



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Desarrollo e implementación de un HMI para la aplicación de paneles remotos de Labview en el monitoreo y control de la estación de temperatura y presión del laboratorio de instrumentación virtual.

Caguana Pilapanta, Bernardo Ismael

Departamento de Eléctrica y Electrónica.

Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica.

Monografía, previo a la obtención del Título de Tecnólogo en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Chuchico Arcos, Cristian Paúl

Latacunga

10 de septiembre 2020

HOJA DE REVISIÓN DE LA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE CONTENIDOS



Document Information

Analyzed document	Caguana_B._Proyecto_Tesis.docx (D78733864)
Submitted	9/7/2020 6:28:00 PM
Submitted by	
Submitter email	bicaguana@espe.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	cpchuchico.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	submission.pdf Document submission.pdf (D62957595)		1
W	URL: https://docplayer.es/79668281-Universidad-del-azuay.html Fetched: 3/17/2020 3:50:07 PM		1
W	URL: https://docplayer.es/91093702-Diseno-e-implementacion-de-un-scada-para-la-monitori ... Fetched: 1/19/2020 7:35:36 AM		1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Revision 1 Espinosa Paul.docx Document Revision 1 Espinosa Paul.docx (D40557124) Submitted by: paul.andrade32@hotmail.com Receiver: jjespinosa.espe@analysis.arkund.com		2

Firma:

Chuchico Arcos, Cristian Paul

C. C 0503062713

Director



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**Desarrollo e implementación de un HMI para la aplicación de paneles remotos de Labview en el monitoreo y control de la estación de temperatura y presión del laboratorio de instrumentación virtual** fue realizado por el/los señor **Caguana Pilapanta, Bernardo Ismael** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 10 de septiembre del 2020

Firma:

.....
Chuchico Arcos, Cristian Paul

C. C: 0503062713

Director



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y
AVIÓNICA**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Caguana Pilapanta, Bernardo Ismael**, con cédula de ciudadanía N° 1805108238, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Desarrollo e implementación de un HMI para la aplicación de paneles remotos de Labview en el monitoreo y control de la estación de temperatura y presión del laboratorio de instrumentación virtual** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 10 de septiembre del 2020

Firma

.....
Caguana Pilapanta, Bernardo Ismael

C.C: 1805108238



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y
AVIÓNICA**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Caguana Pilapanta, Bernardo Ismael**, con cédula de ciudadanía N° 1805108238, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Desarrollo e implementación de un HMI para la aplicación de paneles remotos de Labview en el monitoreo y control de la estación de temperatura y presión del laboratorio de instrumentación virtual** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad

Latacunga, 10 de septiembre del 2020

Firma

.....
Caguana Pilapanta, Bernardo Ismael

C.C.: 1805108238

DEDICATORIA

En el presente trabajo de investigación decido en primer lugar a Dios por la vida y salud que me ha brindado a mí y toda mi familia para lograr este objetivo en mi vida profesional.

De la misma forma a mis padres quienes han sido el pilar principal en toda mi vida estudiantil los cuales me han brindado todo su afecto, apoyo y sobre todo su confianza en los momentos difíciles en los que he pasado durante mi etapa de formación como profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco esencialmente a Dios por no abandonarme en los momentos más difíciles de mi vida tanto personal como estudiantil y por la ayuda a tomar las mejores decisiones para el bienestar mío y de todas las personas a mí alrededor.

A mis docentes de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE quienes aportaron con sus conocimientos para mi formación profesional y por la paciencia, el esfuerzo al momento de impartir sus clases y sobre todo en las prácticas en los laboratorios con lo cual contribuyó a realizarme como profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	1
HOJA DE REVISIÓN DE LA HERRAMIENTA DE ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DE CONTENIDOS	2
CERTIFICACIÓN	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS	12
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Antecedentes	16
1.2. Planteamiento del Problema	17
1.3. Justificación.....	17
1.4. Objetivos.....	17
1.4.1. Objetivo General.....	17
1.4.2. Objetivos Específicos	18
1.5. Alcance	18

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Definición HMI.....	19
2.1.1.	Tipos de HMI.....	19
a.	Terminal de operador:.....	19
b.	PC + Software:.....	19
2.1.2.	Clasificación del HMI	19
a.	Sistema a Medida.....	19
b.	Sistema Comercial.....	20
2.1.3.	Software HMI	20
2.1.4.	Ventajas de un HMI	20
2.2.	Gestión del sistema HMI.....	22
2.2.1.	Estilos de pantalla	22
2.3.	Normas del sistema	23
2.3.1.	Filosofía del HMI.....	23
2.3.2.	Guía de estilo HMI	23
a.	Uso de secuencia de comandos.....	23
b.	Uso de color HMI-	23
2.3.3.	HMI Toolkit	23
2.3.4.	Proceso de diseño	24
2.3.5.	Formas de representación de la información en el panel HMI	24
2.3.6.	Utilización de los símbolos.....	24

	10
2.3.7. Manejo de los colores.....	24
2.3.8. Uso de alfabeto.....	25
2.4. Labview.....	25
2.4.1. Entorno Ni Labview.....	25
a. Panel frontal.....	26
b. Diagrama de bloques.....	26
2.4.2. Paneles remotos.....	26
2.5. Controlador PID.....	26
2.5.1. Ecuación del controlador PID.....	27
2.5.2. Acción Proporcional.....	28
2.5.3. Acción Integral.....	28
2.5.4. Acción Derivativa.....	29
2.6. Configure virtual serial port driver.....	29
2.6.1. Características Principales.....	30
 CAPÍTULO III	
DESARROLLO DEL TEMA	
3.1. Control PID de Temperatura.....	31
3.1.1. Simulación de la planta de Temperatura en Proteus.....	31
3.1.2. Creación del VI en el software Labview.....	34
3.1.3. Programación en el Diagrama de Bloques.....	35
3.1.4. HMI de la planta de Temperatura.....	42
3.1.5. Simulación del control PID de Temperatura.....	42

3.1.6. Panel Remoto de Temperatura.....	43
3.2. Control PID de Presión.....	49
3.2.1. Creación de un VI.....	49
3.2.2. Programación en el Diagrama de Bloques	50
3.2.3. HMI de la planta de Presión	57
3.2.4. Simulación del control PID de Presión.....	58
3.2.5. Panel remoto de Presión.....	59

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.....	64
4.2. Recomendaciones	64

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 66

ANEXOS..... 68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo de vida del HMI	22
Figura 2 Sistema de control en lazo cerrado con PID.....	27
Figura 3 Ecuación del PID	28
Figura 4 Interfaz del Virtual Serial Port Driver	30
Figura 5 Atmega 328p	31
Figura 6 Simulación del Horno en proteus.....	32
Figura 7 Configuración del componente COMPIM	33
Figura 8 Simulación de la planta de Temperatura	34
Figura 9 Entorno NI Labview	35
Figura 10 Estructura While Loop	36
Figura 11 Serial VISA en Labview	37
Figura 12 Funcionamiento de Property Node.....	38
Figura 13 Utilización del VISA WRITE.....	39
Figura 14 Manejo del VISA READ.....	40
Figura 15 Utilización de la función PID VI	41
Figura 16 Finalización del programa en el diagrama de bloques.....	41
Figura 17 HMI de planta de Temperatura	42
Figura 18 Simulación del control PID de Temperatura	43
Figura 19 Ingreso para el panel remoto de temperatura	44
Figura 20 Selección de VI de temperatura.....	45
Figura 21 Visualización de la pantalla de HMI.....	46
Figura 22 Parámetros del documento.....	47
Figura 23 Parámetros para la página WEB	48
Figura 24 Panel remoto de la planta de temperatura	49
Figura 25 Entorno VI de Labview	50

Figura 26 Función PID Autotuning VI.....	51
Figura 27 Funciones del PID Autotuning VI.....	52
Figura 28 Parámetros del Tipo de Controlador	53
Figura 29 Indicadores principales del proceso	54
Figura 30 Estructura de caso con la variable Local PID gains	55
Figura 31 Componente de simulación de una planta.....	56
Figura 32 Finalización del programa en el diagrama de bloques en Labview.	57
Figura 33 HMI de la planta de Presión	58
Figura 34 Simulación del control PID de Presión.....	59
Figura 35 Ingreso para el panel remoto de Presión.	60
Figura 36 Selección del VI de Presión.....	60
Figura 37 Visualización de la pantalla HMI	61
Figura 38 Parámetros del documento.....	62
Figura 39 Parámetros para la página WEB	62
Figura 40 Panel remoto de la planta de presión.	63

RESUMEN

En las universidades la limitada capacidad del uso de los laboratorios o por los diferentes software que se maneja, tiende a llevar diferentes aspectos de inconformidad en los estudiantes como al momento de la realización de prácticas de las diferentes áreas de estudio, en donde el uso de los paneles remotos del software Labview puede contribuir de cierta forma a reducir ciertas deficiencias de los laboratorios, en donde el cual permite al usuario crear una interfaz máquina - humano de las diferentes estaciones los cuales estarán en un sitio web, para que los computadores clientes los cuales van hacer los estudiantes de la carrera que ingresen a los laboratorios, puedan acceder al HMI de la estación de temperatura y presión siempre y cuando que el computador servidor el cual va ser la persona encargada que va a tener los programas disponibles de las diferentes aplicaciones esté disponible para las prácticas. Así con este método se logra que los estudiantes tengan un monitoreo de forma directa las diferentes estaciones creadas en los laboratorios sin la necesidad de estar directamente en el lugar. En la estación de temperatura y presión, para la primera variable de proceso será la temperatura de un horno que varía de 0°C a 500°C y para presión se manipulará el fluido de líquido de un tanque que constará de una bomba controlada con un variador de velocidad Powerflex 4 y un sensor de caudal correspondiente con un rango de 0 a 100, estas variables serán estabilizados por los parámetros del controlador PID el cual se encuentra en el software Labview y es el principal componente para la aplicación además son valores que se manipularán para que se ajusten a las señales obtenidas.

PALABRAS CLAVE:

- **PANELES REMOTOS**
- **INTERFAZ MÁQUINA - HUMANO**
- **MONITOREO**
- **LABVIEW**

ABSTRACT

In universities the limited capacity of use of the laboratories or by the different software that is handled, tends to bring different aspects of discontent in students as when performing practices of the different areas of study, where the use of remote panels Labview software can contribute in some way to reduce certain shortcomings of the laboratories, which allows the user to create a machine-human interface of the different stations which will be on a website, so that the client computers which will make the career students entering the laboratories, can access the HMI station temperature and pressure provided that the server computer which will be the person responsible for having the programs available for different applications is available for practices. Thus, with this method, students can directly monitor the different stations created in the laboratories without the need to be directly on site. In the station of temperature and pressure, for the first process variable will be the temperature of a furnace that varies from 0 ° C to 500 ° C and pressure will be manipulated liquid fluid from a tank consisting of a pump controlled by a variable speed drive Powerflex 4 and a flow sensor with a range of 0 to 100, these variables will be stabilized by the parameters of the PID controller which is in the software Labview and is the main component for the application are also values that will be manipulated to match the signals obtained.

KEY WORDS:

- **REMOTE PANELS**
- **HUMAN-MACHINE INTERFACE**
- **MONITORING**
- **LABVIEW**

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS.

TEMA: DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HMI PARA LA APLICACIÓN DE PANELES REMOTOS DE LABVIEW EN EL MONITOREO Y CONTROL DE LA ESTACIÓN DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Las innovaciones tecnológicas en los últimos años han tenido gran auge en la sociedad principalmente en todo el campo de la automatización y sus diferentes ramas estructurales, por lo que personal debe estar adecuadamente actualizado de todos los cambios sobre los diferentes métodos utilizados en las grandes industrias.

En donde las empresas están pendientes en mejorar el control de procesos industriales con más eficacia, seguridad y calidad en donde crezca la productividad, reduzca costos mediante un proceso automatizado de la mejor manera posible.

Con el tema “Monitoreo y control remoto virtual de la planta Gunt HAMBURG RT 450 de nivel de laboratorio, vía internet a través del web server de Labview” se menciona que la limitación física se representa en la ausencia de una persona en el lugar de proceso con lo que se podría ser solventada aprovechando el acceso a internet, para realizar de forma remota las mismas acciones que serían posibles ejecutar estando en contacto con la planta.(Gallardo et al., s. f.)

Con el contenido “Generación automática de informes de una microrred energética mediante acceso remoto a base de datos y monitorización y control a través de página web” menciona que Labview es un programa muy potente para el tratamiento de datos y su sencillez de su representación, sus VIs pueden ser interpretados por no expertos en programación para la supervisión de un proceso en tiempo real a través de la red por lo que resulta al realizar programas remotos de gran utilidad.(Santos et al., 2013)

1.2. Planteamiento del Problema

La carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica conjunta con la carrera de Automatización e Instrumentación deben realizar prácticas con varios software, con lo que lleva a la dificultad de disponer de un principal y muy utilizado software llamado Labview en portátiles y el gran número de personas que ingresan a la universidad ha generado problemas al momento de usar los laboratorios debido a su disponibilidad limitada para realizar el monitoreo y control de las estaciones ubicadas en el laboratorio de instrumentación virtual.

1.3. Justificación

En la actualidad la mayoría de sistemas de supervisión cuentan monitoreo y control remoto en donde esta tecnología permite acceder a simulaciones hechas en computador de forma remota desde cualquier otro ordenador sin la necesidad del software Labview, el cual debe cumplir con las condiciones necesarias para poder ejecutar el programa desde algún navegador web.

Al no tener implementado estos sistemas la propuesta del desarrollo e implementación de un HMI para la aplicación de paneles remotos de Labview en el monitoreo y control de la estación de temperatura y presión del laboratorio de instrumentación virtual servirá como una herramienta que contribuya a mejorar significativamente el proceso de enseñanza y aprendizaje técnico-practico en los docentes y estudiantes de las carreras de Tecnología en Electrónica en Instrumentación y Aviónica y Tecnología en Automatización e Instrumentación acercándoles a procesos reales y su formación laboral.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Desarrollar e implementar un HMI para la aplicación de paneles remotos de Labview en el monitoreo y control de la estación de temperatura y presión del laboratorio de instrumentación virtual.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar las características técnicas y teóricas de un sistema HMI y los dispositivos y herramientas necesarios para su implementación.
- Desarrollar una comunicación entre Labview y la estación de control de presión y temperatura.
- Establecer un sistema de intervención con paneles remotos para el monitoreo y control de las variables de presión y temperatura.

1.5. Alcance

El siguiente proyecto consiste en desarrollar un HMI para la estación de temperatura y presión mediante el controlador PID en el cual se establecerá los parámetros de diseño, en donde para la variable de temperatura constará de un horno simulado en el software proteus el cual tendrá un rango de 0°C a 500°C, dicha señal ingresará en el aplicación Virtual Serial Port para puertos virtuales que realizará la acción de conectar con la programación en el software Labview y realizarse el control.

Por consiguiente esta la variable de presión la cual consiste de bomba que será controlada por el variador PowerFlex 4 en donde se conectará con tuberías hacia el sensor de caudal y el tanque, finalmente el sensor hacia el tanque cerrando el proceso en donde tendrá un rango de 0 a 100.

Además ofreciendo un material didáctico basado en una interfaz disponible en la red LAN para que los estudiantes puedan acceder de forma directa para el control y monitoreo de la estación de presión y temperatura.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Definición HMI

Se presenta como una interfaz hombre-máquina que en sus siglas en ingles “Human Machine Interface” en donde se trata un panel de instrumentos del operario, lo que concede al usuario coordinar y controlar los procesos industriales de una rápida y teniendo una eficacia de alto nivel en la producción.

Sus funciones básicas son las siguientes:

- Visualización de datos.
- Verificación de entradas y salidas de las máquinas.
- Conocimiento del tiempo de producción.

2.1.1. Tipos de HMI

Se puede distinguir dos tipos de HMIs los cuales son:

a. Terminal de operador:

Fundamenta como “un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible de tacto touch screen.(Cobo, 2007)

b. PC + Software:

Es otra elección basada en un PC en donde se obtiene un software apropiado para el estudio de aplicaciones de los diferentes procesos que se lleva a cabo en la actualidad, además se puede utilizar cualquiera según lo exija el propósito, en donde existen los llamados Industriales para ambientes agresivos y los de Panel PC que se instalan en diferentes partes dando una apariencia de terminal de operador.

2.1.2. Clasificación del HMI

a. Sistema a Medida

- Perfeccionados con funciones específicos con un lenguaje de alto nivel.

- Su ventaja es que posee un diseño flexible para el HMI
- Utiliza muy poca información para realizar el interfaz
- En este sistema se requiere actualizaciones, mejoras y ampliaciones de acuerdo al avance tecnológico.

b. Sistema Comercial

- El operador puede configurar el sistema sin la necesidad de poseer conocimientos de alto nivel en la rama de automatización.
- Su disponibilidad en los diferentes ámbitos es de forma rápida.
- En este sistema no posee mucha flexibilidad en el interfaz.
- Su sistema le da la posibilidad de renovar para mejoras permitiendo tener un alto rendimiento en la producción.

