



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.**

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DIDÁCTICO PARA EL
ESTUDIO DE SENSORES DE NIVEL DE LÍQUIDO EN EL LABORATORIO DE
INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE.”**

AUTOR: ORTIZ LIMAICO JUAN CARLOS

DIRECTOR: ING. HERNÁN PÉREZ

**IBARRA – ECUADOR
2016**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100318567-3	
APELLIDOS Y NOMBRES:	JUAN CARLOS ORTIZ LIMAICO	
DIRECCIÓN:	AVENIDA EL RETORNO Y PRINCESA PACCHA	
E-MAIL:	juan.carlos061189@gmail.com	
TELÉFONO MÓVIL:	0989328794	TELF. FIJO: 062-652-250
DATOS DE LA OBRA		
TÍTULO:	"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DIDÁCTICO PARA EL ESTUDIO DE SENSORES DE NIVEL DE LÍQUIDO EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE."	
AUTOR:	JUAN CARLOS ORTIZ LIMAICO	
FECHA:	OCTUBRE DEL 2016	
PROGRAMA:	PREGRADO	
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.	
DIRECTOR:	ING. HERNAN PEREZ	

2. AUTORIZACION DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Ortiz Limaico Juan Carlos, con cédula de identidad No. 100318567-3 en calidad de autor y titular de los derechos Patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y como apoyo a la educación, investigación y extensión en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

3. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en la defensa de la Universidad en caso de la reclamación por parte de terceros.



Firma

Ortiz Limaico Juan Carlos

Cédula: 100318567-3

Ibarra, Octubre 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Ortiz Limaico Juan Carlos con cedula de identidad No. 100318567-3 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los Derechos Patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4.5 y 6 en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL ESTUDIO DE SENSORES DE NIVEL DE LÍQUIDO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE."** Que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO**, en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.



Firma

Ortiz Limaico Juan Carlos

Cédula: 100318567-3

Ibarra, Octubre 2016

Ing. Hernán Pérez

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Yo Hernán Pérez en calidad de tutor del señor estudiante, Ortiz Limaico Juan Carlos certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL ESTUDIO DE SENSORES DE NIVEL DE LÍQUIDO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE."** Para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la impresión y empastado.

Ing. Hernán Pérez
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo **Ortiz Limaico Juan Carlos** declaro bajo juramento que el trabajo de grado aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado, ni calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Firma

Ortiz Limaico Juan Carlos

Cédula: 100318567-3

Ibarra, Octubre 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios ya que me ha brindado la fortaleza para seguir adelante y ayudarme a culminar mi etapa universitaria, a ser perseverante y no rendirme pese a los problemas que se han presentado en el transcurso de la misma.

A mis padres y hermanas y hermano ya que ellos me han brindado permanentemente su apoyo, consejos y con su ejemplo de trabajo, perseverancia, me han incentivado y motivado a lograr cada una de las metas propuestas en mi vida.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo se lo agradezco a dios por brindarme constancia y perseverancia para la culminación de mi carrera universitaria.

A mis padres Teodoro Ortiz y María Limaico. Por apoyarme y brindarme sus consejos

A mis hermanas Mónica, Anita, Silvia y a mi hermano Armando por darme ánimo y ser parte importante en mi vida.

A Magali Velasco quien me brindó su apoyo y fue incondicional durante mi formación profesional.

A la Universidad Técnica del Norte por haberme permitido formar parte de esta prestigiosa institución.

A todos y cada uno de los docentes que me impartieron su conocimiento brindándome su orientación para mi formación profesional.

A mi director de tesis Ing. Hernán Pérez, quien me guio y orientó en cada uno de los momentos que tuve que dar para la realización del proyecto.

RESUMEN

El trabajo de grado detalla el diseño e implementación de un módulo didáctico para el estudio de sensores de nivel de líquido, integra a una interfaz hombre máquina HMI. Este proyecto va enfocado para el estudio de sensores en las asignaturas de instrumentación, control industrial y control de máquinas, donde los estudiantes podrán interactuar con cada uno de sus componentes.

En el primer capítulo se plantea la implementación de un módulo didáctico para el estudio de sensores de nivel de líquido, para el laboratorio de electricidad, que servirá como parte de experimentación profesional para los estudiantes de la carrera. El segundo capítulo detalla el marco teórico, este contiene información necesaria para el diseño del módulo didáctico como son: propiedades de los fluidos, tipos de sensores de nivel, tipos de bombas, cálculo para el sistema de bombeo, conceptos sobre los sistemas de control, dispositivos de control, comunicación y programación del PLC, y una breve descripción del entorno gráfico en LabVIEW.

El tercer capítulo se hace referencia a la metodología que se utilizará para la realización del proyecto aplicando una investigación, donde será necesario recoger e identificar antecedentes generales, y estará estrechamente ligado con la investigación aplicada ya que éstas dan una alternativa de solución al problema y acontecimientos que serán analizados técnicamente de tal forma que puedan entenderse y relacionarse con esta investigación. En el cuarto capítulo se especifica la propuesta tecnológica, se describe: el proceso de diseño del módulo didáctico, el análisis de las pérdidas de flujo en la tubería para el dimensionamiento de la bomba, se justifica la selección de cada uno de sus componentes mediante un criterio técnico, la programación de parámetros del variador de frecuencia, programación del PLC, cálculo del PID utilizando Simulink por medio de MATLAB, la elaboración de la interfaz gráfica para muestreo de valores del sistema y control del módulo didáctico. Finalmente el quinto capítulo se enumera conclusiones y recomendaciones: De acuerdo a las propiedades de los líquidos es preferible escoger el agua como fluido por su bajo grado de viscosidad y así evitar el descaste de la bomba. Antes de poner en funcionamiento el módulo didáctico se debe revisar que el tanque reservorio tenga la cantidad de agua adecuada para su correcto funcionamiento.

SUMMARY

Degree work details the design and implementation of a training module for the study of liquid level sensors, integrated into a man-machine interface HMI. This project is focused to study subject's sensors in instrumentation, industrial control and machine control, where students can interact with each of its components. In the first chapter the implementation of a training module for the study of liquid level sensors, electricity Laboratory, which will serve as part of experimentation for students professional career arises. The second chapter details the theoretical framework, this contains information needed to design the training module including: fluid properties, types of level sensors, pump types, calculation for the pumping system, concepts of control systems, control devices, communication and PLC programming, and a brief description of the LabVIEW graphical environment. The third chapter referred to the methodology to be used for the project by applying an investigation, where it will be necessary to collect and identify general background, and will be closely linked with applied research and you are given an alternative solution to the problem and events They will be analyzed technically so that they can understand and relate to this research. In the fourth chapter the technological proposal is specified, it described: the process of designing the training module, analysis of flow losses in the pipeline for sizing the pump, the selection of each of its components is justified by a technical criteria, programming parameters of the inverter, PLC programming, PID calculation using MATLAB Simulink through the development of the graphical interface for sampling values and control system training module. Finally the fifth chapter lists conclusions and recommendations: According to the properties of liquids is preferable to choose water as fluid because of its low viscosity grade and avoid descaste pump. Before operating the training module should check that the reservoir tank has the proper amount of water to function properly.

ÍNDICE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS.....	vii
DEDICATORIA	vii
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS.....	viii
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN	ix
SUMARY	ix
ÍNDICE.....	xi
CAPÍTULO I.....	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	2
1.3 DELIMITACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL.....	2
1.3.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	2
1.3.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	2
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.5 OBJETIVOS:.....	3
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.5.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.6 JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPITULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. FLUIDOS	5
2.2 PROPIEDADES	5
2.3 DENSIDAD	6
2.5 FORMA Y VOLUMEN	6

2.6 VISCOSIDAD.....	6
2.7 FLUIDEZ.....	6
2.8 CAVITACIÓN.....	6
2.9. FLUJO.....	6
2.10 PRESIÓN.....	7
2.11. CAUDAL.....	7
2.12. MEDICIÓN DE NIVEL LÍQUIDOS.....	11
2.12.1 MÉTODOS DE MEDICIÓN INDIRECTA.....	11
2.12.2 MÉTODOS DE MEDICIÓN DIRECTA.....	11
2.13 MEDIDORES DE NIVEL.....	12
2.14 MÉTODO DE MEDICIÓN CONDUCTIVO.....	12
2.15 MÉTODO CAPACITIVO.....	13
2.16 ELEMENTOS FINALES DE CONTROL.....	13
2.17.1. TIPOS DE VÁLVULAS.....	14
2.17.2 VÁLVULA DE RETENCIÓN O CHECK.....	14
2.17.3 VÁLVULA DE BOLA.....	14
2.18 BOMBA AGUA.....	14
2.18.1 BOMBA PERIFÉRICA.....	15
2.19 SISTEMAS DE CONTROL.....	15
2.19.1 TIPOS DE CONTROL.....	15
2.19.2 CONTROL MANUAL.....	15
2.19.3 CONTROL AUTOMÁTICO.....	15
2.19.4 CONTROL ON/OFF.....	16
2.20 SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO.....	16
2.20.1 DIAGRAMA DE BLOQUES.....	16
2.20.2 PARTES DE UN SISTEMA DE CONTROL.....	17

VARIABLE CONTROLADA Y SEÑAL DE CONTROL O VARIABLE MANIPULADA.....	17
2.21 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.....	18
2.2.1.1 SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO	18
2.22 COMPARACIÓN ENTRE ESTOS DOS TIPOS DE SISTEMAS	19
2.23. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	19
2.23.1 PLC MICROLOGIX 110	19
2.23.3. IDENTIFICACIÓN (PARTE EXTERNA) MICROLOGIX 1100	19
2.23.4 CICLO DE OPERACIÓN DE UN PLC.....	21
2.23.5 COMUNICACIÓN RS- 485	22
2.23.6 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.	22
2.24 CONTROL PID	23
2.24.1 EL CONTROLADOR PID.....	23
2.24.3 CUANDO SE PUEDE UTILIZAR EL CONTROL PID.....	23
2.24.4 CUANDO ES EL CONTROL PI SUFICIENTE	24
2.24.6 CONTROL PROPORCIONAL.....	24
2.24.7 CONTROL PD	25
2.24.8 CONTROL PI	25
2.26 QUÉ ES SIMULINK	26
2.27 SISTEMAS HMI	26
2.28 VARIADOR DE FRECUENCIA.	27
2.27.1. ESTRUCTURA EXTERNA.....	27
2.27.2 ESTRUCTURA INTERNA.....	27
2.28 ¿QUÉ ES LABVIEW	28
2.28.1 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.....	28
2.28.2 VARIABLES NUMÉRICAS.....	28
2.29 COMUNICACIÓN ETHERNET	29

CAPITULO III.....	30
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
3.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	30
3.1.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	30
3.1.3 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA.....	30
3.1.2 OBTENCIÓN DE DATOS.....	30
3.2. MÉTODOS.....	30
3.2.1 ANALÍTICO.....	30
3.3 EXPLORATORIO.....	31
3.4 TÉCNICAS.....	31
3.4.1 TÉCNICAS DE FICHAJE.....	31
3.4.2 DISEÑO TÉCNICO Y TECNOLÓGICO.....	31
3.5 FUNCIONAMIENTO.....	31
3.1.7. SIMULACIÓN (HMI).....	31
CAPITULO IV.....	32
4 PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	32
4.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	32
4.1.1 JUSTIFICACIÓN.....	32
4.2 OBJETIVOS.....	32
4.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	32
4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL.....	32
4.1. DISEÑO DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL.....	33
4.1.1. DISEÑO DEL TANQUE DE CONTROL.....	34
4.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DEL VIDRIO.....	35
4.3 TUBERÍAS.....	36

4.4. ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN LA ENTRADA DEL TANQUE DE CONTROL.....	37
4.5 ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN TUBERÍA DE ½” EN LA ENTRADA DEL TANQUE PRINCIPAL.....	37
4.6 ELECCIÓN DEL SENSOR MÁS ADECUADO PARA EL SISTEMA.....	44
4.6.1 VENTAJAS DEL SENSOR DE TIPO FLOTADOR.....	44
4.6.2 DESVENTAJAS DE LOS INSTRUMENTOS DE FLOTADOR.....	44
4.6.3 APLICACIONES DE LOS INSTRUMENTOS DE FLOTADOR.....	45
4.6.4. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR.....	45
4.7. SELECCIÓN DE LA BOMBA DE AGUA.....	45
4.8. SELECCIÓN DE LA VÁLVULA. (VÁLVULA DE BOLA).....	46
4.10 SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.....	47
4.11 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC.....	49
4.12 REPRESENTACIÓN ELÉCTRICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO.....	50
4.13 CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS.....	51
4.13.1 CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.....	51
4.13.2 COMUNICACIÓN DEL PLC CON EL COMPUTADOR.....	52
4.14 DISEÑO DEL HMI.....	53
4.15 CONFIGURACIÓN DEL NI OPC.....	54
4.16 PROCESO DE LINEALIDAD DE SEÑAL.....	59
4.17 CONFIGURACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO EN LABVIEW.....	62
4.18 IMPLEMENTACIÓN DEL HMI EN LABVIEW.....	63
4.18.1 LECTURAS Y VISUALIZACIÓN DE DATOS.....	63
4.18.2 GENERACIÓN DE REPORTE DE DATOS.....	63
4.18.2 INDICADORES GRÁFICOS DE NIVEL.....	64
4.18.3 CONTROL PID.....	64
4.18.4 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE NIVEL Y CÁLCULO DEL PID.....	65

4.19 CALCULO DEL PID	69
PRACTICA 1. CONTROL ON/OFF	72
1. TEMA.....	73
1.1 OBJETIVOS.....	73
1.2 CONTROL ON-OFF.....	73
1.3 SENSOR ANALOGICO.....	74
1.4 PLC ALLEN BRADLEY MICROLOGIX 1100.....	74
1.5 LENGUAJE DE PROGRAMACION.....	74
1.6 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	74
1.7 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA.....	75
1.8 CONCLUSIONES.....	76
1.9 RECOMENDACIONES.....	77
PRACTICA 2 MEDICION DE VARIABLES Y ADQUISICIÓN DE DATOS.....	84
1. TEMA.....	85
1.2 OBJETIVOS.....	85
1.3 CONTROL ON-OFF.....	85
1.4 CONEXIÓN DEL SENSOR.....	85
1.5 PLC ALLEN BRADLEY MRICROLOGIX 1100.....	85
1.6 ENTRADAS ANALOGICAS.....	85
1.7 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.....	86
1.8 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	86
1.9 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA.....	86
2. DATOS VOLTAJE SENSOR, RPM.....	87
2.1 CONCLUSIONES.....	88
2.2 RECOMENDACIONES.....	89

CAPITULO V.....	97
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
5.1 CONCLUSIONES.....	97
5.2 RECOMENDACIONES.....	98
5.3 BIBLIOGRAFÍA.....	99
5.4 LINKOGRAFIA.....	102
ANEXO A2 COEFICIENTES DE RESISTENCIA K EN LOS ACCESORIOS.....	105
ANEXO B. TABLA DE COEFICIENTE EN TUBERÍA DE PROPILENO	107
ANEXO C DIAGRAMA DE MOODY	108
ANEXO D. DIAGRAMA DE FUERZA	109
ANEXO E. DIAGRAMA DE CONTROL	110
ANEXO F. PANEL FRONTAL DE LABVIEW	111
ANEXO G. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LABVIEW	112
ANEXO H. LÍNEAS DE PROGRAMACIÓN	113
ANEXOS FOTOGRÁFICOS	125
MANUAL DE USUARIO.....	128
DESCRIPCIÓN DEL MODULO	129

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N ^o . 1 Características técnicas del PLC MicroLogix 1100.	21
TABLA N ^o . 2 Resumen de control PID	24
TABLA N ^o . 3 Descripción y características de los elementos a ocupar en el módulo.	33
TABLA N ^o . 4 Selección del grosor del vidrio.	35
TABLA N ^o . 5 Tubería utilizada en la instalación	36
TABLA N ^o . 6 Cálculo del factor K en la tubería 1" y reducción a ½"	37
TABLA N ^o . 7 Análisis de pérdidas en tubería de ½" en la entrada del tanque principal.	38
TABLA N ^o . 8 Especificaciones de la bomba.....	46
TABLA N ^o . 9 Parámetros ingresados	51
TABLA N ^o . 10 Comparación de la señal del sensor vs señal de nivel.....	60
TABLA N ^o . 1 Descripción de los componentes del tablero de control.	136
TABLA N ^o . 2 Comparación de la señal del sensor vs señal de nivel.....	169

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N ^o . 1 Universidad Técnica del Norte.....	3
FIGURA N ^o . 2 Propiedades de los líquidos.....	5
FIGURA N ^o . 3 Medición indirecta.....	11
FIGURA N ^o . 4 Clasificación sensores de nivel.....	12
FIGURA N ^o . 5 Método conductivo	13
FIGURA N ^o . 6 Método capacitivo.....	13
FIGURA N ^o . 7 Válvula Check.....	14
FIGURA N ^o . 8 Válvula de bola	14
FIGURA N ^o . 9 Clasificación sensores de nivel.....	15
FIGURA N ^o . 10 Control On/Off.	16
FIGURA N ^o . 11 Sistema de control de lazo abierto	18
FIGURA N ^o . 12 Sistema de Control de Lazo Cerrado	18
FIGURA N ^o . 13 Ciclos de operación de un PLC	22
FIGURA N ^o . 14 Control PID	23
FIGURA N ^o . 15 Control Proporcional.....	25
FIGURA N ^o . 16 Control Derivativo.	25
FIGURA N ^o . 17 Control Proporcional Integral.	26
FIGURA N ^o . 18 Variador de frecuencia.....	27
FIGURA N ^o . 19 Variador de Frecuencia IE5, Estructura Interna.....	27
FIGURA N ^o . 20 Variables Numéricas.....	28
FIGURA N ^o . 21 Esquema del Módulo Didáctico de Control de Líquidos. ...	33
FIGURA N ^o . 22 Dimensiones del tanque del control.....	34
FIGURA N ^o . 23 Dimensiones tanque reservorio	35
FIGURA N ^o . 24 Elección del sensor.....	44

