



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL EN CASCADA DE NIVEL PARA
EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE COTOPAXI”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico

Autores:

Wilmer Adrián Quinatoa Quinatoa
Oscar Bladimir Velasco Panchi

Tutor:

Ing. Luigi Orlando Freire Martinez, MSc.

LATACUNGA – ECUADOR

Septiembre 2020



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, Wilmer Adrián Quinatoa Quinatoa y Oscar Bladimir Velasco Panchi, declaramos ser autores la presente Propuesta Tecnológica: **“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL EN CASCADA DE NIVEL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”** siendo el Ing. Luigi Orlando Freire Martinez, MSc. Tutor del presente Trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente Propuesta Tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Wilmer Adrián Quinatoa Quinatoa

C.I. 050389313-3

Oscar Bladimir Velasco Panchi

C.I. 050401331-9



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo Tecnológico sobre el Título:

“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL EN CASCADA DE NIVEL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, de Wilmer Adrián Quinatoa Quinatoa y Oscar Bladimir Velasco Panchi, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Septiembre, 2020

Ing. MSc.

Luigi Orlando Freire Martinez

C.I.050252558-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe Tecnológico de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: Wilmer Adrián Quinatoa Quinatoa y Oscar Bladimir Velasco Panchi, con el Título de Proyecto de Titulación: **“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL EN CASCADA DE NIVEL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Septiembre del 2020

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Jefferson Alberto Porrás Reyes
C.C. 0704400449

Lector 2

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina
C.C. 050284769-2

Lector 3

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas
C.C. 050234776-8



SOLICITUD DE: ENTREGA DE DONACIÓN

Ing.

Mauro Albarracin

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA

Nosotros **Wilmer Adrián Quinatoa Quinatoa** y **Oscar Bladimir Velasco Panchi**, egresados de la Carrera de **Ingeniería en Electromecánica** promoción 2020, nos dirigimos a Ud. con el debido respeto y exponemos lo siguiente:

Considerando la importancia de los avances tecnológicos realizados en torno al campo industrial y de producción, dado que en la Facultad dichos temas se abordan, para el Plan de Ingeniería de eléctrica y mecánica, nosotros consideramos de relevancia que el laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la UTC cuente con un módulo de control en cascada de nivel para el mejor desarrollo de practicas.

Por tal motivo, hacemos **entrega del módulo de control en cascada de nivel en calidad de donación.**

La presente donación, como se solicitó anteriormente, permitirá al Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la UTC mejor desarrollo de practicas.

Por lo expuesto pedimos proceder conforme a lo solicitado.

Atentamente;

Wilmer Quinatoa
050389313-3

Oscar Velasco
050401331-9



CARTA DE CONFORMIDAD

Latacunga, septiembre 2020

Con el presente documento, se pone en constancia que los estudiantes **Quinatoa Quinatoa Wilmer Adrián**, con cédula de ciudadanía No. **050389313-3** y **Velasco Panchi Oscar Bladimir**, con cédula de ciudadanía No. **050401331-9**, de la Carrera de **Ingeniería en Electromecánica** de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto “**CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL EN CASCADA DE NIVEL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**”, cumpliendo así los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

.....

Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez

C.C.: 050311373-0

Director de Carrera de Ingeniería en Electromecánica

.....

Ing. Jorge Villarroel

C.C.: 050294349-1

Encargado del Laboratorio de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica



AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por darme las fuerzas necesarias para culminar mi Carrera, a mis dos Abuelitos por darme su bendición desde el cielo.

Agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas a la prestigiosa Carrera de Ingeniería en Electromecánica, quien ha compartido los conocimientos necesarios tanto académicos como humanísticos, para desenvolverme a la sociedad como profesional.

Un agradecimiento fraterno a los Ingenieros Luigi Freire, Paúl Corrales y Jorge Villarroel por el apoyo que me brindaron durante en el transcurso del proyecto de titulación.

Oscar



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis Padres José y Mónica por ser el pilar fundamental a lo largo de mi formación profesional, por ser mi fortaleza y mi tesoro más grande, quienes no me dejan rendirme ante ninguna adversidad y me enseñan cada día a ser una mejor persona.

A mi Hermana Pamela por el cariño que me brinda, por hacerme reír en los momentos más difíciles a largo de mis estudios.

A mis Abuelitos Martina y en especial a mi Abuelito Miguel que desde el cielo se sentirá orgulloso que su nieto se titule como Ingeniero Electromecánico.

A aquellas personas que nunca esperaban, que lograría terminar la Carrera.

Oscar



AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme las fuerzas necesarias para culminar mi Carrera, agradecer a mis Padres (Rafael Quinatoa, María Quinatoa) a mis Hermanos (Patricio, Rodrigo, Edison, Freddy, Klever, Darío), y todas esas personas que de una u otra forma me dieron su apoyo para salir en adelante con mis estudios, agradecerles por nunca abandonarme en esos momentos más difíciles.

Agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas a la prestigiosa Carrera de Ing. Electromecánica, quien ha compartido los conocimientos necesarios tanto académicos como humanísticos, para así desenvolverme en esta nueva etapa como profesional.

Un agradecimiento fraterno al Ing. Jorge Villarroel, Ing. Luigi Freire e Ing. Paul Corrales por el apoyo y los conocimientos que me brindaron en el transcurso de este proyecto.

Adrián



DEDICATORIA

A mis padres Rafael Quinatoa, María Quinatoa por ser mi inspiración, mi fuerza, mis ánimos por darme ese apoyo cuando más lo necesitaba, por no dejarme que me rinda, por ser es pilar fundamental para conseguir mi meta.

A mi familia cuales fuero quien me ayudaron en ese momento en la que más los necesitaba, me dieron una nueva vida y así llegar a una meta que me propuse, gracias a ellos llego a conseguir este triunfo.

Para ustedes familia este triunfo es de ustedes
” GRACIAS”

Adrián

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	IV
SOLICITUD DE: ENTREGA DE DONACIÓN	V
CARTA DE CONFORMIDAD	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
AGRADECIMIENTO	IX
DEDICATORIA	X
RESUMEN	XX
AVAL DE TRADUCCIÓN	XXII
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
1.1 Propuesto por	1
1.2 Tema aprobado	1
1.3 Facultad	1
1.4 Carrera	1
1.5 Director del proyecto de titulación.....	1
1.6 Equipo de trabajo	1
1.6.1 Asesor Técnico del proyecto tecnológico	1
1.6.2 Ponente 1	2
1.6.3 Ponente 2.....	2
1.7 Lugar de ejecución.....	2
1.8 Tiempo de duración de la propuesta	2
1.9 Fecha de entrega	2
1.10 Línea y sublíneas de investigación.....	2
1.10.1 Línea de investigación.....	2
1.10.2 Sublíneas de investigación	3
1.11 Tipo de propuesta tecnológica	3
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	4
2.1 Título de la propuesta.....	4
2.2 Tipo de alcance	4
2.2.1 Tipo de Proyecto.....	4

2.2.2 Alcance.....	4
2.3 Sinopsis de la propuesta	5
2.4 Objeto de estudio y campo de acción.....	5
2.4.1 Objeto.....	5
2.4.2 Campo de acción.....	5
2.5 Situación problémica y problema	5
2.5.1 Situación problémica	5
2.5.2 Problema.....	6
2.6 Hipótesis	6
2.7 Objetivos.....	6
2.7.1 Objetivo General.....	6
2.7.2 Objetivos Específicos.....	6
2.8 Descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	7
3. MARCO TEÓRICO	9
3.1 Antecedentes.....	9
3.2 Transmisores.....	9
3.2.1 Tipos de trasmisores	10
3.2.2 Transmisor de nivel ultrasónico Banner T30UXDB	10
3.2.3 Transmisor de flujo de turbina CX-LTFM-25-304-4-D-DT.....	11
3.2.4 Tipos de conexiones de los transmisores	12
3.3 Válvula proporcional TFA20-M-C (Fluid control Systems).....	13
3.3.1 Conexión de la válvula proporcinal TFA20-M-C	13
3.4 Rotámetro	13
3.5 Variador de frecuencia LG iG5	14
3.5.1 Esquema de conexión del variador de frecuencia LG iG5.....	14
3.6 Bomba de agua.....	14
3.6.1 Esquema de conexión de la bomba de agua.....	15
3.7 PLC S7-1200	15
3.7.1 E/S (entradas–salidas) analógicos.....	15
3.8 HMI.....	16
3.8.1 Esquema de comucicación del HMI entre el PLCs y la PC.....	16
3.9 Sistema de control PID.....	16

3.9.1 Controlador PID.....	16
3.9.2 Acción de control proporcional (P)	16
3.9.3 Gráficas del control proporcional	17
3.9.4 Acción de control integral (I)	18
3.9.5 Gráficas del control integral	18
3.9.6 Acción de control derivativa (D)	19
3.9.7 Gráficas del control derivativo	19
3.9.8 Métodos de sintonización de controlador PID	19
3.9.9 Método de Ziegler-Nichols	20
3.9.10 Método de Lambda	22
3.9.11 Método Rovira	22
3.9.12 Diseño de un controlador	23
3.9.13 Control de cascada	23
3.9.14 Control simple	25
4. METODOLOGÍA	27
4.1 Métodos utilizados	27
4.2 Descripción de las etapas de la construcción del módulo de control en cascada.....	28
4.2.1 Descripción mecánica	28
4.2.2 Tanques	28
4.2.3 Tubería y accesorios	29
4.2.4 Estructura del módulo de control en cascada de nivel.....	29
4.2.5 Descripción eléctrica y electrónica.	30
4.2.6 Bomba trifásica.....	31
4.2.7 Configuración de la señal analógica de corriente.....	31
4.2.8 Control PID	32
4.2.9 Escalamiento de los valores analógicos	32
4.2.10 Convierte el tiempo de muestreo en frecuencia de muestreo.....	33
4.2.11 Crea archivos y guarda datos.....	33
4.2.12 Obtención de Datos	34
4.2.13 Modelo matemático	34
4.2.14 Sintonización del PID	35
4.2.15 Variador de frecuencia LG iG5	36
4.2.16 Transmisor de nivel Banner T30UXDB	39

4.2.17 Transmisor de flujo de turbina GX-LTFM-25-304-4-D-D-T	43
4.2.18 Válvula proporcional TFA20-M-C	44
5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	46
5.1 Descripción del Equipo	46
5.2 Parametros obtenidos con el programa obtención de datos para nivel	47
5.3 Parametros obtenidos con el programa obtención de datos para flujo.....	47
5.4 Ecuaciones de la planta de nivel y flujo.....	48
5.5 Parámetros del modelo matemático para nivel.....	48
5.6 Parámetros del modelo matemático para flujo	48
5.7 Parámetros de sintonía para nivel obtenidos con el programa	49
5.8 Parámetros de sintonía para flujo obtenidos con el programa.....	51
5.9 Comparación de sintonía para el nivel entre el PID lazo simple con el PID cascada.....	52
5.10 Comparación de sintonía para el flujo entre el PID lazo simple con el PID cascada	53
5.11 Tiempo de estabilización para sintonizar nivel.....	53
5.12 Tiempo de estabilización para sintonizar flujo	53
5.13 Tiempo de estabilización entre PID lazo simple y PID casacada	54
5.14 Gráfica del comportamiento del PID lazo simple en tiempo real.....	54
5.15 Gráfica del comportamiento PID cascada de nivel.....	54
5.16 Gráfica del comportamiento PID cascada de flujo	55
5.17 Gráfica del comportamiento PID cascada nivel y flujo	55
5.18 Limites del valor real PID cascada	55
5.19 Comportamiento de la grafica de los tres métodos	56
6. PRESUPUESTO	57
6.1 Análisis financiero	57
6.1.1 Costos Directos.....	57
6.1.2 Costos de maquinaria	58
6.1.3 Costos de transporte	58
6.1.4 Costos indirectos.....	59
6.1.4.1 Costos ingenieril	59
6.2 Calculo del VAR y TIN.....	59
6.3 Análisis de impactos	60
6.3.1 Impacto práctico	60
6.3.2 Impacto tecnológico.....	60

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
7.1 Conclusiones.....	61
7.2 Recomendaciones	61
8. BIBLIOGRAFIA.....	I
9. ANEXOS	IV
9.1 Anexo I (Análisis estructural del módulo)	IV
9.2 Anexo II (Programación de software para recopilación de datos).....	V
9.3 Anexo III (Programación de software para el modelo matemático).....	VI
9.4 Anexo IV (Programación de software dinámica del proceso sintonización del PID)	VIII
9.5 Anexo V (Parámetros de obtención de datos para nivel)	XI
9.6 Anexo VI (Parámetros de obtención de datos para flujo)	XII

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Conexión a 2 hilos.....	12
Figura 3.2. Conexión a 3 hilos.....	12
Figura 3.3. Esquema de conexión de la válvula proporcional TFA20-M.C.	13
Figura 3.4. Esquema de conexión del variador de frecuencia LG iG5.....	14
Figura 3.5. Esquema de conexión de la bomba de agua.	15
Figura 3.6. Esquema de comunicación del HMI entre el PLCs y la PC.	16
Figura 3.7. Gráficas del control proporcional.	17
Figura 3.8. Gráficas del control integral.	18
Figura 3.9. Gráficas del control derivativo.	19
Figura 3.10. Señal de respuesta de un sistema de control.....	20
Figura 3.11. Perfil de respuesta en un sistema de segundo orden.	21
Figura 3.12. Curva del metodo Lambda.....	22
Figura 3.13. Sistema control en cascada.	24
Figura 3.14. Control simple.....	26
Figura 4.1. Descripción de etapas en el desarrollo del proyecto de tesis.....	27
Figura 4.2. Modelado estructural del módulo de control en cascada en 3D.	30
Figura 4.3. Análisis estructural del módulo de control en cascada.	30
Figura 4.4. Señal analógica por corriente.....	32
Figura 4.5. Bloque PID_Compact.....	32
Figura 4.6. Escalamiento de la entrada analógica.....	33
Figura 4.7. Bloque de tiempo de muestreo en frecuencia de muestreo.	33
Figura 4.8. Bloque de crear archivos y guarda datos.....	33
Figura 4.9. Aplicación para determinar la dinámica del sistema.....	34
Figura 4.10. Aplicación para determinar la ecuación de la planta.....	34
Figura 4.11. Aplicación para sintonizar el PID.	35
Figura 4.12. Conexionado de los bornes entradas/salidas de control.	38
Figura 4.13. Diagrama de conexión del transmisor de nivel Banner T30UXDB.....	39
Figura 4.14. Diagrama de conexión del transmisor de flujo de turbina.....	43
Figura 4.15. Control de la válvula proporcional TFA20-M-C.	45
Figura 5.1. Módulo de control en cascada de nivel.	46
Figura 5.2. Gráfica de la obtención de datos de nivel.....	47
Figura 5.3. Gráfica de la obtención de datos de flujo.	47

Figura 5.4. Gráfica de la obtención del modelo matemático de nivel.	48
Figura 5.5. Gráfica de la obtención del modelo matemático de flujo.	49
Figura 5.6. Método de Ziegler and Nichols.	50
Figura 5.7. Método de Lambda.	50
Figura 5.8. Método de Rovira.	50
Figura 5.9. Método de Ziegler and Nichols.	51
Figura 5.10. Método de Lambda.	51
Figura 5.11. Método de Rovira.	52
Figura 5.12. Comparación de sintonía para el nivel entre el PID lazo simple con el PID cascada.	52
Figura 5.13. Comparación de sintonía para el flujo entre el PID lazo simple con el PID cascada.	53
Figura 5.14. Gráfica del comportamiento del PID lazo simple en tiempo real.	54
Figura 5.15. Gráfica de PID cascada de nivel.	54
Figura 5.16. Gráfica de PID cascada de flujo.	55
Figura 5.17. Gráfica del comportamiento PID cascada nivel y flujo.	55
Figura 5.18. Gráfica de los límites de valor real.	56
Figura 5.19. Comportamiento de la gráfica de los tres métodos.	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Áreas del conocimiento del proyecto.	5
Tabla 2.2. Tareas por objetivos.	7
Tabla 3.1. Tipos de transmisores.	10
Tabla 3.2. Características del transmisor de nivel ultrasónico Banner T3UXDB.	11
Tabla 3.3. Características del transmisor de flujo de turbina CX-LTFM-25-304-4-D-DT.	11
Tabla 3.4. Características de la válvula proporcional TFA20-M-C.	13
Tabla 3.5. Valores sugeridos por Ziegler y Nichols lazo cerrado	21
Tabla 3.6. Valores sugeridos por Ziegler y Nichols lazo cerrado con perturbación.	22
Tabla 4.1. Características de los tanques	28
Tabla 4.2 Características de la Estructura del Módulo	29
Tabla 4.3. Características de la bomba.	31
Tabla 4.4. Características del variador de frecuencia.	36
Tabla 4.5. Características del teclado.	36
Tabla 4.6. Definición de la frecuencia de entrada de 4-20mA.	37
Tabla 4.7. Desplazamiento entre grupos.	37
Tabla 4.8. Grupo de accionamiento de la entrada 4-20mA.	38
Tabla 4.9. Características del transmisor de nivel Banner T30UXDB.	39
Tabla 4.10. Modo de configuración de velocidad de respuesta.	40
Tabla 4.11. Selección de velocidad de respuesta.	40
Tabla 4.12. Guardar y regresar al modo ejecutar.	40
Tabla 4.13. Modo enseñar.	41
Tabla 4.14. Primer límite.	41
Tabla 4.15. Segundo límite.	42
Tabla 4.16. Características del transmisor de flujo de turbina GX-LTFM-25-304-4-D-D-T. .	43
Tabla 4.17. Parámetros de configuración del transmisor de flujo de turbina.	43
Tabla 4.18. Características de la válvula proporcional TFA20-M-C.	44
Tabla 4.19. Datos para ajustar la posición de la válvula proporcional.	45
Tabla 5.1. Parámetros del modelo matemático de nivel.	48
Tabla 5.2. Parámetros del modelo matemático de flujo.	48
Tabla 5.3. Parámetros de sintonía.	49
Tabla 5.4. Parámetros de sintonía.	51
Tabla 5.5. Parámetros de sintonía para el control en cascada	52

Tabla 5.6. Tiempo de estabilización para nivel	53
Tabla 5.7. Tiempo de estabilización para flujo.....	53
Tabla 5.8. Tiempo de estabilización entre PID lazo simple y PID cascada.....	54
Tabla 5.9. Parámetros de los límites de valor real.....	55
Tabla 5.10. Parámetros del ajuste fino.....	56
Tabla 6.1.Desglose de elementos importados.	57
Tabla 6.2.Desglose de materiales PVC.....	57
Tabla 6.3.Desglose de materiales para la estructura metálica.....	58
Tabla 6.4.Desglose de materiales extras.	58
Tabla 6.5. Costos de transporte	58
Tabla 6.6. Costos indirectos	59
Tabla 6.7. Cálculo del VAR y TIN.....	59

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: “CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL EN CASCADA DE NIVEL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”,

Autores:

Wilmer Adrián Quinatoa Quinatoa

Oscar Bladimir Velasco Panchi

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo el control en cascada de nivel mediante los transmisores de nivel, flujo y una visualización en una pantalla HMI para el análisis de un controlador PID lazo simple con un PID en cascada, las comparaciones se realizó en el módulo que se desarrollado y se encuentra en el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi

La misma estuvo sustentada teóricamente por [2], [3], [4], [5] La metodología se clasifica en la investigación bibliográfica, la investigación de campo y la investigación experimental. La investigación estuvo compuesta por tres fases observación del comportamiento de los instrumentos análogos, medición de la toma de datos de los valores reales de los trasmisores de nivel, flujo validación del módulo de control en cascada de nivel mediante pruebas experimentales para comparar el controlador PID lazo simple con un PID en cascada. Los resultados muestran que el flujo se comporta como un proceso de segundo orden mientras que el nivel como primer orden, los cuales fueron sintonizados mediante los métodos de Lambda para flujo y Rovira para nivel las ganancias proporcional, integral y derivativo en cascada logro estabilizar el valor medido de nivel dentro del margen de error del 2% en la comparación entre los métodos de Ziegler-Nichols, Lambda y Rovira da como resultado que el mejor método de sintonía para la señal de nivel es Rovira con un tiempo de estabilidad de 32,9s y para la sintonía de la señal de flujo es Lambda con un tiempo de estabilidad de 39,75s. y el tiempo de estabilidad del PID lazo simple para nivel es de 32,9s para flujo es de 39,7s a comparación de un PID en cascada que es mucho más rápido con un tiempo para nivel de 1,1s y para flujo de 2,1s dando así como resultado al momento de una perturbación se estabilizará más rápido.

Palabras claves: control en cascada, PID lazo simple, sintonización.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED

TITLE: " CONSTRUCTION OF A CASCADE LEVEL CONTROL MODULE TO ELECTROMECHANICAL ENGINEERING LABORATORY AT TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI ".

Authors:

Wilmer Adrián Quinatoa Quinatoa

Oscar Bladimir Velasco Panchi

ABSTRACT

The present work of titling had as objective the cascade control of level by means of transmitters level, flow and a visualization in a screen HMI for the analysis of a simple loop PID controller with a cascade PID, the comparisons were made in the module that was developed and is in the Laboratory of the Career of Engineering in Electromechanics of the Technical University of Cotopaxi

It was theoretically supported by [2], [3], [4], [5] The methodology is classified into bibliographical research, field research, and experimental research. The research was composed by three phases: observation of the behavior of the analog instruments, measurement of the data acquisition of the real values of the level transmitters, flow validation of the level cascade control module by means of experimental tests to compare the single-loop PID controller with a cascade PID. The results show that the flow behaves as a second order process while the level as the first order, which were tuned using the methods of Lambda for flow and Rovira for level proportional gains, integral and derivative cascade achieved stabilization of the measured level value within the error margin of 2% in the comparison between the methods of Ziegler-Nichols, Lambda and Rovira results in the best tuning method for the level signal is Rovira with a stability time of 32.9s and for the tuning of the flow signal is Lambda with a stability time of 39.75s. and the stability time of the PID single loop for level is 32.9s for flow is 39.7s compared to a PID cascade which is much faster with a time for level of 1.1s and for flow of 2.1s resulting in the moment of a disturbance will stabilize faster.

Keywords: cascade control, Single loop PID, tuning.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del idioma inglés del centro de idiomas de la universidad técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: la traducción del resumen de tesis al idioma inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Facultad de ciencias de la ingeniería y Aplicadas: **QUINATOA QUINATOA WILMER ADRIÁN, VELASCO PANCHI OSCAR BLADIMIR**, cuyo título versa **“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL EN CASCADA DE NIVEL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramática del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios a ser uso del presente certificado de la manera ética que estimaren convenientemente

Latacunga septiembre del 2020

Atentamente.

Mg. Amparo de Jesús Romero Palacios
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C 050136918-5

1. INFORMACIÓN BÁSICA

1.1 Propuesto por

Wilmer Adrian Quinatoa Quinatoa

Oscar Bladimir Velasco Panchi

1.2 Tema aprobado

CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL EN CASCADA DE NIVEL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

1.3 Facultad

Facultad de Ciencias de la Ingeniería Y Aplicadas

1.4 Carrera

Ingeniería Electromecánica

1.5 Director del proyecto de titulación

Ing. Luigi Orlando Freire Martínez MSc.

1.6 Equipo de trabajo

1.6.1 Asesor Técnico del proyecto tecnológico

Nombre: Ing. Luigi Orlando Freire Martínez MSc.

Correo electrónico: Luigi.freire@utc.edu.ec

Cédula: 050252558-9

Celular: 0984420301

1.6.2 Ponente 1

Nombre: Wilmer Adrian Quinatoa Quinatoa .

Correo electrónico: wilmer.quinatoa@utc.edu.ec

Cédula: 050389313-3

Celular: 0984864060

1.6.3 Ponente 2

Nombre: Oscar Bladimir Velasco Panchi

Correo electrónico: oscar.velasco9@utc.edu.ec

Cédula: 050401331-9

Celular: 0999974912

1.7 Lugar de ejecución

El proyecto se desarrolla en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus la Matriz en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia San Felipe.

1.8 Tiempo de duración de la propuesta

Seis meses

1.9 Fecha de entrega

26 de septiembre del 2020

1.10 Línea y sublíneas de investigación

1.10.1 Línea de investigación

De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, línea 4: Procesos industriales.

1.10.2 Sublíneas de investigación

Automatización, control y protecciones de sistemas Electromecánicos.

El proyecto de investigación se acoge a las anteriores sublíneas de investigación, al encontrarse como directrices principales, relacionando la automatización industrial a través del conocimiento de las áreas de los sistemas mecatrónicos, electromecánicos y electrónicos.

1.11 Tipo de propuesta tecnológica

Lo que se pretende desarrollar con la propuesta tecnológica es implementar un módulo de control en cascada de nivel, para el laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi con el cual se realizara practicas de comparación de un controlador PID simple de nivel y un PID cascada de nivel.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1 Título de la propuesta

CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL EN CASCADA DE NIVEL PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2.2 Tipo de alcance

En este numeral del proyecto tecnológico se detalla el tipo de proyecto y el alcance del mismo.

2.2.1 Tipo de Proyecto

El presente proyecto tecnológico corresponde al desarrollo e implementación de un módulo de control en cascada de nivel para la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi específicamente en el Laboratorio de Investigación de Automatización y Control puesto que existe la necesidad de dicho módulo para realizar comparaciones de un controlador PID lazo simple y un PID cascada.

2.2.2 Alcance

Esta propuesta tecnológica se considera multipropósito ya que se pretende diseñar, integrar e implementar un módulo de control en cascada de nivel, con la finalidad de establecer conocimientos prácticos de control industrial incorporados en el Laboratorios de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Área del conocimiento

En la tabla 2.1 se muestran las áreas del conocimiento, de acuerdo a los campos de educación y capacitación CINE de la UNESCO.

Tabla 2.1. Áreas del conocimiento del proyecto.

Campo amplio	Campo específico	Campo detallado
07 Ingeniería industria y construcción	071 Ingeniería y profesiones a fines	0711 Ingeniería y procesos químicos 0713 Electricidad y energía 0714 Electrónica y automatización

Fuente: [1]

2.3 Sinopsis de la propuesta

El presente proyecto está enfocado al diseño e implementación de un módulo de control en cascada de nivel. Dicho módulo esta provisto de dos tanques de acrilico recipientes donde se deposita el agua, un controlador lógico programable (PLC) con sus respectivos módulos de entradas y salidas analogicas, un HMI que permitirá el ingreso y visualización de los datos de la variable física nivel y sensores los cuales enviaran los datos captados al PLC para relizar el respectivo control en cascada.

El proyecto va dirigido para realizar prácticas de laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que actualmente no cuenta con un módulo de control en cascada de nivel.

2.4 Objeto de estudio y campo de acción

2.4.1 Objeto

Módulo de control en cascada de nivel .

2.4.2 Campo de acción

3311.02 Ingeniería de control, 3313.25 Bombas y Equipos Para Manipulación de Líquidos

2.5 Situación problémica y problema

2.5.1 Situación problémica

En la actualidad para los procesos industriales, siempre es necesario tener un control exacto en forma directa o indirecta en las diferentes etapas de control acorde a la necesidad de la industria estos pueden ser caudal,nivel y temperatura.

Una de las fuentes más aplicables en los procesos industriales segun el estudio de la Mecánica

de fluidos, el fluido con mayor frecuencia que es utilizado por su fácil adquisición y su costo reducido es el agua, ya que se encuentran muy frecuentemente en distintos procesos principales de cada industria por lo cual tiene que ser medido y controlado en todo momento, y así poder realizar un control referente al tiempo.

Dentro del campo profesional de un Ingeniero Electromecánico la competitividad en el área técnica se hace más marcada a medida que avanza la tecnología y las operaciones de un proceso de control, por lo cual se debe contar con módulos para realizar prácticas para que futuros profesionales, puedan competir en el área de su desempeño. Por esta razón, se propone realizar un proyecto de titulación que permita el análisis de instrumentos de medida los cuales son nivel y caudal, aportando las herramientas necesarias para el profesional que incide en la Ingeniería en Electromecánica.

2.5.2 Problema

En el Laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se requiere disponer de un módulo didáctico para realizar prácticas referentes al controlador PID lazo simple y PID en cascada, para así efectuar un análisis de la sintonización.

2.6 Hipótesis

El desarrollo de un módulo de control en cascada de nivel permitirá analizar el empleo de controladores y métodos de sintonización.

2.7 Objetivos

2.7.1 Objetivo General

Desarrollar un módulo de control en cascada de nivel mediante los transmisores de nivel, flujo y una visualización en una pantalla HMI para el análisis de un controlador PID lazo simple con un PID en cascada.

2.7.2 Objetivos Específicos

- Investigar en diferentes fuentes bibliográficas las características fundamentales de módulos de control en cascada de nivel para la elaboración del diseño.
- Desarrollar el módulo de control en cascada de nivel.

- Validar el correcto funcionamiento del módulo de control en cascada de nivel mediante pruebas experimentales para comparar el controlador PID lazo simple con un PID en cascada.

2.8 Descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Es importante realizar la descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos para encaminar el proceso de cumplimiento del proyecto, cada actividad a realizar cumple un papel importante en la consecución del proyecto tecnológico.

La tabla 2.2 muestra las tareas en base a los objetivos planteados

Tabla 2.2. Tareas por objetivos.

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la metodología
Investigar en diferentes fuentes bibliográficas las características fundamentales de módulos de control en cascada de nivel para la elaboración del diseño.	<ul style="list-style-type: none"> - Recopilación de información de fuentes bibliográficas y virtuales relacionadas al tema de control en cascada de nivel - Diseño y análisis en CAD de la estructura de soporte y todos los elementos y componentes a utilizar en el módulo de control en cascada de nivel. 	Tablas y figuras sobre los componentes del módulo de control en cascada de nivel y los parámetros necesarios para configurar cada transmisor.	Indagar información sobre componentes que constituyen un módulo de control en cascada de nivel, así como los parámetros que debe tener cada transmisor.

<p>Construir el módulo de control en cascada de nivel.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Construir físicamente la estructura de soporte de acuerdo al análisis y dimensiones realizadas en el plano CAD. - Instalar cada uno de los elementos y componentes necesarios para la operación del módulo de control en cascada de nivel. 	<p>Instalación correcta de los elementos que forman parte del módulo de control en cascada de nivel, como los transmisores de nivel, flujo, válvula proporcional y el rotámetro.</p>	<p>Consultar en, manuales, proyectos de investigación, artículos científicos y páginas la web, que defina la instalación y configuración de los elementos que conforman el módulo de control en cascada de nivel</p>
<p>Validar el correcto funcionamiento del módulo de control en cascada de nivel mediante pruebas experimentales para comparar el controlador PID lazo simple con un PID en cascada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar las pruebas de funcionamiento y de medición de los instrumentos del módulo de control en cascada de nivel. - Generar un análisis de los datos tomados de la comparación los controladores PID lazo simple con un PID en cascada. - Realizar un manual de guías de laboratorio y de operación del módulo. 	<p>Validación de los datos obtenidos y las gráficas del PID lazo simple y PID en cascada para relizar las guías de funcionamiento y manipulación adecuada.</p>	<p>Se analizarán las gráficas del PID lazo simple y PID en cascada, corrigiéndolos de manera con una sintonización de ajuste fino.</p>

3. MARCO TEÓRICO

Los siguientes numerales de la propuesta tecnológica detallan el argumento científico y técnico del desarrollo del módulo de control en cascada de nivel.

3.1 Antecedentes

En las industrias de control de procesos, el controlador PID es ampliamente utilizado debido a que para implementarlo no es necesario conocer la dinámica del proceso que se desea controlar, además es un sistema robusto en el cual se produce una acción correctiva ante cualquier perturbación que afecte la variable controlada [2], una de sus principales desventajas es que solo se produce una acción correctiva cuando la variable controlada se ha desviado de su punto de consigna, por lo cual no puede anticiparse a los efectos de perturbaciones, aunque estos sean conocidos [3].

Se menciona a continuación algunos trabajos realizados en el ámbito de control de caudal. “Diseño y construcción de un módulo didáctico de control de caudal para el laboratorio de control de la EIE-CRI de la ESPOCH” [4] concluye que el módulo de caudal es un importante aporte en el área de instrumentación y sistemas de control.

“Diseño e implementación de controladores PID y control adaptativo de ganancias programadas con las variables nivel y caudal evaluados sobre un módulo didáctico” [5] concluye que el control de lazo en cascada tiene un mejor rendimiento y ganancia en la entrada de la planta, que el controlador de ganancias de lazo simple.

“Prototipo para control automático de nivel y caudal de líquidos” [6], ha comprobado que las ecuaciones del sistema de caudal de agua y las ecuaciones de control PID tienen un resultado similar con los datos reales y concluye que son aplicables.

3.2 Transmisores

Los transmisores son instrumentos que convierten la salida del sensor en una señal suficientemente fuerte como para transmitirla al controlador o a otro aparato receptor.

3.2.1 Tipos de transmisores

La tabla 3.1 muestra los tipos de transmisores.

Tabla 3.1. Tipos de transmisores.

Tipos de Trasmisores		
Industriales	Electrónicos	Digitales
Obtienen el valor de la variable del proceso por medio del elemento primario conocido también como sensor y la transmiten hacia un receptor por medio de señales eléctricas, digitales o neumáticas estandarizadas.	Convierten la señal de la variable del proceso a una señal electrónica de 4-20 mA c.c. tiene un porcentaje de exactitud de $\pm 0,5\%$. Estos transmisores se alimentan con una fuente de poder de 24 V c.c. y un circuito de dos hilos. Si el receptor recibe señales de voltaje debe disponer de una resistencia de 250 ohms conectada en la entrada para tener tensiones de 1 V c.c. a 5 V c.c y no se perderá tensión en la línea	La señal digital obtenida consiste en una serie de impulsos en forma de bits. Cada bit consiste en dos signos, el 0 y el 1 (código binario), y representa el paso (1) o no (0) de una señal a través de un conductor. Si la señal digital que maneja el microprocesador del transmisor es de 8 bits entonces puede enviar 8 señales binarias (0 y 1) simultáneamente.

Fuente: [7].

3.2.2 Transmisor de nivel ultrasónico Banner T30UXDB

Según [8] el transmisor ultrasónicos emiten uno o múltiples pulsos de energía ultrasónica, que viajan a través del aire a la velocidad del sonido. Una parte de esta energía se refleja en el objetivo y viaja de regreso al sensor. El sensor mide el tiempo total requerido para que la energía alcance el objetivo y regrese al sensor. La distancia al objeto se calcula utilizando la siguiente fórmula: $D = ct \div 2$

D = distancia del sensor al objetivo

c = velocidad del sonido en el aire

t = tiempo de tránsito para el pulso ultrasónico.

La tabla 3.2 muestra las características del transmisor de nivel ultrasónico Banner T3UXDB.

Tabla 3.2. Características del transmisor de nivel ultrasónico Banner T3UXDB.

Nombre	Descripción
Rango máximo	2m
Zona muerta	10% del rango maximo
Alimentación	24VDC
Salida analógica	4-20mA
Tiempo de respuesta	96ms

Fuente: [8].

3.2.3 Transmisor de flujo de turbina CX-LTFM-25-304-4-D-DT

Un rotor helicoidal gira libremente en el interior de un tubo cilíndrico. El líquido de operación empuja las palas del rotor haciendo que giren a una velocidad proporcional al caudal circulante. Tiene una bobina de inducción (pickup), y un convertidor electrónico, capta el giro de las palas de la hélice y genera una señal eléctrica que proporciona valor de caudal instantáneo, volumen total o parcial dando una salida analógica [9].

La tabla 3.3 muestra las características del transmisor de flujo de turbina CX-LTFM-25-304-4-D-DT.

Tabla 3.3. Características del transmisor de flujo de turbina CX-LTFM-25-304-4-D-DT.

Nombre	Descripción
Tasa de flujo	1-10 l/h
Exactitud	1%
Alimentación	24VDC
Salida analógica	4-20mA
Presión máxima	3.0MPa

Fuente: [9].

3.2.4 Tipos de conexiones de los transmisores

- **Conexión a dos hilos**

Según [10] en la conexión a dos hilos, estos sirven para conectar el circuito de salida a la carga. El sensor puede ser visto como un interruptor, y necesariamente los mismos dos hilos alimentan el sensor tal como se muestra en la figura 3.1.

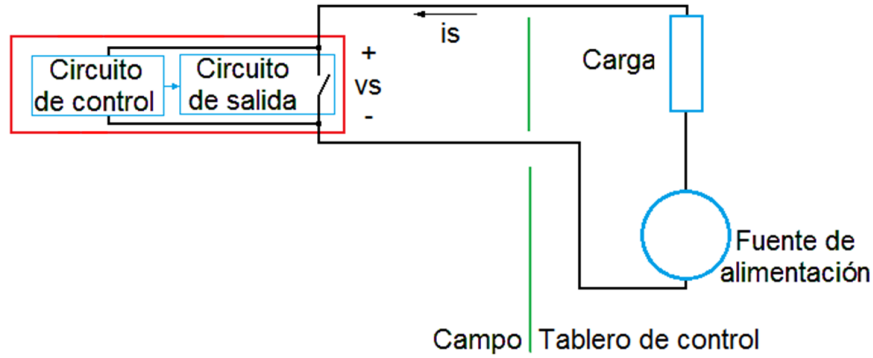


Figura 3.1. Conexión a 2 hilos.

Fuente: [10].

- **Conexión a tres hilos**

Según [10] la conexión a tres hilos es la más común. Dos de los hilos son la alimentación del sensor y el tercer hilo es la señal, internamente uno de los cables de alimentación debe ir al circuito de salida para suministrar energía a la carga, tal como se muestra en la figura 3.2.

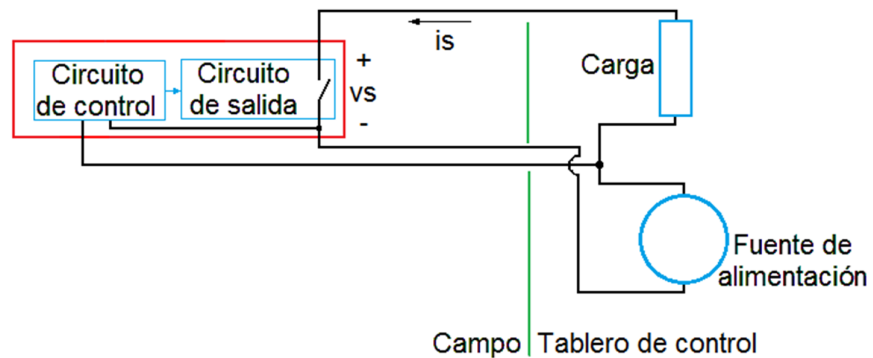


Figura 3.2. Conexión a 3 hilos.

Fuente: [10].

3.3 Válvula proporcional TFA20-M-C (Fluid control Systems)

La válvula proporcional es accionada por motor de tipo SET4-100, TFV-400 actuador. El actuador está controlado por una modulación de encendido/apagado, o sistema de control proporcional 4-20 mA para mover la bola de la válvula, a la posición de apertura dictada por la señal de control [11].

La tabla 3.4 muestra las características de la válvula proporcional TFA20-M-C

Tabla 3.4. Características de la válvula proporcional TFA20-M-C.

Nombre	Descripción
Error	+/- 1.6°
Actuador de rotación	90°
Alimentación	24VDC
Señal analógica	4-20mA
Presión máxima	1MPa

Fuente: [11].

3.3.1 Conexión de la válvula proporcional TFA20-M-C

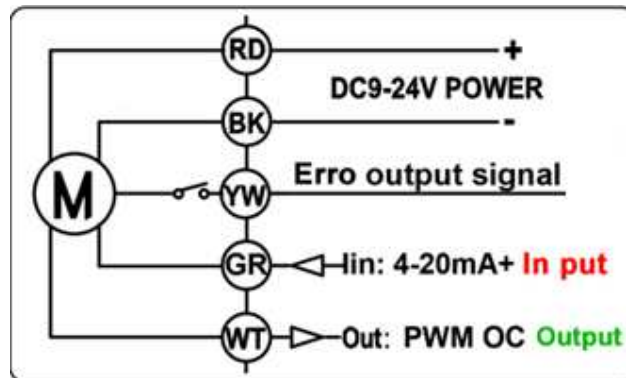


Figura 3.3. Esquema de conexión de la válvula proporcional TFA20-M.C.

Fuente: [11].

3.4 Rotámetro

Según [12] nos manifiesta que el rotámetro trabaja con un flotador el cual tiene forma cilíndrica cuya densidad es mayor que el fluido. Hay que resaltar que la altura con que sube el flotador es directamente proporcional al flujo y que dicho flotador se mueve de manera vertical sencillamente y su punto de equilibrio es la fuerza gravitacional. Esto es marcado por el flotador

en una escala y esa diferencia en los valores pasa a ser calculado por una ecuación de Bernoulli, específicamente con los datos de los puntos uno y dos marcados por el rotámetro.

3.5 Variador de frecuencia LG iG5

El variador de frecuencia es un sistema para el control de la velocidad de giro en motores de corriente alterna (AC), el tiempo de arranque mediante el control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

A los variadores de frecuencia también se les denomina drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers o inversores. Debido a que el voltaje varía a la vez que la frecuencia, también se les llama variador de voltaje variador de frecuencia (VVVF) [13].

3.5.1 Esquema de conexión del variador de frecuencia LG iG5

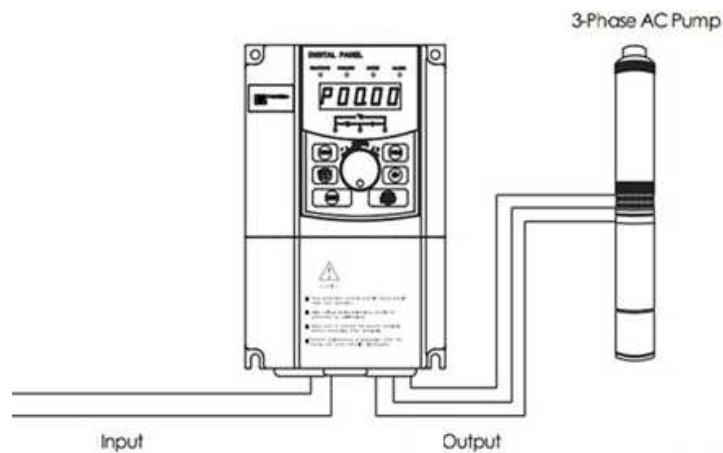


Figura 3.4. Esquema de conexión del variador de frecuencia LG iG5.

Fuente: [13].

3.6 Bomba de agua

Según [14] nos dice que la bomba de agua es una máquina que transforma energía, aplicándola para mover el agua. Este movimiento, normalmente es ascendente. Las bombas pueden ser de dos tipos “volumétricas” y “turbo-bombas”. Todas constan de un orificio de entrada (de aspiración) y otro de salida (de impulsión).

Las volumétricas mueven el agua mediante la variación periódica de un volumen. Es el caso de las bomba de émbolo. Las turbobombas poseen un elemento que gira, produciendo así el arrastre del agua. Este elemento “rotor” se denomina “Rodete” y suele tener la forma de hélice o rueda con paletas.

3.6.1 Esquema de conexión de la bomba de agua

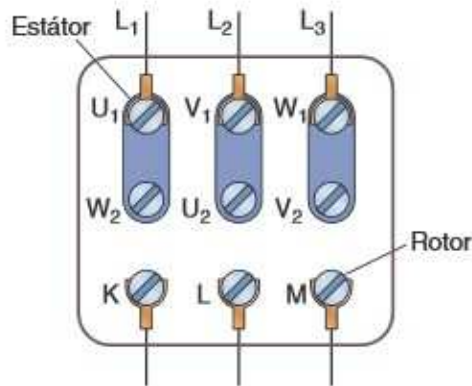


Figura 3.5. Esquema de conexión de la bomba de agua.

Fuente: [14].

3.7 PLC S7-1200

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), es un instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S (entradas–salidas) analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos [15].

3.7.1 E/S (entradas–salidas) analógicos

Según [16], manifiesta que las variables pueden presentarse en forma de una corriente (4-20mA), una tensión (1-10V) o una carga eléctrica. Varían en forma continua entre un límite inferior y un límite superior. Cuando estos límites coinciden con los límites que admite un determinado dispositivo, se dice que la señal está normalizada. La ventaja de trabajar con señales normalizadas es que se aprovecha mejor la relación señal/ruido del dispositivo.

3.8 HMI

Los sistemas de interfaz hombre-máquina (HMI) se utilizan para optimizar un proceso industrial digitalizando y centralizando los datos. De esta manera, los operadores pueden ver información importante en gráficos, cuadros de mando digitales, ver y gestionar alarmas, y conectarse con sistemas SCADA y MES, a través de una consola [17].

La interfaz hombre-máquina se comunica con los controladores lógicos programables (PLCs) y los sensores de entrada/salida para obtener y mostrar información para que los usuarios la vean. Del mismo modo, pueden utilizarse para una sola función, como el monitoreo y el seguimiento, o para realizar operaciones más sofisticadas, como el apagado de máquinas o el aumento de la velocidad de producción, dependiendo de cómo se implementen [17].

3.8.1 Esquema de comunicación del HMI entre el PLCs y la PC



Figura 3.6. Esquema de comunicación del HMI entre el PLCs y la PC.

Fuente: [17].

3.9 Sistema de control PID

3.9.1 Controlador PID

Un controlador o regulador PID es un dispositivo que permite controlar un sistema en lazo cerrado para que alcance el estado de salida deseado, el controlador PID tienen tres módulos el control proporcional (P), el control integral (I) y el control derivativo (D), cada uno de estos tres controles tiene una función determinada en la estabilización del sistema [18].

3.9.2 Acción de control proporcional (P)

Este es el control principal y su función es crear una respuesta en la salida proporcional al 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 [19].

Aumentar la acción proporcional K_p tiene los siguientes efectos:

- Aumenta la velocidad de respuesta del sistema.
- Disminuye el error del sistema en régimen permanente.
- Aumenta la inestabilidad del sistema.

Los dos primeros efectos son positivos y deseables. El último efecto es negativo y hay que intentar minimizarlo, por lo tanto al aumentar la acción proporcional existe un punto de equilibrio en el que se consigue suficiente rapidez de respuesta del sistema y reducción del error, sin que el sistema sea demasiado inestable, aumentar la acción proporcional más allá de este punto producirá una inestabilidad indeseable, reducir la acción proporcional, reducirá la velocidad de respuesta del sistema y aumentará su error permanente [19].

3.9.3 Gráficas del control proporcional

Según [20], en la figura 3.8 se observa el efecto de aumentar progresivamente la acción proporcional en un control de posición.

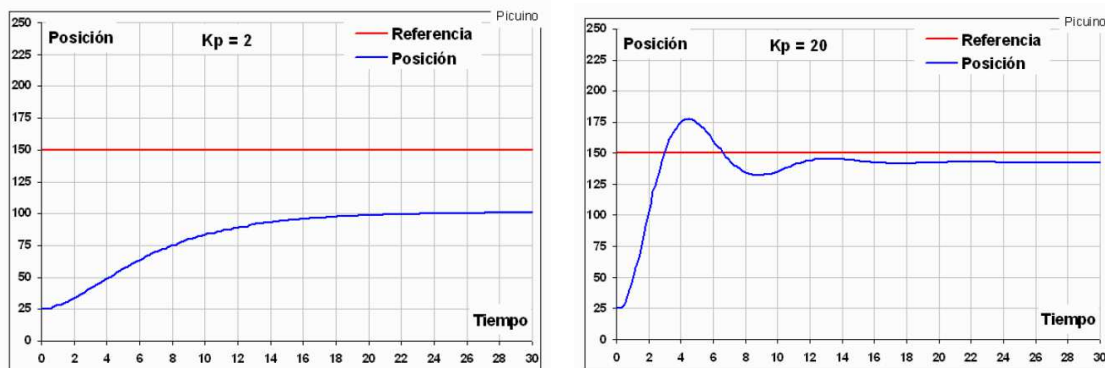


Figura 3.7. Gráficas del control proporcional.

Fuente: [20].

- Con una acción proporcional pequeña $K_p=2$, el sistema es lento, tardando 20 segundos en alcanzar la posición deseada y el error de posición es grande, de 50 milímetros. A medida que se aumenta la acción proporcional, el error disminuye y la velocidad de respuesta aumen.
- Con una ganancia proporcional $K_p=20$ el sistema es más rápido, tardando 12 segundos en establecerse la posición permanente. Asimismo el error se ha reducido hasta una

décima parte, solo 5 milímetros. También se puede observar un sobrepulso en la respuesta, y el comienzo de cierta inestabilidad.

- Con ganancias mayores se consigue disminuir todavía más el error permanente, pero la velocidad de respuesta no aumenta porque el sistema se vuelve tan inestable que la posición tarda mucho en establecerse en su estado fin.

3.9.4 Acción de control integral (I)

Este se encarga de eliminar el error residual que da el control (P), reduciéndolo a cero, calculando la integral de la señal de error $e(t)$. La integral se puede ver como la suma o acumulación de la señal de error, a medida que pasa el tiempo pequeños errores se van sumando para hacer que la acción integral sea cada vez mayor, con esto se consigue reducir el error del sistema en régimen permanente. La desventaja de utilizar la acción integral consiste en que esta añade una cierta inercia al sistema y por lo tanto le hace más inestable [20].

Aumentar la acción integral K_i tiene los siguientes efectos:

- Disminuye el error del sistema en régimen permanente.
- Aumenta la inestabilidad del sistema.
- Aumenta un poco la velocidad del sistema.

3.9.5 Gráficas del control integral

Según [20], en la figura 3.9 se ha añadido señal de error ampliada, de color verde, para apreciar mejor cómo se reduce el error a medida que aumenta la acción integral, otro efecto visible es el aumento de la inestabilidad del sistema a medida que aumenta K_i . Por esta razón el control integral se suele combinar con el control derivativo para evitar las oscilaciones del sistema.

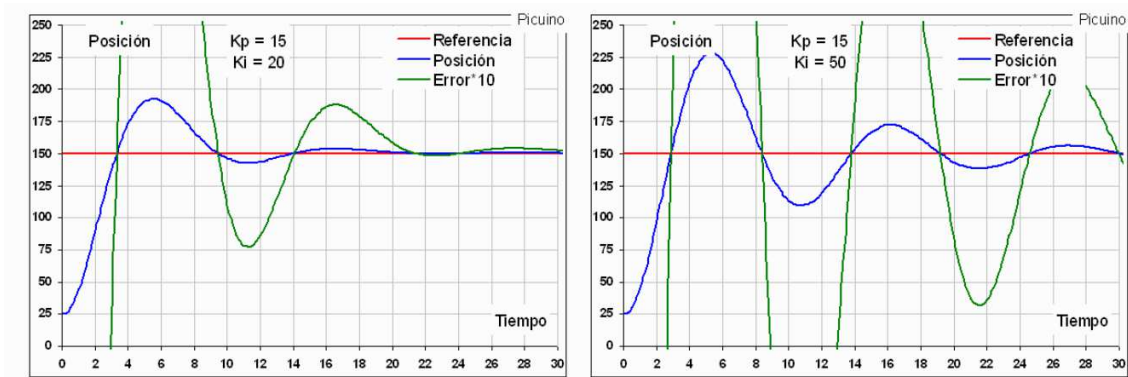


Figura 3.8. Gráficas del control integral.