2.1.3. Software HMI

El software HMI permite varias funciones como:

- Realizar una interfaz gráfica en la cual se puede observar el proceso que se está ejecutando y así poder interactuar con el mismo.
- Obtener una indagación de tiempo real y datos reales para la interpretación correcta del operador.
- Permitir relacionar conjuntamente con el manejo de alarmas para las diferentes aplicaciones o procesos con los que se está trabajando.

Así se tiene los principales desarrolladores de software HMI que son:

- National Instruments (NI)
- Siemens (WIN CC)
- GE Fanuc (IFIX)
- Omron (SCS)
- Wonderware (InTouch)

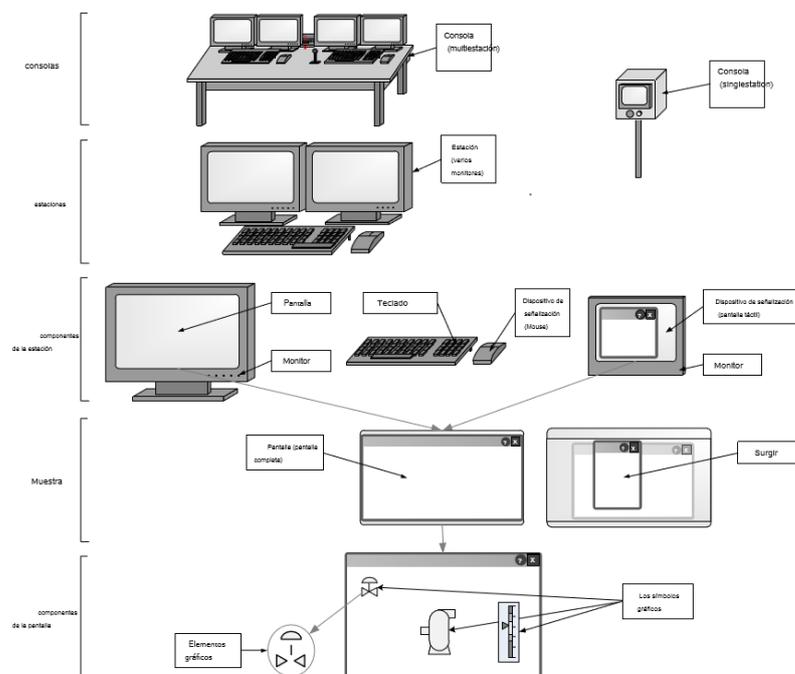
2.1.4. Ventajas de un HMI

Provee una gran cantidad de ventajas tales como:

- Ofrece mayor disponibilidad de visibilidad en las operaciones de las empresas, proporcionando información del rendimiento de los equipos y procesos en un panel de control.
- Se obtiene una gran eficiencia de alto nivel ya que al ingresar en tiempo real los datos de los procesos que se está llevando a cabo se puede supervisar y controlar la producción de forma inmediata y corregir los diferentes problemas que se presenta en el proceso.
- Con la implementación de alertas en el panel central se detecta con rapidez los problemas producidos, reduciendo intervalos de tiempos en lo que se detiene la producción y además ayuda prevenir fallos mecánicos de las máquinas.
- Proporciona a los operadores observar y deducir los datos obtenidos de los procesos mediante gráficos, permitiendo su interpretación de forma inmediata lo cual ayuda a relación que tiene el operador con el proceso.

Figura 1

Términos del HMI y sus interrelaciones



Nota: En la imagen se muestra las conexiones relacionadas con la red. (ANSI / ISA-101,01-2.015, 2015)

2.2. Gestión del sistema HMI

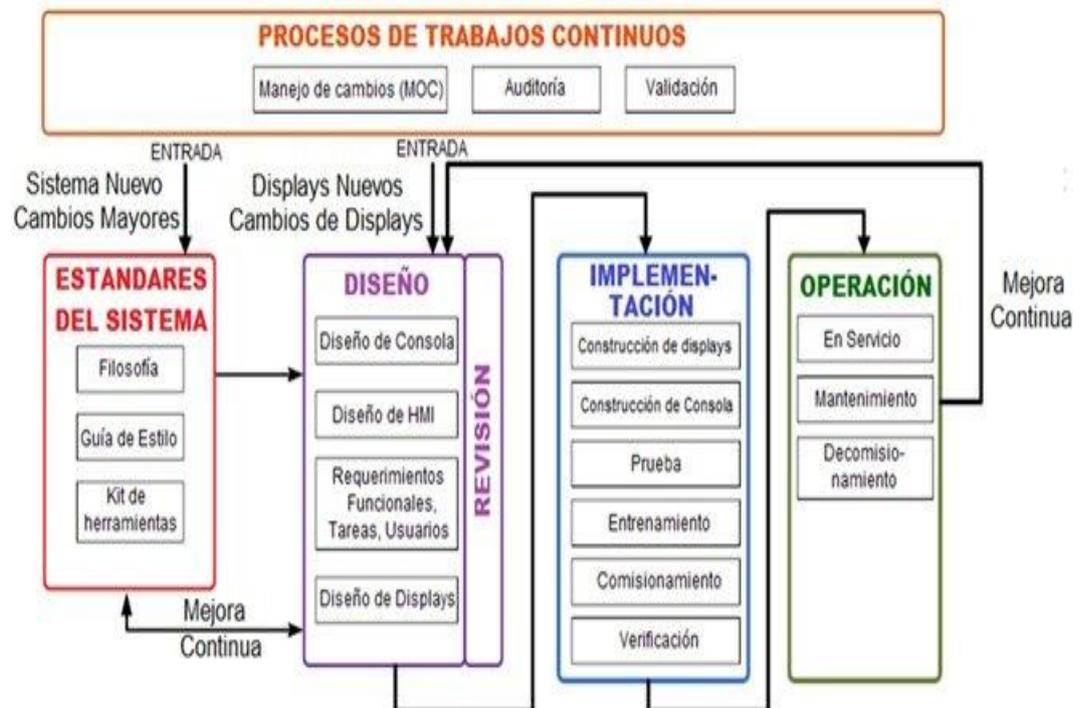
El panel de operador debe estar perfeccionado y tratado a través de un modelo de ciclo de vida como se muestra en la figura 1.

Las etapas del ciclo de vida del sistema HMI son:

- El diseño
- La revisión
- La implementación
- La operación.

Figura 2

Ciclo de vida del HMI



Nota. En el gráfico se muestra el ciclo que se debe llevar la implementación de un sistema HMI de forma correcta. (Moya, 2019)

2.2.1. Estilos de pantalla

Los estilos de pantalla se refieren a cómo se presenta la información en una pantalla o parte de ella. La selección de un estilo de pantalla debe basarse en los requisitos funcionales determinados en el proceso de diseño de la HMI. La selección

puede variar dependiendo de la interacción del usuario con la pantalla, la posición y tamaño del monitor y la cantidad de información a manejar por el usuario.(Moya, 2019)

2.3. Normas del sistema

2.3.1. Filosofía del HMI

Es un documento indispensable el cual se maneja con principios de diseño de la estructura para el operador pero los cuales no están limitados a los siguientes aspectos:

- Alineación con los factores humanos
- Establecer reglas y directrices para el diseño de un HMI de forma correcta.
- Realización de un modelo para la seguridad del operador.

2.3.2. Guía de estilo HMI

La guía de estilo HMI consiste en un “documento que contiene las normas y directrices específicas de instalación y / o de la empresa para el diseño e implementación de un HMI configurable. Una guía de estilo HMI debe incluir principios generales de diseño para las pantallas y aplicaciones asociadas, así como las normas específicas de aplicación.(ANSI / ISA-101,01-2.015, 2015)

Esta guía proporciona normas para el diseño y visualización de la pantalla:

a. Uso de secuencia de comandos

La secuencia de comandos debe ser discutida y de un nivel aceptable, además poseer un scripting personalizado el cual debe estar señalado en un libro de estilo de operador.

b. Uso de color HMI-

Consiste en una práctica en la cual se utiliza para diferenciar objetos y varios estilos de pantalla, además debe llamar la atención y darle significado a la pantalla.

2.3.3. HMI Toolkit

El HMI Toolkit es “una colección de elementos de diseño para su uso dentro de la plataforma de operador. Los elementos del juego de herramientas están

diseñados para cumplir los requisitos de guía estilo. Kits de herramientas pueden ser suministrados con el panel de operador, por el proveedor del sistema de control, otros terceros, o pueden ser desarrollados a medida para la plataforma, o cualquier combinación de éstos.(ANSI / ISA-101,01-2.015, 2015)

2.3.4. Proceso de diseño

En el proceso de diseño se tiene en cuenta 4 fases:

1. Esquema de la consola.
2. Se realiza el diseño del sistema HMI para el operador.
3. Definición del usuario, las tareas y requisitos de funcionalidad para el sistema HMI.
4. Finalmente el diseño de la pantalla HMI en donde el usuario podrá controlar el proceso de forma directa.

2.3.5. Formas de representación de la información en el panel HMI

Para la realización de las pantallas HMI existen varias formas de representación, las cuales no son usadas correctamente por lo que su interpretación puede causar pérdidas para la producción.

A continuación se presentará algunas formas de representar correctamente la información en el panel HMI.

2.3.6. Utilización de los símbolos

- Sirven para la caracterización de acciones que se realizan, para los diferentes objetos.
- Facilita la interpretación y fácil reconocimiento con lo que lleva al operador la confiabilidad.

2.3.7. Manejo de los colores

- Principalmente para las alarmas y advertencias que se tiene en el proceso.
- Utilizada para el perfil características cualitativas.
- Los colores más utilizados de fácil reconocimiento y de lo que sucede en el proceso son:

1. El color amarillo sirve para advertencia de que el proceso está en riesgo.
2. El color rojo para el estado de peligro el cual se debe actuar de forma inmediata.
3. El color verde significa que todo el proceso se encuentra trabajando con normalidad.

2.3.8. Uso de alfabeto

- Puede aplicarse para la representación de los diferentes rasgos cualitativos del objeto como sus iniciales u otras formas de información.
- Al aplicar las letras se debe tener muy en cuenta el tamaño y fuente que se va utilizar.

2.4. Labview

Es un software de ingeniería que requiere pruebas, medidas y control con acceso rápido a hardware e información de datos. Ofrece un enfoque de programación gráfica que le ayuda a visualizar cada aspecto de su aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración. (Fernández, s. f.)

- Facilita el control e inspección de procesos o sistemas SCADA.
- Desempeño en el ambiente de la robótica.
- Para el área de automatización industrial.

Demuestra destrezas para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones.
- Interactúa con diferentes lenguajes.
- Disponibilidad de herramientas gráficas y textuales.
- Observación de gráficos con datos eficientes.
- Sincronización de diferentes dispositivos.

2.4.1. Entorno Ni Labview

Los dispositivos virtuales o VIs imitan la manipulación y aspecto de los dispositivos físicos, como multímetros, osciloscopios entre otros, por lo que con

varias herramientas logra obtener, observar, analizar y almacenar datos de diferentes procesos.

Al momento de crear un VI muestra dos ventanas: Panel frontal y el diagrama de bloques.

a. Panel frontal

Es la interfaz con el usuario es decir se relaciona directamente con el usuario cuando se lleva a cabo la ejecución del programa, el cual permite observar los datos y lo que sucede con el proceso en tiempo real.

b. Diagrama de bloques

Entre los objetos del diagrama de bloques están: terminales, subVIs, funciones, constantes, estructuras y cables, en donde transfiere los datos de los procesos.

2.4.2. Paneles remotos

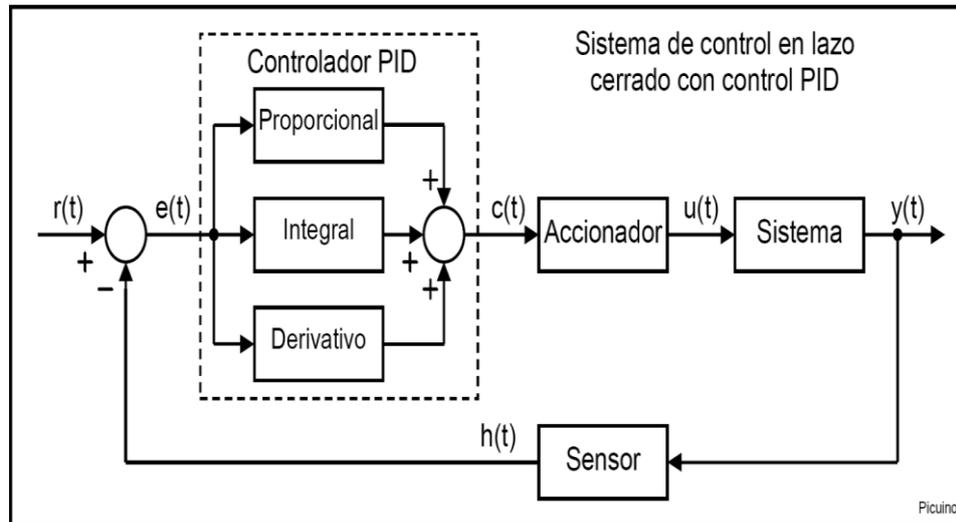
Permiten observar y controlar de forma remota aplicaciones del programa Labview en la web, en donde la computadora servidor asigna a varios usuarios que puedan controlar las aplicaciones desde internet sin la necesidad de tener instalados el programa Labview en las computadoras clientes.

2.5. Controlador PID

Se define por su sigla proporcional, integral, derivativa el cual consiste en una unidad de control simultáneo de retroalimentación usado en procesos de control industrial por ser más preciso y estable a diferencias de otros.

Figura 3

Sistema de control en lazo cerrado con PID



Nota: En la figura indica el sistema por el cual está conformado control PID. (Picuino, 2020)

La señal $r(t)$ se designa **referencia** e indica el estado que se espera conseguir en la salida del sistema $y(t)$. En un sistema de control de temperatura, la referencia $r(t)$ será la temperatura deseada y la salida $y(t)$ será la temperatura real del sistema.

Posteriormente la entrada al controlador PID es la señal de **error $e(t)$** en donde esta señal revela al controlador la diferencia que existe entre el estado que se quiere conseguir o referencia $r(t)$ y el estado real del sistema medido por el sensor, señal **$h(t)$** .

Si la señal de error es mayor significa que el estado del sistema se encuentra lejos del estado de referencia por lo que no se está obteniendo los resultados esperados y si es el error menor el sistema ha alcanzado el estado querido y los resultados son los esperados.

2.5.1. Ecuación del controlador PID

La ecuación es la siguiente:

Figura 4

Ecuación del PID

$$c(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Nota: Se indica las diferentes variables de la ecuación del controlador PID. (Picuino, 2020)

En donde

- $c(t)$ = es la señal de control
- $e(t)$ = es la señal de error
- K_p, K_i, K_d = son los parámetros del controlador PID

Los tres elementos de un controlador PID son:

2.5.2. Acción Proporcional

Como su nombre indica, esta acción de control es proporcional a la señal de error $e(t)$. Internamente la acción proporcional multiplica la señal de error por una constante K_p . Esta acción de control intenta minimizar el error del sistema. Cuando el error es grande, la acción de control es grande y tiende a minimizar este error.

(Picuino, 2020)

Al agrandar el K_p tienen a suceder varios problemas:

- Reduce el error del sistema en régimen permanente.
- Aumenta la velocidad de respuesta del sistema.
- Debido a ciertas anomalías la inestabilidad del sistema crece.

2.5.3. Acción Integral

Proporciona una corrección para compensar las perturbaciones y mantener la variable controlada en el punto de consigna en donde elimina errores

estacionarios por lo que el más del 90% de los lazos de control utiliza PI. (Morilla, 2007)

Al crecer el K_i tiene los siguientes problemas:

- Incrementa la inestabilidad del sistema y así aumentando el riesgo de la producción.
- Aumenta un poco la velocidad del sistema teniendo poco de eficacia.
- El error es menor en el sistema por lo que los resultados son correctos.