FIGURA N°. 25 Rango de medición del sensor flotante	45
FIGURA N°. 26 Válvula de Bola.....	46
FIGURA N°. 27 Electroválvula 24[V].....	47
FIGURA N°. 28 Variador de frecuencia Ls iE5.....	47
FIGURA N°. 29 Esquema del cableado del variador de frecuencia.....	48
FIGURA N°. 30 Función de las borneras.....	48
FIGURA N°. 31 MicroLogix 1100 (1763-L16BWA):.....	49
FIGURA N°. 32 Esquema general de cableado (1763-L16BWA).....	49
FIGURA N°. 33 Terminales de conexión (1762-IF2OF2).....	50
FIGURA N°. 34 Ingreso de la Ip del PLC	52
FIGURA N°. 35 Ingreso de la Ip MAC del PLC	52
FIGURA N°. 36 Comunicación BOOTP/ DHCP	52
FIGURA N°. 37 Comunicación exitosa entre el PLC y el Computador	53
FIGURA N°. 38 Ventana Channel Configuration.....	53
FIGURA N°. 39 Creación de un New Channel.....	54
FIGURA N°. 40 Configuración de Channel name	54
FIGURA N°. 41 Selección del PLC y comunicación.....	55
FIGURA N°. 42 New Channel – Network Interface	55
FIGURA N°. 43 Ventana Device name	56
FIGURA N°. 44 ventana Device model.....	56
FIGURA N°. 45 Ventana Device ID – dirección Ip del PLC.....	57
FIGURA N°. 46 Ventana New Device – Scan Mode	57
FIGURA N°. 47 Ventana Tag Properties.....	58
FIGURA N°. 48 Tag Properties – Bolean.....	58
FIGURA N°. 49 Ventana Client access.....	59
FIGURA N°. 50 Ventana propiedades de etiqueta de variables.....	59

FIGURA N ^o . 51 curva de linealidad del sensor vs setpoint	61
FIGURA N ^o . 52 Ventana Create Project.	62
FIGURA N ^o . 53 Ventana New Library	62
FIGURA N ^o . 54 Ventana New I/O Server	63
FIGURA N ^o . 55 Ventana lecturas y visualización de datos	63
FIGURA N ^o . 56 Generación de reporte de datos	64
FIGURA N ^o . 57 Ventana de indicadores de nivel.....	64
FIGURA N ^o . 58 Ventana del PID	65
FIGURA N ^o . 59 Ventana datos de setpoint y nivel.....	65
FIGURA N ^o . 60 ingreso de datos de Nivel y Setpoint	66
FIGURA N ^o . 61 Ventana de System Identification	66
FIGURA N ^o . 62 Ventana de Time Domain Data	67
FIGURA N ^o . 63 Ventana Import Data.....	67
FIGURA N ^o . 64 Ventana de selección Quick Start.....	68
FIGURA N ^o . 65 Ventana Trasnfer Funtion Models	68
FIGURA N ^o . 66 Ventana de ingreso de polos y ceros	68
FIGURA N ^o . 67 Ventana de función de transferencia	69
FIGURA N ^o . 68 ventana de simulink.....	69
FIGURA N ^o . 69 Ventana de PID	70
FIGURA N ^o . 70 Ventana PID	70
FIGURA N ^o . 71 ventana de PID refinado	70
FIGURA N ^o . 72 ventana PID Tuner	71
FIGURA N ^o . 1 Control on-off.....	73
FIGURA N ^o . 2 Diagrama de funcionamiento de un sensor analogico	74
FIGURA N ^o . 3 Interfaz grafica control on off.....	78
FIGURA N ^o . 4 Diagrama de bloques control on-off.....	79

FIGURA N°. 5 Programacion del PLC.....	80
FIGURA N°. 6 Programacion del PLC	81
FIGURA N°. 7 Programacion del PLC.....	82
FIGURA N°. 8 Programacion del PLC.....	83
FIGURA N°. 1 Diagrama de conexión del sensor.....	86
FIGURA N°. 2 Obtencion de datos.....	87
FIGURA N°. 3 Lineas de programacion PLC.....	90
FIGURA N°. 4 Lineas de programacion PLC.....	91
FIGURA N°. 5 Lineas de programacion PLC.....	92
FIGURA N°. 6 Lineas de programacion PLC.....	93
FIGURA N°. 7 Lineas de programacion PLC.....	94
FIGURA N°. 8 Interfaz grafica practica 2.....	95
FIGURA N°. 9 Diagrama de bloques practica 2.....	96

INDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1	7
ECUACIÓN 2	7
ECUACIÓN 3	7
ECUACIÓN 4	8
ECUACIÓN 5	8
ECUACIÓN 6	9
ECUACIÓN 7	9
ECUACIÓN 8	9
ECUACIÓN 9	10
ECUACIÓN 10	10
ECUACIÓN 11	10
ECUACIÓN 4	37
ECUACIÓN 5	38
ECUACIÓN 6	38
ECUACIÓN 7	39
ECUACIÓN 8	39
ECUACIÓN 9	40
ECUACIÓN 6	41
ECUACIÓN 7	41
ECUACIÓN 8	41
ECUACIÓN 9	42
ECUACIÓN 10	42
ECUACIÓN 11	43
ECUACIÓN 12	43

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 ANTECEDENTES.

En la actualidad la mano del hombre ya no es tan necesaria para controlar todos aquellos equipos y artefactos que utilizaremos diariamente. Hoy en día, existe la posibilidad de que ciertos sistemas específicos puedan controlar y/o manejarse por sí solos convirtiéndose en parte importante de los procesos industriales modernos.

Los elementos mediante los cuales se adquieren los parámetros que se desean controlar sin la intervención de la mano del hombre se denominan sensores o actuadores. Dependiendo de la variación de la magnitud que controlen podríamos tener el siguiente listado básico: El termostato (Cambios de temperatura), Interruptor crepuscular (Cambios de luz solar), temporizador (Cambios del tiempo), hidronivel (controlador de nivel de agua), etc.

Los beneficios que se obtienen de un sistema de control automático son: confort para ejecutar el funcionamiento de sistemas o artefactos desde cualquier lugar por medio de un control automático. En los procesos industriales la medición y el control de las variables de nivel son continuos, junto a un proceso se requiere del control y medición de volúmenes de líquidos o; bien en el caso más simple, para evitar que un líquido se derrame; la medición de estos parámetros dentro de un recipiente parece sencilla pero puede convertirse en un problema relativamente difícil en los siguientes casos: cuando el material es corrosivo o abrasivo, al exponerlo a altas presiones, si es radioactivo o si se encuentra en un recipiente sellado en el que no conviene tener partes móviles o cuando es prácticamente imposible mantenerlas.

El control de nivel se lo ejecuta entre dos puntos, uno alto y otro bajo, es una de las aplicaciones más comunes de las industrias para controlar y medir el nivel de los líquidos, y se pueden medir mediante dispositivos eléctricos y electrónicos.

En la actualidad en nuestro país la instrumentación virtual sigue siendo una de las opciones favoritas para construir sistemas de automatización y control de procesos. Sin lugar a duda más y más sistemas están aprovechando la tecnología del PC

para aplicaciones de sistemas automatizados. Por esta razón se ve en la necesidad de desarrollar nuevos conocimientos teóricos y prácticos que conlleven a satisfacer las necesidades de un proceso en las industrias.

1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Durante los últimos años, el tema de la calidad de la educación se ha encontrado al centro del debate en nuestro país. Los cuestionamientos y demandas provienen tanto desde los directamente afectados, alumnos y docentes, como desde diversos actores sociales, políticos y académicos.

Pareciera existir un consenso acerca de que el sistema educativo enfrenta serios problemas de calidad por falta de conocimientos prácticos razón por la cual los laboratorios deben estar bien implementados para realizar las diferentes prácticas.

La implementación de un módulo didáctico para el estudio de sensores de nivel de líquido para el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico será primordial para desarrollar experiencia y técnica, ya que despertará el interés de los integrantes del grupo para investigar los conceptos, tipos, características y operación de los elementos a utilizarse. Se requiere en el laboratorio de control automático un sistema modular, que esté enfocado a las normas de operación establecidas por los equipos eléctricos a utilizarse.

1.3 DELIMITACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL.

1.3.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL.

Este trabajo de grado se llevará a cabo desde el mes de septiembre del 2015 hasta el mes de agosto de 2016, tiempo en el cual se estima la entrega del trabajo final y el correcto funcionamiento del módulo didáctico.

1.3.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La investigación se desarrollara en la provincia de Imbabura, Cantón Ibarra, Parroquia el Sagrario, en la “Universidad Técnica del Norte” Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, laboratorio de Electricidad.



FIGURA Nº. 1 Universidad Técnica del Norte

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo diseñar e implementar un módulo didáctico que permita el estudio de sensores de nivel de líquido de forma manual y automática, a partir de un PLC, elaborando un control PID de nivel y comunicación con el computador mediante un interfaz hombre máquina (HMI), en el laboratorio de Ingeniería de Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte, período 2015-2016.

1.5 OBJETIVOS:

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un módulo didáctico para el estudio de sensores de nivel de líquidos, para el laboratorio de electricidad de la Universidad Técnica del Norte.

1.5.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diseñar el acondicionamiento del sensor a utilizarse módulo de control de nivel, seguido de un control automático PID, a partir de un PLC.
- Elaborar el módulo de control de nivel que permita adquirir datos de la variable para pruebas de control.
- Implementar una interfaz (HMI) adecuada al sistema, para la visualización de las diferentes señales del sistema de control.

- Realizar una guía de funcionamiento y manejo de operación del módulo.

1.6 JUSTIFICACIÓN.

En la actualidad la formación profesional de las carreras técnicas deben cumplir con el equipamiento y las condiciones necesarias para trabajar con las comodidades adecuadas para un mejor rendimiento académico, y cumplir con la visión que tiene planteada la Universidad Técnica del Norte de formar profesionales de alta calidad.

Este módulo ayudará a los estudiantes a comprender mejor los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación académica y permitirá ser más competitivos en el área industrial al finalizar sus estudios y llegar a ser buenos profesionales como el mundo moderno lo requiere.

Un módulo didáctico para el estudio de sensores de nivel de líquidos, permitirá comprender el funcionamiento de este sistema, su modo de operación, proceso de pruebas, monitoreo de la variable a controlar, una interfaz gráfica en Lavbiew (HMI), un PLC, una bomba y consecuentemente un mejor rendimiento académico llevando a que la carrera se encuentre en la élite de formación de profesionales eléctricos.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. FLUIDOS

Los fluidos se muestran en forma de líquidos o gases según la intensidad de sus fuerzas intermoleculares existentes, cuando se vierte un líquido a un recipiente, el líquido ocupará el volumen o la forma parcial del recipiente.

2.2 PROPIEDADES

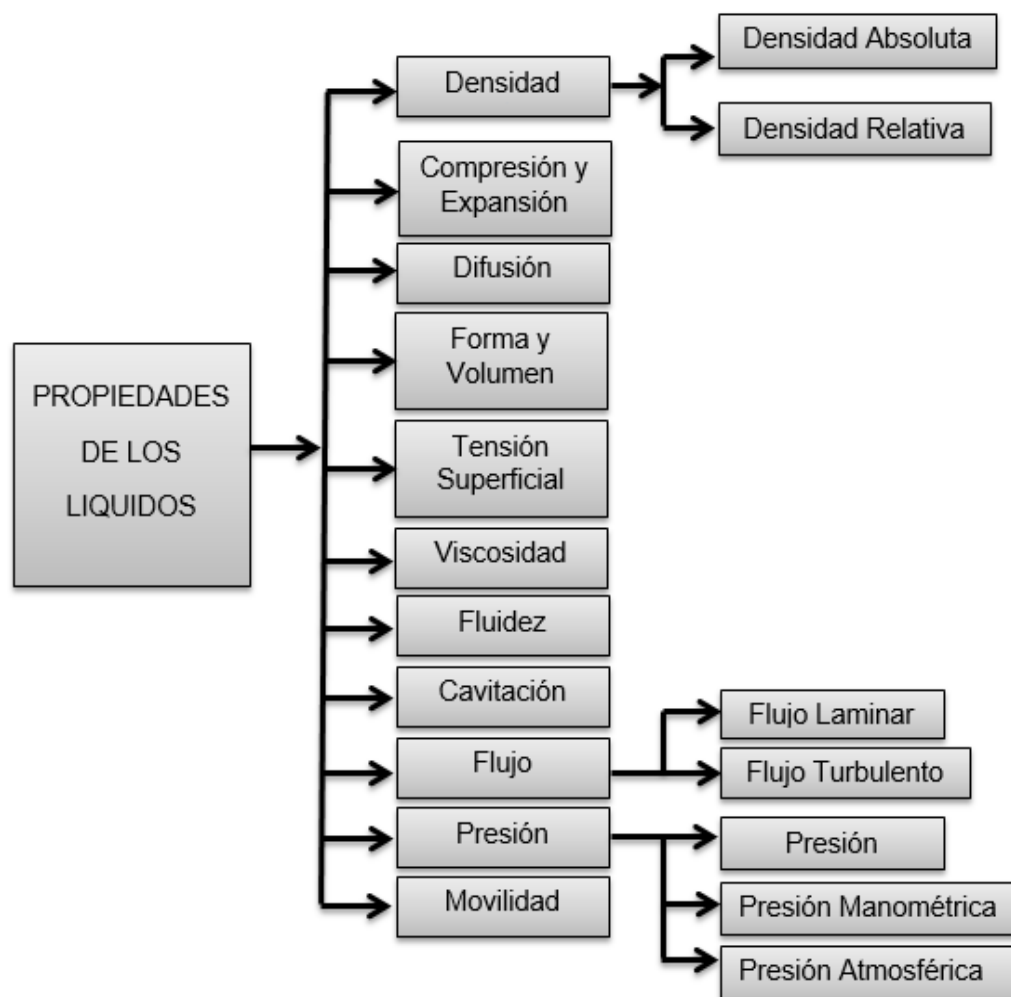


FIGURA Nº. 2 Propiedades de los líquidos

2.3 DENSIDAD

Cengel & Cimbala (2006) menciona. “La densidad se define como masa por unidad de volumen” (p. 37).

2.5 FORMA Y VOLUMEN

El volumen de un líquido es constante pero no tiene una forma fija debido a las intensas fuerzas de presión que existen entre ellas. (Cengel & Cimbala 2006)

2.6 VISCOSIDAD

Se define al esfuerzo cortante, como la fuerza que se requiere para que una unidad de área de una sustancia se deslice sobre otra” (Mott, 2006).

2.7 FLUIDEZ

La fluidez es la capacidad del líquido de moverse continuamente por un ducto o conductor.

2.8 CAVITACIÓN

La cavitación es un fenómeno que consiste en la formación de burbujas de aire debido al cambio de dirección del flujo del líquido.

2.9. FLUJO

El flujo se define como el paso de un fluido por un conductor en una unidad de tiempo.

a) FLUJO LAMINAR

El flujo laminar se lo conoce por las líneas de corriente suaves al paso del fluido.

b) FLUJO TURBULENTO

El flujo turbulento se produce debido a las oscilaciones de velocidad en las paredes del conductor y el movimiento desordenado del líquido.

2.10 PRESIÓN

Presión es una fuerza normal que ejerce el líquido al pasar por unidad de área.

ECUACIÓN 1

$$P = \rho \times g \times h$$

Dónde:

ρ = Densidad del agua [Kg/m³]

g = Gravedad [$\frac{m^2}{s}$]

h = Altura del tanque [m]

2.11. CAUDAL

Volumen de líquido que se transporta por unidad de tiempo que circula por un sistema de ductos

ECUACIÓN 2

$$Q = v \cdot A$$

Dónde:

Q = Caudal volumétrico [$\frac{m^3}{s}$]

v = Velocidad del fluido. [m²/s]

A = Área transversal de paso [$\frac{v}{s}$]

A. PRESIÓN HIDROSTÁTICA

La presión hidrostática es la fuerza que ejerce el líquido de forma perpendicular sobre la superficie del objeto sumergido. La presión hidrostática se calcula con la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 3

$$P = \rho \times g \times h + P_o$$

Dónde:

P = Es la presión hidrostática [Pa]

ρ = es la densidad del líquido. $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$

g = es la aceleración de la gravedad. $[\text{m}^2/\text{s}^2]$

h = es la altura del fluido [m]

P_0 = es la presión atmosférica [Pa]

A. ÁREA DEL PASO DEL FLUIDO

REDUCCIÓN DE TUBERÍA

ECUACIÓN 4

$$K = \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 \right]^2$$

ECUACIÓN 5

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Dónde:

A = Área transversal del paso del fluido.

D = Diámetro interno de la tubería.

B. Velocidad en la tubería.

Expresamos estas características diciendo que: “para un mismo caudal la velocidad del líquido aumenta cuando disminuye el diámetro del ducto y viceversa. (Czekaj, 1998)

ECUACIÓN 6

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dónde:

Q = Caudal total [$\frac{m^3}{s}$]

A = Área de la tubería [m]

C. CÁLCULO DEL NÚMERO DE REINOLS.

El número de Reinols (Re) es un parámetro adimensional relacionado con las características del flujo, que influye notablemente en el valor de pérdidas de carga empleándose en ocasiones también para delimitar el campo de validez de las distintas expresiones de la ecuación de pérdidas más utilizadas. (Cañadas, 1993)

ECUACIÓN 7

$$NR = \frac{\rho v d}{\mu}$$

Re = número de Reynolds.

