

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Electrónico*

**PROYECTO TÉCNICO CON ENFOQUE GENERAL:
ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DE GUÍAS DE PRÁCTICA
PARA EL APRENDIZAJE Y ENTRENAMIENTO EN EL
DESARROLLO DE SISTEMAS SCADA**

AUTORES:

MIGUEL ANGEL GUALAN SARANGO

MARCO ANDRÉS PINTADO GUAMANRRIGRA

TUTOR:

ING. JULIO ZAMBRANO ABAD

CUENCA – ECUADOR

2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

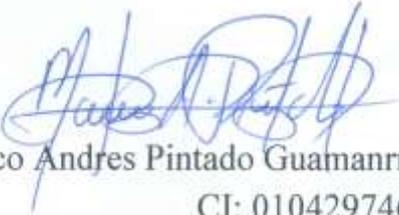
Nosotros, Miguel Angel Gualan Sarango con documento de identificación N° 1900612019 y Marco Andrés Pintado Guamanrrigra con documento de identificación N° 0104297460, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DE GUÍAS DE PRÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE Y ENTRENAMIENTO EN EL DESARROLLO DE SISTEMAS SCADA**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Electrónico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 25 de enero del 2019



Miguel Angel Gualan Sarango
CI: 1900612019



Marco Andres Pintado Guamanrrigra
CI: 0104297460

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DE GUÍAS DE PRÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE Y ENTRENAMIENTO EN EL DESARROLLO DE SISTEMAS SCADA**, realizado por Miguel Angel Gualan Sarango y Marco Andrés Pintado Guamanrrigra, obteniendo el *Proyecto Técnico con enfoque general*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 25 de enero del 2019



Ing. Julio César Zambrano Abad

CI: 0301489696

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Miguel Angel Gualan Sarango con número de cédula 1900612019 y Marco Andrés Pintado Guamanrrigra con número de cédula 0104297460, autores del trabajo de titulación: **ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DE GUÍAS DE PRÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE Y ENTRENAMIENTO EN EL DESARROLLO DE SISTEMAS SCADA**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico con enfoque general*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, 25 de enero del 2019



Miguel Angel Gualan Sarango
CI: 1900612019



Marco Andres Pintado Guamanrrigra
CI: 0104297460

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por su bondad infinita, la cual ha permitido lograr una meta más en mi vida.

A mi padre quien ha trabajado arduamente por el bien de su familia y ha sido un gran consejero ante cualquier dificultad.

A mi madre por su incansable cuidado y apoyo incondicional.

A mis suegros quienes de alguna manera han aportado un granito más para poder llegar a esta meta.

Al Ing. Julio Zambrano, por la colaboración prestada en el tiempo necesario para el desarrollo de este proyecto.

GUALAN SARANGO MIGUEL ANGEL

A Dios, Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mi padre Luis Alejandro Pintado, mi madre Martha Guamanrrigra, por ser los pilares fundamentales en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo.

A mi esposa Yoly Cando, por ser el apoyo incondicional que necesitaba en los momentos más difíciles a lo largo de mis estudios universitarios.

A mi tío José Pintado, que con su apoyo a distancia, fue un gran baluarte para la culminación de mis estudios universitarios.

Gracias a todos ellos fue posible este trabajo.

PINTADO GUAMANRRIGRA MARCO ANDRES.

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a mis padres Miguel y Nancy, por su apoyo incondicional en mi formación académica, gracias a ellos he podido cumplir esta meta.

A mi esposa Gabriela, por ser un pilar fundamental durante este proceso, por brindarme su amor y confianza permanente.

A mi hijo Matteo, quien es mi motivación e inspiración para ser mejor cada día.

A mi hermana Johana, quien de alguna manera me ha brindado todo su apoyo.

GUALAN SARANGO MIGUEL ANGEL

Este trabajo está dedicado a:

A mis padres Luis y Martha quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mi esposa Yoly y a mi hijo Erick, quienes estuvieron a mi lado en los momentos difíciles.

A mis hermanos Alex, Mónica y Andrea quienes me ayudaron a lo largo de mis estudios académicos con sus enseñanzas y me brindaron momentos de alegría.

A mis familiares y amigos que con su apoyo en el día a día me dieron confianza para llegar a terminar una etapa importante en mi vida.

PINTADO GUAMANRRIGRA MARCO ANDRES

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIAS.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
RESUMEN	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
JUSTIFICACIÓN (IMPORTANCIA Y ALCANCES).....	XIV
OBJETIVOS	XV
OBJETIVO GENERAL.....	XV
OBJETIVOS ESPECÍFICO	XV
CAPÍTULO 1: SISTEMAS SCADA.....	1
1.1 Definición.....	1
1.2 Objetivos De Los Sistemas Scada.....	1
1.3 Características De Un Sistema Scada.....	2
1.4 Prestaciones.....	3
1.5 Requisitos De Un Sistema Scada.....	3
1.6 Arquitectura De Un Sistema Scada.....	3
1.6.1 Software Del Scada.....	5
1.6.2 Hardware Del Scada.....	5
1.7 Sistemas De Comunicación.....	6
1.8 Comunicación Entre Aplicaciones.....	7
1.8.1 Opc.....	7
1.8.2 Conectividad Mediante Internet (Web Server).....	8
1.9 Ventajas Y Desventajas De Los Sistemas Scada.....	8
1.10 Aplicaciones.....	9
1.11 Normativas De Seguridad De Los Sistemas Scada.....	11
CAPITULO 2: HERRAMIENTAS INFORMATICAS DE LOS SISTEMAS SCADA.....	13
2.1 Teslascada2.....	13

2.1.1	Licencia.....	15
2.2	Visual Studio.....	15
2.2.1	Licencia.....	16
2.3	Ignition Scada.....	17
2.3.1	Licencia.....	18
2.4	Simulink De Matlab.....	18
2.4.1	Opc Toolbox.....	19
2.4.2	Licencia.....	20
2.5	Wonderware Intouch.....	20
2.5.1	Características.....	21
2.5.2	Licencia.....	22
2.6	Labview.....	22
2.6.1	Características.....	22
2.6.2	Modulo Dsc.....	23
2.6.3	Licencia.....	24
2.7	Igss.....	24
2.7.1	Características.....	25
2.7.2	Licencia.....	25
2.8	Simatic Wincc (Tia Portal).....	25
2.8.1	Características.....	26
2.8.2	Licencia.....	26
2.9	Herramientas Opc.....	27
2.9.1	Kepserverex 6.2.....	27
2.9.1	Licencia.....	28
2.9.2	Oas Service Control.....	28
2.9.3	Matrikomopc.....	29
CAPÍTULO 3: Desarrollo De Sistemas Scada.....		31
3.1	Conexión De Servidor Kepserver Con Plc.....	31
3.1.1	Manejo Del Software Kepserver.....	31
3.2	Manejo Del Software Matlab.....	33
3.3	Manejo Del Software Ignition.....	35
3.4	Manejo Del Software Labview.....	38
3.5	Manejo Del Software Teslascada2.....	40
3.6	Manejo Del Software Visual Studio.....	44
3.6.1	Configuracion Oas Service Control.....	44
3.6.2	Sistema Scada.....	45

CAPÍTULO 4: ESTRUCTURA Y EVALUACIÓN DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICA EN EL DESARROLLO DE SISTEMAS SCADA.	49
4.1 Estructura De Las Guías De Práctica.	49
4.2 Metodología De Validación.	50
4.3 Evaluación de las Guías de Práctica Propuestas Sobre Sistemas Scada.	52
4.3.1 Práctica Número 1.....	52
4.3.2 Práctica Número 2.....	53
4.3.3 Práctica Número 3.....	55
4.3.4 Práctica Número 4.....	56
4.3.5 Práctica Número 5.....	57
4.3.6 Práctica Número 6.....	58
4.3.7 Práctica Número 7.....	60
4.3.8 Práctica Número 8.....	61
4.3.9 Práctica Número 9.....	62
4.3.10 Práctica Número 10.....	63
4.3.11 Práctica Número 11.....	64
4.4 Resultados del Proceso de Validación de la Guías de Práctica de Sistemas Scada.....	66
4.4.1 Práctica Número 1.....	66
4.4.2 Práctica Número 2.....	66
4.4.3 Práctica Número 3.....	66
4.4.4 Práctica Número 4.....	67
4.4.5 Práctica Número 5.....	67
4.4.6 Práctica Número 6.....	67
4.4.7 Práctica Número 7.....	67
4.4.8 Práctica Número 8.....	68
4.4.9 Práctica Número 9.....	68
4.4.10 Práctica Número 10.....	68
4.4.11 Práctica Número 11.....	68
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
APÉNDICE A: MODELO DE GUIA DE PRÁCTICA.	75
APÉNDICE B: PLANTILLA DE ENCUESTA PARA VALIDACIÓN DE PRÁCTICAS.....	76
APÉNDICE C: MÓDULO DE GUIAS DE PRÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS SCADA.	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	<i>Esquema de la arquitectura de un sistema SCADA</i>	4
Figura 1.2	<i>Estructura básica de un sistema SCADA</i>	6
Figura 1.3	<i>Topologías básicas</i>	7
Figura 1.4	<i>Conexión a través de internet</i>	8
Figura 1.5	<i>Pantalla de Control automático del Sistema SCADA</i>	10
Figura 1.6	<i>Interfaz de diagrama unifilar de la pantalla táctil</i>	11
Figura 2.1	<i>Entorno TeslaSCADA_IDE</i>	13
Figura 2.2	<i>Entorno TeslaSCADA_Runtime</i>	13
Figura 2.3	<i>Entorno Visual Basic de Visual Studio 2012</i>	14
Figura 2.4	<i>Plataforma IgnitionSCADA versión Trial</i>	16
Figura 2.5	<i>Entorno Simulink de Matlab R2015a</i>	18
Figura 2.6	<i>Librería OPC Toolbox de Simulink</i>	18
Figura 2.7	<i>Modelamiento de Supervisión en línea y control con OPC Toolbox</i>	19
Figura 2.8	<i>Plataforma de trabajo WONDERWARE INTOUCH</i>	20
Figura 2.9	<i>Labview versión 2016 de la National Instruments</i>	22
Figura 2.10	<i>Ejemplo de implementación de Sistema SCADA IGSS</i>	24
Figura 2.11	<i>Ejemplo de implementación de Sistema SCADA SIMATIC WinCC</i>	25
Figura 2.12	<i>Entorno de KEPServerEX Versión 6.2</i>	27
Figura 2.13	<i>OAS Service Control Manager</i>	28
Figura 2.14	<i>Plataforma MatrikonOPC</i>	29
Figura 3.1	<i>Tipo de Canal</i>	31
Figura 3.2	<i>Selección de serie del Dispositivo</i>	32
Figura 3.3	<i>Creación New Tag</i>	32
Figura 3.4	<i>OPC Configuration</i>	33
Figura 3.5	<i>Add items</i>	34
Figura 3.6	<i>Sistemas SCADA realizado en Matlab</i>	35
Figura 3.7	<i>Selección de versión de Ignition</i>	36
Figura 3.8	<i>Proceso de verificación de conexión con servidor</i>	36
Figura 3.9	<i>Paleta de elementos</i>	37
Figura 3.10	<i>Sistema SCADA realizado en Ignition</i>	38
Figura 3.11	<i>Librería de Símbolos SCADA</i>	38
Figura 3.12	<i>Abrir ventana de Símbolos SCADA</i>	39

Figura 3.13	<i>Generación de Variables de PLC hacia Software LabVIEW</i>	40
Figura 3.14	<i>Sistema SCADA realizado en LABVIEW</i>	41
Figura 3.15	<i>Entorno TeslaSCADA_IDE</i>	42
Figura 3.16	<i>Librería TeslaSCADA_IDE</i>	43
Figura 3.17	<i>Sistema SCADA de ventilacion</i>	44
Figura 3.18	<i>Modo Play TeslaSCADA_Runtime Proyecto Sensor de Temperatura</i>	44
Figura 3.19	<i>Elementos OPC System en Visual Studio 2012</i>	45
Figura 3.20	<i>Sistema SCADA de control de temperatura Visual Studio 2012</i>	46
Figura 3.21	<i>Configuración de Tags KepServerEX</i>	47
Figura 3.22	<i>Activación OAS Sevice Control</i>	47
Figura 3.23	<i>Importación de Tags desde KepServerEX mediante OAS</i>	48
Figura 3.24	<i>Propiedades OPC de OPCControlsButton1</i>	48
Figura 3.25	<i>Selección de tag VENTILADOR 1</i>	49
Figura 4.1	<i>Evaluación de la Práctica número 1</i>	53
Figura 4.2	<i>Evaluación de la Práctica número 2</i>	54
Figura 4.3	<i>Evaluación de la Práctica número 3</i>	56
Figura 4.4	<i>Evaluación de la Práctica número 4</i>	57
Figura 4.5	<i>Evaluación de la Práctica número 5</i>	58
Figura 4.6	<i>Evaluación de la Práctica número 6</i>	59
Figura 4.7	<i>Evaluación de la Práctica número 7</i>	61
Figura 4.8	<i>Evaluación de la Práctica número 8</i>	62
Figura 4.9	<i>Evaluación de la Práctica número 9</i>	63
Figura 4.10	<i>Evaluación de la Práctica número 10</i>	64
Figura 4.11	<i>Evaluación de la Práctica número 11</i>	65
Figura A.1	<i>Plantilla de guía de Práctica</i>	75
Figura B.1	<i>Hoja 1 de plantilla de encuesta</i>	76
Figura B.2	<i>Hoja 2 de plantilla de encuesta</i>	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Preguntas elaboradas para la encuesta de evaluación	51
Tabla 4.2 Validación de la Práctica número 1	52
Tabla 4.3 Validación de la Práctica número 2	54
Tabla 4.4 Validación de la Práctica número 3	55
Tabla 4.5 Validación de la Práctica número 4	56
Tabla 4.6 Validación de la Práctica número 5	57
Tabla 4.7 Validación de la Práctica número 6	59
Tabla 4.8 Validación de la Práctica número 7	60
Tabla 4.9 Validación de la Práctica número 8	61
Tabla 4.10 Validación de la Práctica número 9	62
Tabla 4.11 Validación de la Práctica número 10	63
Tabla 4.12 Validación de la Práctica número 11	65

RESUMEN

Este proyecto de titulación está orientado a la implementación de guías de práctica para el desarrollo de sistemas SCADA dentro de los laboratorios de la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, por ende como inicio, se procedió a la investigación de las herramientas informáticas donde se analizó las principales características que brinda cada software como es: Libre o pagado, costos de licencia, prestaciones de diseño para la implementación de sistemas SCADA.

Dentro de los softwares estudiados en primera instancia, se obtuvo un total de 5 para el desarrollo de sistemas SCADA, los cuales son: TeslaCADA2, Visual Studio (versión 2012), Ignition SCADA, Simulink de Matlab, LabVIEW, de estos, dos cumplen con ser versiones libres y una versión de prueba (Trial) (TeslaSCADA2, Ignition SCADA y Visual Studio que tiene una versión trial de prueba), los otros son de uso con licencia que son proporcionados por la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, para fines educativos e investigativos.

Con la obtención de los softwares que brinden grandes prestaciones a la implementación de sistemas SCADA, se procedió a la realización de prácticas de laboratorio dentro de los laboratorios de PLC y Automatización de la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, específicamente en el laboratorio de PLC en el área de ELECTRONICA donde se realizaron un total de 7 prácticas y en el laboratorio de LACTI en el área de MECANICA donde se realizaron un total de 4 prácticas dando como resultado un total de 11 prácticas de sistemas SCADA.

En la parte final del proyecto, se procedió a la validación de las 11 prácticas de sistemas SCADA, para ello, mediante los estudiantes de REDES DE COMPUTADORAS III de la carrera de INGENIERIA ELECTRONICA realizaron las prácticas, obteniendo los resultados como se muestra en el Capítulo IV.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las industrias ven la necesidad de mantener sus procesos en óptimas condiciones de trabajo, mucho tiene que ver el tipo de monitoreo y control que tengan y la forma en que lo hacen, actualmente muchas empresas optan por el control mediante operarios los cuales monitorean de forma continua cada elemento de la planta.

Con el pasar de los años, la ingeniería de control ha ido avanzando en el campo de los procesos industriales, las mismas formas de monitoreo que se realiza mediante operarios en los procesos industriales, se las pueden realizar de forma centralizada, rápida y remota mediante softwares informáticos.

Los sistemas SCADA (Control, supervisión y adquisición de datos), cumple con todo lo antes mencionado para que los procesos industriales sean capaces de ser visualizados desde un centro de mando y control, que además cuenta con adquisición de datos para ser analizado y posteriormente realizar corrección de errores en los procesos.

Dentro del campo de los sistemas SCADA, existe una gran variedad de herramientas informáticas para su desarrollo, pero cada fabricante cuenta con sus propias normativas de diseño que hacen que cada software sea diferente en cuanto a características de programación gráfica, costos de licencia, etc.

En el presente trabajo de titulación, se elabora una investigación de herramientas informáticas para el desarrollo de sistemas SCADA, así como su validación mediante prácticas de laboratorio con los estudiantes de la carrera de INGENIERIA ELECTRONICA de la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.

JUSTIFICACIÓN (IMPORTANCIA Y ALCANCES)

El presente proyecto tiene el propósito de mejorar el nivel de conocimiento existente sobre sistemas SCADA y así aumentar el desempeño en los estudiantes de las carreras de Ingeniería Electrónica, Electrónica y Automatización de la Universidad Politécnica Salesiana hacia el campo laboral. Para la elaboración del módulo de guías de práctica se utilizarán cinco herramientas informáticas diferentes las cuales permitirán al estudiante conocer sus funciones, comandos y ejecución de cada sistema SCADA desarrollado.

Además, dentro de la Universidad Politécnica Salesiana se tuvo en consideración que los Laboratorios tanto de Control, PLC y Automatización cuentan con los equipos necesarios para la implementación de los sistemas SCADA pero a la vez carecen de guías o manuales los cuales permitan al alumnado desarrollarlos, con el fin de entrenar y aportar mayor aprendizaje se ha pensado en la elaboración del módulo de guías de práctica.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un módulo de guías de práctica para el aprendizaje y entrenamiento en el desarrollo de Sistemas SCADA.

OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Realizar un estudio del arte sobre sistemas SCADA.
- Realizar un análisis y probar el funcionamiento de las herramientas que se utilizarán para el diseño de sistemas SCADA en la elaboración del manual de guías de práctica.
- Realizar aplicaciones orientadas al desarrollo e implementación de sistemas SCADA, considerando la tecnología disponible en los Laboratorios de PLC y Automatización totalmente Integrada.
- Realizar las pruebas que permitan validar el funcionamiento de las aplicaciones.
- Elaborar el documento de las guías de práctica efectuadas y validar su funcionalidad como herramienta de enseñanza-aprendizaje.

CAPÍTULO 1: SISTEMAS SCADA

1.1 DEFINICIÓN.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) [1], se define como un sistema el cual permite al operador reunir datos de una o más instalaciones alejadas para luego poder enviar instrucciones de control limitadas a esas instalaciones [2], es decir, procura controlar la actividad y mejora de un proceso sin la intervención de un operario, cabe mencionar que un elemento esencial en los sistemas SCADA es la interfaz del operador y la manipulación con las aplicaciones definida como HMI (Interfaz Hombre-Máquina), mediante el cual el operador puede visualizar y mantener un contacto directo con un proceso [3].

Dentro del presente capítulo se dará a conocer las características, arquitectura, normativa y herramientas de los sistemas SCADA.

1.2 OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS SCADA.

Cabe recalcar que los sistemas SCADA son diseñados para la supervisión y mando de procesos industriales, por ende estos están orientados a cumplir los siguientes objetivos como principales [1]:

Economía: Con los sistemas SCADA se puede verificar que es lo que sucede en una planta donde se tiene todo centralizado, que tener operarios haciendo el mismo trabajo [1].

Accesibilidad: Permite al operario controlar y manipular todo un proceso desde cualquier lugar que se encuentre mediante la interfaz HMI.

Mantenimiento: Mediante base de datos que se genere a partir de los procesos industriales, se puede generar una serie de reportes de la planta, a partir de estos se puede llevar un control de cada elemento conectado al proceso industrial para su mantenimiento anual o cuando así lo amerite.

Gestión: Los datos que son adquiridos por el sistema, pueden ser tratados de diferentes maneras como son en estadística, graficas, etc.

Flexibilidad: Ante un eventual cambio en el sistema gráfico de visualización, no significa gastos en tiempo y costos en la infraestructura del sistema o proceso.

1.3 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA SCADA.

Una característica que difieren a los sistemas SCADA con otros sistemas de control y automatización es el control supervisado [3], permitiendo actuar sobre las variables de control instantáneamente, detectando alarmas y solucionando el problema mediante las acciones adecuadas gracias a la interfaz gráfica HMI [4].

A continuación se presentan algunas de las características de dichos sistemas:

- Permite la adquisición y almacenado de datos de una forma continua y confiable [3].
- Representación gráfica de variables por medio de alarmas [3].
- Permite tomar acciones de control, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos [3].
- Arquitectura abierta permitiendo su crecimiento y expansión para poder resolver las necesidades futuras de la planta [5].
- Permite la interacción con otros tipos de aplicaciones mediante base de datos con todos los dispositivos conectados en red [3].
- Permite la supervisión de la evolución de las variables de control mediante el monitoreo [3].
- Transmisión de información con dispositivos de campo y otros PC [3].
- Mediante pequeños tiempos de ejecución, se puede gestionar datos mediante una base de datos previamente programada. [3].
- Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface) [3].
- Se puede obtener datos instantáneos para la generación de un reporte sobre la calidad del proceso, realizar gestiones de producción, administración y financiera [3].

1.4 PRESTACIONES.

Los sistemas SCADA cuentan con importantes funciones las cuales establecen una comunicación más confiable entre el proceso y el operador [3]. Las prestaciones que ofrecen los sistemas SCADA son:

- Monitorización.
- Supervisión.
- Adquisición de datos de los procesos en observación.
- Visualización de los estados de las señales del sistema.
- Mando.
- Proveer seguridad de los datos obtenidos y acceso a los mismos.
- Programación numérica.

Con los puntos citados anteriormente, los sistemas SCADA pueden desarrollar aplicaciones basadas en PC, los cuales serán capaces de capturar datos de planta, analizar señales y enviar los resultados al operador para toma de decisiones [3].

1.5 REQUISITOS DE UN SISTEMA SCADA.

Para sacarle el máximo provecho a un sistema SCADA, se citan algunos de los requisitos que este debe cumplir. Los sistemas SCADA deben ser capaces de acoplarse a cambios que puede sufrir la empresa con el tiempo y adaptarse a ellos de forma fácil [3].

La comunicación entre el equipo de planta y el usuario debe ser con total transparencia. Los programas deben ser sencillos de utilizar con interfaces que el usuario pueda entender, como son: imágenes, animaciones, sonidos, pantallas, etc.) [3].

1.6 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA SCADA.

Un sistema SCADA está diseñado para funcionar sobre ordenadores en el control de producción que proporciona comunicación entre los dispositivos de campo, llamados también RTU (Remote Terminal Units), donde se pueden encontrar controladores autónomos o autómatas programables y una Unidad Central (MTU) en el cual se controla el proceso de forma automática desde la pantalla [1]. Los cuales conforman los componentes del HADWARE de un Sistema SCADA como también la

red de comunicación la cual maneja la información de los instrumentos de campo enviando a la red de ordenadores desde el sistema. El tipo de BUS utilizado en las comunicaciones puede ser muy variado según las necesidades del sistema y del software escogido para implementar el sistema SCADA, ya que no todos los softwares pueden trabajar con todos los tipos de BUS y finalmente los instrumentos de campo son quienes permiten realizar tanto la automatización o control del sistema (PLC, controladores de procesos industriales y actuadores en general) [6]. En la Figura 1.1 se muestra un Esquema de la Arquitectura de un Sistema SCADA.



Figura 1.1 *Arquitectura de un Sistema SCADA.*
Fuente: Tomado de [7].

- **Proceso Objeto del Control:** Es el origen de los datos que se desea recopilar y distribuir [7].
- **Adquisición de Datos:** Son los instrumentos que permiten la medición de datos de un proceso [7].
- **SCADA:** permite la supervisión y visualización de los datos que proporcionan los instrumentos [7].
- **Clientes:** Son los encargados de utilizar los datos recolectados por el sistema SCADA [7].

1.6.1 SOFTWARE DEL SCADA.

Dentro del software de un SCADA, se diferencian dos tipos de bloques de programas.

El primero se trata del programa de desarrollo que engloba las utilidades relacionadas con la creación y edición de los sistemas de aplicación. Así como las principales características como son los textos, dibujos y colores [1] [4].

El segundo, que es donde se ejecuta el SCADA o Run-Time, este permite ejecutar la aplicación creada con el programa de desarrollo [1] [4].

1.6.2 HARDWARE DEL SCADA.

Los sistemas SCADA se caracterizan por ser programados en sistemas informáticos, pero como todo software, necesitan de un hardware para que funcionen de forma eficiente, en este contexto, la parte de hardware se podría dividir en 4 partes importantes (véase figura 1.2) [4].

Nivel de Gerencia: Este nivel se le puede considerar como el principal, ya que aquí se encuentra el ordenador o MTU, el cual es el encargado de recoger toda la información del resto de subestaciones [4].

