93: [http://www.apcmedia.com/salestools/sade-](http://www.apcmedia.com/salestools/sade-5tnrpc/sade-5tnrpc_r0_es.pdf?sdirect=true)

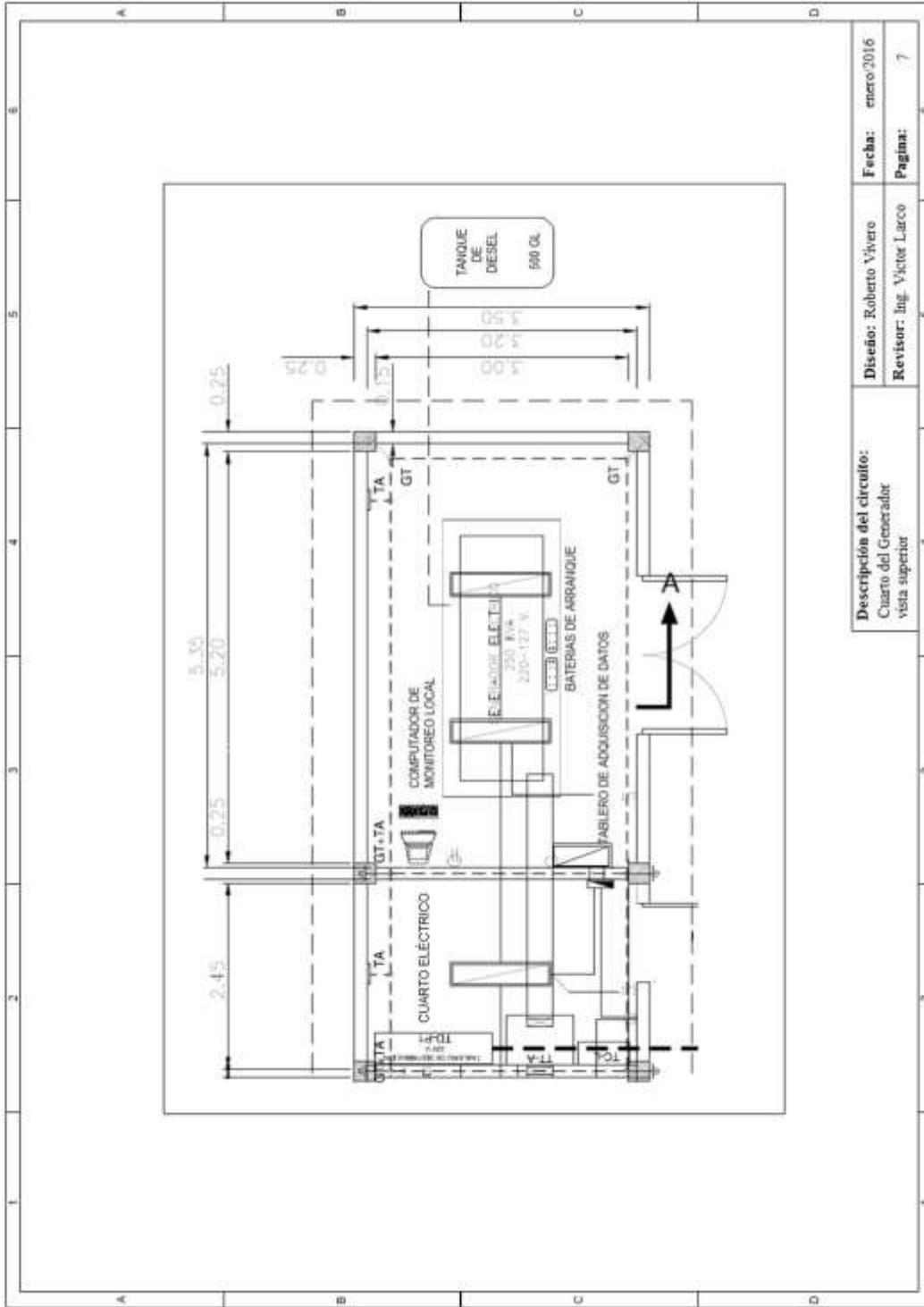
[5tnrpc/sade-5tnrpc_r0_es.pdf?sdirect=true](http://www.apcmedia.com/salestools/sade-5tnrpc/sade-5tnrpc_r0_es.pdf?sdirect=true)

ANEXOS



Plano del cuarto eléctrico vista lateral

Plano del cuarto eléctrico vista superior



Descripción del circuito: Cuarto del Generador vista superior	Diseño: Roberto Viviro	Fecha: enero 2016
	Revisor: Ing. Víctor Larco	Página: 7