ρ = densidad [Kg/m³]

d = diámetro [m]

v = velocidad de flujo [m/s]

μ = viscosidad [Ns/m²]

E. RUGOSIDAD RELATIVA DE LA TUBERÍA

ECUACIÓN 8

$$\epsilon r = \frac{\epsilon}{d}$$

Dónde:

ε_r : Rugosidad relativa

ε : Rugosidad del material [m]

d : Diámetro interno de la tubería [m]

F. Perdidas de Carga

ECUACIÓN 9

$$hl = \frac{1}{2 * g} \left[\left(\frac{Q1}{Q2} \right)^2 \left(f * \frac{L1}{D1} + k \right) + \left(\frac{Q2}{Q1} \right)^2 \left(f * \frac{L2}{D2} + k \right) \right]$$

Dónde:

f = Coeficiente de Fricción.

g = Gravedad [m/s²].

d = Diámetro interno de la tubería [m].

G. ALTURA DINÁMICA.

ECUACIÓN 10

$$ha = hl + (Z2 - Z1)$$

Dónde:

$Z2$ = Diámetro de la tubería de entrada

$Z1$ = Diámetro de la tubería de salida

H. Potencia teórica.

ECUACIÓN 11

$$P_{teorica} = ha * p * g * Q_{total}$$

h_a = Altura dinámica [m]

p = Densidad del líquido [$\frac{kg}{m^3}$]

g = Gravedad [$\frac{m^2}{s}$]

Q_{total} = Caudal total [$\frac{m^3}{s}$]

2.12. MEDICIÓN DE NIVEL LÍQUIDOS

2.12.1 Métodos de medición indirecta

La medición indirecta se la realiza en recipientes o tanques cerrados mediante instrumentos de medición: sensores actuadores y transmisores.

2.12.2 Métodos de medición directa

Creus, (2010) menciona. El *medidor de sonda* consiste en una varilla o regla graduada de la longitud conveniente para introducirla dentro del depósito. La determinación del nivel se efectúa por lectura directa de la longitud mojada por el líquido. En el momento de la lectura el tanque debe estar abierto a presión atmosférica. Se utiliza, generalmente, en tanques de fuel-oil o gasolina. (p. 196).

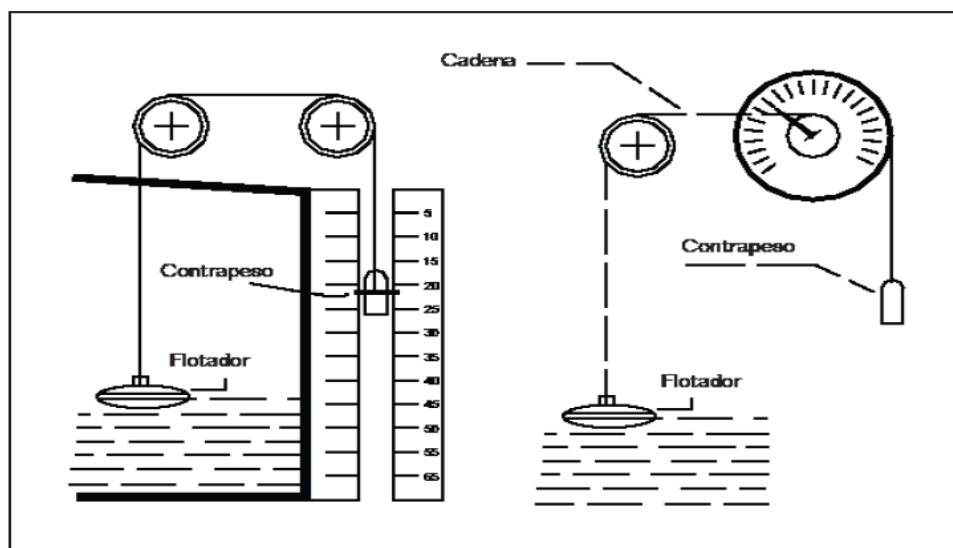


FIGURA Nº. 3 Medición indirecta
Fuente: Creus. 2010

2.13 MEDIDORES DE NIVEL

Los medidores de nivel de líquidos actúan midiendo directamente la altura del nivel mediante una referencia gráfica en el tanque o mediante un desplazamiento producido por un flotador por el propio líquido que almacena el tanque.

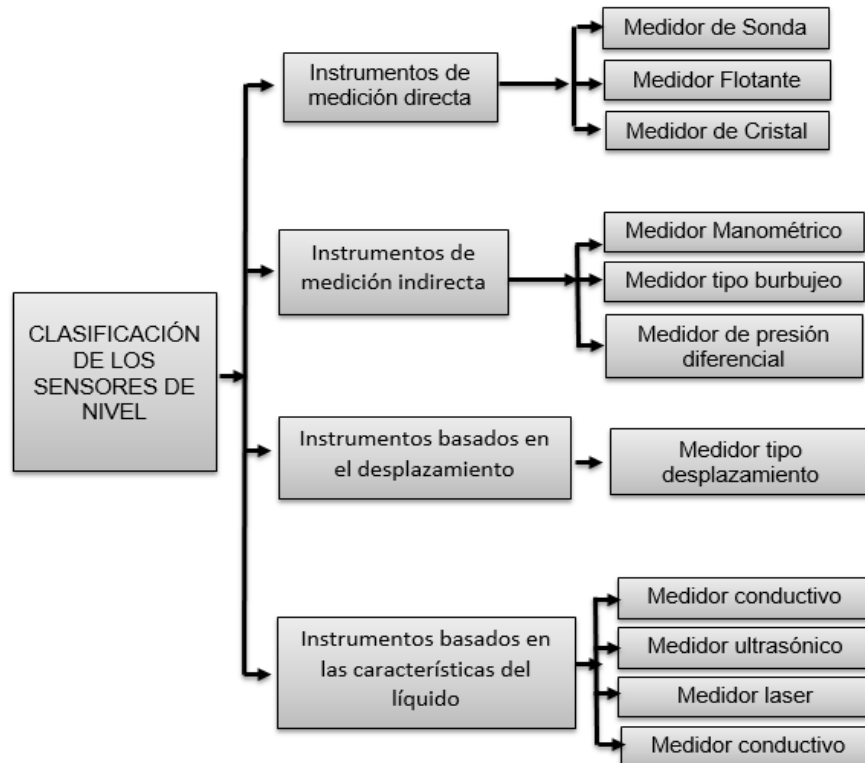


FIGURA N°. 4 Clasificación sensores de nivel

2.14 MÉTODO DE MEDICIÓN CONDUCTIVO

Creús (1997) dice. Consiste en uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja a dichos electrodos. El líquido debe ser lo suficientemente conductor como para excitar el circuito electrónico, y de este modo el aparato puede discriminar la separación entre el líquido y su vapor, tal como ocurre, por ejemplo, en el nivel de agua de una caldera de vapor.(p. 207).

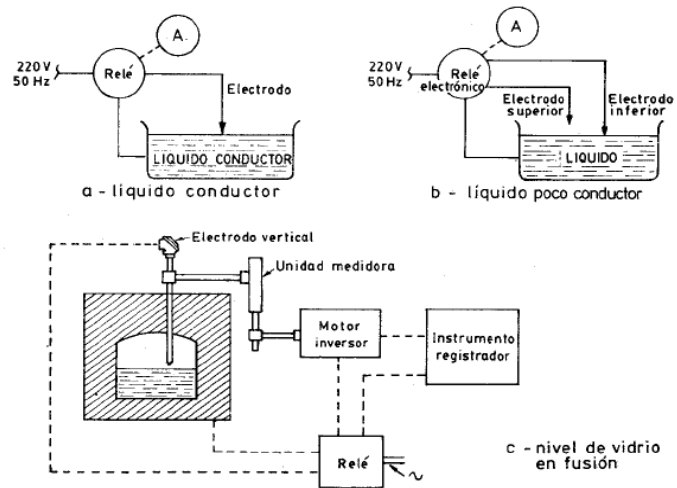


Fig. 5.12 Medidor de nivel conductivo.

FIGURA Nº. 5 Método conductivo

Fuente: Creus.1997

2.15 MÉTODO CAPACITIVO

Creus (1997) Habla. “El medidor capacitivo mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque. La capacidad del conjunto depende linealmente del nivel del líquido.” (p. 209).

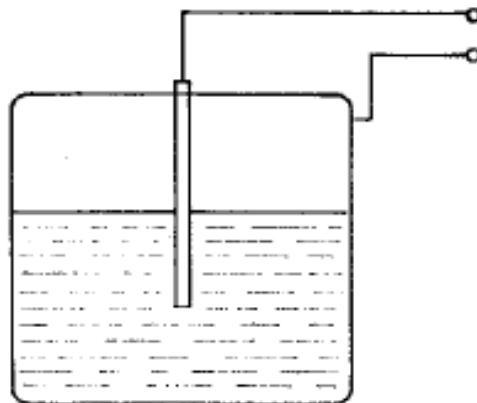


FIGURA Nº. 6 Método capacitivo

Fuente: Creus.1997

2.16 ELEMENTOS FINALES DE CONTROL

Una válvula es un dispositivo mecánico destinado a controlar, retener, regular o dar paso a un fluido.

2.17.1. TIPOS DE VÁLVULAS

2.17.2 VÁLVULA DE RETENCIÓN O CHECK

La válvula check es un dispositivo mecánico que utilizada en industrias para dejar pasar el líquido en una sola dirección.



FIGURA N°. 7 Válvula Check

Fuente <http://ecuacomex.com/v%C3%A1lvulas>

2.17.3 VÁLVULA DE BOLA

Creus (2010) dice. En estas válvulas, el cuerpo tiene una cavidad interna esférica que alberga un obturador en forma de esfera o de bola (de ahí su nombre). La bola tiene un corte adecuado (usualmente en V) que fija la curva característica de la válvula, y gira transversalmente accionada por un servomotor exterior. (p. 386).



FIGURA N°. 8 Válvula de bola

Fuente: <http://ecuacomex.com/v%C3%A1lvulas>

2.18 BOMBA DE AGUA

Es un dispositivo eléctrico de bombeo que transforma la energía mecánica en energía de presión y velocidad del fluido.

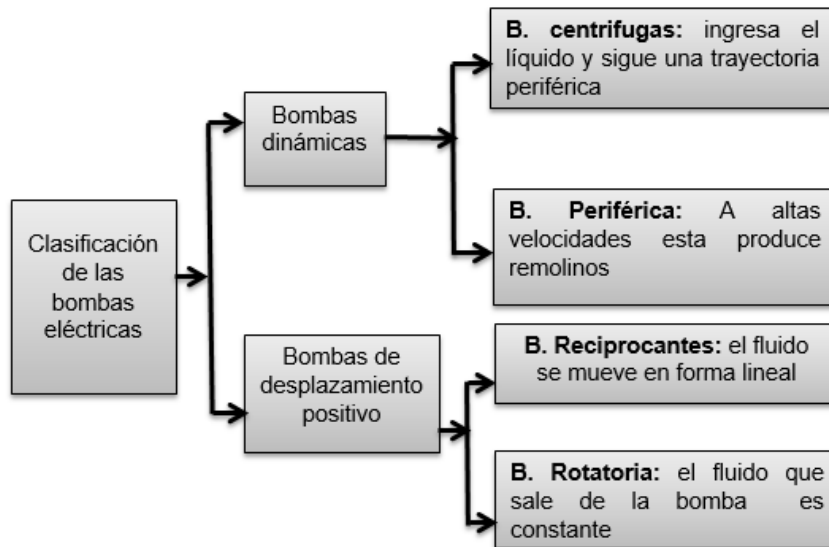


FIGURA Nº. 9 Clasificación sensores de nivel

2.18.1 BOMBA PERIFÉRICA

Es conocida como bomba de turbina porque produce gran cantidad de remolinos en velocidades muy altas, se utiliza; para para bombear líquidos a grades distancias o alturas.

2.19 SISTEMAS DE CONTROL

2.19.1 TIPOS DE CONTROL

2.19.2 CONTROL MANUAL

En este tipo de control, nos muestra respuestas de la variable de salida, son conseguidas mediante operaciones controladas por el hombre.

2.19.3 CONTROL AUTOMÁTICO

Este control muestra respuestas de la variable de salida que son conseguidas automáticamente mediante una interfaz gráfica sin manipular el elemento de control. Este tipo de control se puede clasificar en sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado.

2.19.4 CONTROL ON/OFF

El control on/off posee dos posiciones fijas, encendido y apagado. Este controlador es el más simple. El dispositivo posee dos estados de operación en el cual si la señal es positiva el dispositivo permanecerá activo ya que es un dispositivo normalmente cerrado.

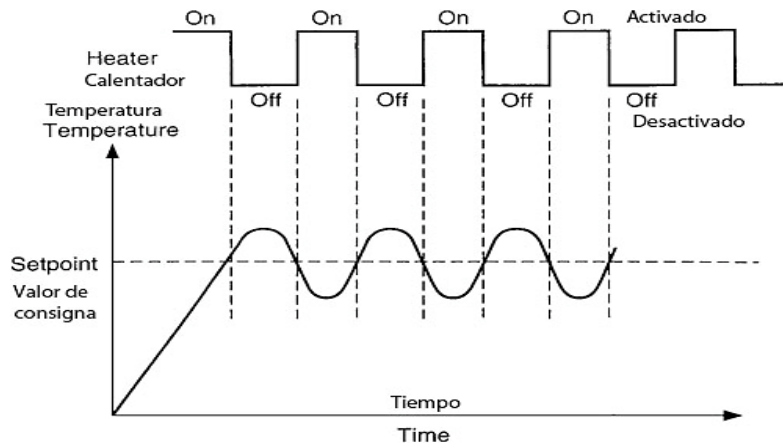


FIGURA N°. 10 Control On/Off.

Fuente: West instruments, 2005

2.20 SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO

Un sistema de control automático posee varios componentes. Para mostrar las funciones de cada componente en la ingeniería de control, se usa la representación de diagrama de bloques.

2.20.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

Ogata (2010) menciona. Un diagrama de bloques de un sistema es una representación gráfica de las funciones que lleva a cabo cada componente y el flujo de señales. Tales diagramas muestran las relaciones existentes entre los diversos componentes. A diferencia de una representación matemática puramente abstracta, un diagrama de bloques tiene la ventaja de indicar de forma más realista el flujo de las señales del sistema real. (p. 17).

2.20.2 PARTES DE UN SISTEMA DE CONTROL

VARIABLE CONTROLADA Y SEÑAL DE CONTROL O VARIABLE MANIPULADA.

Ogata (2010) propone. La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La señal de control o variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada. Normalmente, la variable controlada es la salida del sistema. *Controlar* significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar la desviación del valor medido respecto del valor deseado. (p. 3).

- **Planta:** La planta es un conjunto de elementos que funcionan juntos y cuyo objetivo es efectuar una operación particular.
- **Proceso:** Un proceso es una operación o un desarrollo natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que suceden unos a otros de una forma relativamente fija y que conducen a un resultado o propósito determinado.
- **Sistema:** Un sistema es una combinación de varios componentes que actúan juntos y realizan un objetivo deseado.
- **Perturbaciones:** Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la señal de salida de un sistema.
- **Control realimentado:** El control realimentado se refiere a una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida y alguna entrada de referencia. (Ogata, 2010)

2.21 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

2.2.1.1 SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO

Ogata (2010) habla. “Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada”. (p 8).

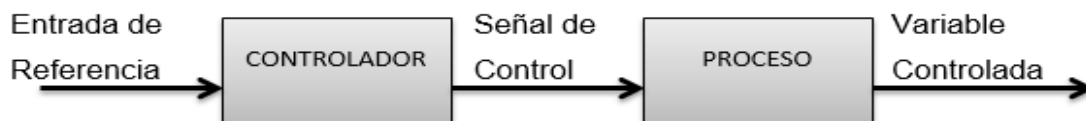


FIGURA Nº. 11 Sistema de control de lazo abierto

2.2.1.2 SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO

Ogata (2010) habla. Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. (p. 7).

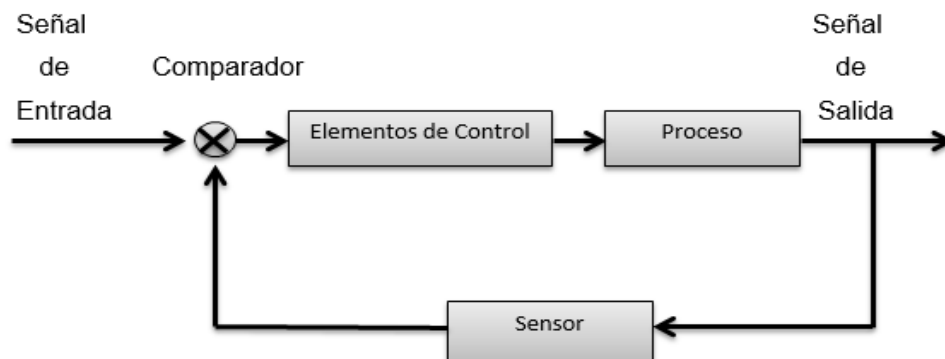


FIGURA Nº. 12 Sistema de Control de Lazo Cerrado

2.22 COMPARACIÓN ENTRE ESTOS DOS TIPOS DE SISTEMAS

Debe señalarse que, los sistemas en los que se conocen con anticipación las entradas y los cuales no hay perturbaciones, es aconsejable emplear un control de lazo abierto. Los sistemas de control en lazo cerrado solo tienen ventajas cuando se presentan perturbaciones y/o variaciones imprescindibles en los componentes del sistema. (Ogata, 2010)

2.23. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Es un conjunto de dispositivos, que reemplaza a los circuitos secuenciales de relés, generalmente utilizados en control de procesos. (Regué, 1997)

a. Siemens.

Características:

- Es un PLC de gran confiabilidad gracias a su robustez ante condiciones no recomendables de funcionamiento.
- Posee un lenguaje de programación muy versátil,
- Alta confiabilidad hace sumamente costosa la adquisición junto con cada uno de sus equipos externos.

b. Allen Bradley. Es una marca de gran confiabilidad y de buen desempeño, cuyo principal mercado es el sector industrial, debido a su costo moderado, posee un lenguaje de programación sencillo y su software de programación tiene una interfaz automática, consta con una gran gama de aplicaciones desde simples hasta muy complejas.