Nivel de Automatización: Aquí es donde se encuentran los ordenadores remotos o RTU, estos reciben las señales de los sensores de campo para luego comandar a los elementos finales de control ejecutando el SCADA, comúnmente estos elementos son PC's, pero hoy en día también se los considera a los PLC's [4].

Instrumentos de Campo: Estos elementos permiten realizar el control y la automatización del sistema, en este nivel se encuentran los sensores, alarmas, PLC's, controladores de procesos industriales, actuadores en general [2] [4].

Red de Comunicaciones: Permite la transmisión de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el sistema SCADA, por medio de cables o inalámbrica ya que puede hacer uso de cualquier protocolo industrial por ejemplo; CANbus, Fieldbus, Modbus, etc [2].

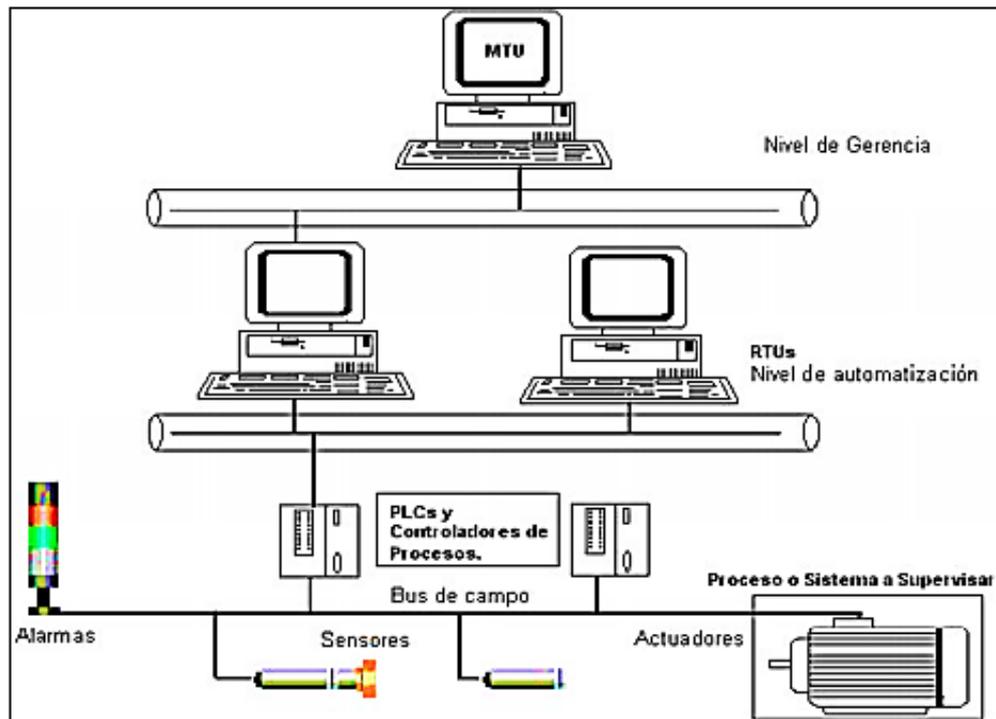


Figura 1.2 Estructura Básica De Un Sistema SCADA.

Fuente: Tomado de [6].

1.7 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.

Con los controladores que son proporcionados por los diferentes fabricantes y su compatibilidad con la mayoría de estándares de comunicación existentes, es posible establecer cualquier tipo de comunicación entre servidor de datos y cualquier elemento de campo [1].

Los servidores de datos puede administrar protocolos de comunicación de forma simultánea, dicho de otra manera permiten el intercambio de datos en forma bidireccional, entre la unidad central y las unidades remotas con un protocolo de comunicación específico y un sistema de transporte para mantener el enlace entre los diferentes elementos de la red como: líneas telefónicas, telefonía celular, cable coaxial, fibra óptica, radio, etc [1].

Por otro lado la topología de un sistema SCADA variara adecuándose a las características de cada aplicación. Algunos sistemas funcionarán en configuraciones de bus, otros en configuraciones de anillo e incluso necesitarán equipos redundantes debido a las características del proceso (véase figura 1.3).

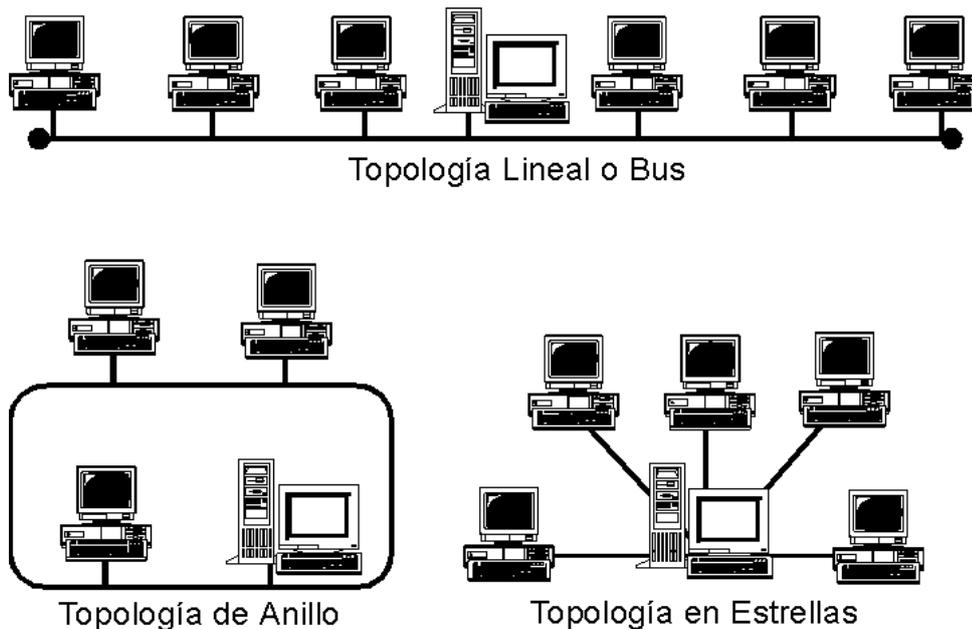


Figura 2.3 Topologías básicas.

Fuente: Tomado de [1].

1.8 COMUNICACIÓN ENTRE APLICACIONES.

1.8.1 OPC.

Para realizar el intercambio de información entre aplicaciones se necesita de un método eficaz y seguro, entre los más conocidos tenemos sistema de comunicación OPC [4].

OPC es un sistema abierto que permite el intercambio de datos en desde aparatos de nivel de campo. Estos se basan en la tecnología COM de Microsoft, el cual define cualquier elemento de campo mediante sus propiedades [4].

Existen dos tipos de componentes OPC, los cuales son:

Clientes: Son aquellos que se comunican con el servidor para obtener acceso y permitir operar a un sistema [4].

Servidor: Se encarga de guardar y administrar los datos de los diferentes elementos de campo y permite acceder libremente a dichos elementos desde otras aplicaciones que necesiten información [4].

Los productos OPC, pueden ser utilizados por los diferentes tipos de softwares que manejen un conjunto de especificaciones basadas en los estándares de Microsoft

(COM, DCOM, ActiveX, etc.) ya que estos cubren los estándares de comunicación industrial entre los dispositivos y aplicaciones. Los softwares más comunes que maneja este método de comunicación son Visual Basic, Matlab, LabVIEW de la National Instruments [4].

1.8.2 CONECTIVIDAD MEDIANTE INTERNET (WEB SERVER).

Una de las grandes ventajas de la conectividad de los sistemas scada a través de internet es el ofrecimiento de la funcionalidad total del sistema ya que este ofrece su operatividad en cualquier navegador estándar, esto quiere decir que la información de la planta puede ser accesible desde cualquier parte del mundo y por una persona autorizada por la organización (véase figura 1.4) [4].

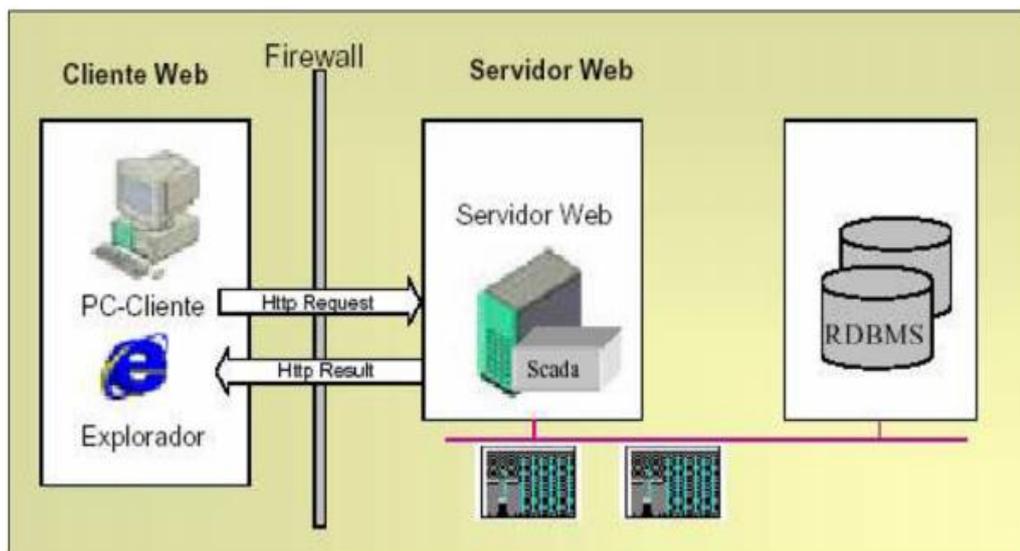


Figura 3.4 Conexión a través de internet.

Fuente: Tomado de [4].

1.9 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS SCADA.

Dentro de las ventajas que presenta un sistema SCADA tenemos:

- Permite manejar y almacenar una gran cantidad de datos [8].
- Se pueden agregar simulaciones al sistema a partir de datos reales [8].
- Los datos pueden ser accesibles desde cualquier lugar y no solo en las instalaciones donde se encuentran los procesos [8].
- El sistema puede ser conectado a varios sensores, actuadores, etc [8].
- La tecnología de acceso remoto, permite la comunicación entre el control de mando y el operario mediante internet [8].

- Permite un control eficiente sobre el rendimiento del sistema [8].
- Permite la creación de alarmas con la finalidad de informar al operador en caso de presentar afectaciones en el sistema [8].

Dentro de las desventajas tenemos:

Complejidad del sistema con respecto a la conexión directa de los sensores a los dispositivos HMI. La necesidad de contar con personal más especializado para su diseño, desarrollo, implementación y servicio. Costo elevado del sistema SCADA.

Costo de licencias de los diferentes softwares de fabricantes de los elementos que componen un sistema SCADA. Aunque hoy en día se está dando la opción de softwares libres, pero con sus limitaciones en programación.

1.10 APLICACIONES.

Un sistema SCADA permite a un operador ubicarse en un lugar central de un proceso ampliamente distribuido.

En el campo Industrial Ecuatoriano se ha visto la necesidad de implementar sistemas SCADA, tal es el caso de la Empresa de Pinturas Cóndor S.A. que mediante su implementación ha permitido una disminución en el tiempo de producción de las resinas en el Reactor 4, mejorando el control de temperatura, facilitando así el trabajo de los operadores y controlando las fallas del caldero por lo que el combustible consumido en la elaboración de las resinas ha disminuido [9]. Para la elaboración del sistema SCADA se utilizó la herramienta InTouch (Véase Figura 1.5).

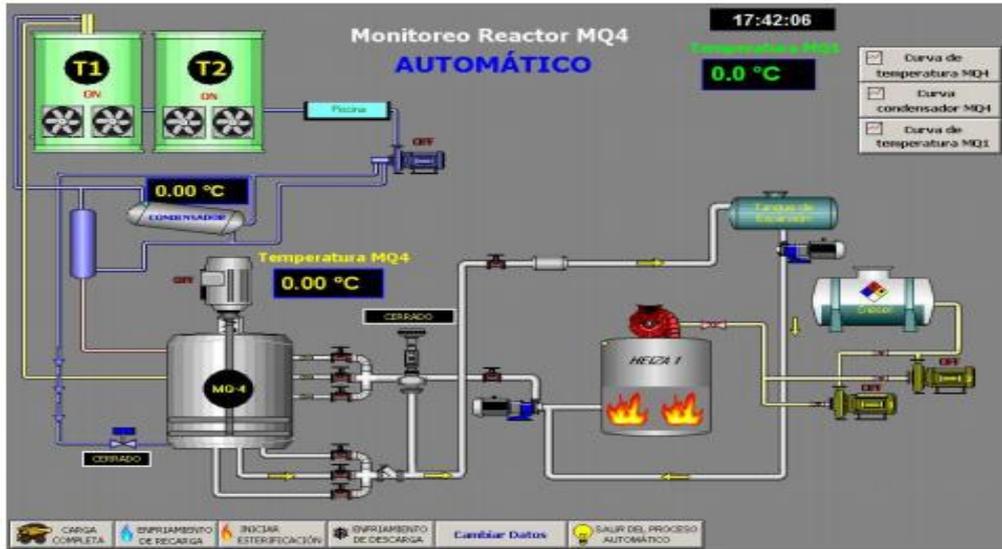


Figura 1.5 Pantalla de Control automático del Sistema SCADA.

Fuente: Tomado de [9].

Otra de las implementaciones que se han realizado, es de la Subestación Eléctrica San Gabriel la cual tienen como finalidad redundar la información actual y aumentar señales de control y monitoreo de esta manera aumenta la confiabilidad y operatividad del sistema SCADA de la subestación eléctrica, contribuyendo de esta manera a la actualización tecnológica de la empresa. Además se ha implementado un control preventivo para equipos que han presentado daños mecánicos por su tiempo de servicio, permitiendo alertar tanto de forma local como remota de una posible falla en los sistemas electromecánicos [10]. El sistema SCADA se presenta en la figura 1.6.

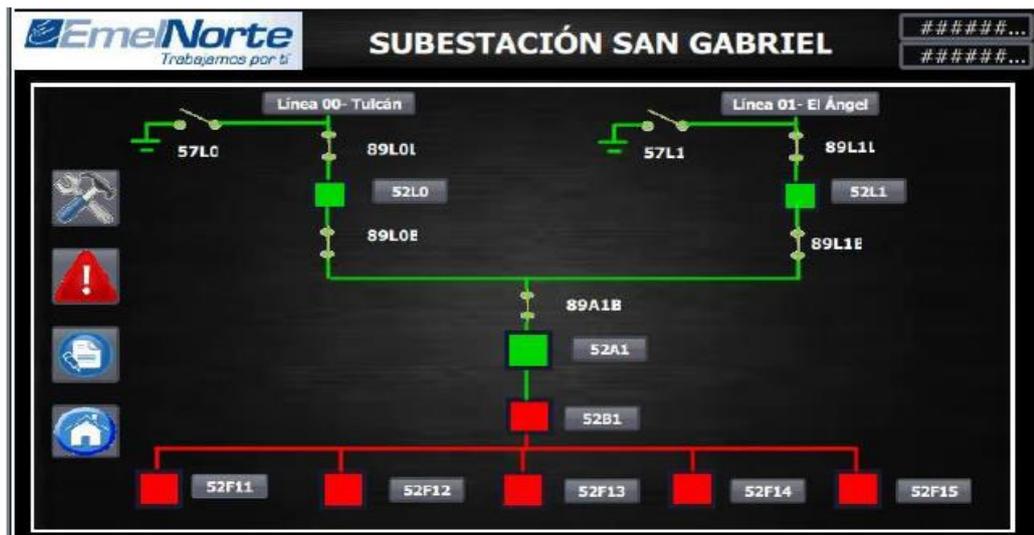


Figura 1.6 Interfaz de diagrama unifilar de la pantalla táctil.

Fuente: Tomada de [10].

1.11 NORMATIVAS DE SEGURIDAD DE LOS SISTEMAS SCADA.

En la última década, las industrias se han visto en la necesidad de proteger sus instalaciones, debido a ello han surgido normas y guías de seguridad, en las cuales se detallan algunas características importantes [11].

La ISA99, enmarca un conjunto de guías e informes técnicos, de las cuales se lograron publicar dos guías, las cuales son: (ANSI/ISA-99.01.01-2007 y ANSI/ISA-99.02.01-2009) y un informe técnico detallado (SI/ISA-TR99.01.02-2007) [11].

CAPITULO 2: HERRAMIENTAS INFORMATICAS DE LOS SISTEMAS SCADA.

Para el desarrollo de los sistemas SCADA en la industria, se debe tener en cuenta aspectos relevantes en los softwares que ofrecen empresas dedicadas a la automatización industrial en el mercado, entre las características más importantes tenemos:

- El tipo de licencia que utilizan (libres o pagadas).
- Costo de cada licencia y tiempo de expiración.
- Sin son de licencia libre, que tiempo se puede ocupar continuamente.
- Características que brindan cada una en relación a la complejidad de la aplicación a realizar.
- Compatibilidad con marcas de PLC's más reconocidas que hay en el mercado (Siemens, Schneider Electric, etc.).
- Capacidad para adaptarse a complementos (Kepware, OPC System) creados por industrias de la automatización para la interacción entre PLC y el Software.

Dentro de la investigación de softwares que brindan grandes características en el desarrollo de sistemas SCADA, se describen a continuación:

2.1 TESLASCADA2.

TeslaSCADA2 es una de las soluciones para sistemas SCADA y HMI cuando así se lo requiera, se encuentra disponible para muchos sistemas operativos: Mac OS, Windows, Linux, Android y iOS [12].

Permite ingresar directamente a la producción de la industria y procesar los datos que se obtienen, maneja muchos protocolos de comunicación industrial (Modbus TCP, Siemens ISO / TCP, Ethernet / IP, Fins / TCP (UDP), MQTT y OPC UA.), los controladores de cada elemento en cuanto se refiere a PLC's están incluidos y se pueden conectar directamente por TCP / IP mediante configuraciones sencillas [12].

Para el control remoto de un sistema SCADA, TeslaSCADA2 ofrece la plataforma TeslaMultiSCADA el cual permite acceder a los datos de producción

mediante teléfonos inteligentes con sistemas operativos Android y IOS gracias a la utilización de los protocolos de comunicación Modbus TCP (UDP), Siemens ISO/TCP y Ethernet/IP [12].

Además TeslaSCADA2, posee dos tipos de software, uno para el diseño y otro para el funcionamiento de los sistemas SCADA [12].

TeslaSCADA_IDE (véase Figura 2.1), es donde se pone en proceso el diseño y construcción de sistemas SCADA, por otra parte la aplicación TeslaSCADA_Runtime (véase Figura 2.2) es la aplicación que sirve para probar el funcionamiento que se realiza en TeslaSCADA_IDE [12].

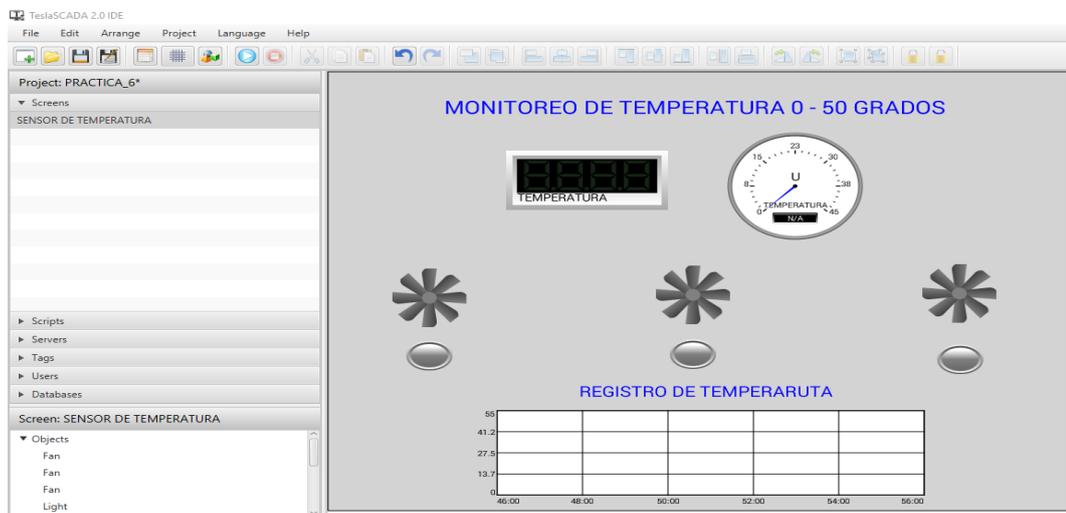


Figura 2.1 Entorno TeslaSCADA_IDE.

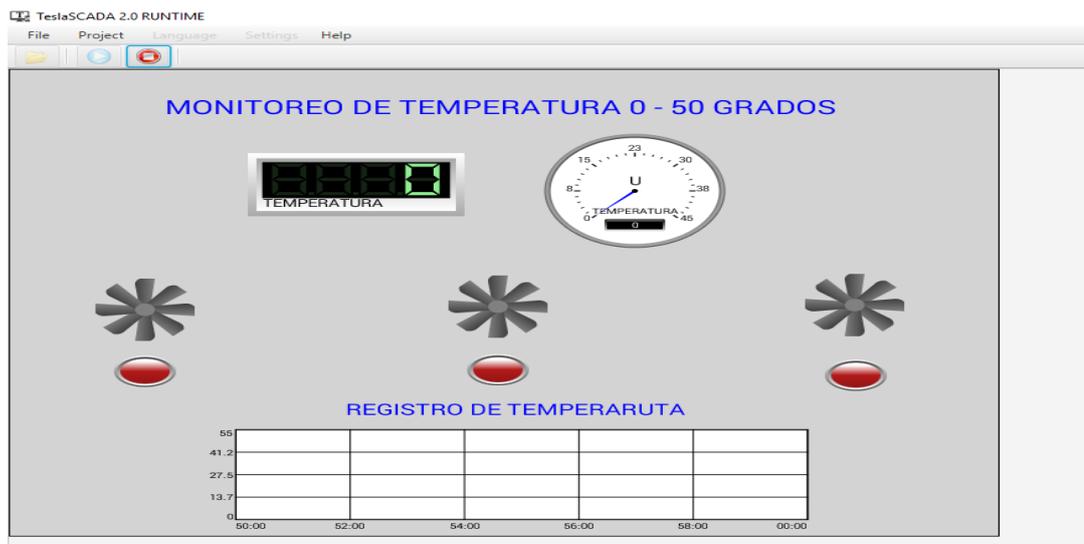


Figura 2.2 Entorno TeslaSCADA_Runtime.

2.1.1 LICENCIA.

TeslaSCADA2 maneja dos versiones de licencia, una libre y otra pagada, la diferencia entre las dos está en el número de tags (entradas y salidas) que puede manejar en cada proyecto, la limitante es que la versión libre solo puede manejar 16 tags, mientras que la versión pagada no tiene esta limitante [13].

2.2 VISUAL STUDIO.

Visual Basic de Visual Studio (Versión 2012) (véase Figura 2.3) es una herramienta de software donde encontraremos una gran variedad de elementos para la realización de sistemas SCADA y HMI, su plataforma de programación es amigable con el usuario, ya que dispone de paquetes de programación gráfico para la simulación y adquisición de datos de procesos para la automatización industrial [14].

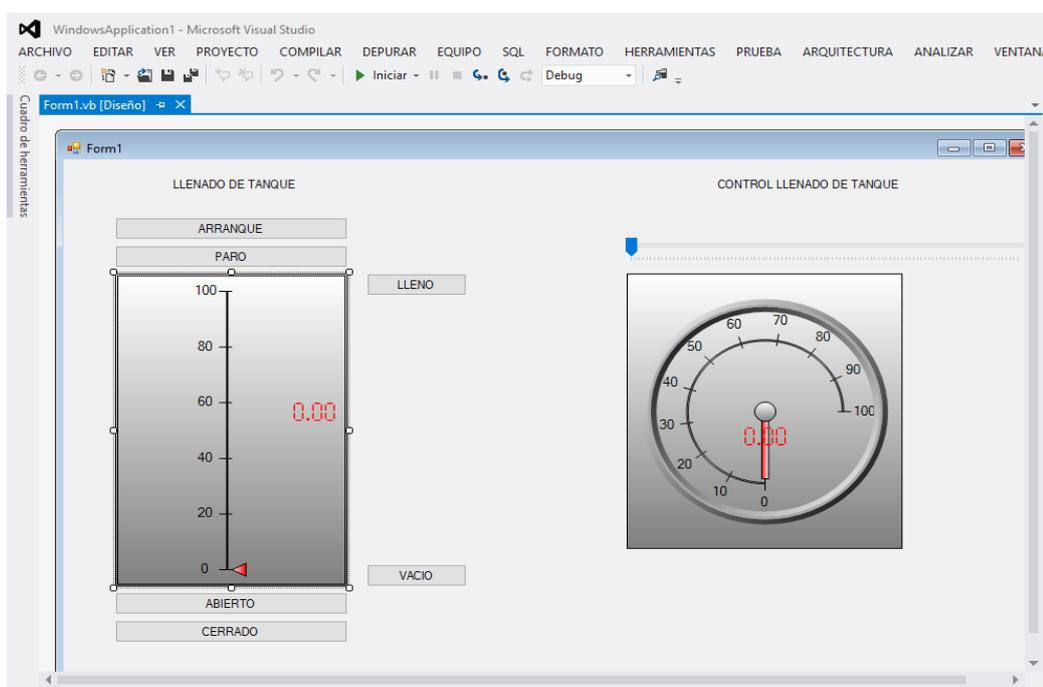


Figura 2.3. Entorno Visual Basic de Visual Studio 2012.