Fuente: [20].

3.9.6 Acción de control derivativa (D)

Se utiliza para eliminar las sobreoscilaciones generando una corrección en la señal de control al error, esta acción de control es proporcional a la derivada de la señal de error $e(t)$. La derivada del error es otra forma de llamar a la "velocidad" del error, esto produce un sobrepulso y oscilaciones en torno a la referencia para evitar este problema, el controlador debe reconocer la velocidad a la que el sistema se acerca a la referencia para poder frenarle con antelación a medida que se acerca a la referencia deseada y evitar que la sobrepase [19], [20].

Aumentar la constante de control derivativa K_d tiene los siguientes efectos

- Aumenta la estabilidad del sistema controlado.
- Disminuye un poco la velocidad del sistema.
- El error en régimen permanente permanecerá igual.

3.9.7 Gráficas del control derivativo

Según [20], en la figura 3.10 se puede verse como, al aumentar la acción derivativa K_d , se consigue disminuir las oscilaciones hasta el punto de que desaparecen para $K_d=50$, también puede apreciarse cómo la respuesta se hace un poco más lenta al aumentar la constante derivativa. Con $K_d=0$ el sistema tarda 1.8 segundos en subir hasta el valor de referencia.

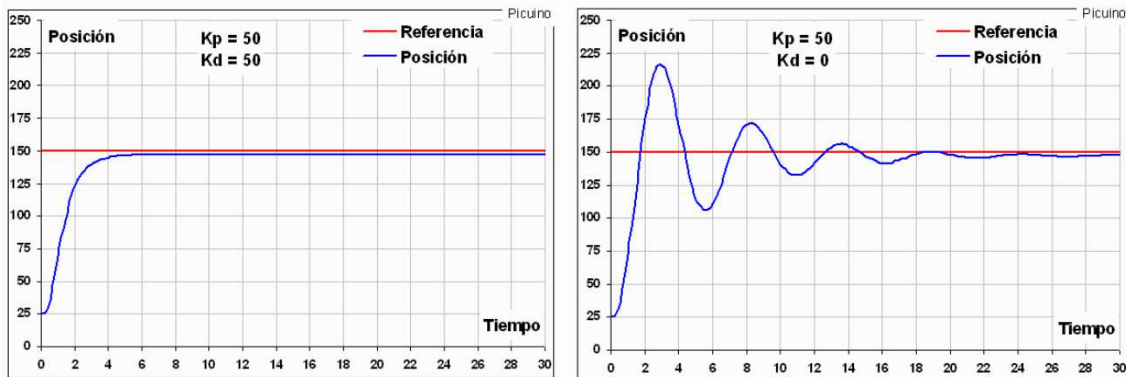


Figura 3.9. Gráficas del control derivativo.

Fuente: [20].

3.9.8 Métodos de sintonización de controlador PID

Los métodos de sintonización para los controladores proporcional, derivativo e integral o PID, son empleados para determinar el ajuste de los parámetros del sistema, los cuales pueden ser el tiempo integral, el tiempo derivativo y la ganancia. Para poder realizar la sintonización de los

controladores, primeramente se debe identificar la dinámica del proceso, y a partir de esto determinar los parámetros de los controladores [21].

3.9.9 Método de Ziegler-Nichols

Permite ajustar o "sintonizar" un controlador PID de forma empírica, sin necesidad de conocer las ecuaciones de la planta o del sistema controlado permite definir las ganancias proporcional, integral y derivativa a partir de la respuesta del sistema en lazo abierto o a partir de la respuesta del sistema en lazo cerrado, esta regla de ajuste propuesta por Ziegler y Nichols es uno de los métodos de sintonización más ampliamente difundido y utilizado [20].

Dichos ajustes permitían mejorar la calidad de la producción entre un 5% y un 25% respecto a un ajuste puramente por prueba y error [20].

- **Ziegler- Nichols en lazo abierto**

Este primer método de ajuste es donde el controlador se coloca en modo manual para poder generar una variación del tipo escalón en la propia salida del controlador PID, esto quiere decir que la planta, en su entrada recibirá una entrada del tipo escalón y a partir de la respuesta de salida se obtienen los parámetros, sin embargo, para poder usar este método es necesario que el sistema tenga un comportamiento del tipo sigmooidal o forma de S, esto quiere decir que la respuesta no puede tener sobre impulsos en lazo abierto, ni poseer una dinámica integradora que crezca constantemente con el tiempo como se muestra en la figura 3.11 [22].

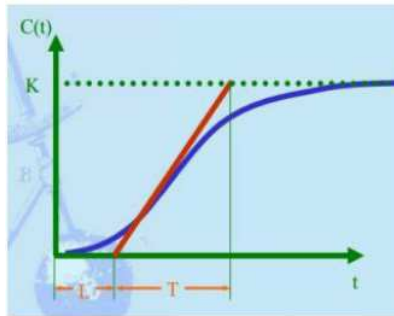


Figura 3.10. Señal de respuesta de un sistema de control.

Fuente:[22].

Una vez determinado la respuesta de un sistema de control y de haber comparado gráficamente el punto de inflexión para obtener los valores de L (tiempo de retardo) y T (constante de tiempo), se procede a ajustar el regulador de PID con los valores sugeridos por Ziegler y Nichols y finalmente un ajuste o sintonía fina de manera manual [22].

▪ **Ziegler- Nichols en lazo cerrado**

Según [23], manifiesta que permitirá obtener una señal medida a una perturbación con un controlador proporcional. La respuesta observada es amortiguada provocando la ganancia hasta lograr oscilaciones sostenidas. En un controlador proporcional en este caso se denomina ganancia última y el periodo de oscilación se llama periodo último.

Se utiliza un control únicamente proporcional haciendo el tiempo integral igual a infinito, y el tiempo derivativo es igual a cero, y se va incrementando la ganancia proporcional desde cero hasta el valor crítico en el que el sistema presenta una oscilación mantenida, el valor obtenido será la ganancia crítica según la tabla 3.5 nos indica los valores sugeridos.

Tabla 3.5. Valores sugeridos por Ziegler y Nichols lazo cerrado

Controlador	K_C	T_I	T_D
P	$K_{cu}/2$	∞	0
PI	$K_{cu}/2.2$	$T_u/1.2$	0
PID	$K_{cu}/1.7$	$T/2$	$T_u/8$

Fuente: [23]

El siguiente gráfico 3.12 donde se muestra un perfil de respuesta en un sistema de segundo orden lineal para un coeficiente de amortiguamiento cero.

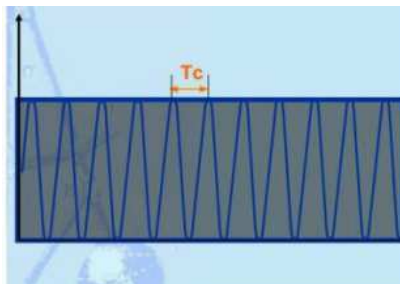


Figura 3.11. Perfil de respuesta en un sistema de segundo orden.

Fuente: [23].

Según [23], manifiesta que también se puede tener un lazo de control cerrado con perturbaciones, una vez que se han determinado los valores de los parámetros de ganancia crítica y del tiempo crítico, es necesario sintonizar el PID con los valores recomendados de Ziegler-Nichols que se muestra en la tabla 3.6, y por último realizar el ajuste o sintonización final manualmente.

Tabla 3.6. Valores sugeridos por Ziegler y Nichols lazo cerrado con perturbación

Controlador	K_C	T_I	T_D
P	$0.5 * K_{cu}$	∞	0
PI	$0.45 * K_{cu}$	$1/1.2 * T_c$	0
PID	$0.6 * K_{cu}$	$0.5 * T_c$	$0.125 * T_c$

Fuente: [23].

3.9.10 Método de Lambda

En este método se obtiene experimentalmente la respuesta de la planta al aplicar un escalón unitario, como se muestra en la figura 3.13, si la planta no incluye integradores o polos dominantes complejos conjugados, la curva de respuesta al escalón unitario puede tener el aspecto de una curva en forma de S, como se observa en dicha figura, en el caso en que la curva no presente esta forma, no se puede aplicar el método [23].

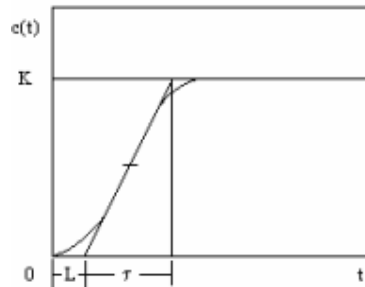


Figura 3.12. Curva del metodo Lambda.

Fuente: [23].

3.9.11 Método Rovira.

Es también llamado de sintonización en línea, se lleva a cabo cuando la sintonización de un controlador entienda el ajuste de los parámetros del mismo, tales como la ganancia, el tiempo integral y el tiempo derivativo, se utiliza para enfrentar las características de otros componentes de lazo y obtener una respuesta en lazo cerrado para el sistema que satisfaga algunos requerimientos.

El método de sintonización en línea consiste en colocar el controlador en automático, es decir en lazo cerrado, anular las acciones integral y derivativa y ensayar con diferentes valores de ganancia proporcional hasta encontrar un valor de ganancia última, a partir del registro de la

variable controlada en su estado último, se mide el periodo correspondiente, es decir, el periodo último [24].

3.9.12 Diseño de un controlador

Según [26], [27] manifiestan que el diseño de un controlador, es importante tomar en cuenta las propiedades que se desea de dicho controlador, así como el tipo de respuesta o sistema, se debe tomar en cuenta si funcionará de forma manual o automática, ya que el manual la salida es el valor de vía, el que puede ser seleccionado directamente por el operador del proceso, si fuera automático se origina el error a través de la diferencia entre la referencia y la salida del sensor, la corrección que realiza el controlador se suma .

Un control compara el valor efectivo de salida de una planta con el valor deseado, determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero, o a un valor pequeño. Es necesario seleccionar algunos controladores que cumplan con los siguientes criterios:

- Que el bucle utilizado sea estable.
- Minimizar los efectos de las perturbaciones.
- Obtener respuestas rápidas.

El sistema tiene que ser robusto, es decir un sistema fuerte que sea, poco sensible a los cambios en la condiciones de entrada y salida del sistema. Recuerda siempre que cualquier modelo de una planta que se quiere controlar incluirá un error debido al proceso de modelado [27].

3.9.13 Control de cascada

Según [28], [29] manifiestan que el control de cascada es una estrategia para mejorar el desempeño de los procesos de control realimentados, se puede obtener mediante el uso de instrumentos análogos, tiene como principal fin la configuración donde la señal de salida de un controlador de realimentación es el punto de ajuste para otro controlador de realimentación, en pocas palabras, un control de cascada es un sistema de control con realimentación que está ordenado dentro de otro sistema de control.

Es recomendable utilizar un control de cascada si deseamos eliminar el efecto de algunas perturbaciones haciendo la señal de salida más estable y rápida, y esto nos permitirá también mejorar la dinámica del lazo de control, utilizar la medida de variables internas identificando las perturbaciones para iniciar la acción correctora [29].

- **Estructura de un sistema de control de cascada**

Posee un controlador maestro, esclavo, un lazo interno y externo donde se observará un lazo primario con un controlador primario o maestro, $K_1(s)$ y un lazo secundario con un control

esclavo $K2(s)$, siendo la salida del primario el punto de consigna del controlador secundario la salida del controlador secundario es la que actúa sobre el proceso [30].

En los procesos industriales donde las variables del proceso afectan en comportamiento de alguna variable, donde una se controla combinándola con el sistema de control de otra variable, un sistema de control de cascada es un tipo de terminología de control en el que la variables de proceso es controlada por la combinación de los controles de dos variables en un proceso.

En la figura 3.15 se observa un sistema de control de nivel en un tanque que se controla mediante el flujo, el controlador de nivel utiliza como controlador esclavo al controlador de flujo donde la señal de la salida se convierte en un punto de ajuste y finalmente la salida del controlador de flujo va hacia la válvula de flujo [31].

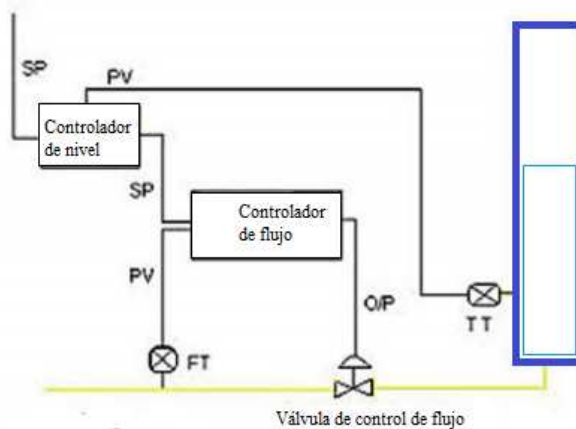


Figura 3.13. Sistema control en cascada.

Fuente: [30].

Según [31] manifiesta que los sistemas de control de cascada nos permitira controlar la estabilidad en la operación de dicho sistema, así como las perturbaciones en lazo interno o secundario son corregidas por el controlador secundario antes de que ellas puedan afectar a las variables primarias, por otro lado, son menos sensibles a errores de modelado.

Un control de cascada posee ventajas tales como:

- Produce estabilidad en el sistema.
- Las variaciones de la ganancia estática de la parte secundaria del proceso es compensada por su propio lazo.
- Se incrementa la capacidad de la producción.
- Es menos sensible a errores de modelado.

También posee limitantes en las que podemos mencionar:

- Es aplicable solo cuando pueden obtenerse mediciones de variables adicionales de proceso.
- En algunas aplicaciones la variable controlada no puede medirse y la realimentación no puede realizarse.

Los criterios indispensables para el diseño de un control de cascada son:

- El control realimentado simple no promueve un desempeño satisfactorio en los sistemas de lazo cerrado.
- Las variables secundarias deberá satisfacer los siguientes criterios: se debe indicar la ocurrencia de una importante perturbación, también debe haber una relación causal entre la variable manipulada y la segunda variable.
- Para aplicar un sistema de control de cascada es necesario primeramente ajustada los parámetros del controlador secundario, una vez que se cierre el bucle secundario se ajustarán los del controlador primario.

- **Sintonía del bucle secundario**

Se tendrá que obtener el modelo de la parte del proceso donde se incluirá el bucle secundario, se debe sintonizar el controlador secundario por cualquiera de los métodos antes ya mencionados.

3.9.14 Control simple

Según [32] manifiesta que el control simple, es no lineal y proporciona a su salida 2 valores fijos que corresponden a conectado/desconectado, según que la señal de error sea positiva o negativa. Inicialmente el error es positivo y el control se activa (ON) hasta llegar al valor deseado, el error se hace negativo y el controlador pasa a OFF, el proceso se repite continuamente.

Una oscilación continua rápida puede provocar un desgaste excesivo del actuador de una válvula.

- **Estructura de un control simple**

No se puede definir una función transferencia para el controlador, ni estudiar el lazo de realimentación como en sistemas lineales, tampoco se puede establecer un error de estado estacionario, sino un error medio [32] .

Error mínimo cuando las áreas A y B sean iguales, esto puede ocurrir cuando:

- La consigna esté en la mitad de la zona muerta.
- Los tiempos de llenado y vaciado sean iguales.

- Una zona muerta pequeña implica trabajar más cerca del valor de consigna, pero la frecuencia de cambio de estado aumentará dando mayor desgaste.

En la figura 3.16 se puede observar un control simple que consiste en activar el mando del controlador de nivel cuando el nivel está por debajo de lo deseada y luego desactivarlo cuando el nivel esté por arriba, sólo tiene dos posiciones o estados de operación, no existe término medio.

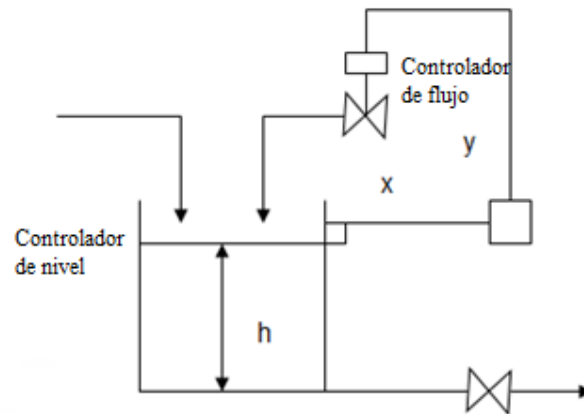


Figura 3.14. Control simple.

Fuente: [32].

Según [32] manifiesta que el controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia, ni un funcionamiento óptimo en procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de relación lenta.

Un control simple posee ventajas tales como:

- Es la forma más simple de control.
- Bajo precio de instalación.
- Fácil instalación y mantenimiento.
- Amplia utilización en procesos de poca precisión.

También posee limitantes en las que podemos mencionar:

- Mínima precisión.
- No recomendable para procesos de alto riesgo.
- Este método es solo adecuado para detección de nivel en líquidos conductivos.

4. METODOLOGÍA

4.1 Métodos utilizados

En el presente proyecto de tesis se utilizó las tres diferentes modalidades, la investigación bibliográfica, permite iniciar la búsqueda de antecedentes e investigaciones de relevancia en textos impresos como digitales con respecto a la construcción de un módulo de control en cascada de nivel, investigación de campo nos ayudo en la toma de datos de las variables reales que serán manejadas mediante técnicas de control y la investigación experimental, que se realizó varias pruebas de control de las variables de nivel y flujo.

De igual manera el proyecto de tesis se utilizó las siguientes técnicas:

- Observación.-Comportamiento de instrumentos análogos.
- Medición.- Toma de datos de los valores reales de los transmisores de nivel y flujo.
- Validación.- Del módulo de control en cascada de nivel mediante pruebas experimentales para comparar el controlador PID lazo simple con un PID en cascada.

Además se utilizó el método cuantitativo ya que influyen principalmente en las variables eléctricas como el voltaje y corriente para las entradas y salidas analógicas del módulo del PLC debido a que su voltaje que es de 24v y la corriente máxima es de 20mA.

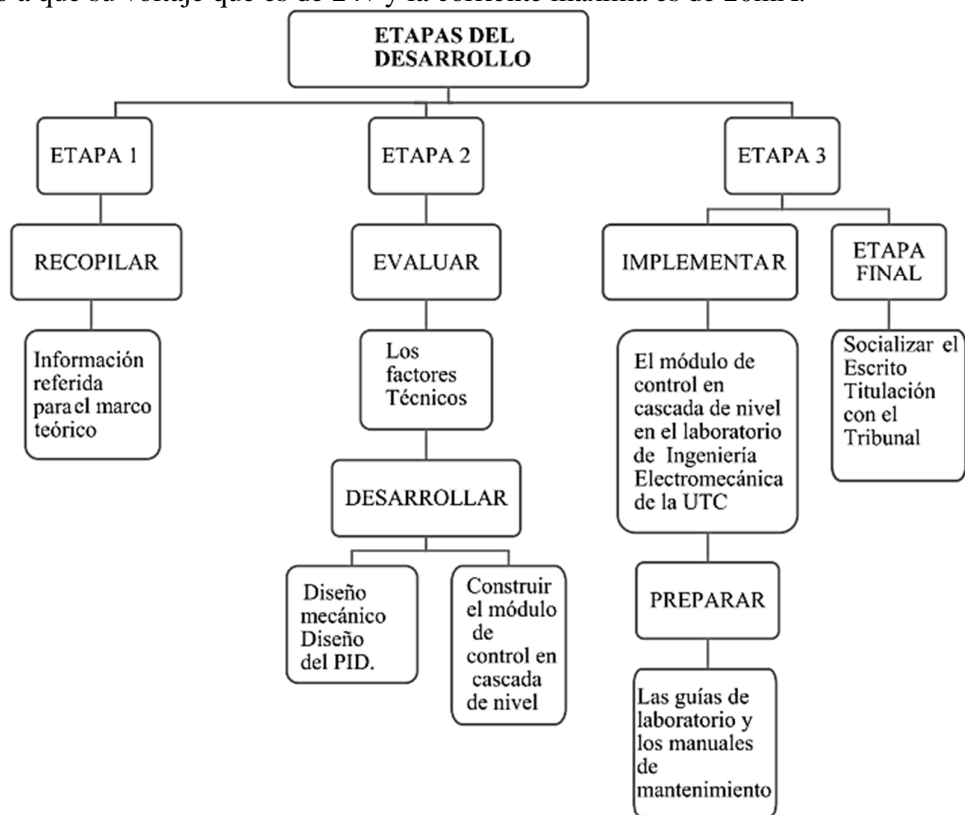


Figura 4.1. Descripción de etapas en el desarrollo del proyecto de tesis.

- **Cantidad de agua a ser almacenado en el tanque principal**

$$V = L1 \times L2 \times H$$

$$(100\text{mm} \times 250\text{mm} \times 250\text{mm}) = V$$

$$V = 62500000\text{mm}^3$$

$$V = 0.0625\text{m}^3$$

El tanque principal almacenara 0.0625m^3 de agua que equivale a 62.5 litros.

4.2.3 Tubería y accesorios

Se necesita una tubería tipo PVC roscable de 1 pulgada de igual manera los accesorios sus características son las siguientes:

- Bajo nivel de oxidación.
- Resistencia a la intemperie.
- Maniobrabilidad.

4.2.4 Estructura del módulo de control en cascada de nivel

En la tabla 4.4 nos indica las características de la estructura del módulo será metálica, la que soporte los elementos también consta de un tablero principal donde se realizara las conexiones de cada uno de los sensores a utilizar.

Tabla 4.2 Características de la Estructura del Módulo

Características de la estructura del módulo de control en cascada de nivel	
Tubo tipo rectangular	25x50x2mm
Tol	2mm
Ruedas	60kg c/u

Realizado el diseño en el Software CAD “SOLIDWORK” nos permite la modelación en 3D se realiza un análisis estructural del módulo de control en cascada para verificar que todo esté acorde a las necesidades del proyecto para proceder a la construcción del mismo.



Figura 4.2. Modelado estructural del módulo de control en cascada en 3D.

- **Análisis estructural de la mesa**

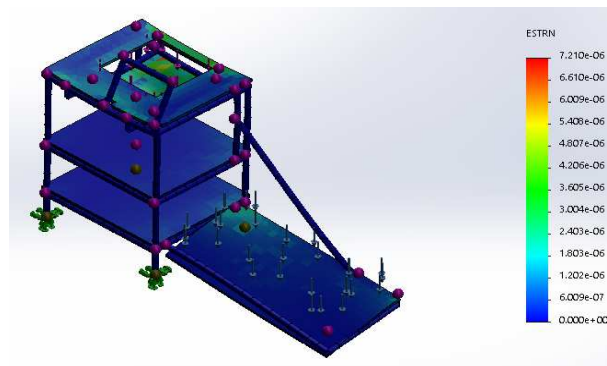


Figura 4.3. Análisis estructural del módulo de control en cascada.

Mediante el análisis estructural (ver anexo I) se concluyó que la estructura de la mesa es capaz de soportar todos los elementos y esfuerzos que se utilicen, el factor de seguridad de la mesa es de 1,83.

Para dar movimiento de la mesa se utiliza unas ruedas que soportan 70kg, un total de 280kg.

4.2.5 Descripción eléctrica y electrónica.

Los elementos que conforman el módulo son los siguiente:

- Bomba trifásica de agua.
- PLC S7-1200 y módulo de entradas y salidas análogicas.
- Variador de frecuencia LG iG5.
- Transmisor de nivel Banner T30UXDB.
- Transmisor de flujo de turbina GX-LTFM-25-304-4-D-D-T.
- Válvula proporcional TFA20-M-C.

4.2.6 Bomba trifásica

Para el módulo de control en cascada de nivel la bomba básicamente va a proporcionar el flujo de entrada al tanque principal por lo que para su selección se toma en cuenta lo siguiente:

- Voltaje de alimentación.
- Potencia de descarga para elevar el agua al tanque principal .
- Flujo adecuado para que el tiempo de llenado no sea excesivamente demoroso.

De acuerdo a las necesidades se calcula la potencia de la bomba, para su selección mediante la ecuación 4.2.

$$P = \frac{Q \times H \times SG}{450} \quad (4.2)$$

Donde:

P: Potencia (HP).

Q: Caudal (LPM).

H: Altura total del bombeo (m).

SG: Gravedad específica (1).

- **Cálculo de la potencia de la bomba**

$$P = \frac{100 \times 3 \times 1}{450}$$

$$P = 0.66 \text{HP}$$

En la tabla 4.3 se detalla las características de la bomba utilizada.

Tabla 4.3. Características de la bomba.

Características de la bomba	
Tipo	Centrifuga
Flujo	100 l/min
Potencia	1HP
Voltaje	Trifásico

4.2.7 Configuración de la señal analógica de corriente

Nos colocamos sobre la característica de “Canal 0” y seleccionamos el parámetro señal analógica por corriente de acuerdo a la figura 4.4.

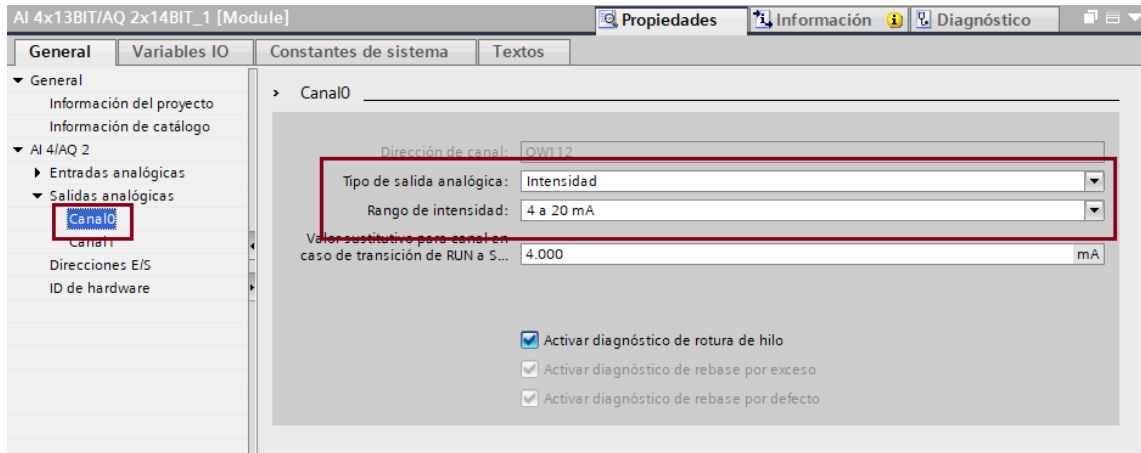


Figura 4.4. Señal analógica por corriente.

4.2.8 Control PID

Se utilizara la instrucción PID_Compact como indica la figura 4.5 para controlar procesos técnicos con variables continuas de entrada y salida ya que es universal con autoajuste integrado para modo automático y manual, puede calcular las acciones P, I y D durante el arranque (si se han configurado para "optimización inicial"). También es posible configurar la instrucción para la "optimización fina" con el fin de optimizar los parámetros, no es necesario especificar los parámetros manualmente [32].

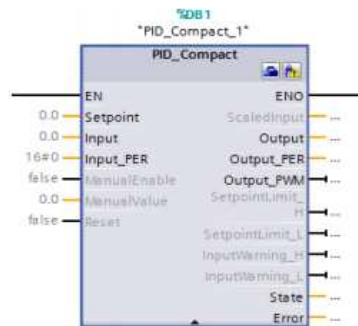


Figura 4.5. Bloque PID_Compact.

4.2.9 Escalamiento de los valores analógicos

Según [35] en caso de una entrada analógica, para hacerlo primero hay que normalizar el valor analógico a un valor real (coma flotante) de 0,0 a 1,0. A continuación hay que escalarlo a los valores mínimo y máximo de las unidades de ingeniería que representa.

Según [35] en el caso de valores de unidades de ingeniería que deben convertirse a valores de salida analógicos, primero hay que normalizar el valor en las unidades de ingeniería a un valor entre 0,0 y 1,0, y a continuación escalarlo entre 0 y 27648 o -27648 a 27648, dependiendo del rango del módulo analógico, como indica la figura 4.6.

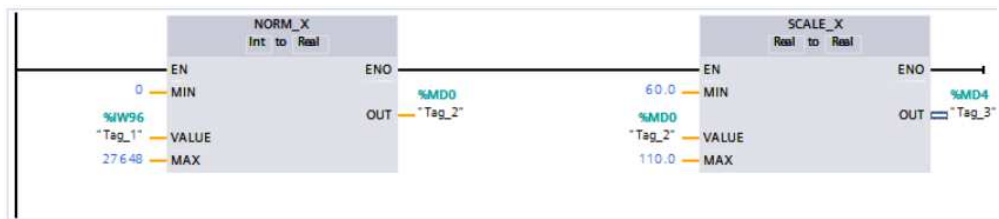


Figura 4.6. Escalamiento de la entrada analógica.

Fuente: [32].

4.2.10 Convierte el tiempo de muestreo en frecuencia de muestreo

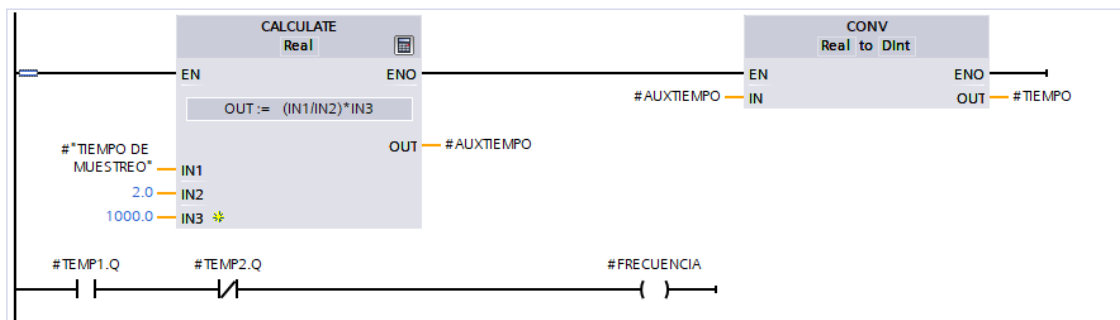


Figura 4.7. Bloque de tiempo de muestreo en frecuencia de muestreo.

4.2.11 Crea archivos y guarda datos

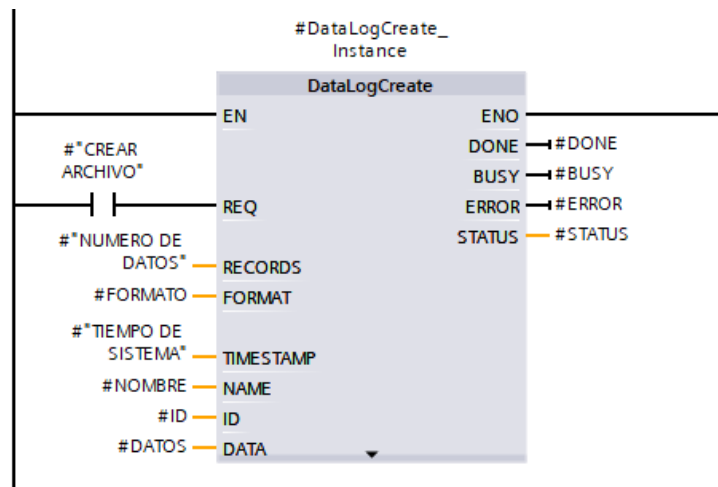


Figura 4.8. Bloque de crear archivos y guarda datos.

4.2.12 Obtención de Datos

Se realiza una interfaz en como se indica en la figura 4.9 la programación (ver anexo II), que nos permite obter los datos de entrada (CV) y salida (PV) del sistema con ayuda de la herramienta “ident” de Matlab se realiza una estimación con los datos obtenido en un archivo excel para la determinación de la función de transferencia del sistema.

Para determinar la función de transferencia del sistema que contiene la variable primaria es necesario que el controlador de la variable secundaria este implementado ya que este viene a ser parte del sistema de la variable primaria e influye en su comportamiento



Figura 4.9. Aplicación para determinar la dinámica del sistema.

4.2.13 Modelo matemático

Se realiza una interfaz como se indica en la figura 4.10 la programación (ver anexo III), para obtener el modelo matemático en el cual se debe ingresar los datos obtenidos en excel con la aplicación de labview obtención de datos para obtener la ecuación de la planta.

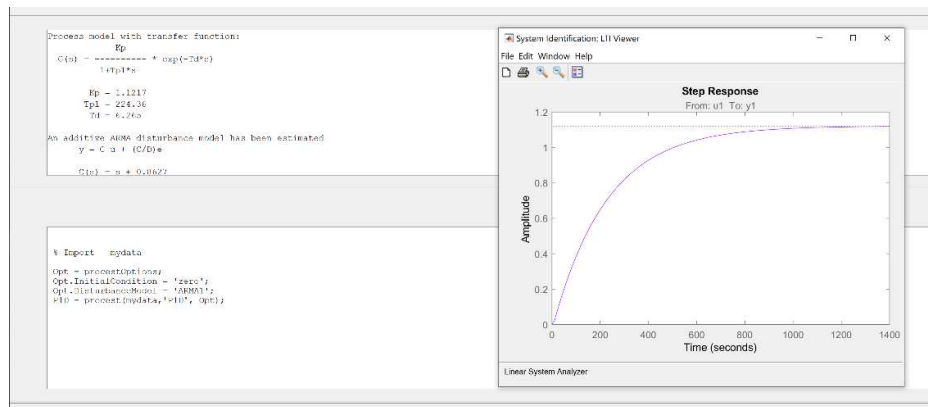


Figura 4.10. Aplicación para determinar la ecuación de la planta.

4.2.14 Sintonización del PID

Para una correcta sintonía del control en cascada es necesario determinar la dinámica del proceso de cada de cada bucle que conforma el sistema en cascada para lo cual se debe seguir el siguiente procedimiento.

Primero se determinará la función de transferencia del sistema que tiene la variable secundaria la cual es mucho más rápida que la variable primaria.

La función de transferencia de este sistema se estima con la expresión matemática de primer orden más tiempo muerto mediante la ecuación 4.3.

$$G(s) = \frac{K}{1+sT}e^{-sL} \quad (4.3)$$

Donde:

K: Ganancia de proceso.

T: Tiempo constante (s).

L: Retraso (s).

Se implementa la interfaz de visualización en el cual permite enviar una entrada escalón (CV) y obtener su respuesta (PV) para poder estimar la función de transferencia adecuadamente como se indica en la figura 4.11 la interfaz utilizada para la determinación de la respuesta del sistema a una entrada escalón la programación (ver anexo IV).

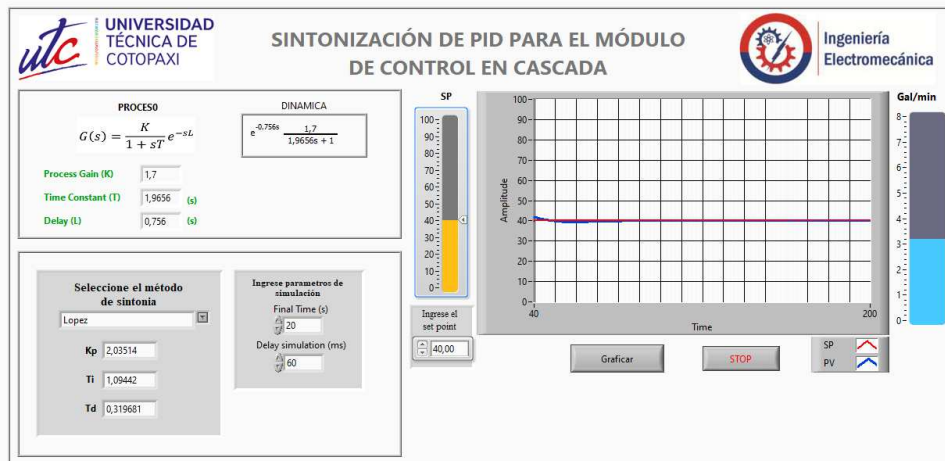


Figura 4.11. Aplicación para sintonizar el PID.

4.2.15 Variador de frecuencia LG iG5






En la tabla 4.4 se detalla las características del variador de frecuencia iG5:

Tabla 4.4. Características del variador de frecuencia.

Características del variador de frecuencia	
Tipo	iG5A
Entradas/ Salidas analógicas	0-10v 4-20mA
Voltaje	200-230V
Potencia	0.5-30HP
Frecuencia	60Hz (+- 5%)


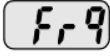


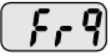
En la tabla 4.5 se detalla las características del teclado:

Tabla 4.5. Características del teclado.

TECLAS		
RUM		Comando de funciones
STOP/RESET		STOP: Comando para detener el funcionamiento. RESET: Comando para reposición cuando se produce un fallo.
	Subir	Permite desplazarse por los códigos o aumentar el valor de un parámetro.
	Bajar	Permite desplazarse por los códigos reducir el valor de un parámetro.
	Izquierda	Permite saltar a otros grupos de parámetros o mover el cursor a la izquierda para cambiar el valor de un parámetro.
	Derecha	Permite saltar a otros grupos de parámetros o mover el cursor a la derecha para cambiar el valor de un parámetro.
	Intro	Permite definir el valor de un parámetro a guardar el valor modificado del parámetro.






En la tabla 4.6 indica como desplazarse mediante las teclas para seleccionar Frq para entrada de 4-20mA.

Tabla 4.6. Definición de la frecuencia de entrada de 4-20mA.

Definición de la frecuencia de entrada de 4-20mA		
1		Conecte la alimentación de CA al variador.
2		Cuando aparesca 0.00 puese la tecla Subir ▲ cuatro veces.
3		Se visualiza Frq. El modo de definición de la frecuencia es seleccionable. Pulse la tecla Intro ● una vez.
4		El valor actual esta definido en 0 según el método de definición de frecuencia con el teclado. Pulse la tecla Subir ▲ cuatro veces.
5		Cuando llegue a 4 (definición de la frecuencia) pulse la tecla Intro ● una vez.
6		Se vuelve a visualizar Frq. Cuando el 4 deja de parpadear. Pulse la tecla Bajar ▼ cuatro veces.

En la tabla 4.7 indica como desplazarse entre los grupos.

Tabla 4.7. Desplazamiento entre grupos.

Desplazamiento entre grupos		
1		Se visualizara el primer código en el grupo de accionamiento"0.00" Pulse la tecla con la fecha a la derecha ► una vez para ir al grupo de funciones 1.
2		Se visualizara el primer código en el grupo de funciones 1 "F 0" Pulse la tecla con la fecha a la derecha ► una vez para ir al grupo de funciones 2.
3		Se visualizara el primer código en el grupo de funciones 2 "H 0" Pulse la tecla con la fecha a la derecha ► una vez para ir al grupo E/S.
4		Se visualizara el primer código en el grupo E/S "I 0" Pulse la tecla con la fecha a la derecha ► una vez para volver al grupo de accionamiento.
5		Se vuelve al primer código en el grupo de accionamiento"0.00"

En la tabla 4.8 indica el grupo de accionamiento de las entradas en los bornes I y CM.

Tabla 4.8. Grupo de accionamiento de la entrada 4-20mA.

Grupo	Código	Nombre del parámetro	definición	rango	Inicial
Grupo de accionamiento	0.00	[Comando de frecuencia]	-	0-400	0.00
	Frq	[Modo de frecuencia]	4	0-8	0
Grupo E/S	I11	[Constante temporal de filtro para la entrada I]	10	0-99	10
	I12	[Corriente mínima de entrada I]	-	0-20	4
	I13	[Frecuencia correspondiente a I12]	-	0-400	0.00
	I14	Corriente máxima de entrada I	-	0-20	20
	I15	Frecuencia correspondiente a I14	-	0-400	60.00

En la figura 4.12 indica el conexionado de los bornes entradas/salidas de control.

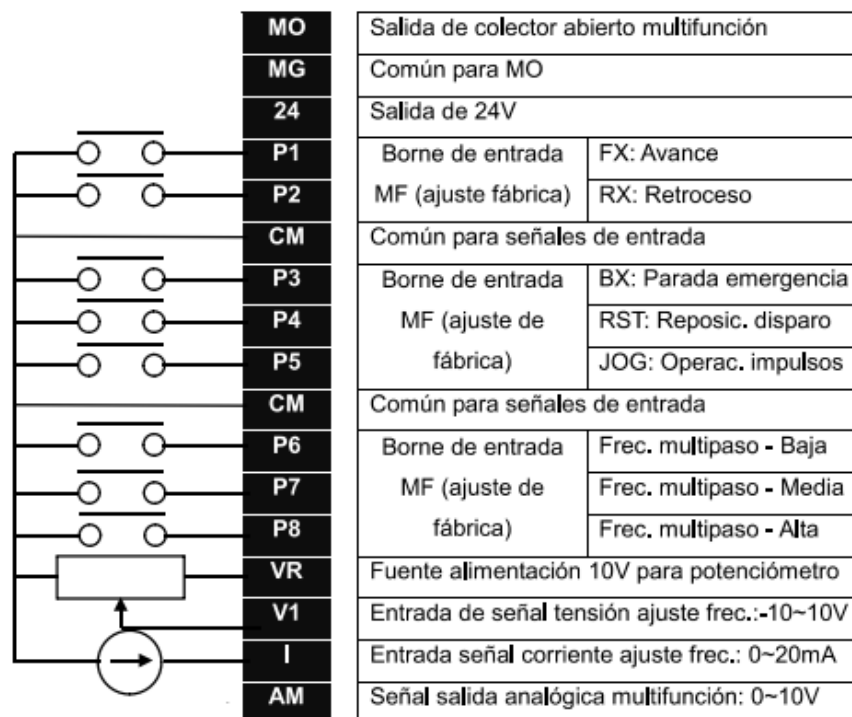


Figura 4.12. Conexionado de los bornes entradas/salidas de control.

Fuente: [36].

4.2.16 Transmisor de nivel Banner T30UXDB

En la tabla 4.9 se detalla las características del transmisor de nivel Banner T30UXDB:

Tabla 4.9. Características del transmisor de nivel Banner T30UXDB.

Características del transmisor de nivel	
Tipo	Ultrasónico
Salida	Analógica
Voltaje	24V
Señal	4-20mA

En la figura 4.13 indica el diagrama de conexión del transmisor de nivel Banner T30UXDB.

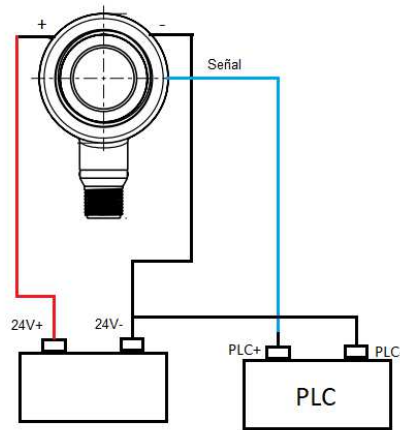


Figura 4.13. Diagrama de conexión del transmisor de nivel Banner T30UXDB.

Fuente: [37].

- **Parámetros de configuración del transmisor de nivel Banner T30UXDB**

Enseñar límites mínimos y máximos individuales, o Usar la función de Ventana automática para centrar una ventana de detección alrededor de la posición enseñada.

La duración de cada pulso (correspondiente a un "clic" del botón) y el período entre pulsos múltiples son "T": $0.04 \text{ segundos} < T < 0.8 \text{ segundos}$.

La configuración de la línea remota requiere una pausa de más de 1 segundo entre las secuencias de pulso.

Un clic de botón o pulso en la línea remota es: $0.04 \text{ s} < T < 0.8 \text{ s}$.

Ingrese al modo de configuración de velocidad de respuesta como se muestra en la tabla 4.10.

Configuración del modo: velocidad de respuesta.

El sensor analógico se pueden configurar para un tiempo de respuesta "rápido" o "lento" como se muestra en la tabla 4.11.

Tabla 4.10. Modo de configuración de velocidad de respuesta.

Método	Acción	Resultado
Presionar el botón	Mantenga presionado el botón MODE durante > 2 segundos.	LED de encendido: apagado LED de modo: el ámbar parpadeante muestra el modo seleccionado previamente
Entrada remota	Pulse dos veces la línea remota	LED de encendido: apagado LED de modo: el ámbar parpadeante muestra el modo seleccionado previamente

Tabla 4.11. Selección de velocidad de respuesta.

Método	Acción	Resultado
Presionar el botón	Haga clic en el botón MODO para pasar a la selección correcta: Rápido o Lento.	LED de encendido: LED de modo apagado: el ámbar parpadea para indicar el modo seleccionado actualmente (120 segundos de tiempo de espera ²)
Entrada remota	Pulso único para seleccionar lento; doble pulso para seleccionar Rápido	LED de encendido: encendido verde LED de modo: ON Ámbar muestra el modo seleccionado (el sensor vuelve al modo RUN)

El la tabla 4.12 indica guardar y regresar al modo ejecutar.

Tabla 4.12. Guardar y regresar al modo ejecutar.

Método	Acción	Resultado
Presionar el botón	Mantenga presionado el botón MODE durante más de 2 segundos.	LED de encendido: encendido LED de modo verde: ON ámbar para el modo seleccionado
Entrada remota	No se requiere ninguna acción; el sensor volverá al modo de ejecución.	Ninguna

- **Enseñanza de límites mínimos y máximos**

El sensor vuelve al modo EJECUTAR si la primera condición de ENSEÑANZA como se indica la tabla 4.13, no se registra dentro de los 120 segundos posteriores a la retención inicial de 2 segundos en el botón Analógico.

Para salir del modo TEACH sin guardar ningún cambio, mantenga presionado el botón Analogo la línea remota durante más de 2 segundos (antes de enseñar el segundo límite).

Después de que se enseña el primer límite como se muestra en la tabla 4.14, el sensor permanece en modo TEACH hasta que la secuencia TEACH termine o salga presionando por 2 segundos el botón Analógico o la línea remota.

En la tabla 4.15 indica como se configura el segundo limite dar clic en el botón en la línea remota es: $0.04 \text{ s} < T < 0.8 \text{ s}$.

Tabla 4.13. Modo enseñar.

Método	Acción	Resultado
Presionar el botón	Mantenga presionado el botón analógico durante más de 2 segundos.	LED de encendido: encendido LED de modo verde: ON ámbar para el modo seleccionado
Entrada remota	No se requiere acción; El sensor está listo para el primer límite de enseñanza.	Ninguna

Tabla 4.14. Primer límite.

Método	Acción	Resultado
Presionar el botón	Coloque el objetivo para el primer límite (120 segundos de tiempo de espera).	LED de señal: debe estar encendido rojo o rojo intermitente.
	"Haga clic" en el botón Analógico.	Enseña aceptado LED de encendido: apagado LED de salida: parpadeante Enseña no aceptado LED de salida: ENCENDIDO

Entrada remota	Posiciona el objetivo para el primer límite.	LED de señal: debe estar encendido rojo o rojo intermitente
	Pulso simple de la línea remota	Enseña aceptado LED de encendido: apagado LED de salida: parpadeante Enseña no aceptado LED de encendido: encendido

Tabla 4.15. Segundo límite.

Método	Acción	Resultado
Presionar el botón	Coloque el objetivo para el segundo límite (sin tiempo de espera)	LED de señal: debe estar encendido rojo o rojo intermitente
	"Haga clic" en el botón Analógico.	Enseña aceptado LED de salida: ENCENDIDO LED de encendido: encendido Enseña no aceptado LED de salida: parpadeante LED de encendido: apagado
Entrada remota	Coloque el objetivo para el segundo límite (sin tiempo de espera).	LED de señal: debe estar encendido rojo o rojo intermitente
	Pulso simple de la línea remota	Enseña aceptado LED de salida: se enciende LED de encendido: encendido Enseña no aceptado LED de salida: parpadeante LED de encendido: apagado

4.2.17 Transmisor de flujo de turbina GX-LTFM-25-304-4-D-D-T

En la tabla 4.16 se detalla las características del transmisor de flujo de turbina GX-LTFM-25-304-4-D-D-T:

Tabla 4.16. Características del transmisor de flujo de turbina GX-LTFM-25-304-4-D-D-T.

Características del transmisor flujo	
Tipo	Rodete turbina
Salida	Analógica
Voltaje	24V
Señal	4-20mA
Pantalla	Digital

En la figura 4.14 indica el diagrama de conexión del transmisor de flujo de turbina GX-LTFM-25-304-4-D-D-T.

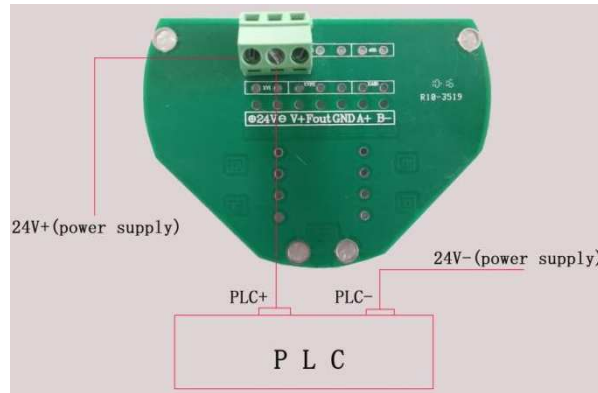


Figura 4.14. Diagrama de conexión del transmisor de flujo de turbina.

Fuente: [38].

- **Parámetros de configuración del transmisor de flujo de turbina GX-LTFM-25-304-4-D-D-T.**

En la tabla 4.17 indica los parámetros de configuración:

Tabla 4.17. Parámetros de configuración del transmisor de flujo de turbina.

Función	Ajuste/Descripción
Contraseña usuario	Se utilizara la contraseña 2010 que permite el paso a distintos tipo de ajuste.
Parámetros de flujo	

Unidad de flujo	Seleccionable: L/h (Litros/Hora), L/m (litros/minutos, L/s Litros/segundos), m ³ /h (metros cúbicos/hora), m ³ /m (metros cúbicos/minutos), m ³ /s (metros cúbicos/segundos)
Rango de flujo	Valor: 0-99999 (Este parámetro representa el caudal máximo del flujómetro) Cambiar este valor afectará otros parámetros y el valor de salida de corriente.
Respuesta de flujo	Tiempo de amortiguación/tiempo constante, valor predeterminado: 3 segundos Ajustando el valor largo puede aumentar la estabilidad del display de flujo y de salida digital, el cual es adecuado para el total acumulativo de la salida de pulso; el valor pequeño significa una proporción de respuesta rápida, la cual es adecuada para el control de producción.
Constante K	Ingreso de una constante basado en la cantidad de pulsos sobre metros cúbicos.
Función	Ajuste/Descripción
Contraseña usuario	Se utilizara la contraseña 2011 que permite el paso a distintos tipo de ajuste.
Parámetros de flujo	
Reseteo del sensor	Reiniciar los parámetros enviados de fabrica
Salida	
Tipo análogo	Seleccionable: 4-20mA /0-10mA , Seleccione el modo de salida de corriente correcto basado en la aplicación del usuario.
Tipo pulso	Seleccionable: (Frecuencia)/Pulso

4.2.18 Válvula proporcional TFA20-M-C

En la tabla 4.18 se detalla las características de la válvula proporcional TFA20-M-C:

Tabla 4.18. Características de la válvula proporcional TFA20-M-C.