2.23.1 PLC MICROLOGIX 110

2.23.3. IDENTIFICACIÓN (PARTE EXTERNA) MICROLOGIX 1100

MicroLogix 1100 Módulos de memoria y reloj incorporado en tiempo real; El controlador tiene un reloj incorporado en tiempo real para proporcionar una referencia para aplicaciones que necesitan un control basado en el tiempo. El

controlador se envía con una cubierta del puerto del módulo de memoria en su lugar. Puede ordenar un módulo de memoria, 1763 - MM1, como un accesorio.

El módulo de memoria proporciona copia de seguridad opcional del programa de usuario y datos, y es un medio para el transporte de sus programas entre los controladores.

El programa y los datos del MicroLogix 1100 se almacenan cuando la energía se pierde en el controlador. El módulo de memoria ofrece copia de seguridad adicional que se puede almacenar por separado.

- 1.- Salida digitales (6 de relé).
- 2.- Conector de la batería
- 3.- Conector de la interfaz de bus de expansión de E / S
- 4.- Batería
- 5.- Entradas digitales (6 de 24VCC, 4 rápidas 24 VCC, 2 entradas analógicas).
- 6.- Pantalla LCD
- 7.- LCD Pantalla Teclado (ESC , OK , Arriba, Abajo , Izquierda, Derecha)
- 8.- LEDs de estado
- 9.- Memoria del módulo de tapa del puerto (1) O bien del módulo de memoria (2)
- 10.- En carril DIN Cierres
- 11.- RS -232/485 Puerto de comunicación (Canal 0 , aislado)
- 12.- Puerto Ethernet (Canal 1)

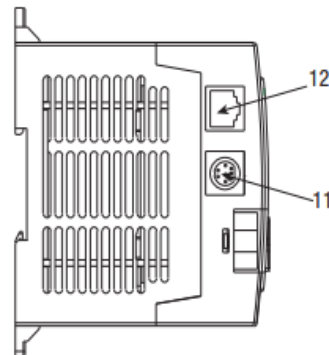
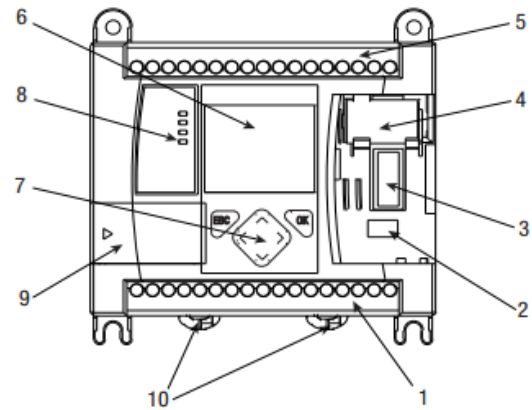


TABLA Nº. 1 Características técnicas del PLC MicroLogix 1100.

MicroLogix 1100	1763-L16BWA-B
Alimentación de entrada	120/240 VAC
Memoria	RAM no volátil con respaldo de batería
Registro de datos	Hasta 128Kb para registro de datos y 64Kb para recetas
Entradas digitales	6 de 24VCC, 4 rápidas 24 VCC
Entradas analógicas	Incorporadas, 2 en local
Salidas digitales	6 de relé
Puertos en serie	Un Puerto combinado RS-232 y RS-485
Protocolos en serie	DF1 Full Duplex, DF1 half-duplex maestro/esclavo
Protocolos Ethernet	Transmisión de mensajes Ethernet IP solamente
Potenciómetro de ajuste	Dos digitales
Entradas de alta velocidad (captación de pulsos)	4 a 20HZ
Reloj en tiempo real	incorporados
PID	Si(múltiples lazos limitados solo por la memoria del programa y pilas)
Matemática de punto flotante	Si
Edición en línea	Si

Fuente: Manual de usuario MicroLogix 1100

2.23.4 CICLO DE OPERACIÓN DE UN PLC

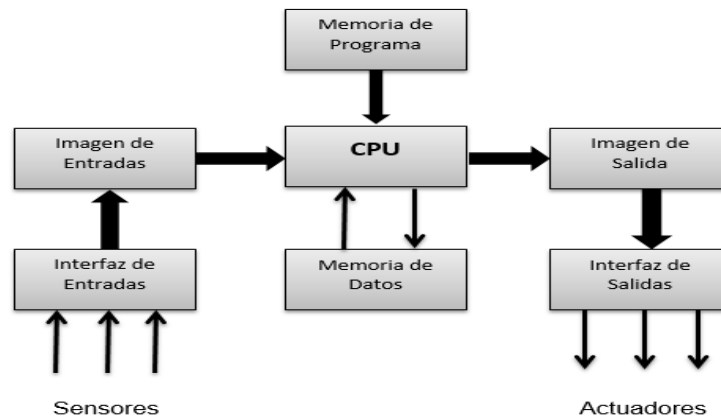


FIGURA N°. 13 Ciclos de operación de un PLC

2.23.5 COMUNICACIÓN RS- 485

Según National Instruments: la comunicación RS-485 es una mejora significativa sobre RS-422 y la RS- 232 ya que se incrementa el número de dispositivos que se pueden conectar (de 10 a 32) y define las características necesarias para asegurar los valores adecuados de voltaje cuando se tiene la carga máxima. Gracias a esta capacidad, es posible crear redes de dispositivos conectados a un solo puerto RS-485. Esta capacidad, y la gran inmunidad al ruido, hacen que este tipo de transmisión serial sea la elección ideal de muchas aplicaciones industriales.

2.23.6 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.

El controlador lógico programable (PLC) MicroLogix 1100 utiliza un paquete de programación de lógica en escalera, que permite una comprensión clara del sistema donde el programa RSLogix 500 permite la maximización del tiempo, la reducción del tiempo en el desarrollo del proyecto.

2.24 CONTROL PID

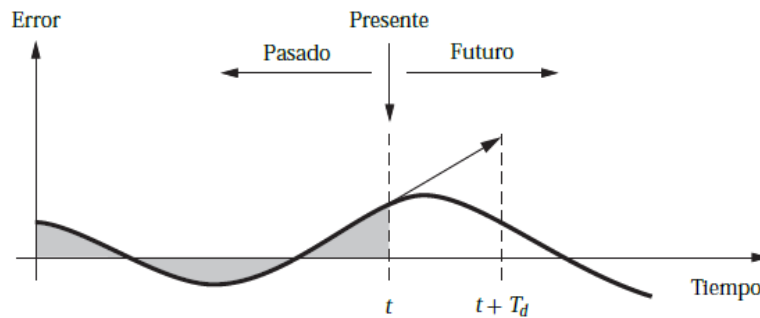


FIGURA N°. 14 Control PID
Fuente: (Hagglund. 2009)

2.24.1 EL CONTROLADOR PID

El algoritmo PID se puede describir como:

2.24.3 CUANDO SE PUEDE UTILIZAR EL CONTROL PID

Hagglund y Åström (2009) menciona. Hay muchos requisitos sobre un sistema controlado. Debería responder bien a los cambios en el punto de consigna, debería producir acciones excesivas de control, y el sistema debería ser insensible a las variaciones del proceso.

El diseño de un sistema de control también envuelve aspectos de dinámica de proceso, saturación del actuador, y características de la perturbación. Puede parecer que un controlador tan sencillo como el controlador PID pueda trabajar tan bien. La observación empírica general que es la mayoría de los procesos industriales se pueden controlar razonablemente bien con control PID a condición de las demandas sobre el comportamiento del control a condición de que las demandas sobre el comportamiento del control no sean demasiado exigentes.

TABLA Nº. 2 Resumen de control PID

Tipo de Control	Tiempo de Subida	Sobre Impulso	Tiempo de Estabilización	Error en estado estable
Proporcional	Decrece	Crece	Cambio menor	Decrece
Proporcional Integral	Decrece	Crece	Crece	Se elimina
Proporcional Derivativo	Cambio menor	Decrece	Decrece	Cambio menor

2.24.4 CUANDO ES EL CONTROL PI SUFICIENTE

Hagglund y Åström (2009) menciona. Todos los procesos estables se pueden controlar mediante un controlador I si los requisitos de comportamiento son modestos. La acción proporcional da una mejora adicional de comportamiento. No es por lo tanto sorprendente que el controlador PI sea el controlador más común. Sin tomar en cuenta las saturaciones, a un proceso con dinámica de primer orden se le puede dar un comportamiento deseado utilizando un controlador PI. El control PI se puede utilizar también con procesos que poseen acción integral. (p. 91).

2.24.6 CONTROL PROPORCIONAL

El control proporcional permite generar una señal de corrección proporcional a una señal de error. La variable de control de corregida jamás se estabilizara en el valor deseado 1 siempre llegara con una señal de corrección del 0.99% como máximo debido a que cuenta con un amplificador de ganancia ajustable, con una señal de error de 0.1%.

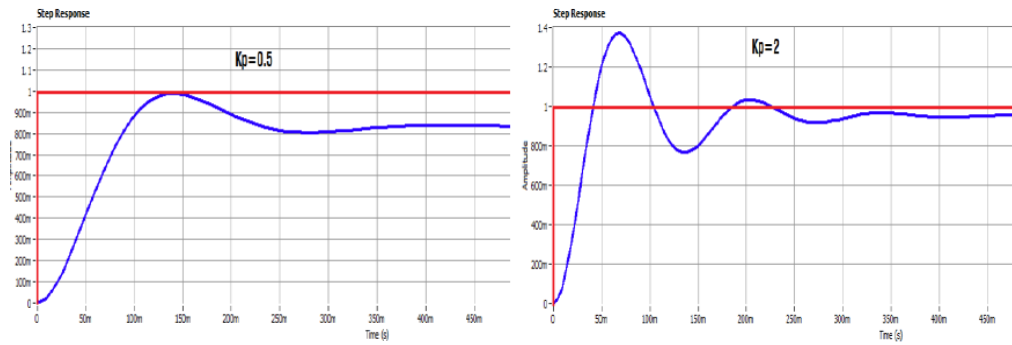


FIGURA Nº. 15 Control Proporcional.

Fuente: Módulo interactivo de control de nivel en tiempo real utilizando instrumentación virtual para los laboratorios de mecatrónica. Ibarra – Ecuador. Pag.14

2.24.7 CONTROL PD

El control Proporcional Derivativo genera una mayor estabilidad de la variable controlada del sistema permitiendo obtener una señal estable y libre de oscilaciones que afectan la variable.

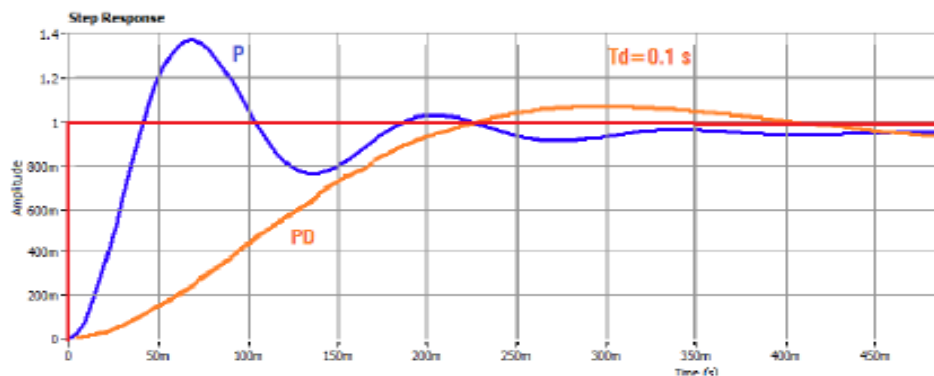


FIGURA Nº. 16 Control Derivativo.

Fuente: Módulo interactivo de control de nivel en tiempo real utilizando instrumentación virtual para los laboratorios de mecatrónica. Ibarra – Ecuador. Pag.15.

2.24.8 CONTROL PI

El control proporcional Integral “combina las ventajas de la acción proporcional e integral; la acción integral elimina el error estacionario, mientras que la acción proporcional reduce el riesgo de inestabilidad que conlleva la introducción de su propia acción integral”. (Geltrú, 1997)

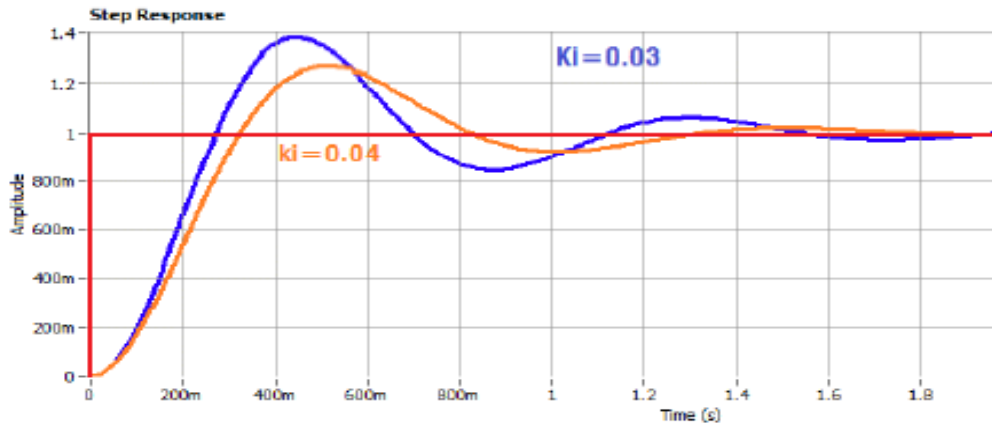


FIGURA Nº. 17 Control Proporcional Integral.

Fuente: Módulo interactivo de control de nivel en tiempo real utilizando instrumentación virtual para los laboratorios de mecatrónica. Ibarra – Ecuador. Pag.15.

2.26 QUÉ ES SIMULINK

Simulink es una aplicación que permite construir y simular sistemas de control mediante diagramas de bloques. El comportamiento de los sistemas se los define mediante funciones de transferencia, operaciones matemáticas y elementos de Matlab. Simulink dispone de una serie de herramientas que facilitan la visualización, análisis y guardado de los resultados de simulación.

2.27 SISTEMAS HMI

Es una interfaz hombre máquina, el HMI forma parte de un programa informático que se comunica con el usuario y proporciona la información y el control de las variables de proceso necesarias para que se lleve a cabo una tarea con el sistema.

2.28 VARIADOR DE FRECUENCIA.

2.27.1. ESTRUCTURA EXTERNA.



FIGURA N°. 18 Variador de frecuencia
IE5 ESTRUCTURA EXTERNA. Fuente: (Manual de Guía)

2.27.2 ESTRUCTURA INTERNA.

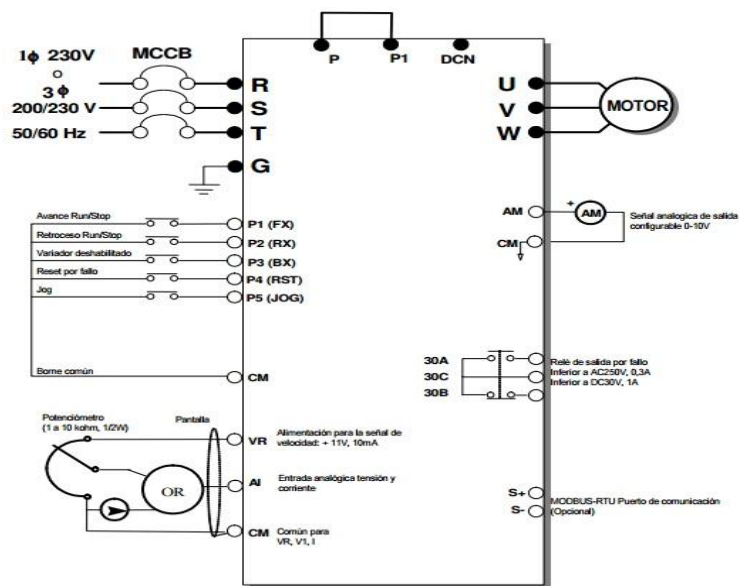


FIGURA N°. 19 Variador de Frecuencia IE5, Estructura Interna.
Fuente: (Manual de guía)

2.28 ¿QUÉ ES LABVIEW?

LabVIEW es un lenguaje de programación construido sobre la base de objetos, sin embargo no es posible construir nuevos objetos, como pudiera hacerse con otros lenguajes como C++, Java, Pascal etc, es por ello que la manera de construir aplicaciones es a través de una metodología de programación estructurada, utilizando como recurso la implementación de funciones, que en este caso se denominan “SubVI”.

2.28.1 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

LabVIEW usa un lenguaje de programación gráfico Lenguaje G. Las posibilidades son normalmente las mismas que presenta cualquier lenguaje de programación:

- Sentencias (Gráficos) de control de Flujo y repetitivas.
- Posibilidad de declaración de variables.
- Modularidad a través de la confección de funciones. Trabajo con los eventos y propiedades de los controles y variables.
- Incluye bibliotecas de funciones extendidas para cualquier tarea de programación.
- Basado en objetos pero no permite nuevas declaraciones.

2.28.2 VARIABLES NUMÉRICAS

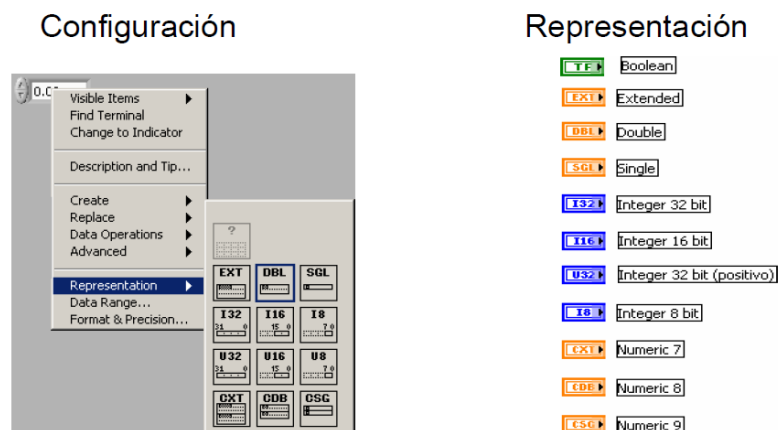


FIGURA Nº. 20 Variables Numéricas

2.29 COMUNICACIÓN ETHERNET

Esta comunicación es estándar en redes de área local para computadores. Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3, siendo usualmente tomados como sinónimos. Se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Sin embargo, las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La ejecución del presente proyecto, se utilizara una metodología de Investigación Científica, lo cual permitirá el fácil procedimiento del mismo, aportara al desarrollo y ejecución del proyecto en los laboratorios de CIMANELE donde se realizar el estudio, análisis para reforzar los conocimientos adquiridos en el aula, Los métodos, técnicas a utilizarse en el desarrollo del presente proyecto de investigación se presentan a continuación.