2.5.4. Acción Derivativa

Anticipa el efecto de la acción proporcional para Anticipa el efecto de la acción proporcional para estabilizar más rápidamente la variable controlada estabilizar más rápidamente la variable controlada después de cualquier perturbación.(Morilla, 2007)

Al extender el K_d tiene los siguientes efectos:

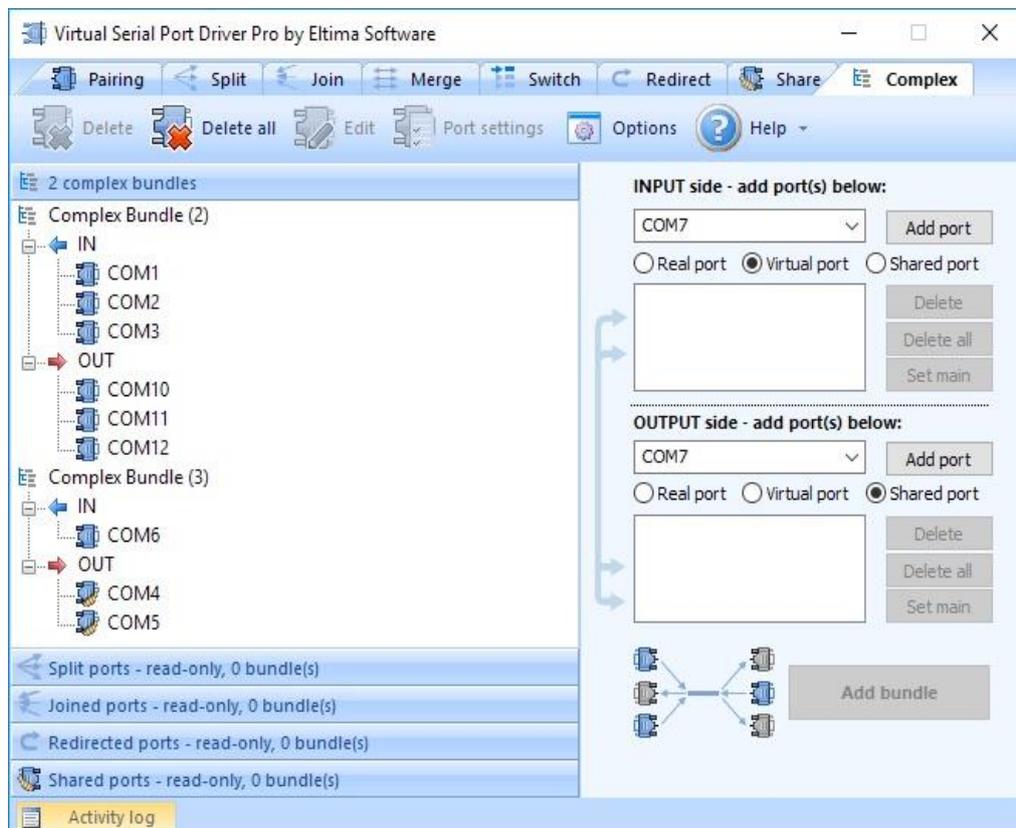
- La velocidad del sistema se reduce un poco.
- El erro no presenta anomalías y permanece igual
- La estabilidad en el sistema es mayor por lo tanto tiende a tener mayor eficacia.

2.6. Configure virtual serial port driver

Virtual Serial Port Driver crea puertos de serie virtuales y los conecta en pares a través de cable de módem nulo virtual. Aplicaciones en ambos extremos del par podrán intercambiar datos, de tal manera, que todo lo escrito en el primer puerto aparecerá en el segundo y viceversa.(Weis, s. f.)

Figura 5

Interfaz del Virtual Serial Port Driver



Nota: En la imagen se muestra toda la interfaz y parámetros del software. (Weis, s. f.)

2.6.1. Características Principales

- Crea un sin número de puertos COM virtuales para diferentes aplicaciones
- Emulación completa de la distribución de puertos reales para su funcionamiento sea el correcto.
- Opera todas las señales de línea

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

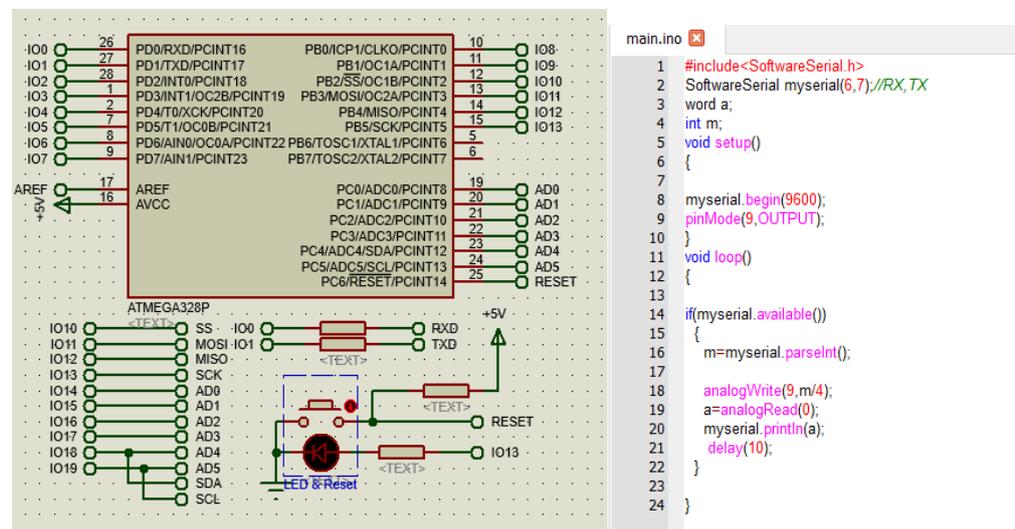
3.1. Control PID de Temperatura

3.1.1. Simulación de la planta de Temperatura en Proteus

Se comenzó con la adquisición de un Atmega328p el en cual se realizó la programación para determinar la velocidad, la comunicación de transmisión y recepción de los datos como se muestra en la figura 6.

Figura 6

Atmega 328p

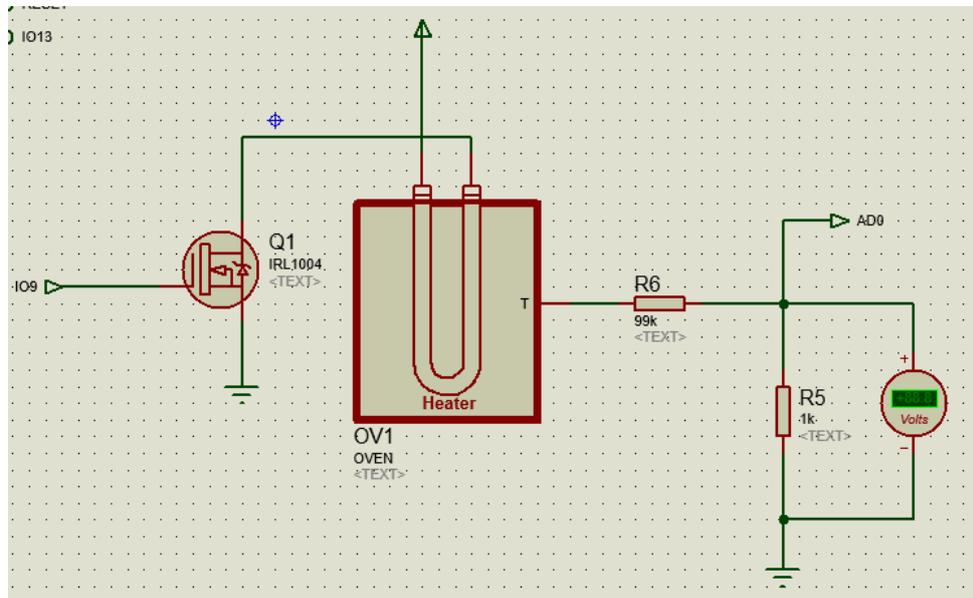


Nota: En las figuras se muestra la utilización del microcontrolador con su receptiva programación.

Posteriormente en la figura 7 se muestra un transistor IRL1004 el cual proporciona un funcionamiento estable y su velocidad de conmutación es rápida, en donde se conectó al horno.

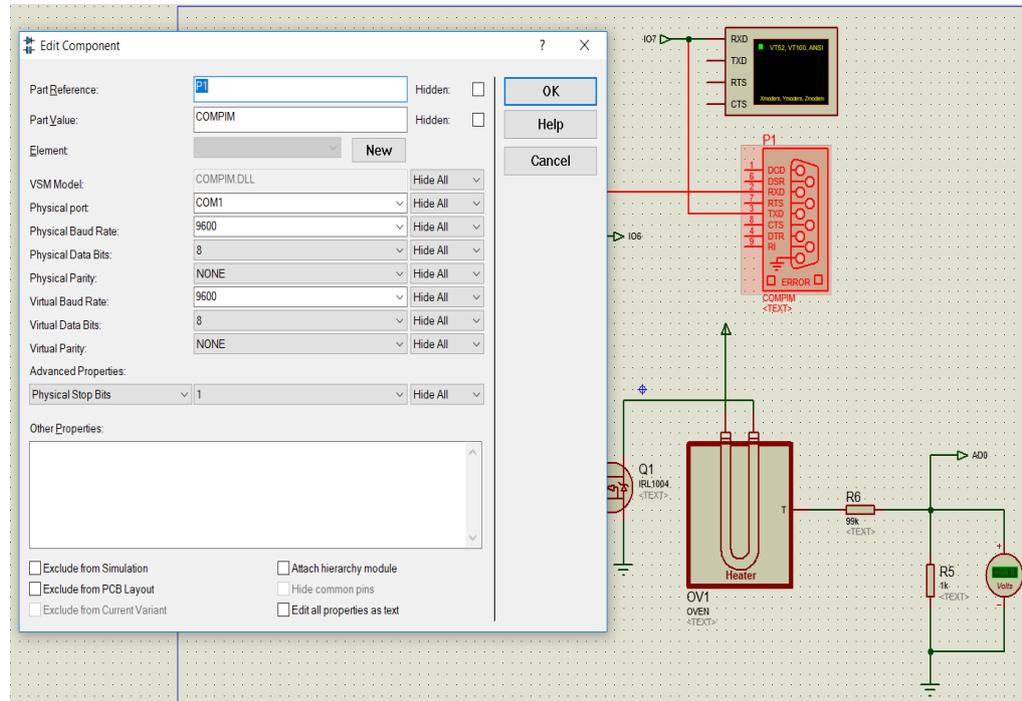
Figura 7

Simulación del Horno en proteus



Nota: En la gráfica se muestra el horno que va estar controlado por el Atmega 328p.

En el siguiente componente COMPIM se ajusta la velocidad, la cual tiene que ser la misma utilizada para todos los demás elementos y el puerto por el cual se va a transferir los datos con el software Labview mediante el Virtual Serial Port Driver como se muestra en la figura 8.

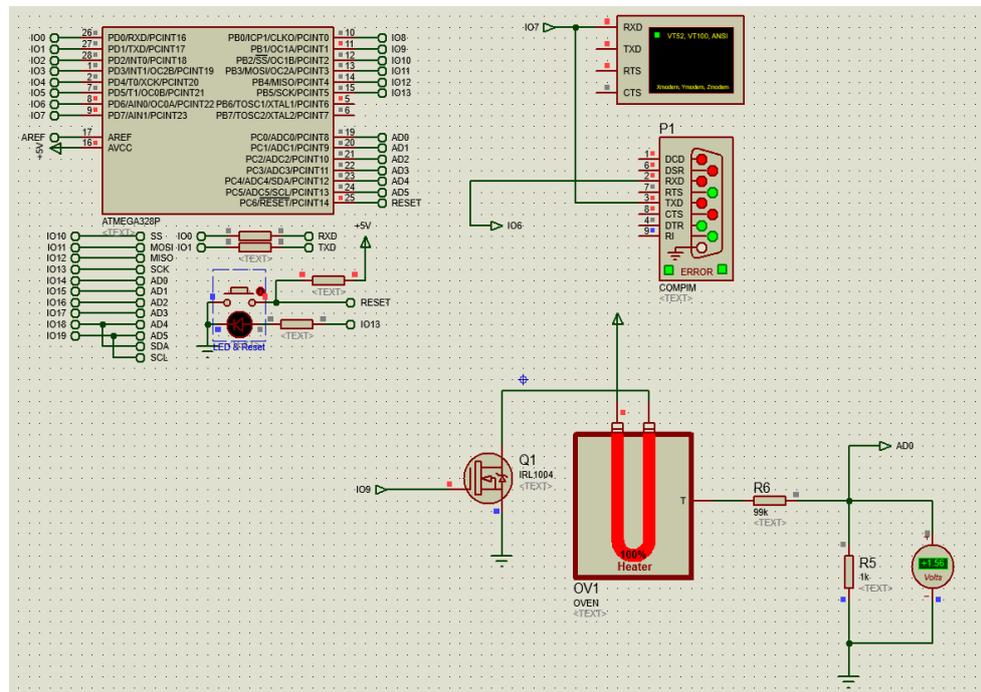
Figura 8**Configuración del componente COMPIM**

Nota: En el componente COMPIM se indica varios aspectos de configuración como la velocidad y el puerto de conexión.

Finalmente una vez establecido la correspondiente configuración en el programa se simula la planta de temperatura con un horno simulado como se muestra en la figura 9.

Figura 9

Simulación de la planta de Temperatura



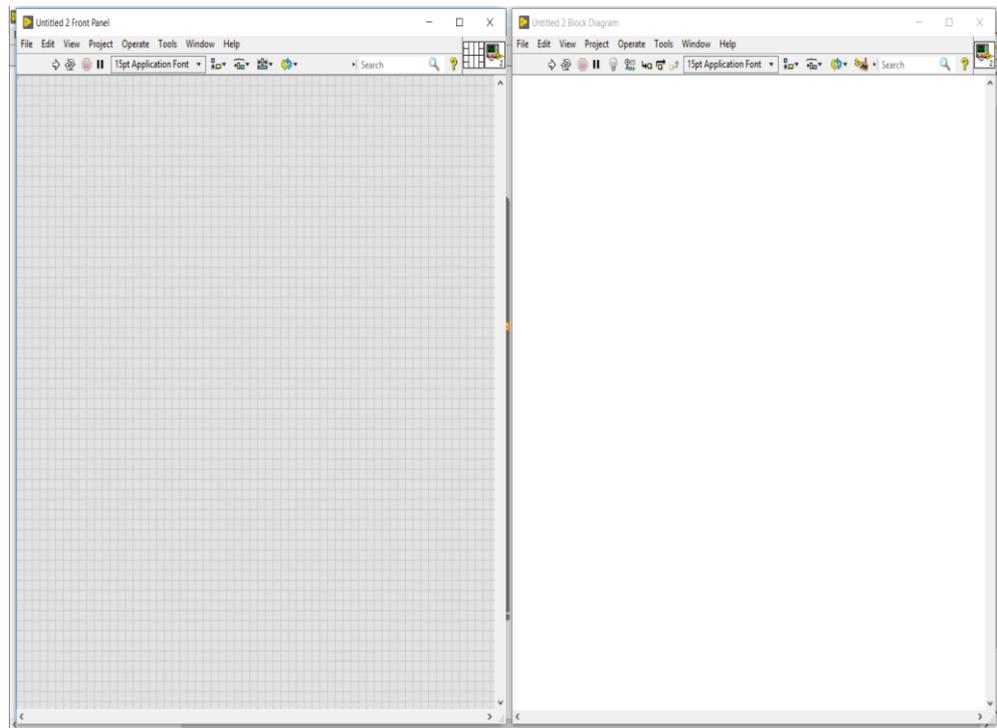
Nota: En el esquema se muestra la simulación de la variable de temperatura.

3.1.2. Creación del VI en el software Labview

Se creó un nuevo VI en el software labview en donde se obtiene el panel frontal y el diagrama de bloques como se muestra en la figura 10.

Figura 10

Entorno NI Labview



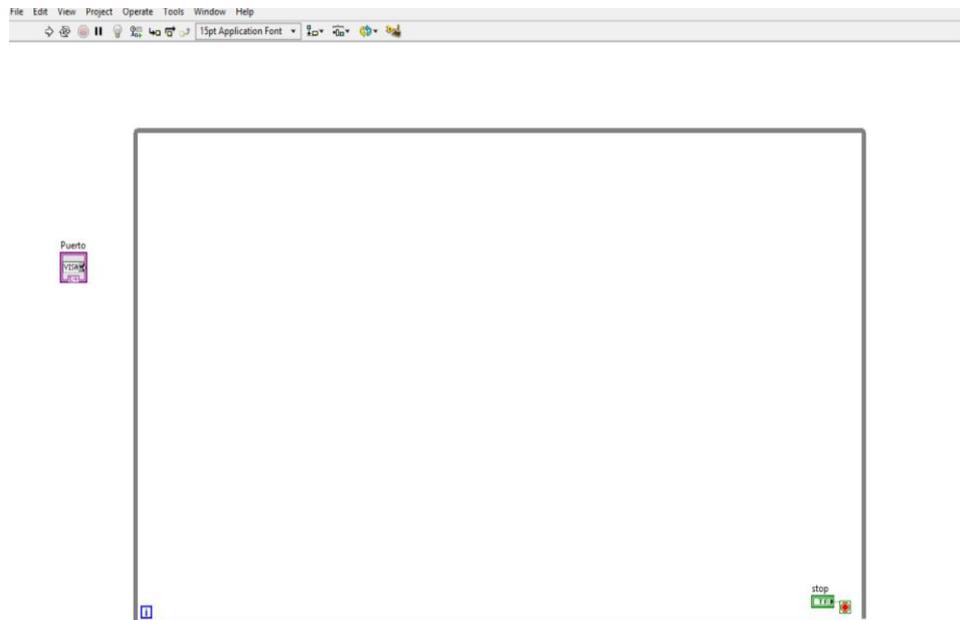
Nota: En la imagen se muestra el panel frontal y diagrama bloques de Labview.

3.1.3. Programación en el Diagrama de Bloques

Se comenzó con la estructura While Loop con su respectivo STOP y además visualiza el icono del puerto por donde va ingresar la señal de temperatura como se muestra en la figura 11.