Características de la válvula proporcional	
Error	+/- 1.6 grados
Salida	Analógica
Voltaje	24V
Señal	4-20mA

De acuerdo con la necesidad para el encendido/apagado del actuador, se debe realizar un programa en TIA PORTAL para el control como se indica en la figura 4.15.

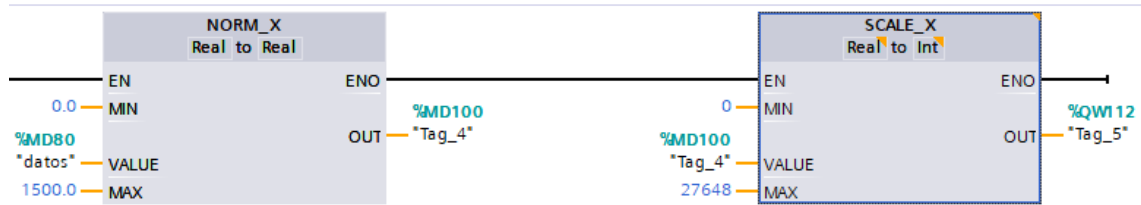


Figura 4.15. Control de la válvula proporcional TFA20-M-C.

En la tabla 4.19 indica los datos para ajustar la posición de la válvula proporcional:

Tabla 4.19. Datos para ajustar la posición de la válvula proporcional.

Posición de la válvula proporcional	Datos escalados
Cerrada	0
Parcialmente abierta	300
Abierta	600

5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Descripción del Equipo

El módulo de control en cascada de nivel consta de un circuito cerrado de agua, en el cual se suministra desde el tanque de reserva hacia el tanque principal en donde se realiza la medición de flujo y el control de nivel, los componentes principales del sistema son los transmisores de flujo y nivel, un variador de frecuencia y un PLC S7-1200 el cual recibe y procesa los datos para determinar las acciones a tomar de acuerdo a las necesidades y requerimientos del programa el cual se observara la acción en un HMI.

El bombeo de agua hacia el tanque principal se lo realiza por medio de una bomba, la misma es alimentada mediante un variador de frecuencia que suministra un flujo de acuerdo a la velocidad designada con el variador, la medición del nivel del agua en el tanque principal se la hace mediante un transmisor de nivel.

El figura 5.1 muestra de manera general el funcionamiento del sistema.



Figura 5.1. Módulo de control en cascada de nivel.

5.2 Parametros obtenidos con el programa obtención de datos para nivel

En el (anexo V) se indica los parámetros de obtención de datos para nivel.

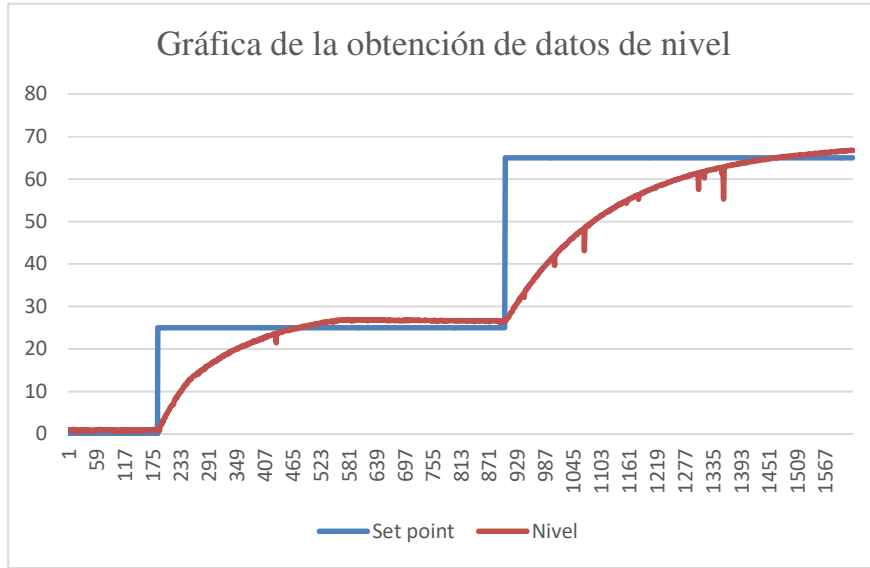


Figura 5.2. Gráfica de la obtención de datos de nivel.

5.3 Parametros obtenidos con el programa obtención de datos para flujo

En el (anexo VI) se indica los parámetros de obtención de datos para flujo.

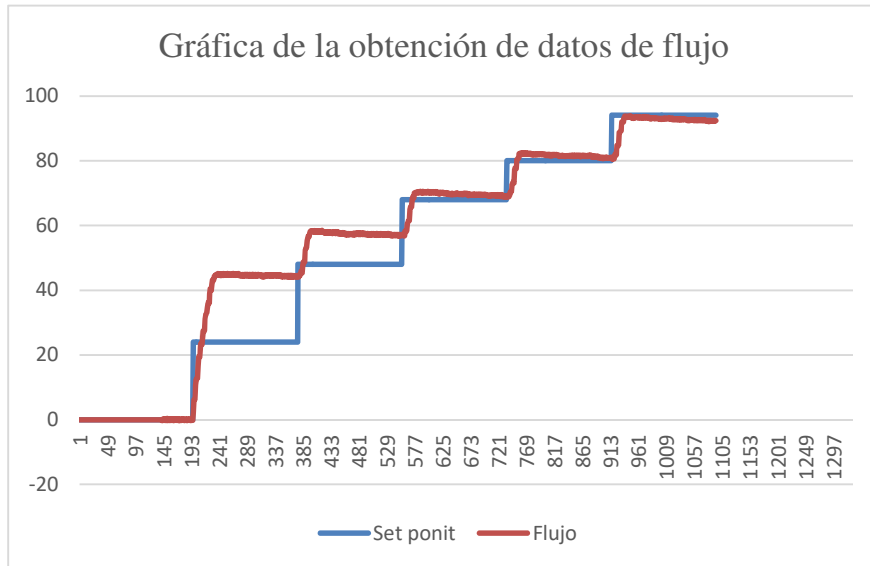


Figura 5.3. Gráfica de la obtención de datos de flujo.

5.4 Ecuaciones de la planta de nivel y flujo

$$\frac{k \exp(Td s)}{(1 + Tp1 s)} \qquad \frac{6.63e - 05}{s^2 + 0.05389 s + 1.033e - 08}$$

5.5 Parámetros del modelo matemático para nivel

En la tabla 5.1 se indica los parámetros del modelo matemático para nivel.

Tabla 5.1. Parámetros del modelo matemático de nivel.

K	T	L
1,299	208	0,677

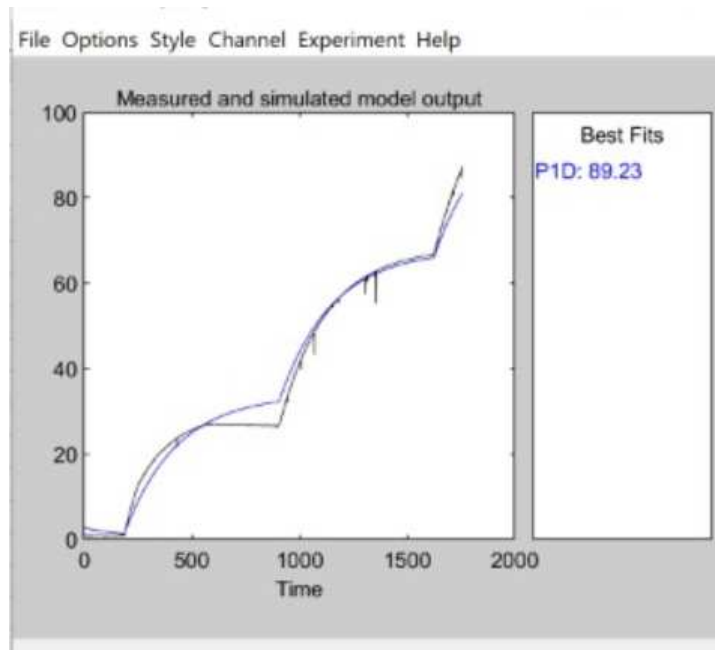


Figura 5.4. Gráfica de la obtención del modelo matemático de nivel.

5.6 Parámetros del modelo matemático para flujo

En la tabla 5.2 se indica los parámetros del modelo matemático para flujo.

Tabla 5.2. Parámetros del modelo matemático de flujo.

K	T	L
2,0869	11,45	0,001

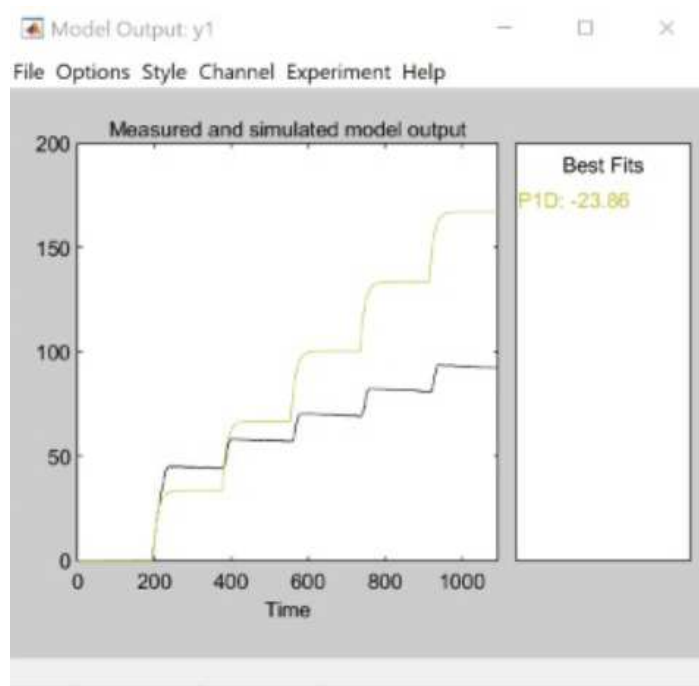


Figura 5.5. Gráfica de la obtención del modelo matemático de flujo.

5.7 Parámetros de sintonía para nivel obtenidos con el programa

En la tabla 5.3 se indica los parámetros de sintonía con un set point de 71 tiempo final de 25s y un retardo en la simulación de 10 ms para este caso el mejor método es el de Rovira.

Tabla 5.3. Parámetros de sintonía.

Métodos	Kp	Ti	Td
Ziegler-Nichols	0,682529	1,4046	0,35115
Lambda	0,09581	0,2493	0,08937
Rovira	2,151500	5,1000	0,148885

En la figura 5.6 se muestra la curva de sintonización del método de Ziegler and Nichols

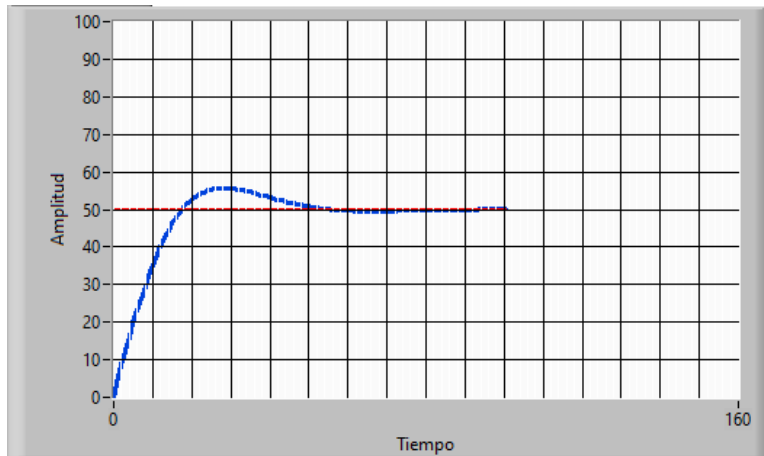


Figura 5.6. Método de Ziegler and Nichols.

En la figura 5.7 se muestra la curva de la sintonización del método de Lambda.

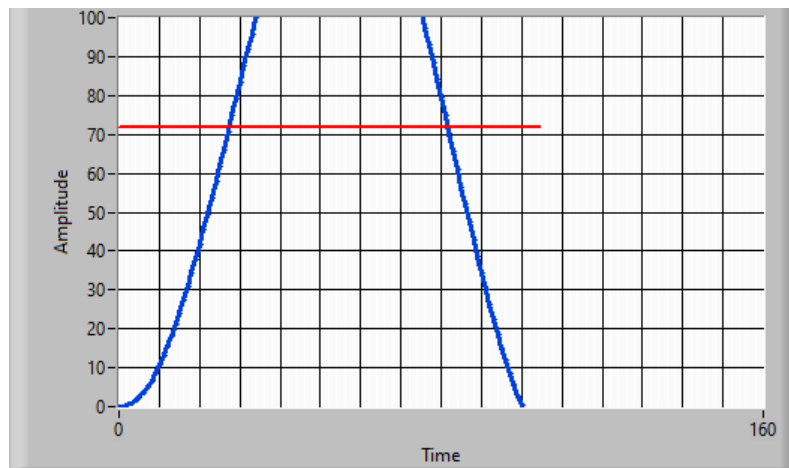


Figura 5.7. Método de Lambda.

En la figura 5.8 se muestra la curva de la sintonización del método de Rovira.

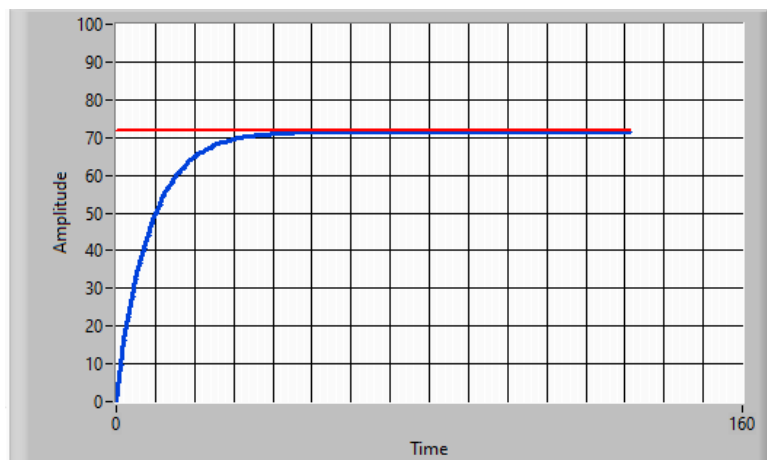


Figura 5.8. Método de Rovira.

5.8 Parámetros de sintonía para flujo obtenidos con el programa

En la tabla 5.4 se indica los parámetros de sintonía con un set point de 45 tiempo final de 15s y un retardo en la simulación de 0 ms para este caso el mejor método es el de Lambda.

Tabla 5.4. Parámetros de sintonía.

Métodos	Kp	Ti	Td
Ziegler-Nichols	0,682529	0,4046	1,35115
Lambda	1,05972	0,114505	4,99978E-5
Rovira	2,71228	0,00324676	2,148885

En la figura 5.9 se muestra la curva de sintonización del método de Ziegler and Nichols

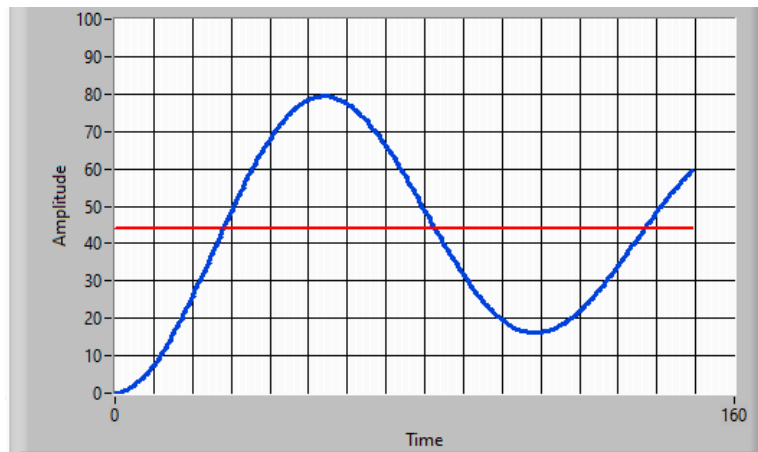


Figura 5.9. Método de Ziegler and Nichols.

En la figura 5.10 se muestra la curva de la sintonización del método de Lambda

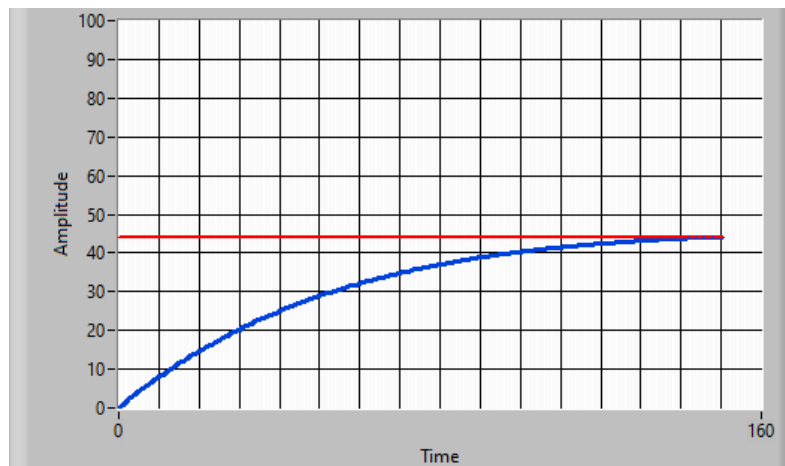


Figura 5.10. Método de Lambda.

En la figura 5.11 se muestra la curva de la sintonización del método de Rovira.

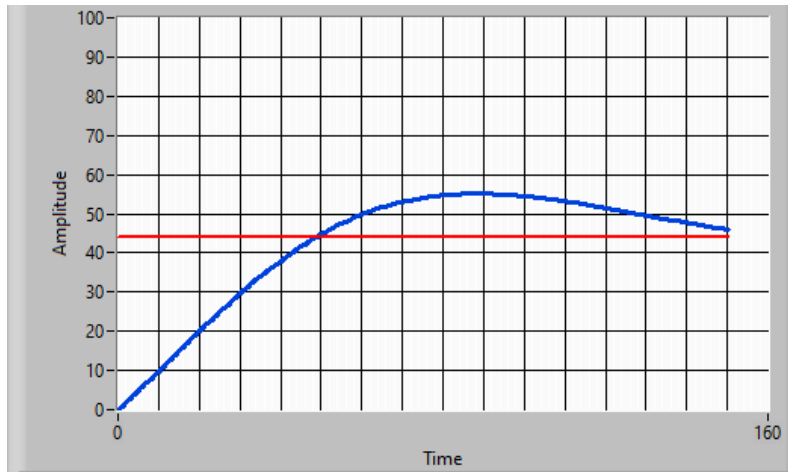


Figura 5.11. Método de Rovira.

Los parámetros obtenidos mediante el modelo matemático para sintonizar el PID en cascada se indica en la tabla 5,5.

Tabla 5.5. Parámetros de sintonía para el control en cascada

	Métodos	Ki	Ti	Td
Flujo	Lambda	+0,800	+10,150	+10,150
Nivel	Rovira	+0,951	+5,550	+0,854

5.9 Comparación de sintonía para el nivel entre el PID lazo simple con el PID cascada

En la figura 5,12 se observa el comportamiento de la Gráfica del PID en cascada que tiene un mejor tiempo de respuesta en la sintonización con respecto al PID lazo simple.

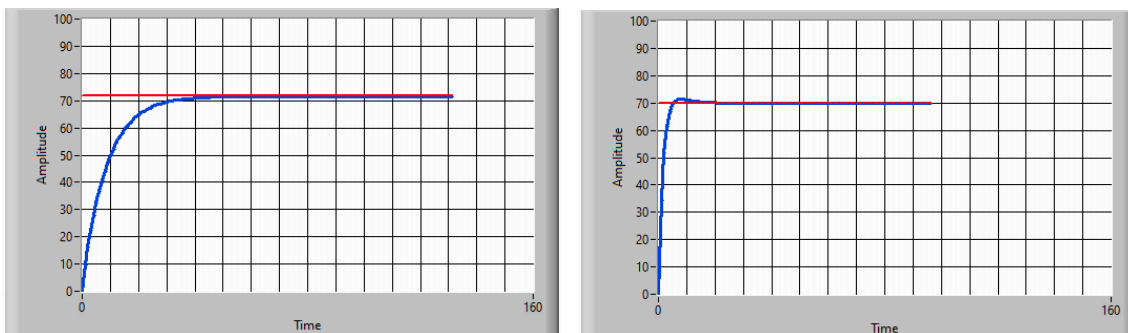


Figura 5.12. Comparación de sintonía para el nivel entre el PID lazo simple con el PID cascada.

5.10 Comparación de sintonía para el flujo entre el PID lazo simple con el PID cascada

En la figura 5,13 se observa el comportamiento de la Gráfica del PID en cascada que tiene un mejor tiempo de respuesta en la sintonización con respecto al PID lazo simple

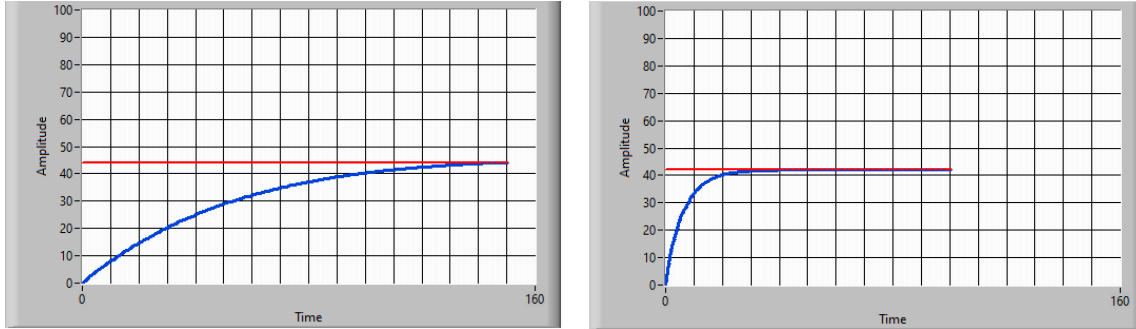


Figura 5.13. Comparación de sintonía para el flujo entre el PID lazo simple con el PID cascada.

5.11 Tiempo de estabilización para sintonizar nivel

En la tabla 5,6 se muestra los tiempos de estabilidad de cada curva en los diferentes métodos por su mejor respuesta se elijio el método de Rovira para sintonizar el nivel.

Tabla 5.6. Tiempo de estabilización para nivel

Métodos	Tiempo de estabilidad
Ziegler-Nichols	48.4 s
Lambda	66.9 s
Rovira	32.9 s

5.12 Tiempo de estabilización para sintonizar flujo

En la tabla 5,7 se muestra los tiempos de estabilidad de cada curva en los diferentes métodos por su mejor respuesta se elijio el método de Lambda para sintonizar el flujo.

Tabla 5.7. Tiempo de estabilización para flujo

Métodos	Tiempo de estabilidad
Ziegler-Nichols	66.9 s
Lambda	39.7 s
Rovira	66.9 s

5.13 Tiempo de estabilización entre PID lazo simple y PID cascada

Tabla 5.8. Tiempo de estabilización entre PID lazo simple y PID cascada

Métodos	Tiempo de estabilidad nivel	Tiempo de estabilidad flujo
PID lazo simple	32,9 s	39,7 s
PID cascada	1,1 s	2,1 s

5.14 Gráfica del comportamiento del PID lazo simple en tiempo real

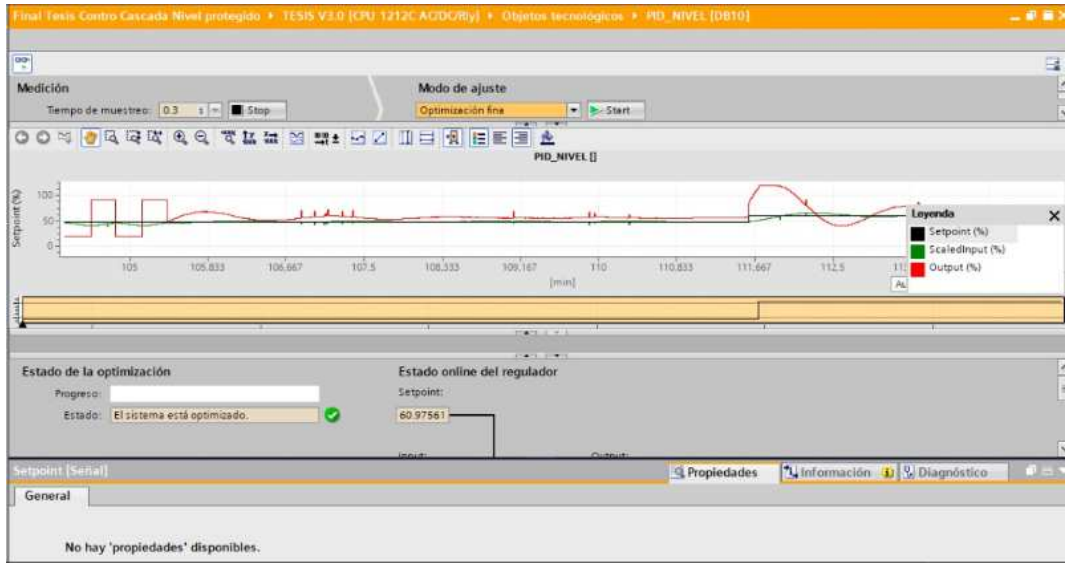


Figura 5.14. Gráfica del comportamiento del PID lazo simple en tiempo real.

5.15 Gráfica del comportamiento PID cascada de nivel

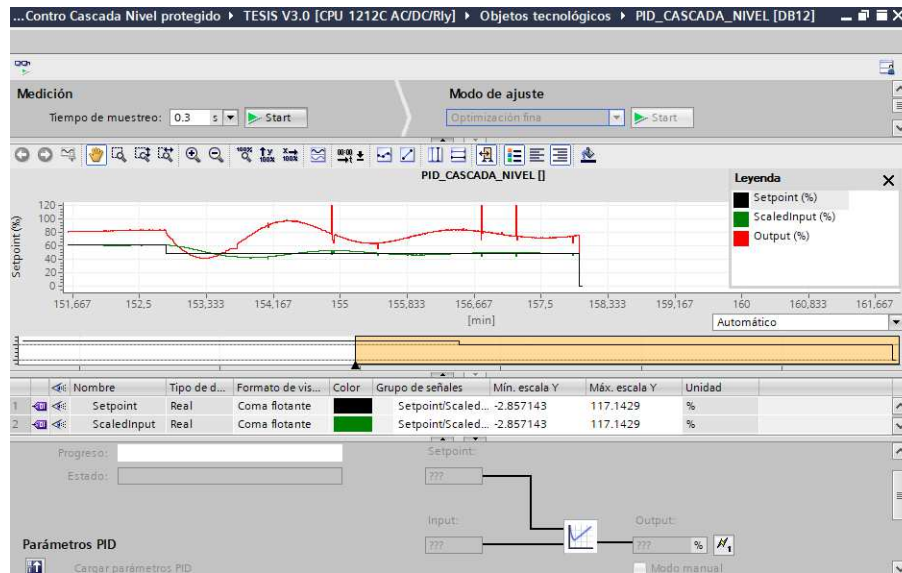


Figura 5.15. Gráfica de PID cascada de nivel.

5.16 Gráfica del comportamiento PID cascada de flujo

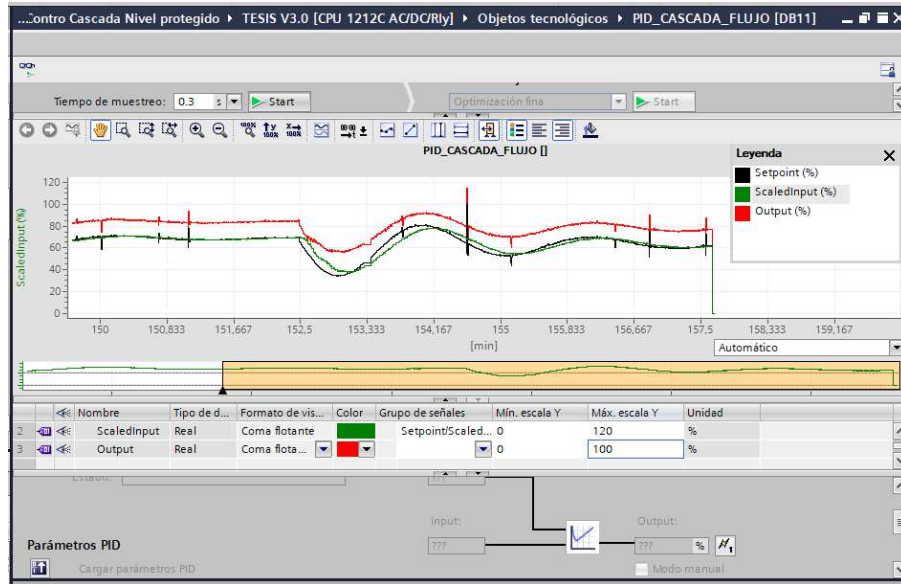


Figura 5.16. Gráfica de PID cascada de flujo.

5.17 Gráfica del comportamiento PID cascada nivel y flujo

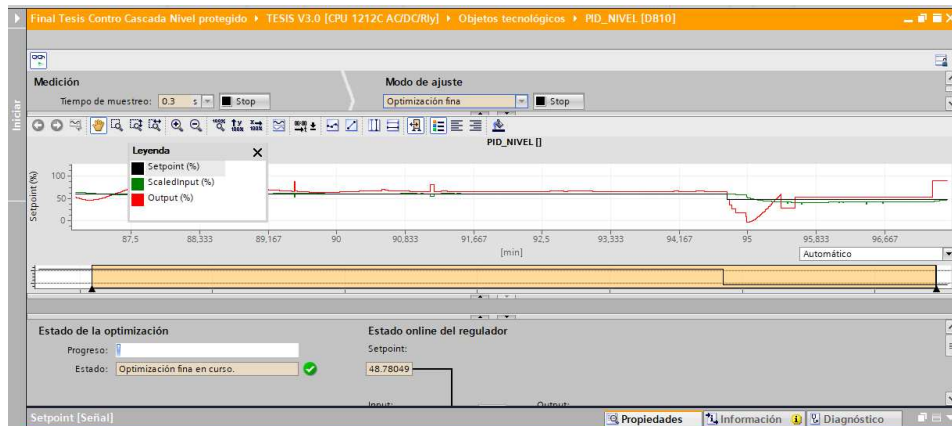


Figura 5.17. Gráfica del comportamiento PID cascada nivel y flujo.

5.18 Limites del valor real PID cascada

En la tabla 5.9 los indica los parámetros de los limites de valor real.

Tabla 5.9. Parámetros de los limites de valor real.

Limite superior del valor real	Limite inferior del valor real
120.0	-10.0

En la figura 5.18 nos indica la Gráfica de los límites de valor real.

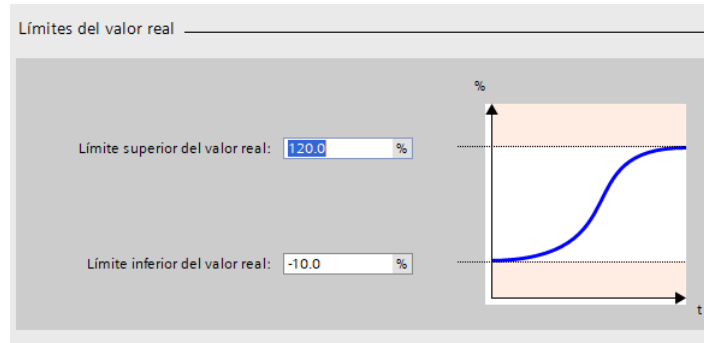


Figura 5.18. Gráfica de los límites de valor real.

Para tener una mejor sintonía se realizó un ajuste fijo de 3 segundos dando como resultado los siguientes datos que se indican en la tabla 5.10.

Tabla 5.10. Parámetros del ajuste fino.

Coefficiente retardado derivativo	0.1
Ponderación de la acción P	0.252958
Ponderación de la acción D	0.0
Tiempo de muestreo algorítmico	0.1

5.19 Comportamiento de la grafica de los tres métodos

En la figura 5,19 se observa el comportamiento de la grafica de los tres métodos

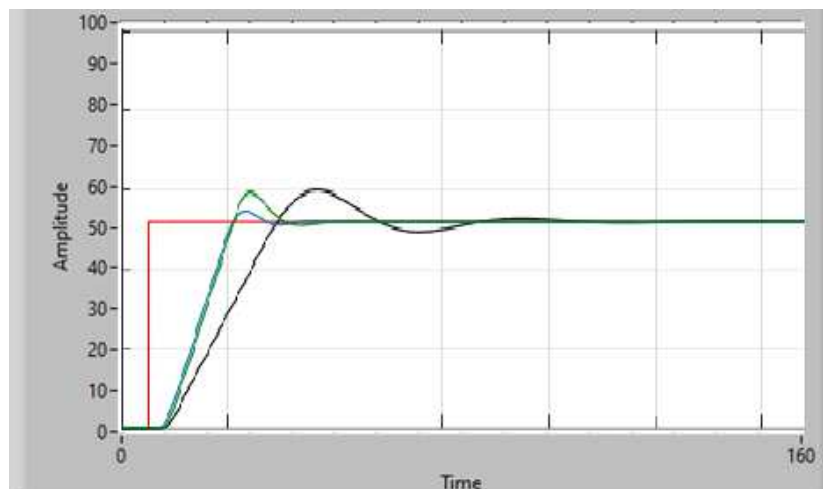


Figura 5.19. Comportamiento de la grafica de los tres métodos.

6. PRESUPUESTO

Este numeral de la propuesta tecnológica detalla el aspecto financiero del desarrollo e implementación del módulo de control en cascada de nivel.

6.1 Análisis financiero

6.1.1 Costos Directos

En la tabla 6.1 se aprecia los costos de los materiales que se emplearán en la construcción del módulo de control en cascada de nivel importados desde china.

Tabla 6.1.Desglose de elementos importados.

ITEM	VALOR UNIT (\$)	PROCEDENCIA	CANTIDAD	COSTO TOTAL (\$)
Transmisor de nivel	342,96	China	1	342,96
Transmisor flujo	438,78	China	1	438,78
Rotámetro	140,00	China	1	140,00
Válvula proporcional	250,00	China	1	250,00
Plugs hembra y macho	0,8	China	250	200
TOTAL				1371,74

En la tabla 6.2 se aprecia los costos de los materiales PVC que se emplearon para la estructura del módulo

Tabla 6.2.Desglose de materiales PVC.

ITEM	VALOR UNIT (\$)	DIMENSIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO TOTAL (\$)
Tubería PVC	21,00	1	pulg	1	21,00
Universales PVC	1,00	1	pulg	12	12,00
Codos PVC	1,75	1	pulg	10	17,50
Válvulas de paso PVC	3,50	1	pulg	8	28,00
Válvula check	5,00	1	pulg	1	5,00
Acoples PVC	4,80	1	pulg	3	14,40
TOTAL					97,9

En la tabla 6.3 se aprecia los costos de los materiales que se emplearon para la estructura metálica del módulo

Tabla 6.3. Desglose de materiales para la estructura metálica.

ITEM	VALOR UNIT (\$)	DIMENSIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO TOTAL (\$)
Tubería rectangular	9,00	1,96x9,84	pulg	2	18,00
Hoja de tol	18,00	0,08	pulg	1	18,00
Garrucha	1,70	3	pulg	4	6,80
TOTAL					42,80

En la tabla 6.4 se aprecia los costos de los materiales extras que se emplearon en el módulo.

Tabla 6.4. Desglose de materiales extras.

ITEM	VALOR UNIT (\$)	DIMENSIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO TOTAL (\$)
Tanque de acrílico	80,00	1,96x9,84	pulg	1	80,00
Tanque de acrílico	100,00	0,08	pulg	1	100,00
Extras	26,50	3	pulg	1	26,50
TOTAL					206,50

6.1.2 Costos de maquinaria

No se realiza costo por uso de herramientas pues cada uno de los tesisistas contaba con sus herramientas de trabajo y se lo realizó en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la UTC.

6.1.3 Costos de transporte

En la tabla 6.5 representa la movilización interna de la ciudad.

Tabla 6.5. Costos de transporte

TRANSPORTE	COSTO TOTAL (\$)
Transporte al interior de la provincia	20,00
SUBTOTAL	20,00

6.1.4 Costos indirectos

6.1.4.1 Costos ingenieril

En la tabla 6.6 se puede apreciar los costos indirectos del diseño del módulo de control en cascada que es considerado el 10% del total de los gastos directos.

Tabla 6.6. Costos indirectos

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Costos directos	1738,90
Costos indirectos	173,90
INVERSIÓN TOTAL	1.912,80

Como se puede apreciar en la tabla 6.3, la inversión total del proyecto es de **1.912,80 (mil novecientos doce y 80/100) dólares**.

6.2 Calculo del VAR y TIN

En el ámbito económico para la implementación del módulo se toma en cuenta que durante 8 años se debe recupera la inversión en la tabla se detalla el valor en donde se obtiene un VAN de 960,65 y un TIR del 21,95%.

Tabla 6.7. Calculo del VAR y TIN.

DATOS	VALORES
Número de Periodos	8
Tipo de Periodo	Anual
Tasa de Descuento	10%

DETALLE PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
FLUJO NETO EFECTIVO PROYECTADO	-1.912,80	500	500	400	600	700	500	400	800

Nro.	FNE	(1+i)^	FNE/(1+i)^
0	-1.912,80		-1.912,80
1	500,00	1,10	454,55
2	500,00	1,21	413,22
3	400,00	1,33	300,53
4	600,00	1,46	409,81
5	700,00	1,61	434,64
6	500,00	1,77	282,24
7	400,00	1,95	205,26
8	800,00	2,14	373,21
TOTAL			960,65

VAN	960,65
------------	---------------

Tasa de Descuento	VAN
0%	2.487,20
5%	1.603,38
10%	960,65
15%	482,20
20%	118,37
25%	-163,69
30%	-386,25
35%	-564,70
40%	-709,88
45%	-829,59
50%	-929,50
55%	-1.013,82
60%	-1.085,69

TIR	21,95%
------------	---------------

6.3 Análisis de impactos

6.3.1 Impacto práctico

El módulo de control en cascada está diseñado para cumplir los requerimientos y necesidades al momento de realizar las practicas requeridas, especialmente en la parte de seguridad ya que cuenta con un sistema de Breaker 3 Polos para la bomba y el variador de frecuencia, el módulo es una gran ayuda ya que se podrá identificar los transmisores de nivel y flujo reconcer que tipo de entrada es (analógica o digital) a la vez facilitando la enseñanza-aprendisaje en la formación de futuros Ingenieros Electromecánicos.

6.3.2 Impacto tecnológico

Para la Carrera de Ingeniería en Electromecánica se realizo el aporte de un módulo de control en cascada de nivel el cual los estudiantes podran observar los controladores ON-OFF y PID. Con el afán de estar a la par con el avance de la tecnología dentro del campo de la optimización de recursos y procesos industriales, hemos tratado de implementar un módulo que esté a nivel tecnológico de cualquier instalación industrial existente, ubicando transmisores, PLC, equipamiento de conexionado.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- El control en cascada eliminar el efecto de perturbaciones haciendo que la respuesta de regulación del sistema sea más estable y más rápida, mejorando también la dinámica del lazo de control ya que el primario recibe ayuda del controlador secundario para lograr una gran reducción en la variación de la variable primaria.
- En la comparación entre los métodos de Ziegler-Nichols, Lambda y Rovira da como resultado que el mejor método de sintonía para la señal de nivel es Rovira con un tiempo de estabilidad de 32,9s y para la sintonía de la señal de flujo es Lambda con un tiempo de estabilidad de 39,75s.
- El tiempo de estabilidad del PID lazo simple para nivel es de 32,9s para flujo es de 39,7s a comparación de un PID en cascada que es mucho más rápido con un tiempo para nivel de 1,1s y para flujo de 2,1s dando así como resultado al momento de una perturbación se estabilizará más rápido.

7.2 Recomendaciones

- Para el funcionamiento del módulo de control en cascada revisar las guías de operación y mantenimiento de cada uno de los transmisores que se encuentran instalados, además del manual del variador de frecuencia, esto evitara cometer errores al momento de realizar las practicas.
- Realizar el mantenimiento preventivo cada 12 meses para evitar fallas en el módulo de control en cascada de nivel



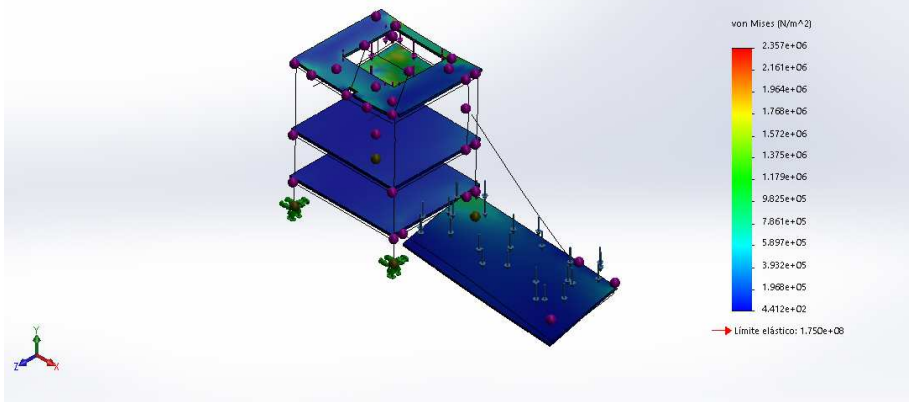
8. BIBLIOGRAFIA

- [1] UNESCO, «areas y subáreas del conocimiento unesco,» 1997. [En línea]. Available: <https://www.puce.edu.ec/intranet/documentos/PISP/PISP-Areas-Subareas-Conocimiento-UNESCO-Manual-SNIESE-SENESCYT.pdf>. [Último acceso: 12 octubre 2019].
- [2] Siemens, «s71200_system_manual,» 06 2015. [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/121/109478121/att_851434/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf. [Último acceso: 22 12 2019].
- [3] K. T. & Y. T, « Design of a Data-Oriented Cascade Control System. IEEJ Transactions On Electronics, Information And Systems,» *PoliPaper*, vol. 1, n° 1, pp. 703-709, 2006.
- [4] E. D. G. OROSCO, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL DE CAUDAL PARA EL LABORATORIO DE CONTROL DE LA EIE-CRI DE LA ESPOCH,» ESPOCH, Riobamba, 2012.
- [5] I. N. T. V. U. ING. BYRON RAMIRO ROMERO ROMERO, «“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLADORES PID Y CONTROL ADAPTATIVO DE GANANCIAS PROGRAMADAS CON LAS VARIABLES NIVEL Y CAUDAL EVALUADOS SOBRE UN MÓDULO DIDÁCTICO”,» ESPOL, Guayaquil, 2016.
- [6] R. M. C. M. JOSEPH VERGARA, «PROTOTIPO PARA CONTROL AUTOMÁTICO DE NIVEL Y CAUDAL DE LÍQUIDOS,» *INGENIUS*, n° N° 6, pp. 9-18, 2011.
- [7] A. Solé, «Instrumentación Industrial,» Alfaomega, Mexico , 2010.
- [8] Banner, «MANUALS DIRECTORY,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.manualsdir.com/manuals/587218/banner-u-gage-t30ux-ultrasonic-sensors.html?page=12>. [Último acceso: martes octubre 2019].
- [9] Tecfluid, «tecfluid the ard of measuring,» 2018. [En línea]. Available: <https://tecfluid.com/caudalímetros-turbina-industria-proceso/>. [Último acceso: jueves octubre 2019].
- [10] W. TOMASI, «Sistemas de Comunicaciones Electrónicas,» PEARSON EDUCACIÓN, Mexico, 2003.
- [11] J. Martinez, «SETEFER,» Instrumentos industriales, 10 2008. [En línea]. Available: http://www.setefer.com/index.php?page=shop.product_details&product_id=1010&f.
- [12] L. RODRÍGUEZ, «materiales de laboratorio,» 20 octubre 2019. [En línea]. Available: <https://materialeslaboratorio.com/rotámetro/>. [Último acceso: viernes noviembre 2019].
- [13] S. ELECTROMEK SHOP, «Zuendo,» [En línea]. Available: https://www.zuendo.com/smartblog/21_usos-del-variador-inversor-frecuencia.html. [Último acceso: miercoles 2019 noviembre].
- [14] I. g. y. m. d. españa, «<http://www.igme.es/default.asp>,» [En línea]. Available: https://www.igme.es/ZonaInfantil/MateDivul/guia_didactica/pdf_carteles/cartel4/CARTEL%204_4-4.pdf. [Último acceso: 4 noviembre 2019].
- [15] E. y. d. C. departamentos de Ingeniería Eléctrica, «<http://www.ieectqai.uned.es>,» 17 julio 2017. [En línea]. Available:

- http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf.
[Último acceso: 10 noviembre 2019].
- [16] F. Miyara, «convertidores D/A y A/D,» Publicado en Internet, Rosario, Argentina, 2004.
- [17] A. 21, «Qué es un HMI, para que sirve la interfaz hombre-máquina,» [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/>. [Último acceso: 15 noviembre 2019].
- [18] S. ENVAFILM, «MCBtec,» 2004-2015. [En línea]. Available: http://www.mcbtec.com/que_es_un_control_PID.html#LOGO. [Último acceso: 24 noviembre 2019].
- [19] K. Ogata, «Ingeniería de Control Moderna,» Prentice Hall.
- [20] C. Pardo., «Pecuno, tecno recursos,» [En línea]. Available: <https://www.picuino.com/es/arduprog/control-pid.html>. [Último acceso: 28 noviembre 2019].
- [21] L. Acebe, «Diseño de controladores,» Departamento de sistemas automáticos. Universidad de Valladolid., Valladolid, 2012.
- [22] S. A. C. Giraldo, «control automatico educacion,» 2020. [En línea]. Available: <https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/ziegler-nichols-sintonia-de-control-pid/>. [Último acceso: 20 diciembre 2019].
- [23] S. Marcos, «Sintonia de reguladores PID,» Departamento de informática y automática, Salamanca, 2007.
- [24] k. Ogata, «Ingeniería de control moderna,» Pearson -hall, Madrid España, 2004.
- [25] A. V.M., «Métodos de sintonización de controladores PID que operan como reguladores,» San José de Puerto Rico, 2002.
- [26] P. Perez, «Diseño y automatización industrial,» Catalunya, Barcelona España, 2010.
- [27] B. I.D., «Diseño y simulación de un sistema de control utilizando el mecanismo PID para un sistema de segundo orden,» Cundinamarca, 2012.
- [28] F. A., «Control en cascada,» Santa Fe México, 2009.
- [29] G. J.M., «Automatización de procesos industriales,» Euskadi España, 2002.
- [30] C. M.R., «Control de procesos,» Tucuman-Argentina, 2003.
- [31] C. M.A., «Control de cascada,» Colombia-Barranquilla, 2011.
- [32] J. I. Q. AviLa, «academia.edu,» [En línea]. Available: https://www.academia.edu/4968029/Control_On-Off. [Último acceso: 20 diciembre 2019].
- [33] R. HERNÁNDEZ, C. FERNÁNDEZ y P. BAPTISTA, Metodología de la Investigación, Quinta edición ed., México: McGRAW-HILL, 2010, pp. 33-82.
- [34] Siemens, «Simatic Módulo de salidas analógicas,» 03 2016. [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/612/59753612/att_886745/v1/et200sp_aq_4xu_i_st_manual_es-ES_es-ES.pdf. [Último acceso: 24 12 2019].
- [35] SIEMENS, «Controlador Programable S7-1200,» Siemens AG, Alemania, 2015.
- [36] L. I. System, «Manual_Variador,» Pol. Ind. La Torre del rector, Barcelona España, 2008.

- [37] J. Gao, Ultrasonic Level Meter Manual, China: Company Ultrasonic, 2010.
- [38] S. Cixi, Turbine Flow Meter User Manual, Shanghai: Automatización y procesos, 2011.
- [39] L. O. F. Martinez, «propuesta de un plan alternativo de optimización energética,» espacios Vol 1 n°1,p.4,, 2019.

9. ANEXOS

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS		Ingeniería Electromecánica		
9.1 Anexo I (Análisis estructural del módulo)		Pág. 1-1			
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.116849	981	-0.116848	981
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33
Nombre	Tipo			Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises			0.000e+00 N/m ² Nodo: 18393	2.357e+06 N/m ² Nodo: 18230
<div style="font-size: small;"> Nombre del modelo: MESA_SEGUNDA estructura completa Nombre de estudio: Análisis estático [(Predefinido) Como mecanizada]-] Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1 Escala de deformación: 1545.99 </div> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">MESA DEL MÓDULO DE CONTROL estructura completa-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1</p>					



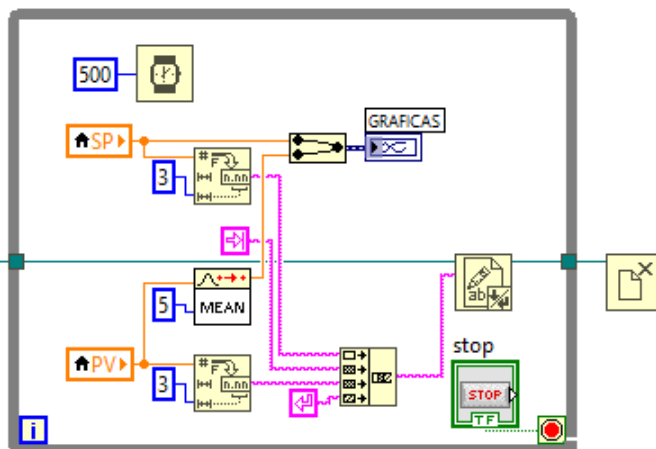
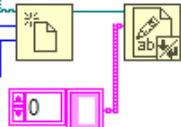
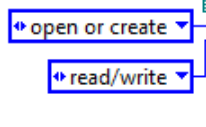
9.2 Anexo II (Programación de software para recopilación de datos)

Pág. 1-1

SP



file path (use dialog)





9.3 Anexo III (Programación de software para el modelo matemático)

Pág. 1-1

```
>> w= [ ];
```

```
>> r = linspace;
```

Not enough input arguments.

Error in linspace (line 19)

```
    n = floor(double(n));
```

```
>> r= linspace(1,1,34409);
```

```
>> r1=1590*r;
```

```
>> r2=r1';
```

```
>> ident;
```

Warning: The "ident" command is obsolete and may be removed in a future release of MATLAB. Use the "systemIdentification" command instead.

> In ctrlMsgUtils.warning (line 25)

 In ident (line 44)

ident

Warning: MATLAB has disabled some advanced graphics rendering features by switching to software OpenGL. For more information, click here.

Error using waitbar (line 92)

The second argument must be a message character vector or a handle to an existing waitbar.

Error in ident (line 133)

```
    waitbar(0.1,hWaitbar);
```

Warning: The "ident" command is obsolete and may be removed in a future release of MATLAB. Use the "systemIdentification" command instead.