Visual Studio hace varios años ha ido evolucionando considerablemente, desde su versión 2005 hasta la versión 2017, la más reciente hasta la fecha [14].

Las versiones de Visual Studio que incluyeron las plataformas de trabajo .NET Framework, empezaron a incorporarse desde la versión 2008 hasta la 2017, este complemento es importante ya que las aplicaciones diseñadas con sistemas SCADA, necesariamente trabajan con este tipo de extensiones [14].

Para la realización de sistemas SCADA y HMI en Visual Basic de Visual Studio, se debe tener en cuenta que el software necesita la utilización de aplicaciones adicionales dentro de su entorno de programación para la interacción entre el SOFTWARE y PLC, muchas empresas que trabajan en la creación de complementos para la implementación de sistemas SCADA dentro del software, han desarrollado algunas aplicaciones en las cuales podemos citar las siguientes:

OAS Service Control: Mediante complementos OPC Systems.NET, contiene elementos gráficos para el desarrollo de sistemas SCADA minimizando en lo posible la programación con código, los complementos OPC Systems.NET son desarrollados para implementarse en programas específicos: Visual Studio o Expression Blend. [15].

Advanced HMI: Es un ejecutable diseñado para el software Visual Studio, su lenguaje de programación gráfico que se basa en .NET Framework el cual no introduce errores de código. Maneja muchos controladores para la interacción entre SOFTWARE y PLC sin la necesidad de aplicaciones adicionales para el enlace [16].

Iocomp: Es un software adicional para Visual Studio, que con la incorporación del paquete Iocomp .NET WinForms Std Pack que trabaja con complementos .NET Framework es posible el desarrollo y ejecución de sistemas SCADA, con alrededor de 28 componentes básicos para la instrumentación y 29 controles para entradas y salida que hace fácil la interacción entre PLC y SOFTWARE [17].

Measurement Studio: Es un paquete de herramientas .NET, para el desarrollo de aplicaciones en instrumentación y sistemas de control SCADA dentro de Visual Studio (para versiones 2010, 2011 y 2013), para la adquisición, visualización y control de datos y medidas. Además contiene controles de interface de usuario como gráficas, tablas, indicadores, funciones de análisis de datos [18].

2.2.1 LICENCIA.

El costo de licencia por el software Visual Studio en su versión 2017, rodea los 699 dólares americanos, el periodo de evaluación antes de la compra de la licencia tiene un periodo de 30 días.

Existe otro tipo de versión de software (Visual Studio en ediciones express) orientado a estudiantes, son de libre uso pero con restricciones a ciertos parámetros para la programación [19].

2.3 IGNITION SCADA.

Ignition SCADA, es un paquete de software perteneciente a Ignition, creado por la empresa Inductive Automation, el cual proporciona las principales características de un sistema SCADA), además Ignition SCADA está basado en la web (véase Figura 2.4) [20].

Ignition SCADA trabaja como una clase de servidor ya que está basado en tecnología web, esto quiere decir que todas las funcionalidades se configuran a través de un cliente web, ejecuta varias aplicaciones en paralelo a diferencia de un monitoreo tradicional. Ignition SCADA puede crear y utilizar diferentes sistemas de supervisión para: salas de control y supervisión, HMI para cuarto de máquinas, etc [20].

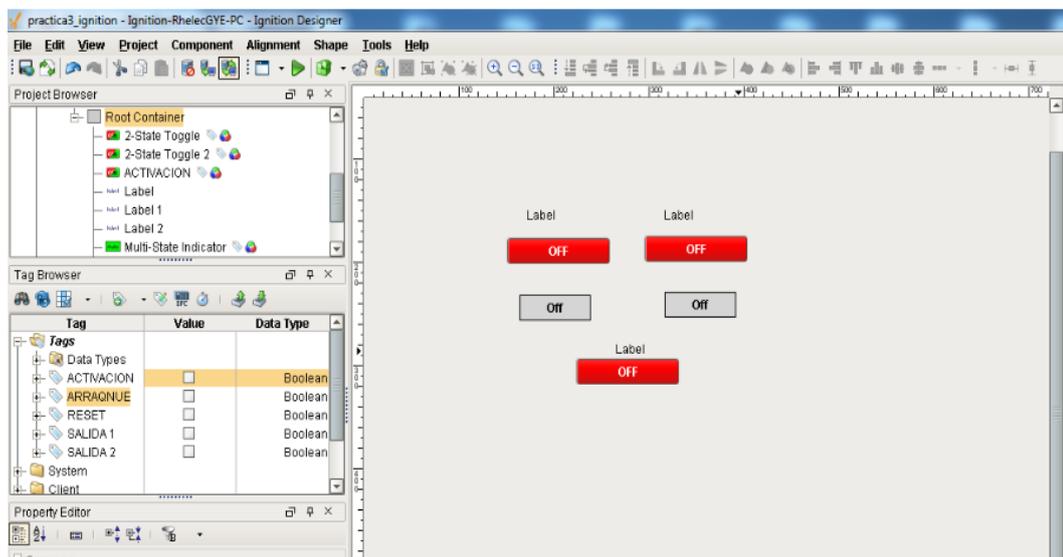


Figura 2.4. Plataforma IgnitionSCADA versión Trial.

Los datos de procesos de control, se guardan de manera segura y libre acceso, es compatible con cualquier base de datos SQL [20].

Una de las grandes ventajas de IgnitionSCADA, es el acceso ilimitado de usuarios a las aplicaciones para el control y supervisión de la línea de producción [20].

Al igual que Visual Studio, Ignition SCADA trabaja con softwares adicionales que implementan controladores necesarios para la comunicación con PLC's. Dentro de sus múltiples características en sistemas SCADA se pueden encontrar:

- Alarmas.
- Base de datos.
- Históricos.

- Visualización y control web.

2.3.1 LICENCIA.

Ignition maneja tres tipos de licencia [21]:

Versión Trial: Duración de una prueba de evaluación de 30 días a partir de su instalación.

Ignition Foundation: Ofrece conectividad con PLC's, logos, notificaciones, etc. Con un precio de 9950 dólares americanos.

Ignition Pro: Diseño de sistemas SCADA con herramientas para la gestión de datos y creación de informes con un costo de 14.995 dólares americanos.

Ignition Ultimate: Todas las propiedades de sistemas SCADA, incluidos mensajes, notificaciones de voz y manejo en dispositivos móviles con un costo de 19.095 dólares americanos.

2.4 SIMULINK DE MATLAB.

Simulink es un lenguaje gráfico de programación del software MATLAB, el principal objetivo de este software es diseñar y simular un proyecto antes de convertirlo en hardware, implementar diseños de diferentes formas, y lo más importante sin tener que realizar programación con código (véase Figura 2.5) [22].

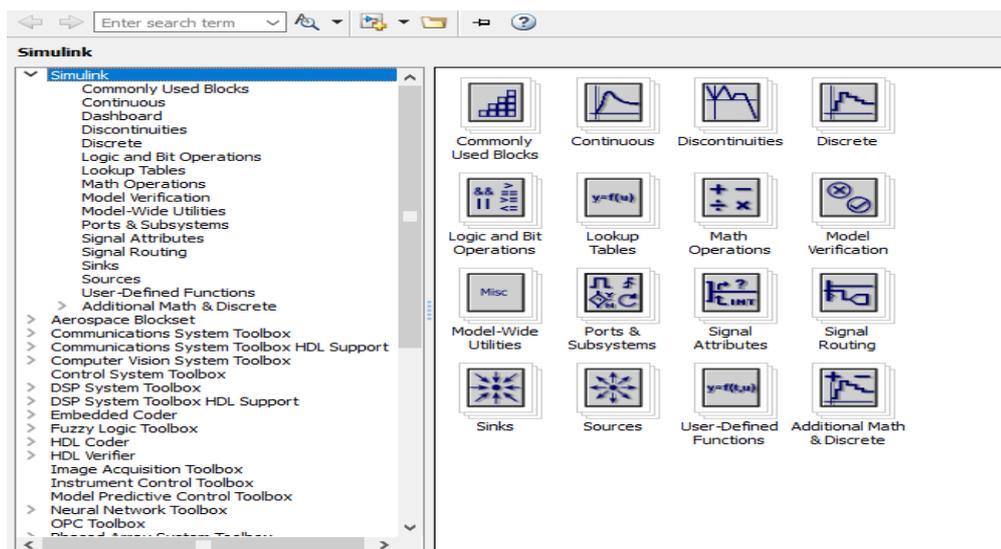


Figura 2.5. Entorno Simulink de Matlab R2015a.

Al ser un software de grandes prestaciones, incorpora varias librerías para la simulación de sistemas de control, cálculos matemáticos, simulación de circuitos eléctricos y electrónicos, además de sistemas SCADA.

Para la implementación de sistemas SCADA, Simulink ofrece la librería OPC Toolbox (véase Figura 2.6) para la interacción entre PLC y PC mediante el software de controladores KepServerEX o OPC Server [22].

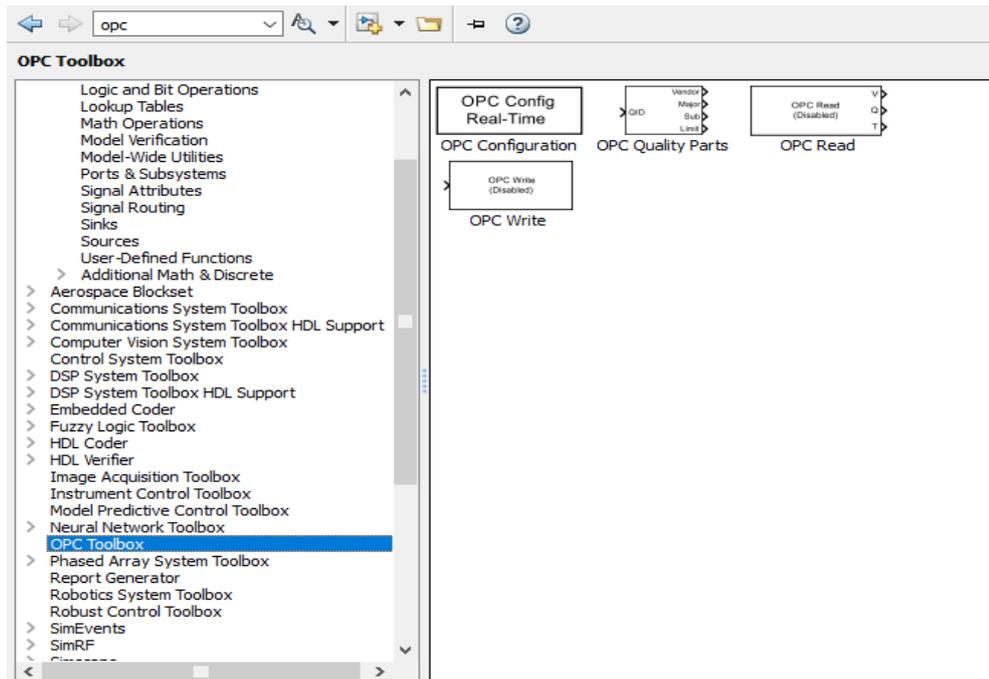


Figura 2.6. Librería OPC Toolbox de Simulink.

2.4.1 OPC TOOLBOX.

OPC Toolbox ofrece diferentes características como leer, escribir, y registrar datos de OPC desde dispositivos, como sistemas de control de supervisión y adquisición de datos, y controladores lógicos programables (PLC's) [23].

La librería OPC Toolbox ofrece bloques en Simulink para la realización del modelamiento de supervisión en línea y pruebas de control de hardware en lazo (véase Figura 2.7) [23].

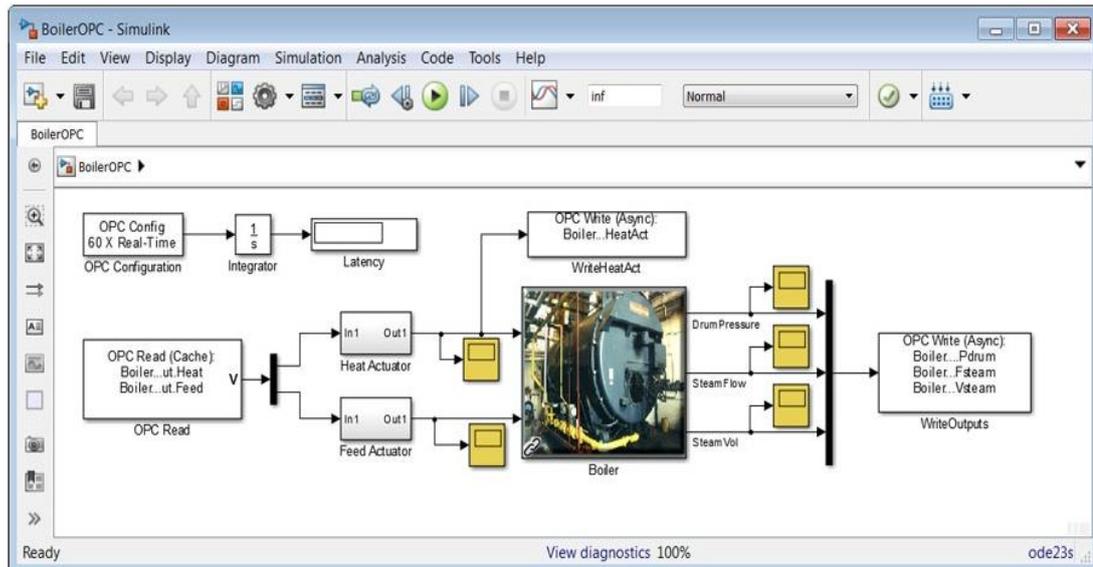


Figura 2.7. Modelamiento de Supervisión en línea y control con OPC Toolbox.

Fuente: Tomado de [23].

2.4.2 LICENCIA.

Las licencias de Matlab son vendidas por categorías, entre ellas están [24]:

Standart: Licencia de uso comercial, con dos tipos, una licencia perpetua de \$2350, y licencia anual de \$940.

Education: Esta licencia está orientada al uso investigativo de docentes educativos que de igual manera tiene una perpetua de \$550 y anual de \$275.

Home: Este tipo de licencia está orientada al uso personal con un costo de \$95.

Student: Dirigida a estudiantes con un costo de \$29.

2.5 WONDERWARE INTOUCH.

El software InTouch es uno de los softwares informáticos SCADA mas empleados para la automatización en procesos industriales, ofrece agilidad operativa y prestaciones en tiempo real. Su enfoque es proporcionar información contextualizada que los operarios necesitan para solucionar de forma oportuna y precisa a las situaciones anormales que se vea afectado la operación, al igual que otros softwares de implementación SCADA, Wonderware InTOUCH también trabaja en programación gráfica (véase Figura 2.8) [25].

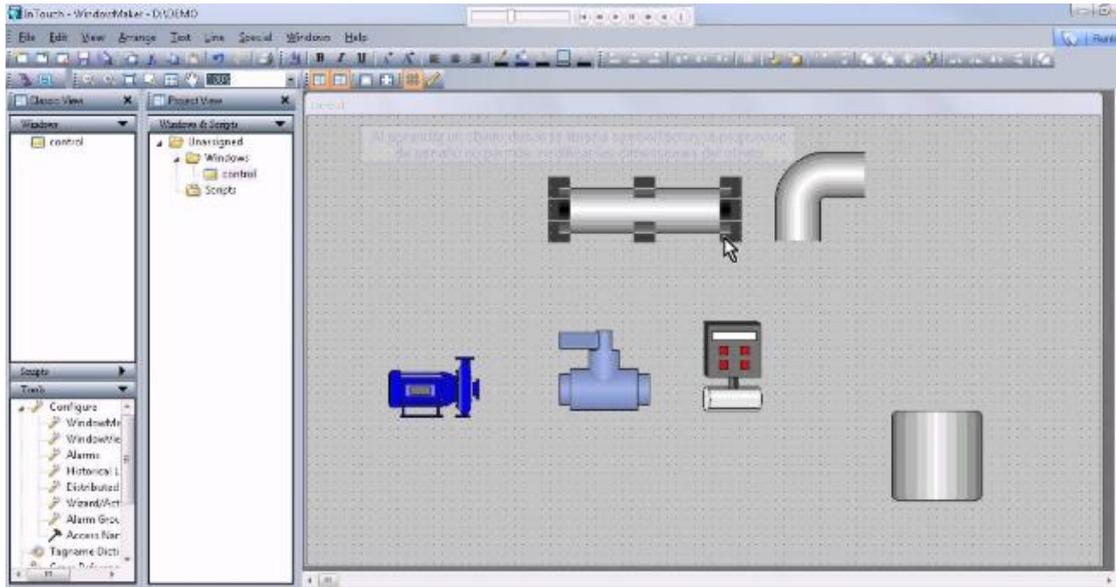


Figura 2.8. Plataforma de trabajo WONDERWARE INTOUCH.

2.5.1 CARACTERÍSTICAS.

La biblioteca que posee WONDERWARE InTOUCH llamada Situational Awareness Library de ArchestrA, proporciona un conjunto de bloques funcionales que permite la visualización dinámica de procesos, esta permite a los operarios a resolver los problemas que se presenten y así reducir los tiempos de resolución de los mismos. Como compensación tenemos menos errores y mejorando las prestaciones en seguridad y control de valores.

Dar visualización accesible desde cualquier lugar es una de las propiedades importantes de WONDERWARE InTOUCH, el cual permite a los usuarios supervisar y resolver los problemas de forma segura en los equipos o los procesos de la planta desde cualquier lugar desde un navegador web [26].

Proporciona actualizaciones al software para que este pueda seguir funcionando, sin costos de readaptación. También ofrece más opciones de virtualización, como Hyper-V y VMware, además incorpora funciones para un manejo uniforme de los datos y la visualización de la calidad de los datos en las pantallas del operario.

Posee una completa biblioteca que contienen más de 500 símbolos gráficos ArchestrA los cuales proporcionan el acceso en modo arrastrar y soltar a componentes de ingeniería previamente construidos.

InTouch ofrece la incorporación de gráficos vectoriales, gráficos bitmap, símbolos de bibliotecas, controles .NET y controles ActiveX existentes [26].

2.5.2 LICENCIA.

Existen dos tipos de licencias en el mercado InTouch:

InTouch Desarrollo: Con las especificaciones para poder desarrollar y ejecutar aplicaciones [27].

InTouch Runtime: Este tipo de licencia hace que las aplicaciones solo puedan ser ejecutadas, sin poder desarrollar ni modificarlas.

Para saber el precio de las licencias Desarrollo y Runtime, InTouch ofrece diferentes costos que depende del número de tags que se manejen en el proyecto que se vaya a realizar [27].

2.6 LABVIEW.

Es un software que implementa programación gráfica que abarca aplicaciones como adquisición, control, análisis y presentación de datos. Algunas de las ventajas que LABVIEW (ver Figura 2.9) proporciona se describen a continuación [28].

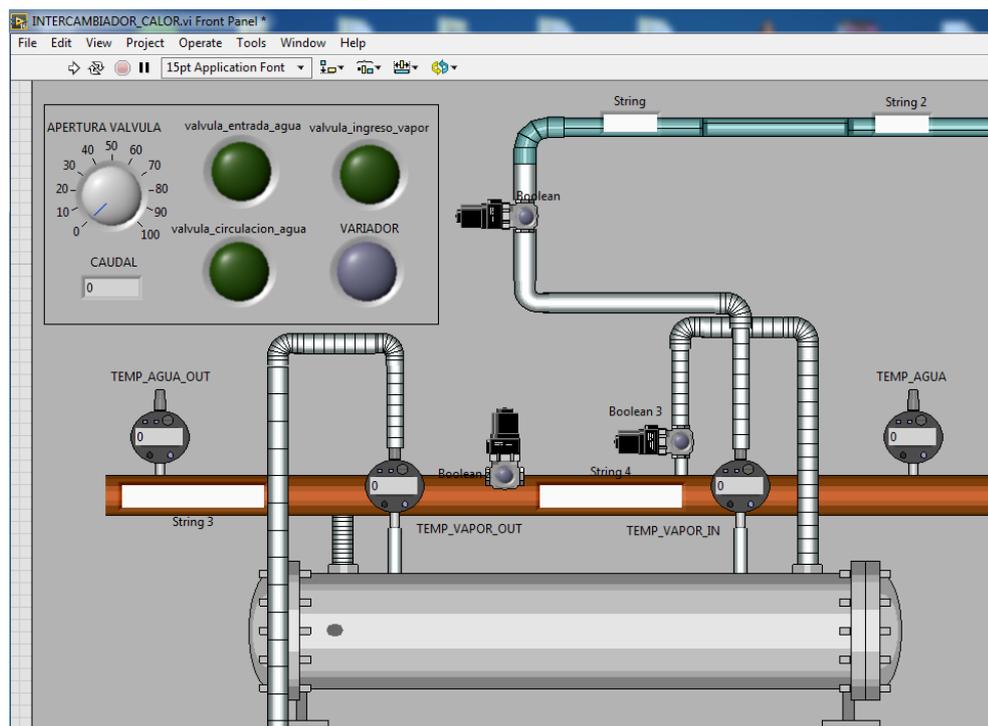


Figura 2.9. LabVIEW versión 2016 de la National Instruments.

2.6.1 CARACTERÍSTICAS.

- Al ser un lenguaje de programación gráfica reduce el tiempo de desarrollo ya que es una aplicación fácil de entender [28].

- Permite cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software [28].
- Posibilita a los usuarios de crear soluciones completas y complejas [28].
- Integra funciones para la adquisición, análisis y presentación de datos [28].
- El sistema contiene un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible [28].
- Incorpora aplicaciones escritas en otros lenguajes [28].
- Dentro de las aplicaciones en sistemas SCADA, LabVIEW trabaja con una extensión de programa llamado MODULO DSC, el cual es una compilación de aplicaciones gráficas para el diseño y puesta en marcha de procesos industriales [28].

2.6.2 MODULO DSC.

De sus siglas en inglés, Datalogging and Supervisory Control, es un complemento del software LabVIEW, esta extensión de programa ayuda al desarrollo de aplicaciones SCADA. La utilización de esta herramienta, proporciona los parámetros necesarios para la comunicación del software con controladores lógicos programables (PLCs) y controladores de automatización programables (PACs) convencionales [29].

Con el Módulo DSC de LabVIEW, se puede registrar datos fácilmente a la base de datos histórica, integrada y en red o registrar a su base de datos relacional, empresarial. Sin programación adicional, puede usar estas mismas herramientas basadas en configuración para establecer el registro de alarmas y la notificación de datos [29].

El Módulo LabVIEW DSC proporciona una alternativa para el entorno de desarrollo convencional con un solo entorno de desarrollo para lógica y desarrollo HMI [29].

Para el desarrollo de sistemas SCADA en LabVIEW no se requiere de una programación clásica, ya que este software emplea Iconos para la programación gráfica [29].

La programación grafica en LabVIEW contiene librerías para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis, presentación y guardado de datos [29].

2.6.3 LICENCIA

El costo de las licencias varía según las características que se amerite, en esta lista encontramos tres tipos de licencia [30]:

LabVIEW Base: Software para la resolución de matemáticas básica, recomendado para aplicaciones pequeñas, tiene un costo de \$440 anuales.

LabVIEW Completo: Recomendado para matemáticas avanzada, ideal para procesamiento de señales, tiene un costo de \$3300.

LabVIEW Profesional: Recomendado para aplicaciones que requieran validación de código, también incluye elementos de ingeniería de software, tiene un costo de \$5500.

2.7 IGSS.

INTERACTIVE GRAPHICAL SCADA SYSTEM, es un software para la automatización industrial con funciones completas para la implementación de sistemas SCADA (véase Figura 2.10). Su funcionalidad es continua ya que siempre ofrece compatibilidad con sus versiones anteriores para proteger la inversión que sus clientes depositan [31].

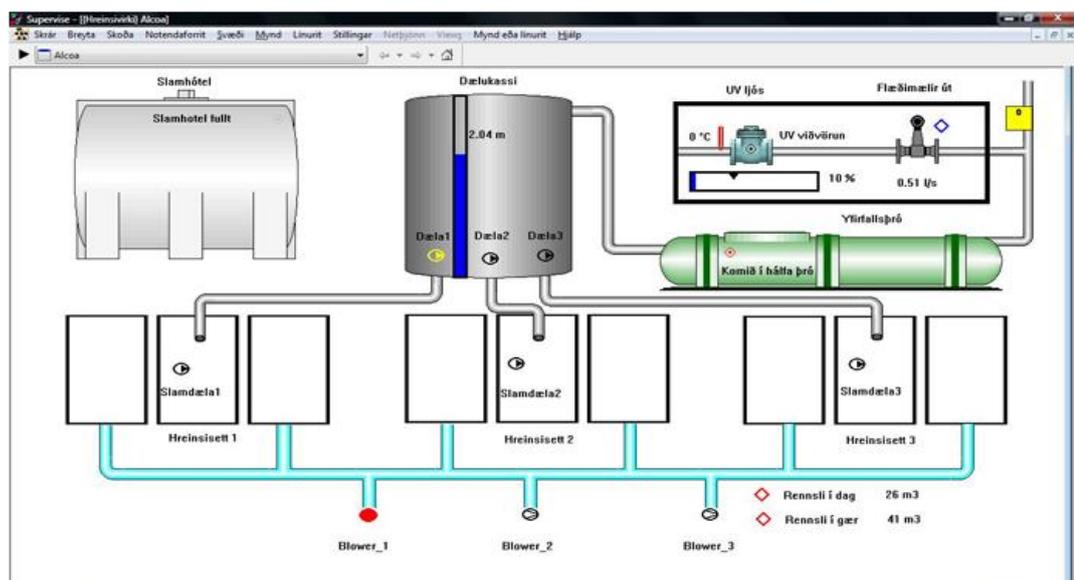


Figura 2.10. Ejemplo de implementación de Sistema SCADA en IGSS.