Figura 11

Estructura While Loop

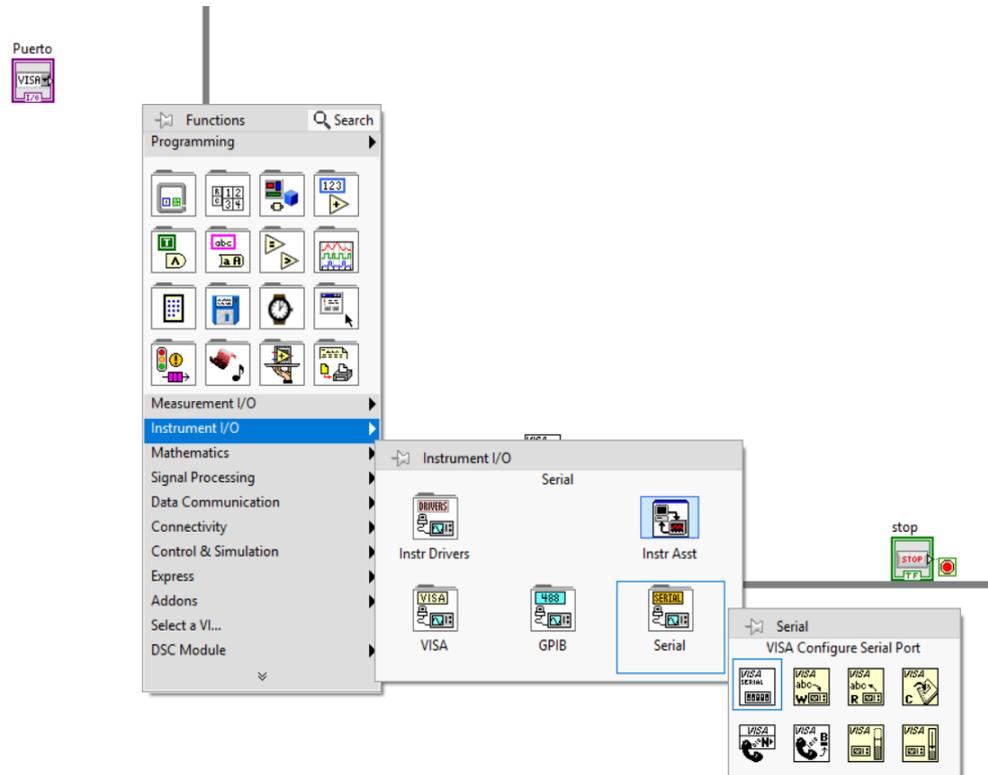


Nota: En el gráfico se muestra donde se inicia con el bucle que va abarcar al proceso.

Se insertó un serial VISA el cual inicializará el puerto serie especificado por el nombre del recurso VISA con los ajustes especificados y transfiere los datos a la entrada del nombre de recurso VISA como se muestra en la figura 12 el cual se conectará en VISA Resource Name en donde especifica que el recurso está abierto.

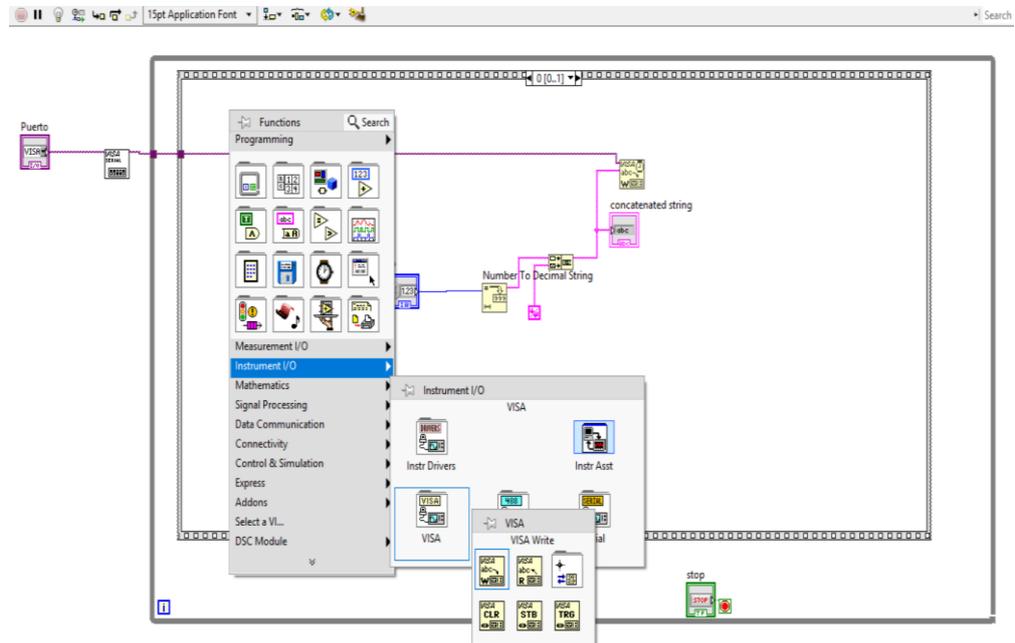
Figura 12

Serial VISA en Labview



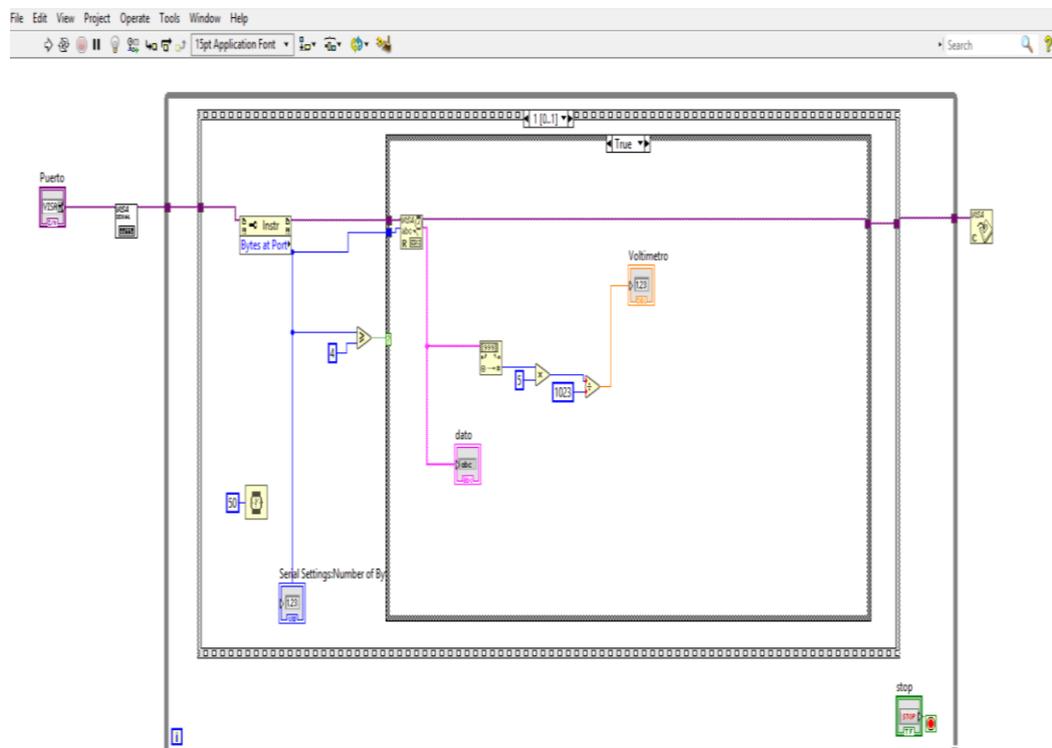
Nota: Indica de donde se obtiene el componente Serial VISA.

Posteriormente se colocó una estructura de secuencia el cual se conectará al Property Node en donde lee y escribe las propiedades de una referencia y además se creará un indicador para observar el número de bytes en el puerto de serie como se muestra en la figura 13.

Figura 14**Utilización del VISA WRITE**

Nota: Con el VISA WRITE escribe los datos en el buffer.

Después se insertara una estructura de caso en donde se crea VISA READ el cual lee el número especificado de bytes del dispositivo y devuelve los datos en el búfer de lectura en donde se conecta al Decimal String To Number Function como se muestra en la figura 15 el cual cambia los caracteres numéricos en cadena, empezando por el offset, en un entero decimal y lo devuelve en número.

Figura 15**Manejo del VISA READ**

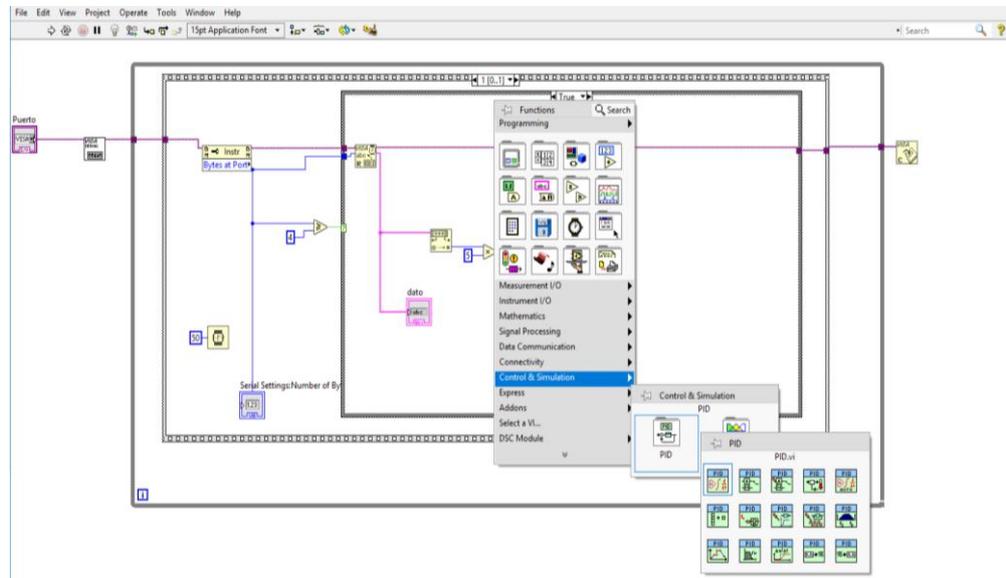
Nota: Con el VISA READ lee los bytes del dispositivo.

Finalmente se insertó la función PID VI como se muestra en la figura 16 en donde se colocara el Setpoint y PID gains como se muestra en la figura 16 realizando la estabilidad de señal de temperatura y obteniendo un control.

Con la función VISA Close Function el cual cierra la sesión especificado por el nombre de recurso VISA con todas estructuras creadas como se muestra en la figura 17.

Figura 16

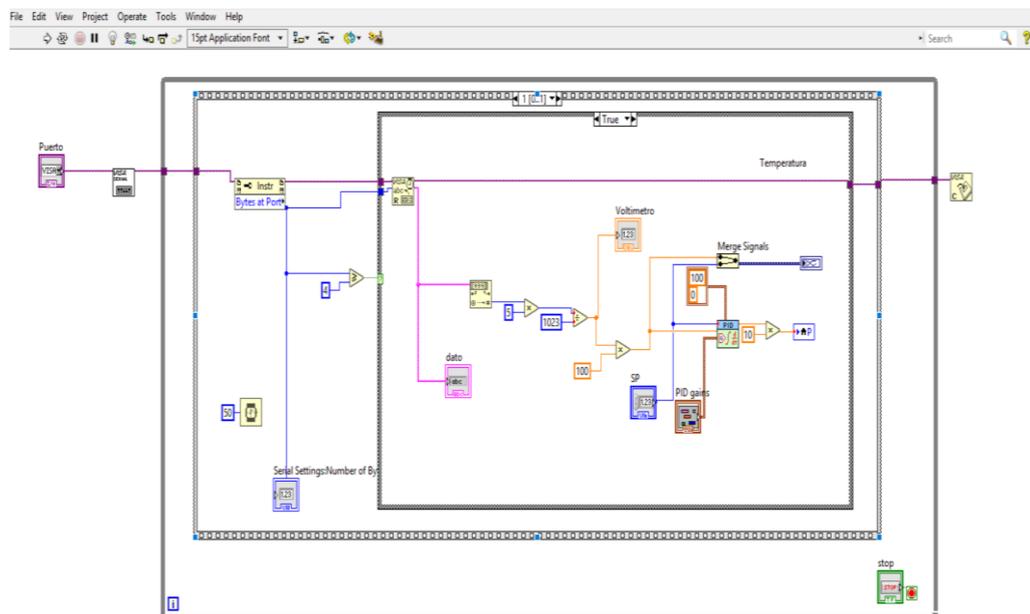
Utilización de la función PID VI



Nota: En el gráfico se muestra el controlador PID y su obtención.

Figura 17

Finalización del programa en el diagrama de bloques



Nota: En el esquema está finalizado de forma completa con todos los parámetros establecidos para el funcionamiento del proceso de temperatura.

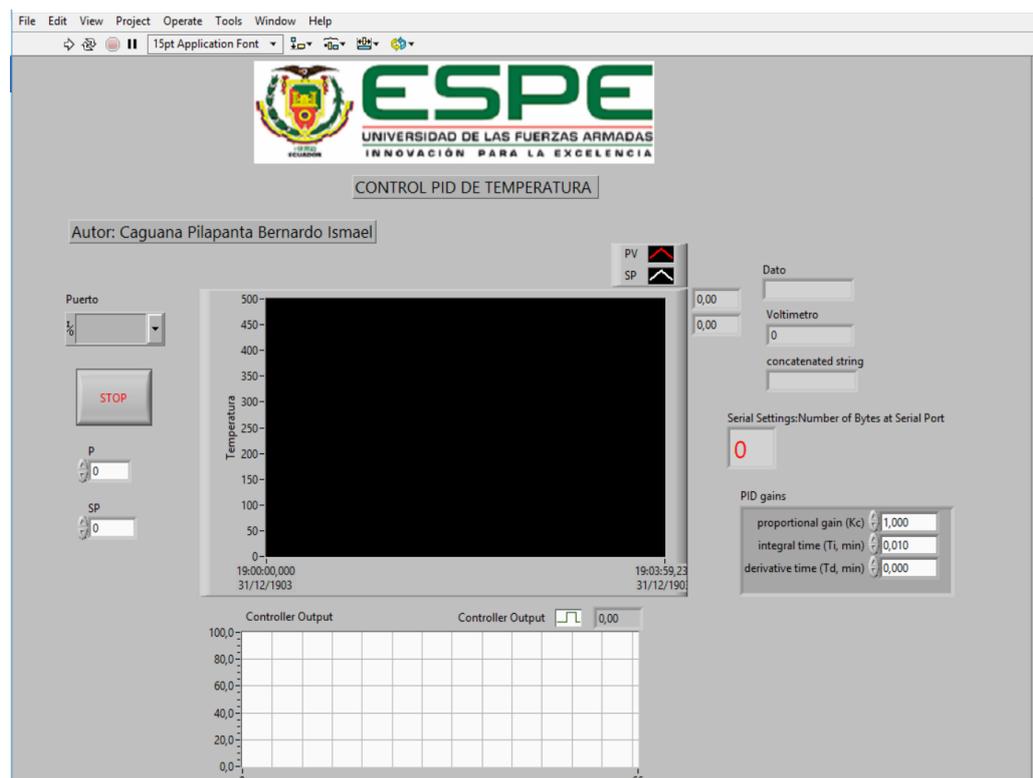
3.1.4. HMI de la planta de Temperatura

Se realizó la interfaz para monitoreo de la planta de temperatura como se muestra en la figura 18 el cual en el Waveform Chart se indica la Process Variable con el color rojo y el Setpoint con el color blando y mantener su estabilidad en el rango de 0°C a 500°C además se encuentran PID gains los cuales se les ajusto para que la señal se estabilice de forma correcta.

En la parte superior izquierda se encuentra el puerto por el cual está ingresando la señal el cual es el COM2 y en la parte inferior está el Controller output para monitorear el proceso.

Figura 18

HMI de planta de Temperatura



Nota: Se muestra el interfaz de la planta de temperatura.

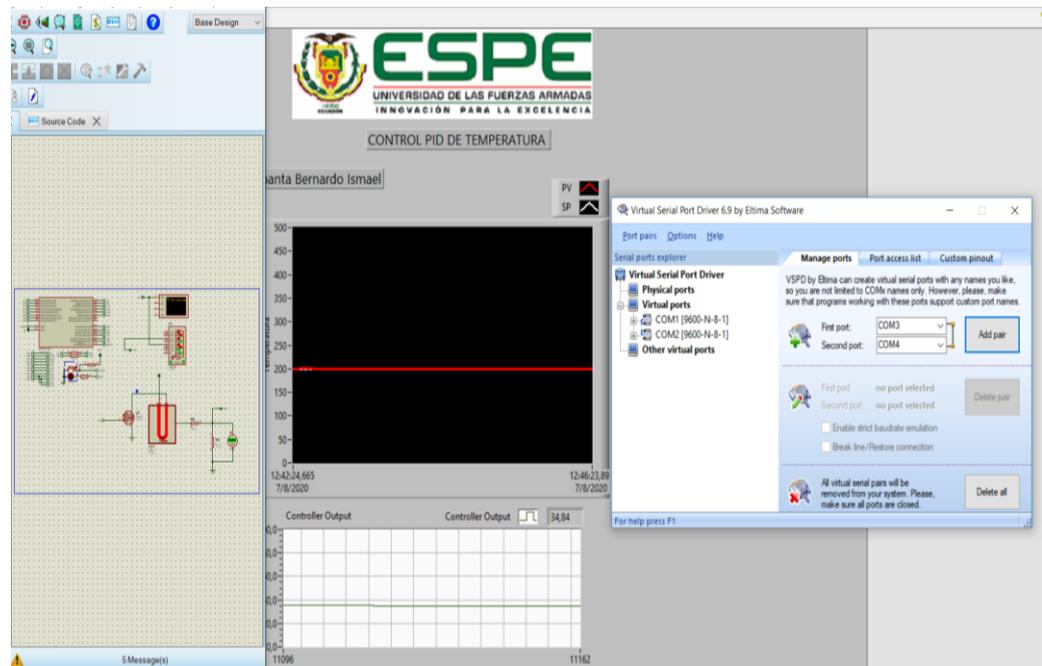
3.1.5. Simulación del control PID de Temperatura

Para la simulación se tiene que estar abierto los programas Proteus, Virtual Serial Port y Labview como se muestra en la figura 19, inmediatamente en el Virtual

Serial Port se creó un par de un par de puertos virtuales en donde será el intermediario para la comunicación entre el proteus y Labview.