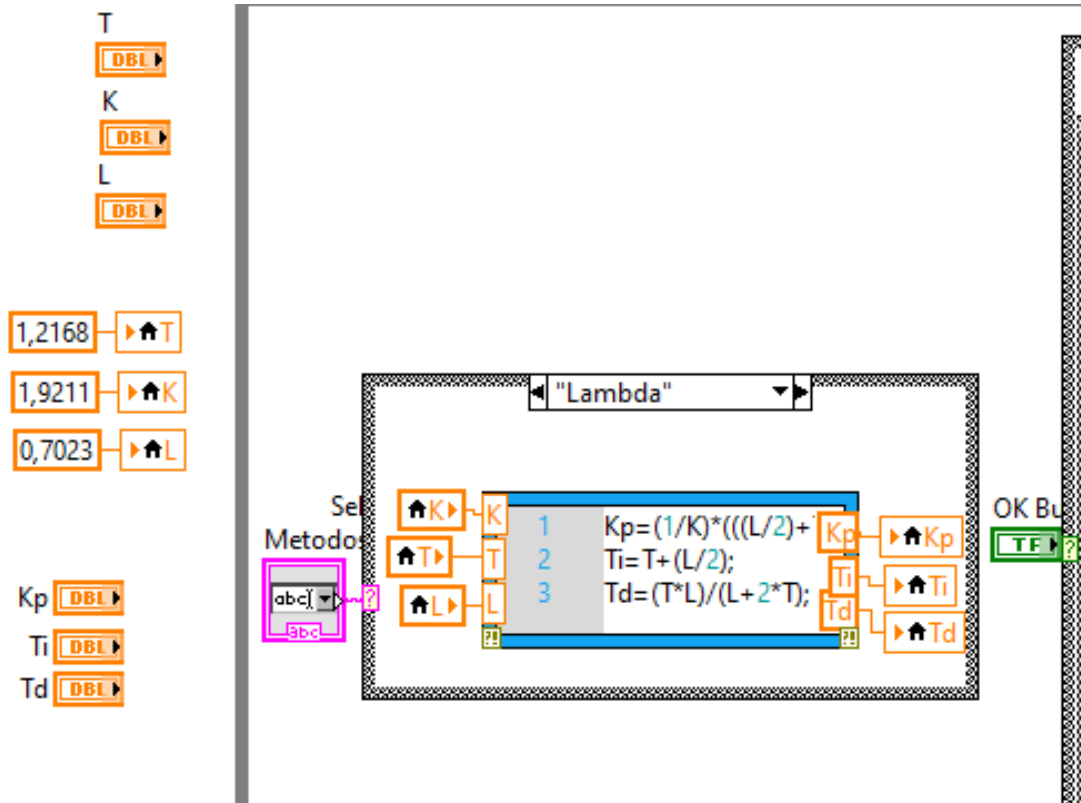
> In ctrlMsgUtils.warning (line 25)

```
In ident (line 44)
>> tf1
tf1 =
From input "u1" to output "y1":
    6.63e-05
-----
s^2 + 0.05389 s + 1.033e-08
Name: tf1
Continuous-time identified transfer function.
Parameterization:
    Number of poles: 2  Number of zeros: 0
    Number of free coefficients: 3
    Use "tfdata", "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.
Status:
Estimated using TFEST on time domain data "mydata".
Fit to estimation data: 99.9% (stability enforced)
FPE: 370.7, MSE: 370.6
>> step(tf1)
```



9.4 Anexo IV (Programación de software dinámica del proceso
sintonización del PID)

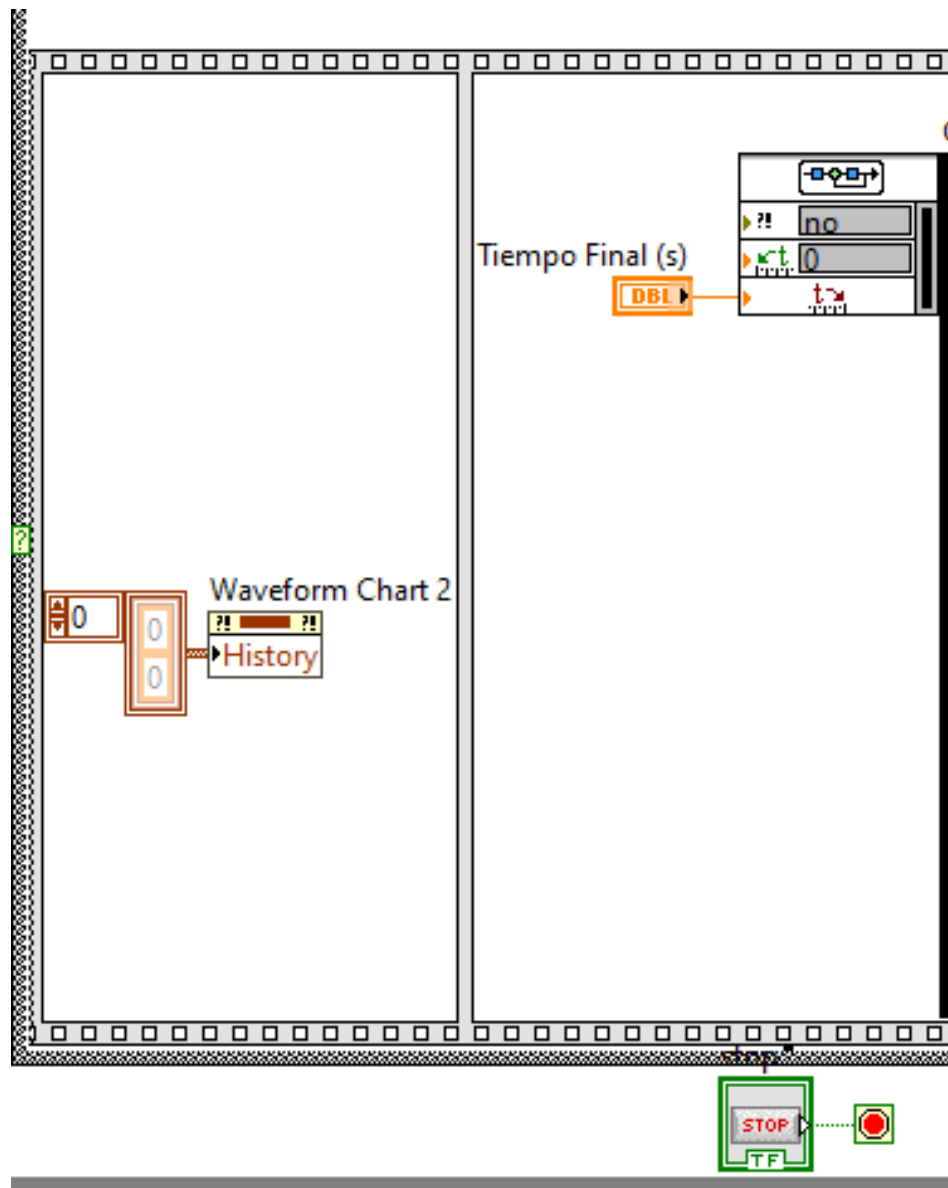
Pág. 1-3





Anexo IV (Programación de software dinámica del proceso
sintonización del PID)

Pág. 2-3





9.5 ANEXO V (Parámetros de obtención de datos para nivel)

Pág. 1-1

SP	PV
0	1,013
0	0,815
0	0,869
25	0,986
25	0,954
25	0,806
25	0,725
25	1,107
25	1,773
25	2,084
25	2,16
25	2,304
25	2,7
25	3,042
25	2,943
25	3,317
25	3,591
25	3,735
25	4,001
25	4,262
25	4,379
25	4,689
25	4,928
25	4,977
25	5,288
25	5,45
25	5,526
25	5,715
25	6,066
25	6,314
25	6,354

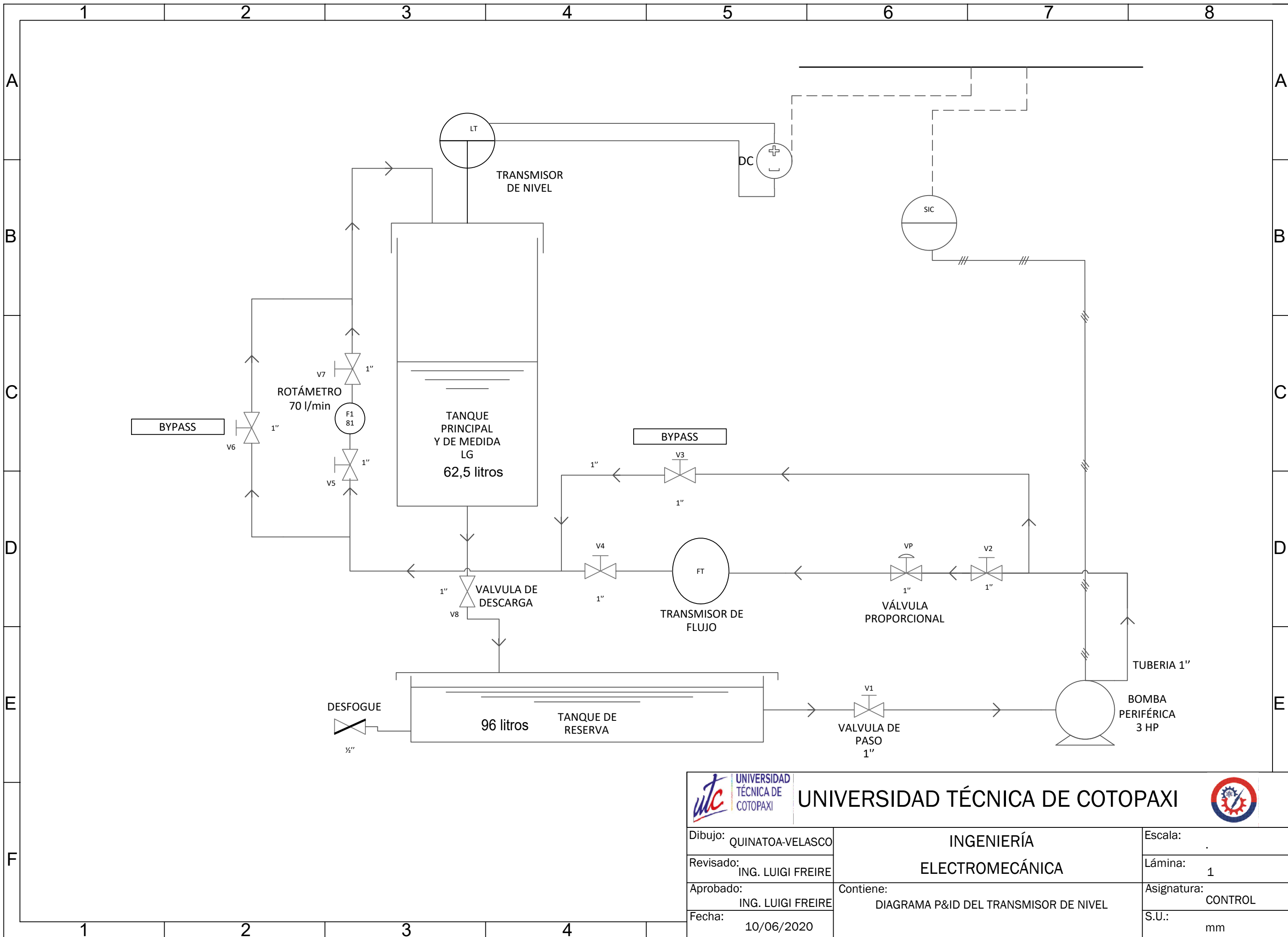


9.6 ANEXO VI (Parámetros de obtención de datos para flujo)

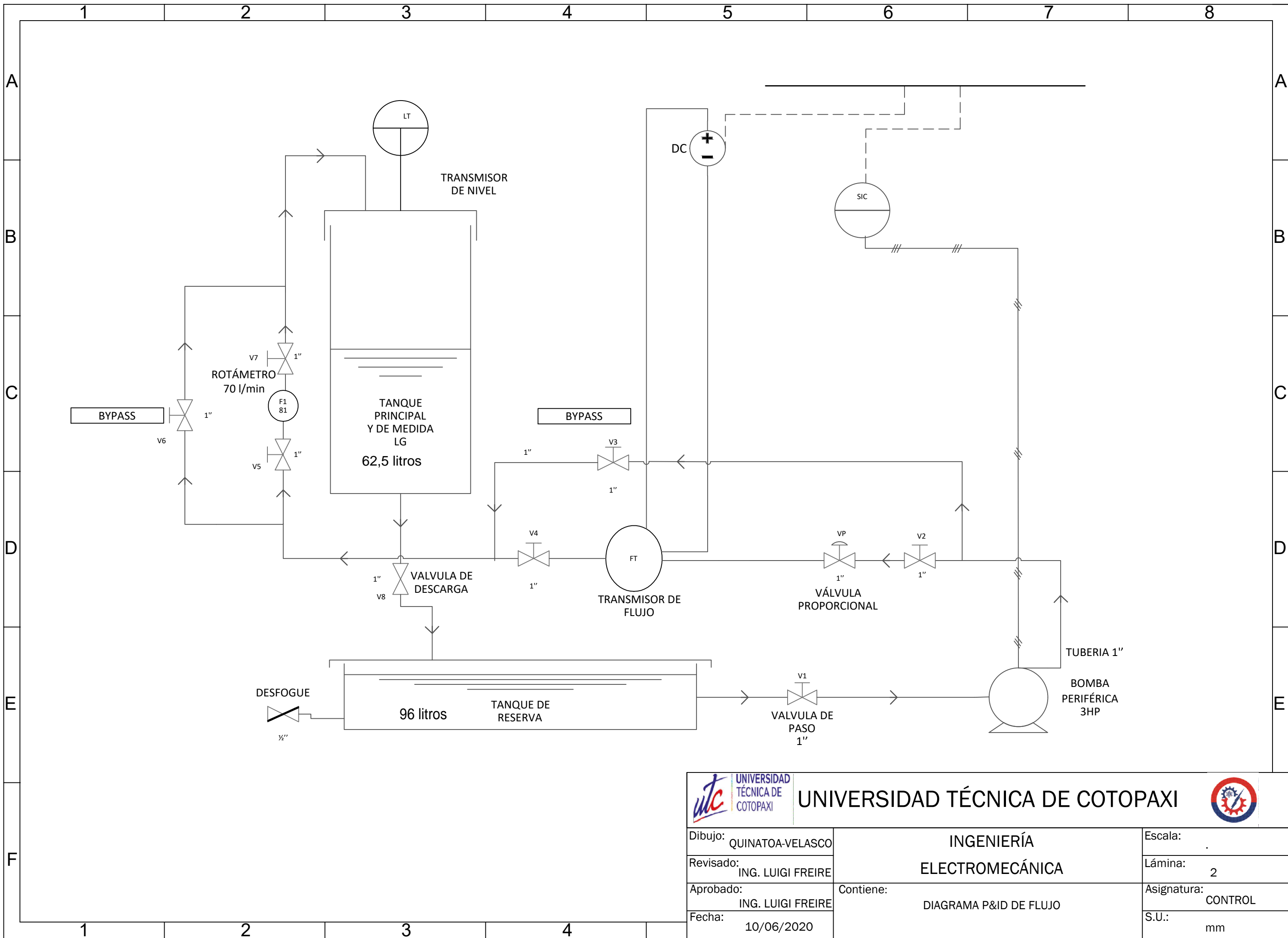
Pág. 1-1

SP	PV
0	-0,105
0	-0,127
24	2,226
24	6,108
24	6,171
24	6,54
24	10,717
24	12,331
24	12,806
24	12,859
24	16,677
24	19,325
24	19,599
24	19,441
24	22,162
24	23,492
24	23,133
24	23,249
24	25,348
24	27,384
24	27,194
24	27,648
24	31,097
24	32,363
24	32,753
24	33,049
24	34,631
24	35,886
24	36,371
24	36,065
24	38,935
24	40,432
24	45,878

PRÁCTICAS DE LABORATORIO



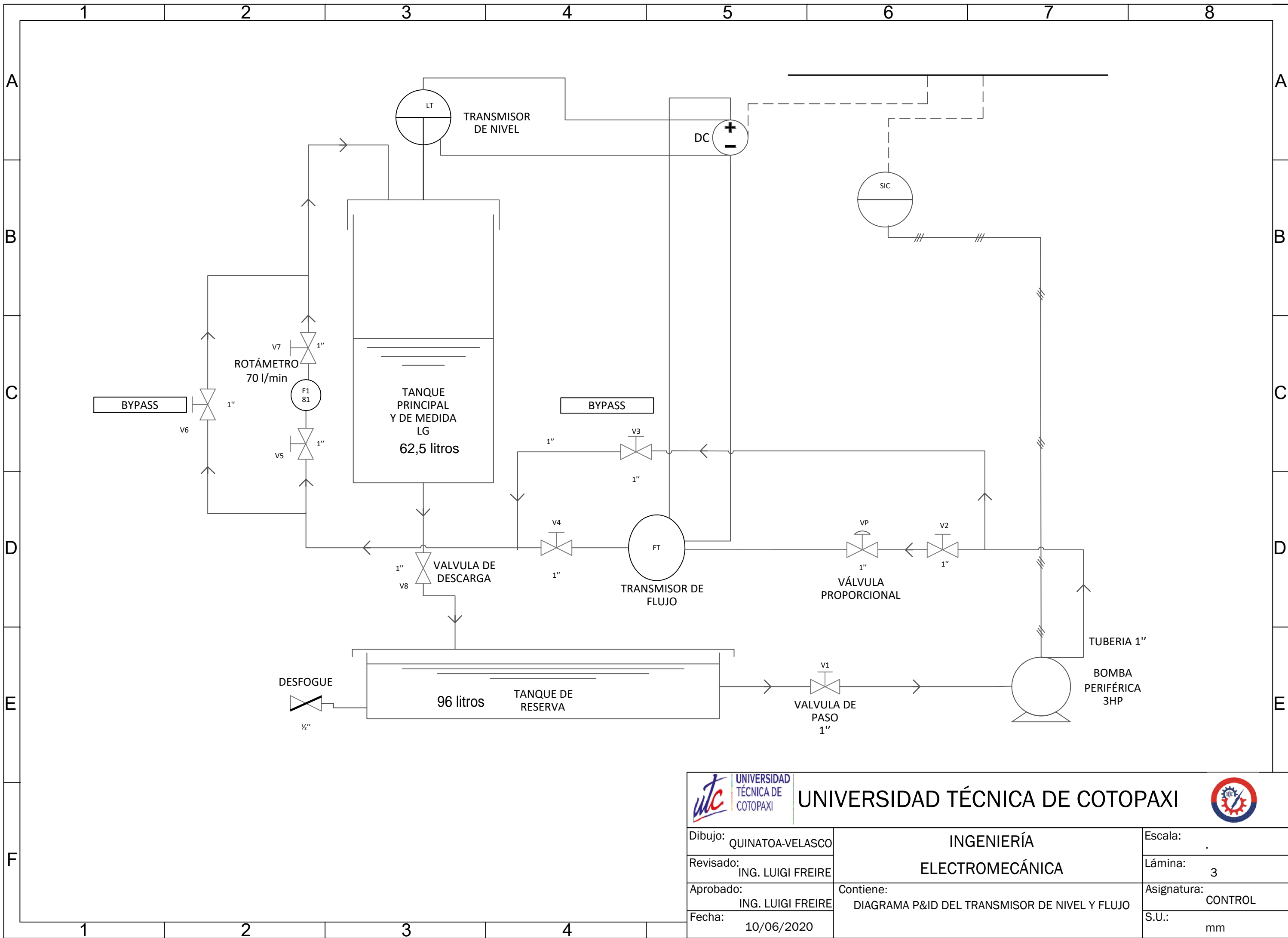
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 		
Dibujo: QUINATOVA-VELASCO	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	Escala: .
Revisado: ING. LUIGI FREIRE		Lámina: 1
Aprobado: ING. LUIGI FREIRE	Contiene: DIAGRAMA P&ID DEL TRANSMISOR DE NIVEL	Asignatura: CONTROL
Fecha: 10/06/2020		S.U.: mm




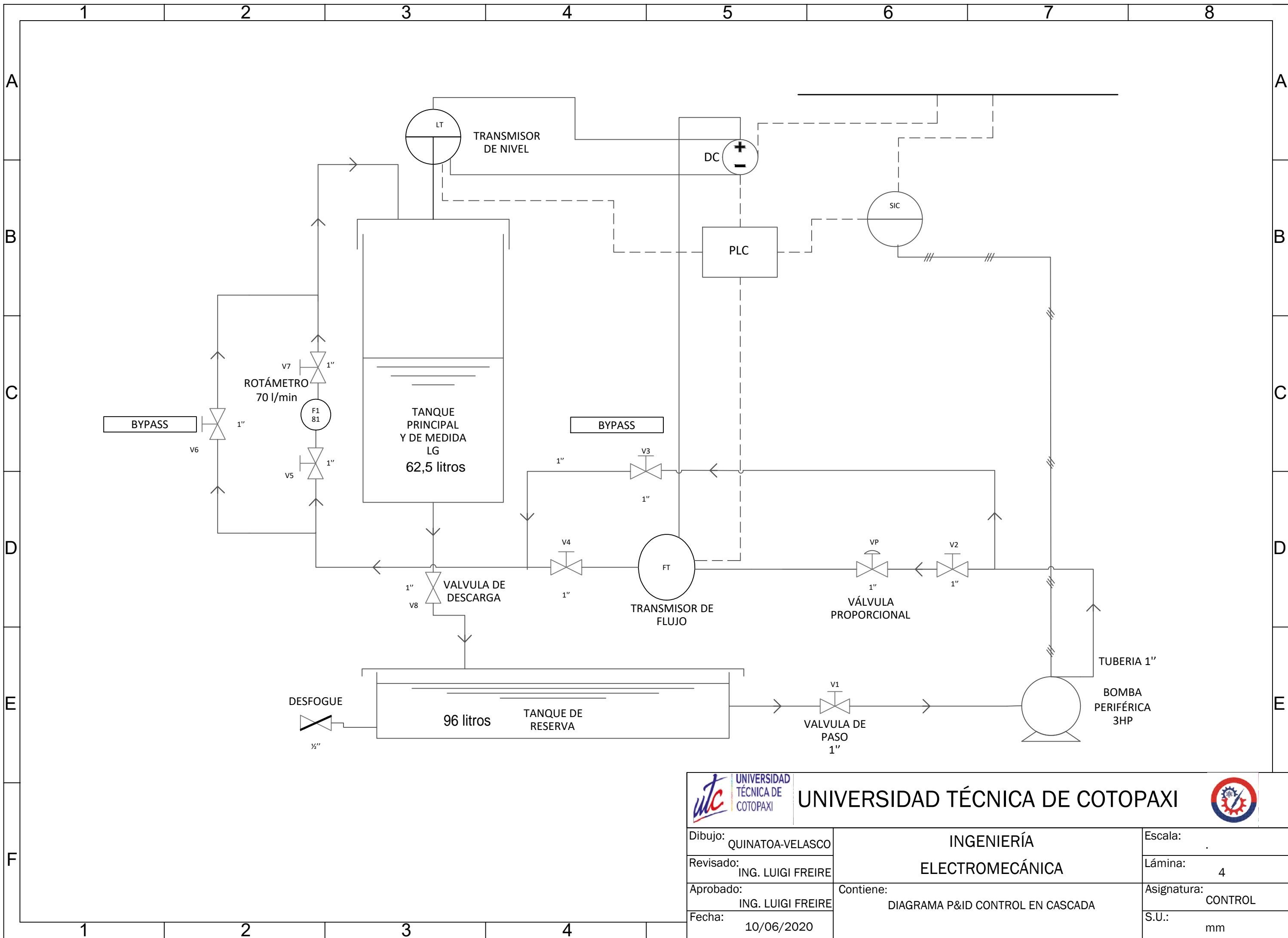
Dibujo:	QUINATOVA-VELASCO
Revisado:	ING. LUIGI FREIRE
Aprobado:	ING. LUIGI FREIRE
Fecha:	10/06/2020

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	Contiene:	DIAGRAMA P&ID DE FLUJO
--	-----------	------------------------

Escala:	.
Lámina:	2
Asignatura:	CONTROL
S.U.:	mm



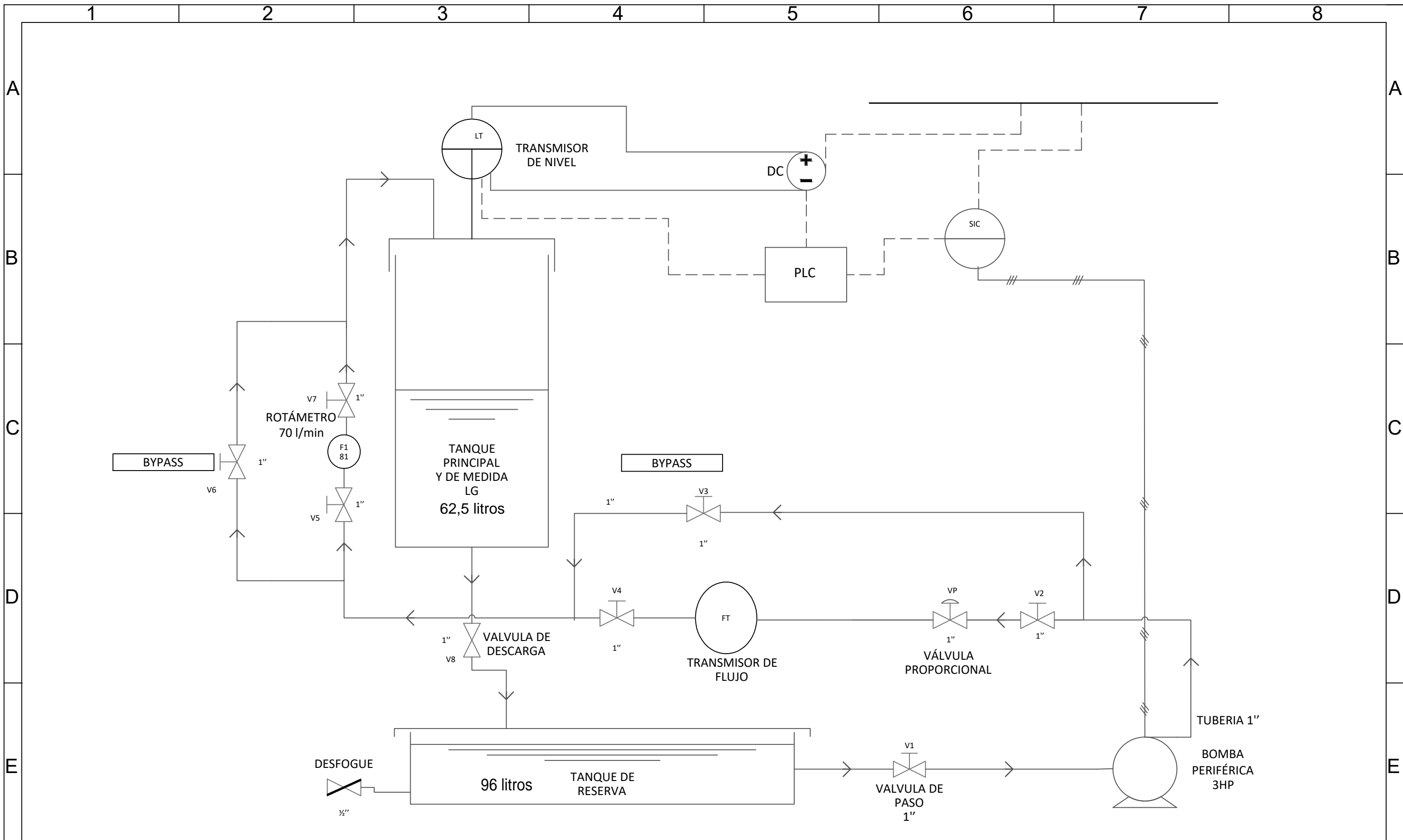
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 		
Dibujo: QUINATOA-VELASCO	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	Escala: .
Revisado: ING. LUIGI FREIRE		Lámina: 3
Aprobado: ING. LUIGI FREIRE	Contiene: DIAGRAMA P&ID DEL TRANSMISOR DE NIVEL Y FLUJO	Asignatura: CONTROL
Fecha: 10/06/2020		S.U.: mm



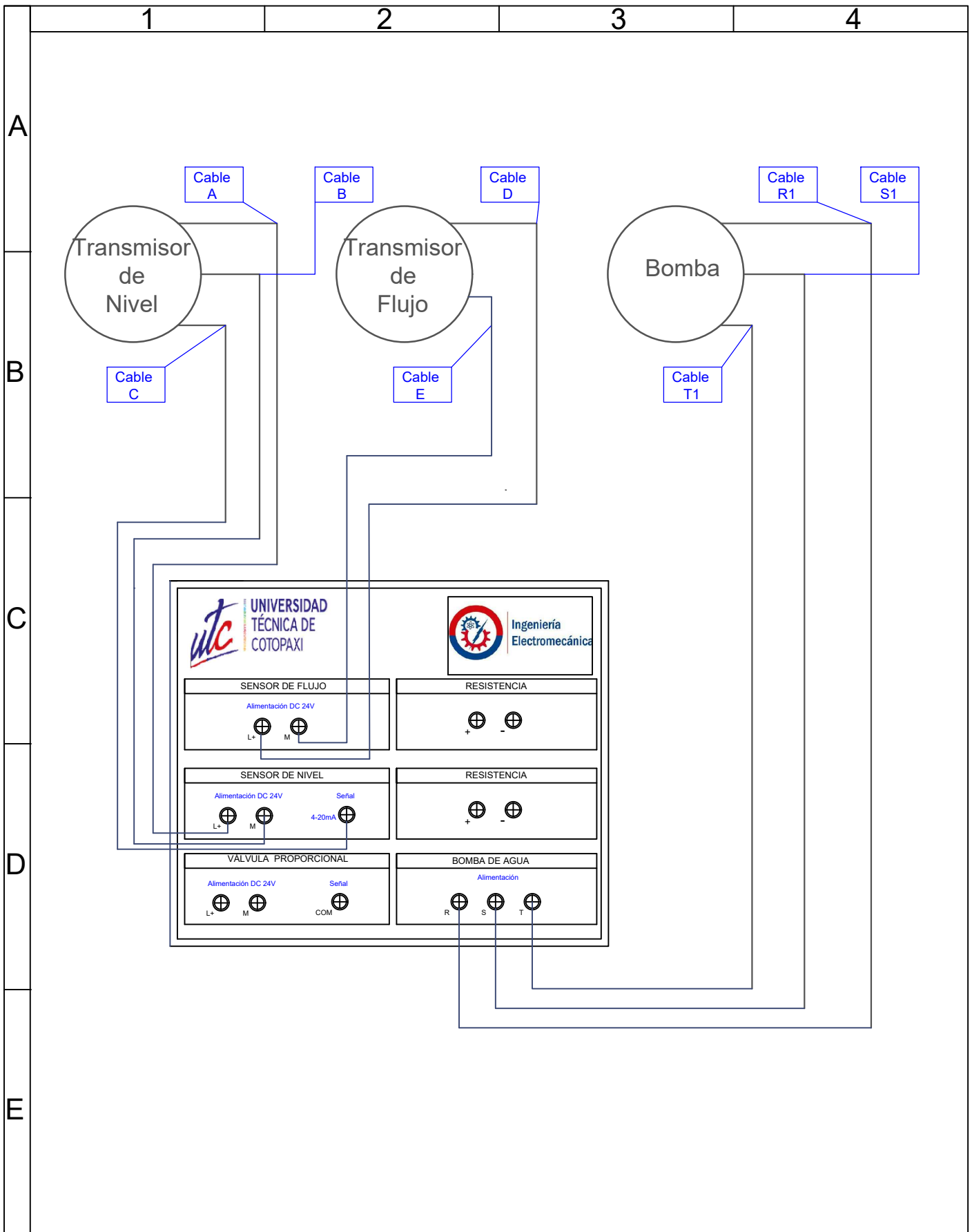
Dibujo: QUINATOVA-VELASCO
 Revisado: ING. LUIGI FREIRE
 Aprobado: ING. LUIGI FREIRE
 Fecha: 10/06/2020

**INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA**
 Contiene:
DIAGRAMA P&ID CONTROL EN CASCADA

Escala: .
 Lámina: 4
 Asignatura: CONTROL
 S.U.: mm



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Dibujo:	QUINATOVA-VELASCO	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		Escala:	
Revisado:	ING. LUIGI FREIRE			Lámina: 5	
Aprobado:	ING. LUIGI FREIRE	Contiene: DIAGRAMA P&ID CONTROL ON-OFF DE NIVEL		Asignatura: CONTROL	
Fecha:	10/06/2020			S.U.: mm	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibujó: QUINATOVA-VELASCO	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	Escala: .
Revisado: ING. LUIGI FREIRE		Lámina: 6
Aprobado: ING. LUIGI FREIRE	Contiene: SEÑALIZACIÓN DE CABLES INTERNOS DEL MODULO DE CONTROL EN CASCADA	Asignatura: ASIGNATURA
Fecha: 10/06/2020		S.U.: UNIDADES

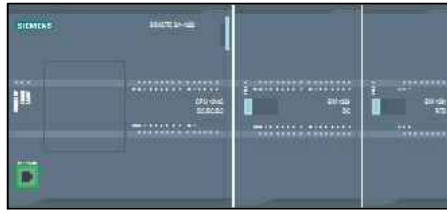
1

2

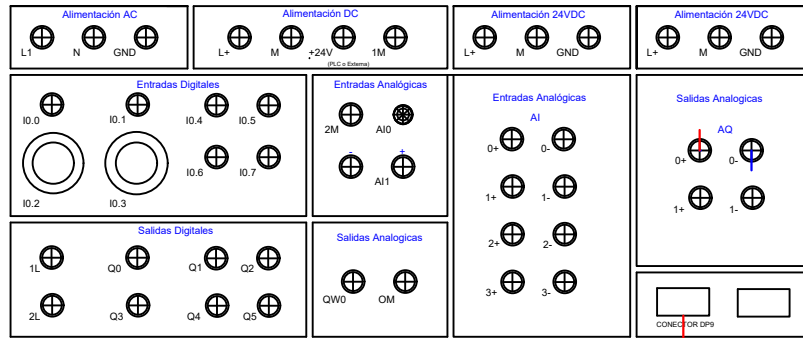
3

4

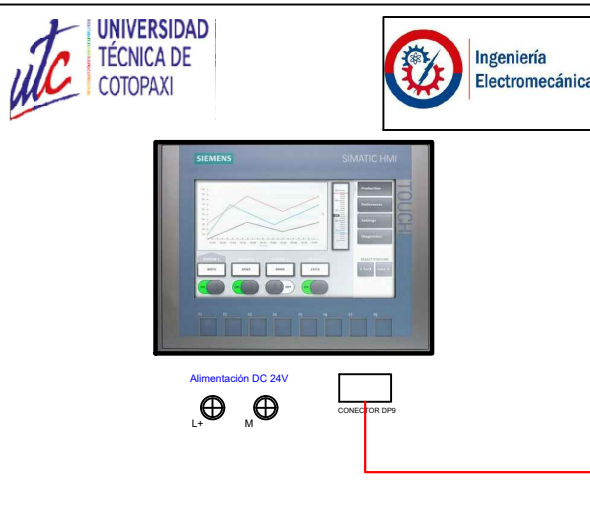
A



B

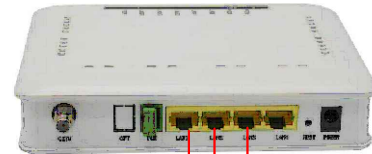


C



D

E



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibujó:	QUINATOVA-VELASCO
Revisado:	ING. LUIGI FREIRE
Aprobado:	ING. LUIGI FREIRE
Fecha:	10/06/2020

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Contiene: CONEXIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO CON EL ROUTER	

Escala:	.
Lámina:	7
Asignatura:	CONTROL
S.U.:	.

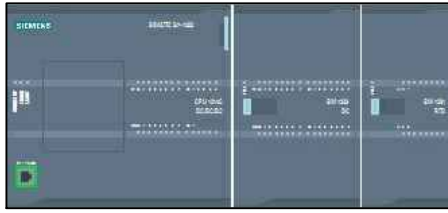
1

2

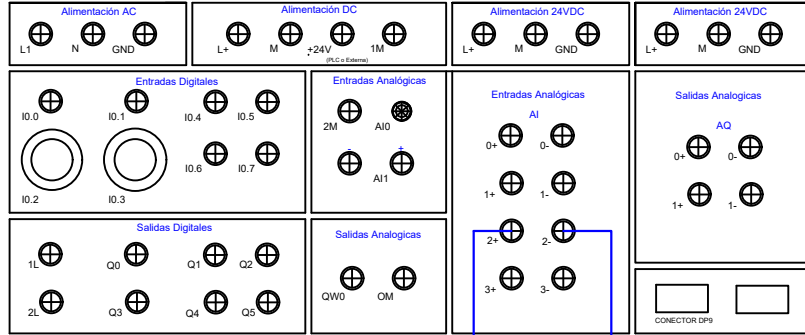
3

4

A

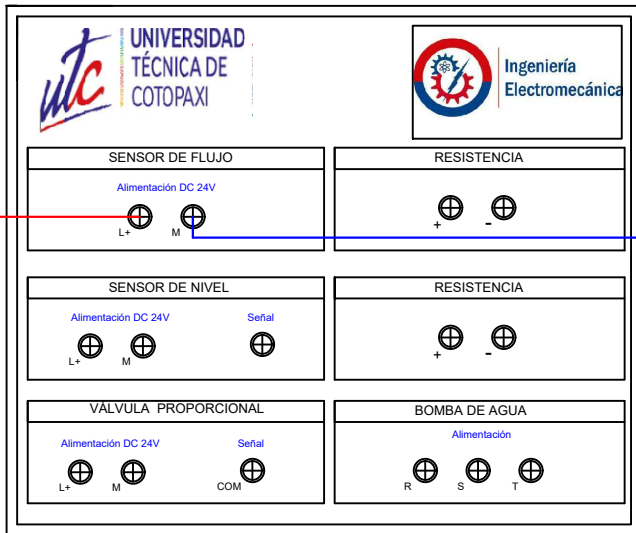


B

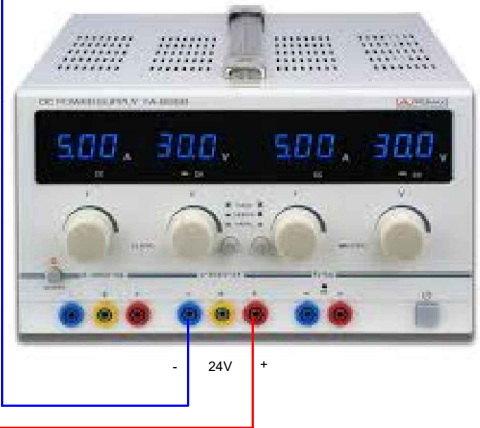


C

D



E



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibujo: QUINATOVA-VELASCO
 Revisado: ING. LUIGI FREIRE
 Aprobado: ING. LUIGI FREIRE
 Fecha: 10/06/2020

INGENIERÍA
 ELECTROMECAÁNICA
 Contiene:
 CONEXIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DEL
 TRANSMISOR DE FLUJO

Escala:
 Lámina: 8
 Asignatura: CONTROL
 S.U.:

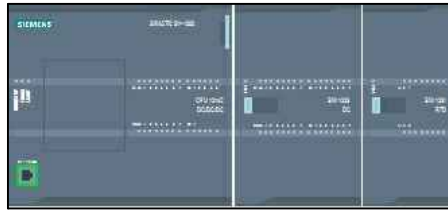
1

2

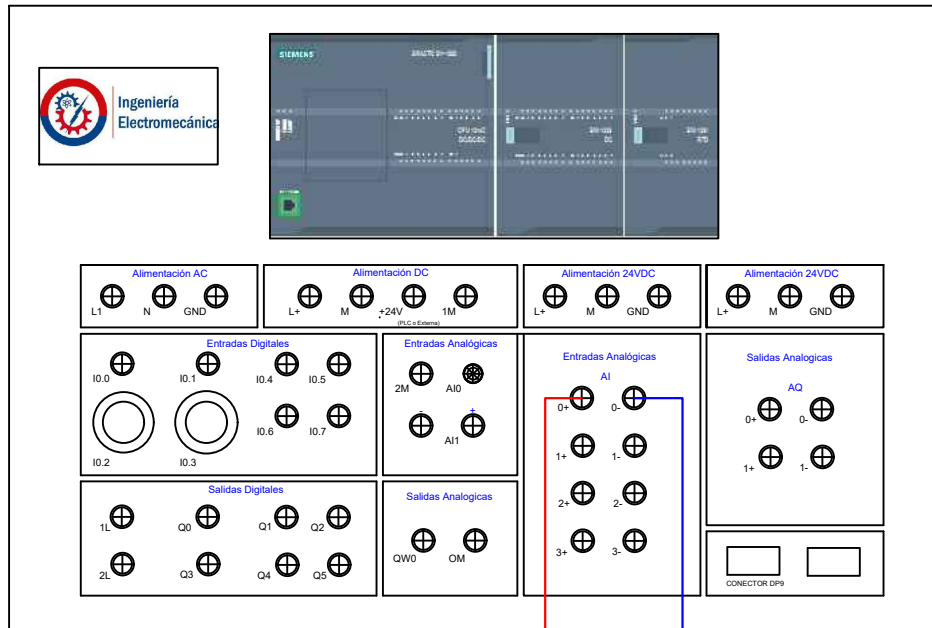
3

4

A

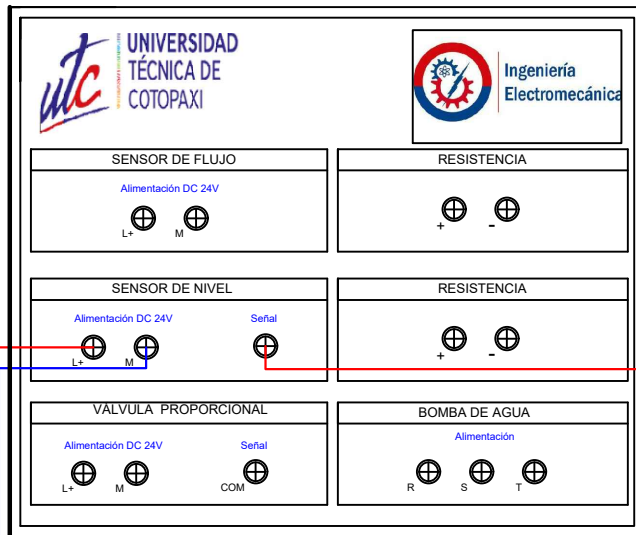


B



C

D



E



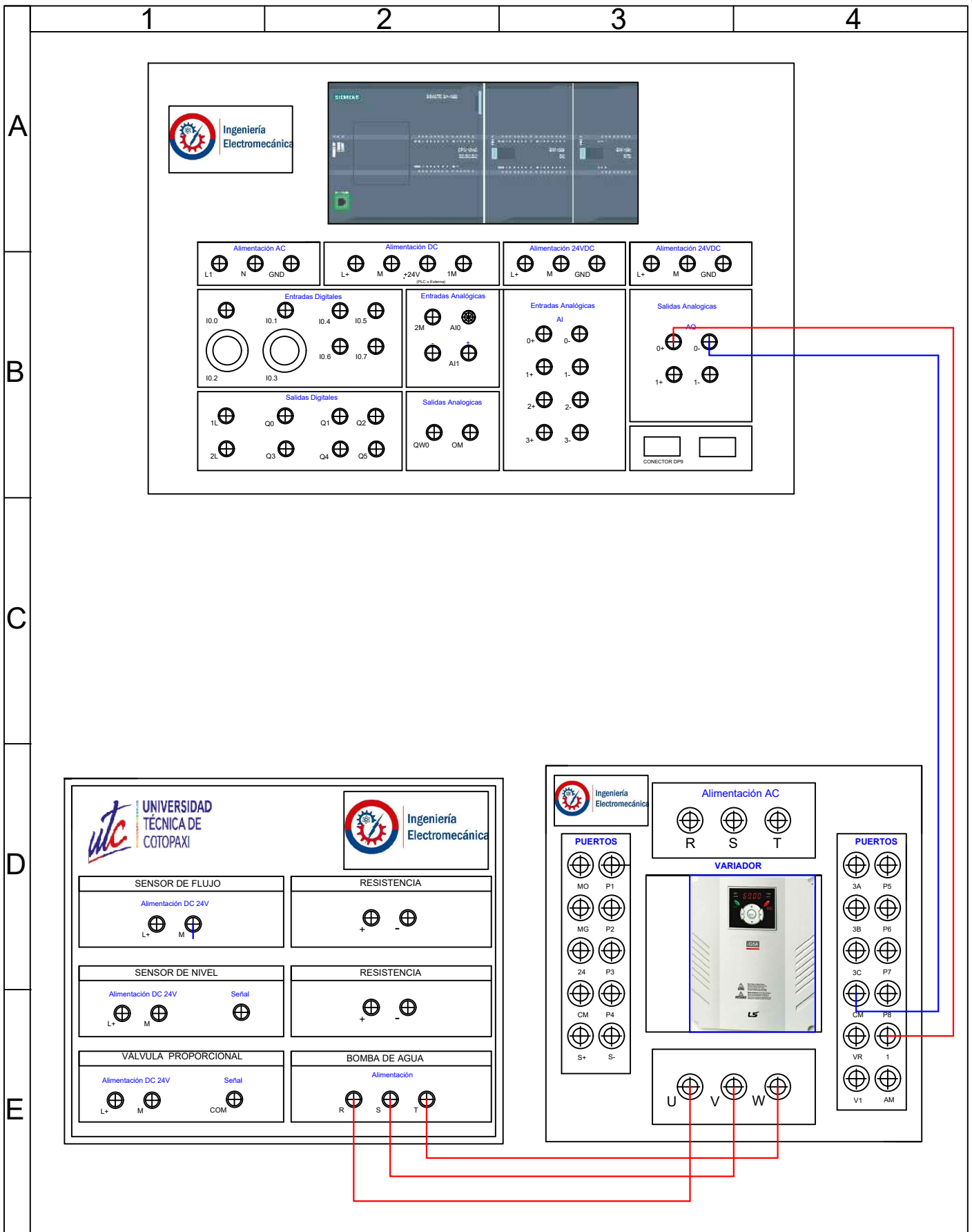
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibujado:	QUINATOVA-VELASCO
Revisado:	ING. LUIGI FREIRE
Aprobado:	ING. LUIGI FREIRE
Fecha:	10/06/2020

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Contiene: CONEXIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DEL TRANSMISOR DE NIVEL	

Escala:	.
Lámina:	9
Asignatura:	CONTROL
S.U.:	.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

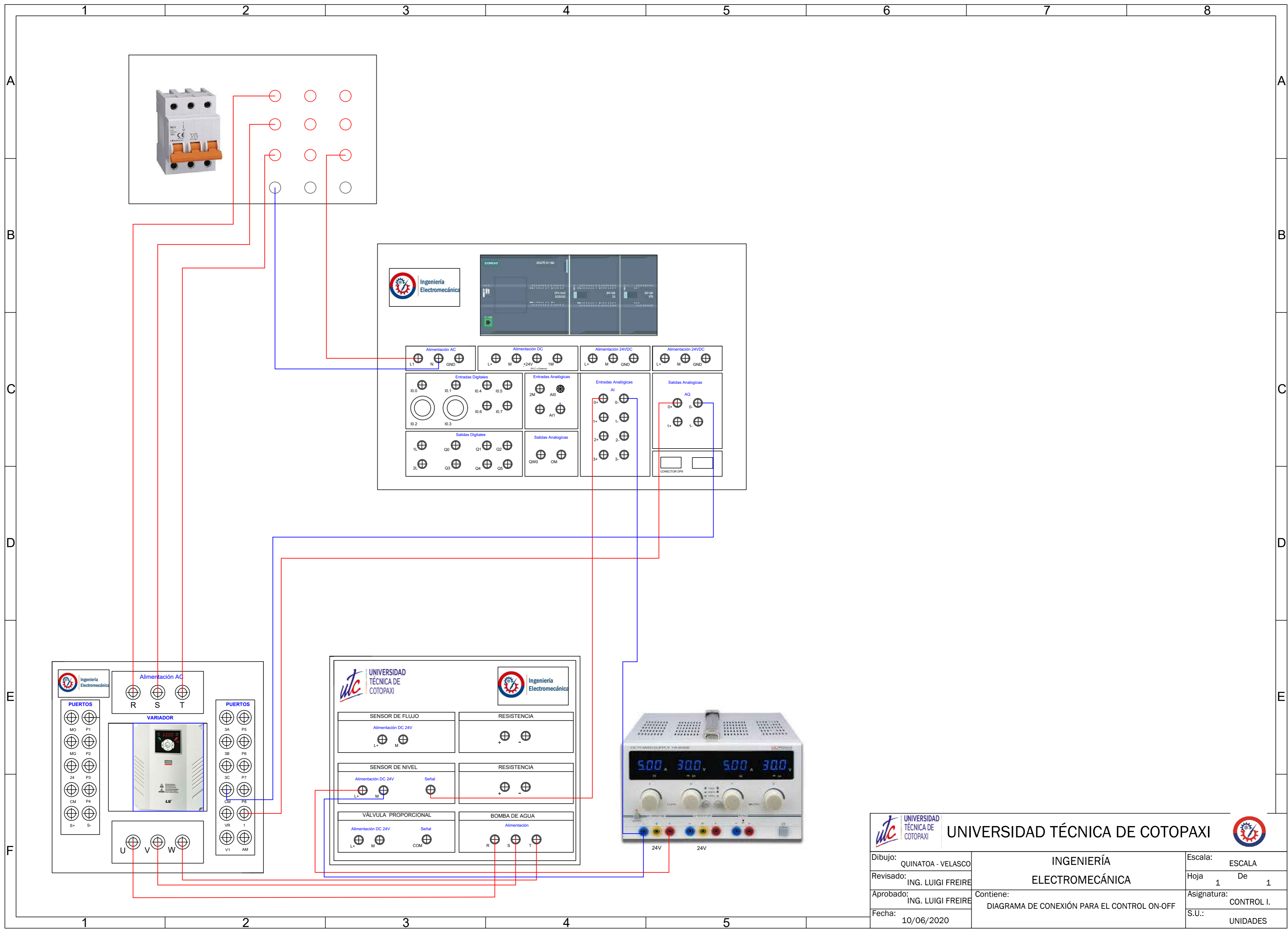


Dibujo: QUINATOVA-VELASCO
 Revisado: ING. LUIGI FREIRE
 Aprobado: ING. LUIGI FREIRE
 Fecha: 10/06/2020

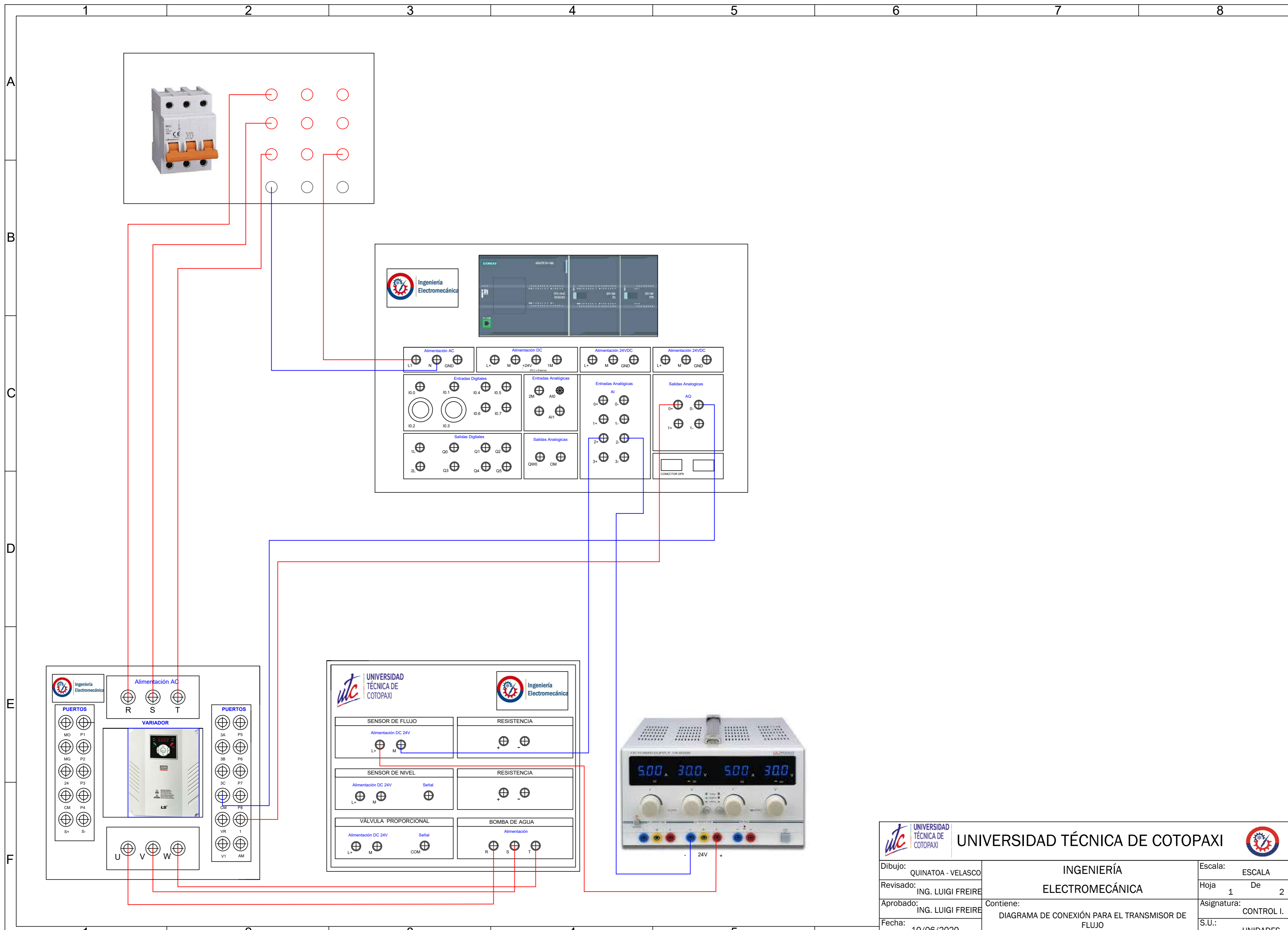
**INGENIERÍA
 ELECTROMECAÁNICA**

Contiene:
 CONEXIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

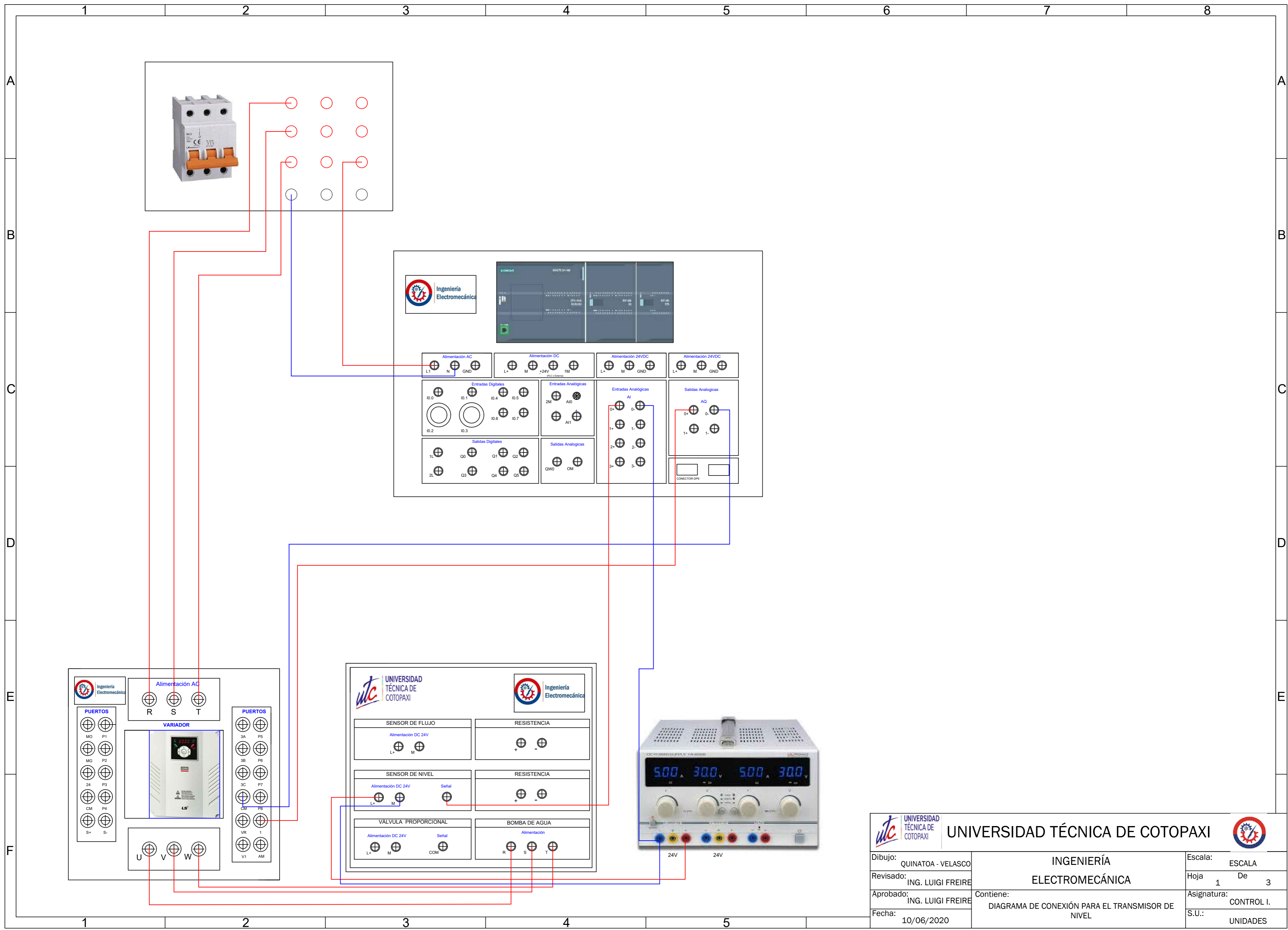
Escala: .
 Lámina: 10
 Asignatura: CONTROL
 S.U.: .