Fuente: Tomado de [34].

2.7.1 CARACTERÍSTICAS.

- Precisión y flexibilidad en la generación de alarmas dentro de un sistema SCADA.
- Lista de todos los registros de los procesos que se generan [32].
- Envío de alertas desde la planta de producción hacia teléfonos móviles mediante mensajes de texto o correo electrónico [32].
- Escalabilidad y compatibilidad hacia atrás de las versiones de Software.
- Contiene Arquitectura Cliente/Servidor [32].

2.7.2 LICENCIA.

Existen en el mercado tres tipos de licencias para IGSS, dos de ellas son versiones pagadas y una versión libre las cuales se describen a continuación [33]:

Licencia para el desarrollo: Permite al usuario final realizar cambios en los proyectos IGSS, tiene un costo de \$1206.29

Licencia de tiempo de ejecución: No permite ser modificado por el usuario final en proyectos IGSS, tiene un costo de \$1007.20

IGSS Free 50: Es la versión gratuita de IGSS, pero al igual que el software completo, cumple con características muy especiales:

- Recopila datos de PLC's sin límite de tiempo.
- Contiene alrededor de 70 controladores de PLC's.
- Actualizable a la versión de software completa IGSS.

2.8 SIMATIC WINCC (TIA PORTAL).

A diferencia de otros softwares para sistemas SCADA, SIMATIC WinCC (véase Figura 2.11) es escalable y abierto para una máxima transparencia y productividad de la planta, además ofrece numerosas funciones de alto rendimiento para el control y supervisión de procesos industriales [35].

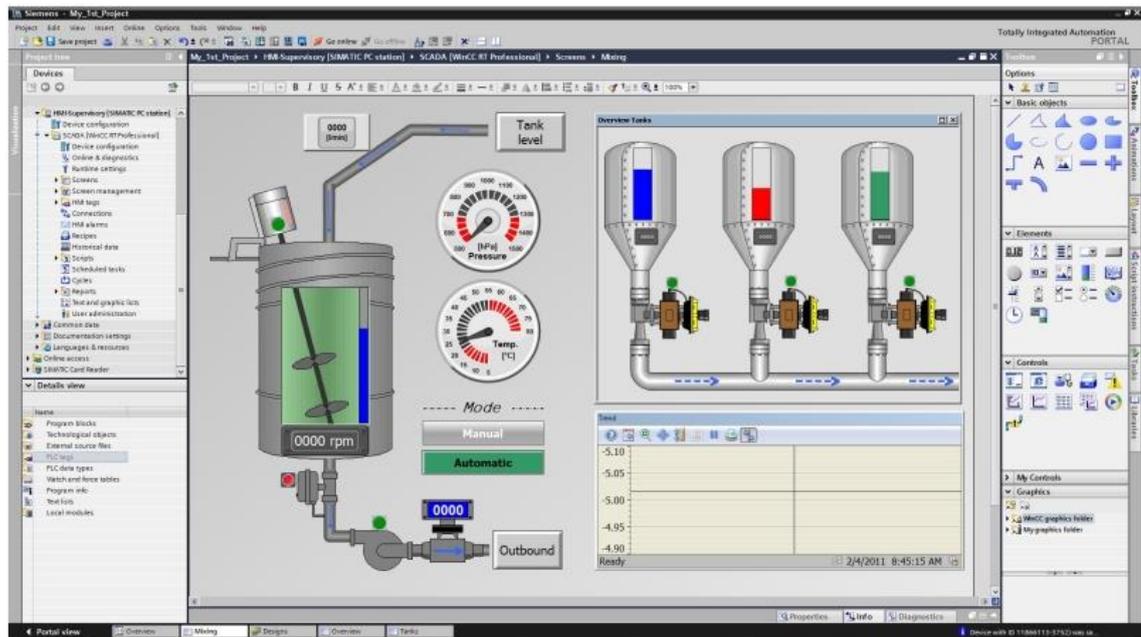


Figura 2.11. Ejemplo de implementación de Sistema SCADA SIMATIC WinCC.

Fuente: Tomado de [36].

2.8.1 CARACTERÍSTICAS.

- Es de utilización universal, es decir es posible la creación de proyectos multilinguaje [36].
- Opera bajo el sistema operativo Windows [36] [37].
- Configuración sencilla y eficiente [36].
- Ofrece funcionalidades SCADA, desde sistemas sencillos monopuesto, hasta sistemas multiusuario [36].
- Tiene una arquitectura abierta, ya que sus funcionalidades pueden ser combinadas con otros programas estándar [36].

2.8.2 LICENCIA.

WinCC distingue entre dos tipos de licencias, RT (Runtime) y RC (Runtime and Configuration), así como el número de variables [37].

Las licencias RT dan derecho a utilizar WinCC en Runtime durante un tiempo ilimitado. La edición de un proyecto solo se puede realizar en modo demostración y por un tiempo límite [37].

Las licencias RC dan derecho a utilizar WinCC en runtime durante un tiempo ilimitado. Las licencias RC se pueden usar local o remotamente, a diferencia de la licencia RT, esta se puede modificar proyectos y así mismo poder desarrollarlos [37].

El costo de las licencias depende del número de variables que se deseen manejar en los proyectos a realizarse, tanto en las licencias RT y RC [37].

2.9 HERRAMIENTAS OPC.

2.9.1 KEPSERVEREX 6.2.

En su versión 6.2, KEPServerEX (véase figura 2.12) es uno de los complementos en cuanto a controladores más usados a nivel de automatización para la comunicación entre PLC's y Softwares de desarrollo de sistemas SCADA. (Para la configuración de KEPServerEX, sírvase ver los manuales de prácticas) [38].

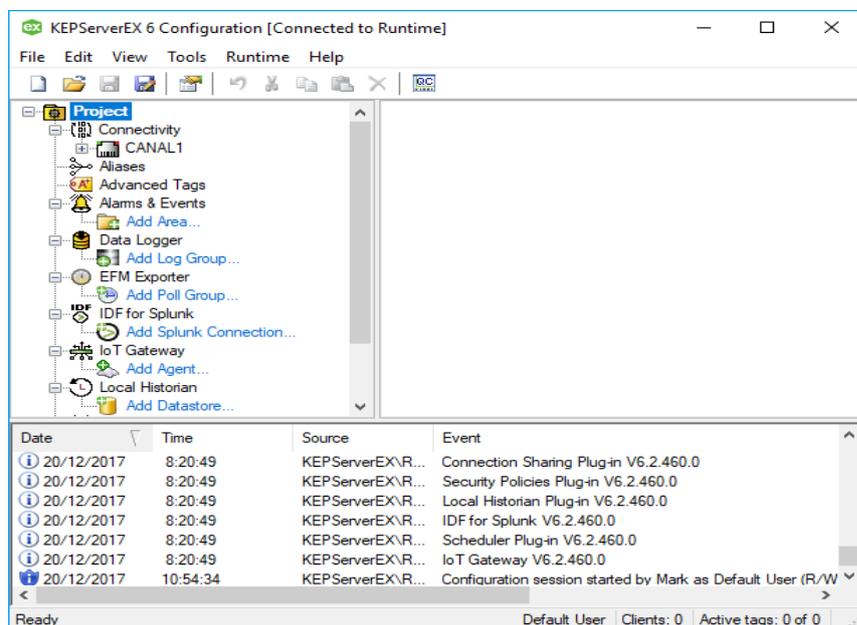


Figura 2.12. Entorno de KEPServerEX Versión 6.2.

KEPServerEX permite conectividad con diversas marcas de Controladores Lógicos Programables, entre los más importantes se encuentran [38]:

- Allen-Bradley.
- BACnet/IP.
- Mitsubishi Ethernet.
- Modbus RTU serial.
- Modbus TCP/IP Ethernet.
- Siemens TCP/IP.
- Toshiba Ethernet.

KEPServerEX está disponible para múltiples versiones del sistema operativo Windows, entre ellos están: Windows Server 2016, Windows 10, Windows Server

2012, Windows 8, Windows Server 2008 R2, Windows 7 Ultimate, Professional y Enterprise. Los idiomas disponibles en KEPServerEX son: inglés, alemán, japonés [38].

2.9.1 LICENCIA.

La versión gratuita de KEPServerEX, tiene una limitante de uso, el cual es de dos horas, luego de ese tiempo se tendrá que reiniciar el ordenador para seguir utilizando el software.

El costo de licencia depende de las características que se necesite para cada proyecto, este costo empieza desde 452.00 dólares americanos [38].

2.9.2 OAS SERVICE CONTROL.

OAS Service Control, administra las conexiones, los tiempos de ejecución entre otras opciones mediante el Administrador De Control De Servicios, el cual permite administrar conexiones con servidores OPC (véase Figura 2.13) [39].

Dentro de las ventajas de usar OAS Service Control Manager, es la facilidad de interacción con otros softwares para lograr sistemas SCADA eficientes en cuanto a la comunicación, entre ellos podemos citar a LABVIEW, VISUAL STUDIO, etc [39].

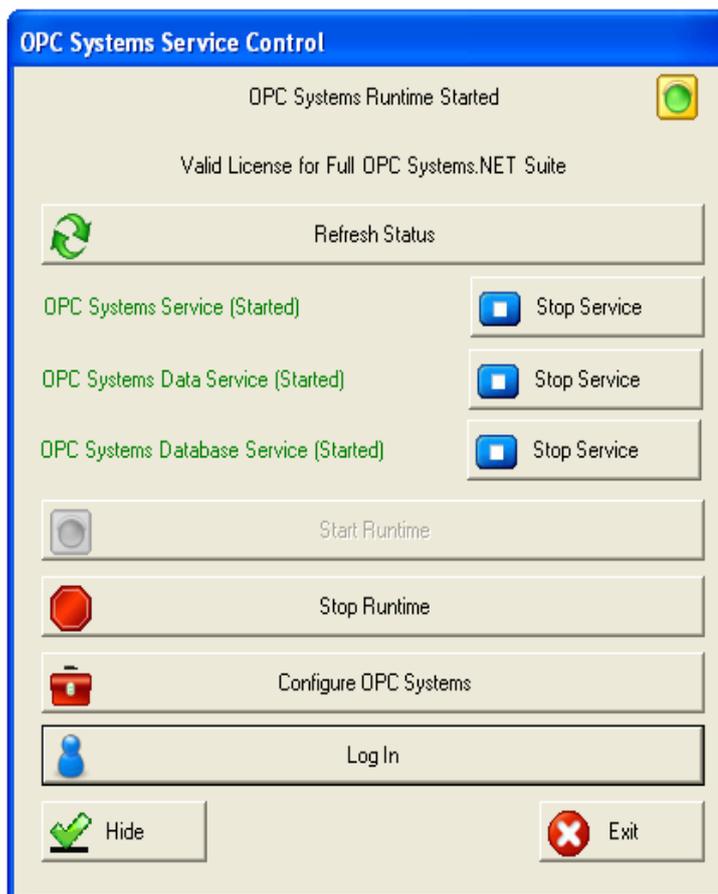


Figura 2.13. OAS Service Control Manager.

Para el desarrollo de sistemas SCADA en el software Visual Studio, los paquetes OPC System.NET, deben ser instalados y agregados todos los elementos dentro del software, ya que al ser utilizados necesitan de la interacción con el Administrador De Control De Servicios [39].

2.9.2.1 LICENCIA.

Las versiones de evaluación cuentan con un periodo de 30 días a partir de la instalación del producto, después de este tiempo, el software pierde propiedades de funcionamiento [40].

Los costos de la licencia varían según el tipo de necesidades que se ameriten, desde un servicio básico hasta uno completo [40].

2.9.3 MATRIKOMOPC.

MatrikonOPC provee productos para la conectividad industrial con una amplia gama de interfaces, el cual proporciona conectividad para sistemas de control y aplicaciones [41].

Este servidor OPC (véase Figura 2.14) permite acceder a dispositivos de campo a través del protocolo Modbus, además MatrikonOPC permite integrar una gran cantidad de servicios como base de datos, asistencia para sistemas SCADA para la obtención de datos de campo en procesos industriales [41].

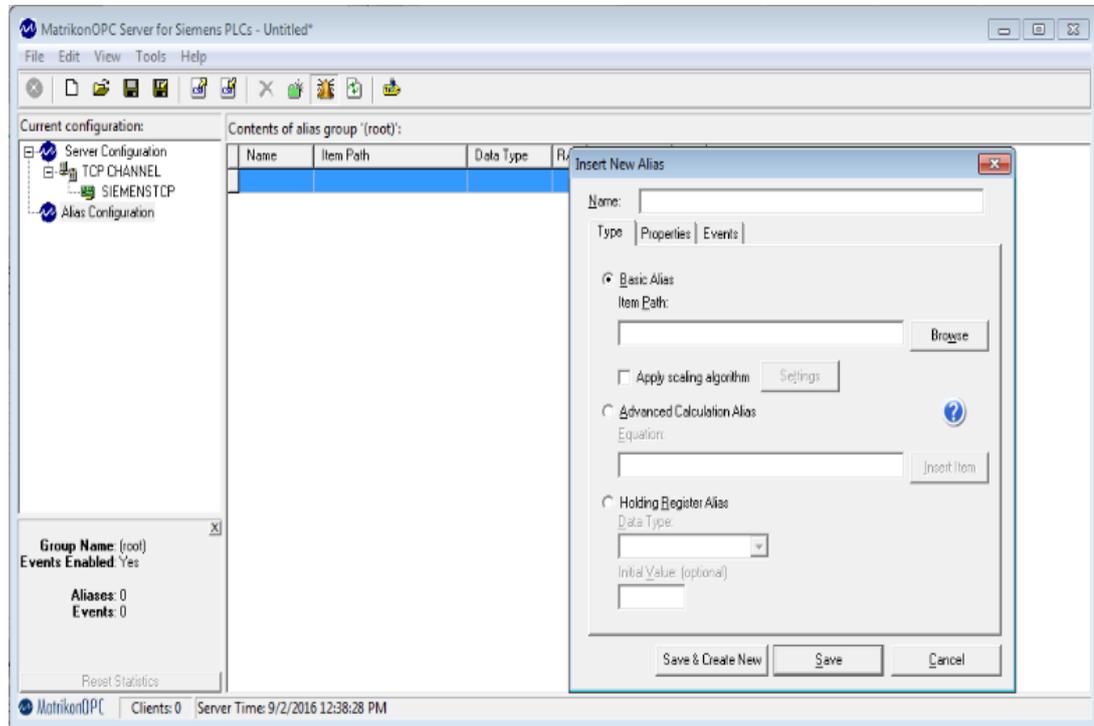


Figura 2.14. Plataforma MatrikonOPC.

MatrikonOPC ofrece soporte para diferentes marcas de PLC's, entre ellos están: Allen Bradley, Siemens, Omron, Omni entre otros [41].

2.9.3.1 LICENCIA.

Para un periodo de evaluación, la empresa MatrikonOPC ofrece una versión demo del programa con un periodo de evaluación de 30 días, el cual se puede descargar de la página de MatrikonOPC, si se desea la compra de una licencia, se debe especificar el tipo de proyecto que se pretende manejar, dependiendo del mismo se dará un costo de parte de los propietarios del software [42].

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE SISTEMAS SCADA.

3.1 CONEXIÓN DE SERVIDOR KEPSERVER CON PLC.

Antes de iniciar con el desarrollo de los Sistemas SCADA es de mucha importancia conocer el manejo del Software KepServerEX el cual permitirá comunicarnos desde el computador hacia el PLC mediante el manejo de variables de entrada y salida ya sean analógicas o digitales.

3.1.1 MANEJO DEL SOFTWARE KEPSERVER.

Para proceder al manejo del software debemos en primera instancia realizar su instalación, para ello nos dirigiremos al siguiente enlace para descargar su instalador: <https://www.kepware.com/en-us/kepserverex-6-5-release/>, en el cual se deberá crear una cuenta para su descarga.

Luego de su instalación se ejecutará el icono de acceso directo, dentro de su ventana principal se procederá a configurar el canal de comunicación el cual permitirá la conexión entre PLC y PC, en este caso se seleccionará Siemens TCP/IP Ethernet (véase Figura 3.1). Posteriormente se agregará el dispositivo o PLC al cual nos comunicaremos con la PC, para este ejemplo se ha seleccionado el PLC S7-1200 (véase Figura 3.2).

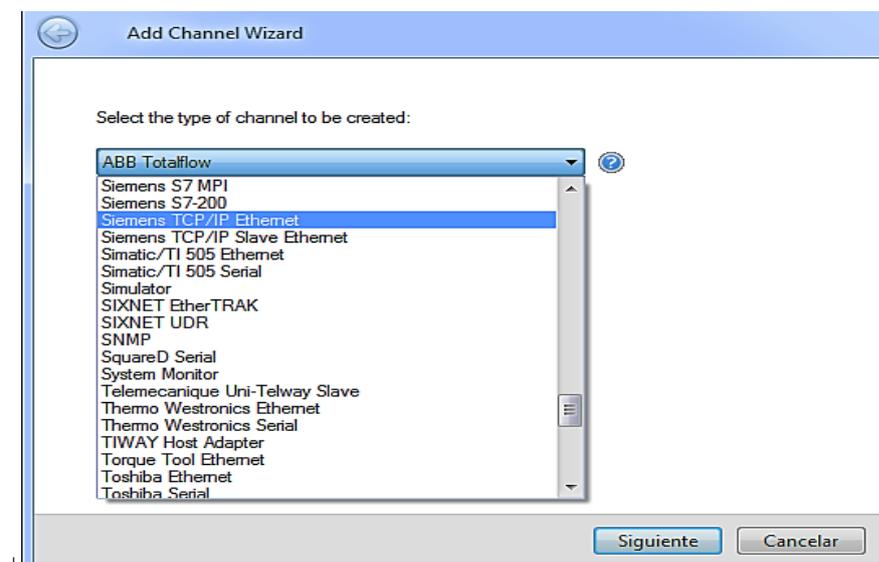


Figura 3.1. Tipo de Canal.

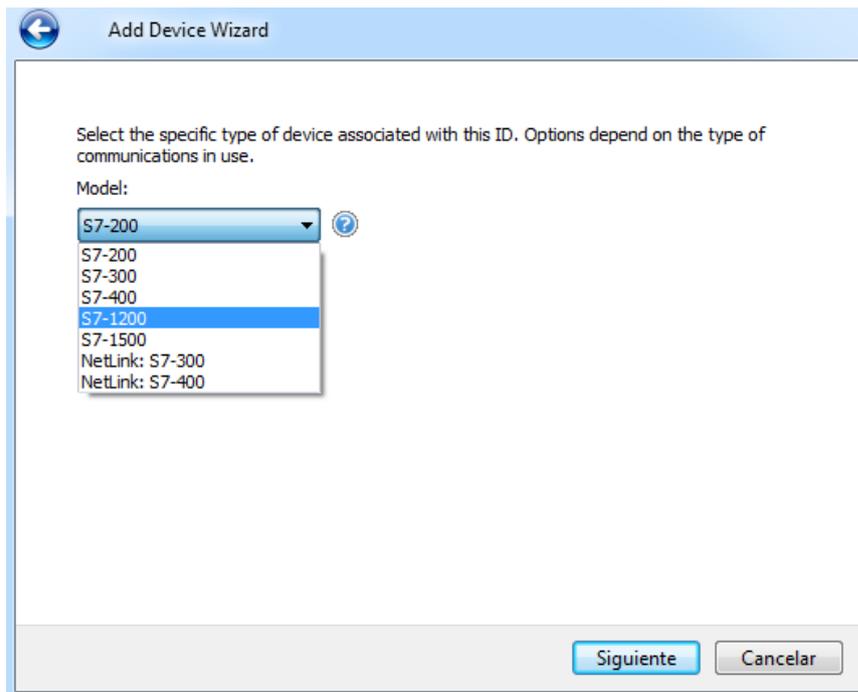


Figura 3.2. Selección de serie del Dispositivo.

Para finalizar con el proceso de conexión se realiza la respectiva configuración de cada una de las variables (tags) utilizadas en el PLC y su respectiva comprobación de enlace tal como se muestra en la Figura 3.3. Para mayor información del manejo y configuración para la comunicación entre PLC y PC mediante el software KEPServerEX es conveniente revisar el manual de prácticas Sistemas SCADA – Práctica número 1.

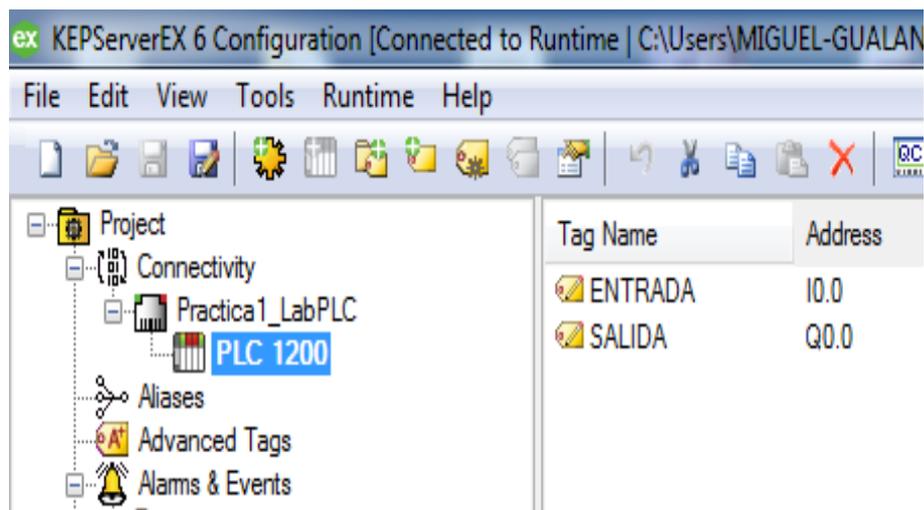


Figura 3.3. Creación New Tag.

3.2 MANEJO DEL SOFTWARE MATLAB.

MATLAB mediante el uso de la Plataforma Simulink permite el desarrollo de Sistemas SCADA ya que en ella encontramos la librería OPC Toolbox la cual consta de cuatro bloques OPC Configuration, OPC Quality Parts, OPC Read y OPC Write. Cada uno de los bloques cumple un funcionamiento, tal es el caso de OPC Configuration en el cual se realiza la configuración de enlace con el servidor KEPServerEX (véase Figura 3.4).

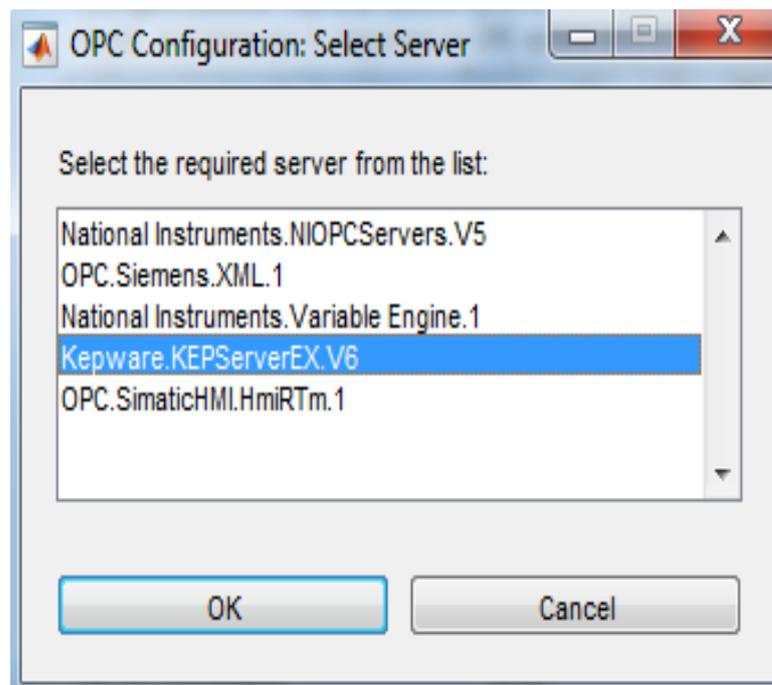


Figura 3.4. *OPC Configuration.*

En el caso de los bloques OPC Read y OPC Write se configura cada una de las variables que pertenecen al Sistema SCADA a ser desarrollado. Dando doble clic en el bloque seguido se realiza la configuración de OPC Clients para finalizar añadiendo cada variable creada anteriormente en el servidor KEPServerEX (véase Figura 3.5).