3.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

3.1.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se recurrió a la recopilación de información de varios tipos de fuentes bibliográficas como: libros, monografías, manuales, tesis, videos, páginas web. Que permitieron la información necesaria para tener ideas claras para la construcción del módulo didáctico.

3.1.3 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Se hizo una recopilación de información, donde se empleó conocimientos científicos ya existentes para la adquisición de cada uno de los componentes empleados en el módulo de control de nivel.

3.1.2 OBTENCIÓN DE DATOS

Se buscará obtener la información directamente del sensor que se van a instalar para poder realizar el control manual y automático de nivel de líquidos con métodos de medición indirecta y mediante el método de medición directa mediante un sensor de tipo flotante el cual enviara datos al PLC y se los mostrara en un panel HMI para la adquisición y la proyección de las variables tomadas de la planta.

3.2. MÉTODOS

3.2.1 ANALÍTICO

Este método se realizó para una simplificación de toda la información obtenida de: libros, monografías, manuales, tesis, videos, páginas web, entre otros para la comprensión y la elaboración del marco teórico

3.3 EXPLORATORIO

Este método se lo utilizo con las experiencias adquiridas en giras, prácticas en industrias donde se analizó problemas similares ya estudiados, donde ayudó a estar al tanto más sobre las crónicas entre variables.

3.4 TÉCNICAS

Técnicas para la adquisición de información y de datos que se utilizará:

3.4.1 TÉCNICAS DE FICHAJE

Para recopilar información de las bibliotecas donde pueda haber documentos basados o referentes a la investigación a realizar.

3.4.2 DISEÑO TÉCNICO Y TECNOLÓGICO.

El siguiente método se decidió aplicarlo mediante la observación de modelos similares, aplicando la tecnología existente que domina las industrias para comprobar las características del funcionamiento del módulo y de cada uno de sus los elementos que lo constituyen.

3.5 FUNCIONAMIENTO.

Mediante pruebas rigurosas de cada uno de los componentes del módulo didáctico se estableció el correcto funcionamiento de los principales equipos electrónicos y eléctricos del mismo.

3.1.7. SIMULACIÓN (HMI).

Se implementó un sistema humano maquina (HMI) en la plataforma de labVIEW para una visualización de las variables del sistema.

CAPITULO IV

4 PROPUESTA TECNOLÓGICA

4.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL ESTUDIO DE SENSORES DE NIVEL DE LÍQUIDOS EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

4.1.1 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se justificó mediante la implementación de un módulo didáctico de control de nivel, con el fin de realizar clases demostrativas, el modulo estará constituido por equipos de utilización industrial, se adquiere datos mediante una comunicación entre el PLC y una HMI para el monitoreo y control de la variable de nivel de agua en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte.

4.2 OBJETIVOS

4.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un módulo didáctico para el estudio del sensor de tipo flotador de nivel, para el laboratorio de electricidad de la Universidad Técnica del Norte.

4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL

El presente modulo didáctico de control de nivel de líquidos tiene como objetivo brindar aprendizaje a los estudiantes de la carrera de Ing. En Mantenimiento Eléctrico en sistemas de control e instrumentación utilizando variables en tiempo real mediante una comunicación gráfica en la plataforma de labVIEW y junto a una calibración de variables de PID del sistema.

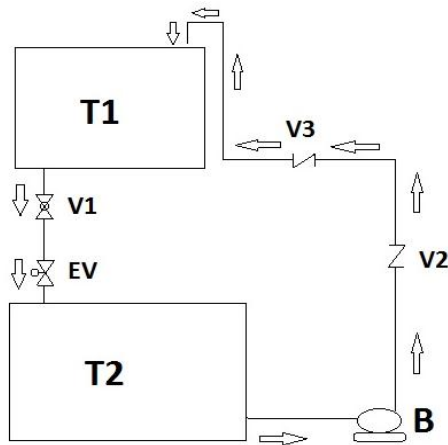


FIGURA Nº. 21 Esquema del Módulo Didáctico de Control de Líquidos.

TABLA Nº. 3 Descripción y características de los elementos a ocupar en el módulo.

Código	Descripción	Características
T1	Tanque de Control	25 litros de capacidad
T2	Tanque reservorio	30 litros de capacidad
EV1	Electroválvula 1	24 voltios
B1	Bomba	Trifásica, 0.5 HP
V2-V3	Válvula de bola	Control manual
V1	Válvula check	Operación automática

4.1. DISEÑO DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL

En el diseño del módulo de control de nivel se utilizara:

- Tanque de control de nivel
- Reservorio
- Estructura metálica
- Tubería ½"
- Tubería de 1" para desfogue del agua
- Para el diseño de cada uno de los tanques se tomó en cuenta:
- Tipo de fluido
- Volumen del agua a controlar

- Tipo de tubería

4.1.1. DISEÑO DEL TANQUE DE CONTROL

a) TANQUE DE CONTROL

Para el diseño del tanque de control se tomó en cuenta el tipo de líquido con el cual se va a trabajar y debido a que el presente proyecto va a ser de uso didáctico se decidió realizar el tanque en vidrio transparente.

- Ancho: 29.1 [cm]
- Largo 32.1 [cm]
- Altura: 27.1 [cm]

Con las dimensiones nombradas el tanque de control almacenará 27.4 [L]

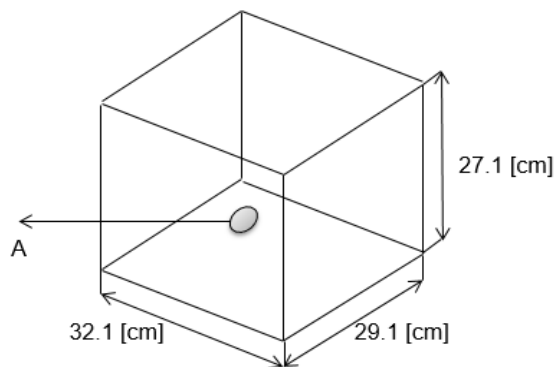


FIGURA N°. 22 Dimensiones del tanque del control

- Orificio de salida del líquido

c) Tanque reservorio

El tanque reservorio se lo construirá de vidrio con dimensiones superiores que el tanque de control, por lo cual este deberá tener mayor capacidad de líquido.

Está diseñado con las siguientes medidas.

- A. Ancho: 30.3 [cm]

- B. Largo: 33.1 [cm]
 C. Altura: 29.2 [cm]

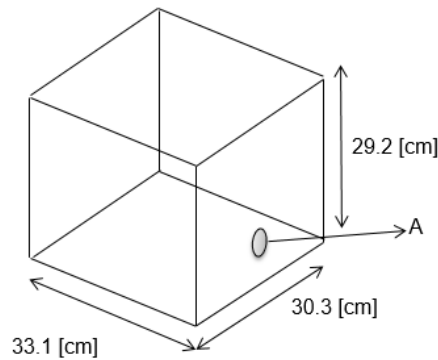


FIGURA N°. 23 Dimensiones tanque reservorio

A. Orificio de toma de agua para llevarla al tanque de control.

4.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DEL VIDRIO

Para el cálculo del grosor del vidrio hay que conocer la presión ejercida por el líquido. Para este cálculo se utilizara la ecuación 1.

ECUACIÓN 1

$$P = \rho \times g \times h$$

$$P = 1000 \times 9.8 \times 0.27$$

$$P = 2646 [Pa]$$

TABLA N°. 4 Selección del grosor del vidrio.

Altura [h]	Longitud del tanque [cm]				
	30[cm]	40[cm]	50[cm]	60[cm]	70[cm]
20	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm	5 mm
30	5 mm	5 mm	6 mm	6 mm	6 mm
40	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm

Con la tabla mostrada anteriormente se logra observar que el grosor del vidrio para el tanque de control es de 5 mm para soportar la presión ejercida por el líquido.

4.3 TUBERÍAS

En la instalación de la tubería se utilizó un tubo de Polipropileno que soporta 10 bares y 90° C.

TABLA N°. 5 Tubería utilizada en la instalación

Codo de polipropileno de ½ pulgada	
Adaptador roscable	
Unión universal ½ “	
Neplo roscable de 1”	
Válvula de bola	
Reductor una 1” a ½”	
Válvula check vertical	

Válvula check horizontal



4.4. ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN LA ENTRADA DEL TANQUE DE CONTROL.

TABLA Nº. 6 Cálculo del factor K a la salida del tanque reservorio.

Accesorio (acople)	o	Cantidad	Factor K	Total F. K.
Salida brusca del tanque		1	0.78	0.78
Ampliación ½" a 1"		1	0.40	0.40
Total				1.18

ECUACIÓN 4

$$K = \left[1 - \left(\frac{d1}{d2} \right)^2 \right]^2$$
$$K = \left[1 - \left(\frac{0.015}{0.025} \right)^2 \right]^2$$
$$K = 0.4096$$

4.5 ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN TUBERÍA DE ½" EN LA ENTRADA DEL TANQUE PRINCIPAL.

TABLA N°. 7 Cálculo del factor K en la entrada del tanque principal.

Accesorio o (acople)	Cantidad	Factor K	Total F. K.
Entrada brusca al tanque de control.	1	1	1
Unión universal	1	0.08	0.08
Codo de ½" 90°.	5	0.81	4.05
Válvula check vertical	1	11.3	11.3
Válvula check horizontal	1	1.4	1.4
Reducción 1" a ½"	1	0.20	0.20
TOTAL			18.03

ECUACIÓN 5

$$K = 0.5 \left[1 - \left(\frac{d1}{d2} \right)^2 \right]^2$$

$$K = 0.5 \left[1 - \left(\frac{0.015}{0.025} \right)^2 \right]^2$$

$$K = 0.2048$$

Cálculo necesario para encontrar el coeficiente de fricción en el tramo de tubería de 1" con un longitud de 0.10 m.

ECUACIÓN 6

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Dónde:

A= área transversal del paso del fluido.

d= diámetro interno de la tubería.

$$A = \frac{3.1415(0.025)^2}{4}$$

$$A = \frac{0.00196343}{4}$$

$$A = 0.0004908 \text{ m}^2$$

Calculo de la velocidad media en la tubería de 1"

ECUACIÓN 7

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

V: velocidad del flujo [m/s]

Q: caudal [m³/s]

A: área interna de la tubería [m²]

$$V = \frac{0.0006606}{0.0004908}$$

$$V = 1.3459 \text{ m/s}$$

Cálculo del número de Reynolds.

ECUACIÓN 8

$$NR = \frac{\rho v d}{\mu}$$

Re = número de Reynolds.

ρ = densidad [Kg/m³]

d = diámetro [m]

V = velocidad de flujo [m/s]

μ = viscosidad [Ns/m²]

Calculo de Número de Reynolds en tubería de 1"

$$NR = \frac{\rho v d}{\mu}$$

$$NR = \frac{1000(1.3459)(0.025)}{0.000891}$$

$$NR = \frac{33.6475}{0.000891}$$

$$NR = 37763.74$$

Calculo de la rugosidad relativa de la tubería en 1"

ECUACIÓN 9

$$\varepsilon r = \frac{\varepsilon}{D}$$

Donde:

εr : Rugosidad relativa

ε : Rugosidad del material [m]

D: Diámetro interno de la tubería [m]

$$\varepsilon r = \frac{0.00000152}{0.025}$$

$$\varepsilon r = 0.0000608$$

Con la ayuda del diagrama de Moody (Anexo C) se puede encontrar el coeficiente de fricción.

$$f = 0.02245$$

Cálculo necesario para encontrar el coeficiente de fricción en el tramo de tubería de ½" con un longitud de 1.20 m.

ECUACIÓN 6

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A = \frac{3.1415(0.015)^2}{4}$$

$$A = \frac{0.0007068}{4}$$

$$A = 0.0001767 \text{ m}^2$$

Calculo de la velocidad en la tubería de ½"

ECUACIÓN 7

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.0006606}{0.0001767}$$

$$V = 3.7385 \text{ m/s}$$

Calculo del Número de Reynolds en tubería de ½"

ECUACIÓN 8

$$NR = \frac{\rho v d}{\mu}$$

$$NR = \frac{1000(3.7385)(0.015)}{0.000891}$$

$$NR = \frac{56.0775}{0.000891}$$

$$NR = 62937.71$$

Al obtener el número de Reynolds podemos obtener la rugosidad relativa de la tubería de ½”.

ECUACIÓN 9

$$\varepsilon r = \frac{\varepsilon}{D}$$

$$\varepsilon r = \frac{0.00000152}{0.015}$$

$$\varepsilon r = 0.000101$$

Con la ayuda del diagrama de Moody (Anexo C) se puede encontrar el coeficiente de fricción.

$$f = 0.02027$$

Dónde:

f = coeficiente de fricción

g : Gravedad [m/s^2]

d : Diámetro interno de la tubería [m]

ECUACIÓN 10

$$h_l = \frac{1}{2 \times g} \left[\left(\frac{Q_1}{A_1} \right)^2 \left(f_1 \frac{L_1}{D_1} + k_1 \right) + \left(\frac{Q_2}{A_2} \right)^2 \left(f_2 \frac{L_2}{D_2} + k_2 \right) \right]$$

$$hl = \frac{1}{2 \times 9.8} \left[\left(\frac{0.000667}{0.0004908} \right)^2 \left(0.02245 * \frac{0.10}{0.025} + 1.18 \right) + \left(\frac{0.000667}{0.0001767} \right)^2 \left(0.02027 * \frac{1.2}{0.015} + 18.03 \right) \right]$$

$$hl = 0.1196 + 14.2863$$

$$hl = 14.4059$$

Cálculo de la altura dinámica del sistema de control

ECUACIÓN 11

$$ha = hl + (Z2 - Z1)$$

Dónde:

Z2 = Altura del ingreso de agua al tanque principal [m]

Z1 = Altura del orificio de salida de agua del tanque sumidero [m]

$$ha = 14.4059 + (1.02 - 0.05)$$

$$ha = 15.3759 \text{ m}$$

Cálculo de la potencia teórica de la bomba al paso del agua por los conductos.

ECUACIÓN 12

$$Pteorica = ha * p * g * Qtotal$$

ha = Altura dinámica [m]

p = Densidad del líquido [$\frac{kg}{m^3}$]

g = Gravedad [$\frac{m^2}{s}$]

Qtotal = Caudal total [$\frac{m^3}{s}$]

$$Pteorica = 14.4059 * 1000 * 9.8 * 0.000667$$

$$Pteorica = 100.5061 [W]$$

Se realiza el cálculo tomando en cuenta que:

$$1HP = 745 [W]$$

$$Pteorica = \frac{100.5061}{745}$$

$$Pteorica = 0.1349 [HP]$$

Calculo de la potencia de pérdida real de la bomba en el sistema.

Se toma en cuenta que el rendimiento mínimo que tendrá la bomba es de un 30%.

$$P_{real} = \frac{0.1349}{0.30}$$

$$P_{real} = 0.4496 [HP]$$

La salida del líquido del tanque se realizara mediante una caída por gravedad.

4.6 ELECCIÓN DEL SENSOR MÁS ADECUADO PARA EL SISTEMA

El sensor a utilizar en el presente proyecto es de tipo desplazamiento (flotante)



FIGURA N°. 24 Elección del sensor

4.6.1 VENTAJAS DEL SENSOR DE TIPO FLOTADOR

- a) La instalación del sensor es sencilla.
- b) El método de medición del instrumento es probado y confiable.
- c) Permite medición continua.
- d) Las turbulencias en la superficie del líquido no afectan la medición.
- e) Costos bajos.

4.6.2 DESVENTAJAS DE LOS INSTRUMENTOS DE FLOTADOR

- a) La medición puede ser afectada por depósitos de materiales sobre el flotador.

- b) No son adecuados para aplicaciones de líquidos viscosos.

4.6.3 APLICACIONES DE LOS INSTRUMENTOS DE FLOTADOR

- a) Tanques abiertos.
b) Tanques cerrados a presión o al vacío.

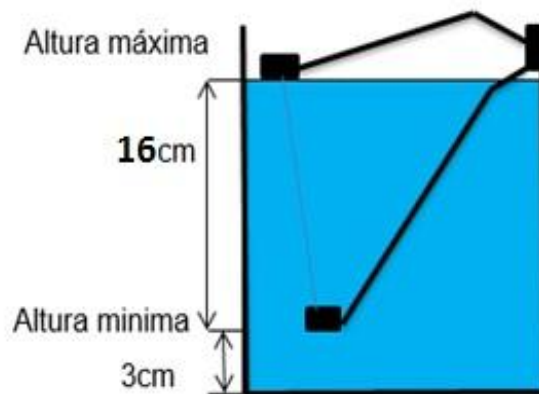


FIGURA N°. 25 Rango de medición del sensor flotante

El rango de medición del sensor es 16 cm, comienza la medición a partir del 3 cm

4.6.4. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR

- Se aplica en tanques abiertos y cerrados.
- La operación de medición se basa en el principio de Arquímedes.
- Está compuesto por un flotador conectado a una resistencia variable quien transmite su movimiento.