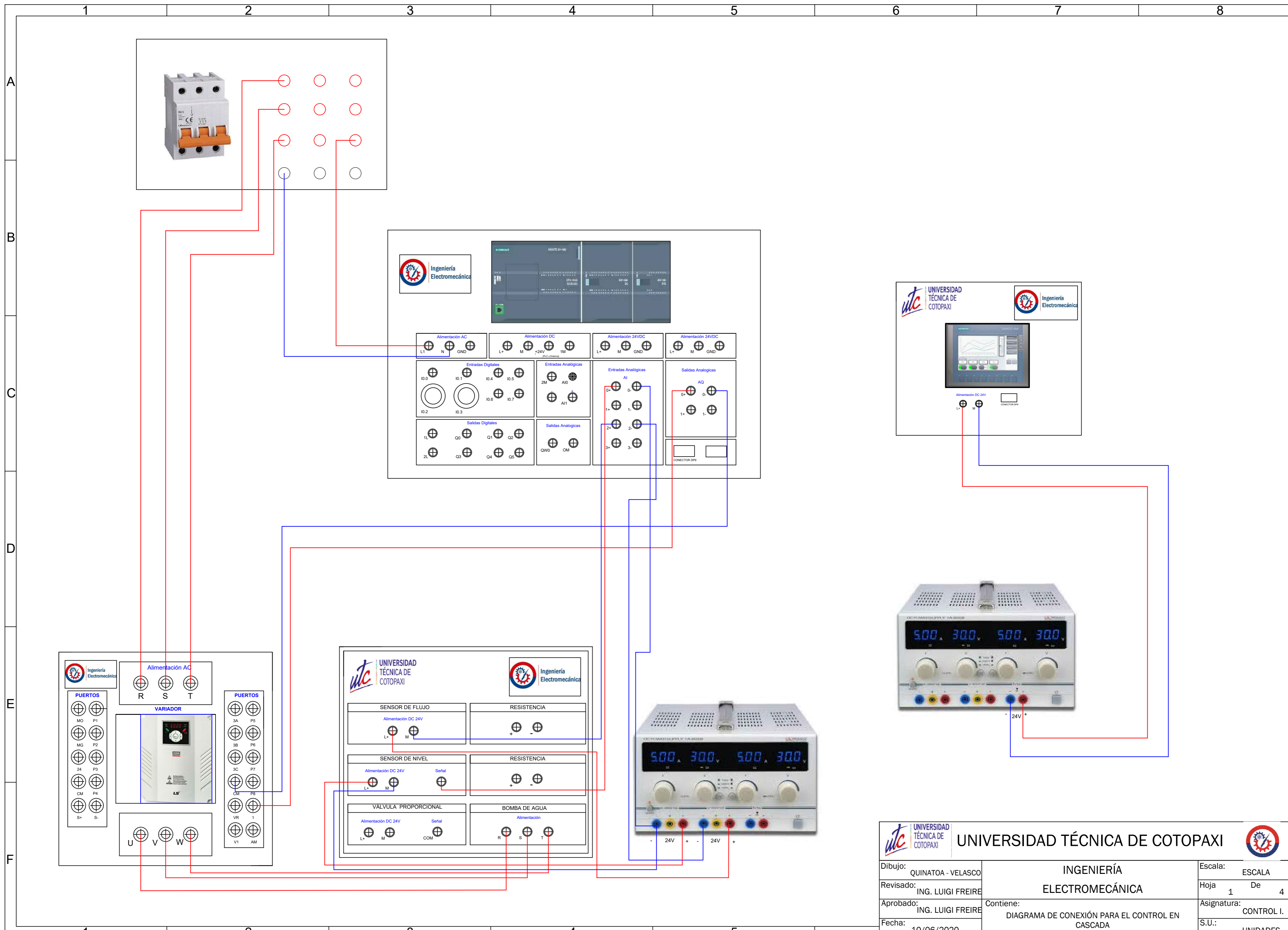
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA		Escala: ESCALA
Dibujo: QUINATO A - VELASCO	Contiene: DIAGRAMA DE CONEXIÓN PARA EL CONTROL ON-OFF			Hoja 1 De 1
Revisado: ING. LUIGI FREIRE				Asignatura: CONTROL I.
Aprobado: ING. LUIGI FREIRE	Fecha: 10/06/2020			S.U.: UNIDADES



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA		Escala: ESCALA
Dibujo: QUINATOA - VELASCO	Contiene: DIAGRAMA DE CONEXIÓN PARA EL TRANSMISOR DE FLUJO		Hoja 1 De 2	
Revisado: ING. LUIGI FREIRE			Asignatura: CONTROL I.	
Aprobado: ING. LUIGI FREIRE			S.U.: UNIDADES	
Fecha: 10/06/2020				



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Dibujó:	QUINATOA - VELASCO	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		Escala:	ESCALA
Revisado:	ING. LUIGI FREIRE			Hoja	1 De 3
Aprobado:	ING. LUIGI FREIRE	Contiene: DIAGRAMA DE CONEXIÓN PARA EL TRANSMISOR DE NIVEL		Asignatura:	CONTROL I.
Fecha:	10/06/2020			S.U.:	UNIDADES



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	Escala: ESCALA
Dibujo: QUINATO A - VELASCO	Hoja 1 De 4		
Revisado: ING. LUIGI FREIRE	Asignatura: CONTROL I.		
Aprobado: ING. LUIGI FREIRE	S.U.: UNIDADES		
Fecha: 10/06/2020	Contiene: DIAGRAMA DE CONEXIÓN PARA EL CONTROL EN CASCADA		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

PRÁCTICA DE LABORATORIO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM804	MEDIDAS ELÉCTRICAS E INSTRUMENTACIÓN

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	ELECTRÓNICA	DURACIÓN (HORAS)
3	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	PARAMETROS DE CONFIGURACION DE LOS TRASMISORES DE NIVEL Y EL TRASMISOR DE FLUJO	1

1	OBJETIVO
	<ul style="list-style-type: none">Identificar las características y la función principal de los Trasmisores de Nivel y la de Flujo para una función optima y precisa.Conocer las funciones y datos especiales las cuales cada transmisor a operar.

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<h3>2.1. INTRODUCCIÓN</h3> <h4>TRASMISOR DE NIVEL</h4> <p>El Trasmisor ultrasónico con salida analógica, posee un haz de detección estrecho que funciona dentro de áreas confinadas, tales como tanques, sin la interferencia de las paredes del tanque y posee un amplio rango de detección de hasta 3 m.</p> <p>El Trasmisor puede ser montado en el centro, de tal forma que el haz se expanda sobre el tanque para detectar el nivel del fluido sin interferencias.</p>

Características especiales

- Ofrece la opción de salidas discretas PNP o NPN seleccionables por el usuario, y salida analógica 0-10V DC ó 4-20 mA dependiendo del modelo.
- Disponible con rango de 100 mm a 1 m, 200 mm a 2 m ó 300 mm a 3 m.
- Ofrece un rendimiento de alta precisión con compensación de temperatura incorporada.
- El modelo de salida discreta configurable permite al usuario seleccionar la salida en Normalmente Abierto (NO) o Normalmente Cerrado (NC) y el tipo de salida NPN o PNP.
- Disponible con salida analógica para aplicaciones que requieran una salida continua de corriente o voltaje.
- Carcasa tipo T en ángulo recto con nariz roscada de 30 mm.
- Simplifica la configuración con una programación a través del botón TEACH, para establecer una ventana de detección.

TRASMISOR DE FLUJO

Los Trasmisor de flujo por variación de velocidad se fundamentan en medir la velocidad que lleva el fluido cuando pasa por un área constante.

Existen principalmente dos tipos de Trasmisor de flujo por velocidad los cuales difieren en la técnica utilizada para medir la velocidad, estos son: El Trasmisor de turbina y el Trasmisor ultrasónico.

Trasmisor de Turbina

Este Trasmisor consiste de un rotor con alabes, semejante a una turbina, que se instala en el centro de la tubería y gira con una velocidad angular que es directamente proporcional al flujo.

Para medir la velocidad de la turbina, sin generar ninguna fuerza resistente sobre el aspa que produzca error se utilizan principalmente convertidores electromagnéticos, existen dos tipos a saber:

1.- El de Reluctancia.

La velocidad de la turbina viene determinada por el paso de los alabes individuales a través del campo magnético creado por un imán permanente montado en la bobina captadora exterior. El paso de cada alabe varía la reluctancia del circuito magnético, esta variación cambia el flujo inducido en la bobina captadora produciéndose una corriente alterna proporcional a la velocidad de la turbina.

2 - El de tipo inductivo.

El rotor lleva incorporado un imán permanente y el campo magnético giratorio que se origina induce una corriente alterna en la bobina captadora exterior.

Con el uso de ambos convertidores la velocidad del flujo será proporcional a la frecuencia generada que es del orden de los 250 a 1200 ciclos por segundo para velocidades máximas.

Características del Trasmisor de turbina

- La turbina está limitada por la viscosidad del fluido, debido al cambio que se produce en el perfil de velocidad del líquido a través de la tubería cuando aumenta la viscosidad. En las paredes el fluido se mueve más lentamente que en el centro, de modo que, las puntas de los alabes no pueden girar a mayor velocidad. En general, para viscosidades mayores de 3 a 5 cS se reduce considerablemente el intervalo de medición del instrumento.
- La exactitud es elevada, del orden de $\pm 0.3 \%$. El valor óptimo se consigue cuando la dirección del flujo sigue la dirección de la tubería, para ello se debe instalar el instrumento en una tubería recta 15 diámetros aguas arriba y 6 diámetros aguas abajo.
- Un Trasmisor de turbina se puede utilizar para medir flujo de gases y líquidos limpios o filtrados.
- El instrumento debe instalarse de tal modo que no se vacíe cuando cesa el flujo ya que el choque de líquido a alta velocidad contra el Trasmisor vacío lo puede dañar seriamente.

2.2.EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Trasmisor de Nivel
- Trasmisor de Flujo
- Manuales técnicos de cada Trasmisor

2.3.MEDIDAS DE SEGURIDAD

Es importante dar a conocer teóricamente los procesos que se va a dar antes de que los estudiantes procedan a realizar esta práctica, deben de tener las precauciones y seguridades socializadas al inicio del ciclo con respecto al uso de los laboratorios y la función de cada equipo.

IMPORTANTE: Tener en cuenta muy bien los parámetros de configuración que va a manejar en los Trasmisores de Nivel y el de Flujo.

2.4.PROCEDIMIENTO

Parámetros de configuración del transmisor de nivel Banner T30UXDB.

Modo de configuración de velocidad de respuesta para las señales de nivel

- PASO 1. Leer determinadamente el manual de funcionamiento del Trasmisor de Nivel, se presenta aquí un resumen de como configura el Trasmisor. Dar límites mínimos y máximos individuales, o Usar la función de Ventana automática para centrar una detección alrededor de la posición da al Nivel. La duración de cada pulso (correspondiente a un "clic" del botón) y el período entre pulsos múltiples son "T": 0.04 segundos $<T < 0.8$ segundos. La configuración de la línea remota requiere una pausa de más

de 1 segundo entre las secuencias de pulso. Un clic de botón o pulso en la línea remota es: $0.04 \text{ s} < T < 0.8 \text{ s}$. 1. Ingrese al modo de configuración de velocidad de respuesta.

Configuración del modo: velocidad de respuesta.

El Trasmisor analógico se pueden configurar para un tiempo de respuesta "rápido" o "lento" esto para la determinación de Nivel que se da directamente con el Trasmisor de Nivel

Método	Acción	Resultado
Presionar el botón	Mantenga presionado el botón MODE durante > 2 segundos.	LED de encendido: apagado LED de modo: el ámbar parpadeante muestra el modo seleccionado previamente
Entrada remota	Pulse dos veces la línea remota	LED de encendido: permanece apagado LED de modo: el ámbar parpadeante muestra el modo seleccionado previamente
Presionar el botón	Haga clic en el botón MODO para pasar a la selección correcta: Rápido o Lento	LED de encendido: El ámbar parpadea para indicar el modo seleccionado actualmente (120 segundos de tiempo de espera)
Entrada remota	Pulso único para seleccionar lento; doble pulso para seleccionar Rápido	LED de encendido: Color verde LED de modo: ON Ámbar muestra el modo seleccionado (el Trasmisor vuelve al modo RUN)

- PASO 2: Guardar y poner en modo ejecutar

Método	Acción	Resultado
Presionar el botón	Mantenga presionado el botón MODE durante más de 2 segundos.	LED de encendido: Color Verde LED de modo verde: ON ámbar para el modo seleccionado
Entrada remota	No se requiere ninguna acción; el Trasmisor volverá al modo de ejecución.	Ninguna

- PASO 3: Enseñanza de límites mínimos y máximos

Método	Acción	Resultado
Presionar el botón	Mantenga presionado el botón analógico durante más de 2 segundos.	LED de encendido: ENCENDIDO LED de modo verde: ON ámbar para el modo seleccionado
Entrada remota	No se requiere acción; El sensor está listo para el primer límite de enseñanza.	Ninguna

Primer límite

Método	Acción	Resultado
	Coloque el objetivo para el primer límite (120	LED de señal: Debe estar encendido color rojo o rojo intermitente.

Presionar el botón MODE	segundos de tiempo de espera).	
	"Haga clic" en el botón Analógico.	Enseña aceptado LED de encendido: APAGADO LED de salida: Debe parpadear LED de salida: ENCENDIDO

Segundo límite

Método	Acción	Resultado
	Coloque el objetivo para el segundo límite (sin tiempo de espera)	LED de señal: Debe estar encendido rojo o rojo intermitente
Presionar el botón Analógico	"Haga clic" en el botón Analógico.	Enseña aceptado LED de salida: ENCENDIDO LED de encendido: Encendido Enseña no aceptado LED de salida: Debe parpadear LED de encendido: APAGADO

Parámetros de configuración del transmisor de flujo.

- PASO 1: Después que el Transmisor de flujo esté conectado, en la pantalla principal no indicara la siguiente interfaz.



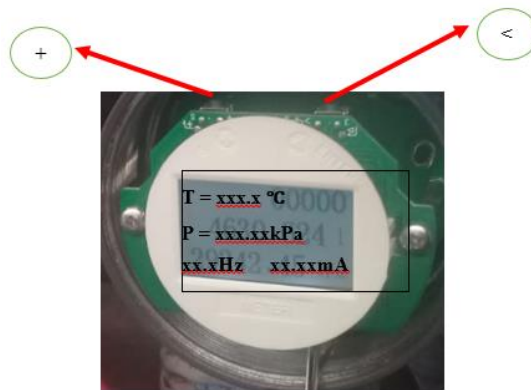
Pantalla de trabajo

Primera fila: nos indica el caudal acumulado es un número entero fijo de cinco bits.

Segunda fila: nos indica el caudal acumulado es decir los L/m que han circulado desde que el sensor ha comenzado a censar.

Tercera fila: flujo instantáneo; número entero de prensa 5 o 6 decimal y automáticamente mantener dos o uno, la unidad se le puede configurar en el menú.

- PASO 2: Ingresar en el menú



- PASO 3: Introduzca el estado de configuración de la contraseña para eso siga los siguientes pasos.
- PASO 4: Pulse la tecla "<" clave (pulsación larga "<" alrededor de 1 a 2 segundos para confirmar e introducir la contraseña estado inicial.
- PASO 5: Pulse la tecla "+" (pulsación larga "+" alrededor de 1 a 2 segundos para salir, para cancelar el estado de entrada, devolución a la pantalla
- PASO 6: Pulse la tecla "+" en el estado de entrada, el ciclo para cambiar el valor en la posición del cursor. Pulse la tecla "<" mueve el cursor de entrada de posición;
- PASO 7: Ponemos la contraseña pulsación larga la Tecla "<" clave o contraseña **2010**.
- PASO 8: Pulse el tecla "+" para salir del estado de entrada.
- PASO 9: Pulse la tecla "<" para confirmar la operación de guardar.

Parámetros para el usuario para el cambio de datos

- PASO 1: Pulse el botón "+" para salir del estado de entrada.
- PASO 2: Pulse la tecla "<" para confirmar la operación de guardar.
- PASO 3: Pulse la tecla "+" para cambiar el valor o símbolo ciclo en la posición del cursor.
- PASO 4: Pulse la tecla "<" para mover el cursor al inicio de la derecha.
- PASO 5: Introducir hasta ocho datos de entrada (incluyendo el signo, el punto decimal):
- PASO 6: En el menú de búsqueda, pulse "+" para disminuir; presione "<" para encender la unidad; presione "<" para entrar en el submenú. Pulse "+" para volver a la interfaz de pantalla de trabajo.
- PASO 7: En el submenú, pulse la tecla "+" para la salida; luego presione "<" para entrar en el modo de modificación. En estados tales como la mejora opción de modificar, pulse la tecla "+" para seleccionar; presione "<" para confirmar.

Nota: Cuando se establece el parámetro, pulse "<" para confirmar la configuración de lo contrario es válido conjunto

Menú de preferencias del usuario (contraseña 2010)

Sub menú	Pantalla de menú	Significado	Seleccionar un elemento o rango de valores
1	Selección de la unidad de flujo	Selección de la unidad de flujo (Defecto 0)	0 : metro 3 / h 1 : metro 3 / m 2 : l / h 3 : l / m 4 : t / h 5 : t / m 6 : kg / h 7 : kg / m
2	Selección de algoritmos	Selección de algoritmos (Defecto 0)	00: Flujo de volumen convencional. 01: Flujo de masa convencional. 02: Flujo de volumen de gas convencionales. 03: Flujo de masa de gas convencionales.
3	Fluir Coeficiente k	Coeficiente de caudal (Por defecto 3600)	Ajuste el factor de metro, unidad: P / m ³
4	El flujo de salida de escala completa	Flujo de salida a escala completa (Defecto 1000)	Cuando la señal de la salida de 4 ~ 20 mA analógica se debe establecer en el valor 0 y no puede ser constante, unidades y las unidades de flujo
5	Configuración de la densidad	Ajuste de densidad (Defecto 1.0)	Cuando la selección del algoritmo se establece para el flujo de masa (01, 03), debe establecer esta unidad es: kg / m ³
6	Configuraciones electrónicas de la te	Los ajustes de Temperatura (Defecto temperatura: 0.0)	Set valor de cálculo de temperatura al seleccionar 02,03 algoritmos, esto se debe ajustar. Grados Celsius
7	Ajustes de presión absoluta	Una presión absoluta de gas (Defecto 101,325)	Un valor cálculo de la presión absoluta de gas al seleccionar 02, 03, cuando el algoritmo, esto debe establecer. La unidad está : kPa (Nota: El vacío dará lugar a flujo de 0.0 a 0)
8	El límite inferior cortar el tráfico	Ajuste de la entrada de impulsos Porcentaje de eliminación Defecto (1%)	Prensa% de la escala completa supresión de caudales valor entre 0 y 100, (Cuando se utiliza este tipo de rango de corriente y el pulso se debe establecer correctamente)
9	485 Dirección	RS485 entorno comunicación serial (Defecto 1)	Para ajustar solamente cuando el medidor realiza RS485 TB3WE comunicación del tipo de esto, y no puede ser la misma con los otros dispositivos en el mismo sistema, el rango de 0 a 255
10	tiempo de amortiguación	Conjunto de salida de pantalla tiempo de amortiguación (Defecto 4s)	Dejar que la salida de corriente y mostrar amortiguación tiempo, corriente de salida y para evitar mostrar demasiada con las fluctuaciones de caudal Rango de 2 ~ 32
11	La cantidad acumulada despejado	La cantidad acumulada despejado	Para borrar el tipo de medida, seleccione YES y presione el botón "E"

Nota: Las palabras marcadas con color azul son datos que ya están dada en el trasmisor de flujo.

3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN
<p>ANÁLISIS DE RESULTADOS</p> <p>Los Transmisores de Nivel y el de Flujo son equipos de programación variada en la que podemos dar uso en varios sistemas de proceso dando parámetros en las que se requieran en el proceso que se desee, cabe recalcar también que los datos que vayan a cambiar deben de estar parametrizados conjuntamente con el programas adaptables al PLC en el caso el programa Tia Portal.</p>	

4	CONCLUSIONES
<p>Se puede trabajar en parametros que nosotros podamos de acuerdo a los las señales que nos da los dispositivos a operar (Tasmisores de Nivel, de Flujo) y dar los parametros sean en corriente o en voltaje.</p>	

5	RECOMENDACIONES
<p>Antes de hacer uso de los equipos utilizados pedir una guía técnica a los docente que imparten la materia.</p> <p>Revisar la ayuda que ofrece TIA PORTAL para conocer más sobre las herramientas de programación que posee.</p> <p>Verificar los parametros de operacio de los equipos antes de realizar cambios en los parametros como antes ya mencionados.</p>	

6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
<p>SIEMENS, «Controlador Programable S7-1200.,» Siemens AG, Alemania, 2015</p> <p>Datos y manuales dadas por el fabricante.</p>	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

1 Manual de operación de la practica nivel

1.1 Energizar la toma trifásica.

1.2 Energizar las dos fuentes de 24V.

1.3 Energizar el Router.

1.4 Energizar el PLC S7 1200 conectando L1 con R, N con N de la alimentación de 110V y el cable de Ethernet con la primera entrada del Router.

1.5 Energizar los módulos de entradas y salidas analógicas conectando L+ y M respectivamente.

1.6 Energizar el variador de frecuencia conectando R con R, S con S y T con T de la fuente de alimentación de 220V

1.7 Energizar la bomba de agua conectando U con R, V con S y W con T, del tablero principal.

1.8 Energizar el HMI a la fuente de 24 V, L+ con el positivo de la fuente y M con el negativo de la fuente y el cable Ethernet con la segunda entrada del Router

1.9 Energizar el sensor de nivel L+ con el positivo de la fuente de 24V, y M con el negativo de la fuente, y de la resistencia + se conecta con 2+ de la entrada IW100 del módulo de salidas analógicas y 2- con el negativo de la fuente.

1.10 Energizar la válvula proporcional L+ con el positivo de la fuente de 24V y M con el negativo de la fuente, y COM se conecta con 0+ de la salida QW112 del módulo de salidas analógicas y 0- con el negativo de la fuente.

1.11 Conectar CM del variador de frecuencia con 1- de la salida QW114 del módulo de salidas analógicas y 1+ con 1 del variador de frecuencia.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Adrián Quinatoa	Ing. Luigi Freire	Ing. Luigi Freire
Oscar Velasco		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM 703	PLC

PRÁCTICA N°	LABORATORIO: NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	DURACIÓN (HORAS)
2		PID NIVEL	1

1	OBJETIVO
	<p>OBJETIVO GENERAL: Desarrollar una práctica que permita utilizar las herramientas que posee TIA PORTAL como son el NORM_X, SCALE_X, PID para visualizar la señal analógica ya con el valor escalado.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Determinar las condiciones correctas a considerar en el desarrollo de programa. Definir las entradas /salidas que se utilizaran en el programa</p>

2	MARCO TEÓRICO
	<p>SEÑAL ANALÓGICA</p> <p>Una señal analógica es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético; que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la</p>

tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión y térmicas como la temperatura.

VALOR ESCALADO

Para realizar un escalado, necesitaremos dos parejas de puntos para poder calcular la relación:

El valor mínimo de la entrada analógica (para los 4mA que equivale a 5530) y el valor ingenieril que toma (0 L/s)

El valor máximo de la entrada analógica (para los 20mA) y el valor asociado (150 L/m)

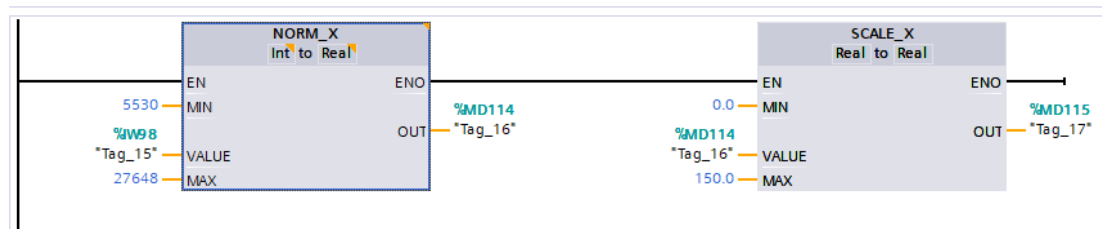


Fig1. Valor escaldo

BLOQUE NORM_X

La instrucción “Normalizar” normaliza el valor de la variable de la entrada representándolo en una escala lineal, los parámetros mínimos y máximos sirven para definir los límites de un rango de valores que se refleja en la escala. En función de la posición del valor que se debe normalizar en este rango de valores, el resultado se calcula y se deposita como numero en coma flotante en la salida. Si el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada mínima, la salida devuelve “0.0”, si por el contrario el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada máxima la salida devuelve el valor “1.0”.

BLOQUE SCALE_X

La instrucción “Escalar” escala el valor de la entrada mapeándolo en un determinado rango de valores, al ejecutar la instrucción el número en coma flotante de la entrada se escala al rango de valores definido por los parámetros mínimos y máximos. El resultado de la escala es un número entero que se deposita en la salida.

Se debe determinar cuántas entradas y salidas vamos a utilizar en la programación y declararlas en la tabla de variables estándar en la pestaña “Variables del PLC”.

EL CONTROLADOR PID

Calcula la diferencia entre nuestra variable real contra la variable deseada. En sistemas de bombeo, regularmente nos interesa mantener la presión o flujo constante, por lo tanto, el control PID mide la diferencia entre la presión en la tubería y la presión requerida y actúa variando la velocidad del motor para que podamos tener nuestra presión o flujo constante.

EL PARÁMETRO PROPORCIONAL (P)

Mide la diferencia entre el valor actual y el set-point (en porcentaje) y aplica el cambio.

EL PARÁMETRO INTEGRAL (I)

Se refiere al tiempo que se toma para llevar a cabo acción correctiva. Mientras el valor sea más pequeño, el ajuste es más rápido pero puede causar inestabilidad en el sistema, oscilaciones, vibración de motor y de la bomba.

EL PARÁMETRO DERIVATIVO (D)

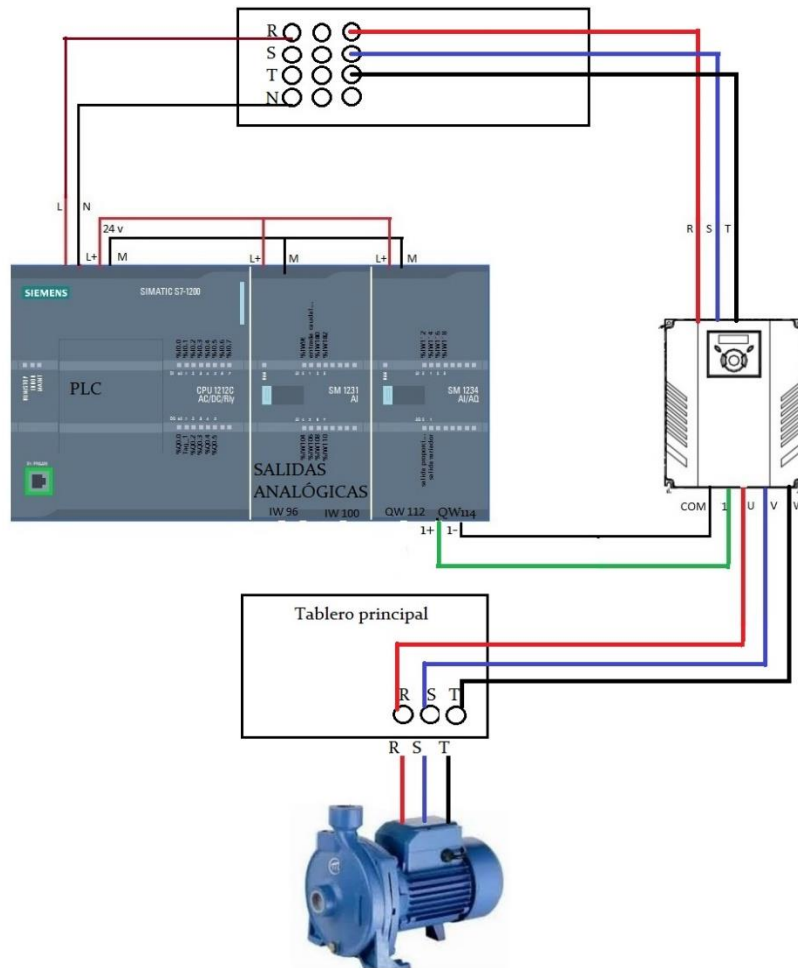
Emite una acción predictiva, es decir, prevé el error e inicia una acción oportuna. Responde a la velocidad del cambio del error y produce una corrección significativa antes de que la magnitud del error se vuelva demasiado grande.

3 Materiales y equipos

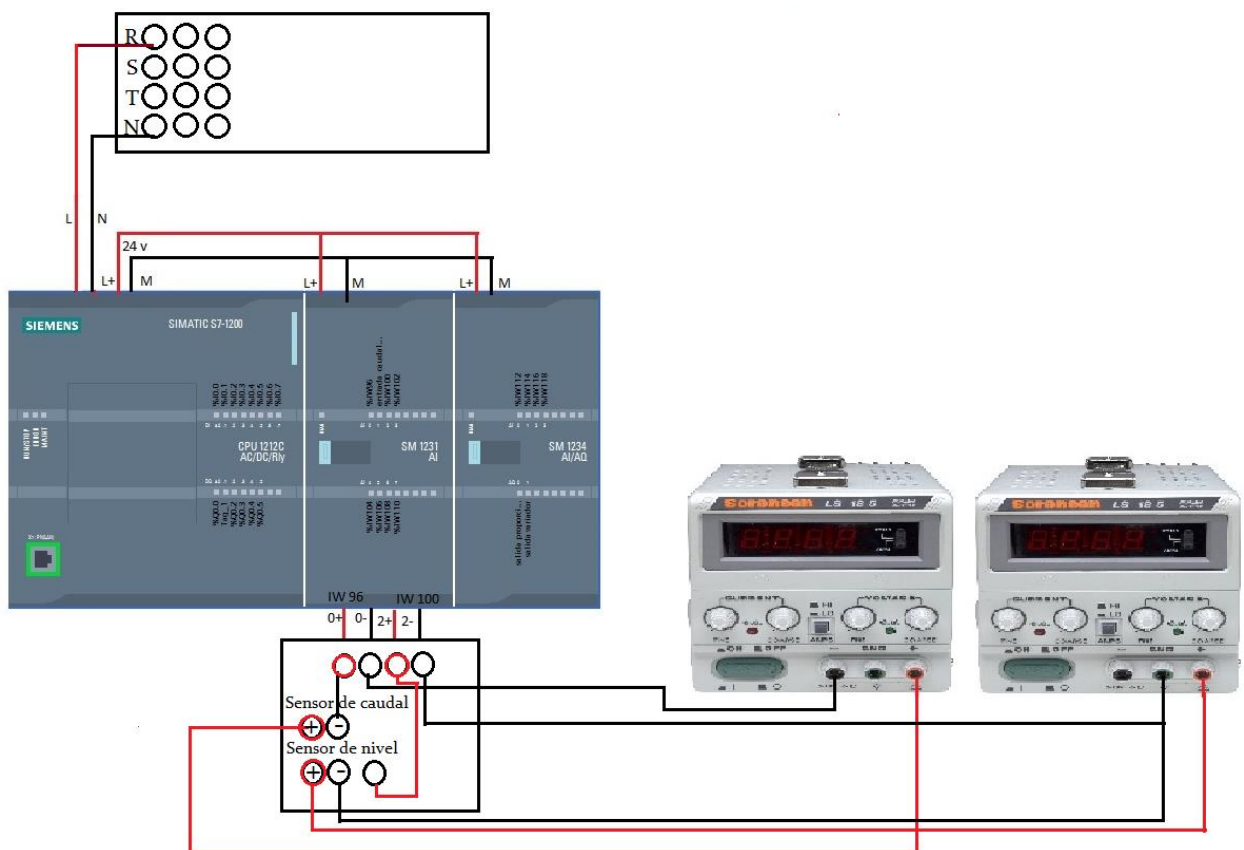
- 1 Sensor de caudal
- 1 Sensor de nivel
- 1 Rotámetro
- 1 Válvula proporcional
- 1 Variador de frecuencia
- 1 Bomba de agua
- 1 PLC S7-1220
- 1 Modulo de entras analógicas
- 1 Salidas analógicas
- 1 Router
- 3 Cables de Ethernet
- 1 HMI
- 1 Computadora mínimo core i3
- 1 Programa Tia portal V14
- 2 Fuentes de 24V
- 1 Toma trifásica
- 1 Toma monofasica
- 1 Extensión
- 1 Porta picos
- 1 Tanque
- 80 litros de agua
- 30 cables

4.- PASOS ADECUADOS Y CONSECUTIVAMENTE PARA REALIZAR LA PRÁCTICA

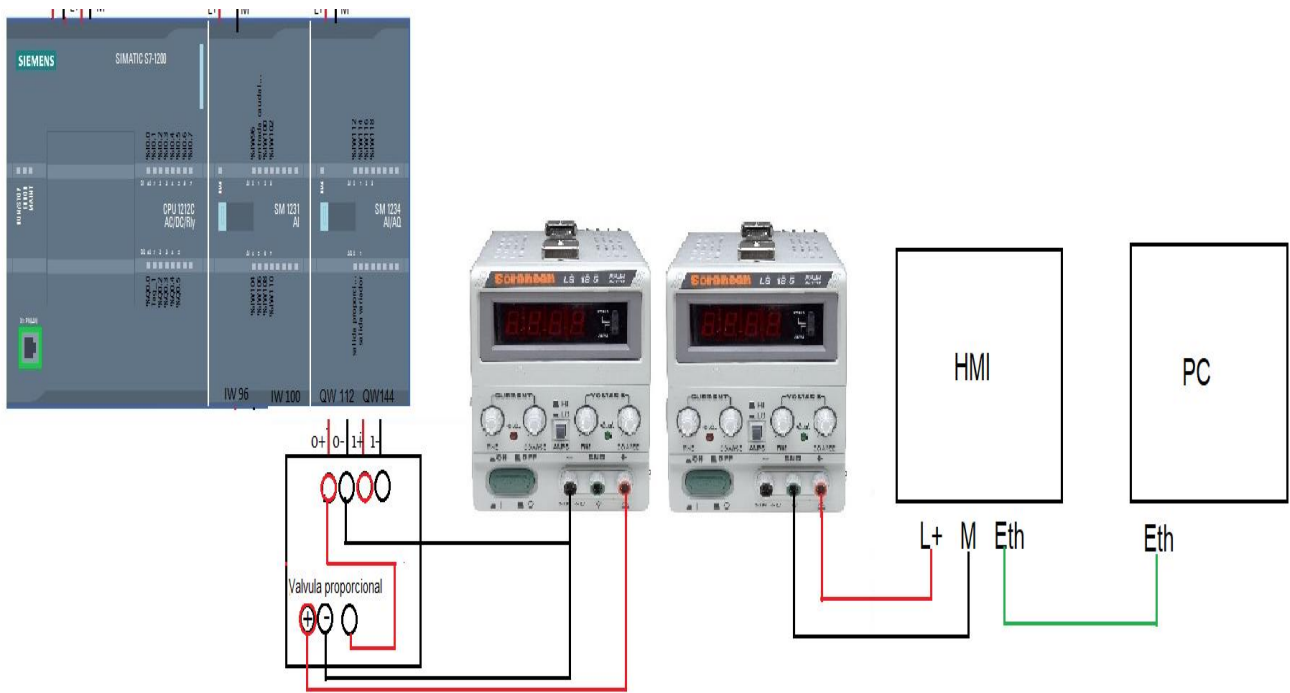
4.1.- Esquema de conexión del variador



4.2 Esquema de conexión de los sensores de nivel y caudal



4.3 Esquema de conexión de la válvula proporcional y el HMI

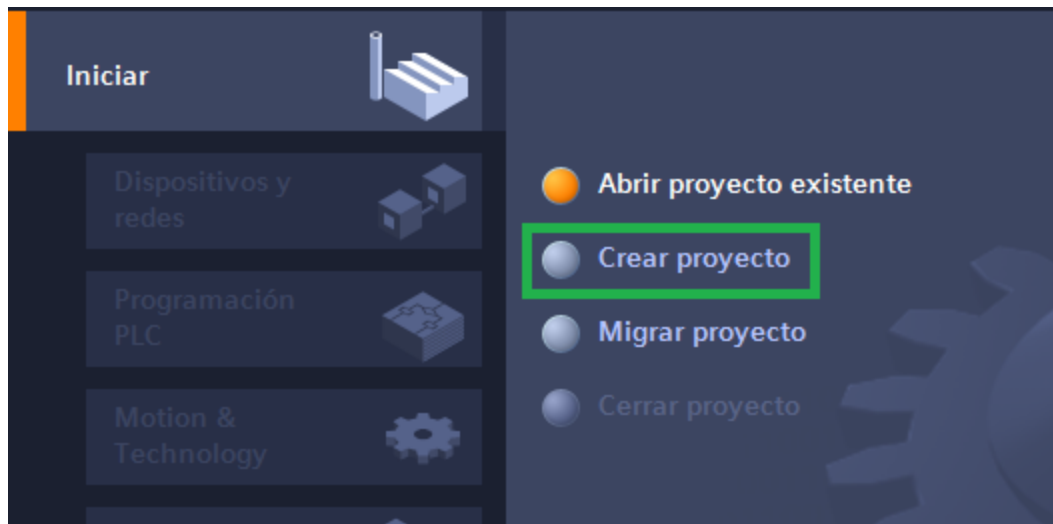


4.4 Configurar el variador para salida corriente.

Grupo	código	Nombre del parámetro	definición	rango	Inicial
Grupo de accionamiento	0.00	[Comando de frecuencia]	-	0-400	0.00
	Frq	[Modo de frecuencia]	4	0-8	0
Grupo E/S	l11	[Constante temporal de filtro para la entrada l]	10	0-99	10
	l12	[Corriente mínima de entrada l]	-	0-20	4
	l13	[Frecuencia correspondiente a l12]	-	0-400	0.00
	l14	Corriente máxima de entrada l4	-	0-20	20
	l15	Frecuencia correspondiente a l14	-	0-400	60.00

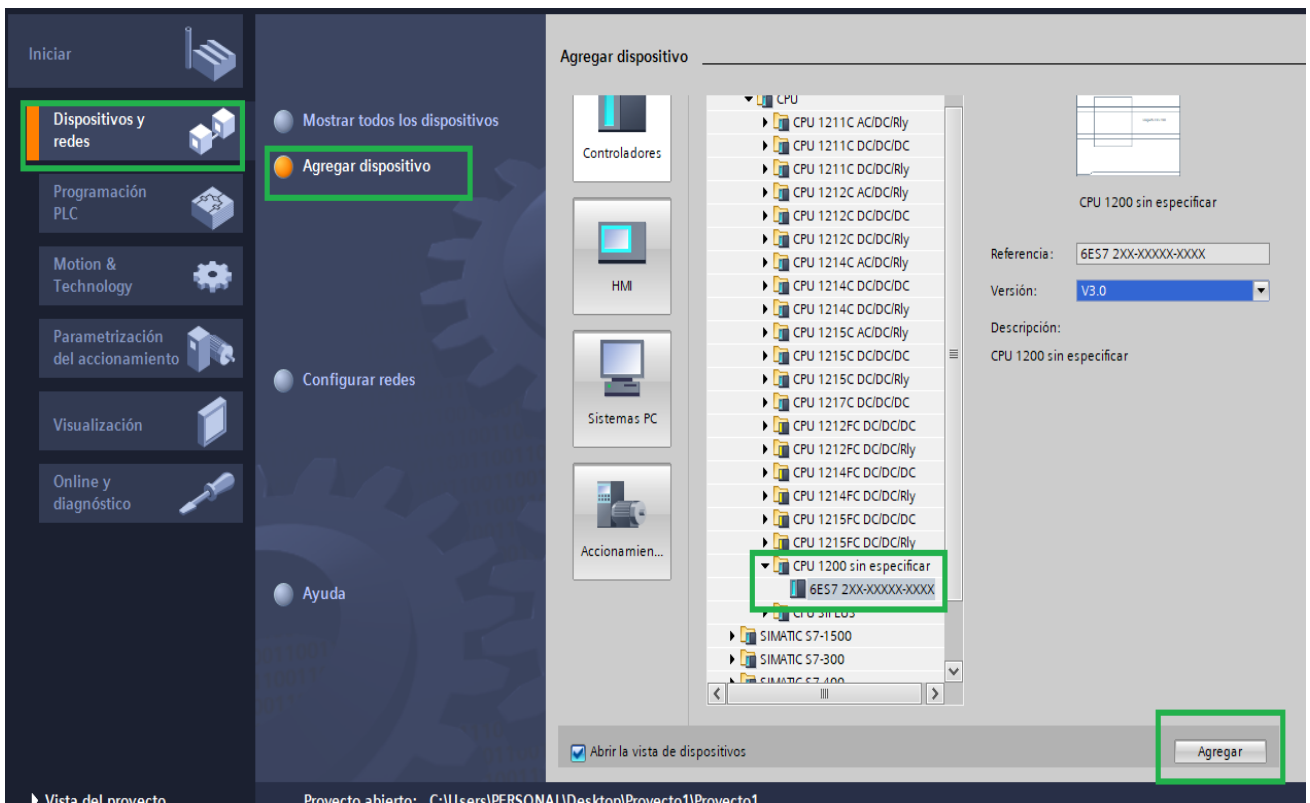
1.- Ejecutar el programa TIA PORTAL

2.- Dar un clic en crear proyecto

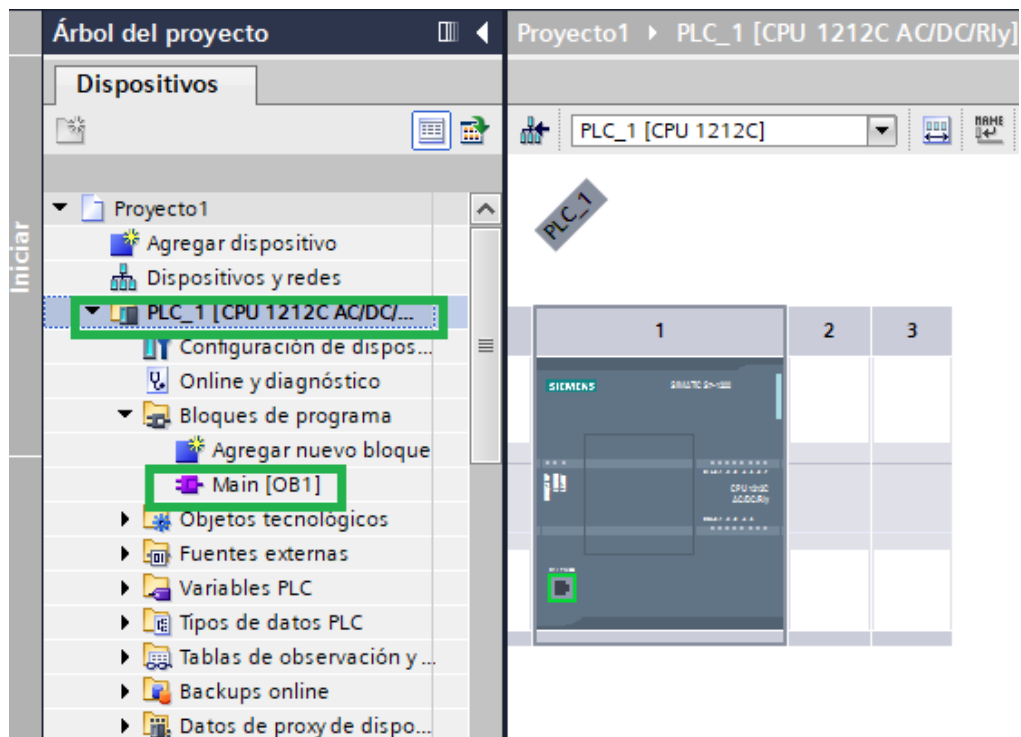


-
- 3.- Dar el nombre del proyecto y la ruta donde se guardara el proyecto

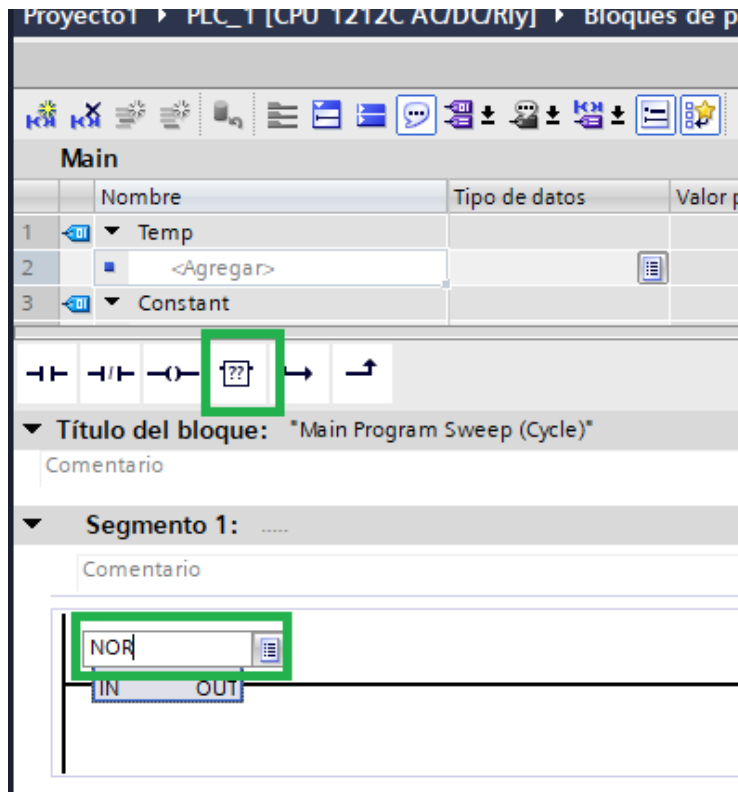
4.- Seleccionar dispositivos y red después agregar dispositivo damos clic en SIMATIC S7-1200 después dar un clic en CPU, luego se desplaza una pestaña y seleccionar CPU 1200 sin especificar y por ultimo dar agregar.