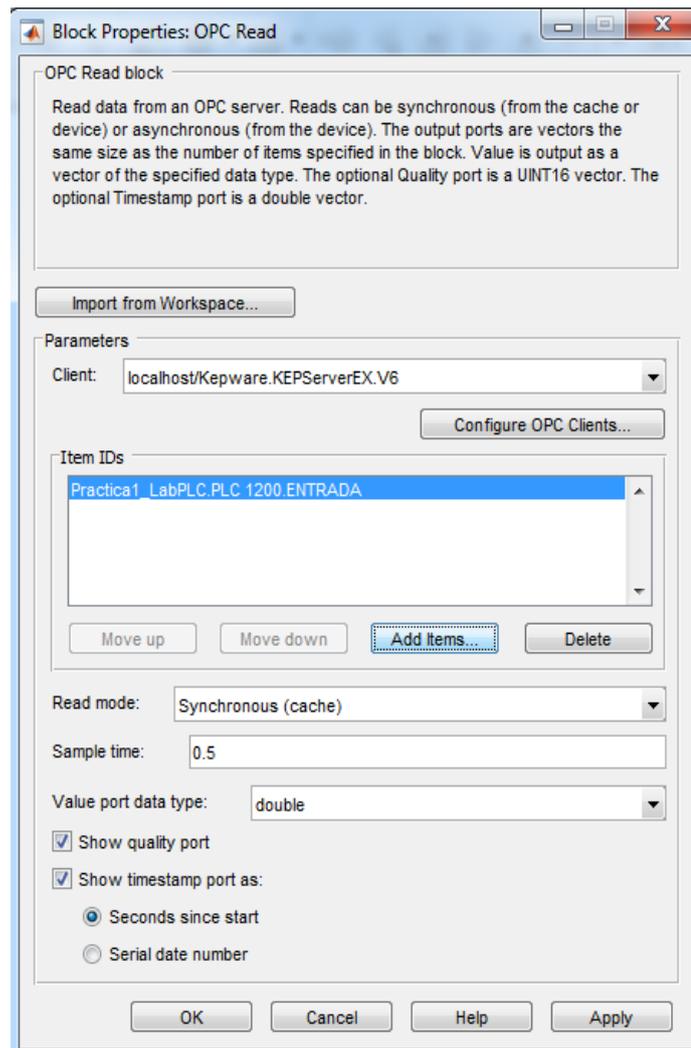


Figura 3.5. *Add items.*

En la Figura 3.6 se puede visualizar tres bloques de la librería OPC Toolbox de la plataforma Simulink los cuales se encuentran operando de la siguiente manera:

- OPC Configuration: Realiza la configuración para la comunicación entre PLC y PC.
- OPC Read 1: Se encuentra cargada la variable digital I0.0 (tag) del servidor KEPServerEX.
- OPC Read 2: Se encuentra cargada la variable digital I0.1

Además se dispone de dos indicadores:

- Display 1: Se mostrara la activación y desactivación de la variable cargada en OPC Read 1.
- Display 2: Se mostrara la activación y desactivación de la variable cargada en OPC Read 2.

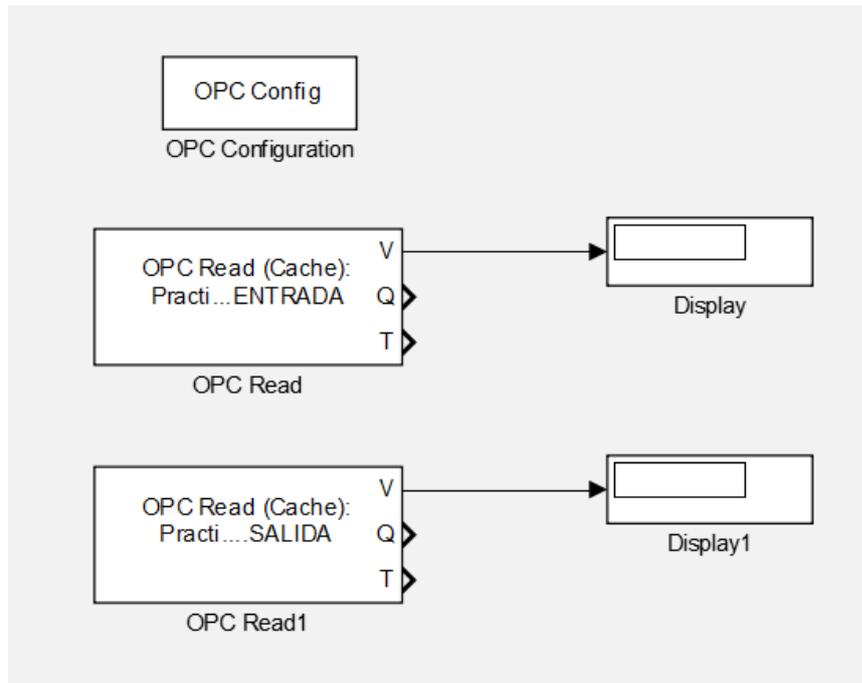


Figura 3.6. *Sistemas SCADA realizado en Matlab.*

3.3 MANEJO DEL SOFTWARE IGNITION.

Ignition es un software el cual permite desarrollar Sistemas SCADA mediante la utilización de la web, por tal motivo se debe considerar importante el acceso a red antes de iniciar con su elaboración. La versión que se ha utilizado para el desarrollo del Sistema SCADA es “Ignition-7.9.3-windows-x64-intaller.exe” el cual se encuentra disponible en el siguiente enlace: <https://inductiveautomation.com/downloads/archive>, este puede ser descargado de forma gratuita (versión trial), dirigiéndonos hacia la parte inferior de la ventana en la opción Archives (véase figura 3.7) y finalmente realizar la creación de la cuenta. Este software tiene un tiempo de duración de 2 horas, además no ha presentado ningún inconveniente en el proceso de desarrollo del Sistema SCADA y de igual forma en la conexión con el servidor KepServerEX.

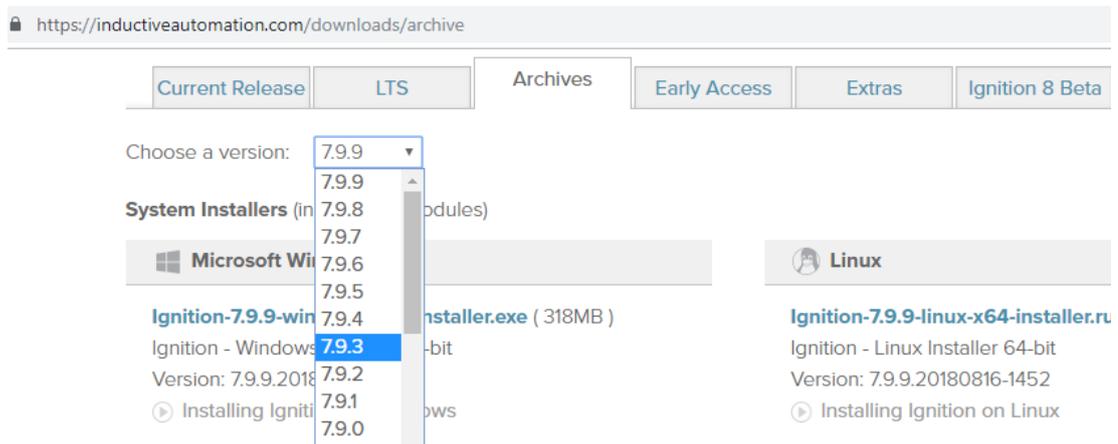


Figura 3.7. Selección de versión de Ignition.

La configuración inicia con la creación de un dispositivo en el Software Ignition, en este caso se toma como ejemplo el PLC S7-1200, posteriormente se realiza la comunicación entre el servidor KepServerEX y software Ignition (véase Figura 3.8).

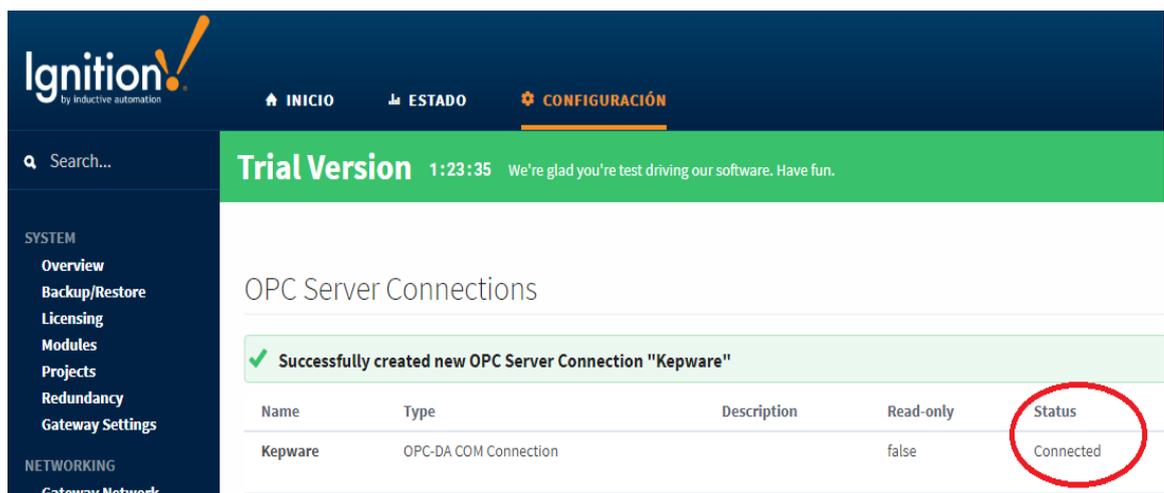


Figura 3.8. Verificación de conexión con servidor.

Ya realizada la verificación de conexión entre PLC, KEPServerEX y software Ignition, se procede a la elaboración del Sistema SCADA. En la ventana de diseño se encuentra algunos elementos o símbolos como cilindros, indicadores, botones, introducción de texto, numérico, etc (véase Figura 3.9).

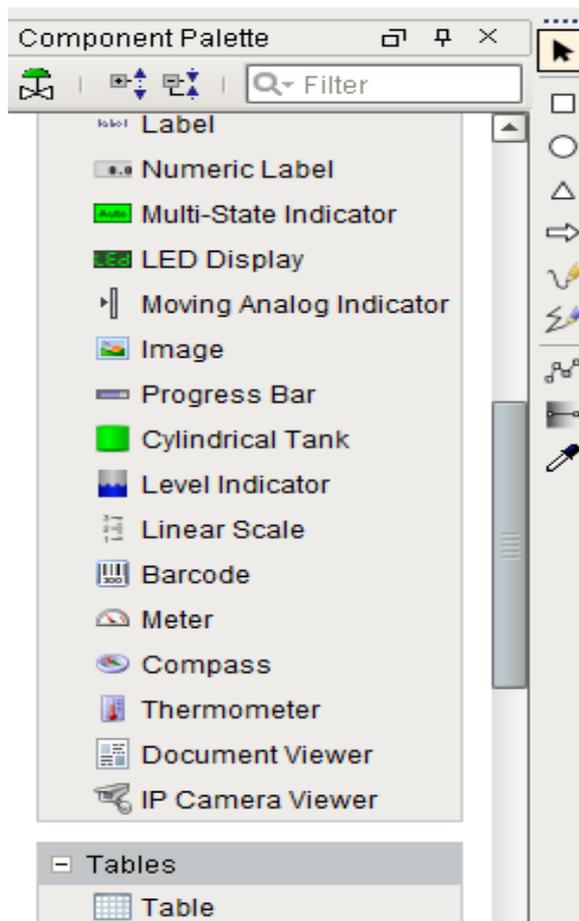


Figura 3.9. Paleta de elementos.

Para el desarrollo del Sistema SCADA se utilizaron tres botones y dos indicadores, los cuales realizarán la activación y/o desactivación de las marcas M0.0, M0.1, M0.2 (ACTIVACION, ARRANQUE, APAGADO) y la visualización de las salidas digitales como: Q0.0, Q0.3 del PLC S7-1200 respectivamente. El funcionamiento del sistema se detalla a continuación:

- Botón ACTIVACION: Permite la activación y desactivación de M0.0
- Botón ARRANQUE: Permite la activación y desactivación de M0.1
- Botón APAGADO: Permite la activación y desactivación de M0.2
- Indicador 1: Permite la visualización de activación/ desactivación de Q0.0
- Indicador 2: Permite la visualización de activación/ desactivación de Q0.3

Para finalizar con el desarrollo del Sistema SCADA mediante el Software Ignition se realizará la publicación del diseño elaborado hacia la web (véase Figura 3.10). Se recomienda para una mejor comprensión sobre el manejo del Software Ignition revisar la guía de práctica número 3 del módulo de guías de sistemas SCADA.

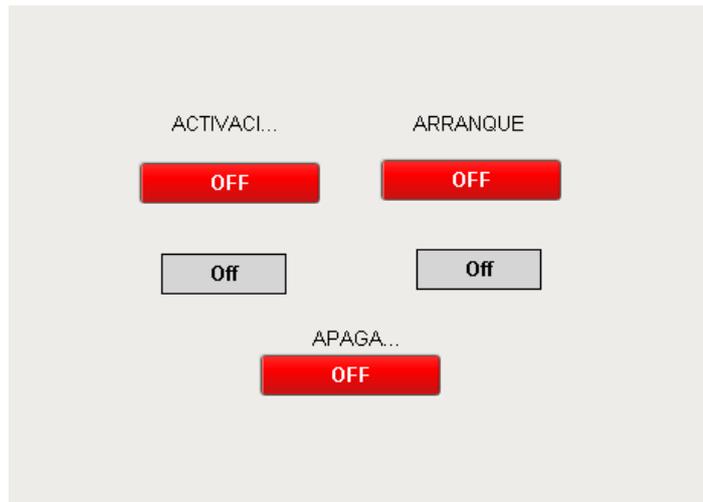


Figura 3.10. Sistema SCADA realizado en Ignition.

3.4 MANEJO DEL SOFTWARE LABVIEW.

Para utilizar LabVIEW como herramienta para el diseño y elaboración de Sistemas SCADA es de importancia realizar adicionalmente la instalación del driver “ModuloDSC” el cual puede ser descargado de la página oficial de LabVIEW tomando en cuenta la versión que se esté utilizando. Este driver contiene una variedad de símbolos como botones, indicadores, tuberías, sensores, válvulas, tanques, señalética, etc. (véase Figura 3.11). Los cuáles serán de mucha utilidad para la elaboración de un Sistema SCADA.

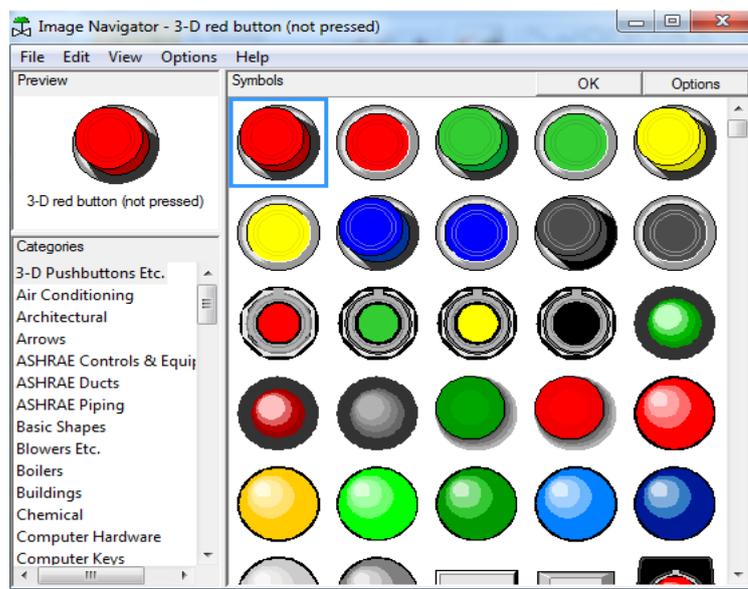


Figura 3.11. Librería de Símbolos SCADA.

Cabe recalcar que la versión de LabVIEW la cual se ha utilizado para la elaboración de los Sistemas SCADA es la 2016 de 32 bits, aunque existen versiones

las cuales contienen instalados todos los módulos, por lo cual no es necesario realizar la instalación del ModuloDSC. Se debe tomar en cuenta que se puede utilizar LabVIEW2016, LabVIEW2017 u otras versiones pero se debe considerar únicamente que la versión instalada contenga la librería ModuloDSC.

Para la elaboración de Sistema SCADA mediante LabVIEW se deberá crear un nuevo proyecto en el cual se realizará la creación de Ventanas de Control en donde se desarrollara cada una de las partes de nuestro sistema. Una vez iniciada la ventana de control y para poder obtener la librería de símbolos para el desarrollo del sistema SCADA se deberá seleccionar de la barra de tareas, la opción Tools seguido DSC Module e Image Navigator como se muestra en la Figura 3.12.

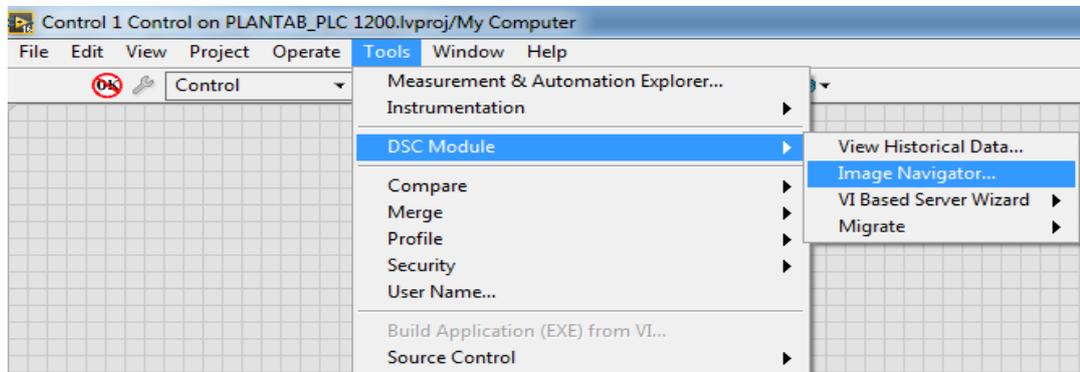


Figura 3.12. Abrir ventana de Símbolos SCADA.

Posteriormente se realizará la configuración de conexión entre el software LabVIEW y KEPServerEX mediante el desplazamiento de variables (tags) hacia LabVIEW (véase Figura 3.13).

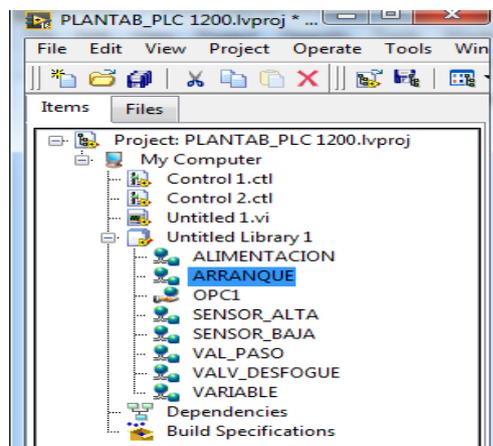


Figura 3.13. Generación de Variables de PLC hacia Software LabVIEW.

Para finalizar con el desarrollo del Sistema SCADA se procede a crear un nuevo VI en el cual se configurará y añadirá cada una de las variables registradas en

la librería OPC. De la misma manera lo desarrollado anteriormente en la ventana de control será desplazado hacia el VI en donde además se utilizarán las librerías boolean, numeric, structure, etc.

El Sistema SCADA desarrollado nos permitirá visualizar la medición de nivel de tanque en tanto se realice la apertura de la válvula de paso, como también nos permitirá visualizar la alarma cuando el nivel de tanque exceda el límite configurado (véase Figura 3.14). Se recomienda para una mejor comprensión sobre el manejo del Software LabVIEW revisar la guía de práctica número 2, 4, 8, 9 y 10 del módulo de guías de sistemas SCADA.

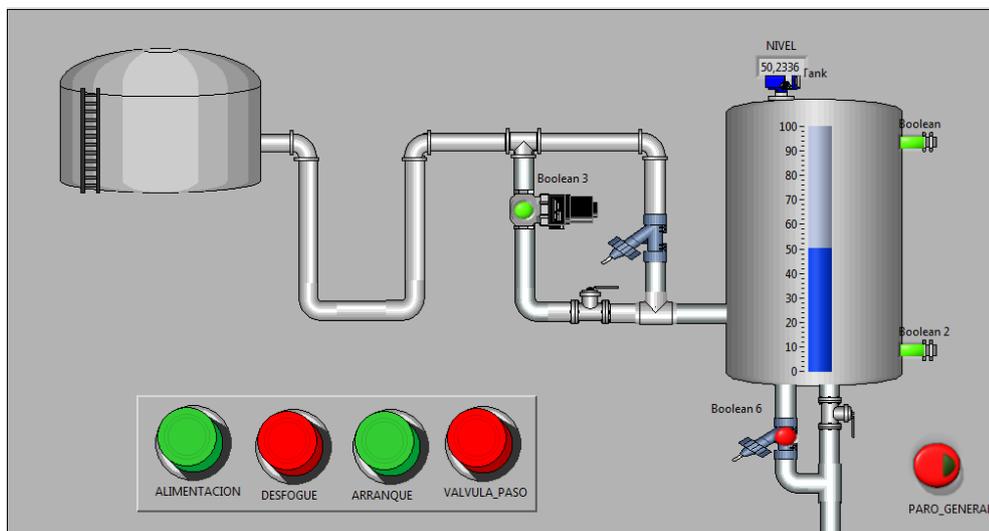


Figura 3.14. Sistema SCADA realizado en LABVIEW.

3.5 MANEJO DEL SOFTWARE TESLASCADA2.

A modo de explicación, se procederá a la redacción de un ejemplo práctico en el software TeslaSCADA2 versión demo, para la implementación y funcionamiento de un sistema SCADA, para ello vamos a simular un sistema de ventilación en donde constará de 3 ventiladores, cada ventilador se accionará en secuencia dependiendo de los grados centígrados programados para cada uno (primer ventilador en 15 grados centígrados, segundo ventilador en 30 grados centígrados y tercer ventilador en 45 grados centígrados), estos datos serán visualizados en indicadores luminosos para los ventiladores y lectores (analógico y digital) para la temperatura.

Dentro del entorno de TeslaSCADA_IDE, encontramos varias pestañas en la parte izquierda de la ventana del software (ver Figura 3.15) donde se encuentra:

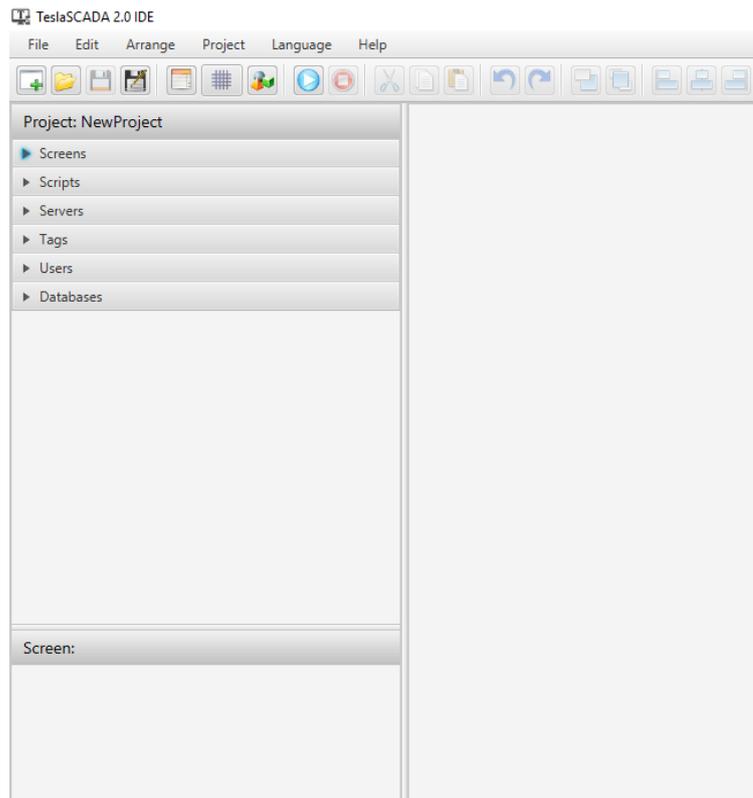


Figura 3.15. Entorno TeslaSCADA_IDE.

- **Screens:** Hace referencia a la creación de pantalla donde cada proyecto puede tener mas de una.
- **Scripts:**
- **Servers:** Permite la creación de servidores para la comunicación con PLC.
- **Tags:** Se crean los diferentes elementos de entrada/salida para la interacción entre PLC y software.
- **Users:** Permite configurar varios usuarios para los permisos necesarios en cada proyecto.
- **Databases:** Permite la configuración de base de datos como historicos, alarmas, etc.

Las características del proyecto que se crea en TeslaSCADA, se describen a continuación (ver Figura 3.16):

- **Screens:** Sensor de temperatura.
- **Scripts:** En blanco.
- **Servers:** PLC Siemens 1200 (Configuraciones de direcciones ip).
- **Tags:** TEMPERATURA (lectura analogica), VENTILADOR_1 (Q0.0), VENTILADOR_1 (Q0.1), VENTILADOR_1 (Q0.2).
- **Users:** En blanco.
- **Databases:** History DB0.