Figura 19

Simulación del control PID de Temperatura



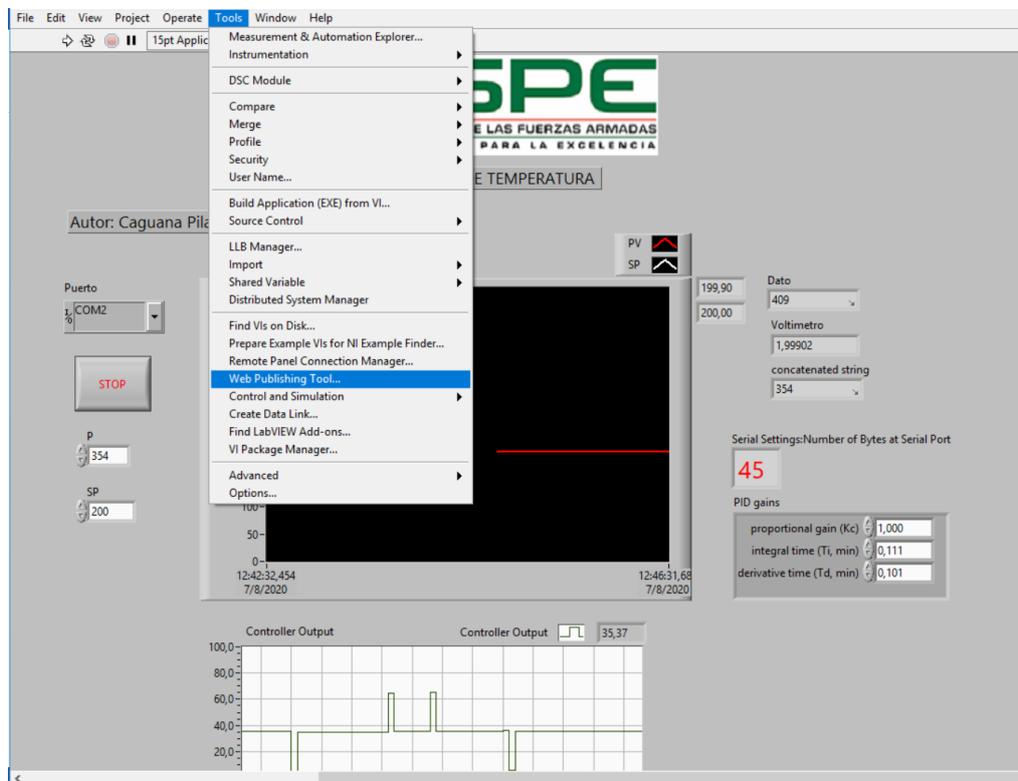
Nota: En el gráfico muestra el software que deben estar activos para la simulación.

3.1.6. Panel Remoto de Temperatura

En el software Labview en el panel frontal se encuentra el icono Tools el cual se muestra varias opciones, en donde se dirige a la opción Web Publishing Tool como se muestra en la figura 20.

Figura 20

Ingreso para el panel remoto de temperatura

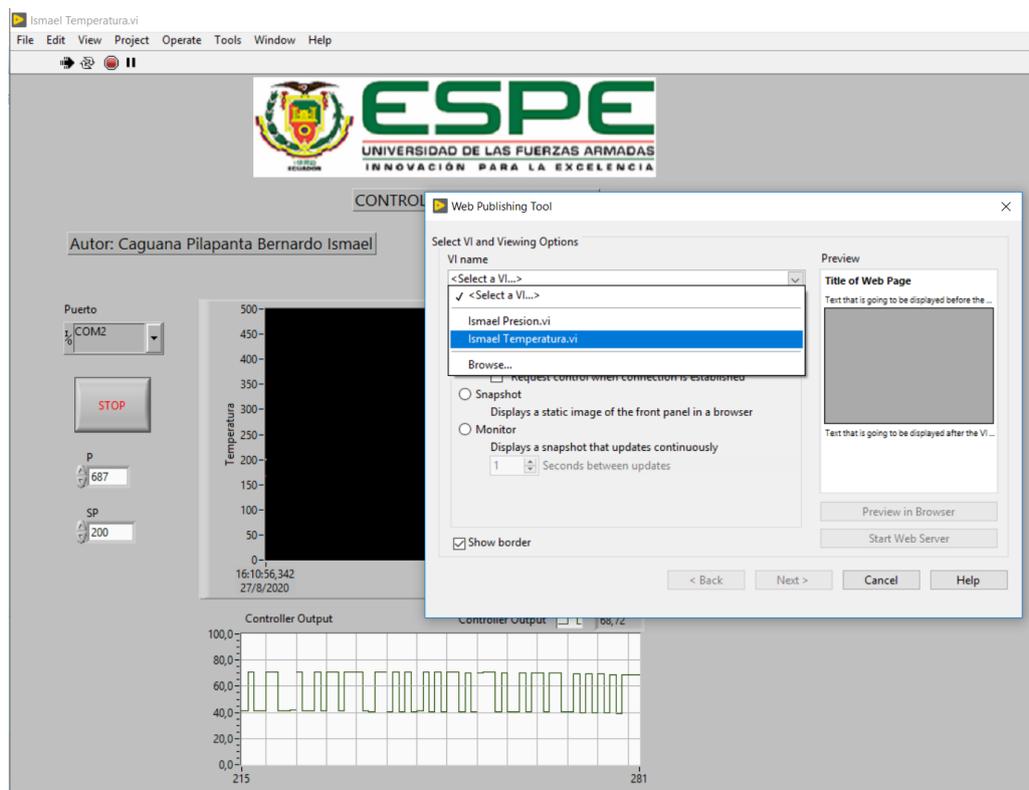


Nota: Inicio para realizar el monitoreo de forma remota de la planta de temperatura.

Posteriormente se abre una ventana en donde se escogió el VI que se desea publicar como se muestra en la figura 21 en los demás ítems no se realizan ninguna acción y se prosiguió.

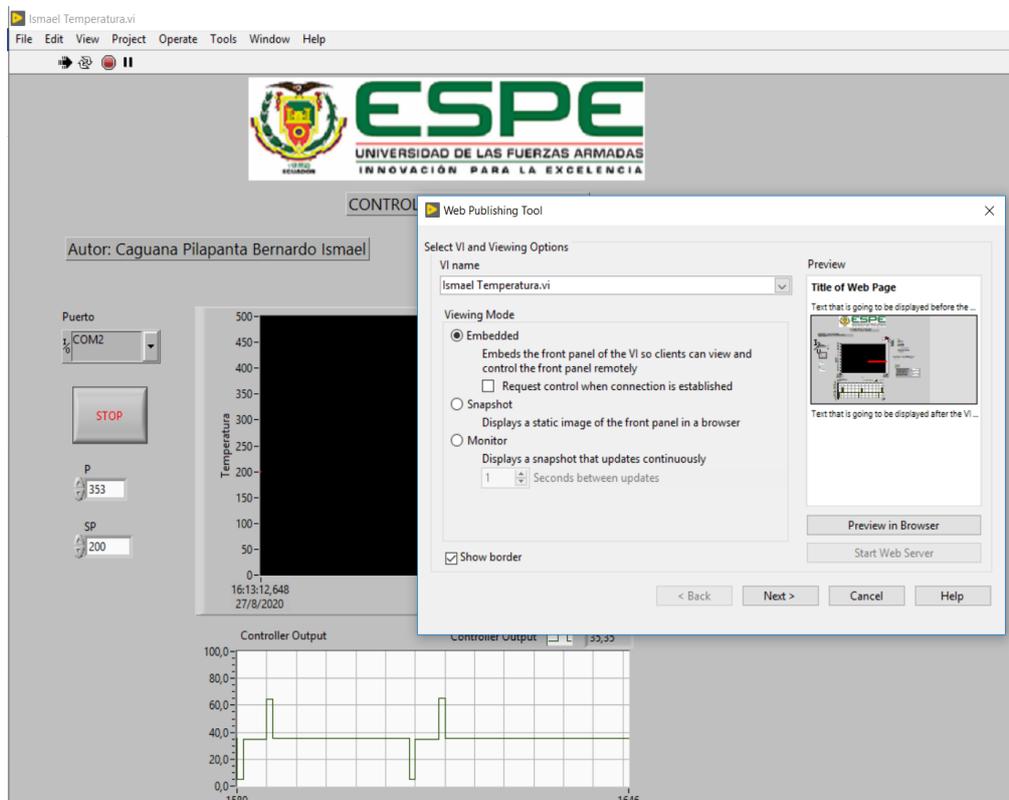
Figura 21

Selección de VI de temperatura



Nota: Se escoge el archivo el cual va estar en la red.

En la en la parte superior derecha se muestra la pantalla la cual se va a visualizar para el monitoreo de la planta como se muestra en la figura 21, y en la parte inferior esta la función Preview Browser que al dar el clic inmediatamente visualiza la pantalla para que si es necesario pueda ajustar y se obtenga una mejor imagen.

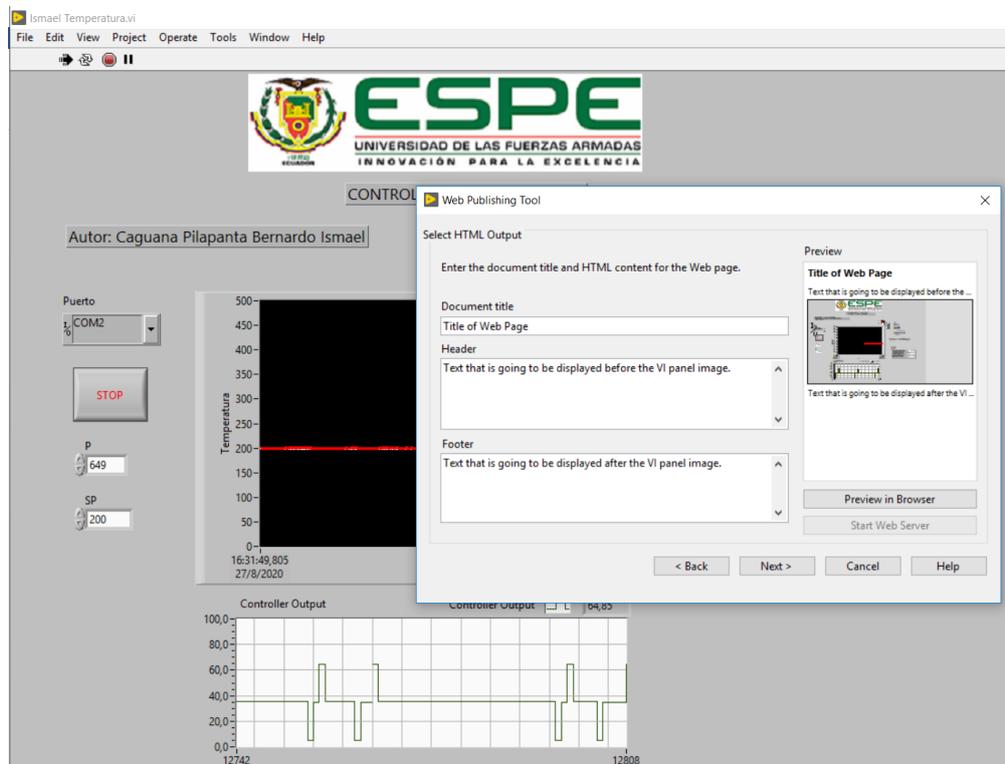
Figura 22**Visualización de la pantalla de HMI**

Nota: Breve imagen de la interfaz de la planta de temperatura.

A continuación en la siguiente pestaña se colocó el título del documento, el encabezado y por último el pie de página como se muestra en la figura 23.

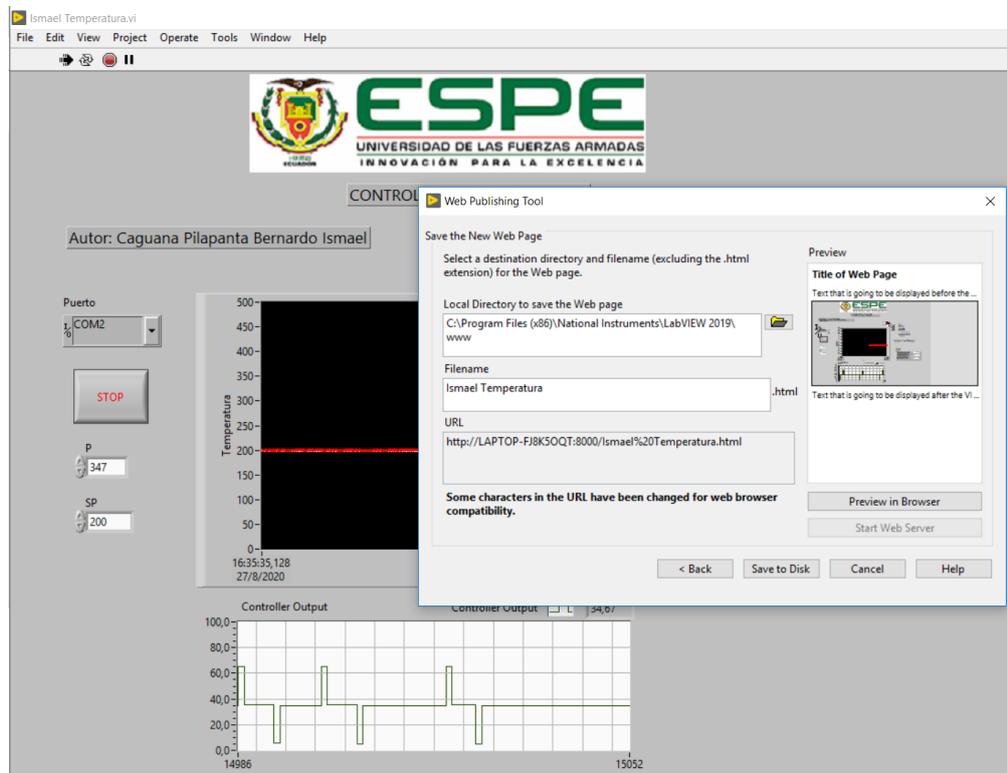
Figura 23

Parámetros del documento



Nota: En la imagen muestra ciertas indicaciones que se deben llenar para el documento que se va mostrar en la red.

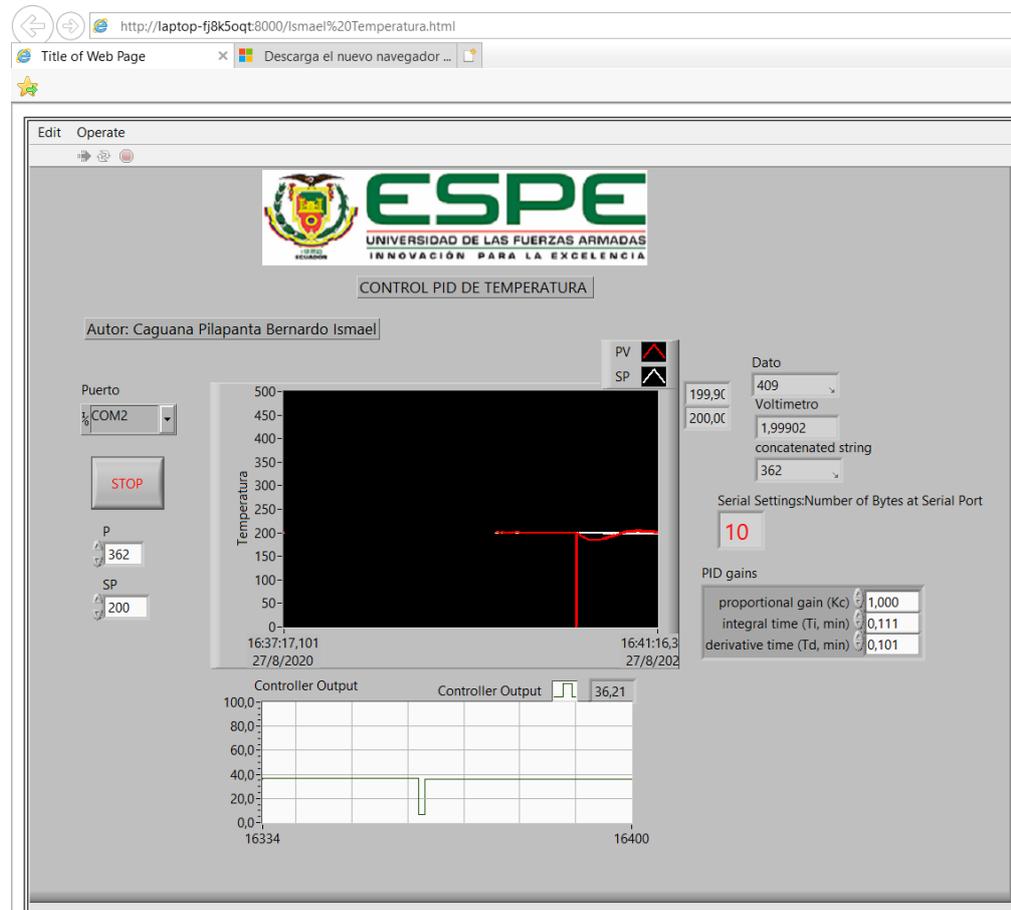
Finalmente en la última pestaña se debe elegir el directorio de destino y el nombre del archivo, para la página web como se muestra en la figura 24 para que los usuarios puedan acceder al proceso.