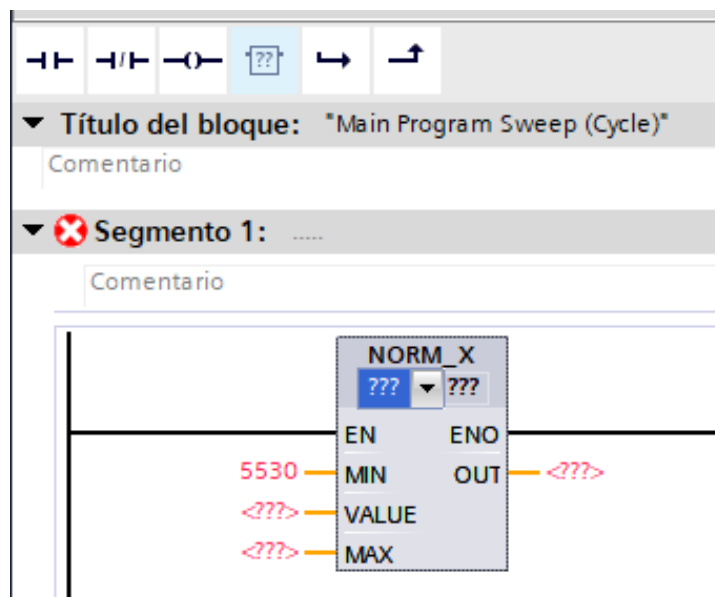
5.- Después que el TIA PORTAL nos reconozca en PLC dar un clic en PLC_1 [CPU 1212 AC/DC/.. luego seleccionar Main [OB1]



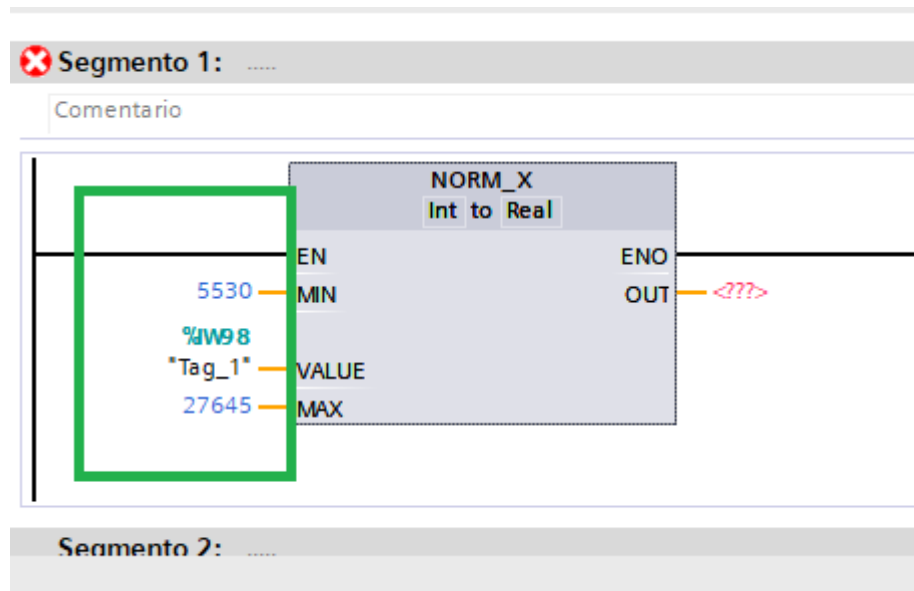
6.- Seleccionar el doble signo de interrogación?? arrastrar hasta el segmento 1, luego dar doble clic derecho cuando nos salda el cuadro texto escribimos NORM_X



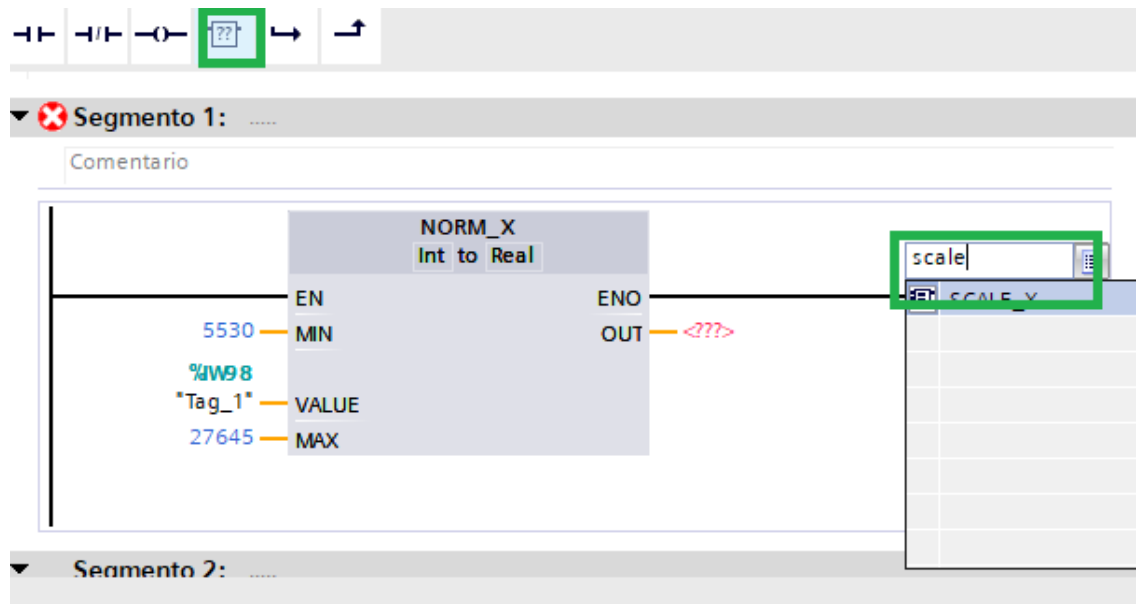
7.- Dar doble clic derecho en el tripe signo de interrogación??? en los dos campos e ingresar Int y Real .



8.-Ingresar los datos en MIN 5530, VALUE %IW98 que va ser la entrada física y en MAX 27645.



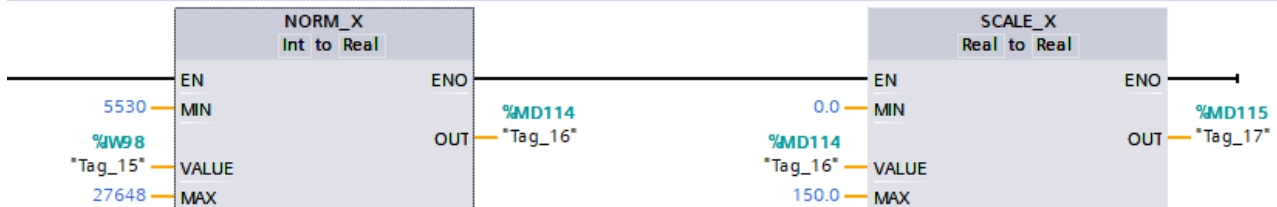
9.- Seleccionar donde el doble signo de interrogación?? arrastrar hasta el segmento 1, luego dar doble clic derecho cuando salda el cuadro texto escribir SCALE_X



10.- Poner en OUT del NORM_X ingresar %MD14 luego en MIN PONEMOS 0.0 en VALUE %MD14 y en MAX 150.0 y en OUT DE SCALE_X poner %MD115 es donde dará el valor escaldado del sensor de caudal.

Comentario 1:

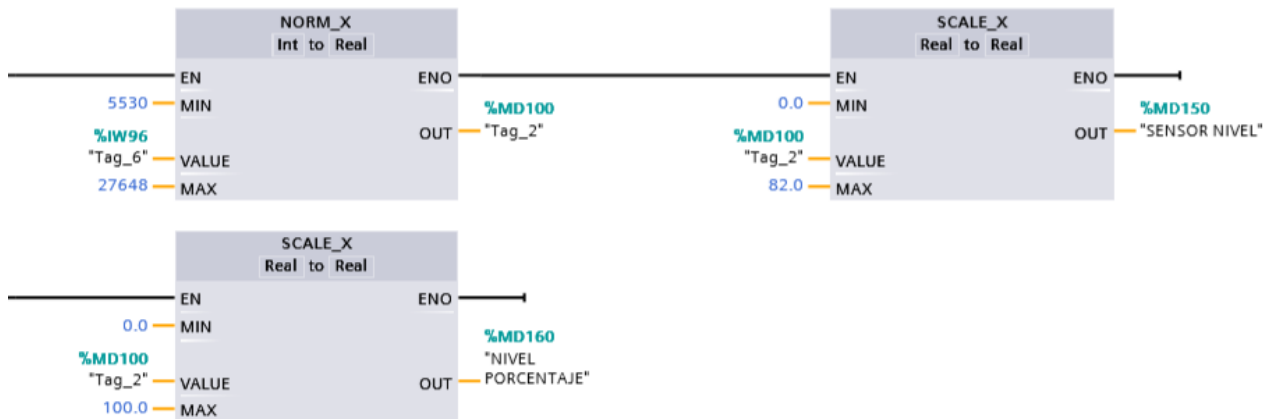
Comentario



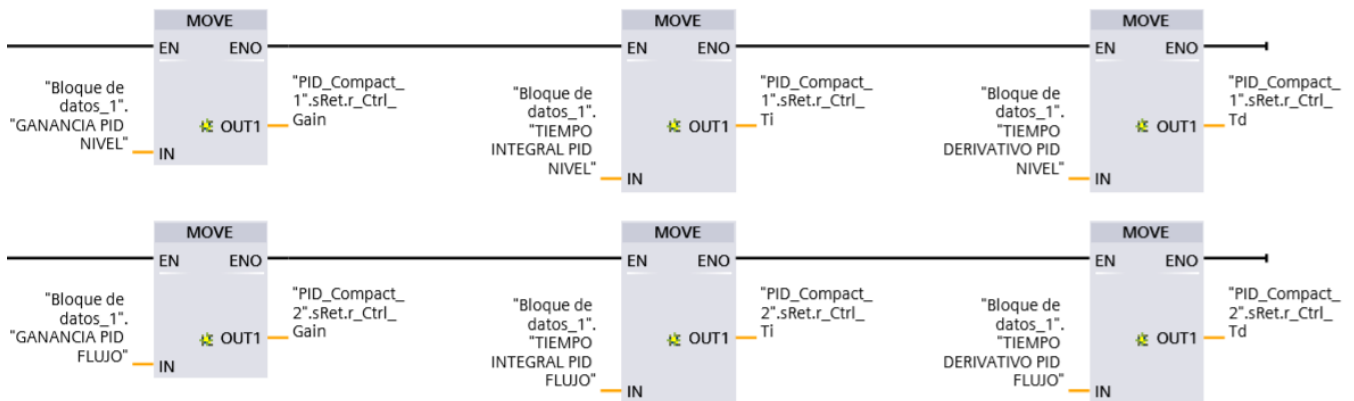
11.- Escalar Set point



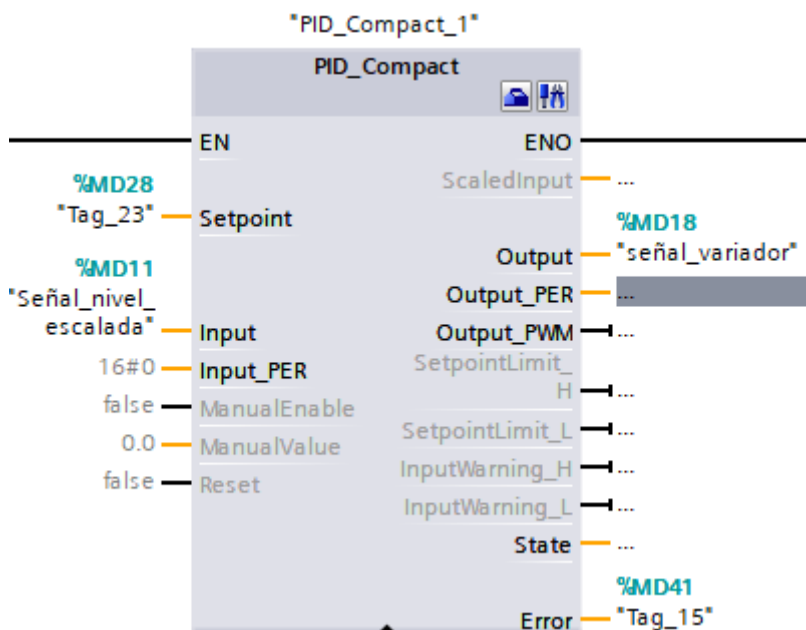
12.- Ingresar los parámetros para el sensor de nivel



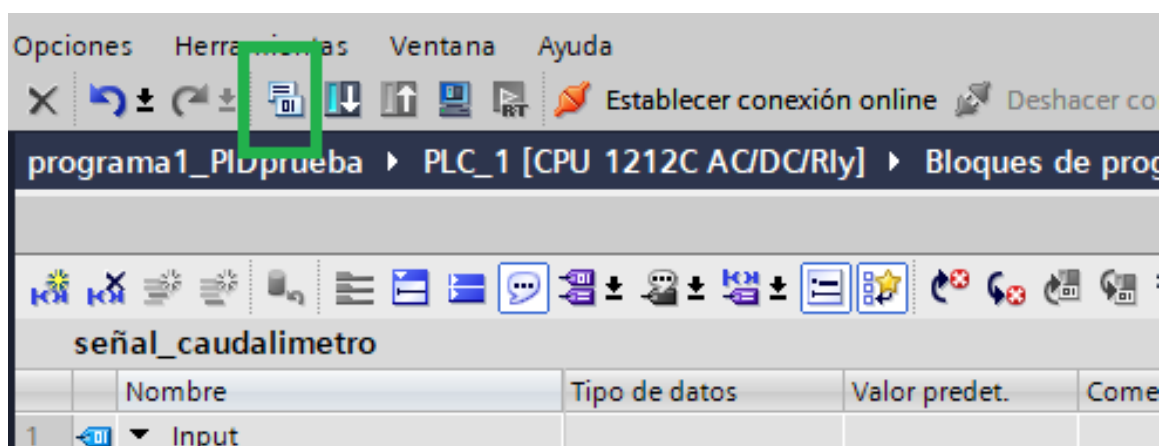
14.- Parámetros pantalla



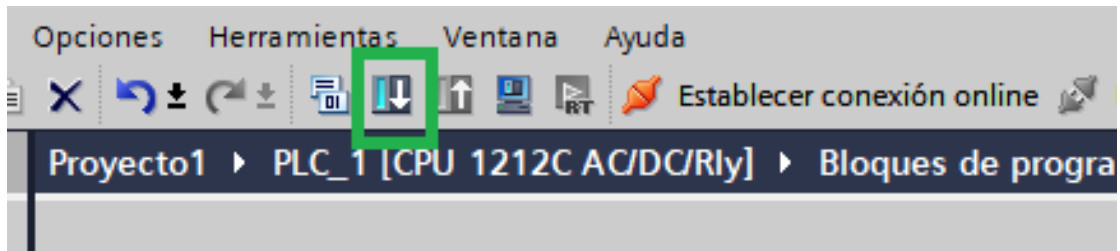
14.-PID de nivel



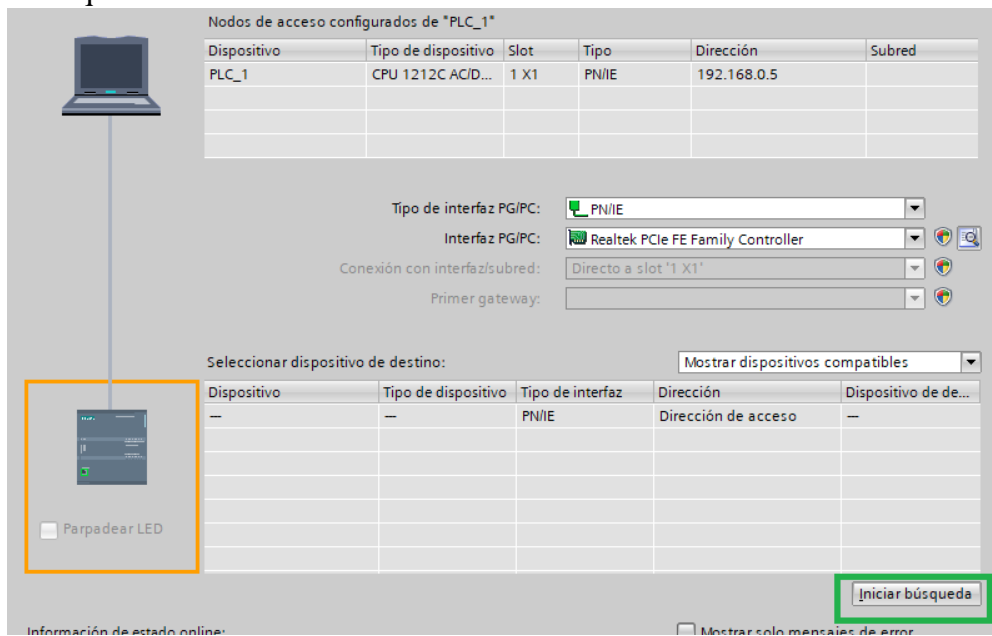
15.- Compilar el programa



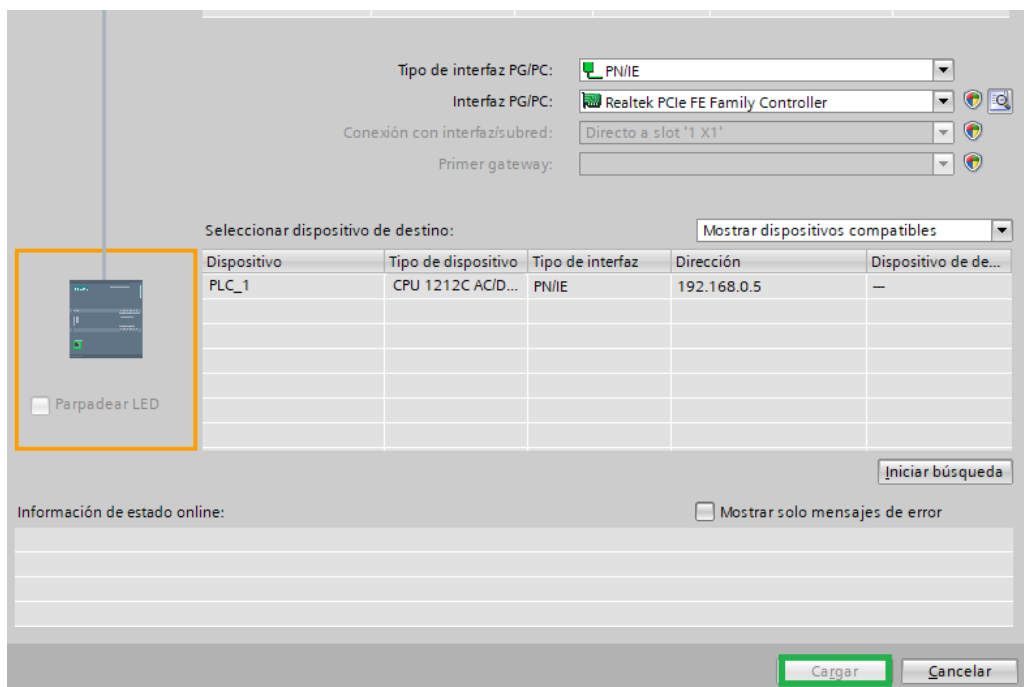
16.- Cargar en el dispositivo.



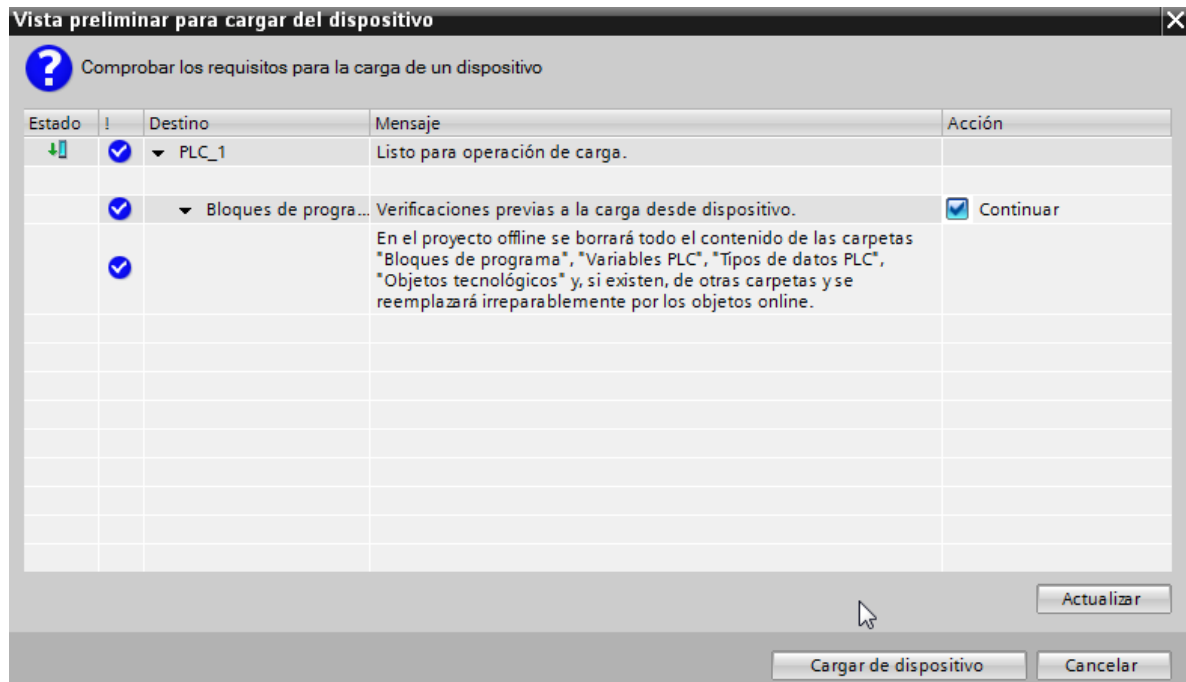
17.- Iniciar búsqueda



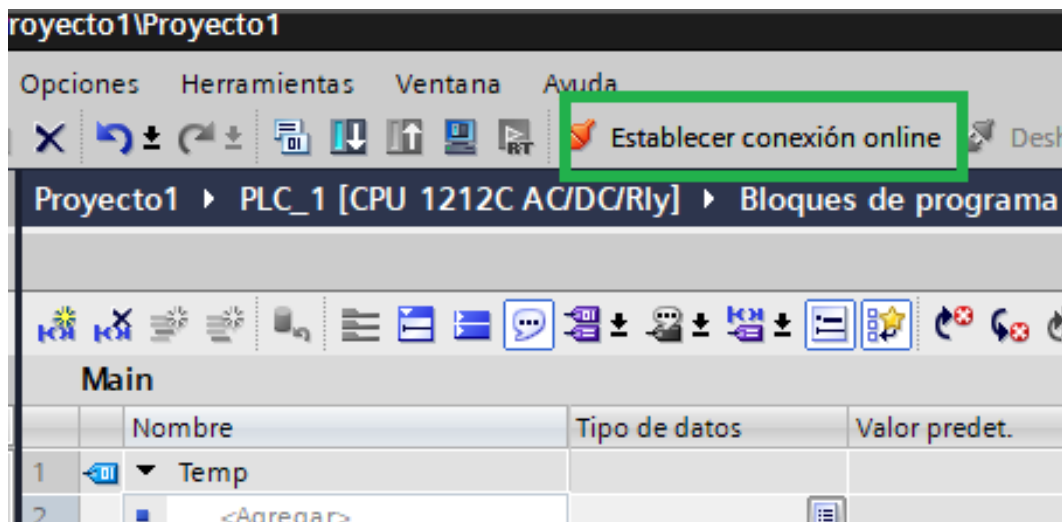
18.- Cargar el programa



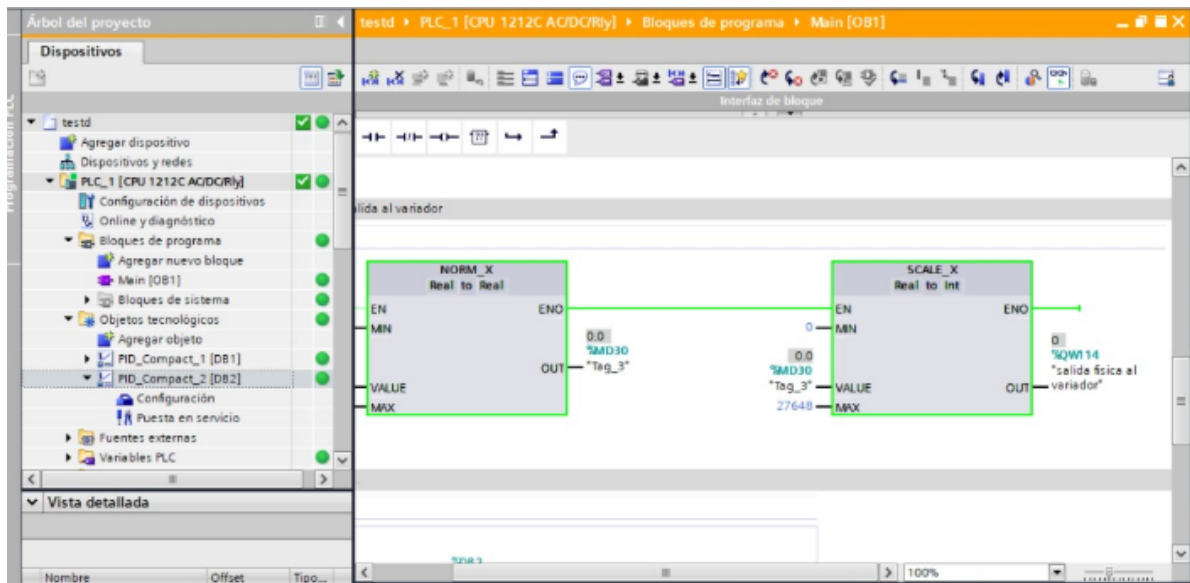
19.- Poner en cargar y por ultimo finalizar



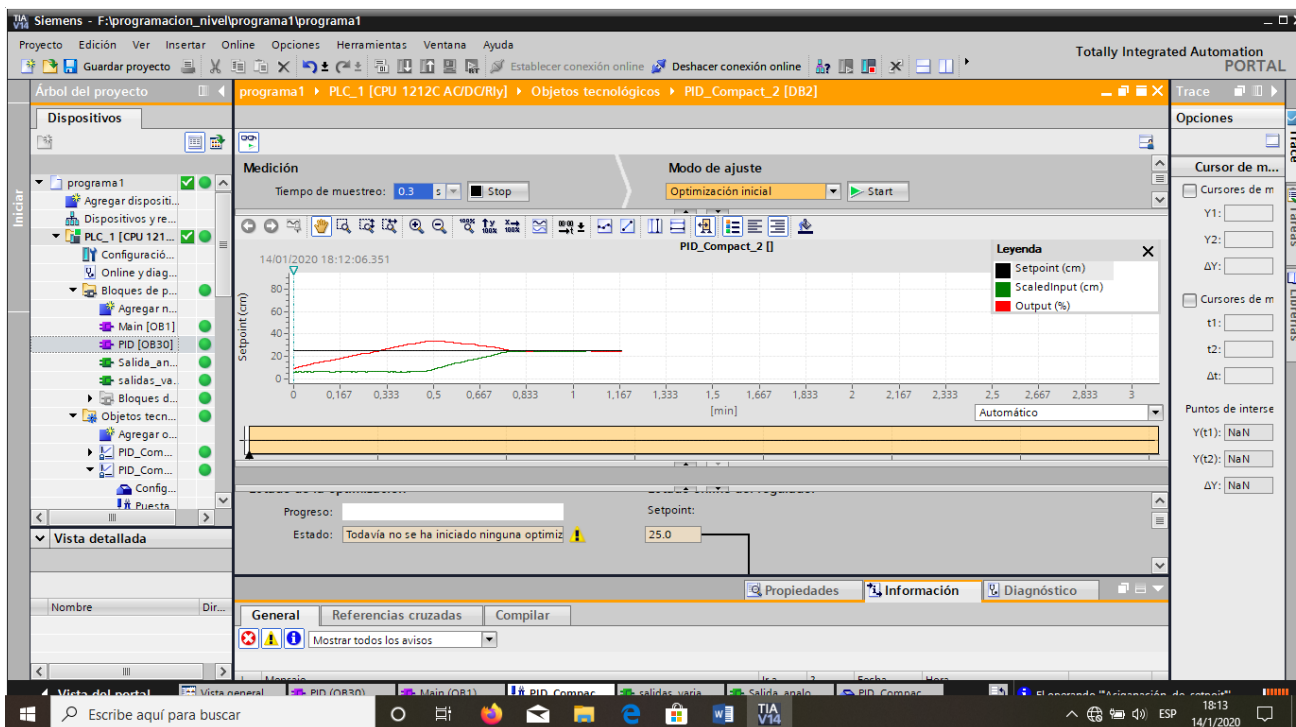
20.- Establecer conexión

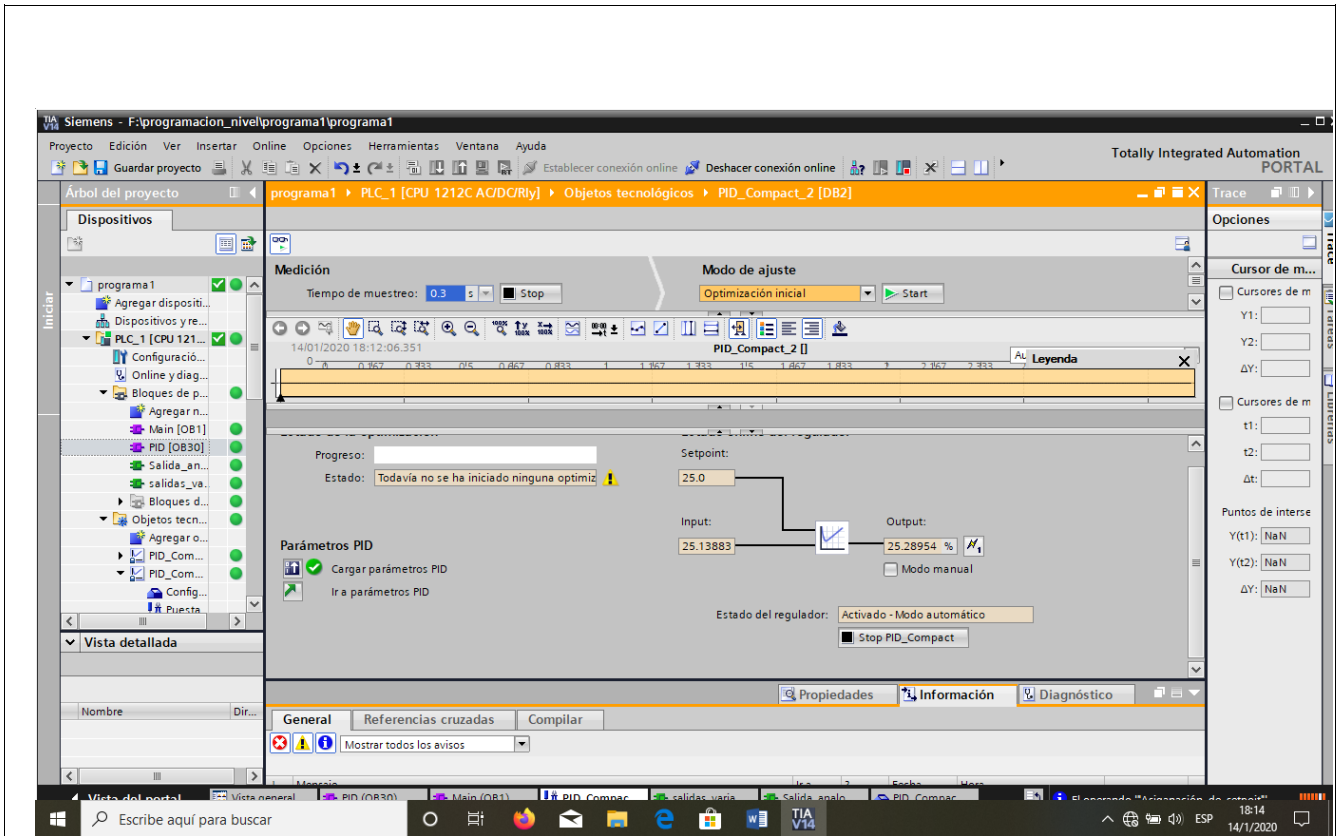


21.-Programa en conexión online con el PLC 7 1200



3 ANÁLISIS DE RESULTADOS





4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- CONCLUSION**
 Mediante esta práctica se logró hacer uso de las herramientas útiles que posee TIA PORTAL y permite que el trabajo de programación sea más rápido para optimizar memoria del controlador y que cuente con la mejor eficiencia.
- RECOMENDACIÓN**
 Revisar la ayuda que ofrece TIA PORTAL para conocer más sobre las herramientas de programación que posee.
 Recordar las reglas de programación lógica.

5 BIBLIOGRAFÍA

R. M. C. M. JOSEPH VERGARA, «PROTOTIPO PARA CONTROL AUTOMÁTICO DE NIVEL Y CAUDAL DE LÍQUIDOS,» *INGENIUS*, nº N° 6, pp. 9-18, 2011.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

1 Manual de operación de la practica cascada

1.1 Energizar la toma trifásica.

1.2 Energizar la toma monofásica.

1.3 Energizar las dos fuentes de 24V.

1.4 Energizar el Router.

1.5 Energizar el PLC S7 1200 conectando L1 con R, N con N de la alimentación de 110V y el cable de Ethernet con la primera entrada del Router.

1.6 Energizar los módulos de entradas y salidas analógicas conectando L+ y M respectivamente.

1.7 Energizar el variador de frecuencia conectando R con R, S con S y T con T de la fuente de alimentación de 220V

1.8 Energizar la bomba de agua conectando U con R, V con S y W con T, del tablero principal.

1.9 Energizar el HMI a la fuente de 24 V, L+ con el positivo de la fuente y M con el negativo de la fuente y el cable Ethernet con la segunda entrada del Router

1.10 Energizar el sensor de flujo L+ con el positivo de la fuente de 24V, M con 0+ de la entrada IW96 del módulo de entradas analógicas y 0- con el negativo de la fuente.

1.11 Energizar el sensor de nivel L+ con el positivo de la fuente de 24V, y M con el negativo de la fuente, y de la resistencia + se conecta con 2+ de la entrada IW100 del módulo de salidas analógicas y 2- con el negativo de la fuente.

1.12 Energizar la válvula proporcional L+ con el positivo de la fuente de 24V y M con el negativo de la fuente, y COM se conecta con 0+ de la salida QW112 del módulo de salidas analógicas y 0- con el negativo de la fuente.

1.13 Conectar CM del variador de frecuencia con 1- de la salida QW114 del módulo de salidas analógicas y 1+ con 1 del variador de frecuencia.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

PRÁCTICA DE LABORATORIO LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Adrián Quinatoa	Ing. Luigi Freire	Ing. Luigi Freire
Oscar Velasco		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM 703	PLC

PRÁCTICA N°	LABORATORIO: NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN	DURACIÓN (HORAS)
1		PID CASCADA	1

1	OBJETIVO
	<p>OBJETIVO GENERAL: Desarrollar una práctica que permita utilizar las herramientas que posee TIA PORTAL como son el NORM_X, SCALE_X, PID para visualizar la señal analógica ya con el valor escalado.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Determinar las condiciones correctas a considerar en el desarrollo de programa. Definir las entradas /salidas que se utilizaran en el programa</p>

2	MARCO TEÓRICO
	<p>SEÑAL ANALÓGICA</p> <p>Una señal analógica es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético; que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la</p>

tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión y térmicas como la temperatura.

VALOR ESCALADO

Para realizar un escalado, necesitaremos dos parejas de puntos para poder calcular la relación:

El valor mínimo de la entrada analógica (para los 4mA que equivale a 5530) y el valor ingenieril que toma (0 L/s)

El valor máximo de la entrada analógica (para los 20mA) y el valor asociado (150 L/m)

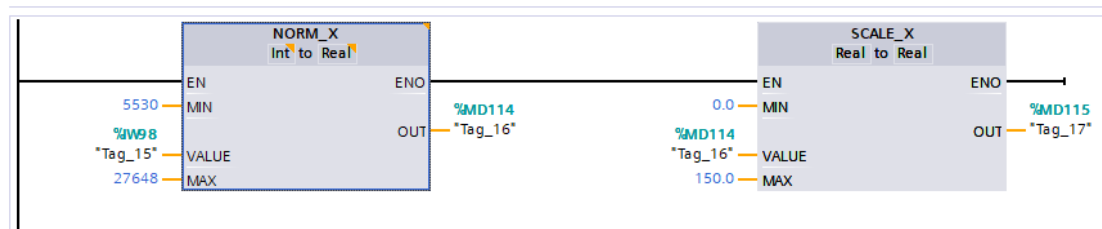


Fig1. Valor escaldo

BLOQUE NORM_X

La instrucción “Normalizar” normaliza el valor de la variable de la entrada representándolo en una escala lineal, los parámetros mínimos y máximos sirven para definir los límites de un rango de valores que se refleja en la escala. En función de la posición del valor que se debe normalizar en este rango de valores, el resultado se calcula y se deposita como numero en coma flotante en la salida. Si el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada mínima, la salida devuelve “0.0”, si por el contrario el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada máxima la salida devuelve el valor “1.0”.

BLOQUE SCALE_X

La instrucción “Escalar” escala el valor de la entrada mapeándolo en un determinado rango de valores, al ejecutar la instrucción el número en coma flotante de la entrada se escala al rango de valores definido por los parámetros mínimos y máximos. El resultado de la escala es un número entero que se deposita en la salida.

Se debe determinar cuántas entradas y salidas vamos a utilizar en la programación y declararlas en la tabla de variables estándar en la pestaña “Variables del PLC”.

EL CONTROLADOR PID

Calcula la diferencia entre nuestra variable real contra la variable deseada. En sistemas de bombeo, regularmente nos interesa mantener la presión o flujo constante, por lo tanto, el control PID mide la diferencia entre la presión en la tubería y la presión requerida y actúa variando la velocidad del motor para que podamos tener nuestra presión o flujo constante.

EL PARÁMETRO PROPORCIONAL (P)

Mide la diferencia entre el valor actual y el set-point (en porcentaje) y aplica el cambio.

EL PARÁMETRO INTEGRAL (I)

Se refiere al tiempo que se toma para llevar a cabo acción correctiva. Mientras el valor sea más pequeño, el ajuste es más rápido pero puede causar inestabilidad en el sistema, oscilaciones, vibración de motor y de la bomba.

EL PARÁMETRO DERIVATIVO (D)

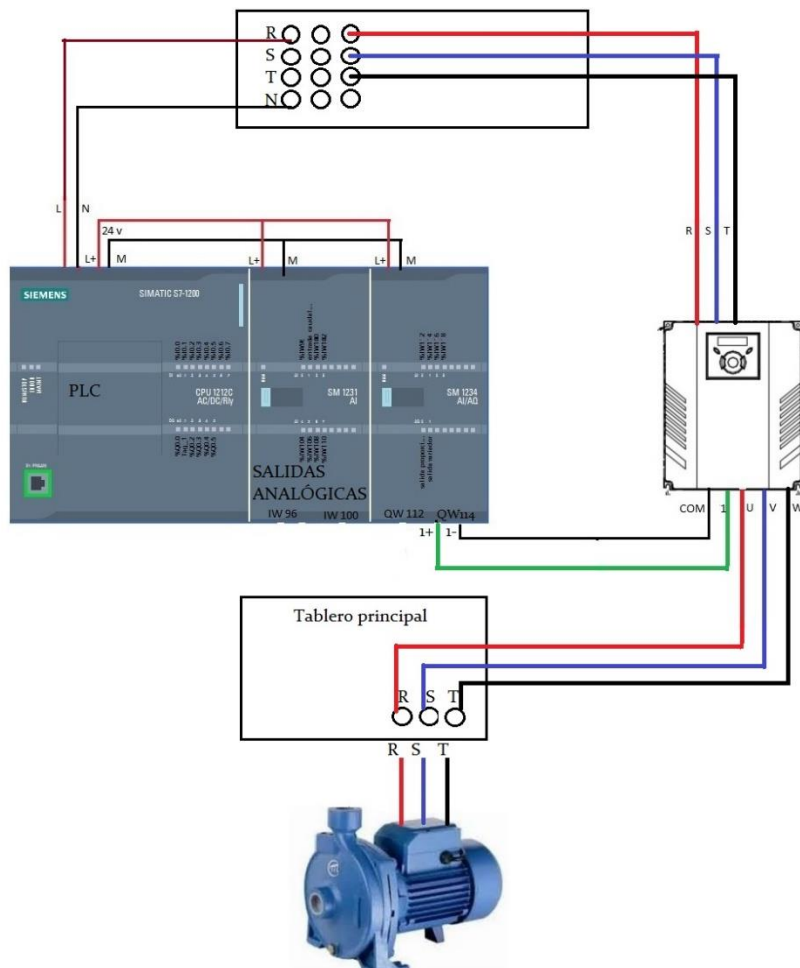
Emite una acción predictiva, es decir, prevé el error e inicia una acción oportuna. Responde a la velocidad del cambio del error y produce una corrección significativa antes de que la magnitud del error se vuelva demasiado grande.

3 Materiales y equipos

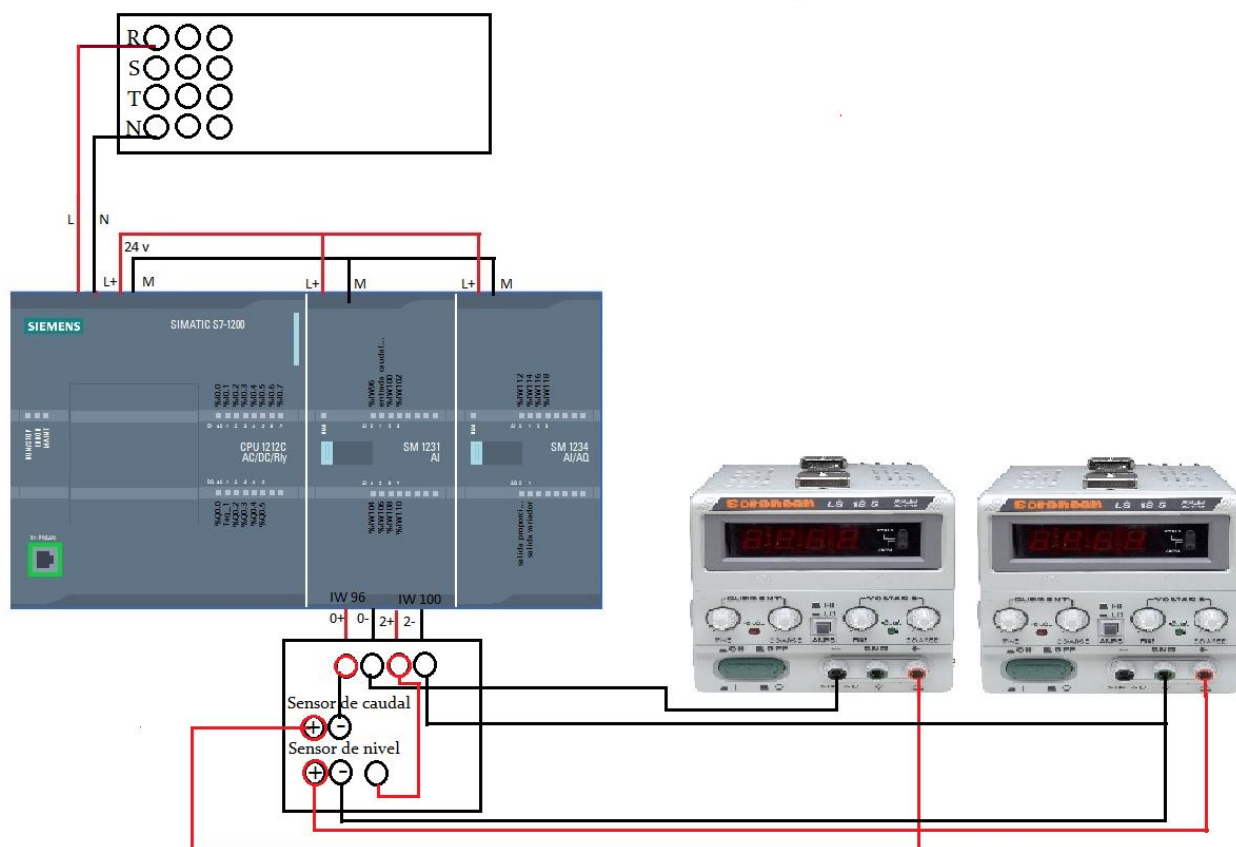
- 1 Sensor de caudal
- 1 Sensor de nivel
- 1 Rotámetro
- 1 Válvula proporcional
- 1 Variador de frecuencia
- 1 Bomba de agua
- 1 PLC S7-1220
- 1 Modulo de entras analógicas
- 1 Salidas analógicas
- 1 Router
- 3 Cables de Ethernet
- 1 HMI
- 1 Computadora mínimo core i3
- 1 Programa Tia portal V14
- 2 Fuentes de 24V
- 1 Toma trifásica
- 1 Toma monofásica
- 1 Extensión
- 1 Porta picos
- 1 Tanque
- 80 litros de agua
- 30 cables

4.- PASOS ADECUADOS Y CONSECUTIVAMENTE PARA REALIZAR LA PRÁCTICA

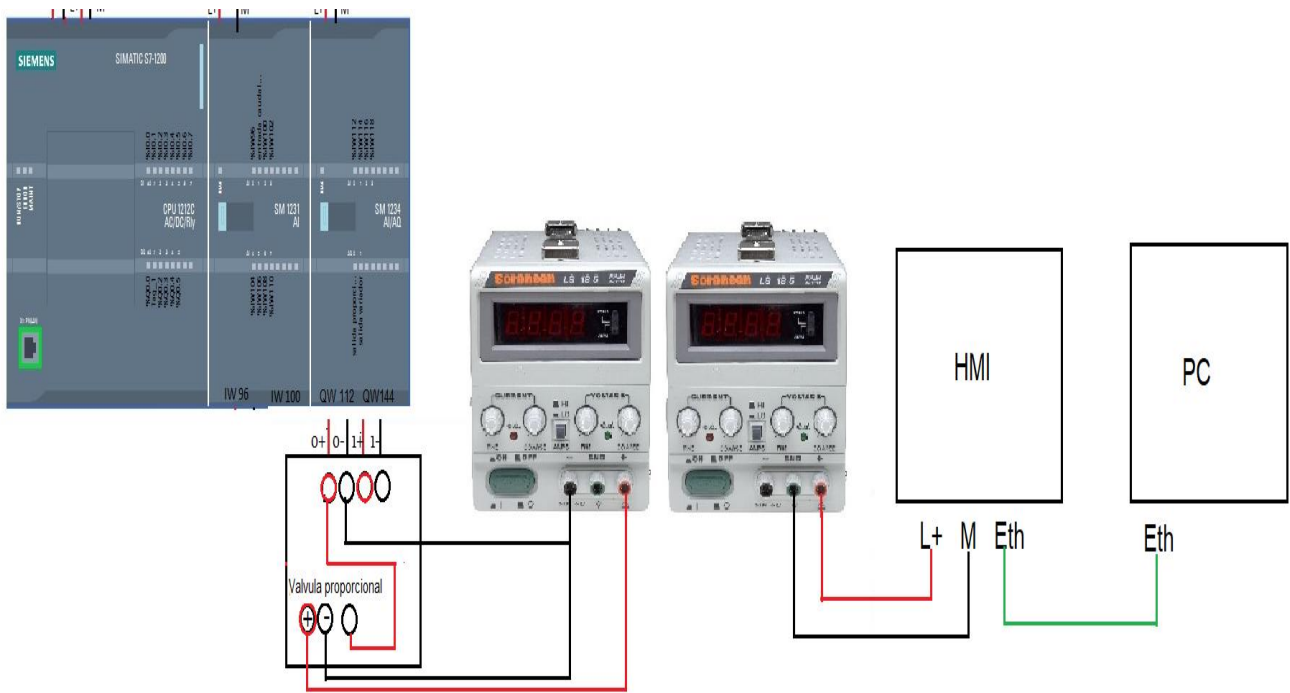
4.1.- Esquema de conexión del variador



4.2 Esquema de conexión de los sensores de nivel y caudal



4.3 Esquema de conexión de la válvula proporcional y el HMI

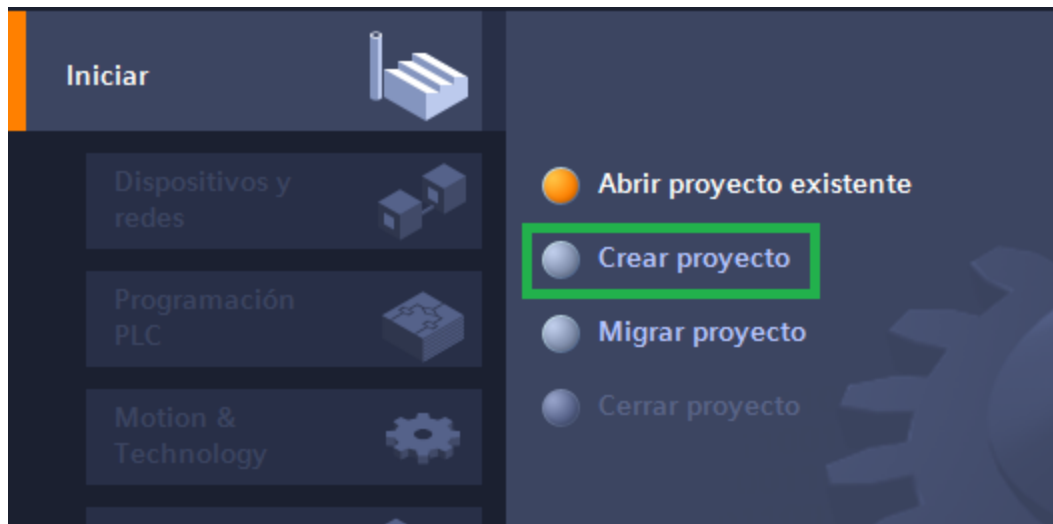


4.4 Configurar el variador para salida corriente.

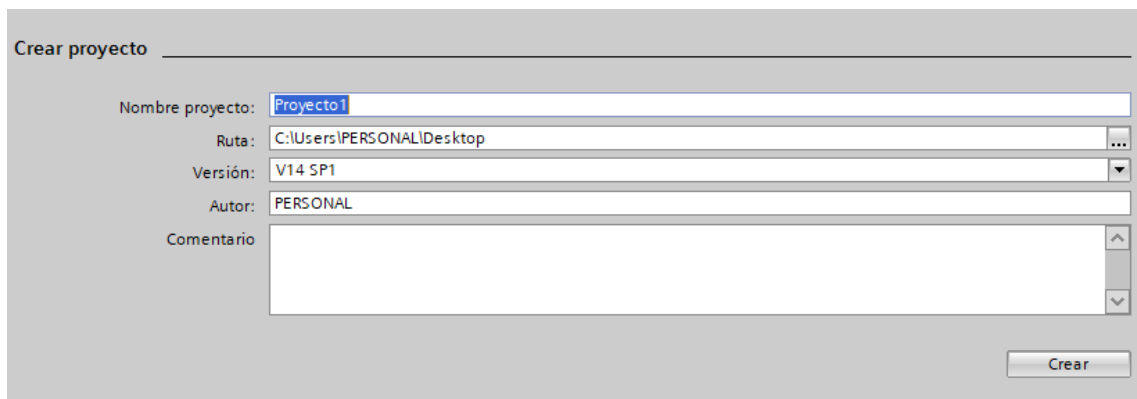
Grupo	código	Nombre del parámetro	definición	rango	Inicial
Grupo de accionamiento	0.00	[Comando de frecuencia]	-	0-400	0.00
	Frq	[Modo de frecuencia]	4	0-8	0
Grupo E/S	l11	[Constante temporal de filtro para la entrada l]	10	0-99	10
	l12	[Corriente mínima de entrada l]	-	0-20	4
	l13	[Frecuencia correspondiente a l12]	-	0-400	0.00
	l14	Corriente máxima de entrada l4	-	0-20	20
	l15	Frecuencia correspondiente a l14	-	0-400	60.00