En TeslaSCADA_IDE, podemos encontrar una gran cantidad de elementos para el desarrollo de sistemas SCADA, dentro de la librería del software (ver Figura 3.16):

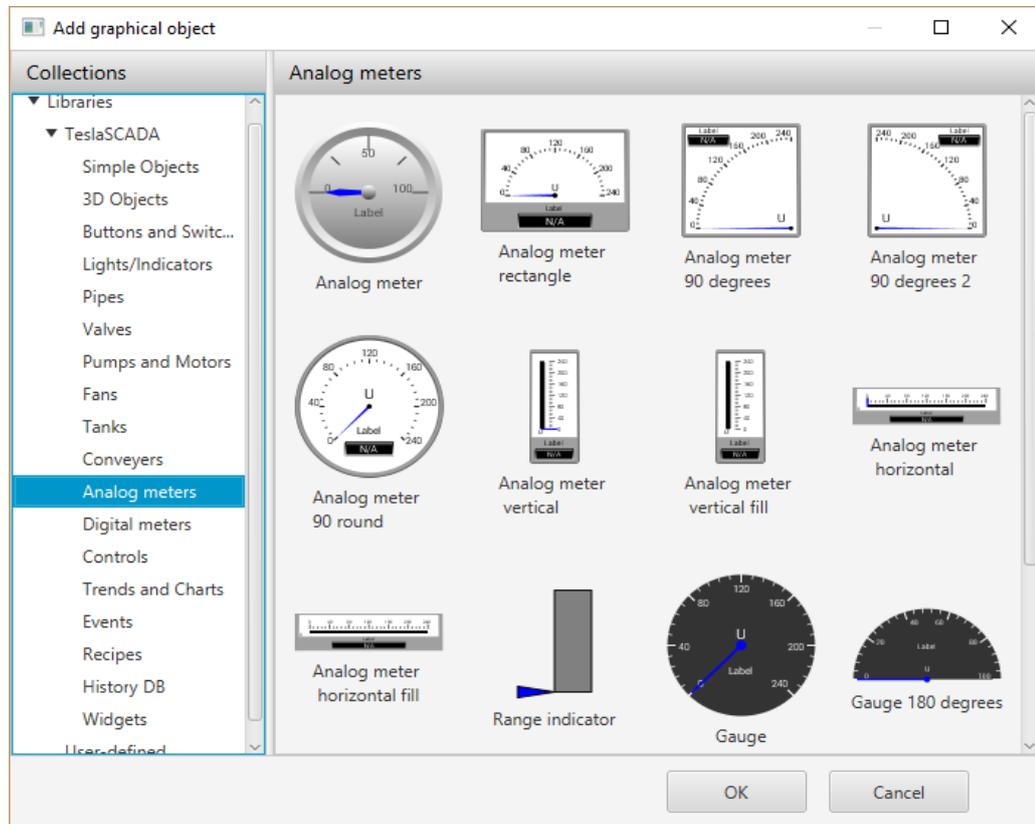


Figura 3.16. Librería TeslaSCADA_IDE.

Objetos Simples, objetos en 3D, botones y switches, indicadores luminosos, tuberías, válvulas, motores y bombas, ventiladores, tanques, transportadores, medidores analógicos, medidores digitales, controles de medición, gráficos con historiadores, registro de eventos, almacén de contenidos, historiadores y animaciones.

Para el ejemplo utilizaremos 3 ventiladores, 3 indicadores luminosos, un historiador, un medidor analógico, un medidor digital, y un historiador (vease Figura 3.17).

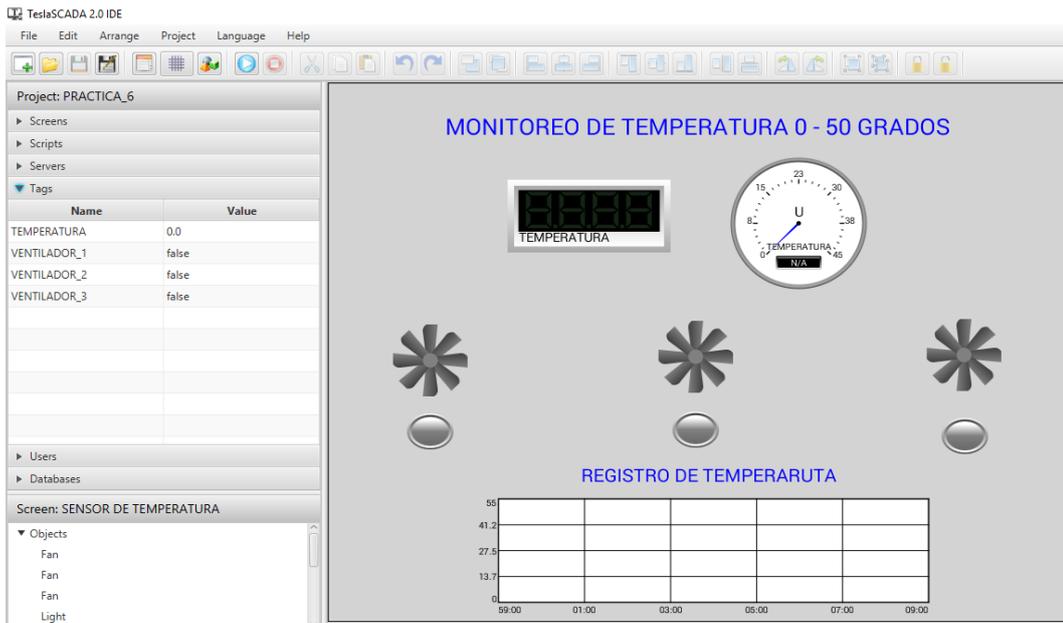


Figura 3.17. Sistema SCADA de ventilacion.

Para las configuraciones de los Tags en cada elemento, se los realiza dando doble click en el elemento y dependiendo de la función que va a cumplir (Revisar manual de guías de práctica Sistemas SCADA – Práctica número 5 y 6).

Para la puesta en marcha del sistema SCADA desarrollado en TeslaSCADA_IDE, disponemos del complemento TeslaSCADA_Runtime, para ello se guarda el proyecto creado en TeslaSCADA_IDE y seguidamente se abre TeslaSCADA_Runtime y corremos el programa (Vease Figura 3.18).

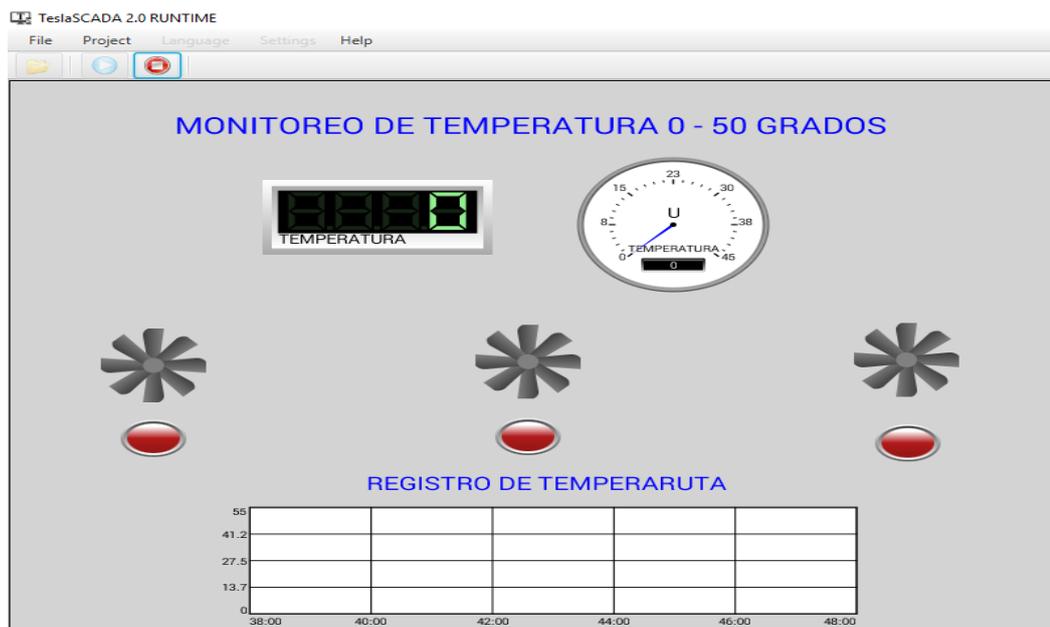


Figura 3.18. Modo Play TeslaSCADA_Runtime Proyecto Sensor de Temperatura.

3.6 MANEJO DEL SOFTWARE VISUAL STUDIO.

A diferencia de TeslaSCADA, Visual Studio en su versión 2012, depende de varios softwares para la implementación de sistemas SCADA, con la implementación de KepServerEX para el enlace de comunicación TP/IP explicado en la sección 3.1, y el software OAS Service control que contienen los elementos OPC system para el desarrollo de sistemas SCADA dentro del software VE.

Para la explicación de la configuración, seleccionamos el mismo ejemplo SCADA expuesto en la sección 3.5, implementación de sensor de temperatura con ventilación en el software TeslaSCADA2.

3.6.1 CONFIGURACION OAS SERVICE CONTROL.

Luego de la instalación de OAS Service Control en la PC, se procede a la importación de los elementos OPC System para el desarrollo de sistemas SCADA (ver manual de guías de práctica número 7 sistemas SCADA), como se ve en la figura 3.19.

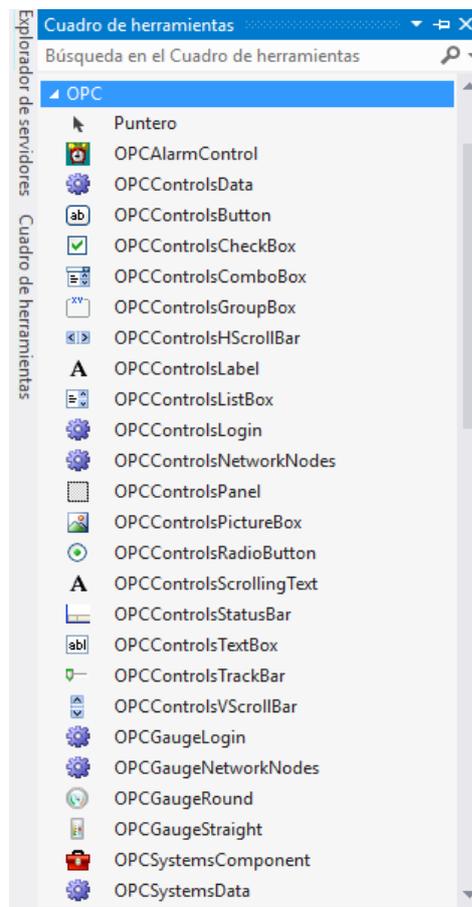


Figura 3.19. Elementos OPC System en Visual Studio 2012.

En la librería descrita, se pueden encontrar varios elementos como botones, cuadros de texto, servicios de alarmas, servicios de datos, barras de seguimiento, medidores de nivel analógico, etc.

Ademas para la importación de los diferentes Tags implementados en el software KepServerEX, se debe poner en marcha la aplicación OAS Service control simultaneamente con el Software Visual Studio 2012.

3.6.2 SISTEMA SCADA.

Una ves exportado los elementos OPC system a Visual Studio, se procede a abrir una nuevo proyecto donde añadimos 3 botones para la senalización de luminarias que indiquen la activación/descactivación de los diferentes ventiladores, ademas se dispondrá de un elemento de medición analógico para la visualización de la temperatura, como se observa en la Figura 3.20.



Figura 3.20. Sistema SCADA de control de temperatura en Visual Studio 2012.

Para la importación de los Tags mediante del Control de Servicios (OAS Service Control), se debe tener la configuración de estos elementos en el software KepServerEX, como se ve en la Figura 3.21, donde el proyecto que contienen los Tags se llama PLC.

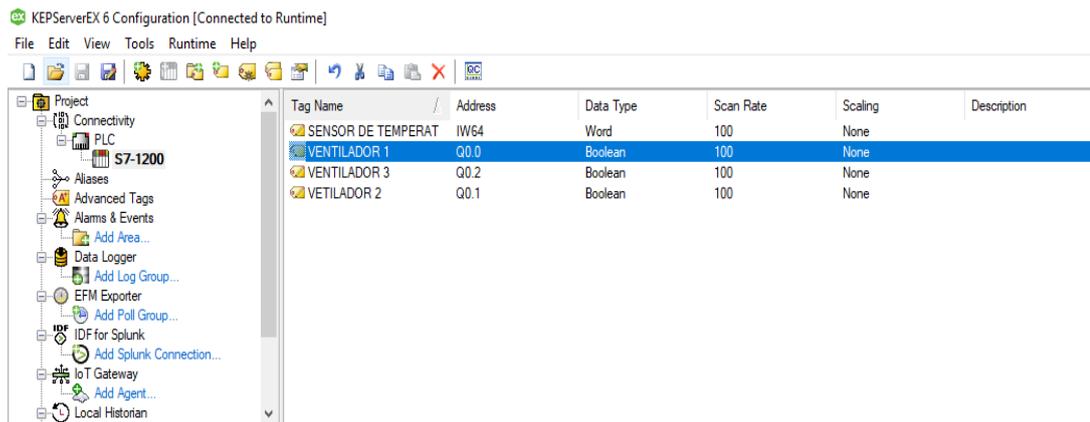


Figura 3.21. Configuración de Tags KepServerEX.

Para la importación de Tags desde KepServerEX hacia Visual Studio, se utiliza la herramienta de OAS Service control, como se observa en la figura 3.22.

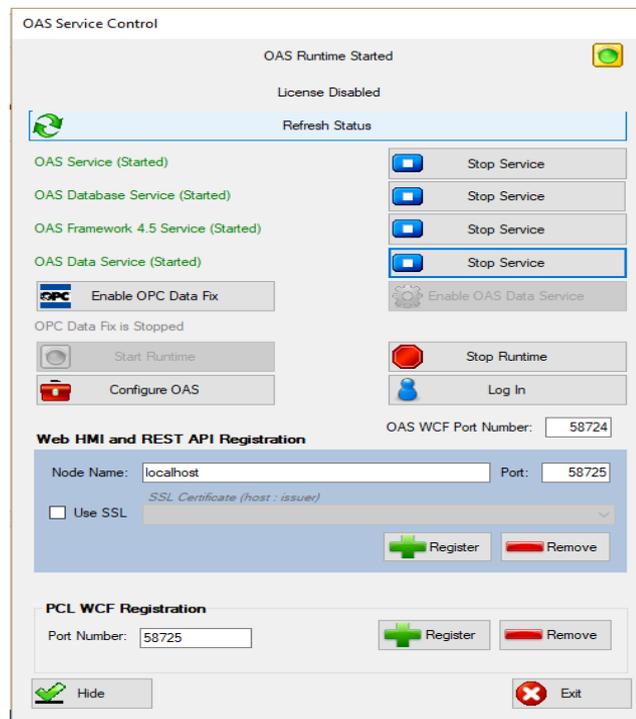


Figura 3.22. Activación OAS Service Control.

Los cuatro elementos que son: OAS Service, OAS Database Service, OAS framework 4.5 Service y OAS Data Service, deben estar en modo Run (véase Figura 30).

Luego se procede a la importación de los Tags, donde se debe abrir el programa llamado Configure OAS, instalado previamente en la PC y luego de una serie de pasos para su configuración (vease manual de practicas número 7 sistemas SCADA), se verá la importación de los Tags como se verifica en la Figura 3.23.

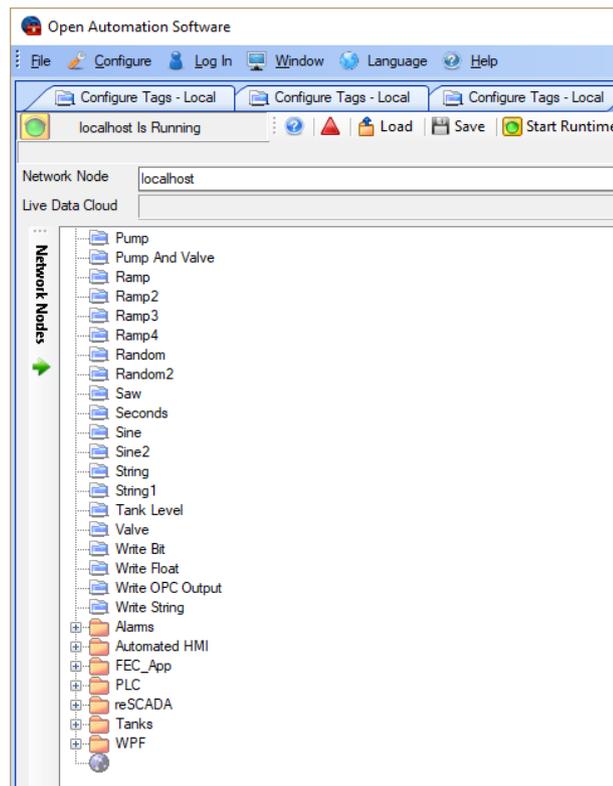


Figura 3.23. Importación de Tags desde KepServerEX mediante OAS.

Para la importación de cada Tag a los elementos de Visual Studio, se procede a realizar los siguientes pasos (en este caso se dará la explicación para la carga de Tag a los botones de señalización, para ver la carga de los Tags en los demás elementos, ver guía de práctica número 7 sistemas SCADA).

Para ello nos dirigimos a la ventana de propiedades de la parte inferior derecha (véase Figura 3.24) de los botones seleccionados, desplazamos la barra y seleccionamos OPC Systems>>BackColorOPCSysystems_Tag donde se nos abrirá una ventana (véase Figura 3.25).

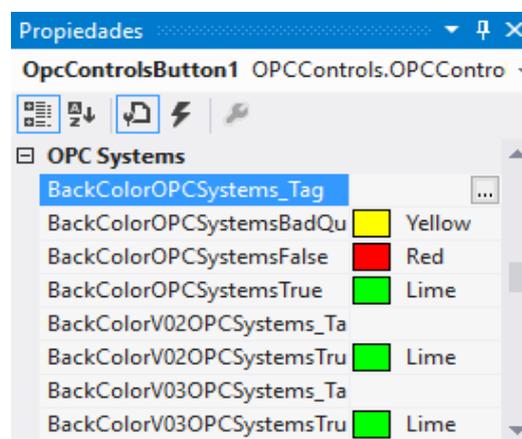


Figura 3.24. Propiedades OPC de OPCControlsButton1.

En dicha ventana, damos click en Local, al frente se nos despliega una serie de opciones, dentro de ellas buscamos la carpeta PLC, el cual nos despliega opciones de tags, en ella se encuentra el tag llamado VENTILADOR 1, damos click sobre la variable mencionada, y seleccionamos Value y Ok.

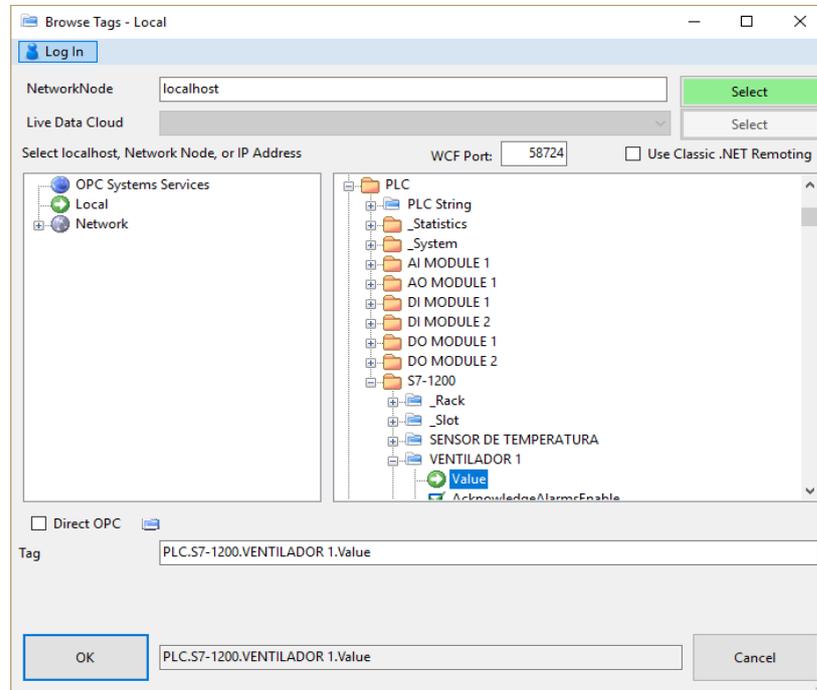


Figura 3.25. Selección de tag VENTILADOR 1.

Realizamos el mismo procedimiento para los VENTILADERES 2 Y 3.

CAPÍTULO 4: ESTRUCTURA Y EVALUACIÓN DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICA EN EL DESARROLLO DE SISTEMAS SCADA.

4.1 ESTRUCTURA DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICA.

La estructura de las guías de práctica propuestas (véase apéndice A) se detalla a continuación, las cuales permitirán al estudiante fortalecer sus conocimientos en el desarrollo de sistemas SCADA [43]:

- Presentación: En esta sección se describe el número y nombre de la práctica, además la asignatura a quien va dirigida [43].
- Objetivos: Se describe la finalidad a la cual quiere llegar al desarrollar la práctica. En esta sección se encuentran el objetivo general y objetivos específicos [43].
- Instrucciones: Esta sección permite dar a conocer al estudiante los requerimientos previos a seguir antes de iniciar con el desarrollo de la cada práctica [43].
- Requisitos y conocimientos previos: Esta sección informa al estudiante los requerimientos a nivel de conocimiento los cuales permitirán proceder al desarrollo de la práctica [43].
- Equipos, instrumentos y software: En esta sección se realiza la descripción de las herramientas, la cantidad, la marca y la serie o identificación de lo que se utilizará en la práctica [43].
- Exposición: Hace referencia al fundamento teórico que será útil para la realización de la práctica y permitir al estudiante reforzar sus conocimientos [43].
- Proceso: Se describe mediante un gráfico las actividades que se desarrollaran para realizar la práctica [43].
- Actividades por desarrollar: En esta sección se detalla cada uno de los pasos que el estudiante tendrá que seguir para conseguir realizar la práctica [43].

- Resultados obtenidos: Los resultados obtenidos deberán ser descritos de forma concreta ya sea mediante la realización de gráficos, tablas, etc [43].
- Conclusiones y recomendaciones: El estudiante deberá describir los puntos más relevantes de la práctica, además en este punto se indicaran si se cumplieron con todos los objetivos planteados. De igual forma podrá adjuntar observaciones las cuales permitan mejorar la realización de la práctica [43].
- Referencias: Se describen cada una de las fuentes de información que fueron útiles para la elaboración de la práctica [43].

4.2 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN.

El método utilizado para la evaluación de cada una de las prácticas propuestas al culminar su desarrollo, comprende en primera instancia en la verificación de contenido y estructuración de procedimientos la cual es realizada por el tutor del proyecto de titulación. Seguido se realizará la validación con los estudiantes quienes se encuentren cursando con la temática de los Sistemas SCADA, esto con la finalidad de tener una retroalimentación para su respectiva corrección [43].

La validación se la efectuó con un grupo de 22 estudiantes de la materia de Redes Industriales de la carrera de Ingeniería Electrónica y Automatización de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, quienes al finalizar con el desarrollo de cada práctica tuvieron que responder una encuesta de forma anónima, en la cual ellos darán sus opiniones u observaciones [43].

Para el análisis de los resultados de la encuesta que se realizó, se utilizó la escala ordinal Likert [1], la cual se enfoca en la medición del grado de conformidad o actitud de los encuestados referidos a una temática. Para ello se han planteado los siguientes indicadores para su evaluación [43]:

- Totalmente en Desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni desacuerdo
- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

Además dentro de la encuesta se consideran tres aspectos importantes como: visual, procedimental y consecución de objetivos. Las preguntas elaboradas para evaluar cada aspecto se observa en la Tabla 4.1 [43].

Tabla 4.1. Preguntas elaboradas para la encuesta de evaluación [43].

Aspecto	N°	Enunciado
Visual	1	El tipo de letra, redacción y ortografía permiten una lectura fluida y comprensible de la práctica.
	2	Las imágenes presentadas en el documento son de utilidad al momento del desarrollo de la práctica.
	3	La resolución de las imágenes es adecuada para una correcta interpretación de los procedimientos.
	4	El preámbulo de la práctica (exposición del tema y marco teórico) aportan con la información necesaria para el desarrollo de la práctica.
Procedimental	5	La información de la Práctica se encuentra desarrollada de forma clara, comprensible y manteniendo una secuencia lógica.
	6	Los materiales, equipos y software necesarios para la práctica estaban disponibles en el laboratorio.
	7	Los temas abordados por la práctica corresponden al nivel de estudio en el que se encuentra.
	8	El tiempo para el desarrollo de la práctica fue el adecuado.
	9	Los objetivos planteados por la Práctica se cumplieron con satisfacción.

Consecución de objetivos	10	La práctica proporcionada propone acciones o procedimientos que promueven procesos de aprendizaje (investigar, analizar, deducir, observar).
	11	El desarrollo de la práctica permite potenciar las destrezas del estudiante adquiridas en el transcurso de sus estudios.

Adicionalmente con la finalidad de que el estudiante de su opinión personal para la mejora de cualquiera aspecto de la práctica se agregó un espacio de observaciones. El modelo de la encuesta se observa en el apéndice B [43].

Para la evaluación de las respuestas adquiridas de cada encuesta, se procedió a realizar la tabulación de los resultados de las preguntas planteadas, para posteriormente ser evaluadas de forma porcentual mediante una gráfica 100% apilada (véase sección 4.3). Cada práctica será considerada validada siempre y cuando las preguntas obtengan una calificación mayor o igual al 80% de respuestas favorables (entre “totalmente de acuerdo” y “De acuerdo”) y además se hayan realizado las respectivas correcciones indicadas en las observaciones descritas por los estudiantes. Las medidas correctivas de cada práctica se muestran en la sección 4.4 [43].