Figura 24**Parámetros para la página WEB**

Nota: En la imagen se muestra la información con la que va a estar la dirección de la página web.

Con todos los parámetros realizados anteriormente la pantalla HMI de la estación de temperatura se presenta en la red como se muestra en la figura 25 y así que cuando el computador servidor este activo los clientes podrán monitorear la planta.

Figura 25 Panel remoto de la planta de temperatura



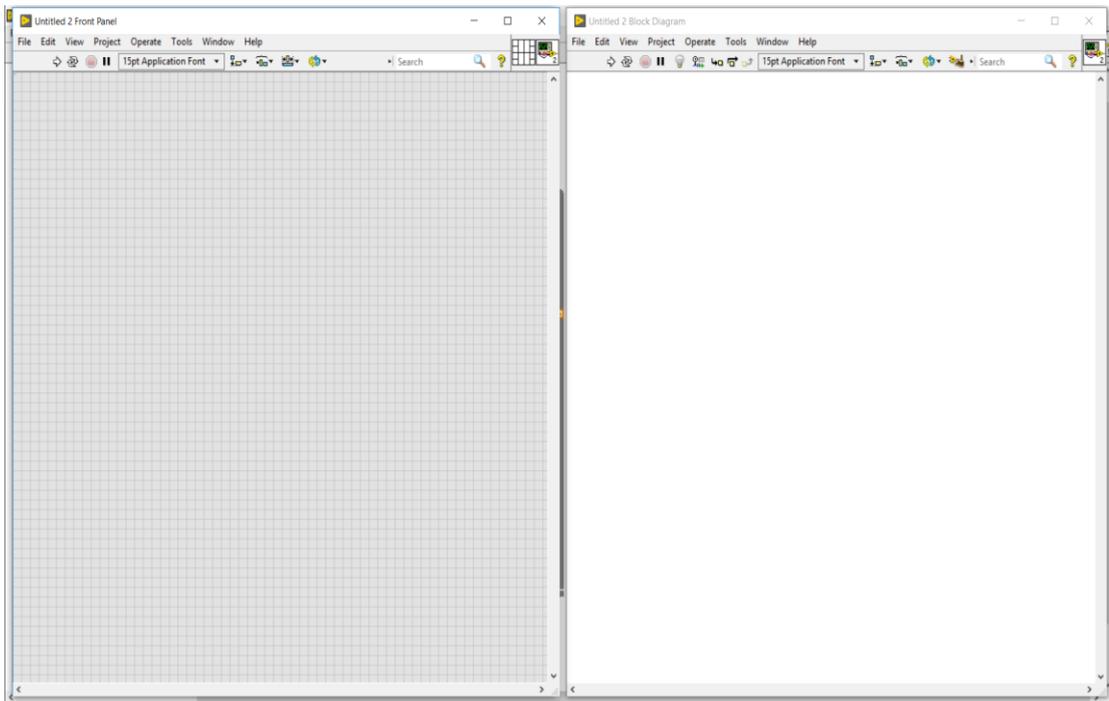
Nota: En el gráfico se muestra el HMI de la planta de temperatura en la web.

3.2. Control PID de Presión

3.2.1. Creación de un VI

Se creó un nuevo VI en el software Labview en donde se obtiene el panel frontal y el diagrama de bloques como se muestra en la figura 26 para planta de presión.

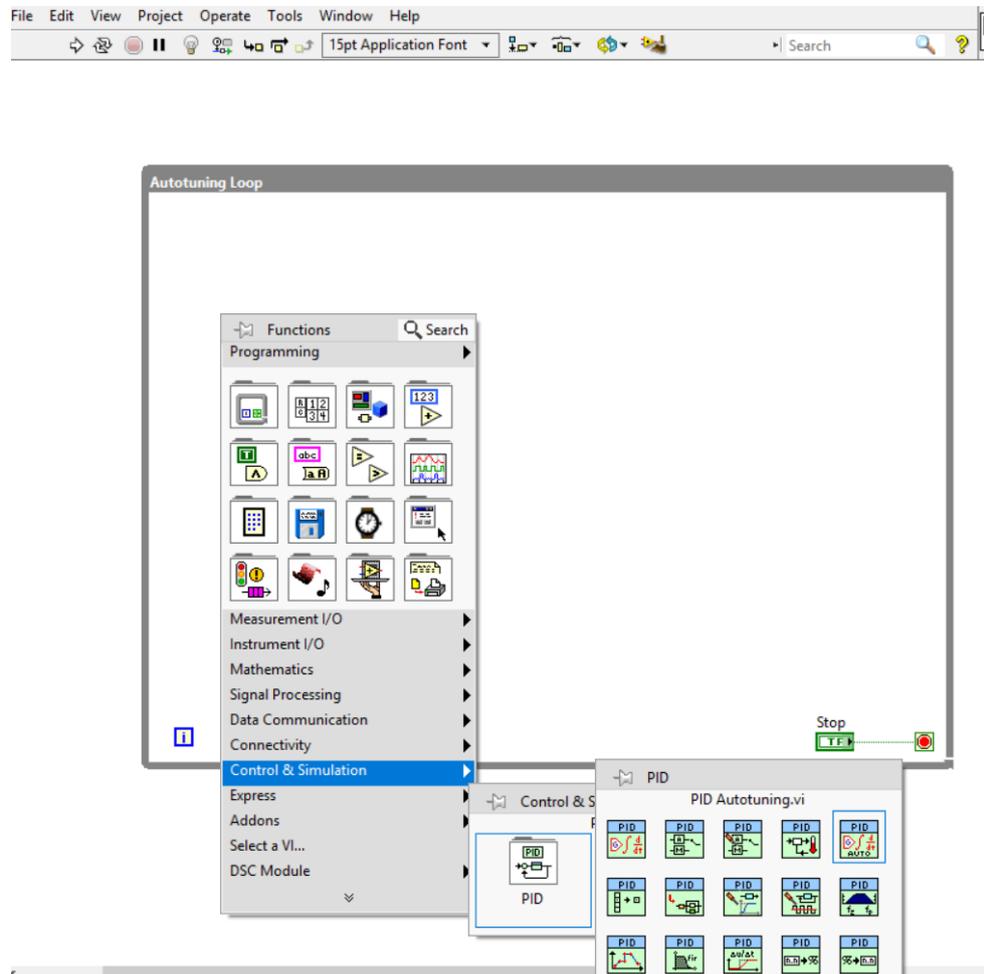
Figura 26 Entorno VI de Labview



Nota: Indica el panel frontal y el diagrama de bloques del software de Labview.

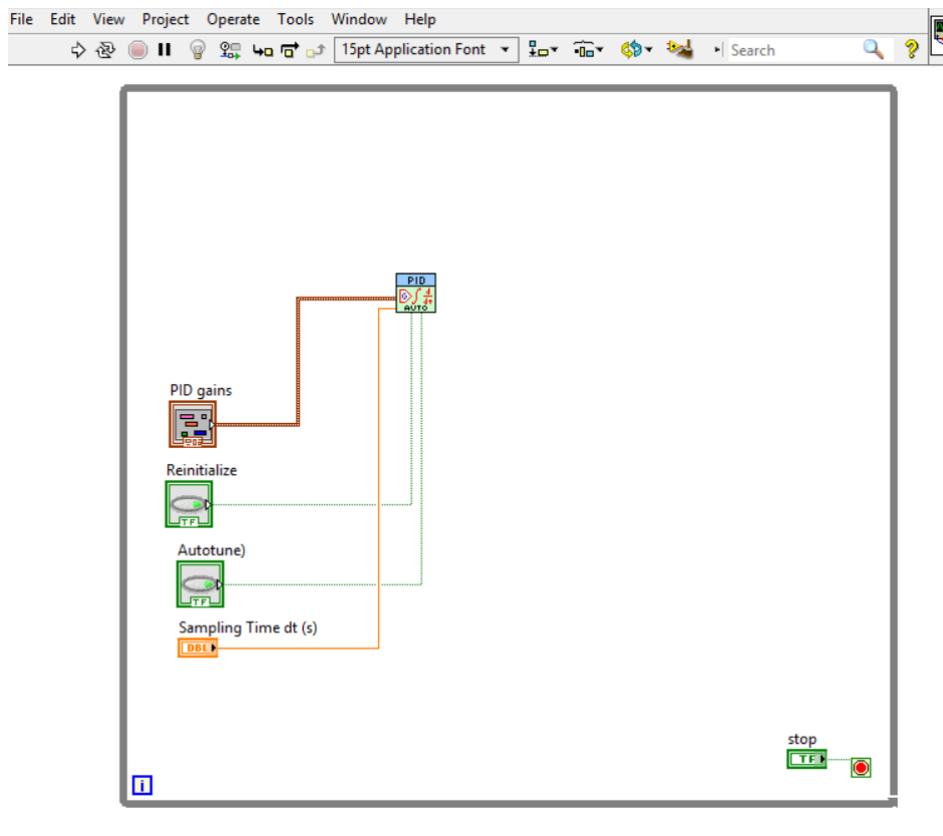
3.2.2. Programación en el Diagrama de Bloques

Se empezó con la estructura WHILE Loop y con su respectivo Stop, además se obtuvo la función PID Autotuning VI como se muestra en la figura 27, el cual incluye un asistente de autoajuste y se utiliza para establecer los parámetros de sintonización automática.

Figura 27**Función PID Autotuning VI**

Nota: Muestra el controlador PID con función establecer sintonización automática.

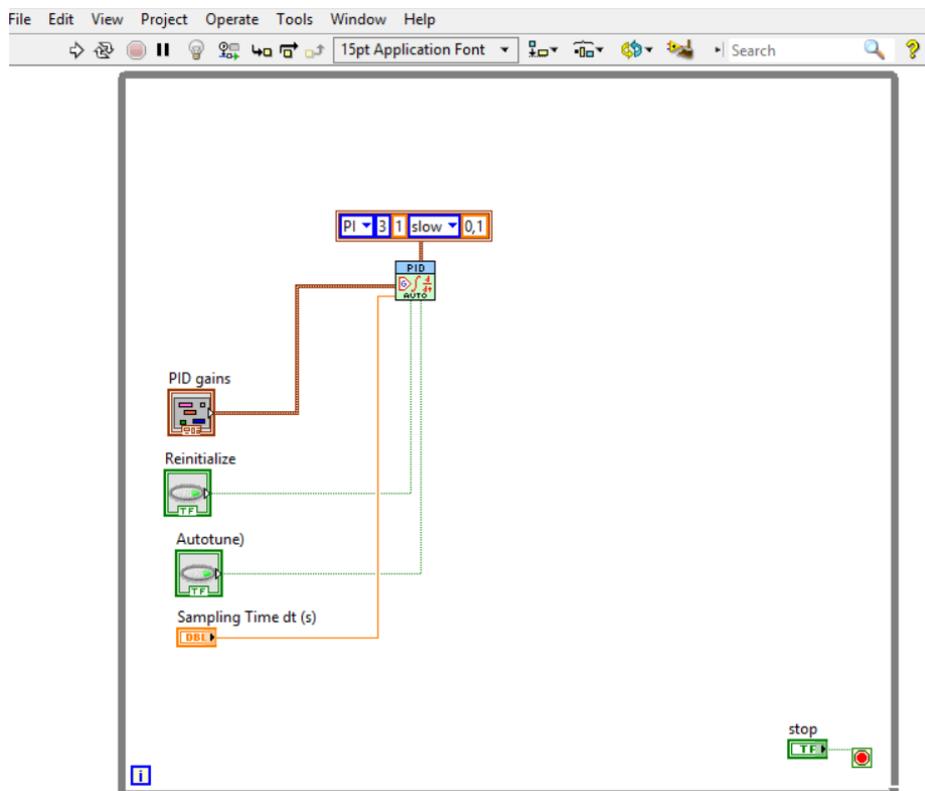
En la función del PID se sacó controlares como el PID gains el cual son los parámetros como la proporcional, la integral y la derivativa los cuales se ajusta y se estabiliza la señal y así también como los componentes de autotone y el reinitalize para el proceso como se muestra en la figura 28.

Figura 28**Funciones del PID Autotuning VI**

Nota: En la imagen muestra las diferentes funciones del controlador.

A continuación se creó una constante la función Parámetros de Autoajuste que consiste en definir los parámetros y valores los cuales pueden ser manejados por el operador como se muestra en la figura 29.

En esta función tiene varios parámetros como el tipo de controlador así como también define el rendimiento del proceso y a qué velocidad de respuesta van estar dichos parámetros

Figura 29**Parámetros del Tipo de Controlador**

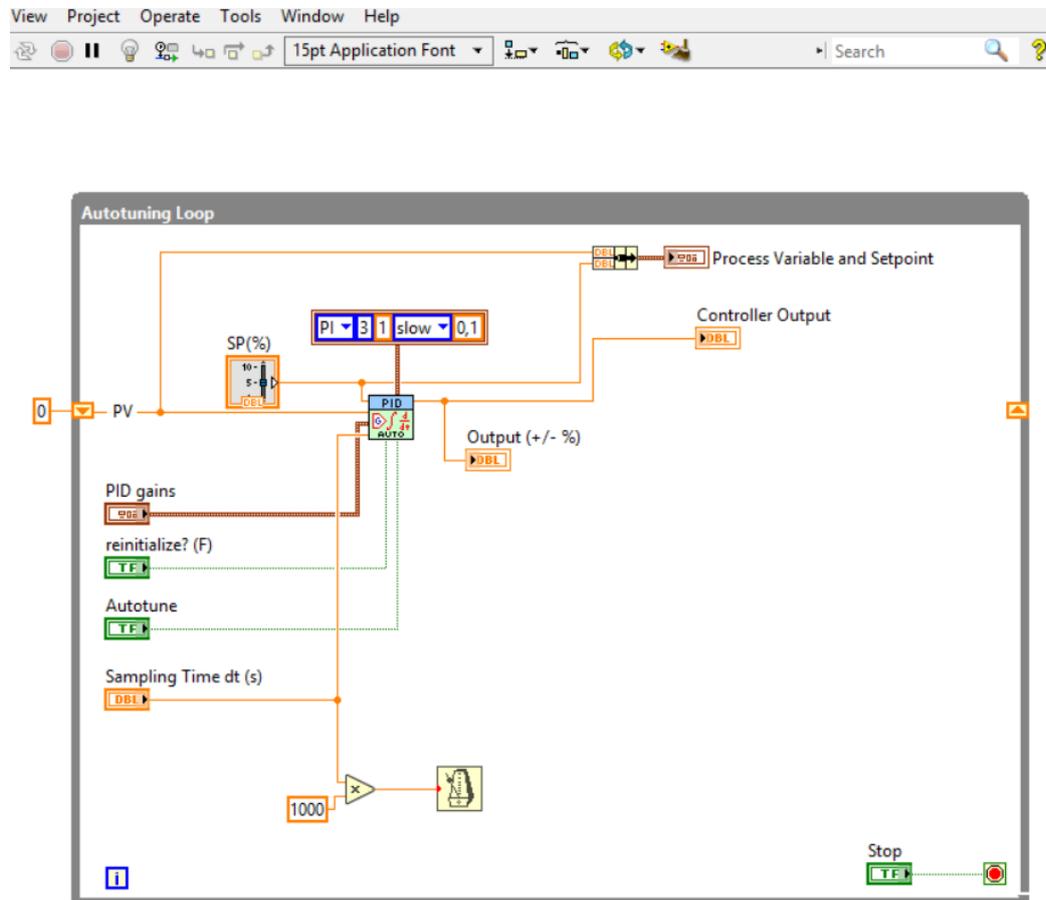
Nota: En este componente se indica el tipo de control y velocidad.

Después se creó el Set Point el cual se conecta al PID y además se encamina a la función del Waveform Chart para poder manipularlo, también se encuentran los indicadores de salida y el controlador como se muestra en la figura 30.