1.- Ejecutar el programa TIA PORTAL

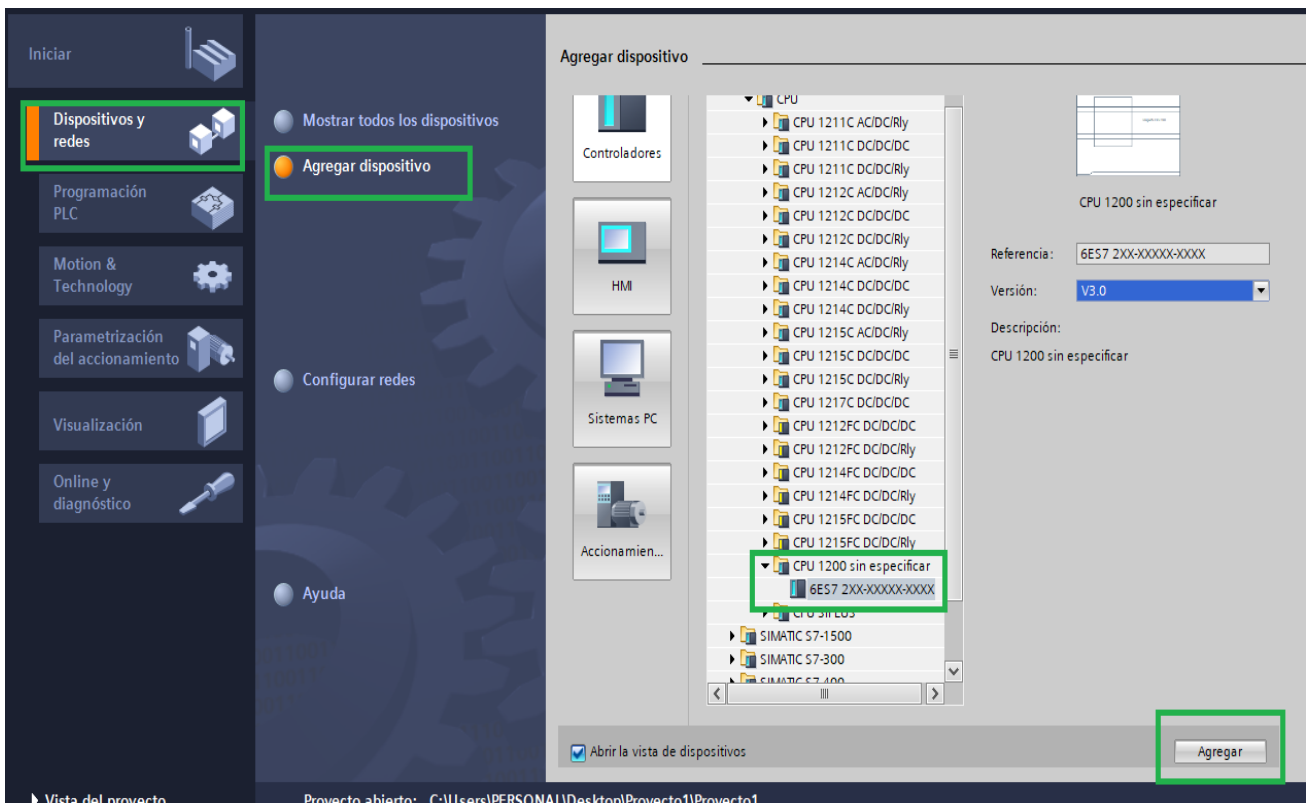
2.- Dar un clic en crear proyecto



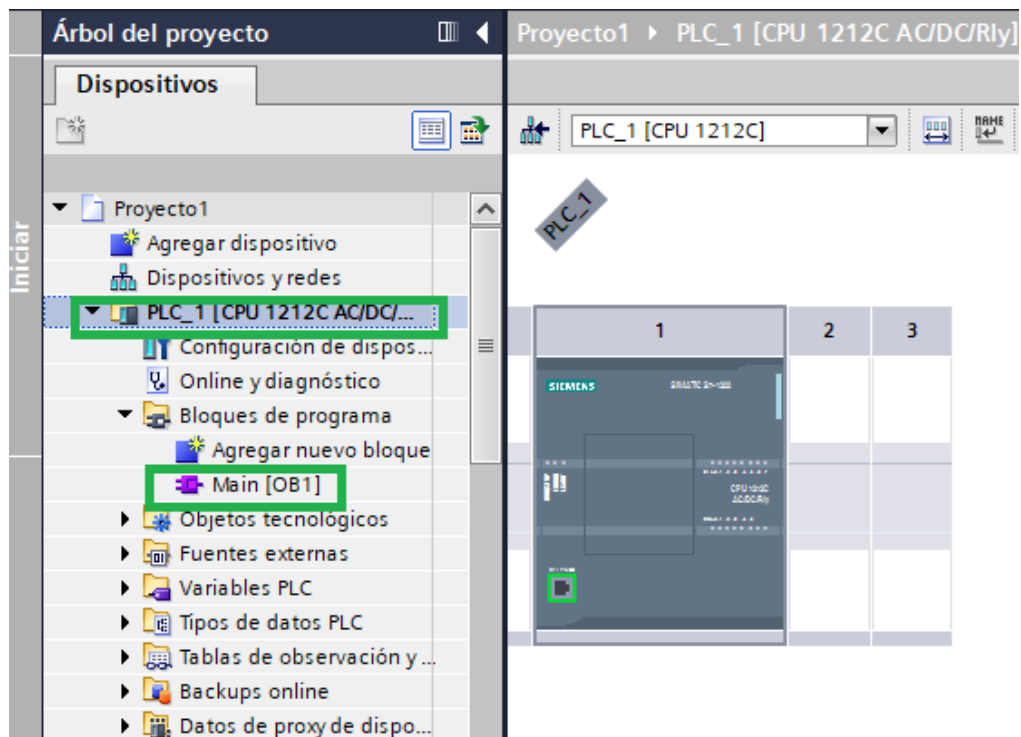
-
- 3.- Dar el nombre del proyecto y la ruta donde se guardara el proyecto

The image shows the 'Crear proyecto' (Create project) dialog box. It has several input fields: 'Nombre proyecto' with the text 'Proyecto1', 'Ruta' with the path 'C:\Users\PERSONAL\Desktop', 'Versión' with a dropdown menu set to 'V14 SP1', and 'Autor' with the text 'PERSONAL'. There is also a 'Comentario' field with a scroll bar. A 'Crear' button is located at the bottom right of the dialog.

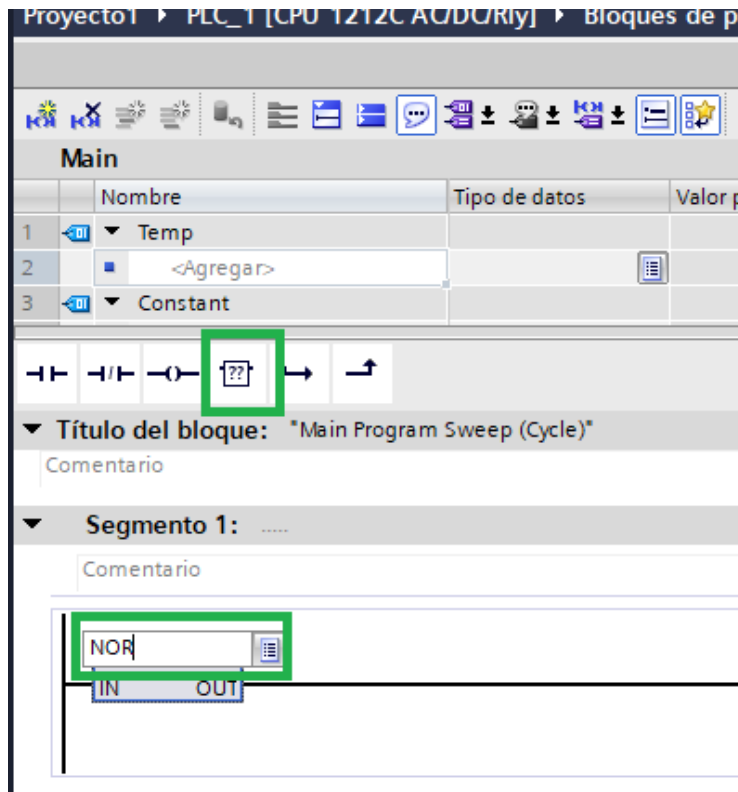
4.- Seleccionar dispositivos y red después agregar dispositivo damos clic en SIMATIC S7-1200 después dar un clic en CPU, luego se desplaza una pestaña y seleccionar CPU 1200 sin especificar y por ultimo dar agregar.



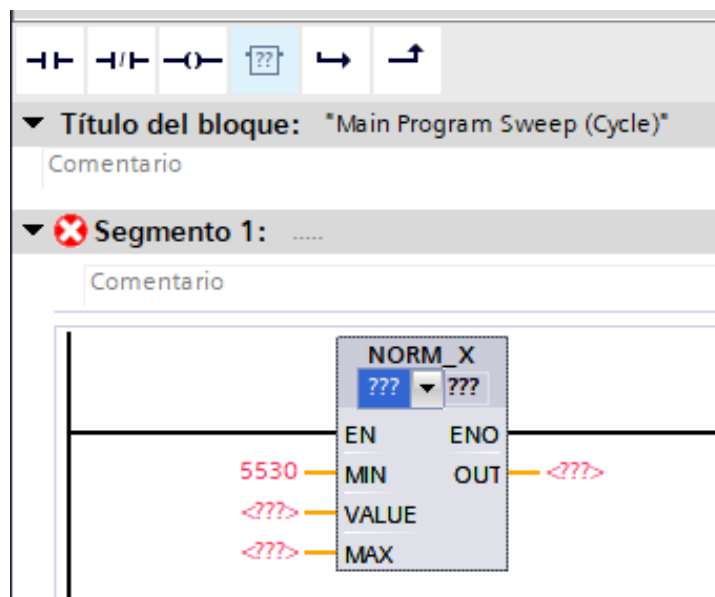
5.- Después que el TIA PORTAL nos reconozca en PLC dar un clic en PLC_1 [CPU 1212 AC/DC/.. luego seleccionar Main [OB1]



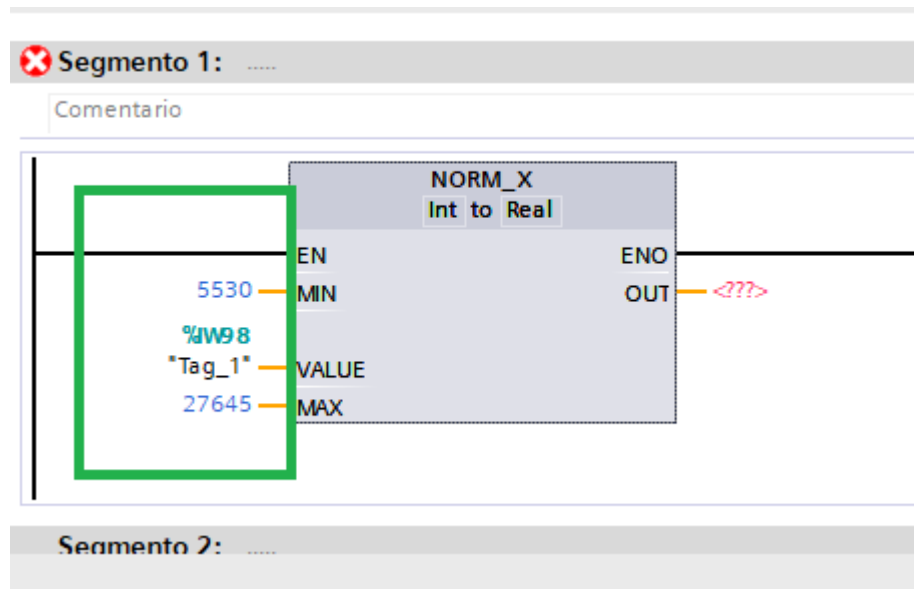
6.- Seleccionar el doble signo de interrogación?? arrastrar hasta el segmento 1, luego dar doble clic derecho cuando nos salda el cuadro texto escribimos NORM_X



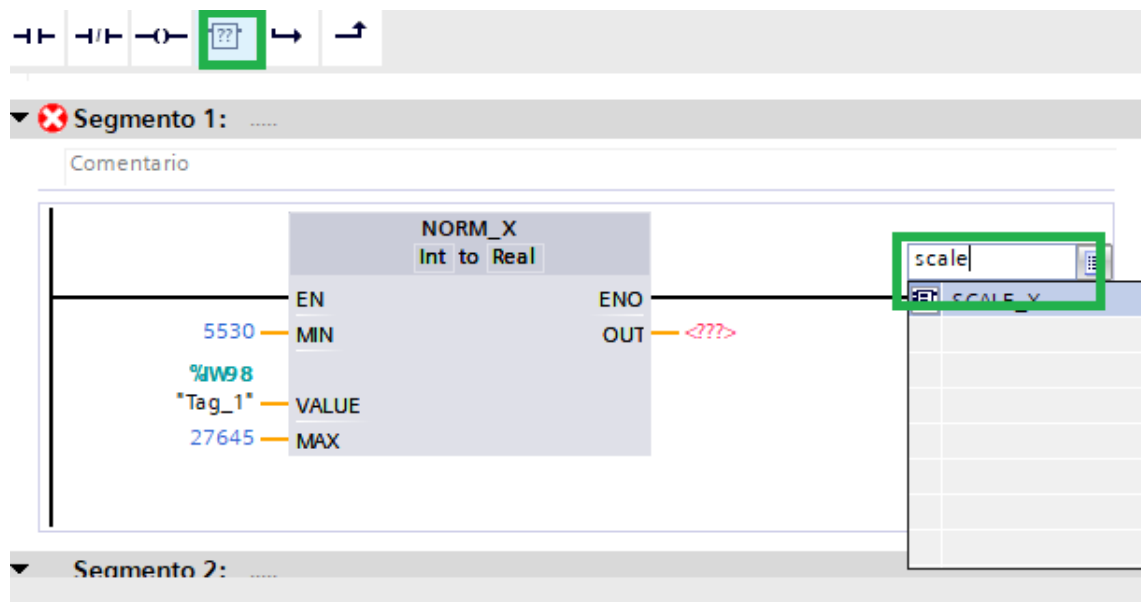
7.- Dar doble clic derecho en el tripe signo de interrogación??? en los dos campos e ingresar Int y Real .



8.-Ingresar los datos en MIN 5530, VALUE %IW98 que va ser la entrada física y en MAX 27645.



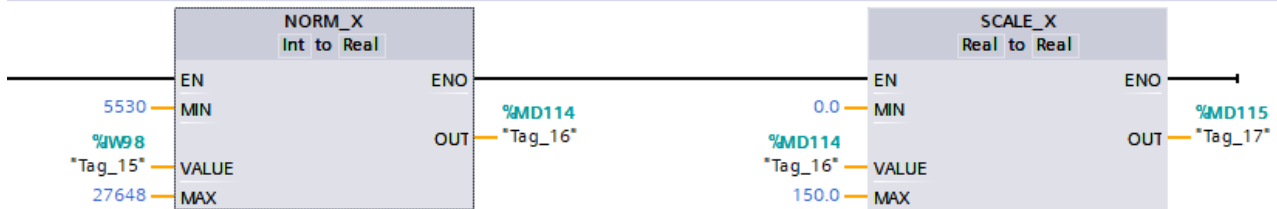
9.- Seleccionar donde el doble signo de interrogación?? arrastrar hasta el segmento 1, luego dar doble clic derecho cuando salda el cuadro texto escribir SCALE_X



10.- Poner en OUT del NORM_X ingresar %MD14 luego en MIN PONEMOS 0.0 en VALUE %MD14 y en MAX 150.0 y en OUT DE SCALE_X poner %MD115 es donde dará el valor escaldo del sensor de caudal.

Comentario 1:

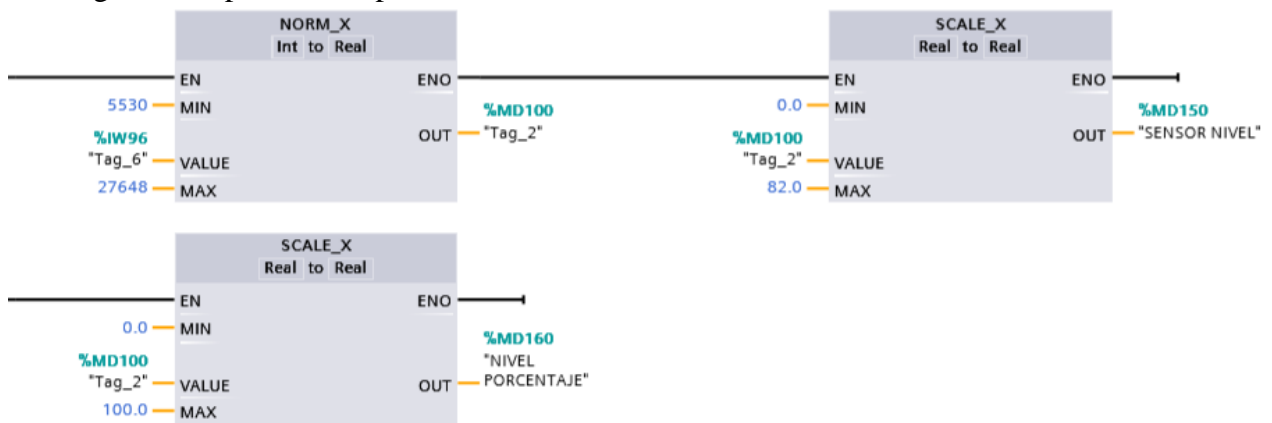
Comentario



11.- Escalar Set point



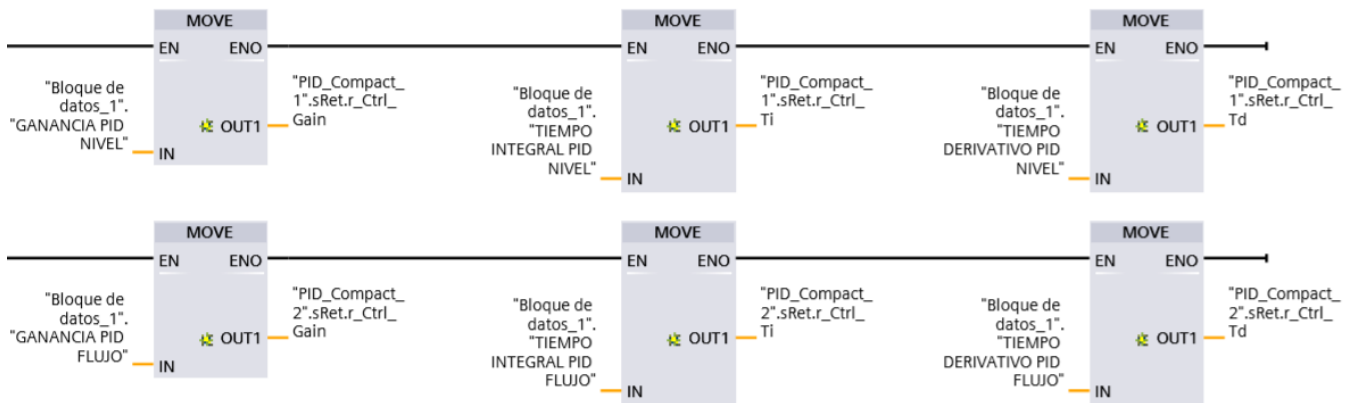
12.- Ingresar los parámetros para el sensor de nivel



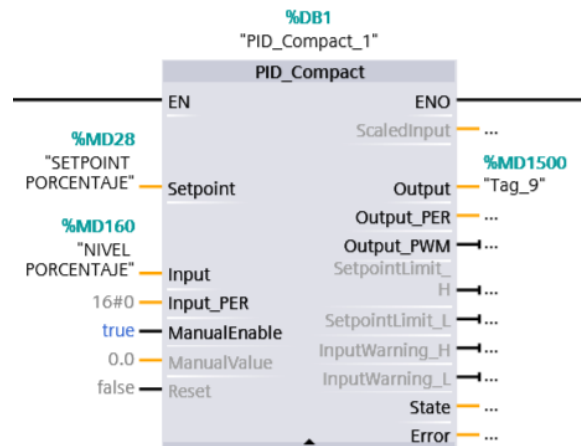
13.- Salida



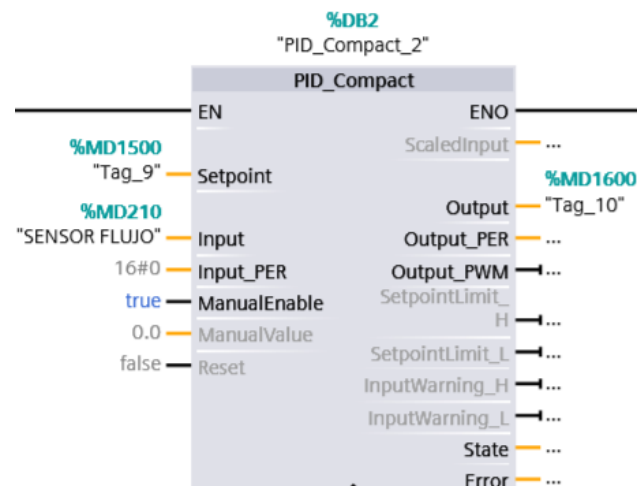
14.- Parámetros pantalla



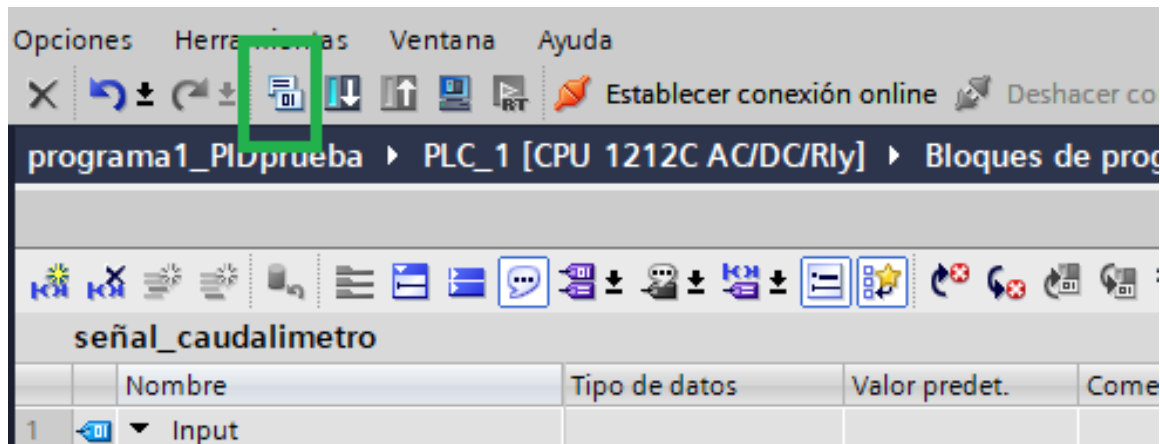
15.- PID de nivel



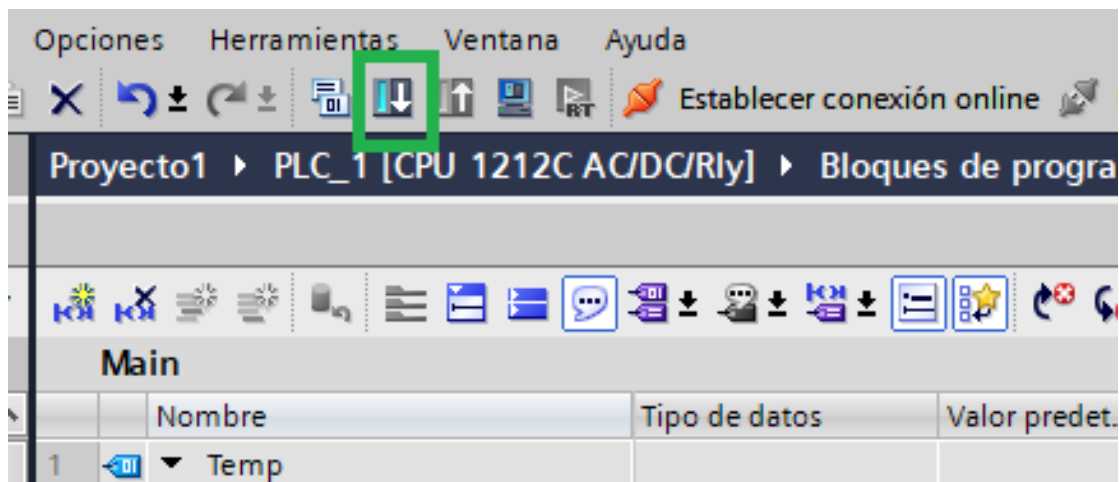
16.-PID de flujo



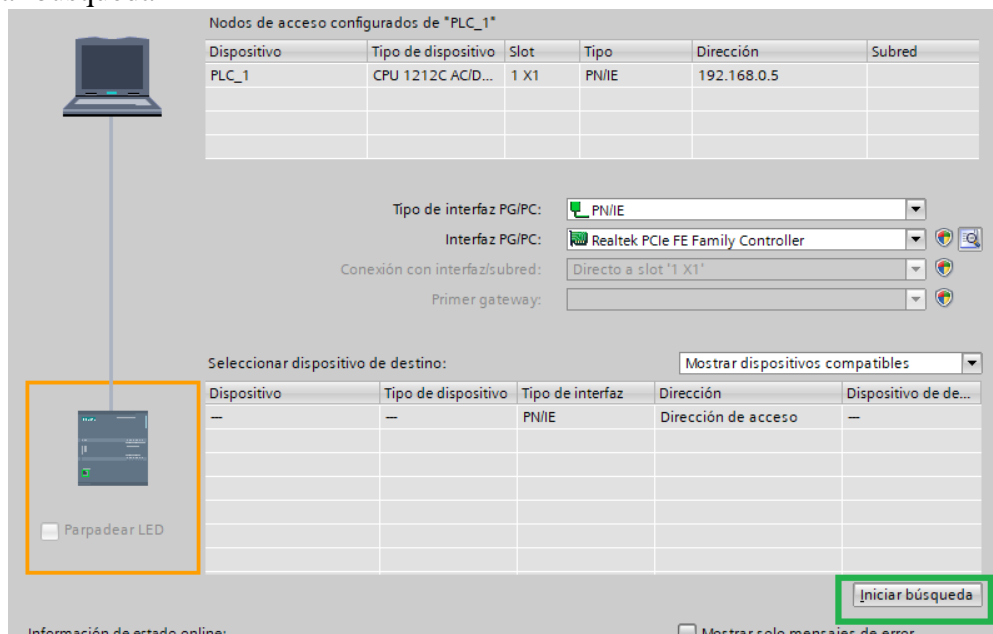
17.- Compilar el programa



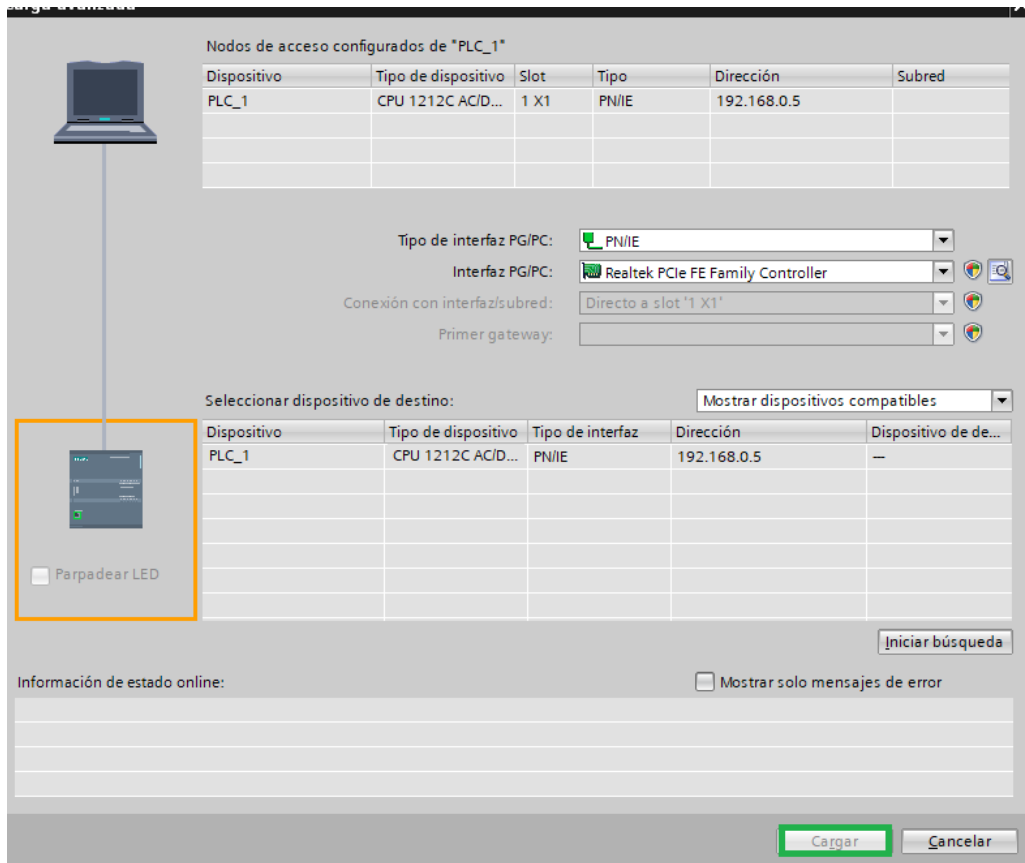
18.- Cargar en el dispositivo.



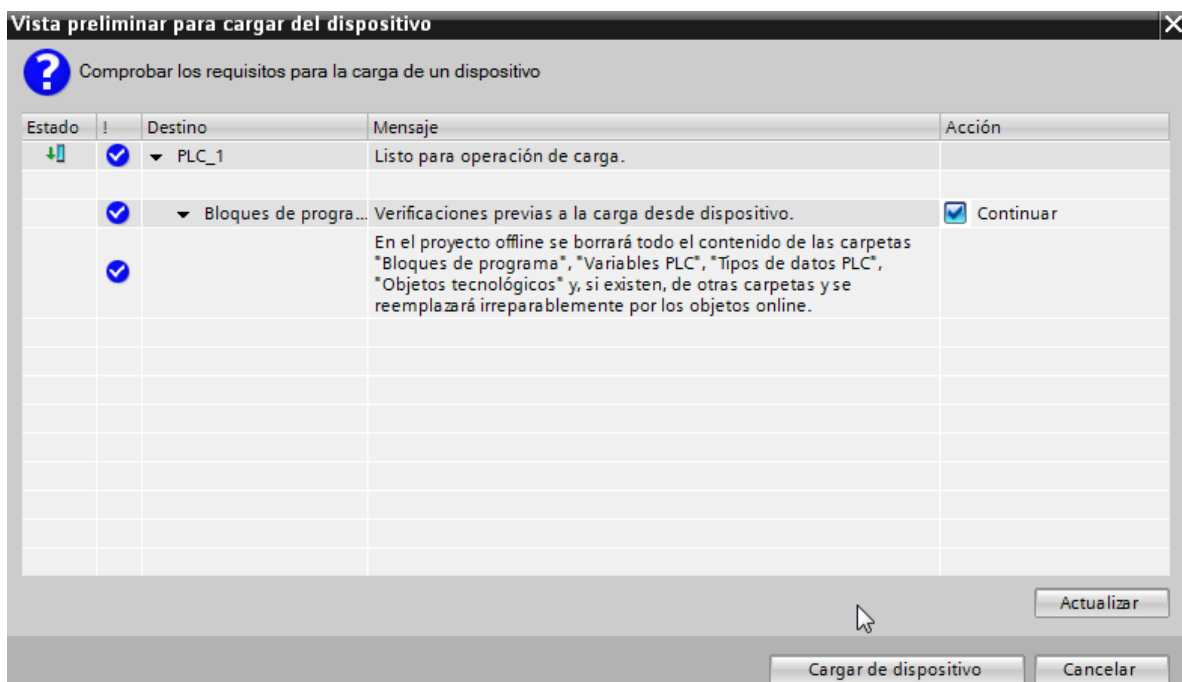
19.- Iniciar búsqueda



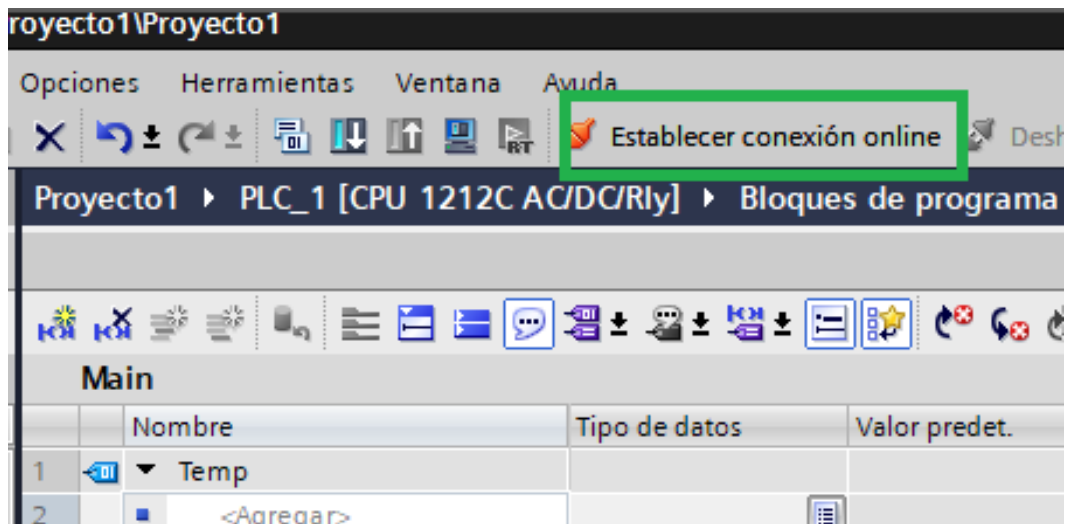
20.- Cargar el programa



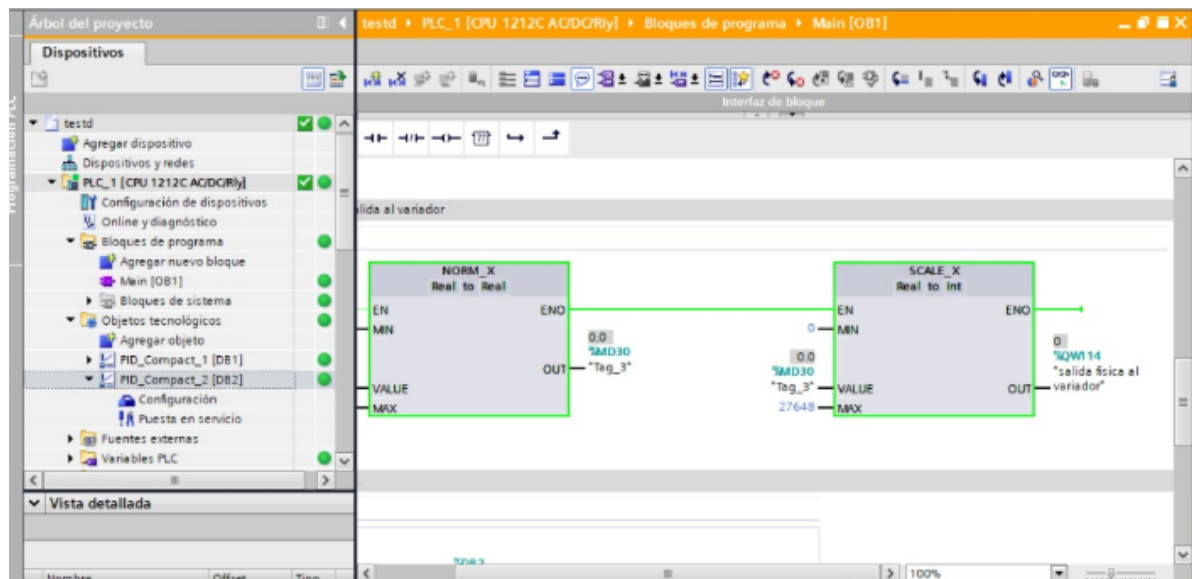
21.- Poner en cargar y por ultimo finalizar



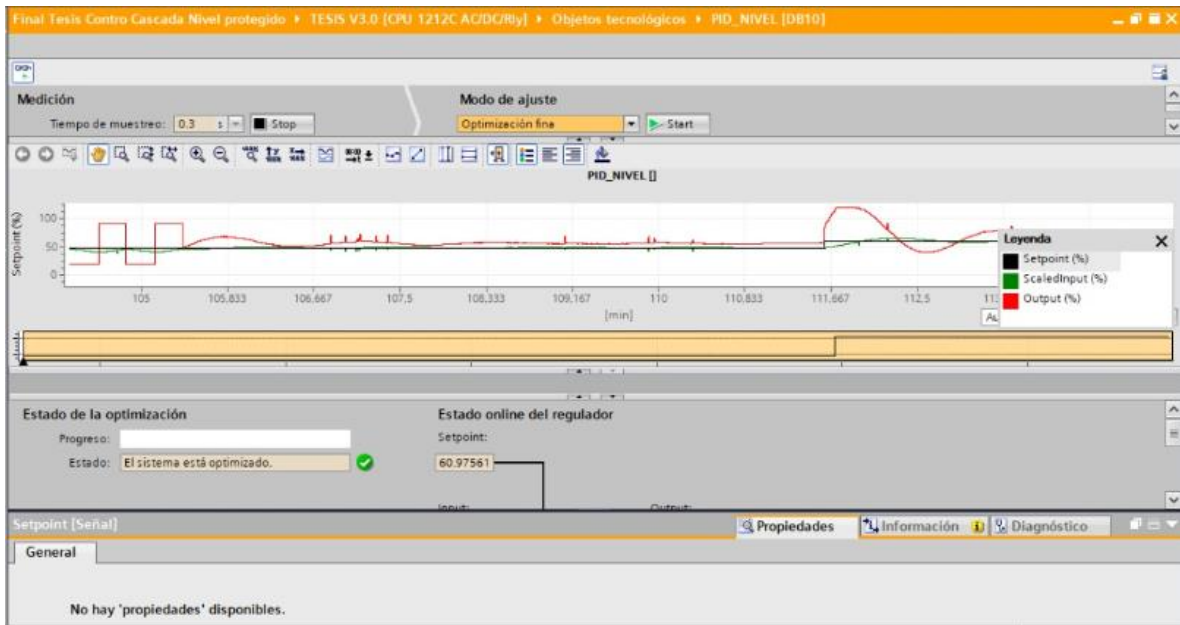
22.- Establecer conexión



23.- Programa en conexión online con el PLC 7 1200



3 ANÁLISIS DE RESULTADOS



Siemens - F:\programacion_nivel\programa1\programa1

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

Árbol del proyecto: programa1 ▶ PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] ▶ Objetos tecnológicos ▶ PID_Compact_2 [DB2]

Medición

Modo de ajuste: Optimización inicial

Tiempo de muestreo: 0.3 s

Legend: Setpoint (%), ScaledInput (%), Output (%)

Estado de la optimización: Todavía no se ha iniciado ninguna optimiz.

Estado online del regulador: Setpoint: 25.0, Input: 25.13883, Output: 25.28954 %

Parámetros PID: Cargar parámetros PID, Ir a parámetros PID

Estado del regulador: Activado - Modo automático

General Referencias cruzadas Compilar

Mostrar todos los avisos

14/01/2020 18:12:06.351

14/1/2020

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **CONCLUSION**

Mediante esta práctica se logró hacer uso de las herramientas útiles que posee TIA PORTAL y permite que el trabajo de programación sea más rápido para optimizar memoria del controlador y que cuente con la mejor eficiencia.

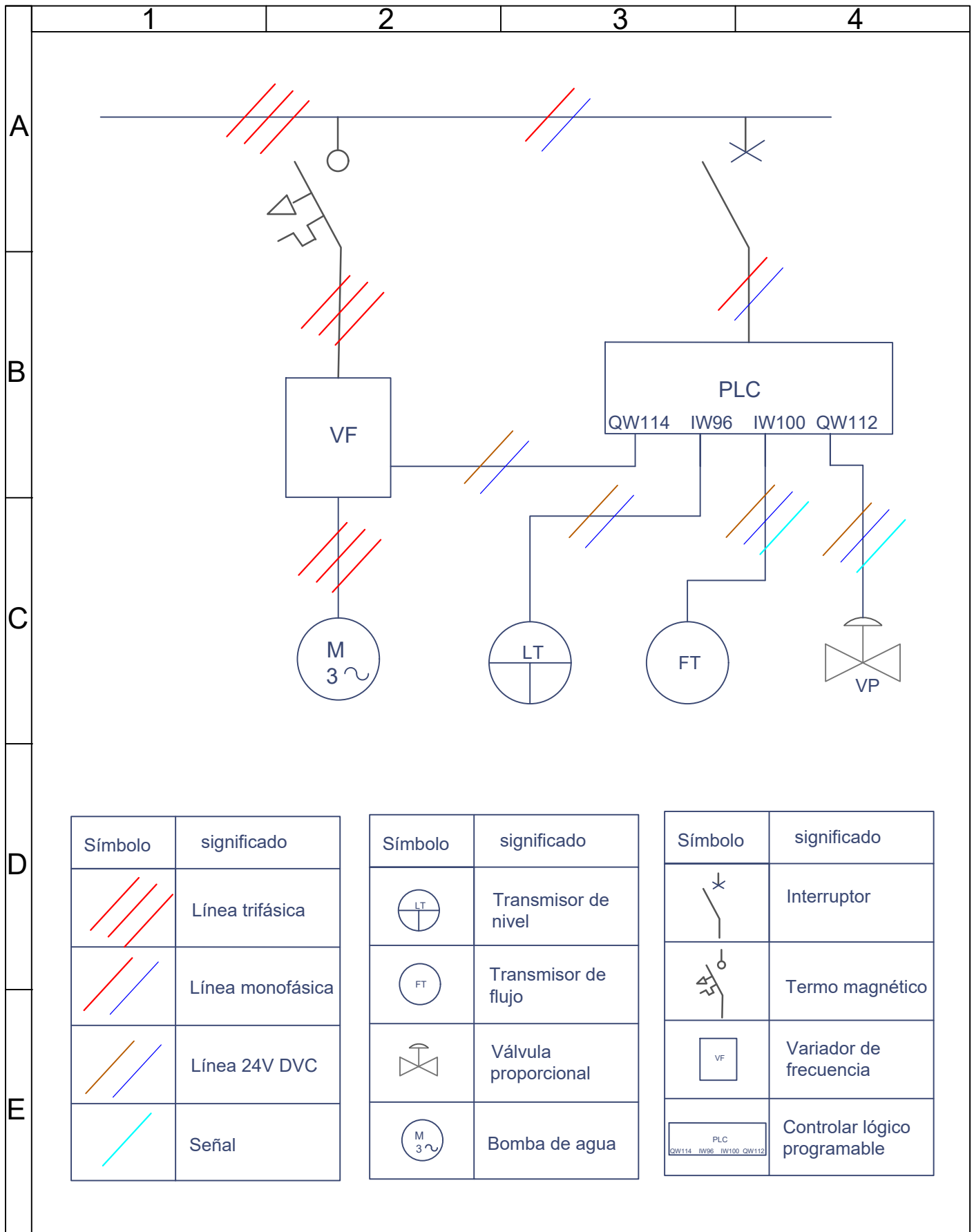
- **RECOMENDACIÓN**

Revisar la ayuda que ofrece TIA PORTAL para conocer más sobre las herramientas de programación que posee.

Recordar las reglas de programación lógica.

5 BIBLIOGRAFÍA

R. M. C. M. JOSEPH VERGARA, «PROTOTIPO PARA CONTROL AUTOMÁTICO DE NIVEL Y CAUDAL DE LÍQUIDOS,» *INGENIUS*, nº N° 6, pp. 9-18, 2011.



MANUAL DE MANTENIMIENTO

MÓDULO DE CONTROL EN CASCADA DE NIVEL



Tabla de contenido

1. Introducción	3
2. Instrucciones de seguridad	3
3. Mantenimiento	3
3.1. Mantenimiento de los tanques	4
3.2. Mantenimiento del sensor de flujo.....	4
3.3. Mantenimiento del sensor de nivel	5
3.4. Mantenimiento del rotámetro	6
3.5. Mantenimiento de la bomba	7
3.6. Mantenimiento del panel de conexión	8

1. Introducción

Manual de manteniendo



El presente manual de mantenimiento dará a conocer y a la vez atender las diferentes etapas de mantenimiento del Módulo para garantizar un funcionamiento correcto, dando como resultados niveles de medición sin altos rangos error y mantener la vida útil del Módulo de Pruebas para Instrumentos de medición y control de

nivel en Cascada

El manual de mantenimiento debe ser seguido tal como lo está establecido en esta para garantizar el buen desempeño del Módulo de pruebas y por ende dar seguridad de la persona responsable del mismo.

Es recomendable seguir correctamente los procedimientos ya que es muy importante para que los funcionamientos de los equipos estén íntegros para realizar las prácticas en el Modulo de pruebas de control de nivel en Cascada.

2. Instrucciones de seguridad

- Al realizar el mantenimiento se debe tener mucho cuidado con los equipos que van a estar directamente con la toma de variables, por ello se sugiere seguir los pasos que se mencionaran a continuación y de la forma que está dada así evitaremos daños a los equipos ya que una mala manipulación puede afectar las partes sensibles de los mismos.
- Antes de cualquier manipulación de los equipos para el mantenimiento se debe desenergizar así se evita un probable cortocircuito y dañar los equipos o la integridad del operador.

3. Mantenimiento

Para el mantenimiento del Módulo es importante inspeccionar los niveles de líquido, las posiciones y funcionamiento de las válvulas, conexiones de los equipos eléctricos (sensores, bomba eléctrica) y verificar el panel de conexión de acuerdo con sus entradas y salidas de cada equipo.

3.1.Mantenimiento de los tanques de Acrílico

Para un buen mantenimiento del tanque de medición como en el de tanque de reserva de debe realizar lo siguiente:

- Como primer punto es importante el cambio de líquido (agua) periódicamente e implementar cloro en el líquido una vez cada 4 semanas o las veces que sean necesarias.
- Al realizar la limpieza de los tanques se debe sacar el líquido que contenga este luego realizar un lavado total de los tanques de manera semestral, si el Modulo se utiliza a diario la limpieza será trimestral para así evitar daños que ocasiona el líquido cuando fricciona con el material del que están compuestos los tanques.



Fig.1. Tanque de acrílico

3.2.Mantenimiento del Trasmisor de flujo de turbina CX – LTFM

Para el mantenimiento del sensor de flujo debemos tomar en cuenta que necesitamos extraer el sensor para su respectivo mantenimiento y seguir los siguientes pasos:

- Paso 1. Verificar que el sensor este apagado y desenergizado para evitar averías al equipo al momento de su mantenimiento.
- Paso2. Se deben de cerrar las válvulas que están en la entrada y salida del sensor de flujo una vez cerrada dichas válvulas procedemos a abrir la válvula del baipás, esto le permitirá que el fluido continúe por la tubería del baipás por ende el fluido ya no pasara por el sensor de flujo y así se permita extraer el sensor.
- Paso 3. Desconectar los cables de conexión del sensor sin antes señalar cada posición que va los cables para el momento de volver a conéctalos no tener ningún inconveniente,

para extraer el sensor se debe aflojar las universales que están junto al sensor, esto permitirá que el sensor salga de la línea de la tubería y se pueda manipular.

- Paso 4. Realizar una limpieza de la entrada y salida del sensor, verificar que la hélice o turbina del sensor no exista ningún tipo de impurezas solidas que permitan un fallo en su funcionamiento, de esta manera tendremos un sensor operando de manera óptima.
- Paso 5. Una vez realizado cada uno de estos pasos volvemos a instalar el sensor en su posición original, importante verificar del sentido del flujo que se estaba trabajando el sensor.



Fig.2. Trasmisor de flujo de turbina CX – LTFM

Nota: Este procedimiento debemos realizar únicamente cuando existan algún tipo de inconvenientes en la toma de datos reales del sensor, en caso de averías realizar el mismo proceso para la extracción del sensor y enviar a un técnico que lo repare.