4.3 EVALUACIÓN DE LAS GUÍAS DE PRÁCTICA PROPUESTAS SOBRE SISTEMAS SCADA.

4.3.1 PRÁCTICA NÚMERO 1.

La validación de la guía de Práctica número 1, se realizó con la colaboración de 22 estudiantes. Los resultados obtenidos de la encuesta realizada se muestran en la Tabla 4.2, al igual se visualiza en la Figura 4.1 los resultados adquiridos de la validación en forma porcentual.

Tabla 4.2. Validación de la Práctica número 1.

N° Pregunta	VALIDACIÓN (%)				
	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
1	0,00	0,00	4,55	36,36	59,09

2	0,00	0,00	0,00	45,45	54,55
3	0,00	0,00	0,00	31,82	68,18
4	0,00	0,00	4,55	22,73	72,73
5	0,00	0,00	13,64	31,82	54,55
6	0,00	4,55	9,09	27,27	59,09
7	0,00	0,00	0,00	40,91	59,09
8	0,00	0,00	4,55	27,27	68,18
9	0,00	0,00	0,00	36,36	63,64
10	0,00	0,00	0,00	27,27	72,73
11	0,00	0,00	0,00	36,36	63,64

En la Figura 4.1 se muestra la valoración porcentual de cada una de las preguntas dando un resultado favorable mayor al 80%, por lo cual se puede dar como práctica validada. Sin embargo se muestra respuestas desfavorables en la pregunta 6, la cual será analizada posteriormente.

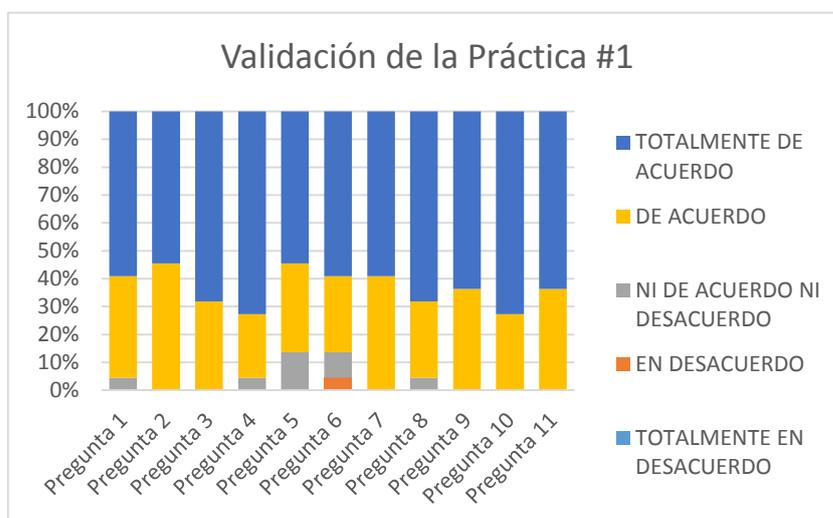


Figura 4.1. Evaluación de la Práctica número 1.

4.3.2 PRÁCTICA NÚMERO 2.

La validación de la guía de Práctica número 2, se realizó con la colaboración de 22 estudiantes. Los resultados obtenidos de la encuesta realizada se muestran en la Tabla 4.3, al igual se visualiza en la Figura 4.2 los resultados adquiridos de la validación en forma porcentual.

Tabla 4.3. Validación de la Práctica número 2.

N° Pregunta	VALIDACIÓN (%)				
	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
1	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
2	0,00	0,00	0,00	13,64	86,36
3	0,00	0,00	0,00	13,64	86,36
4	0,00	0,00	0,00	31,82	68,18
5	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
6	0,00	0,00	0,00	4,55	95,45
7	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
8	0,00	0,00	0,00	4,55	95,45
9	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
10	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00

En la Figura 4.2 se muestra la valoración porcentual de cada una de las preguntas dando un resultado favorable mayor al 80%, por lo cual se puede dar como práctica validada. Además no se evidencian respuestas desfavorables.

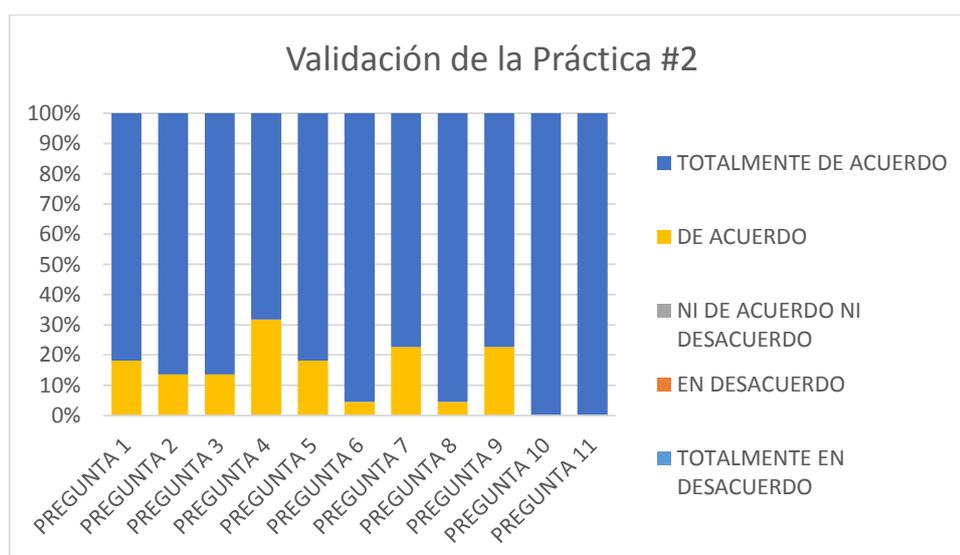


Figura 4.2. Evaluación de la Práctica número 2.

4.3.3 PRÁCTICA NÚMERO 3.

La validación de la guía de Práctica número 3, se realizó con la colaboración de 22 estudiantes. Los resultados obtenidos de la encuesta realizada se muestran en la Tabla 4.4, al igual se visualiza en la Figura 4.3 los resultados adquiridos de la validación en forma porcentual.

Tabla 4.4. Validación de la Práctica número 3.

N° Pregunta	VALIDACIÓN (%)				
	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
1	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
2	0,00	0,00	0,00	27,27	72,73
3	0,00	0,00	0,00	31,82	68,18
4	0,00	0,00	0,00	27,27	72,73
5	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
6	0,00	0,00	0,00	27,27	72,73
7	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
8	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
9	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
10	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
11	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27

En la Figura 4.3 se muestra la valoración porcentual de cada una de las preguntas dando un resultado favorable mayor al 80%, por lo cual se puede dar como práctica validada. Además no se evidencian respuestas desfavorables.

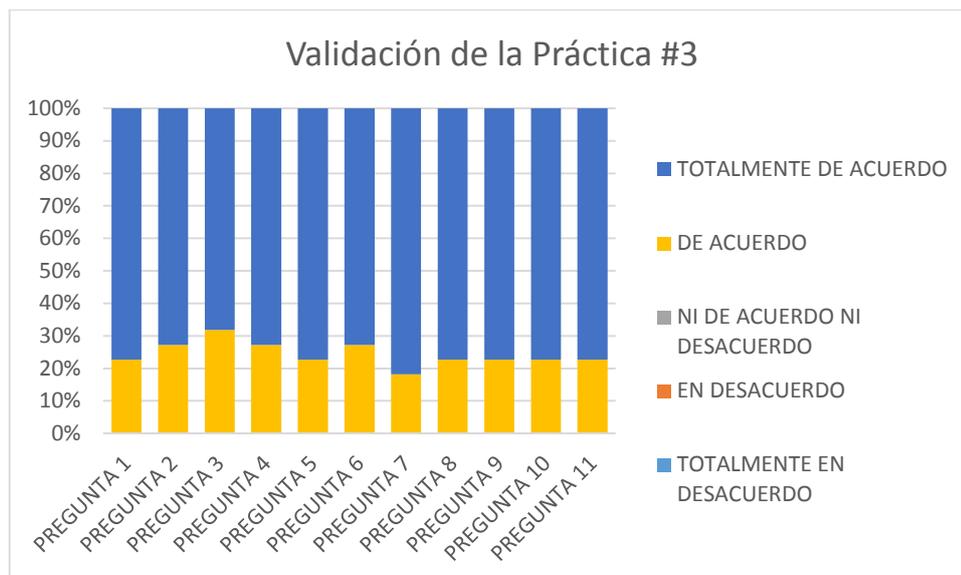


Figura 4.3 Evaluación de la Práctica número 3.

4.3.4 PRÁCTICA NÚMERO 4.

La validación de la guía de Práctica número 4, se realizó con la colaboración de 22 estudiantes. Los resultados obtenidos de la encuesta realizada se muestran en la Tabla 4.5, al igual se visualiza en la Figura 4.4 los resultados adquiridos de la validación en forma porcentual.

Tabla 4.5. Validación de la Práctica número 4.

N° Pregunta	VALIDACIÓN (%)				
	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
1	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
2	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
3	0,00	0,00	0,00	27,27	72,73
4	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
5	0,00	0,00	4,55	18,18	77,27
6	0,00	4,55	0,00	18,18	77,27
7	0,00	0,00	0,00	31,82	68,18
8	0,00	0,00	0,00	27,27	72,73
9	0,00	0,00	0,00	31,82	68,18
10	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
11	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27

En la Figura 4.4 se muestra la valoración porcentual de cada una de las preguntas dando un resultado favorable mayor al 80%, por lo cual se puede dar como práctica validada. Sin embargo se muestra respuestas desfavorables en la pregunta 6, las cuales serán analizadas posteriormente.

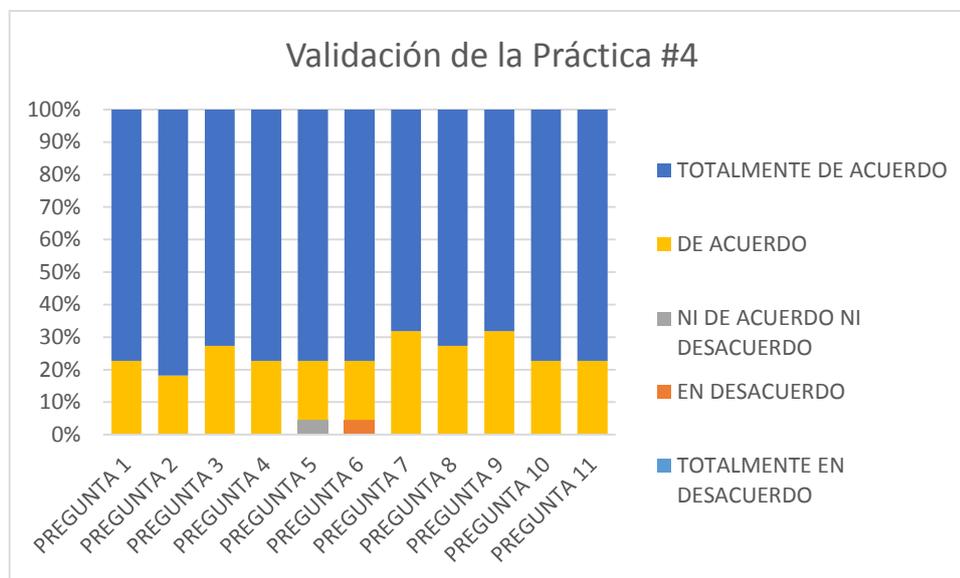


Figura 4.4 Evaluación de la Práctica número 4.

4.3.5 PRÁCTICA NÚMERO 5.

La validación de la guía de Práctica número 5, se realizó con la colaboración de 22 estudiantes. Los resultados obtenidos de la encuesta realizada se muestran en la Tabla 4.6, al igual se visualiza en la Figura 4.5 se exponen resultados adquiridos de la validación en forma porcentual.

Tabla 4.6. Validación de la Práctica número 5.

N° Pregunta	VALIDACIÓN (%)				
	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
1	0,00	0,00	9,09	31,82	59,09
2	0,00	0,00	0,00	36,36	63,64
3	0,00	0,00	4,55	40,91	54,55
4	0,00	0,00	9,09	36,36	54,55
5	0,00	0,00	9,09	13,64	77,27
6	0,00	0,00	9,09	27,27	63,64

7	0,00	0,00	13,64	31,82	54,55
8	0,00	0,00	13,64	18,18	68,18
9	0,00	0,00	13,64	18,18	68,18
10	0,00	0,00	0,00	36,36	63,64
11	0,00	0,00	9,09	18,18	72,73

En la Figura 4.5 se muestra la valoración porcentual de cada una de las preguntas dando un resultado favorable mayor al 80%, por lo cual se puede dar como práctica validada. Además no se evidencian respuestas desfavorables.

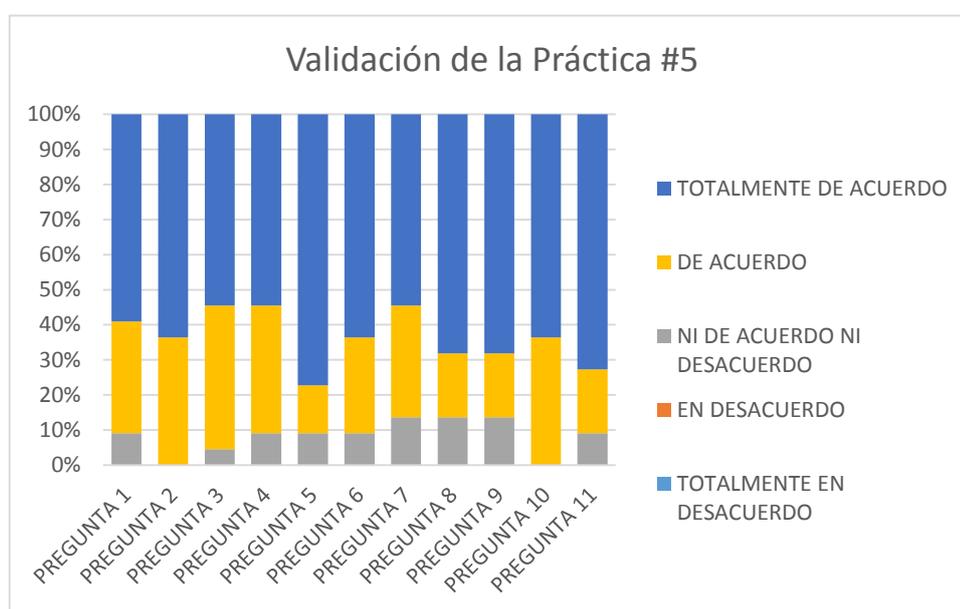


Figura 4.5 Evaluación de la Práctica número 5.

4.3.6 PRÁCTICA NÚMERO 6.

La validación de la guía de Práctica número 6, se realizó con la colaboración de 22 estudiantes. Los resultados obtenidos de la encuesta realizada se muestran en la Tabla 4.7, al igual se visualiza en la Figura 4.6 los resultados adquiridos de la validación en forma porcentual.

Tabla 4.7. Validación de la Práctica número 6.

N° Pregunta	VALIDACIÓN (%)				
	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
1	0,00	0,00	4,55	27,27	68,18
2	0,00	0,00	4,55	31,82	63,64
3	0,00	0,00	4,55	22,73	72,73
4	0,00	0,00	4,55	22,73	72,73
5	0,00	0,00	4,55	18,18	77,27
6	0,00	0,00	0,00	27,27	72,73
7	0,00	0,00	0,00	31,82	68,18
8	0,00	0,00	0,00	27,27	72,73
9	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
10	0,00	0,00	0,00	27,27	72,73
11	0,00	0,00	0,00	27,27	72,73

En la Figura 4.6 se muestra la valoración porcentual de cada una de las preguntas dando un resultado favorable mayor al 80%, por lo cual se puede dar como práctica validada. Además no se evidencian respuestas desfavorables.

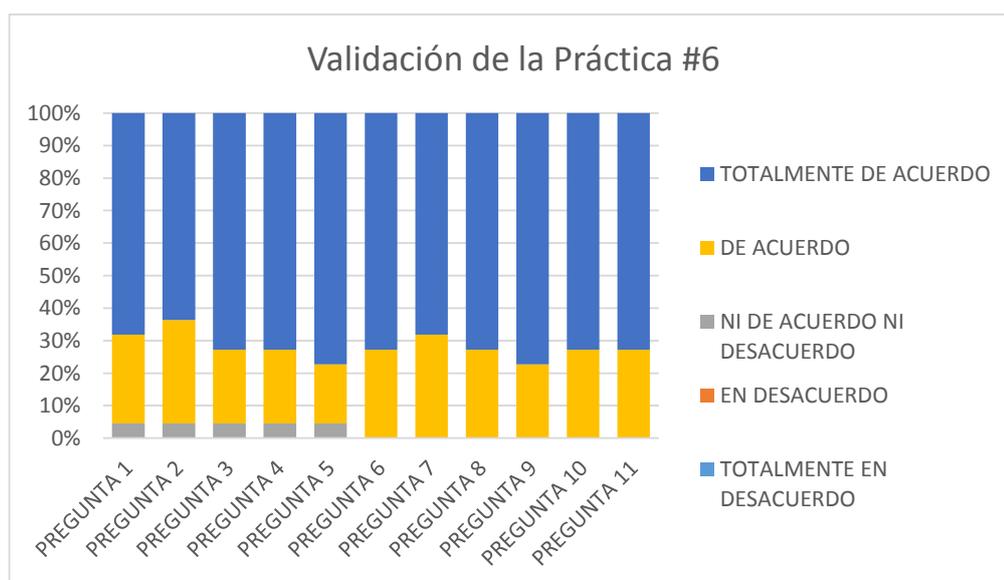


Figura 4.6 Evaluación de la Práctica número 6.

4.3.7 PRÁCTICA NÚMERO 7.

La validación de la guía de Práctica número 7, se realizó con la colaboración de 22 estudiantes. Los resultados obtenidos de la encuesta realizada se muestran en la Tabla 4.8, al igual se visualiza en la Figura 4.7 los resultados adquiridos de la validación en forma porcentual.

Tabla 4.8. Validación de la Práctica número 7.

N° Pregunta	VALIDACIÓN (%)				
	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
1	0,00	0,00	0,00	4,55	95,45
2	0,00	0,00	0,00	4,55	95,45
3	0,00	0,00	0,00	9,09	90,91
4	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
5	0,00	0,00	0,00	9,09	90,91
6	0,00	0,00	0,00	4,55	95,45
7	0,00	0,00	0,00	9,09	90,91
8	0,00	0,00	0,00	4,55	95,45
9	0,00	0,00	0,00	4,55	95,45
10	0,00	0,00	0,00	4,55	95,45
11	0,00	0,00	0,00	4,55	95,45

En la Figura 4.7 se muestra la valoración porcentual de cada una de las preguntas dando un resultado favorable mayor al 80%, por lo cual se puede dar como práctica validada. Además no se evidencian respuestas desfavorables.

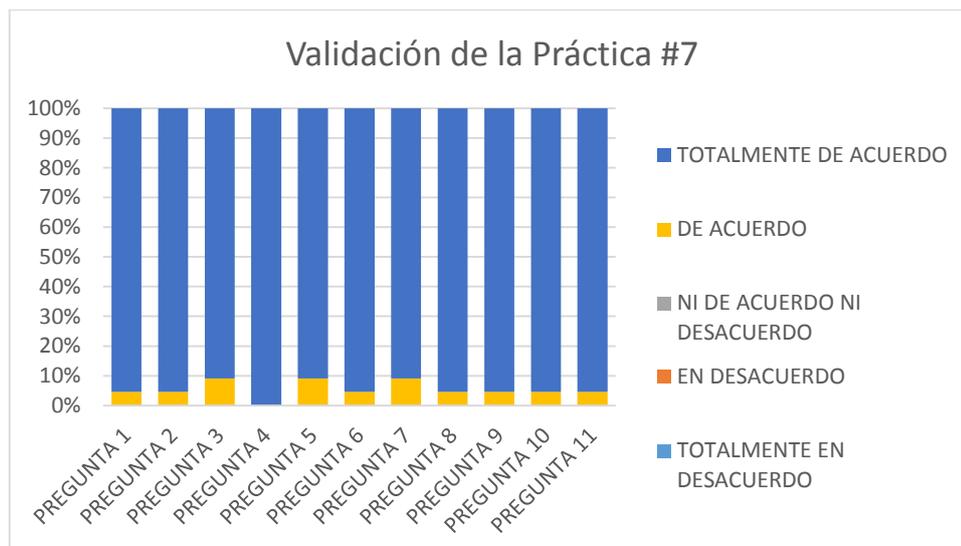


Figura 4.7 Evaluación de la Práctica número 7.

4.3.8 PRÁCTICA NÚMERO 8.

La validación de la guía de Práctica número 8, se realizó con la colaboración de 22 estudiantes. Los resultados obtenidos de la encuesta realizada se muestran en la Tabla 4.9, al igual se visualiza en la Figura 4.8 los resultados adquiridos de la validación en forma porcentual.

Tabla 4.9. Validación de la Práctica número 8.

N° Pregunta	VALIDACIÓN (%)				TOTALMENTE DE ACUERDO
	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	DE ACUERDO	
1	0,00	0,00	4,55	9,09	86,36
2	0,00	0,00	0,00	13,64	86,36
3	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
4	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
5	0,00	0,00	0,00	13,64	86,36
6	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
7	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
8	0,00	0,00	0,00	13,64	86,36
9	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
10	0,00	0,00	0,00	13,64	86,36
11	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82

En la Figura 4.8 se muestra la valoración porcentual de cada una de las preguntas dando un resultado favorable mayor al 80%, por lo cual se puede dar como práctica validada. Además no se evidencian respuestas desfavorables.

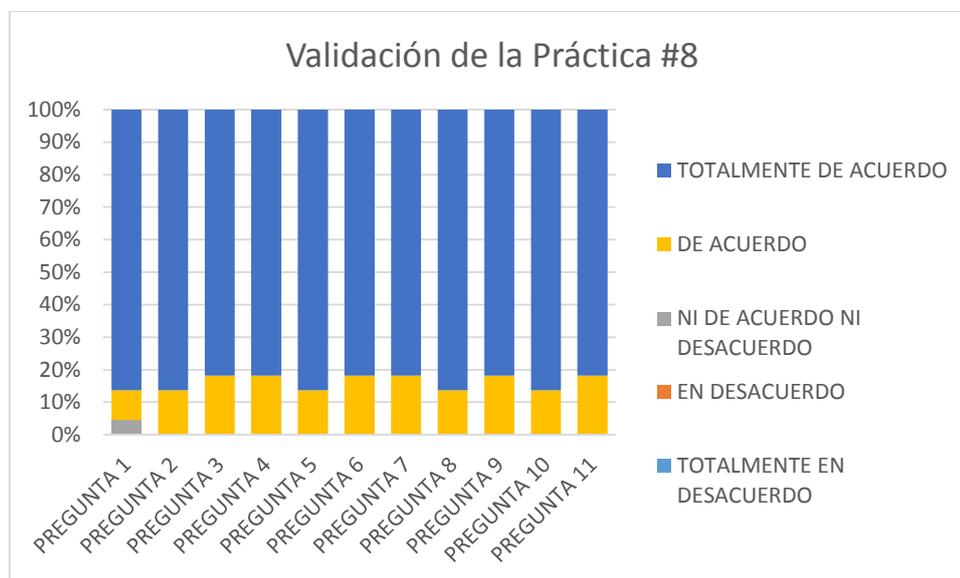


Figura 4.8 Evaluación de la Práctica número 8.

4.3.9 PRÁCTICA NÚMERO 9.

La validación de la guía de Práctica número 9, se realizó con la colaboración de 22 estudiantes. Los resultados obtenidos de la encuesta realizada se muestran en la Tabla 4.10, al igual se visualiza en la Figura 4.9 los resultados adquiridos de la validación en forma porcentual.

Tabla 4.10. Validación de la Práctica número 9.

N° Pregunta	VALIDACIÓN (%)				TOTALMENTE DE ACUERDO
	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	DE ACUERDO	
1	0,00	0,00	4,55	13,64	81,82
2	0,00	0,00	4,55	9,09	86,36
3	0,00	0,00	4,55	9,09	86,36
4	0,00	0,00	4,55	13,64	81,82
5	0,00	0,00	4,55	9,09	86,36
6	0,00	0,00	4,55	13,64	81,82
7	0,00	0,00	4,55	9,09	86,36

8	0,00	0,00	0,00	27,27	72,73
9	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
10	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
11	0,00	0,00	0,00	27,27	72,73

En la Figura 4.9 se muestra la valoración porcentual de cada una de las preguntas dando un resultado favorable mayor al 80%, por lo cual se puede dar como práctica validada. Además no se evidencian respuestas desfavorables.

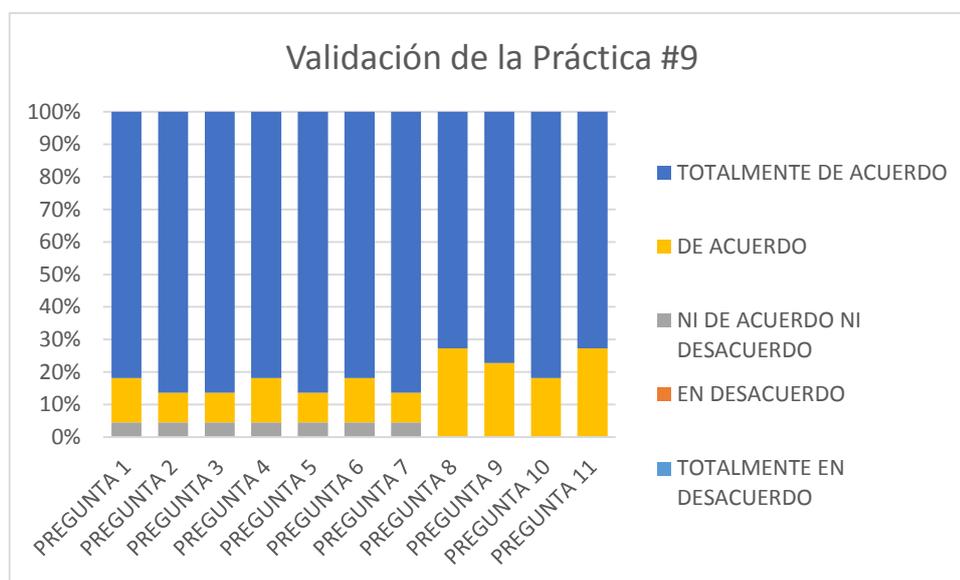


Figura 4.9 Evaluación de la Práctica número 9.