Estos indicadores se encuentran el panel frontal de VI de presión los cuales son manipulados variando el rango de 0 a 100 con el que se está trabajando y así el proceso no presente inconvenientes en los diferentes valores.

Figura 30

Indicadores principales del proceso

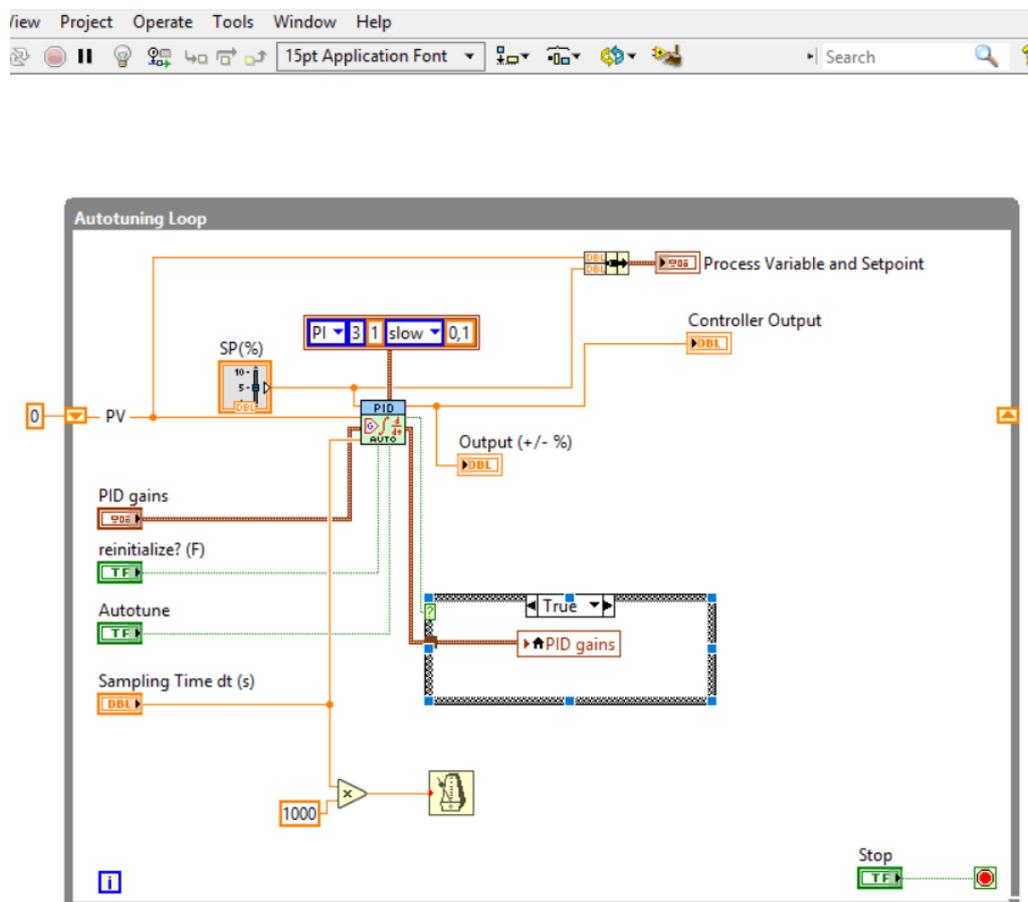


Nota: En la imagen se encuentran los indicadores Setpoint, controller output y la salida.

En la salida de la función PID está el parámetro PID gains out el cual se conectó en la estructura de caso, en donde en el primer asunto de verdadero se obtuvo una variable de local del PID gains en donde el cual se lo se vinculó como se muestra en la figura 31.

Figura 31

Estructura de caso con la variable Local PID gains

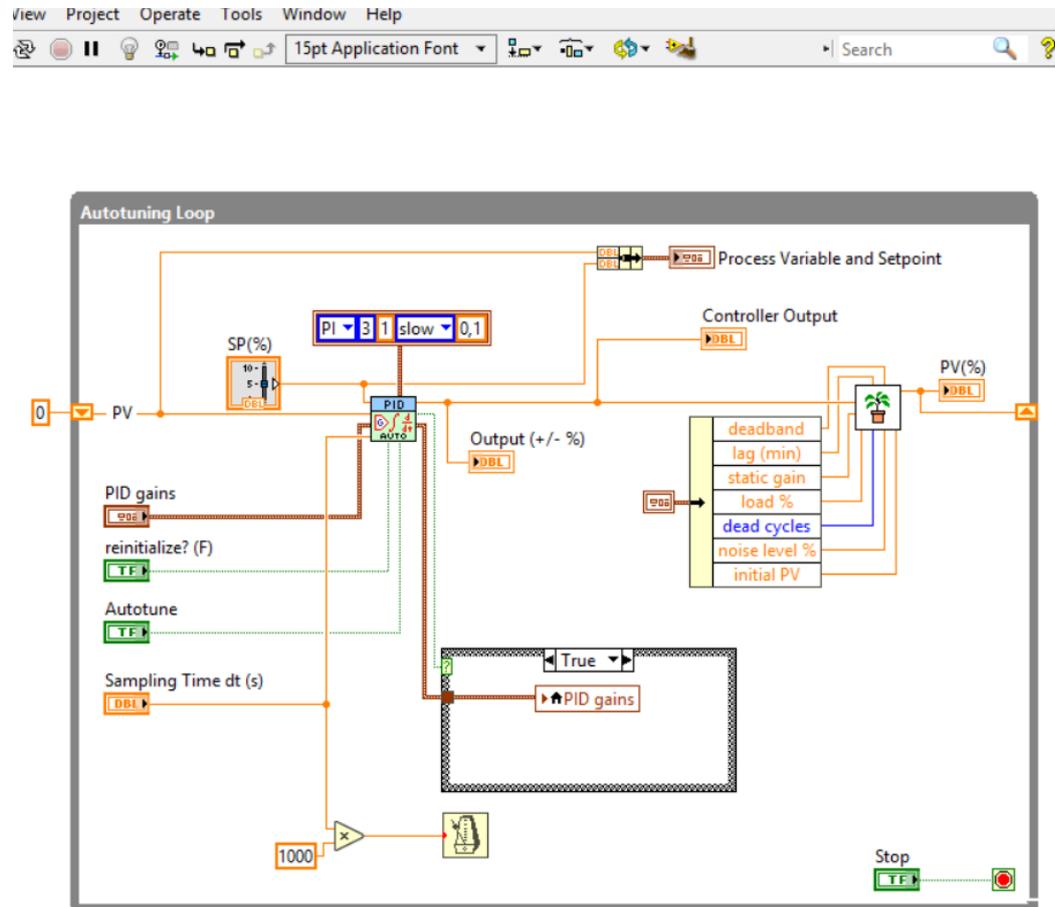


Nota: En el esquema se muestra estructura de caso con una variable local del PID gains que se conecta al controlador PID.

Finalmente se adquiere la función simulador de Planta en donde se conectó al Unbundle By Name Function que es desglosador de funciones y tiene un registro del orden de los elementos además de dicha función se creó la constante de cómo se va a manejar y todo eso se ve reflejado en el indicador de la PV (%) como se muestra en la figura 32.

Figura 32

Componente de simulación de una planta.

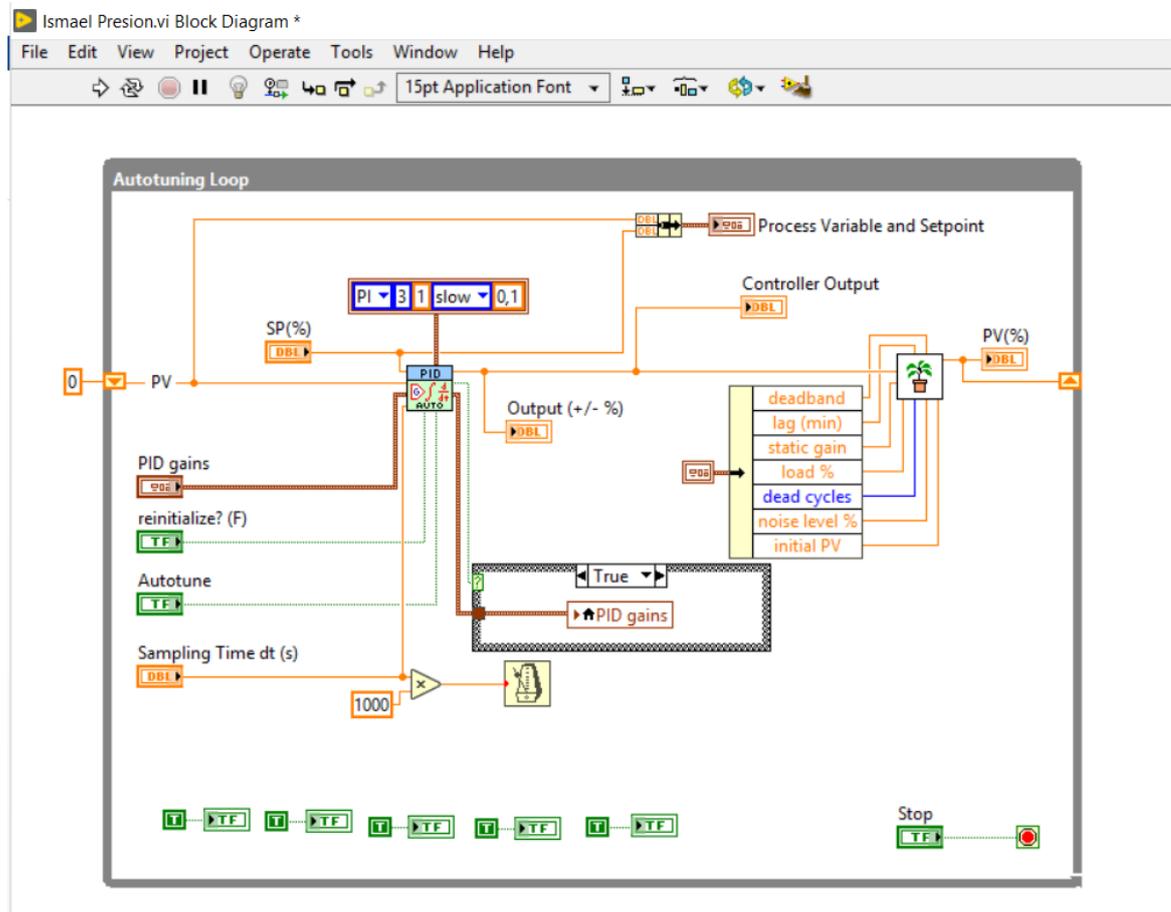


Nota: En la imagen se encuentra el componente de simulación de una planta para que el proceso funcione correctamente.

Finalmente en la figura 33 se culminó con la programación con todos los parámetros de funcionamiento para que el proceso este estabilizado y no tenga errores.

Figura 33

Finalización del programa en el diagrama de bloques en Labview.



Nota: En el esquema está finalizado de forma completa con todos los parámetros establecidos para el funcionamiento del proceso de presión.

3.2.3. HMI de la planta de Presión

Se implementó el HMI en donde se especifica parámetros como en el Waveform Chart en el que se define la Process Variable de color azul y el Setpoint de color rojo además el Controller Output de color verde con un rango de 0 a 100.

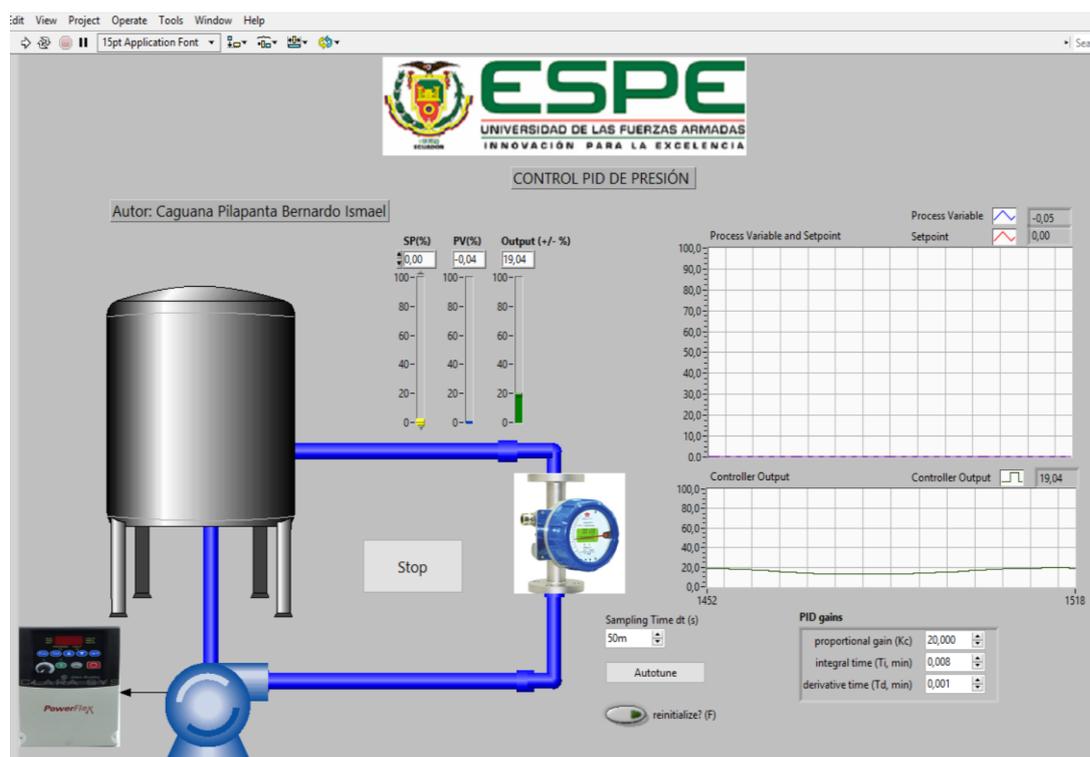
A continuación en la parte inferior derecha se localiza el PID gains el cual se ajustó los valores de proporcional, integral y derivativa para el que el proceso se encuentre estabilizado de forma correcta.

En la parte de la izquierda se encuentra el diagrama de la planta de presión del cual se hace el control, en donde consiste de bomba que está controlada por

variador PowerFlex de aquí se conecta con tuberías hacia el sensor de caudal y el tanque, finalmente de sensor con tubería hacia el tanque cerrando el proceso como se muestra en la figura 34.

Figura 34

HMI de la planta de Presión



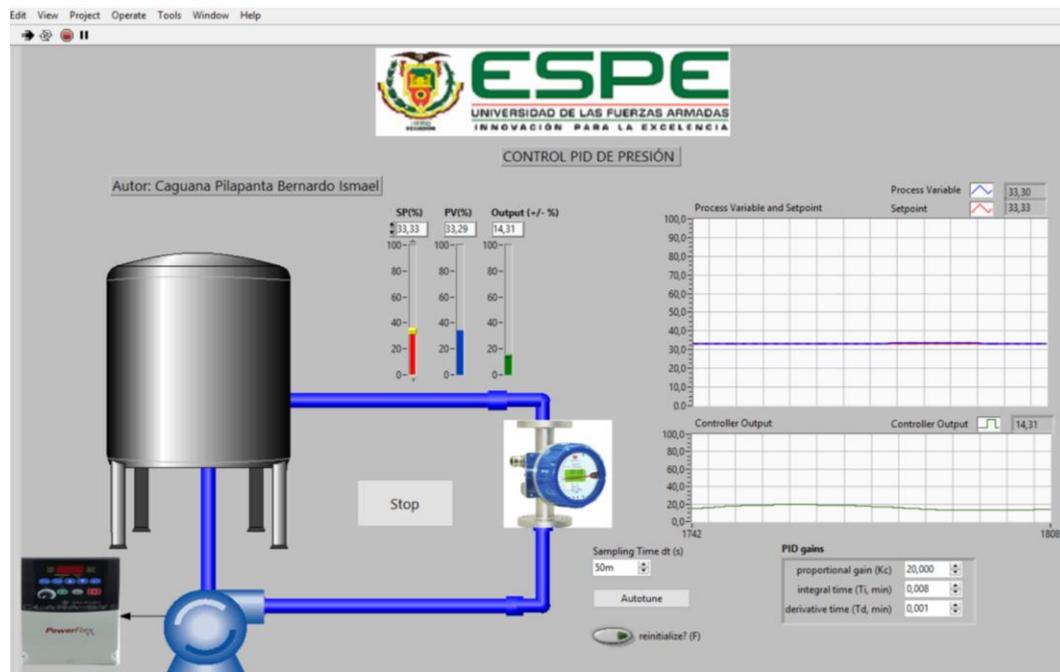
Nota: En el gráfico se muestra se encuentra el HMI de la planta de presión con esquema correspondiente.

3.2.4. Simulación del control PID de Presión

En la simulación como se muestra en la figura la Process Variable y el Setpoint están estabilizados y existe un control de las variables y así se puede manejar de acuerdo con el setpoint el proceso como se muestra en la figura 35.