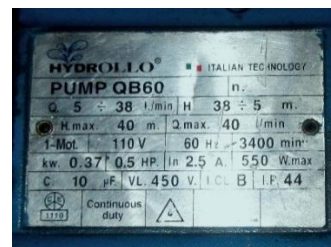
4.7. SELECCIÓN DE LA BOMBA DE AGUA

Se decidió instalar una bomba de 0.5 HP, debido a que esta cumple satisfactoriamente con las especificaciones técnicas del sistema. Tomando en cuenta la potencia real del sistema calculada es 0.134 [Hp]. En el mercado no podemos encontrar una bomba trifásicas de esta potencia, se prefirió por tomar como referencia la que más se acerque a la potencia requerida, se procedió a rebobinar una bomba monofásica y se la convirtió a trifásica de forma manual

tomando en cuenta que perdió caudal en un 30% a plena carga de 40 [L/m] a 26 [L/m] con sistema de conexión a dos polos para q cumpla las condiciones del sistema.

TABLA N°. 8 Especificaciones de la bomba.

Marca: HYDROLLO
Modelo: PUMP QB60
Caudal Max: 40L/min
Potencia: 0.5 HP
H. max: 40 m
Fases: 3 CA.



4.8. SELECCIÓN DE LA VÁLVULA. (VÁLVULA DE BOLA)

Estas válvulas se utilizan principalmente para servicio de corte y no son satisfactorias para estrangulación. Son rápidas para operarlas, de mantenimiento fácil, no requieren lubricación, producen cierre hermético con baja torsión y su caída de presión es función del tamaño del orificio. (Fernández, 1999)



FIGURA N°. 26 Válvula de Bola.

Fuente. <http://ecuacomex.com/v%C3%A1lvulas>

4.9. SELECCIÓN DE LA ELECTROVÁLVULA

Se seleccionó la electroválvula on-off tomando en cuenta la señal de nos suministra el PLC facilitando la comunicación con las misma. Se la utilizara como dispositivo de seguridad del sistema.



FIGURA N°. 27 Electroválvula 24[V].

Fuente. <http://ecuacomex.com/v%C3%A1lvulas>

4.10 SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Se seleccionó un variador de frecuencia de marca Ls modelo iE5 debido a su tamaño lo cual permite que su operación sea más fácil ya que cuenta con sus 6 teclas de programación y un potenciómetro giratorio y que cumple con las especificaciones que necesita el sistema.

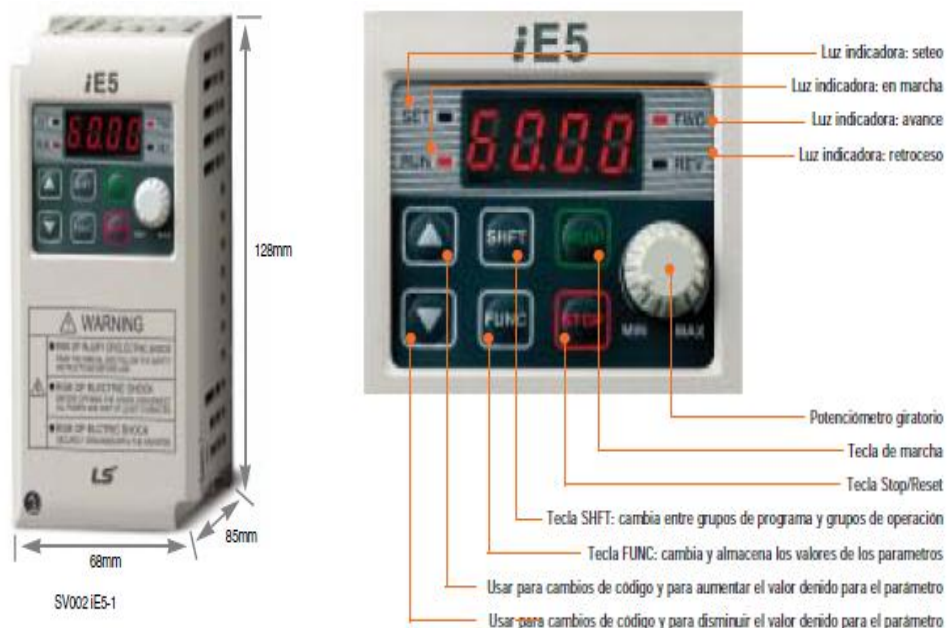


FIGURA N°. 28 Variador de frecuencia Ls iE5.

Fuente. Manual variador Ls Industrial Sistem.

A continuación se muestra el cableado del variador de frecuencia.

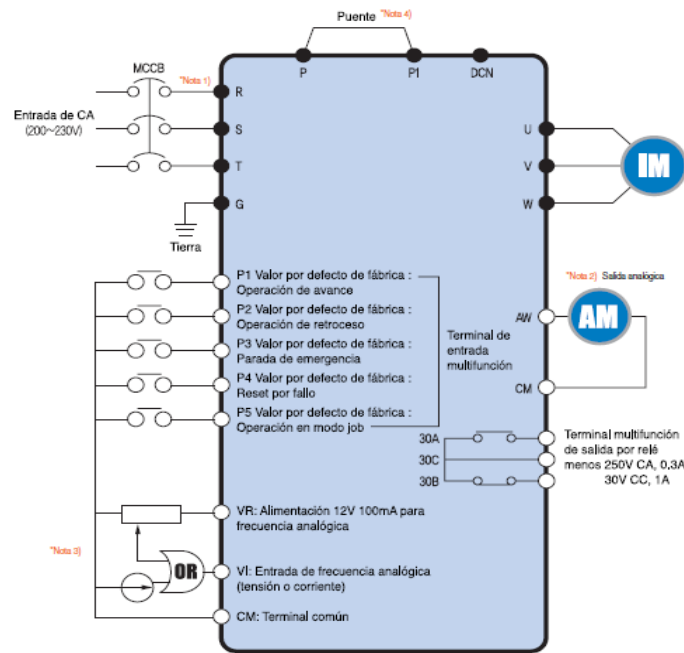


FIGURA N°. 29 Esquema del cableado del variador de frecuencia.

Fuente. Manual variador Ls Industrial System.

A continuación guía de instalación y función de las borneras.

Función de las borneras			
R S T P P1 DCN U V W			
Circuito principal	Borne	Nombre del borne	Descripción
	R, S, T	Entrada de CA	Conectar alimentación CA trifásica
	U, V, W	Salida del variador	Conectar motor CA trifásico
	P, P1	Conexión de reactor de CC	Conectar reactor de CC
	G	Tierra	Terminal de conexión a tierra
<i>Nota:</i> Conecte los terminales R y S para la unidad monofásica.			
P1 P2 P3 P4 P5 VR AI AM CM 30A 30B 30C			
Señal de entrada	Borne	Nombre del borne	Descripción
	P1, P2, P3, P4, P5	Terminal de entrada multifunción	Valor por defecto de fábrica: P1 (FX: operación de avance) P2 (FX: operación de retroceso) P3 (EST: parada de emergencia) P4 (RST: Reset por fallo) P5 (operación en modo JOB)
	VR	Alimentación para potenciómetro	Alimentación 12V 100mA para frecuencia analógica.
	AI	Ref. de frecuencia (Tensión/Corriente)	Señal de referencia de frecuencia CC 0-10V / 4-20mA.
	CM	Terminal común	Señal de referencia de frecuencia y terminal común AM
Señal de salida	Borne	Nombre del borne	Descripción
	AM-CM	Visor	Seleccionar una entre: la frecuencia de salida, la corriente de salida o la tensión de salida. El valor por defecto de fábrica es la frecuencia de salida. La tensión de salida máxima es 0-10V (menos de 10mA).
	30A, 30C, 30B	Relé multifunción	La función de protección del variador bloquea la salida y envía una señal utilizando esta salida. Menor a 250V CA/ 0,3A y menor a 30V CC 1A.

FIGURA N°. 30 Función de las borneras.

Fuente. Manual variador Ls Industrial System.

4.11 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC.

El módulo didáctico se necesita una entrada analógica, una salida de comunicación Rj 485 para la comunicación con el variador de frecuencia. El PLC Allen Bradley MicroLogix 1100 (1763-L16BWA), cuenta con 12 entradas (6 a 24v DC, 4 de alta velocidad a 24v DC, 2 analógicas de 0-10v DC), 6 salidas tipo relé, una alimentación de 100v-240v AC y una fuente de voltaje de 24v DC a 250 mA. Este PLC cumple satisfactoriamente con las necesidades que requiere el sistema para su correcto funcionamiento.



FIGURA N°. 31 MicroLogix 1100 (1763-L16BWA)

Fuente. (Manual de usuario MicroLogix 1100)

Esquema de conexiones internas del PLC MicroLogix 1100 (1763-L16BWA)

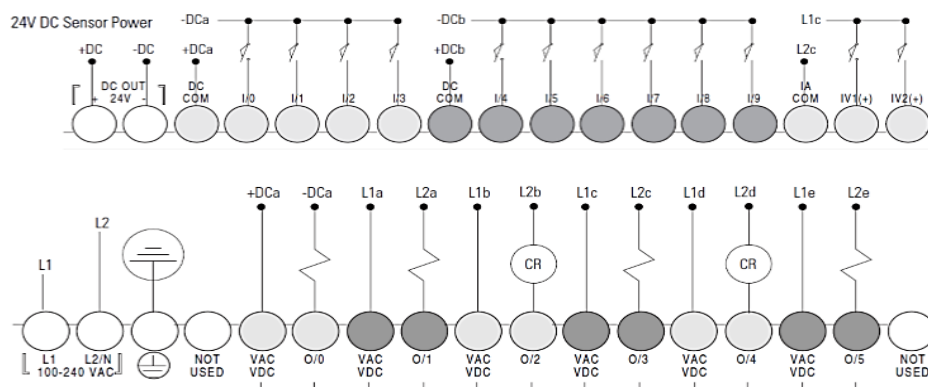


FIGURA N°. 32 Esquema general de cableado (1763-L16BWA).

Fuente, (Manual de usuario MicroLogix 1100)



FIGURA N°. 33 cable de comunicación 485 (1763-NC01))

Fuente. Manual de usuario MicroLogix 1100

4.12 REPRESENTACIÓN ELÉCTRICA DEL MÓDULO DIDÁCTICO.

Primero se adquirió los materiales para la construcción del módulo, se procedió a ubicar la correcta disposición de los distintos elementos que lo conforman, tomando en cuenta los espacios necesarios para el tablero de control.

Luego se acoplo un monitor en la parte superior al tablero de control. En la parte inferior de la tapa del tablero se ubicaron los siguientes elementos: un botón de paro de emergencia en el centro de la tapa, un selector de tres posiciones de modo remoto y modo manual (luces piloto de modo remoto y modo manual), un selector de encendido del variador con su respectivas luces de aviso (en modo manual), un selector de encendido del PLC con sus respectivas luces (en modo manual), un potenciómetro para el control de nivel (en modo manual), una botonera de desfogue de agua (en modo manual). Dos luces de notificación de niveles del líquido (bajo y alto.)

El circuito de fuerza del módulo (Véase Anexo D) está conformado por un breaker trifásico principal de 6A, una barra de distribución de líneas al sistema la cual alimenta un breaker uno del PLC [110 V] y otro breaker al tomacorriente implementado [110 V], se instaló un contactor para el variador de frecuencia tal como indica el manual de usuario del variador.

Todos estos equipos fueron aterrados a la carcasa del tablero de control para su protección. La sección de los conductores utilizados en el circuito tendrán una relación directa con la carga a soportar en el módulo didáctico, por tal motivo se utilizó conductor AWG número 14 que soporta hasta 15 [A]. El modulo tiene una

potencia instalada de 500W, que es igual a 1.5 A por fase, por este motivo se seleccionó un conductor de calibre 14 AWG para el circuito de control.

4.13 CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS

4.13.1 CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Antes de arrancar el variador de frecuencia se debe recuperar el variador debido a que estuvo apagado por mucho tiempo los condensadores internos están descargados, por este motivo se procedió a energizarlo con 5[V] cada diez minutos hasta llegar a 100[V], después se aumenta a 10[V] cada diez minutos hasta alimentarlo totalmente. Si este procedimiento no se lo realiza el variador emite fallas al momento de su funcionamiento.

TABLA N°. 9 Parámetros ingresados

P16	60Hz	Frecuencia Máxima
P17	60Hz	Frecuencia Estándar
P40	0.4	Selección de capacidad del motor.
P41	2	Numero de polos del motor.
P43	2A	Corriente nominal del motor.
P44	1A	Corriente nominal del motor sin carga.

4.13.2 COMUNICACIÓN DEL PLC CON EL COMPUTADOR

Configuración para obtener la comunicación entre el PLC y el computador, se ingresan las misma direcciones en las dos ventanas.

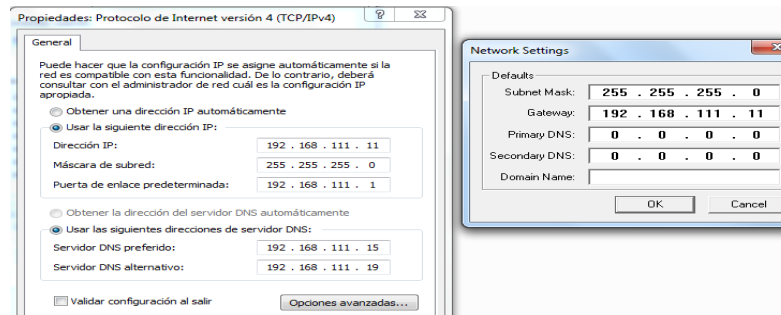


FIGURA N°. 34 Ingreso de la Ip del PLC

Se ingresa la dirección Ethernet (MAC) que se encuentra en el PLC y se le asigna una dirección Ip al PLC 192.268.111.2

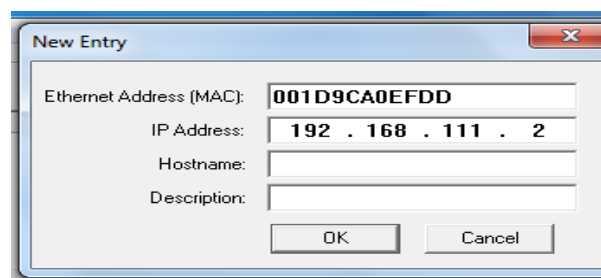


FIGURA N°. 35 Ingreso de la Ip MAC del PLC

Configuración exitosa del BOOTP/DHCP

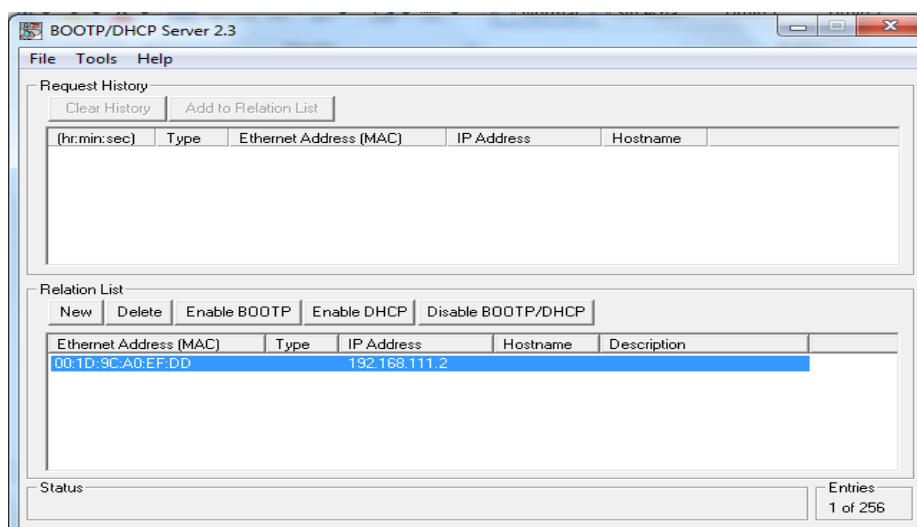


FIGURA N°. 36 Comunicación BOOTP/ DHCP

Para confirmar si exista una comunicación se damos clic en Communications >> RSWho >> AB_ETH-1, Ethernet y verificar que los dos iconos no estén marcados con una “X”.

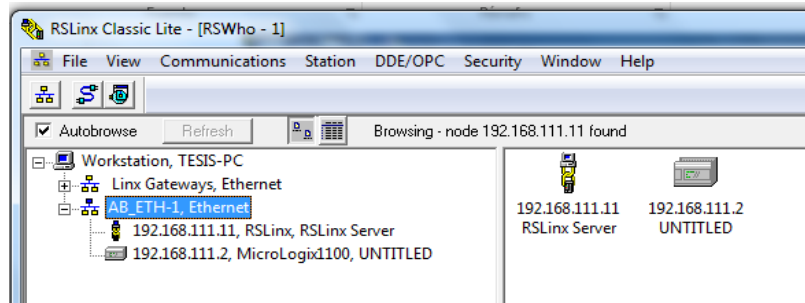


FIGURA Nº. 37 Comunicación exitosa entre el PLC y el Computador

Antes de realizar un programa en el lenguaje tipo escalera se debe configurar el channel 1

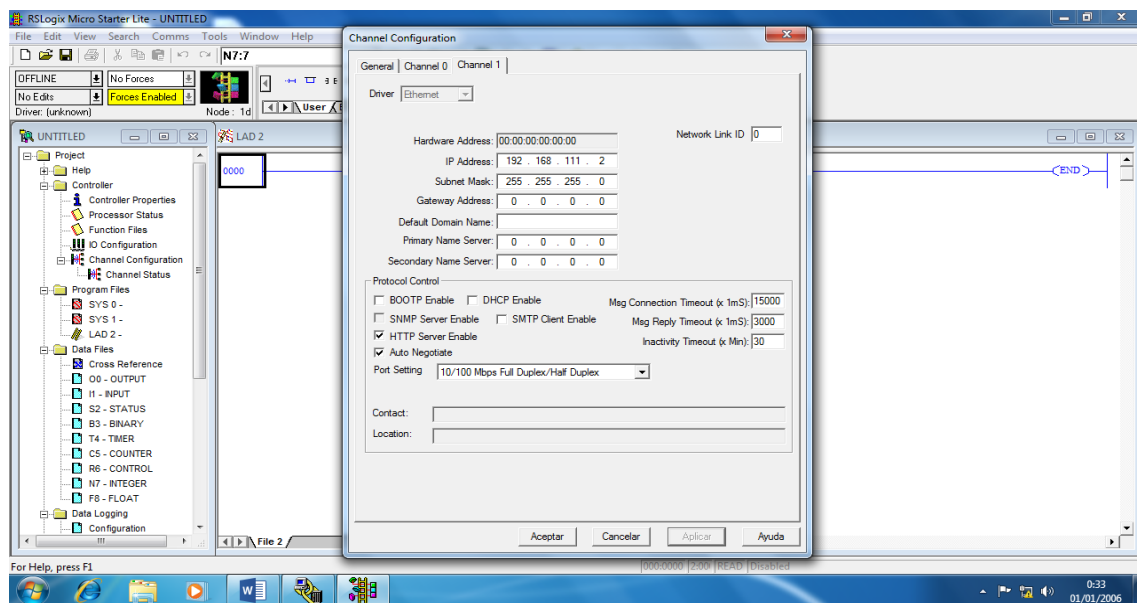


FIGURA Nº. 38 Ventana Channel Configuration

La programación del PLC se realizó en el programa RSLogix Micro Starter, creando un programa de control en lenguaje de esquema de contactos o también llamado lógica de escalera (Ladder).