3.3.Mantenimiento del sensor de nivel

Para realizar un mantenimiento al sensor de nivel debemos extraerlo de la tapa del tanque de medición para ello se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Paso 1. Debemos verificar que el sensor este apagado y desenergizado.
- Paso2. Para extraer el sensor de la tapa debemos aflojar la tuerca de ajuste hasta el punto que el sensor se libere.
- Paso 3. Se debe de señalar los cables de conexión del sensor para realizar la extracción del mismo.

- Paso 4. Realizado todos estos pasos volvemos a instalar el sensor en su posición original, verificando la forma de conexión.



Fig. 3. Sensor de Nivel Ultrasónico Banner

Nota: Este procedimiento debemos realizar cada vez que sea necesario, en caso de averías enviar a un técnico especialista del mismo que lo repare.

3.4. Mantenimiento del rotámetro

Para realizar mantenimiento al rotámetro debemos tomar en cuenta que necesitamos extraerlo del módulo para su mantenimiento para ello se debe seguir los siguientes pasos:

- Paso 1. Debemos cerrar las válvulas de entrada y salida del rotámetro, dado esto, necesitamos abrir la válvula del baipás, esto permitirá que el fluido continúe por la tubería del baipás y nos permita extraer el rotámetro para su mantenimiento.
- Paso 2. Para extraer el rotámetro debemos aflojar las universales que están conectados en la entrada y salida del mismo así el sensor saldrá de la línea de la tubería y se pueda manipular.
- Paso 3. Realizar una limpieza de la entrada y salida del sensor, verificar el ajuste y la movilidad de la pesa de medición, también verificar la operación de las válvulas que no haya fuga, no este remordida o sucia.
- Paso 4. Realizado todos estos pasos volvemos a instalar el sensor en su posición original, verificando que el rotámetro esté en condiciones óptimas.



Fig. 4. Rotámetro

Nota: Este procedimiento debemos realizar cada vez que sea necesario, en caso de averías enviar a un técnico especialista del mismo que lo repare.

3.5.Mantenimiento de la bomba

Para el mantenimiento de la bomba debemos tomar en cuenta parámetros eléctricos y mecánicos que permitan dar un mantenimiento y obtener un óptimo funcionamiento, además, necesitamos extraerla para poder manipularlo para ello se debe seguir los siguientes pasos.

- Paso 1. Verificar que la bomba esta desenergizada para no ocasionar daños como corto circuitos al equipo.
- Paso2. Se deben cerrar las válvulas de entrada y a la salida de la bomba, esto permitirá que el fluido continúe en la tubería tanto de entrada como de salida para luego poder poner en funcionamiento el sistema.
- Paso 3. Señalizar los cables de conexión de la bomba para continuar con la extracción de la misma esto se lo hace para evitar problemas al momento de volver a instalarlo por ende hacer su conexión correcta.
- Paso 4. Para la extracción debemos aflojar las universales que están junto a la bomba, esto permitirá que la bomba pueda salir de la línea de la tubería y se pueda manipular.
- Paso 5. Realizar una limpieza de la entrada y salida de la bomba, verificar que los rodamientos, sello mecánico y el impulsor estén en óptimas condiciones de trabajo, esto permitirá que no entre aire al sistema ni haya fugas de fluido.

- Paso 6. Comprobar mediante continuidad los bobinados de la bomba para asegurarse que no exista algún daño eléctrico.
- Paso 7. Una vez dado el correcto mantenimiento procedemos a instalar la bomba en su posición original, verificando todos los parámetros antes mencionados.



Fig. 5. Bomba periférica

Nota: Este procedimiento debemos realizar cada vez que sea necesario, en caso de averías enviar a un técnico especialista del mismo que lo repare.

3.6.Mantenimiento del panel de conexión

En el panel de conexiones debemos tomar en cuenta que necesitamos abrirlo para su respectivo mantenimiento, verificación y seguir los siguientes pasos:

- Paso 1. Debemos desenergizar para no ocasionar daños eléctricos a los equipos y al operador.
- Paso 2. Verificar que los fusibles estén en óptimas condiciones para su función.
- Paso 3. Debemos retirar cuidadosamente las tapas del panel de conexiones.
- Paso 4. Realizar una limpieza total del sistema y verificar la sujeción de los plugs y de la soldadura entre cable y plug para así evitar puntos calientes que pueden provocar cortocircuitos.
- Paso 5. Realizado todos estos pasos volvemos a instalar el panel en su posición original, verificando que los cables no queden salidos ni rotos, y queden bien sujetos.



Fig. 6. Panel de conexiones

MANUAL TÉCNICO

TRASMISOR DE FLUJO DE TURBINA

MODELO: CX-LTFM-25-304-4-D-DT

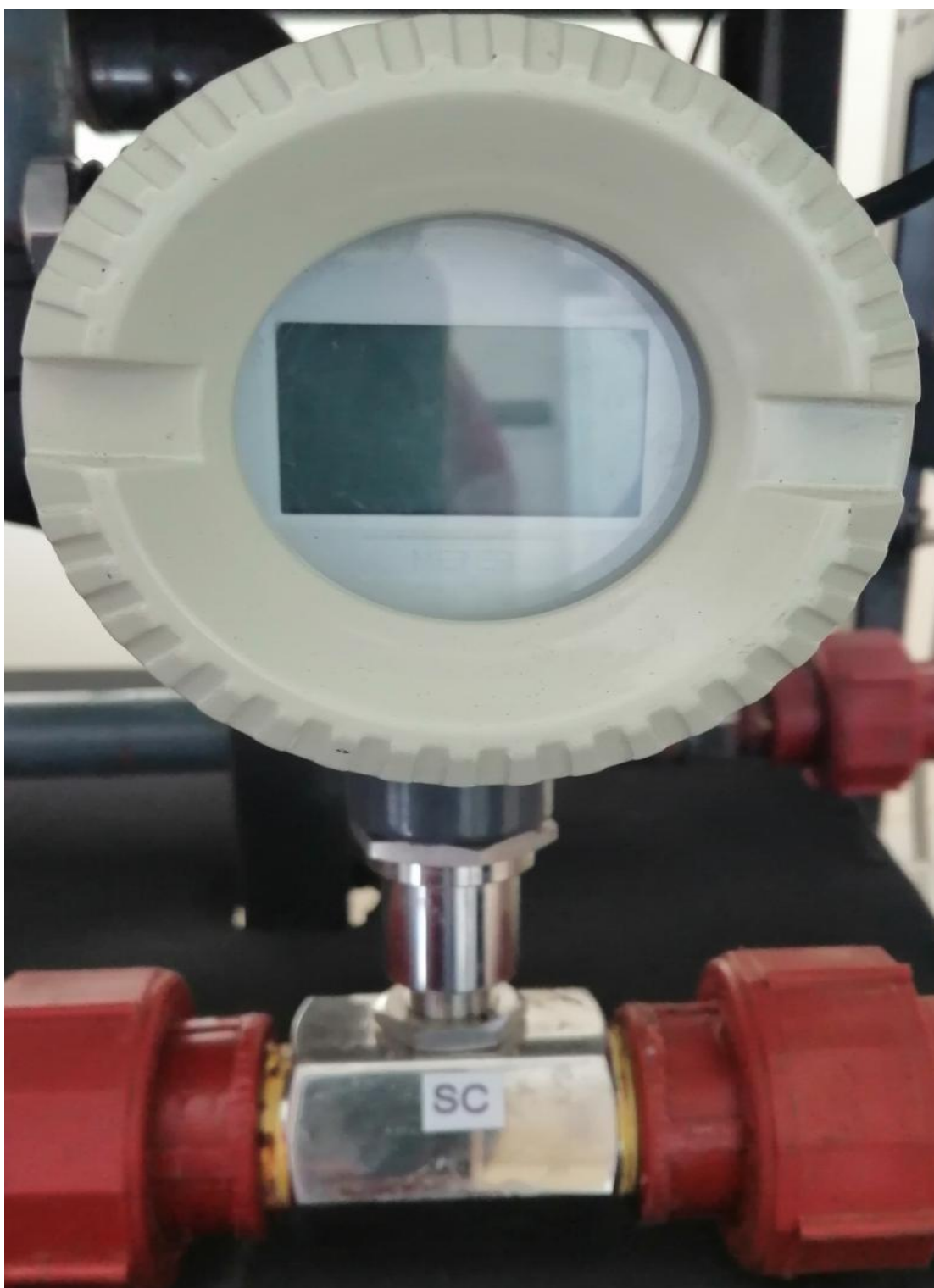


Tabla de contenido

1. Nota sobre las instrucciones	3
2. Seguridad.....	3
3. Descripción del equipo.....	4
4. Datos técnicos	4
5. Montaje	5
5.1. Instalación mecánica del Flujómetro	5
5.1.1. Forma de instalación del Flujómetro	5
5.1.2. Ubicación correcta del Flujómetro.....	6
5.2. Instalación eléctrica del Flujómetro.....	8
6. Configuración	9
7. Mantenimiento	12

1. Instrucciones de manejo del Trasmisor de Flujo

Antes de proceder a manipular el Trasmisor de Flujo es recomendable leer este manual y siga todas las instrucciones mencionadas para que de esta manera evite daños al equipo, y así garantizar un servicio y la larga vida útil del equipo.

Es recomendable decir que el equipo siempre y en toda ocasión debe ser manipulado después que lea este manual y en caso de entregarse el equipo a terceros, entregue también este manual.

En este manual. Contiene información básica importante para la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento del equipo por lo que es importante que tenga en cuenta todas las indicaciones facilitadas en este manual.

2. Seguridad

Medidas preventivas

- No sobrepasar los límites máximos y mínimos de medida para que el Trasmisor de Flujo funcione óptimamente.
- Asegúrese de que el Trasmisor de Flujo solamente se pone en marcha dentro de los valores límites admisibles, indicados en la placa de operación del sensor.
- Observar siempre los datos de rendimiento del Trasmisor de Flujo en relación con el campo de aplicación.
- Llevar a cabo con regularidad los trabajos de mantenimiento y calibración.
- No utilizar el Trasmisor de Flujo en zonas con peligro de explosión

Medidas preventivas:

- Cuando realice alguna instalación eléctrica realizarlo con las medidas de seguridad pertinentes.
- Los trabajos de mantenimiento hay que realizarlo siempre con el equipo desconectado de la red eléctrica.

3. Descripción del equipo

El Flujoímetro de turbina (turbina axial) fue inventado por Reinhard Woltman y es un medidor de caudal preciso y fiable para líquidos y gases. Consiste en un tubo, con conexiones en sus extremos, y un rotor magnético de hélice libre (rotor) montado en el interior, en línea con el flujo. El rotor está soportado por un eje que descansa sobre soportes montados internamente.

Trasmisor de flujo de turbina CX-LTFM-25-304-4-D-DT

Características del Flujoímetro de Turbina

- Alta precisión (1 %).
- Buena receptibilidad (a corto plazo se alcanza el 0.05%-0.2%), prioridad que se debe utilizar en la liquidación comercial por su extremadamente alta precisión en la calibración regular o en línea.
- La salida de señal de frecuencia de pulso es aplicable al cálculo de la totalidad y a la conexión por ordenador sin deriva cero y con una fuerte capacidad anti interferencias.
- Estructura compacta y ligera, instalación y mantenimiento convenientes, amplia capacidad de aplicación su exposición es opcional.
- Aplicación a la medición de alta presión con su orificio de apertura innecesaria para convertirse en instrumentos de alta presión.

4. Datos técnicos

Parámetros principales del controlador del Trasmisor de flujo de Turbina

Nombre de la producción	Trasmisor de flujo de turbina CX – LTFM 25 304
Medio	Agua, diésel, aceite, combustible, aceite hidráulico, gas, GLP.
Diámetro	DN15-DN300, otro contrato de suministro de calibre. medio aplicable: gas, vapor, líquido
Precisión	Alta precisión (precisión regulares $\pm 1\% R$, $\pm 0,5\% R$, más alta precisión $\pm 0,2\% R$)
Temperatura	Condiciones ambientales: Temperatura ambiente: (- 30 ~ + 70) °C / (- 20 ~ + 70 °C pantalla de cristal líquido)

	Humedad relativa: 5% a 90% de presión atmosférica: (86 ~ 106) kPa. Temperatura del medio: (- 50 ~ + 100) °C, (- 50 ~ + 200) °C.
Material	El material estándar es SS304, personalizado para SS316L
Conexión	Rocas (DN4-DN40)
Material de la turbina	SS304... SS316
Fuente de alimentación	Voltaje: -5 ~ 24 VDC, corriente: < 10 mA
Señal de salida	de dos hilos 4 ~ 20mA de calibración lineal de salida de corriente (24 V cuando el circuito de carga $\leq 600 \Omega$)
Protección	IP65 o IP68
Explosión	Ex ib I o Ex ib II BT4

5. Montaje

5.1. Instalación mecánica del Trasmisor de flujo

Para un adecuado montaje debemos mantener los tramos rectos necesarios en la instalación del Trasmisor de turbina por las siguientes características:

- En un Trasmisor tipo turbina, la existencia del tramo recto es necesario antes y después del medidor esto determina el correcto funcionamiento del mismo, además, dicho tramo recto sea del mismo diámetro que la turbina.
- Para garantizar un giro regular de la hélice, es imprescindible que el fluido entre en el cuerpo medidor de la manera más estable posible y con una mínima turbulencia.

5.1.1. Forma de instalación del Trasmisor de Flujo

El montaje del Trasmisor de flujo en la tubería puede hacerse en posición vertical u horizontal, pero siempre se ha de evitar que el Trasmisor de Flujo se pueda quedar vacío. Nunca se debe instalar en una descarga abierta o se debe utilizar una válvula anti retorno.

La siguiente figura se observa el tipo de instalación del Trasmisor de Flujo.

- Forma vertical

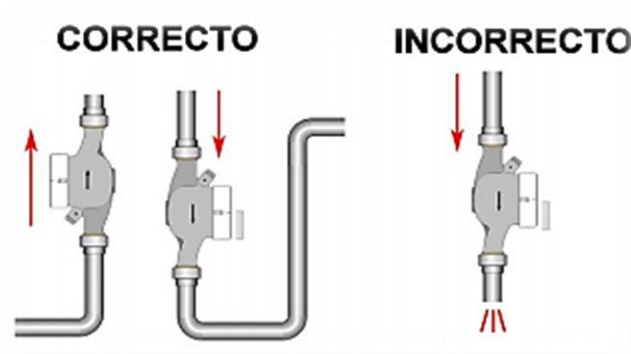


Figura 1. Posición correcta e incorrecta del Trasmisor de Flujo

- Forma horizontal

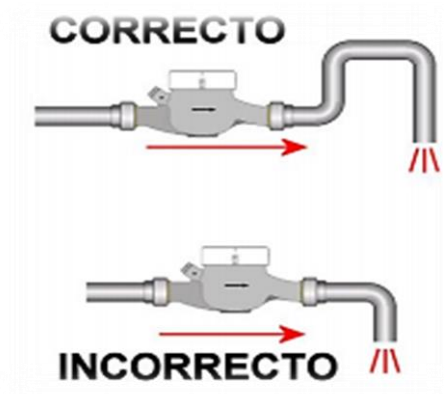


Figura 2. Posición correcta e incorrecta del Trasmisor de Flujo

5.1.2. Ubicación correcta del Trasmisor de Flujo

Es importante Instalar la turbina justo después o antes de un elemento perturbador del flujo, tal como un codo, una reducción, una válvula regulatoria o una bomba, si esto pasa el líquido llegará al medidor con un elevado nivel de turbulencia, que provocará lectura inestable y errónea.

Para ello en base al manual del fabricante se muestra las dimensiones de longitud de instalación de tubería recta antes y después del Trasmisor de Flujo de forma correcta:

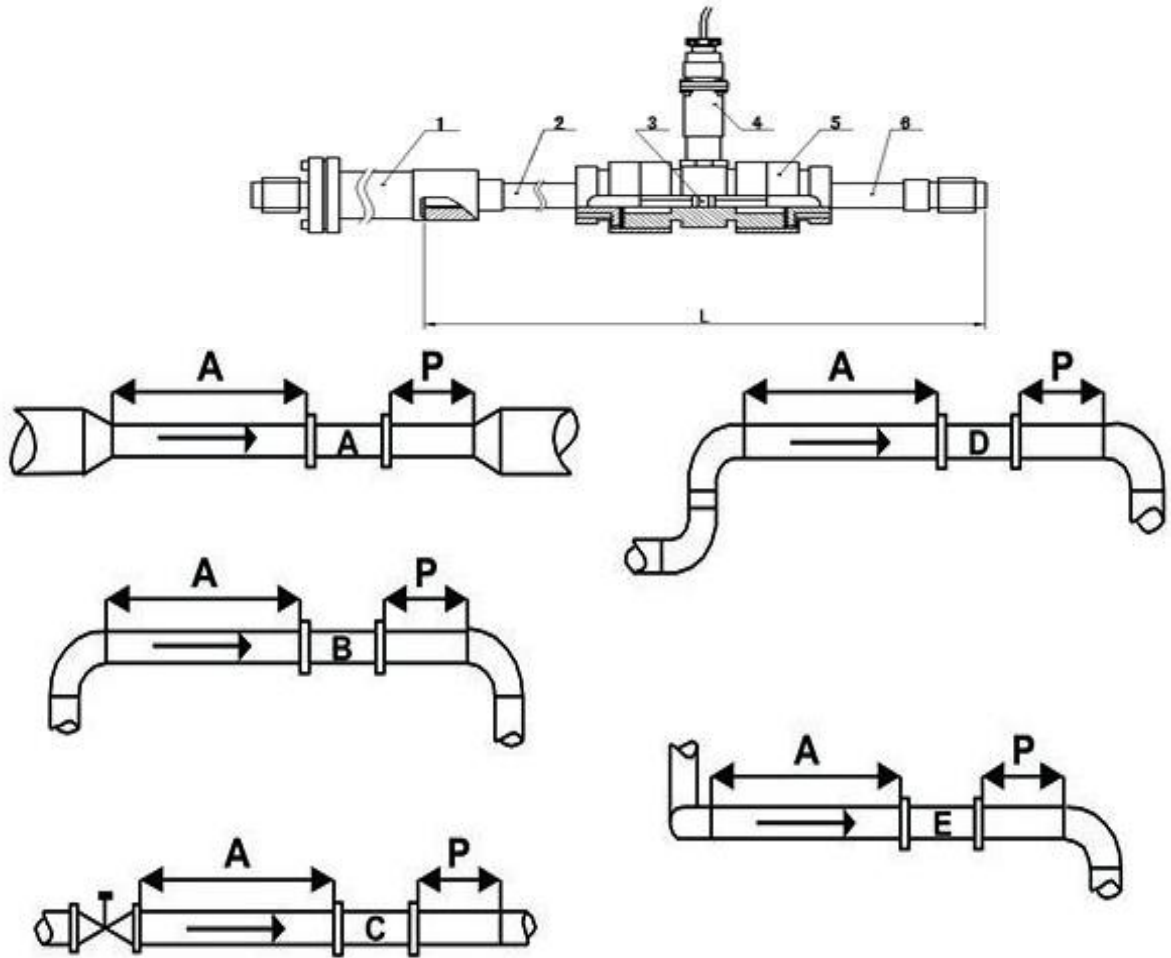


Figura 3. Ubicación correcta del tramo de tubería recto antes y después del Flujómetro

(A, B, C, D, E): Transmisor de Flujo

A: Distancia de la tubería a la entrada del Trasmisor de Flujo

B: Distancia de la tubería a la salida del Trasmisor de flujo

Todo esto dada en Centímetros

	A	B	C	D	E
A	100	150	500	200	300
P	50	50	50	50	50

En la presente tabla se especifica los valores multiplicados por el diámetro nominal (DN), dicho resultado es la distancia de tubería en línea recta antes y después del Flujómetro.

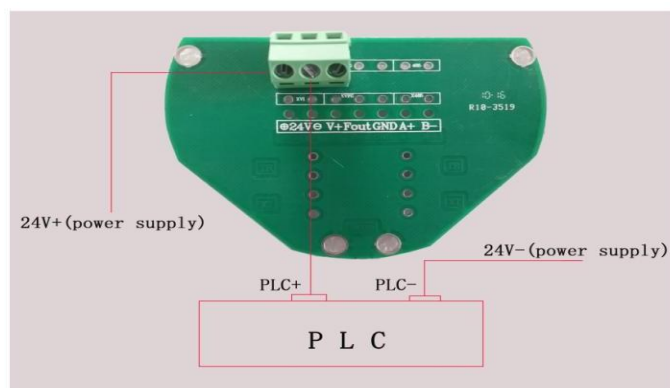
5.2. Instalación eléctrica del Flujómetro

Para la conexión se deben tener en cuenta las siguientes instrucciones importante realizar una adecuada conexión para evitar daños al equipo:

La fuente de alimentación que suministra tensión al Flujómetro:

- No debe superar los 25 Vcc ni ser inferior a 12 Vcc.
- No debe alimentar a CARGAS INDUCTIVAS (Bobinas, electroválvulas, Contactores, etc.).
- No se puede invertir la polaridad de la alimentación eléctrica.
- La salida de pulsos no admite cargas superiores a 25 mA.
- Los cables de Fuerza (Mayores de 110 Vca) y Datos (Pulsos, analógica, etc.) deben ir por canalizaciones separadas.
- Siempre ubicar un neutro de referencia para estabilizar el circuito electrónico.

La configuración del Transmisor de Flujo con una salida de pulsos de 3 hilos a través de un cable, por tal motivo se utilizan de alimentación dos hilos y para una señal de pulsos un hilo, en el siguiente diagrama se muestra las conexiones correctas:



6. Configuración

Después que el Caudalimetro esté conectado, en la pantalla principal no indicara la siguiente interfaz.



Figura. - Pantalla de trabajo

Primera fila: Nos indica el caudal acumulado es un número entero fijo de cinco bits.

Segunda fila: Nos indica el caudal acumulado es decir los L/m que han circulado desde que el sensor ha comenzado a censar

Tercera fila: flujo instantáneo; número entero de prensa 5 o 6 decimal y automáticamente mantener dos o uno, la unidad se le puede configurar en el menú.

PARA INGRESAR EN EL MENÚ

Introduzca el estado de configuración de la contraseña.

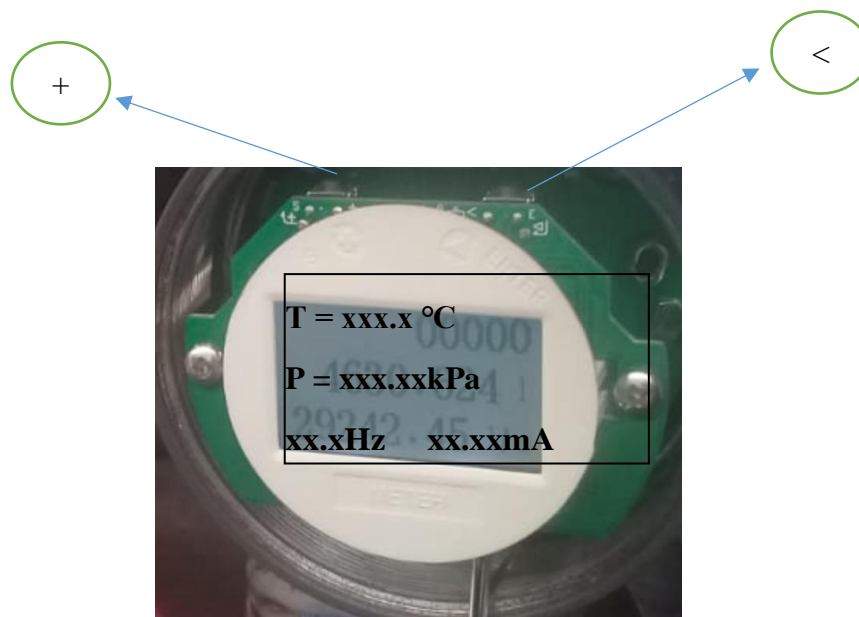


Figura. - Pantalla de trabajo interfaz 1

Pulse la tecla "<" clave durante 1 a 2 segundos para introducir la contraseña inicial estado.

Pulse el botón "+" Tecla durante 1 a 2 segundos para salir, para cancelar el estado de entrada, devolución a la pantalla inicial.

Pulse la tecla "+" en el estado de entrada, el ciclo para cambiar el valor en la posición del cursor.
Pulse la tecla "<" mueve el cursor de entrada de posición;

Introduzca la contraseña pulsación de 1 a 2 segundos "<" la clave, contraseña 2010.

Primera fila: ajuste de la temperatura; se utiliza para calcular la compensación de temperatura relacionada.

Pantalla T \equiv 999.9 °C.

Segunda fila: ajuste de la presión; utilizado para calcular la compensación de la presión relevante.

Display P \equiv 99999.99kPa, 2 lugares decimales.

Tercera fila: valor de frecuencia, el extremo derecho de la corriente de salida.

AJUSTES DE PARÁMETROS DE USUARIO

Instrucciones

Pulse el botón "+" para salir del estado de entrada.

Pulse la tecla "<" para confirmar la operación de guardar.

Pulse la tecla "+" para cambiar el valor o símbolo ciclo en la posición del cursor. Pulse la tecla "<" para mover el cursor a la entrada de la derecha de la actual.

Introducir hasta ocho datos de entrada (incluyendo el signo, el punto decimal). 2, operaciones de menú:

En el menú de búsqueda, pulse "+" para disminuir clave; presione "<" para encender la unidad; presione "<" para entrar en el submenú. Pulse el botón "+" tecla para volver a la interfaz de pantalla de trabajo 2.

En el submenú, pulse la tecla "+" para la salida; presione "<" para entrar en el modo de modificación. En estados tales como la mejora opción de modificar, pulse la tecla Bajar "+"

para seleccionar; presione "<" seleccionar, presione "<" para confirmar. Caso tipo de entrada modificado, de acuerdo con la operación de entrada.

Nota: Cuando se establece el parámetro, la pantalla pulsación larga "<" para confirmar antes del depósito, de lo contrario es válido conjunto

Menú de preferencias del usuario (password 2010)

Sub menú	Pantalla de menú	Significado	Seleccionar un elemento o rango de valores
1	Selección de la unidad de flujo	Selección de la unidad de flujo (Defecto 0)	0: metro 3 / h 1: metro 3 / m 2: l / h 3: l / m 4: t / h 5: t / m 6: kg / h 7 : kg / m
2	Selección de algoritmos	Selección de algoritmos (Defecto 0)	00: Flujo de volumen convencional. 01: Flujo de masa convencional. 02: Flujo de volumen de gas convencionales. 03: Flujo de masa de gas convencionales.
3	Fluir Coeficiente k	Coeficiente de caudal (Por defecto 3600)	Ajuste el factor de metro, unidad: P / m ³
4	El flujo de salida de escala completa	Flujo de salida a escala completa (Defecto 1000)	Cuando la señal de la salida de 4 ~ 20 mA analógica se debe establecer en el valor 0 y no puede ser constante, unidades y las unidades de flujo
5	Configuración de la densidad	Ajuste de densidad (Defecto 1.0)	Cuando la selección del algoritmo se establece para el flujo de masa (01, 03), debe establecer esta unidad es: kg / m ³
6	Configuraciones electrónicas de la te	Los ajustes de Temperatura (Defecto temperatura: 0.0)	Set valor de cálculo de temperatura al seleccionar 02,03 algoritmos, esto se debe ajustar. Grados Celsius
7	Ajustes de presión absoluta	Una presión absoluta de gas (Defecto 101,325)	Un valor cálculo de la presión absoluta de gas al seleccionar 02, 03, cuando el algoritmo, esto debe establecer. La unidad está en: kPa (Nota: El vacío dará lugar a flujo de 0.0 a 0)
8		Ajuste de la entrada de impulsos	Prensa% de la escala completa supresión de caudales valor entre 0 y 100, (Cuando se utiliza este tipo de

	El límite inferior cortar el tráfico	Porcentaje de eliminación Defecto (1%)	rango de corriente y el pulso se debe establecer correctamente)
9	485 Dirección	RS485 entorno comunicación serial (Defecto 1)	Para ajustar solamente cuando el medidor realiza RS485 TB3WE comunicación del tipo de esto, y no puede ser la misma con los otros dispositivos en el mismo sistema, el rango de 0 a 255
10	tiempo de amortiguación	Conjunto de salida de pantalla tiempo de amortiguación (Defecto 4s)	Dejar que la salida de corriente y mostrar amortiguación tiempo, corriente de salida y para evitar mostrar demasiada con las fluctuaciones de caudal Rango de 2 ~ 32
11	La cantidad acumulada despejado	La cantidad acumulada despejado	Para borrar el tipo de medida, seleccione YES y presione el botón "E"

7. Mantenimiento

Para realizar mantenimiento en el sensor debemos retirarlo del circuito de tuberías y poderlo manipular de manera adecuada, para esto necesitamos realizar una conexión de baipás que permita la circulación del fluido y la extracción del Trasmisor de Flujo.

Dicha conexión se muestra en la siguiente figura:

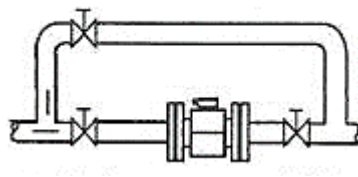


Figura 4. Instalación de baipás

MANUAL TÉCNICO

TRASMISOR ULTRASÓNICO DE NIVEL

Modelo: Banner



Tabla de contenido

1.	Nota sobre las instrucciones	¡Error! Marcador no definido.
2.	Seguridad.....	3
3.	Descripción del equipo.....	4
4.	Datos técnicos	5
5.	Montaje.....	5
5.1.	Instalación mecánica del Trasmisor de Nivel Ultrasónico.....	5
5.1.1.	Forma de instalación del Trasmisor de Nivel Ultrasónico.....	¡Error! Marcador no definido.
5.1.2.	Ubicación correcta del Trasmisor de Nivel Ultrasónico	6
5.2.	Instalación eléctrica del Trasmisor de Nivel Ultrasónico	7
6.	Configuración	8
7.	Mantenimiento	8

1. Instrucciones

Seguir todas las instrucciones mencionadas a continuación para que de esta manera evitar daños del equipo.

Guarde este manual para el uso del equipo.

En caso de entregarse el equipo a terceros, entregue también este manual.

Tenga en cuenta todas las indicaciones facilitadas en este manual para la instalación, funcionamiento y el mantenimiento del equipo.

Por este motivo es imprescindible que el técnico de instalación y personal responsable lo lean antes de realizar trabajos de instalación, puesta en marcha y mantenimiento.

2. Seguridad

¡Peligro!

Medidas preventivas:

- No manipular el Trasmisor de manera brusca.
- Asegúrese de que el Trasmisor este ubicado de manera adecuada para su lectura.
- Llevar a cabo con regularidad los trabajos de mantenimiento y calibración.
- No utilizar el Trasmisor en zonas con peligro de explosión.

¡Corriente eléctrica!

Medidas preventivas:

- Al realizar la instalación eléctrica tomar las medidas pertinentes de seguridad para evitar daños del equipo y de la persona que lo manipule.
- Realice siempre los trabajos de mantenimiento con el equipo desconectado de la red eléctrica.
- Los trabajos eléctricos o electrónicos deberán dejarse en manos de un personal Técnicamente Especializados.

3. Descripción del equipo

Los Trasmisores de ultrasonidos son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias que van desde pocos centímetros hasta varios metros. El Trasmisor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan en un objeto, el Trasmisor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son elaboradas en el aparato de valoración. Estos Trasmisores trabajan solamente donde tenemos presencia de aire.

El transmisor de nivel ultrasónico reflectante proporciona una medición de nivel continua de hasta 8 metros con una salida de señal analógica de 4-20 mA, y se configura a través de su módulo de visualización de botón pulsador integral. El Trasmisor de nivel de líquido sin contacto presenta una medición de nivel confiable en entornos de condensación, su fuente de alimentación de 24 VDC, y conexión de 3 hilos.

Características del Trasmisor de Nivel Ultrasónico

- El Trasmisor de nivel Banner T30UXDB es seguro y limpio, con alta precisión y larga vida útil, estable y fiable, y práctico de instalar y mantener, y es aplicable a varios campos de ácido, alcalino, sal, anticorrosión y alta temperatura.
- La velocidad de extensión de onda ultrasónica entre el gas está influida por la temperatura del gas, cuando el medidor de nivel funciona, mide la temperatura de gas que necesita, compensa la velocidad del sonido, para garantizar la precisión de la medición.
- Estructura compacta y ligera, instalación y mantenimiento convenientes, amplia capacidad de aplicación.
- Aplicación a la medición de alta presión con su orificio de apertura innecesaria para convertirse en instrumentos de alta presión.

4. Datos técnicos

Parámetros principales del Trasmisor de Nivel Ultrasónico

Modelo	Banner T30UXDB
Rango de medición	0 ~ 8 m
Ciego de la zona	< 0,3 m
Entre la precisión	±0. 25% F.S (condición estándar)
Teclado	tres teclas SMD
Temperatura de funcionamiento	-20 ~ 80°C (personalización)
Señal de salida	4 ~ 20mA; RL> 600Ω; 3 vías NPN (salida de pulso PP opcional)
Fuente de alimentación	DC24V
Consumo de energía	<1,5 W
Clase de protección	IP65
Tiempo de respuesta	1,5 s
Material de la carcasa	ABS
Interfaz eléctrica	PG7
Instalación de interfaz	G1 1/2 tubo de hilo
Frecuencia de funcionamiento	20-35 KHZ
Interfaz eléctrica	PG7

5. Montaje

5.1. Instalación mecánica del Trasmisor de Nivel Ultrasónico

Para realizar un montaje de manera adecuada debemos mantener despejada el área donde se ubicará el Trasmisor y verificar las siguientes características:

- El Trasmisor se debe mantener sin materiales que interrumpan la continuidad de la onda emitida, a más que debe mantener el espacio suficiente definido para la onda.

- El Trasmisor debe ser apretado manualmente girando solamente su vástago. NO UTILIZE llaves mecánicas y tampoco sobre apriete. NO sujete el Trasmisor con abrazaderas debajo del acople de aislación.

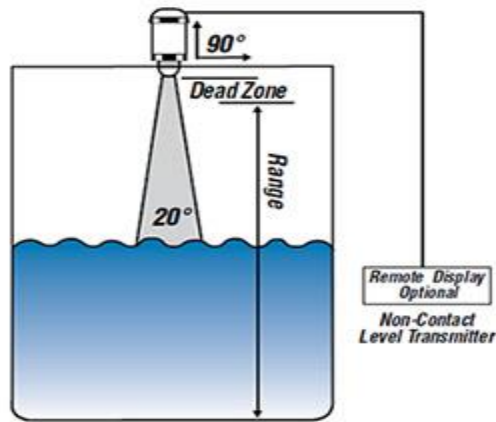


Figura 1. Especificación de las mediciones

5.1.1. Ubicación correcta del Trasmisor de Nivel Ultrasónico

Instalar el Trasmisor con elementos que interrumpen el paso de las ondas genera errores en la lectura, debido a que la señal no es completamente reflejada ni emitida hacia el fluido.

Por tal motivo en las siguientes imágenes se muestra las dimensiones de longitud de instalación de Trasmisor de forma correcta:

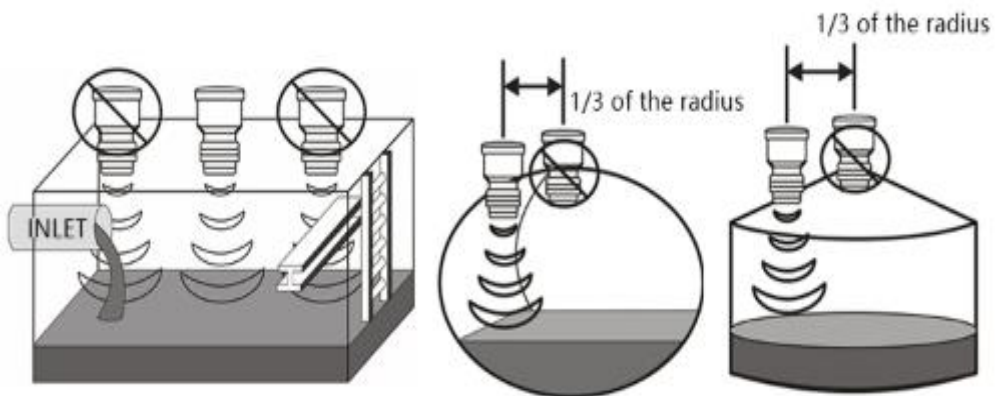


Figura 2. Ubicación correcta del Trasmisor para la Onda

5.2. Instalación eléctrica del Trasmisor de Nivel Ultrasónico

Se debe realizar una adecuada conexión eléctrica para un correcto funcionamiento del equipo evitando así daños en la vida útil del equipo, para ello se deben tener en cuenta las siguientes instrucciones:

La fuente de alimentación que suministra tensión al Trasmisor de Nivel Ultrasónico:

- No debe superar los 25 Vcc ni ser inferior a 12 Vcc.
- No debe alimentar a CARGAS INDUCTIVAS (Bobinas, electroválvulas, Contactores, etc.).
- No se puede invertir la polaridad de la alimentación eléctrica.
- La salida de pulsos no admite cargas superiores a 25 mA.
- Los cables de Fuerza (Mayores de 110 Vca) y Datos (Pulsos, analógica, etc.) deben ir por canalizaciones separadas.
- Siempre ubicar un neutro de referencia para estabilizar el circuito electrónico.

La configuración más básica que ofrecemos consiste en el Trasmisor de Nivel Ultrasónico con una salida analógica de 3 hilos a través de un cable de 4-20mA, por tal motivo se utilizan de alimentación dos hilos y para una señal analógica un hilo, en el siguiente diagrama se muestra las conexiones correctas:

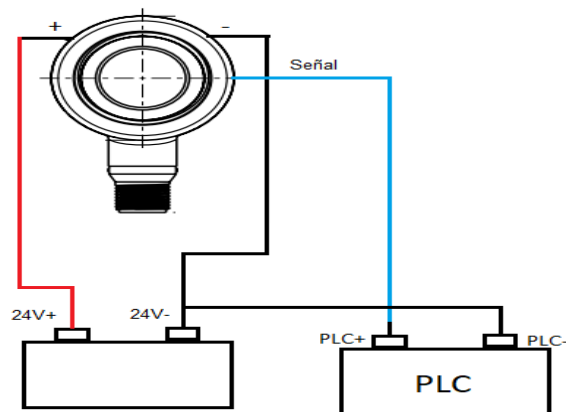


Figura 6. Instalación eléctrica del Trasmisor

6. Configuración

El parámetro de configuración se establece en la siguiente tabla:

Modo de configuración de velocidad de respuesta

Método	Acción	Resultado
Presionar el botón	Mantenga presionado el botón MODE durante > 2 segundos.	LED de encendido: apagado LED de modo: el ámbar parpadeante muestra el modo seleccionado previamente
Entrada remota	Pulse dos veces la línea remota	LED de encendido: apagado LED de modo: el ámbar parpadeante muestra el modo seleccionado previamente

Selección de velocidad de respuesta

Método	Acción	Resultado
Presionar el botón	Haga clic en el botón MODO para pasar a la selección correcta: Rápido o Lento.	LED de encendido: LED de modo apagado: el ámbar parpadea para indicar el modo seleccionado actualmente (120 segundos de tiempo de espera ²)
Entrada remota	Pulso único para seleccionar lento; doble pulso para seleccionar Rápido	LED de encendido: encendido verde LED de modo: ON Ámbar muestra el modo seleccionado (el Trasmisor vuelve al modo RUN)

Guardar y regresar al modo ejecutar

Método	Acción	Resultado
Presionar el botón	Mantenga presionado el botón MODE durante más de 2 segundos.	LED de encendido: encendido LED de modo verde: ON ámbar para el modo seleccionado
Entrada remota	No se requiere ninguna acción; el Trasmisor volverá al modo de ejecución.	Ninguna

7. Mantenimiento

Para realizar mantenimiento en el Trasmisor debemos retirarlo de donde esté ubicado para su respectiva función, esto conlleva que debemos desenergizar el circuito donde esté instalado el Trasmisor y trabajar en un lugar específico y con las herramientas adecuadas para no dañar el equipo, todas las actividades de mantenimiento que se va a realizar debe ser supervisado por un técnico que tenga los conocimientos necesarios para proceder con el mantenimiento del equipo.

MANUAL TÉCNICO

CONVERTIDOR DE FRECUENCIA SINAMICS IG5A

Marca: SIEMENS



Tabla de contenido

1. Nota sobre las instrucciones	3
2. Seguridad.....	3
3. Descripción del equipo.....	4
4. Datos técnicos	5
5. Montaje	6
5.1. Instalación mecánica del Convertidor de Frecuencia SINAMICS G110.....	6
5.2. Instalación eléctrica del Convertidor de Frecuencia SINAMICS G110	8
6. Configuración	¡Error! Marcador no definido.

1. Instrucciones

Las instrucciones mencionadas a continuación se dan para evitar daños del equipo, personales y garantice un servicio óptimo de equipo.

Es importante mantener el manual con cuidado para el uso del equipo.

En caso de que el equipo utilice otras personas, entregue también este manual de instrucciones.

El manual contiene información básica importante para la instalación, funcionamiento y el mantenimiento del equipo.

Por lo cual deben conocer bien de este manual tanto el técnico de instalación como los operarios y personal responsable antes de poner en marcha el equipo y por ende dar un mantenimiento al equipo.

2. Seguridad

A continuación, se dará un instructivo que está dada para su seguridad y como medio para prevenir daños en el equipo o en componentes situados en Módulos de control como también a maquinas.

ADVERTENCIA

No es recomendable que un personal que no esté calificado para la utilización de este equipo opere el mismo ya que puede ocasionar daños materiales considerables.

Para este equipo solo se permiten conexiones de red cableadas de forma permanente. El equipo debe ponerse a tierra (IEC 536, clase 1, NEC y otras normas aplicables).

Los bornes siguientes pueden estar bajo tensión peligrosa, aunque no esté funcionando el convertidor:

- Los bornes conectores de corriente L1, L2 y L3 a 220V a 3hilos.
- Los bornes conectores que saldrán al motor U, V, W.

El equipo está en un rango de:

¡Peligro!

¡Corriente eléctrica!

Por lo que se le advierte precaución al manejo del equipo para evitar daños materiales y precautelar la salud del personal encargado

Medidas preventivas:

- Al realizar la instalación eléctrica utilizar las medidas de seguridad necesarias.
- Realice siempre los trabajos de mantenimiento con el equipo desconectado de la red eléctrica.
- Los trabajos eléctricos o electrónicos deberán dejarse en manos del personal altamente calificado.

3. Descripción del equipo

Los Variador de Frecuencia LG iG5 son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministran cubren un margen de potencia de 220 W a 22 kW en redes trifásicas. Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Con sus ajustes por defecto realizados en fabrica, es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores V/f. Haciendo uso del gran número de parámetros de ajuste de que dispone, también puede utilizarse en aplicaciones más avanzadas para control de accionamientos.

Características del Convertidor de Frecuencia LG iG5

- Control V/F, control vectorial sensores
- Control de proceso PID avanzado
- Frecuencia de salida 0,1 - 400 Hz
- Margen de tensión de entrada: -15% a +10%
- Entrada analógica: 0 a 10 VCC / -10 a +10 VCC
- Protección IP20 como estándar, Tipo UL 1 (NEMA 1) como opción
- Control de segundo motor y ajuste de sus parámetros
- Transistor de frenado dinámico incorporada como estándar
- Comunicación RS485 integrada (LS Bus / Modbus RTU)
- Ventilador de enfriamiento con control ON/OFF y fácil recambio
- Control remoto usando teclado externo y cable RJ45 (Opcional)

- Funciones mejoradas: Sleep&Wake-up(suspensión y reactivación), ahorro de energía; Protección KEB (acumula. de energía cinética); Algoritmo de bajas fugas PWM
- Filtro foot print integrado (opcional)
- Función de seguridad (opcional)
- Entrada / salida de tren de pulsos de una frecuencia máxima de 50 KHz (opcional)
- Comunicaciones opcionales: DeviceNet, Ethernet (Ethernet / IP, Modbus TCP), CANopen*, Profibus-DP*
- Monitoreo y parametrización mediante PC basada en herramienta de software (Drive View)

4. Datos técnicos

Parámetros principales del Variador de Frecuencia LG iG5

Modelo	LG iG5
Tensión de red y márgenes de frecuencia	200 V a 240 V ($\pm 10\%$) 1AC 120 W a 3.0 kW
Frecuencia de red	47 a 63 Hz
Frecuencia de salida	0 Hz a 650 Hz
Cos phi	$\geq 0,95$
Grado de rendimiento del convertidor	90% a 94% para equipos < 750 W $\geq 95\%$ para equipos $\geq 750W$
Capacidad de sobrecarga	Sobre corriente = 1,5 x corriente de salida nominal (o sea 150 % sobrecarga) durante 60 s, después 0,85 x corriente de salida nominal durante 240 s, tiempo de ciclo 300 segundos
Tensiones de salida para el usuario	24 V en bornes 6 y 7 (50 mA sin regular): 10 V en bornes 8 y 10 (5 mA)
Entradas digitales	3, parametrizable, sin separación galvánica; PNP, compatible con SIMATIC, low < 5, high > 10 V, tensión de entrada máxima 30 V
Entrada analógica	1, para consigna (0 V a 10 V, escalable o usable como cuarta entrada digital)






Salida digital	1, salida de apto acoplador con separación galvánica (DC 24 V, 50 mA carga óhmica), tipo de transistor NPN
Interface en serie	RS485, para operación con protocolo USS
Longitud cables motor	Máx. 25 m (apantallado) máx. 50 m (no apantallado)
Grado de protección	IP20

5. Montaje



5.1. Instalación mecánica del Vareador de Frecuencia LG iG5




Para realizar la instalación del Vareador de manera adecuada se recomienda tomar en cuenta algunos parámetros técnicos y eléctricos, tener en cuenta también los factores físicos y ambientales que pueden afectar al equipo es por ello que se debe de informarse bien de este manual de utilización del Vareador.

Características del Teclado

RUM		TECLAS
RUM		Comando de funciones
STOP/RESET		STOP: Comando para detener el funcionamiento. RESET: Comando para reposición cuando se produce un fallo.
	Subir	Permite desplazarse por los códigos o aumentar el valor de un parámetro.
	Bajar	Permite desplazarse por los códigos reducir el valor de un parámetro.
	Izquierda	Permite saltar a otros grupos de parámetros o mover el cursor a la izquierda para cambiar el valor de un parámetro.
	Derecha	Permite saltar a otros grupos de parámetros o mover el cursor a la derecha para cambiar el valor de un parámetro.
	Intro	Permite definir el valor de un parámetro a guardar el valor modificado del parámetro.

Definición de la frecuencia de entrada de 4-20mA

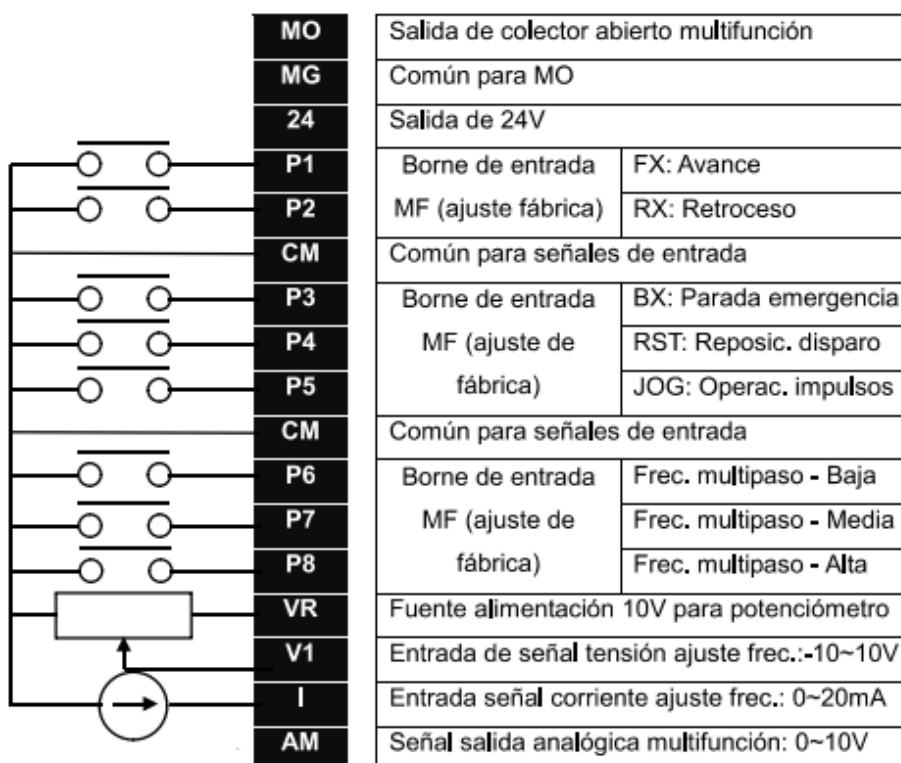
Desplazamiento entre grupos	
1	 <p>Se visualizará el primer código en el grupo de accionamiento "0.00" Pulse la tecla con la fecha a la derecha  una vez para ir al grupo de funciones 1.</p>

2		Se visualizará el primer código en el grupo de funciones 1 "F 0" Pulse la tecla con la fecha a la derecha ► una vez para ir al grupo de funciones 2.
3		Se visualizará el primer código en el grupo de funciones 2" H 0" Pulse la tecla con la fecha a la derecha ► una vez para ir al grupo E/S.
4		Se visualizará el primer código en el grupo E/S "I 0" Pulse la tecla con la fecha a la derecha ► una vez para volver al grupo de accionamiento.

Grupo de accionamiento de la entrada 4-20mA

Grupo	Código	Nombre del parámetro	Definición	Rango	Inicial
Grupo de accionamiento	0.00	[Comando de frecuencia]	-	0-400	0.00
	Frq	[Modo de frecuencia]	4	0-8	0
Grupo E/S	I11	[Constante temporal de filtro para la entrada I]	10	0-99	10
	I12	[Corriente mínima de entrada I]	-	0-20	4
	I13	[Frecuencia correspondiente a I12]	-	0-400	0.00
	I14	Corriente máxima de entrada I	-	0-20	20
	I15	Frecuencia correspondiente a I14	-	0-400	60.00

Conexión de las bornes entradas/salidas de control



5.2. Instalación eléctrica del Vareador de Frecuencia LG iG5

Para realizar una instalación eléctrica adecuada debemos tomar en cuenta las siguientes características de instalación:

- Verificar que los contactos del Vareador estén en buen estado de contacto del conductor para evitar problemas de contacto del Variador con los equipos que vayan a estar en enlace con ello en una conexión general o individual.
- Cerciórese de que cualquier equipo de control conjuntamente con el Vareador esté unido a un punto de puesta a tierra para evitar daños por variación de tención en los equipos.
- Conectar la tierra del motor directamente a la conexión de tierra (PE) del Vareador asociado.
- Verificar que los cables que estén conectados se encuentre correctamente conectados, fuera de todo problema de unión de cables que puedan accionar un corto circuito.
- Los cables de control se tienen que tender lo más separados posible de los cables de potencia usando canales separados. Los cruces entre ambos cables se tienen que tender formando un ángulo de 90° los unos con los otros.