Figura 35

Simulación del control PID de Presión



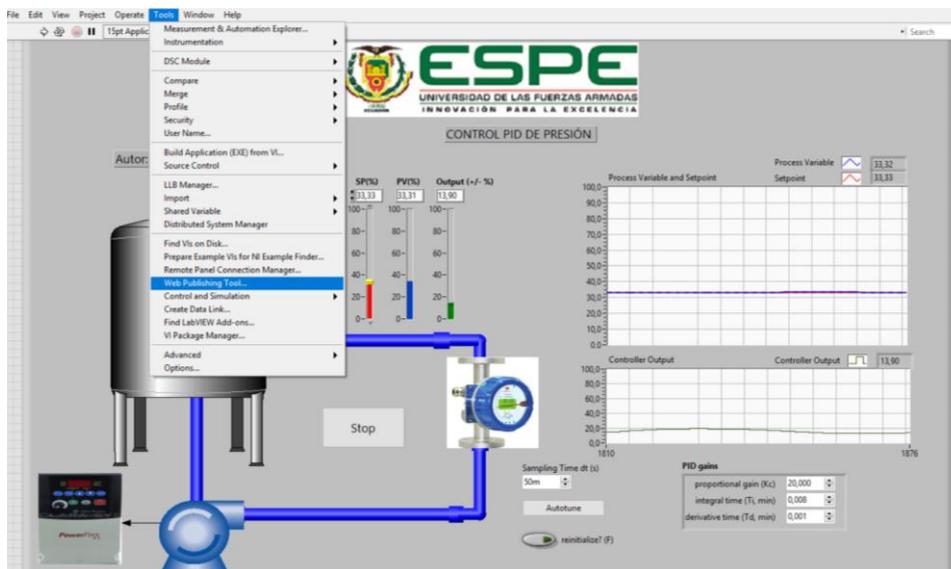
Nota: Se puede observar que la variable de proceso está estabilizada por lo tanto existe un control de la planta.

3.2.5. Panel remoto de Presión

En el software Labview en el panel frontal se encuentra el icono Tools el cual se muestra varias opciones, en donde se dirige a la opción Web Publishing Tools como se muestra en la figura 36.

Figura 36

Ingreso para el panel remoto de presión.

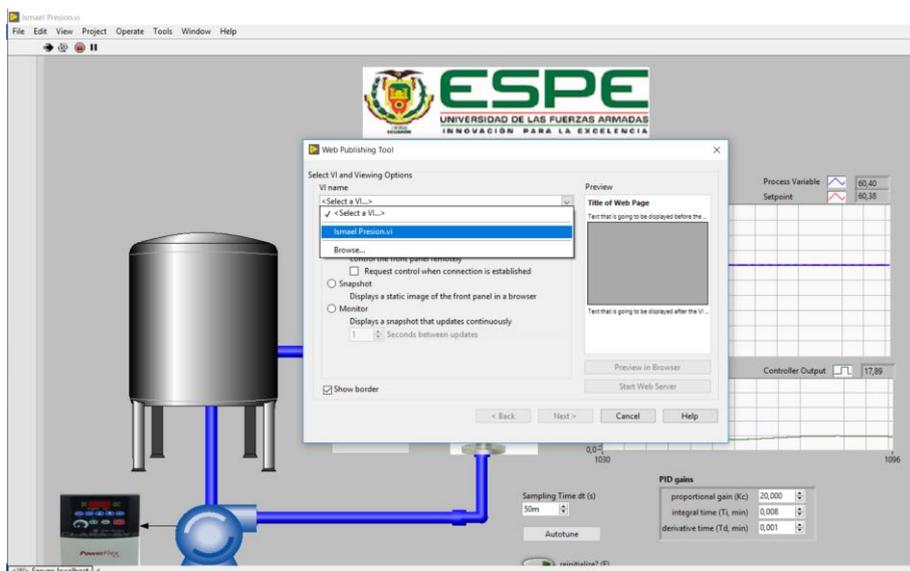


Nota: Inicio para realizar el monitoreo de forma remota de la planta de presión.

A continuación se selecciona el VI que va estar en la web como se muestra la figura 37.

Figura 37

Selección del VI de presión



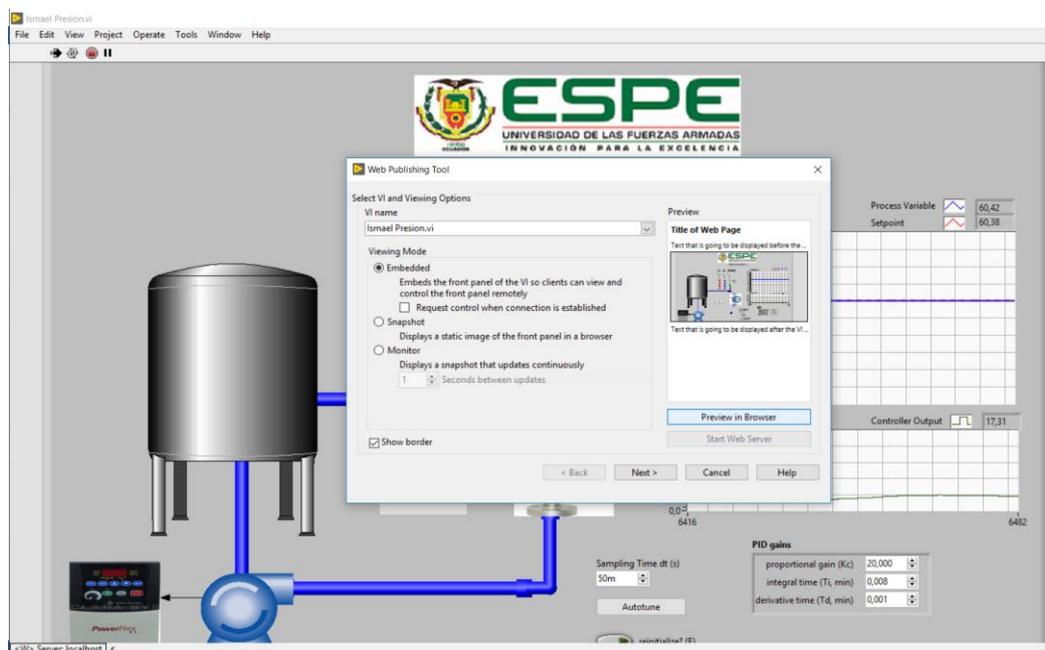
Nota: Se selecciona el archivo el cual va estar en la red.

Una vez designado el VI en la parte superior derecha se muestra la pantalla la cual se va a visualizar para el monitoreo de la planta como se muestra en la figura

38, en la parte inferior en Preview in Browser al dar el clic inmediatamente visualiza la pantalla para que si es necesario pueda ajustar la pantalla.

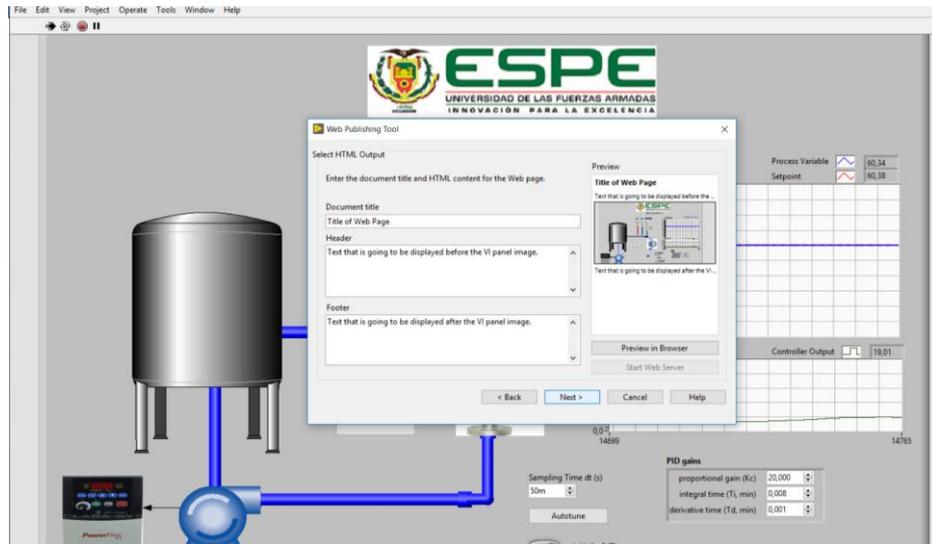
Figura 38

Visualización de la pantalla HMI



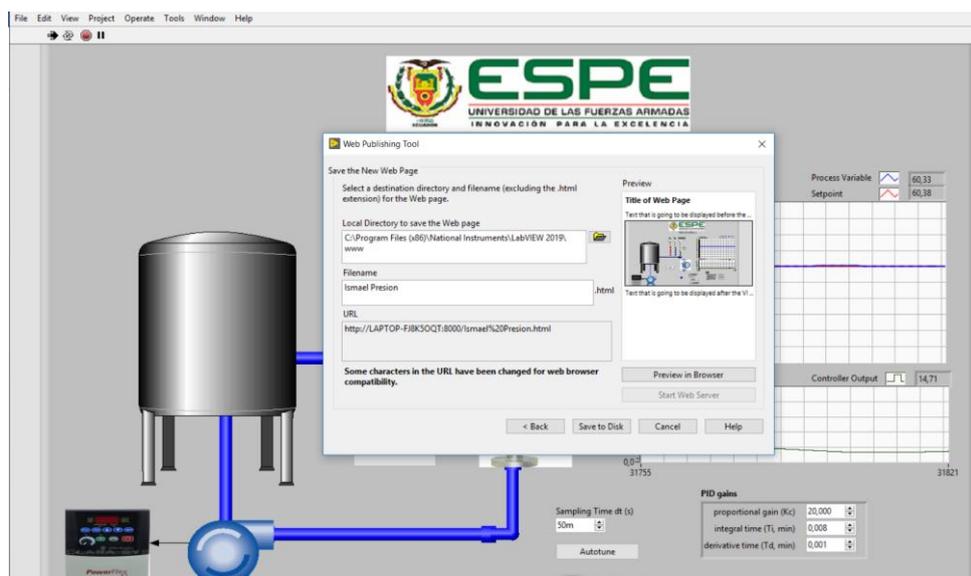
Nota: En el gráfico se muestra una breve interfaz de la planta de presión.

Posteriormente en la siguiente pestaña se colocó el título del documento, el encabezado y por último el pie de página como se muestra en la figura 39.

Figura 39**Parámetros del documento**

Nota: En este gráfico se llena una información sobre el documento a publicar.

Finalmente en la última pestaña se debe elegir el directorio de destino y el nombre del archivo para la página web como se muestra en la figura para que los usuarios puedan acceder al proceso.

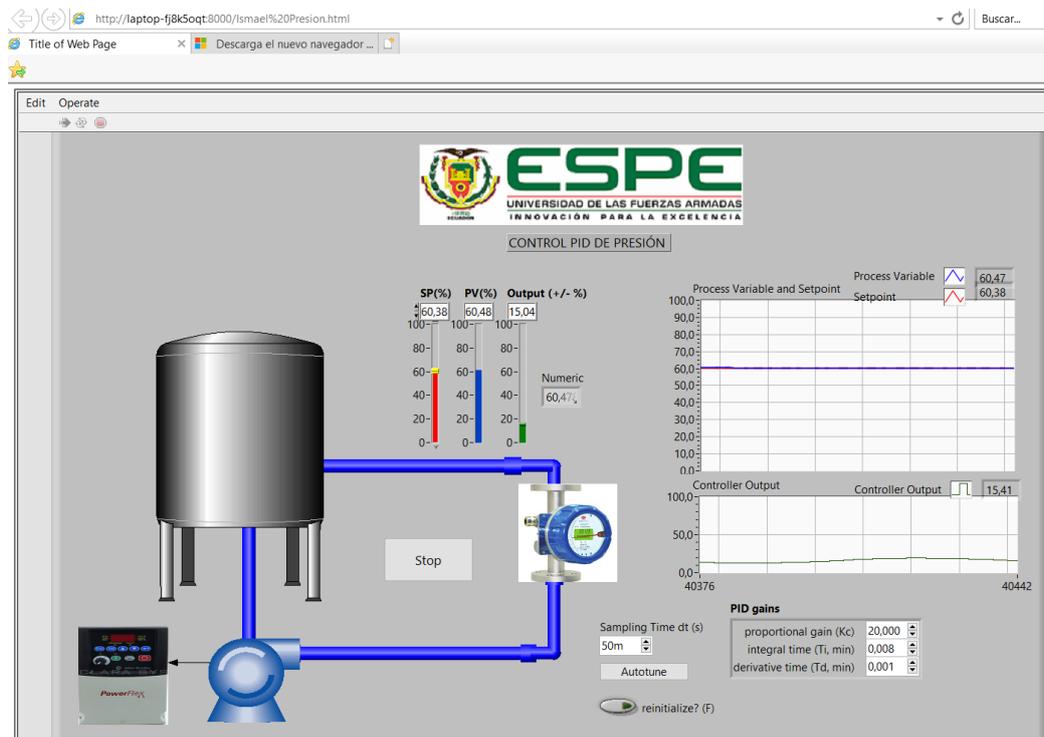
Figura 40**Parámetros para la página WEB**

Nota: En esta imagen se llena la información sobre la página web.

Con todos los parámetros realizados anteriormente la pantalla HMI de la estación de presión se presenta en la red como se muestra en la figura y así que cuando el computador servidor este activo los clientes podrán monitorear la planta.

Figura 41

Panel remoto de la planta de presión.



Nota: En el gráfico se muestra el HMI de la planta de presión en la web.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Tras ejecutar el siguiente trabajo se implementó un sistema de HMI para la estación de temperatura y presión, en el cual se indagó las particularidades metodológicas y las herramientas necesarias para su realización en donde consta de dos interfaz respectivamente para cada variable.
- En el software Labview se implementó los HMIs en el cual para la variable de temperatura muestra un rango de 0°C a 500°C de un horno simulado en proteus, en donde es estabilizado con los parámetros del controlador PID. Así también en la variable de presión indica un rango de 0 a 100 el cual está siendo medido por un sensor de caudal y es fijado con sus parámetros del controlador PID.
- Se creó los paneles remotos en Labview independientemente para cada variable, con lo que permite al computador cliente observar y monitorear el panel frontal de las aplicaciones en la red, sin la necesidad que este no tenga instalado el software Labview cuando se está ejecutando en el computador servidor.

4.2. Recomendaciones

- Tomar en consideración la normativa ANSI / ISA-101,01-2.015 para la implementación y desarrollo de los HMIs, para el correcto uso y entendimiento de los usuarios que van a monitorear las variables de proceso.
- Tener en cuenta los valores exactos de ganancia de la proporcional, integral y derivativa ya que pueden ocasionar inestabilidad en las variables de proceso y aumentando el error de las señales.

- Antes de subir el panel frontal de las aplicaciones a la red, existe una opción de vista previa en el navegador en donde este muestra el contenido que se va publicar ayudando a no tener inconvenientes con la dimensión de la pantalla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSI / ISA-101,01-2.015. (2015). *ANSI / ISA-101,01-2.015*.

file:///C:/Users/USUARIO/Desktop/AUTOMATIZACION%20LIBROS/Norma%20ISA_10101%20Human%20Machine%20Interfaces%20for%20Process%20Automation%20Systems.en.es.pdf

Cobo, R. (2007). *EL ABC DE LA AUTOMATIZACION*.

Recuperado 5 de abril de 2005, de
<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>

Fernández, J. (s. f.). *LabView National Instruments*. Sitio Web Rectorado.

Recuperado 2 de septiembre de 2020, de
<https://www.utn.edu.ar/es/secretaria-tic/licencias-de-software/tic-licencias/labview-licencias>

Gallardo, A., Sánchez, J. L., & Cevallos, H. (s. f.). *Monitorización y Control Remoto Virtual de la Planta Gunt HAMBURG RT 450 de Nivel del Laboratorio de Instrumentación Industrial, Vía Internet a través del Web Server de LabVIEW*.
6.

Morilla, F. (2007). *Controlador PID*.

Recuperado 17 de enero de 2007, de
<http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/EI%20controlador%20PID.pdf>

Moya, S. (2019, febrero 12). Características del Estándar ANSI/ISA-101.01-2015: Interfaces Humano-Máquina para Sistemas de Automatización de Procesos. *ISA México Sección Central*.

<https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2019/02/12/caracteristicas-del-estandar-ansi-isa-101-01-2015-interfaces-humano-maquina-para-sistemas-de-automatizacion-de-procesos/>

Picuno. (2020). *Controlador PID - Control Automático—Picuno*.

Recuperado 24 de enero de 2020, de.

<https://www.picuno.com/es/arduprog/control-pid.html>

Santos, M. M., Sanz, J. M. C., Miqueleiz, J. M. P., & de, de S. (2013).

*GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE INFORMES DE UNA MICRORRED
ENERGÉTICA MEDIANTE ACCESO REMOTO A BASE DE DATOS Y
MONITORIZACIÓN Y CONTROL A TRAVÉS DE PÁGINA WEB*. 109.

Weis, O. (s. f.). *Virtua+I Serial Port Driver—Crea y emula puertos COM virtuales*

Recuperado 14 junio de 2020, de. Eltima Software.

<https://www.eltima.com/es/products/vspdxp/>

ANEXOS