4.14 DISEÑO DEL HMI

En el diseño del HMI (Human Machine Interfaz) se utilizó la plataforma grafica del labVIEW. La adquisición de datos se obtuvo mediante la comunicación NI OPC Servers para pruebas de control mediante una programación G (Grafica).

4.15 CONFIGURACIÓN DEL NI OPC

Para crear un OPC se hace click derecho en la pantalla y se selecciona new channel.

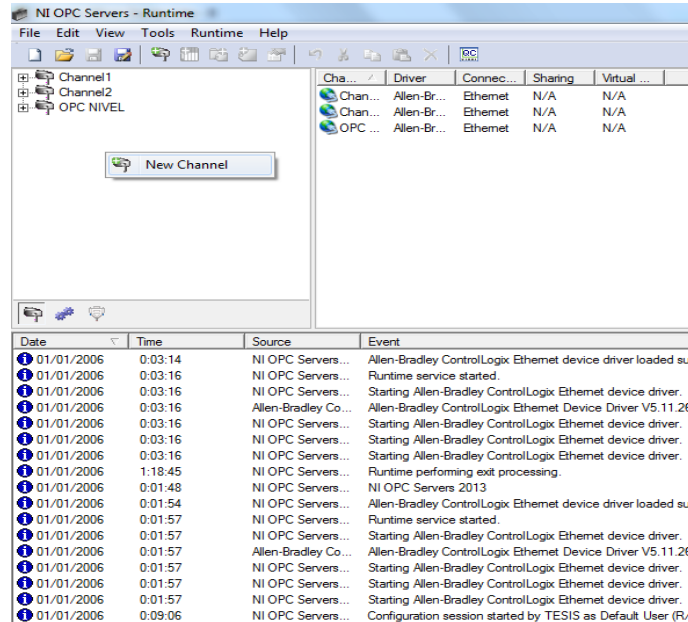


FIGURA N°. 39 Creación de un New Channel

Designar un nombre al canal donde se guardaran todos los tags que se creen para la comunicación.

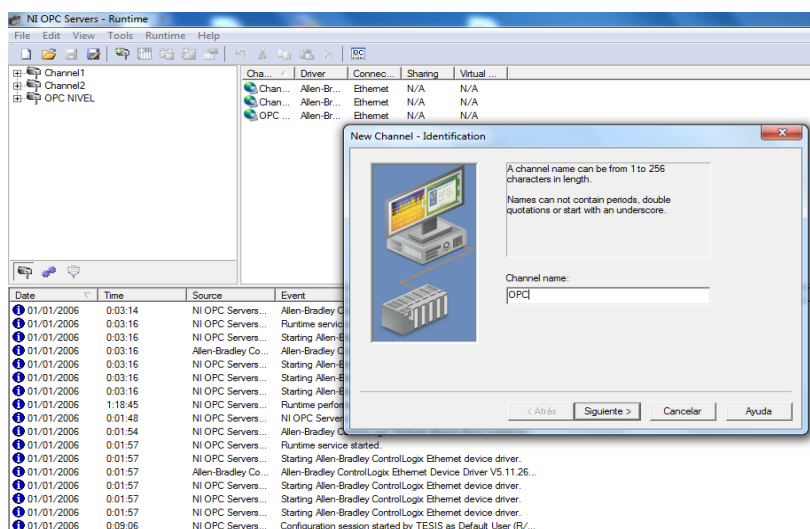


FIGURA N°. 40 Configuración de Channel name

Seleccionar el tipo de PLC y el tipo de comunicación con el que se va a trabajar (Allen Bradley MicroLogix 1100 Ethernet)

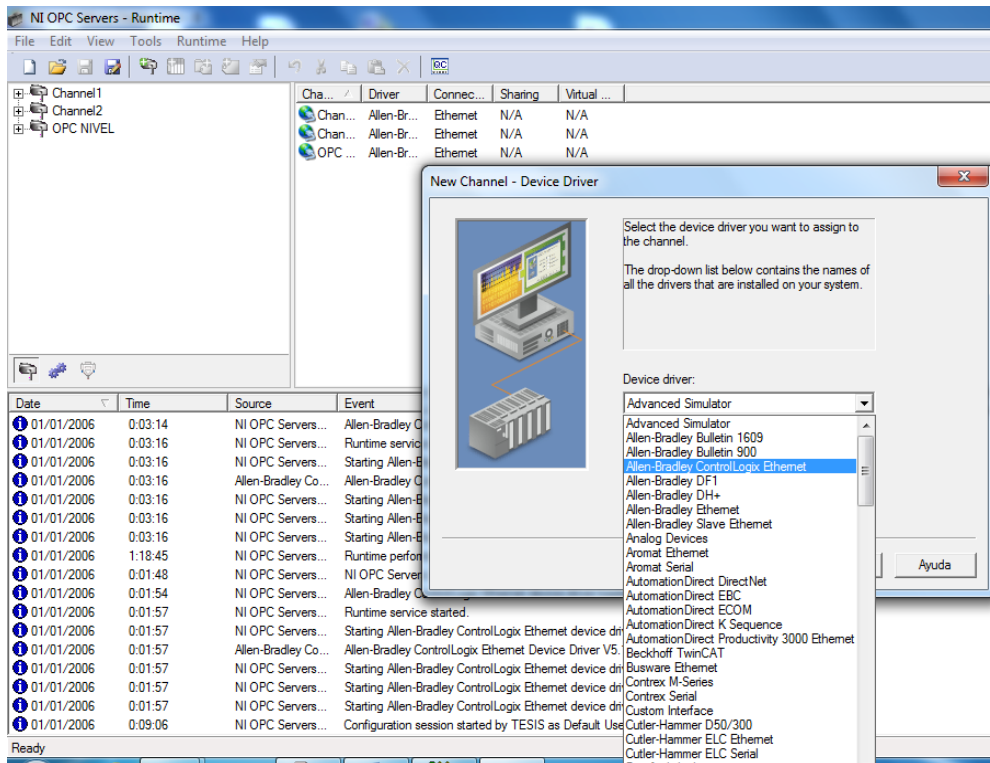


FIGURA Nº. 41 Selección del PLC y comunicación

En esta ventana dejar los parámetros por defecto

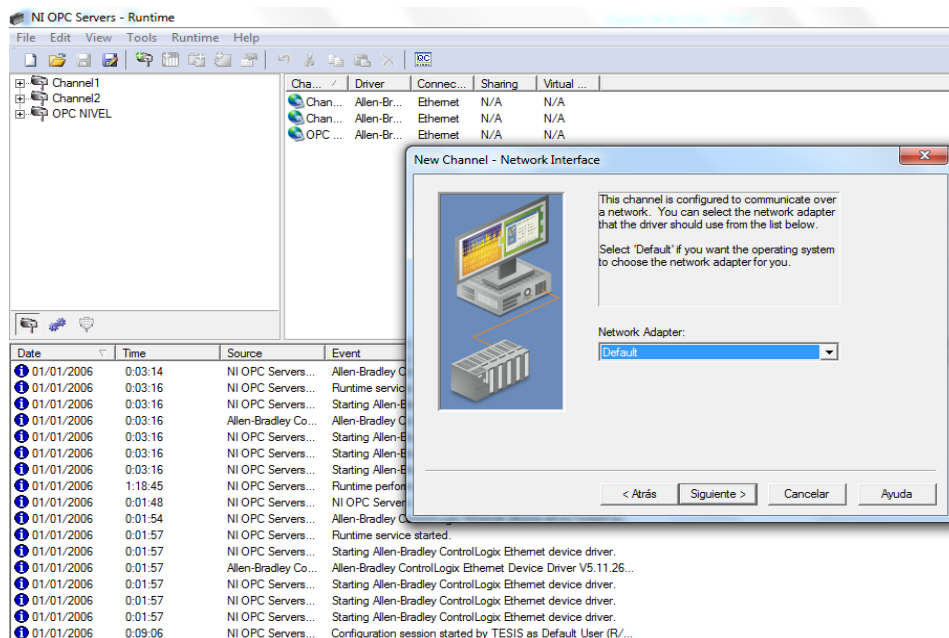


FIGURA Nº. 42 New Channel – Network Interface

Seleccionar click to a Device y dar un nombre al dispositivo

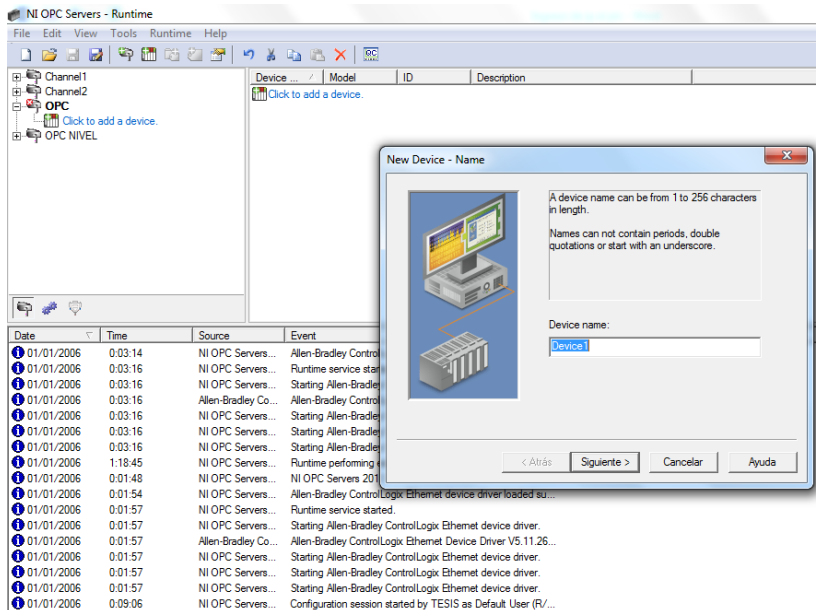


FIGURA Nº. 43 Ventana Device name

Seleccionar el tipo de PLC que se está utilizando en el sistema (Allen Bradley – MicroLogix 1100)

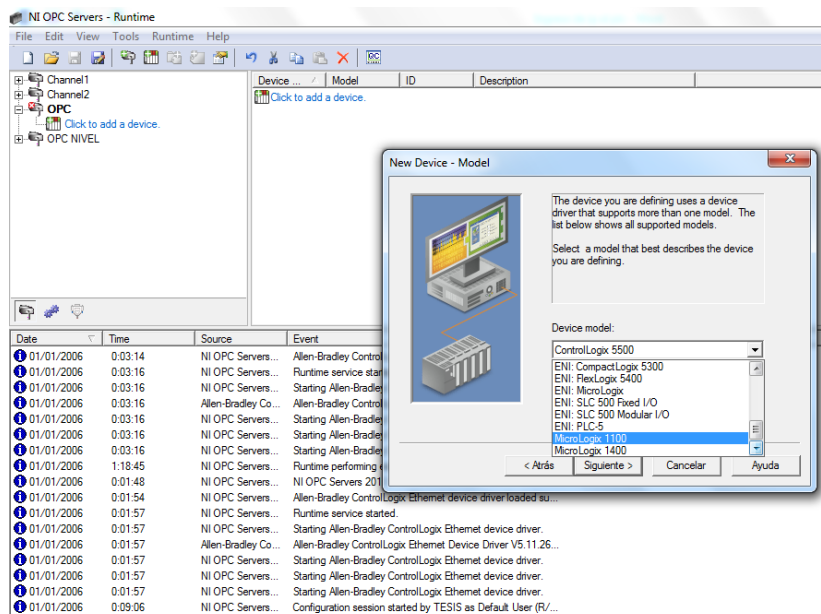


FIGURA Nº. 44 ventana Device model

Ingresar la dirección Ip del PLC para la comunicación con el OPC de labVIEW.

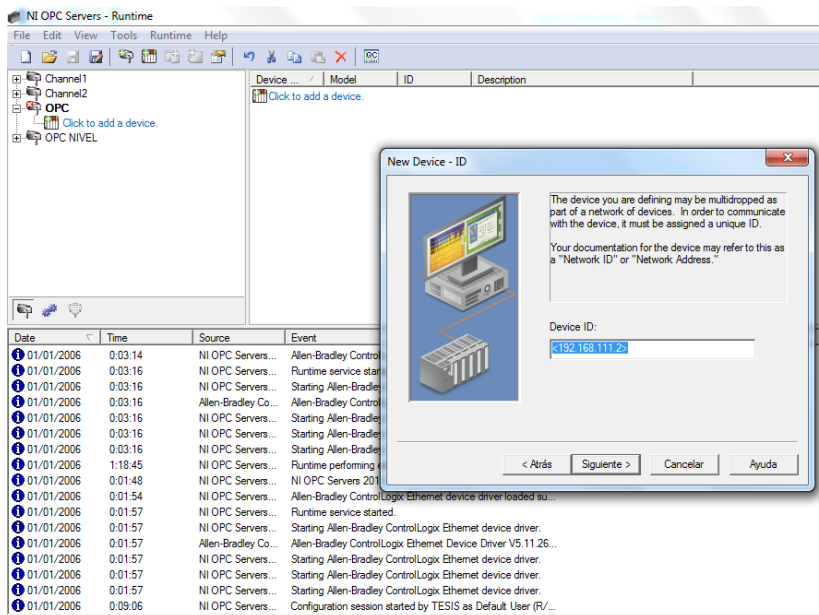


FIGURA Nº. 45 Ventana Device ID – dirección Ip del PLC

Dejar por defecto todos los valores del programa.

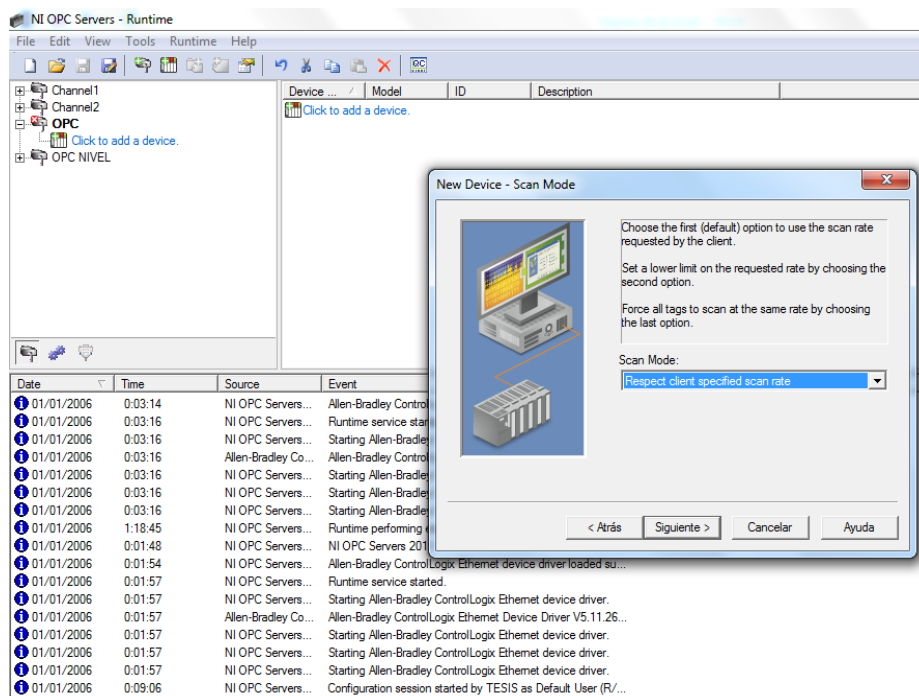


FIGURA Nº. 46 Ventana New Device – Scan Mode

Hacer click derecho y seleccionar **New** para crear los tags de las variables a utilizarse en la comunicación.