4.3.10 PRÁCTICA NÚMERO 10.

La validación de la guía de Práctica número 10, se realizó con la colaboración de 22 estudiantes. Los resultados obtenidos de la encuesta realizada se muestran en la Tabla 4.11, al igual se visualiza en la Figura 4.10 los resultados adquiridos de la validación en forma porcentual.

Tabla 4.11. Validación de la Práctica número 10.

N° Pregunta	VALIDACIÓN (%)				
	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
1	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
2	0,00	0,00	0,00	13,64	86,36

3	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
4	0,00	0,00	0,00	13,64	86,36
5	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
6	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
7	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
8	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
9	0,00	0,00	0,00	13,64	86,36
10	4,55	0,00	0,00	13,64	86,36
11	0,00	0,00	0,00	13,64	86,36

En la Figura 4.10 se muestra la valoración porcentual de cada una de las preguntas dando un resultado favorable mayor al 80%, por lo cual se puede dar como práctica validada. Sin embargo se muestra respuestas desfavorables en la pregunta 10, la cual será analizada posteriormente.

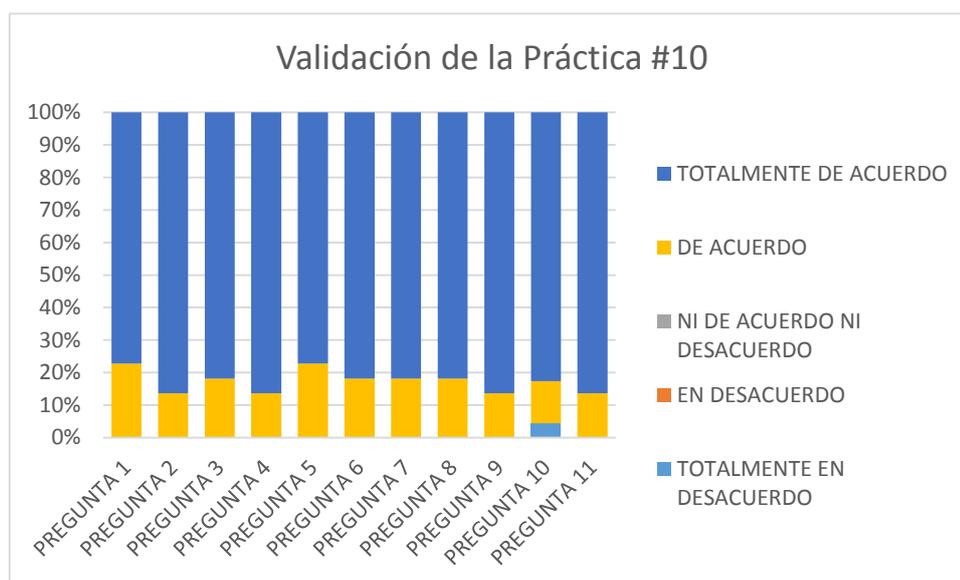


Figura 4.10 Evaluación de la Práctica número 10.

4.3.11 PRÁCTICA NÚMERO 11.

La validación de la guía de Práctica número 11, se realizó con la colaboración de 22 estudiantes. Los resultados obtenidos de la encuesta realizada se muestran en la Tabla 4.12, al igual se visualiza en la Figura 4.11 los resultados adquiridos de la validación en forma porcentual.

Tabla 4.12. Validación de la Práctica número 11.

N° Pregunta	VALIDACIÓN (%)				
	TOTALMENTE EN DESACUERDO	EN DESACUERDO	NI DE ACUERDO NI DESACUERDO	DE ACUERDO	TOTALMENTE DE ACUERDO
1	0,00	0,00	0,00	13,64	86,36
2	0,00	0,00	0,00	9,09	90,91
3	0,00	0,00	0,00	13,64	86,36
4	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
5	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
6	0,00	0,00	0,00	9,09	90,91
7	0,00	0,00	0,00	22,73	77,27
8	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
9	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
10	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82
11	0,00	0,00	0,00	18,18	81,82

En la Figura 4.11 se muestra la valoración porcentual de cada una de las preguntas, dando un resultado favorable mayor al 80%, por lo cual se puede dar como práctica validada. Además no se evidencian respuestas desfavorables.

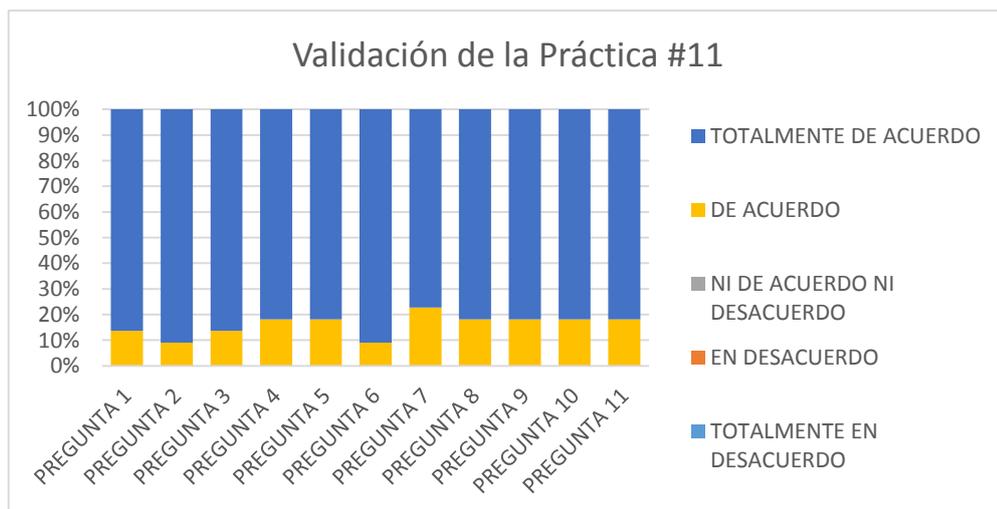


Figura 4.11 Evaluación de la Práctica número 11.

4.4 RESULTADOS DEL PROCESO DE VALIDACIÓN DE LA GUÍA DE PRÁCTICAS DE SISTEMAS SCADA.

4.4.1 PRÁCTICA NÚMERO 1.

En la práctica número 1 se tuvo una valoración desfavorable en el aspecto procedimental, ya que en las observaciones que se obtuvieron de los estudiantes indican que en la guía de práctica no se especifica la versión del software MATLAB utilizado para la elaboración del Sistema SCADA, por lo cual provoca una ligera demora descifrando la versión con la cual funciona, además mencionaron que el procedimiento en crear un nuevo proyecto en el software KEPServerEX no se encuentra detallada en la práctica. Se realizó la corrección de la práctica detallando el procedimiento la versión de MATLAB, al igual se describe el paso a seguir para la creación de un nuevo proyecto en el software KEPServerEX. La guía de práctica con corrección se encuentra en el apéndice C.

4.4.2 PRÁCTICA NÚMERO 2.

En la práctica número 2 no se obtuvieron resultados adversos, aunque en los comentarios realizados por los estudiantes mencionan que se debería detallar mejor la versión y complementos del software LabVIEW ya que provoca malestar en descifrar la versión con la cual funcionará el Sistema SCADA. Otra de las observaciones específicamente en la parte de programación de LabVIEW, comentan que en la práctica no se muestra el procedimiento en la creación de un indicador en unas de las variables (tags). Para la corrección de la práctica se procedió a especificar e incluir el link de descarga del software con el cual se desarrollara el sistema SCADA. Adicionalmente se agregó un paso en el procedimiento de programación en LabVIEW para la creación del indicador. La guía de práctica con corrección se encuentra en el apéndice C.

4.4.3 PRÁCTICA NÚMERO 3.

En la práctica 3 no se tiene resultados desfavorables, al igual no se obtienen observaciones por parte de los estudiantes por lo cual se realiza la revisión del contenido de la práctica para luego incluirla en el apéndice C.

4.4.4 PRÁCTICA NÚMERO 4.

En esta práctica se adquirió valoración desfavorable en el aspecto procedimental, ya que en las observaciones que se obtuvieron por parte de los estudiantes indican que en la configuración en el software KEPServerEX específicamente en la creación de los Tags no se especifica el tipo de variable correspondiente a cada Tag, además se encontró imágenes erróneas con respecto a la creación del sistema SCADA ya que no se mostraba los valores correctos de nivel en los depósitos de agua.

Para su corrección se realizó una tabla especificando cada uno de los Tags con su respectivo tipo de variable para la configuración en KEPServerEX, con respecto al diseño y elaboración del sistema SCADA se agregó un ítem de configuración e imágenes que muestren el cambio del valor de nivel de cada depósito (véase apéndice C).

4.4.5 PRÁCTICA NÚMERO 5.

No se muestran valoraciones desfavorables en esta práctica, aunque se tiene una observación con respecto a uno de los ítems concretamente en el literal 12 de la práctica en la cual uno de los elementos del SCADA desarrollado se encuentra mal referenciado. Se realiza la corrección del error, posteriormente se realiza la revisión del contenido de la práctica se incluye en el apéndice C.

4.4.6 PRÁCTICA NÚMERO 6.

En la práctica 6 no se tiene resultados desfavorables, al igual no se obtienen observaciones por parte de los estudiantes por lo cual se realiza la revisión del contenido de la práctica para luego incluirla en el apéndice C.

4.4.7 PRÁCTICA NÚMERO 7.

No existen valoraciones desfavorables para la práctica 7, sin embargo dentro de los comentarios por parte de los estudiantes mencionan que se debería agregar al final de la práctica el botón para ejecutar el programa realizado en Visual Studio. En el apéndice C muestra la práctica 7.

4.4.8 PRÁCTICA NÚMERO 8.

La práctica no contiene valoraciones desfavorables, sin embargo se obtiene observaciones en las cuales mencionan que en la configuración de los Tags en el software KEPServerEX no está completa, además recomiendan detallar el procedimiento para el enlace de los botones con cada una de las variables creadas en el desarrollo del sistema SCADA mediante el software LabVIEW. Para su corrección se crea una tabla especificando cada una de las variables que serán creadas en el software KEPServerEX, por otro lado se describe el procedimiento para el enlace de los botones con las variables respectivamente. En el apéndice C muestra la práctica 8.

4.4.9 PRÁCTICA NÚMERO 9.

En esta práctica no se muestran resultados desfavorables, al igual no existen observaciones por parte de los estudiantes por ello se realizará la revisión del contenido de la práctica para luego incluirla en el apéndice C.

4.4.10 PRÁCTICA NÚMERO 10.

Esta práctica muestra una valoración desfavorable en el aspecto de consecución de objetivos, aunque no se tiene ninguna observación con respecto al su valoración se procedió a revisar el contenido de la práctica para verificar y corregir el error. La práctica 10 se muestra en el apéndice C.

4.4.11 PRÁCTICA NÚMERO 11.

La práctica número 11 no posee resultados desfavorables ni observaciones, por lo cual se realizará únicamente la revisión de su contenido (véase apéndice C).

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las herramientas informáticas para la implementación de Sistemas SCADA son de gran importancia en la ejecución de proyectos para la automatización industrial, como se demostró en este trabajo, muchos programas SCADA manejan diferentes tipos de licencia, desde una versión trial (prueba) hasta versiones completas con prestaciones totales a costos elevados, por ende se considera uno de los puntos importantes elegir la clase de herramienta informática para proyectos, dependiendo de la magnitud de los mismos.

De un total de 8 programas SCADA investigados con anterioridad, se seleccionó 5, los cuales cumplen con los requisitos establecidos para la implementación de sistemas SCADA dentro de los laboratorios de la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, dentro de ellos están las licencias con las que cuenta la UNIVERSIDAD y la facilidad de prestación que brinden para la aplicación en los PLC's dentro de los laboratorios.

Unos de los puntos más relevantes dentro de la aplicación de un sistema SCADA es la forma de conexión entre programa y PLC, si bien dichos programas de empresas de desarrollo reconocidas en el mundo como LabVIEW y Visual Studio utilizan herramientas informáticas externos como servidores OPC para la conexión entre el programa SCADA y PLC (KepServerEX, MatrikomOPC, OPC Server, etc), también existen otros programas que no necesitan de herramientas informáticas adicionales para su conexión, tal es el caso de TeslaSCADA, este software trabaja directamente con la comunicación TCP/IP para el enlace con el PLC, brindando una ventaja en cuanto a costes sobre licencias ya que se necesitaría solo de un programa para el SCADA, con esto las empresas pueden obtener implementaciones de sistemas SCADA a costes accesibles.

Al trabajar con diferentes tipos de programas SCADA, se ve la diferencia en cuanto a los beneficios que ofrece cada uno, LabVIEW con su complemento MODULO DSC, trabaja bien en las versiones 2015 hasta su versión más reciente, las

versiones antiguas de LabVIEW tienen problemas de compatibilidad para instalar este complemento.

Dentro de Simulink de Matlab, existe una librería llamada Data Dashboard, al igual que el MODULO DSC para LabVIEW, esta librería trabaja de igual manera para la implementación de botones, indicadores luminosos, etc.

Visual Studio tiene otra limitante en cuanto a complementos de instalación de paquetes para realización de sistemas SCADA se refiere, el paquete utilizado en la realización de los manuales es el OPC (OAS Service Control), este tipo de extensión solo es compatible en versiones de Visual Studio desde 2011 hasta la más reciente. Los programas restantes como TeslaSCADA e Ignition SCADA que también fueron utilizados en la realización de los manuales traen consigo todas las librerías necesarias para la implementación de proyectos, sin la necesidad de instalar paquetes adicionales, la diferencia está en el número de elementos (tags) que se necesiten para realizar sistemas SCADA sofisticados, para ello la licencia tiene gran importancia en este punto ya que mientras más elementos se necesite mas es el costo de licencia.

Las recomendaciones que se pueden citar a la hora de implementar un sistema SCADA en un proceso industrial, es verificar que tipo de programa es el indicado para el caso, los costos de aplicación de todo el proyecto en su mayoría pasa por el costo de licencia que puede llegar a tener, como se demostró en este trabajo, hay programas como LabVIEW que tienen costo de licencia elevados, a comparación de TeslaSCADA, con su versión trial tendría el mismo impacto en una pequeña aplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Penin, A. R. (2011). *Sistemas Scada*. Marcombo.
- [2] Hernández Cevallos, M. I., Marcalla, L., & Alejandro, D. (2010). *Desarrollo de un Sistema Scada para la Medición de Voltajes con Sistemas Embebidos para el Laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica (Bachelor's thesis)*.
- [3] Pilar, S., & Antonio, J. (2010). *Realización de un sistema SCADA para el control de presión de un depósito neumático (Bachelor's thesis)*.
- [4] López García, M. A. (2014). *Aplicación docente del sistema SCADA y sensor inteligente sobre maqueta de pruebas*.
- [5] Bonilla, G., Daniel, J., & Pincay Agreda, Á. E. (2015). *Implementación del control TOUCH del módulo selector de metal y plástico y monitoreo por Sistema SCADA (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)*.
- [6] Abaffy, C., & Lárez, J. (2007). *Desarrollo de SCADA en una Plataforma de Software Libre. CITEG Rev. Arbitr, 84-97*.
- [7] Corrales Paucar, L. (2007). *Interfaces de comunicación industrial*.
- [8] Gallegos Reinoso, N. A., & Marín Buele, C. A. (2012). *Estructura del centro de control SCADA-EMS para centrales de generación hidroeléctrica (Bachelor's thesis)*.
- [9] Balseca Lozada, T. E., & Duque Beltrán, S. C. (2010). *Diseño e implementación de un sistema Scada para la administración y control de los calderos de aceite térmico de la empresa Pinturas Cóndor SA (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2010)*.
- [10] Báez Rivera, C. A., Guerrero, L., & Danilo, C. (2016). *Diseño e implementación de un sistema SCADA complementario para control y monitoreo de la subestación eléctrica San Gabriel (Bachelor's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control.)*.
- [11] INCIBE - Instituto Nacional de Ciber seguridad (2015). *Normativas de seguridad en sistemas de control*. Disponible: http://www.belt.es/expertos/HOME2_experto.asp?id=7482

- [12] SCADA and HMI for Windows, MacOS, Linux, Android and iOS. Home disponible en: www.teslascada.com
- [13] SCADA and HMI for Windows, MacOS, Linux, Android and iOS. Products disponible en: www.teslascada.com
- [14] Visual Studio 2017 (2018), Acerca de Visual Studio. Información general disponible en: <https://docs.microsoft.com/es-es/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2017>
- [15] OPCSystems.NET. Información acerca de paquetes SCADA dentro de Visual Studio o Expression Blend disponible en: <https://www.opcsystems.com/help/index.html>
- [16] Advanced HMI. Información HMI software and Hardware disponible en: <https://www.advancedhmi.com/>
- [17] IOCOMP Software. Descripción del producto disponible en: <https://www.componentsource.com/es/brand/iocomp>
- [18] Measurement Studio de National Instruments. Descripción del producto disponible en: <http://www.ni.com/mstudio/esa/>
- [19] Comprar Visual Studio Professional 2017. Microsoft es-EC disponible en: <https://www.microsoft.com/es-ec/p/visual-studio-professional-2017/dg7gmgf0dst5>
- [20] Inductive Automation. Información del producto disponible en: <https://inductiveautomation.com/scada-software/>
- [21] Inductive Automation. Información de la licencia del producto, disponible en: <https://inductiveautomation.com/pricing/ignition>
- [22] MathWorks Simulink. Productos, Información general, disponible en: <https://es.mathworks.com/products/simulink.html>
- [23] MathWorks Simulink. Productos, OPC Toolbox, disponible en: <https://www.mathworks.com/products/opc.html>

- [24] MathWorks Simulink. Productos, información de precios por licencia, disponible en:
<https://la.mathworks.com/pricinglicensing.html?prodcode=ML&intendeduse=comm>
- [25] Wonderware Iberia. Acerca de Wonderware Intouch, disponible en:
<http://www.wonderware.es/HMI-SCADA/InTouch/>
- [26] Wonderware Iberia. Características, disponible en:
<http://www.wonderware.es/HMI-SCADA/InTouch/Caracteristicas/>
- [27] Wonderware Iberia. Developer Studio. Características de Licencia, disponible en:
<http://www.wonderware.es/hmi-scada/developer-studio/>
- [28] LabVIEW de National Instruments. Productos, que es LabVIEW, disponible en:
<http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>
- [29] LabVIEW de National Instruments. Productos, Módulo LabVIEW Datalogging and Supervisory Control (DSC), disponible en:
<http://sine.ni.com/np/app/main/p/docid/nav-104/lang/es/fmid/12678/>
- [30] LabVIEW de National Instruments. Productos, ediciones de LabVIEW, disponible en: <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview/select-edition.html>
- [31] IGSS. Información del Producto, disponible en: <http://igss.schneider-electric.com/products/igss/product-information/what-is-igss.aspx>
- [32] IGSS. Características del Producto, disponible en: <http://igss.schneider-electric.com/products/igss/product-information/product-features.aspx>
- [33] IGSS. Proyecto IGSS, disponible en: <http://www.7t.dk/products/igss/product-information/license-prices.aspx>
- [34] IGSS. Proyecto IGSS, disponible en: <http://www.7t.dk/products/igss/product-information/free50-scada-download/free50-project-iceland.aspx>
- [35] SIEMENS. SCADA System SIMATIC WinCC V7, disponible en:
<https://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/visualization-software/scada/pages/default.aspx>

- [36] SIMATIC WinCC SIEMENS, Visualización de procesos con Plant Intelligence (Abril 2016).
- [37] SIEMENS SIMATIC HMI WinCC V7.4, WinCC, Información general e instalación, manual de sistema (febrero de 2016).
- [38] KEPServerEX, Información general, descripción del producto y precio de licencia, disponible en: <https://www.kepware.com/en-us/products/kepserverex/>
- [39] Open Automation Software, Información general, descripción del producto, disponible en: <https://openautomationsoftware.com/knowledge-base/start-service/>
- [40] Open Automation Software, guía de evaluación del producto, disponible en: <https://openautomationsoftware.com/knowledge-base/evaluation-guide/>
- [41] MatrikomOPC, Productos, disponible en: <https://www.matrikonopc.com/products/index.aspx>
- [42] MatrikomOPC, Descarga de productos, disponible en: <https://www.matrikonopc.com/downloads/index.aspx>
- [43] J. Escobar and G. Domínguez, “ESTUDIO Y ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PRÁCTICAS DE LA PLANTA DE CONTROL DE PROCESOS “A” DEL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN TOTALMENTE INTEGRADO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA”, Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca 2015.

APÉNDICES

APÉNDICE A: MODELO DE GUIA DE PRÁCTICA.

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		PRÁCTICAS PAR EL DESARROLLO DE SISTEMAS SCADA	
CARRERA:		A SIGNATURA:	
NRO. PRÁCTICA:	TÍTULO PRÁCTICA:		
OBJETIVO			
OBJETIVO ESPECIFICO			
INSTRUCCIONES	1. Requisiteos y conocimientos previos		
	2. Equipos, Instrumentos y software		
	3. Exposición		
	4. Proceso		
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR			
RESULTADO(S) OBTENIDO(S):			
CONCLUSIONES:			
RECOMENDACIONES:			
BIBLIOGRAFIA:			

Figura A.1. Plantilla de guía de Práctica.

APÉNDICE B: PLANTILLA DE ENCUESTA PARA VALIDACIÓN DE PRÁCTICAS.

VALIDACIÓN DE GUÍAS DE PRÁCTICA EN EL DESARROLLO DE SISTEMAS SCADA.

Nombre Alumno: _____

Práctica N°: _____

1. El tipo de letra, redacción y ortografía permiten una lectura fluida y comprensible de la práctica.

	Totalmente en Desacuerdo
	En Desacuerdo
	Ni de acuerdo ni desacuerdo
	De acuerdo
	Totalmente de acuerdo

2. Las imágenes presentadas en el documento son de utilidad al momento del desarrollo de la práctica.

	Totalmente en Desacuerdo
	En Desacuerdo
	Ni de acuerdo ni desacuerdo
	De acuerdo
	Totalmente de acuerdo

3. La resolución de las imágenes es adecuada para una correcta interpretación de los procedimientos.

	Totalmente en Desacuerdo
	En Desacuerdo
	Ni de acuerdo ni desacuerdo
	De acuerdo
	Totalmente de acuerdo

4. El preámbulo de la práctica (exposición del tema y marco teórico) aportan con la información necesaria para el desarrollo de la práctica.

	Totalmente en Desacuerdo
	En Desacuerdo
	Ni de acuerdo ni desacuerdo
	De acuerdo
	Totalmente de acuerdo

5. La información de la Práctica se encuentra desarrollada de forma clara, comprensible y manteniendo una secuencia lógica.

	Totalmente en Desacuerdo
	En Desacuerdo
	Ni de acuerdo ni desacuerdo
	De acuerdo
	Totalmente de acuerdo

Figura B.1 Hoja 1 de plantilla de encuesta.

6. Los materiales, equipos y software necesarios para la práctica estaban disponibles en el laboratorio.

	Totalmente en Desacuerdo
	En Desacuerdo
	Ni de acuerdo ni desacuerdo
	De acuerdo
	Totalmente de acuerdo

7. Los temas abordados por la práctica corresponden al nivel de estudio en el que se encuentra.

	Totalmente en Desacuerdo
	En Desacuerdo
	Ni de acuerdo ni desacuerdo
	De acuerdo
	Totalmente de acuerdo

8. El tiempo para el desarrollo de la práctica fue el adecuado.

	Totalmente en Desacuerdo
	En Desacuerdo
	Ni de acuerdo ni desacuerdo
	De acuerdo
	Totalmente de acuerdo

9. Los objetivos planteados por la Práctica se cumplieron con satisfacción.

	Totalmente en Desacuerdo
	En Desacuerdo
	Ni de acuerdo ni desacuerdo
	De acuerdo
	Totalmente de acuerdo

10. La práctica proporcionada propone acciones o procedimientos que promueven procesos de aprendizaje (investigar, analizar, deducir, observar).

	Totalmente en Desacuerdo
	En Desacuerdo
	Ni de acuerdo ni desacuerdo
	De acuerdo
	Totalmente de acuerdo

11. El desarrollo de la práctica permite potenciar las destrezas del estudiante adquiridas en el transcurso de sus estudios.

	Totalmente en Desacuerdo
	En Desacuerdo
	Ni de acuerdo ni desacuerdo
	De acuerdo
	Totalmente de acuerdo

Observaciones.....

Figura B.2 Hoja 2 de plantilla de encuesta.

**APÉNDICE C: MÓDULO DE GUIAS DE PRÁCTICA
PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS SCADA.**