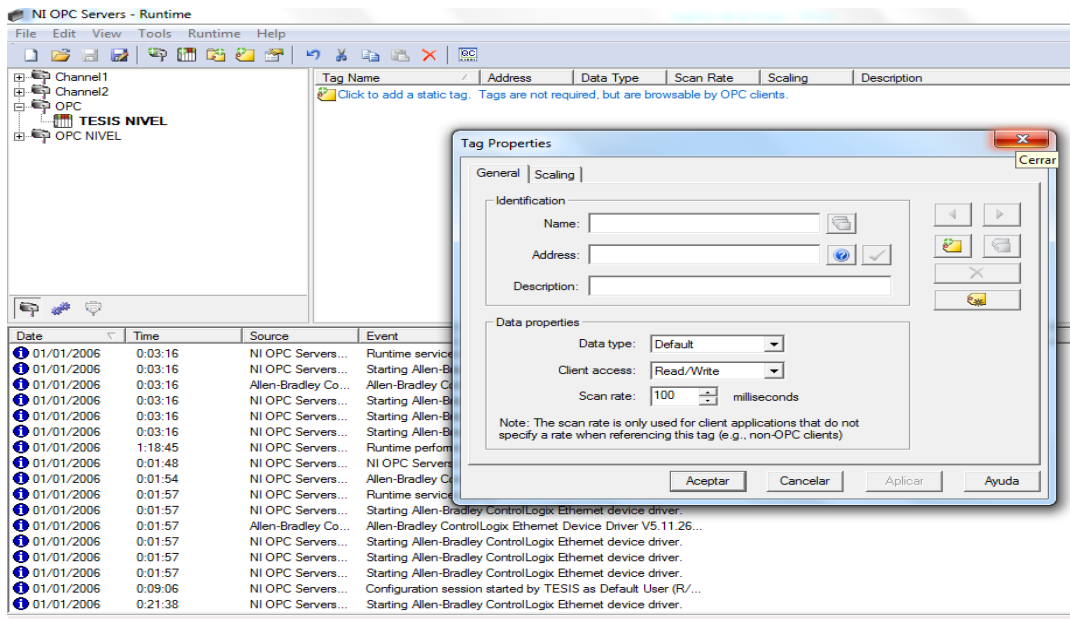


FIGURA N°. 47 Ventana Tag Properties

En la ventana de **Tag Properties** se ingresan los datos correspondientes al nombre, zona de memoria del PLC, una pequeña descripción del tipo de dato que se requiera (word, bool, byte entre otros).

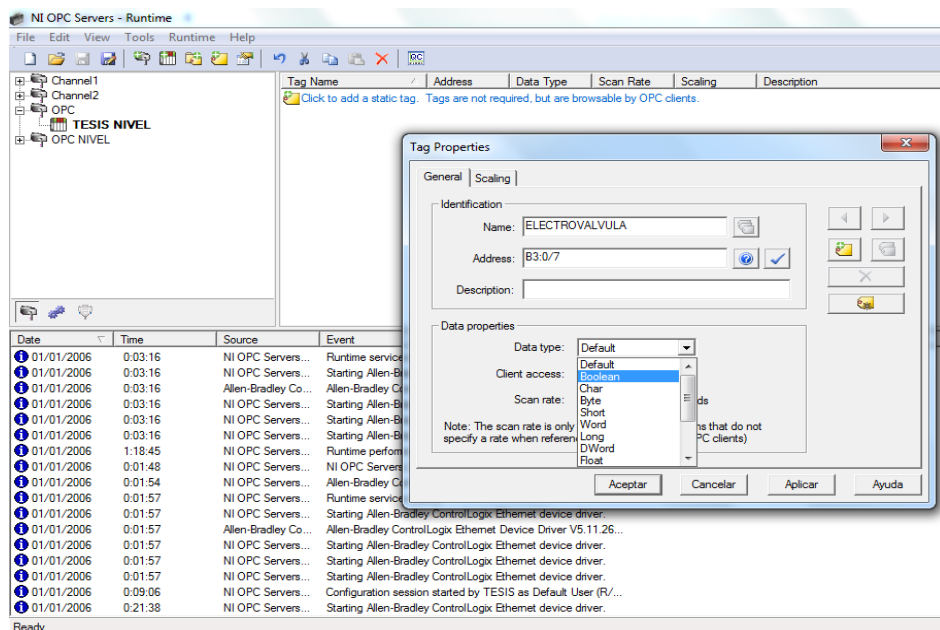


FIGURA N°. 48 Tag Properties – Boolean

Seleccionar el tipo de acceso que va a utilizar (lectura solamente o lectura/escritura)

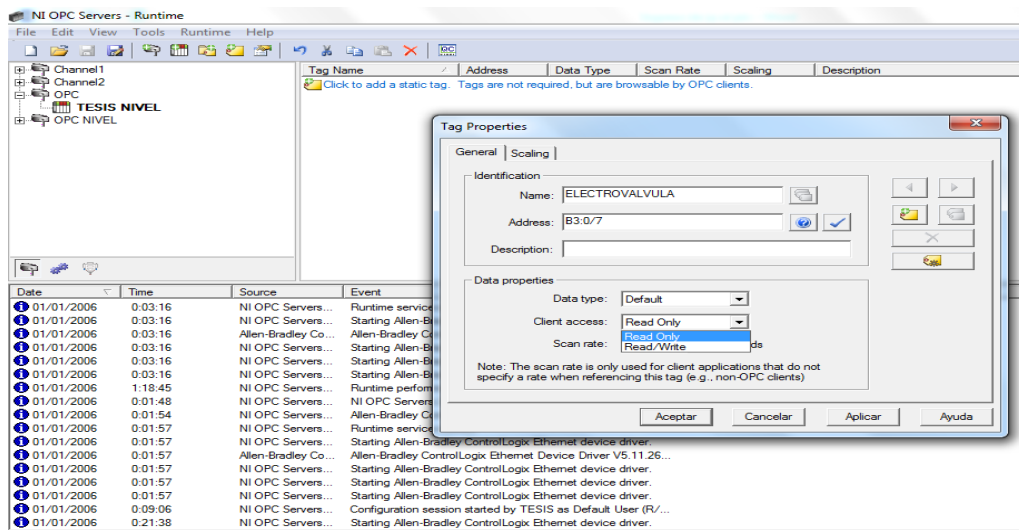


FIGURA Nº. 49 Ventana Client access

Así se crean todas las variables necesarias para la comunicación

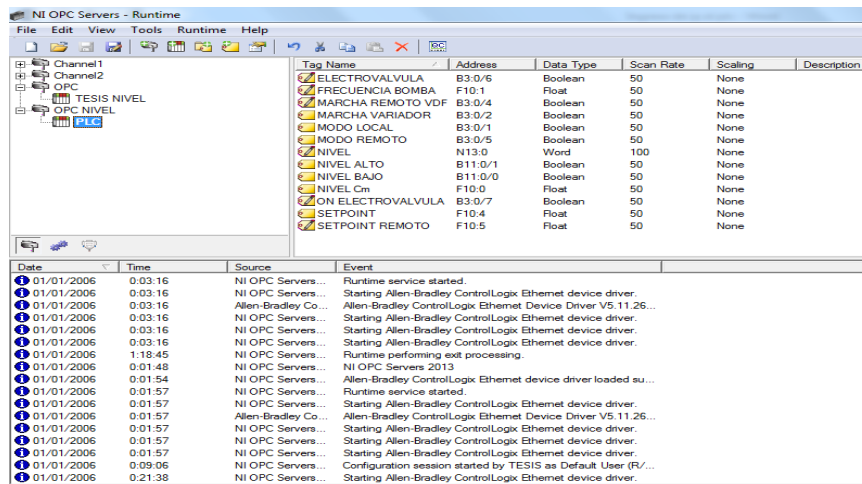


FIGURA Nº. 50 Ventana propiedades de etiqueta de variables

4.16 PROCESO DE LINEALIDAD DE SEÑAL

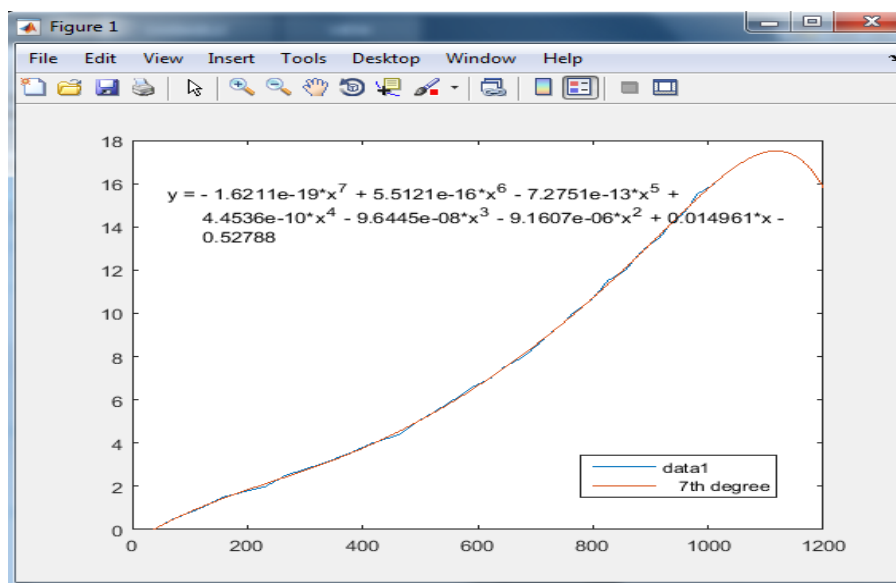
La señal del setpoint es proporcionada por el potenciómetro que se encuentra ubicado en el tablero de control, esta alimentado con una señal de salida analógica de 10[V] a la entrada del PLC. A continuación se detalla los datos tomados de la señal del sensor de tipo flotante y del nivel del líquido en centímetros.

TABLA N°. 10 Comparación de la señal del sensor vs señal de nivel

Nivel en cm	Datos del Sensor
0	37
0.5	72
1	120
1.5	157
2	232
2.5	266
3	324
3.5	375
4	417
4.4	465
5	496
5.5	528
6	558
6.6	592
7	622
7.5	645
8	680
8.5	702
9	722
9.5	747
10	765
10.5	792
11	810
11.5	825
12	857
12.5	872
13	890

13.5	916
14	930
14.5	952
15	969
15.5	980
16	1013

Con la obtencion de estos datos se procede a realizar la linealidad de la señal del sensor utilizando una regresion polinomial a la 7ma y el coeficiente de correlacion R^2 marcando la instrucción **mdl=fitlm(datos,nivel,'poly7')**



```

>> mdl=fitlm(datos,nivel,'poly7')
Warning: Regression design matrix is rank deficient to within machine precision.
> In classreg.regr.TermsRegression/checkDesignRank (line 98)
   In LinearModel.fit (line 868)
   In fitlm (line 117)

```

```

>> mdl.Rsquared.Ordinary
ans =
    0.9894
>> mdl.Rsquared.Adjusted
ans =
    0.9883

```

FIGURA Nº. 51 curva de linealidad del sensor y coeficiente de correlación

4.17 CONFIGURACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO EN LABVIEW

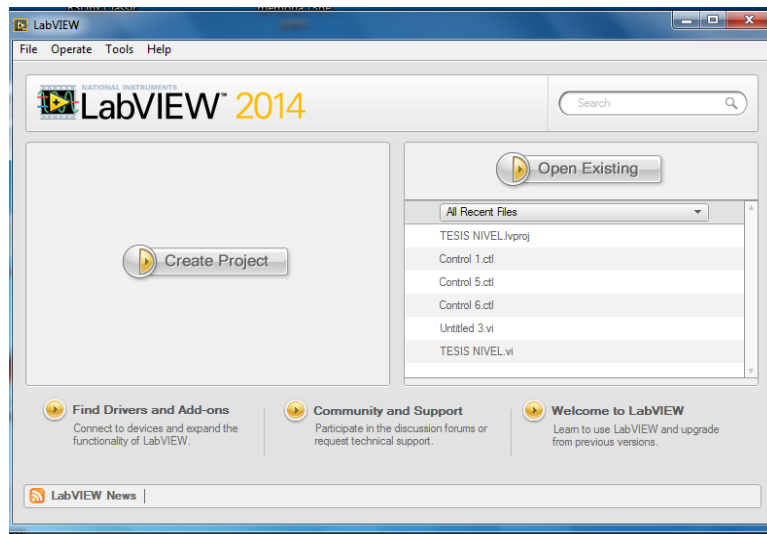


FIGURA Nº. 52 Ventana Create Project.

En la ventana principal del nuevo proyecto se hace un click derecho en My Computer y se selecciona **new** seguidamente nuevo **library**.

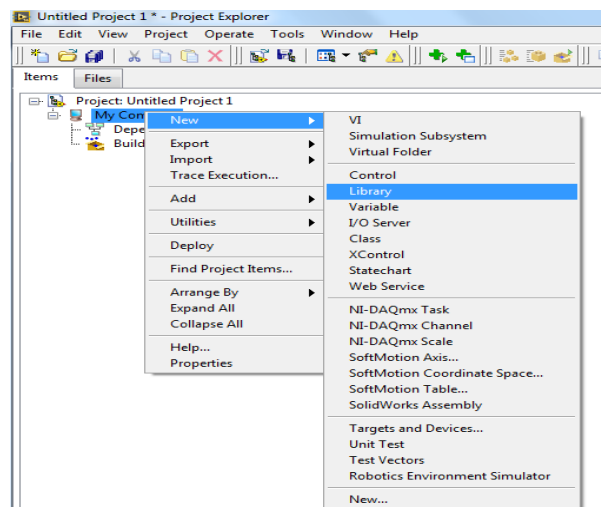


FIGURA Nº. 53 Ventana New Library

Ya creada la **New Library** hacer click derecho en la librería que se acabó de crear y posteriormente en **New I/O Server**. Posteriormente se re direcciona y se selecciona OPC Client

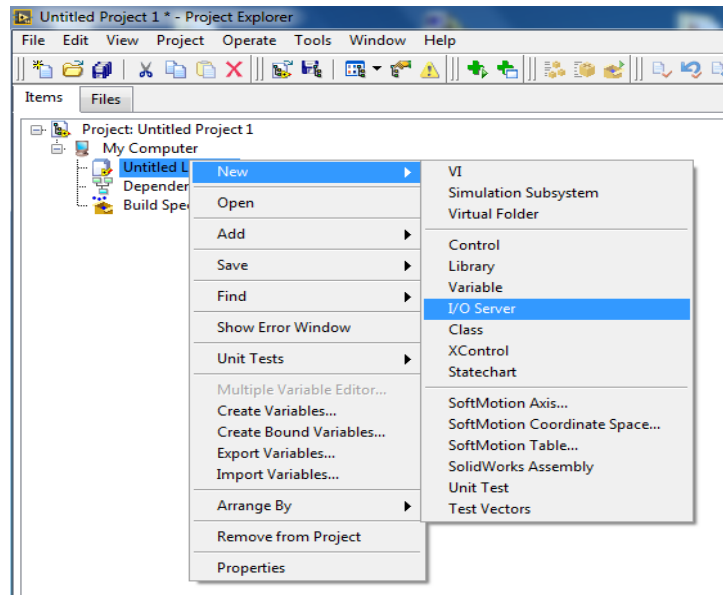


FIGURA N°. 54 Ventana New I/O Server

4.18 IMPLEMENTACIÓN DEL HMI EN LABVIEW

4.18.1 LECTURAS Y VISUALIZACIÓN DE DATOS

Las variables nivel, frecuencia de operación de la bomba y setpoint, se utilizó indicadores numéricos enlazados a su correspondiente dirección o etiqueta.

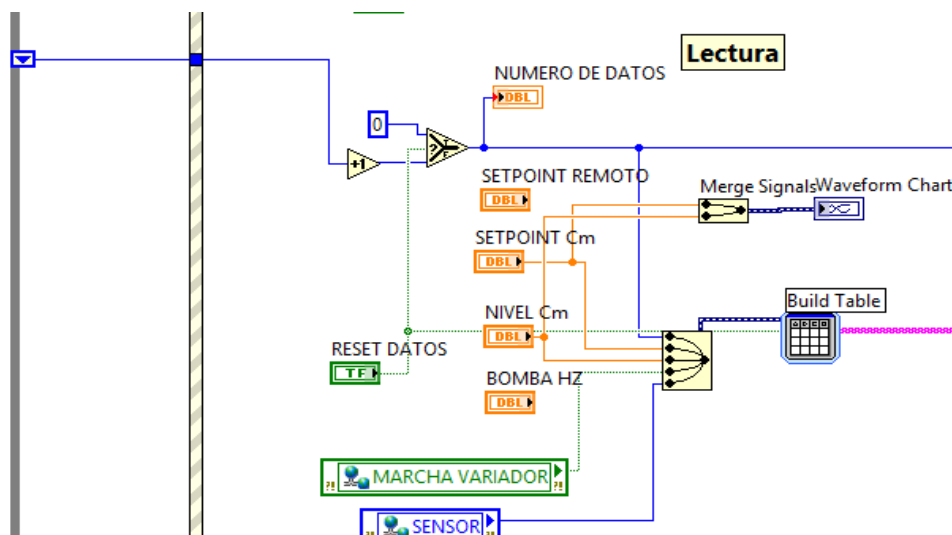


FIGURA N°. 55 Ventana lecturas y visualización de datos

4.18.2 GENERACIÓN DE REPORTE DE DATOS

La generación de reporte de datos se lo realiza mediante una paleta de funciones en el diagrama de bloques >> **Report Generation** >> **Excel Specific**, donde se

creó una hoja de datos en Excel para generar una exportación al presionar un controlador de tipo booleano.

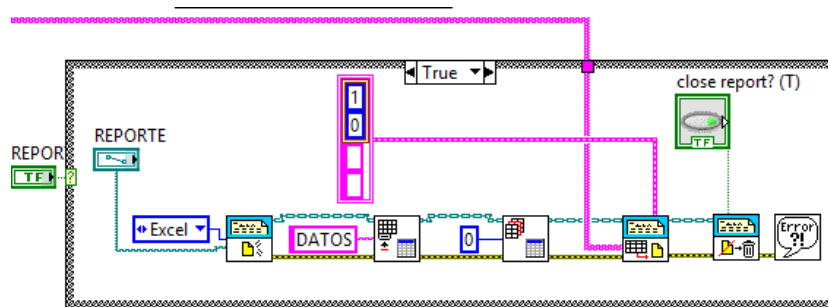


FIGURA Nº. 56 Generación de reporte de datos

4.18.2 INDICADORES GRÁFICOS DE NIVEL

Se muestran los indicadores gráficos de: nivel alto, bajo encendido de la electroválvula, marcha modo remoto, paro de emergencia y un indicador de nivel. Cada uno de esta enlazado con sus respectivas etiquetas de programación.

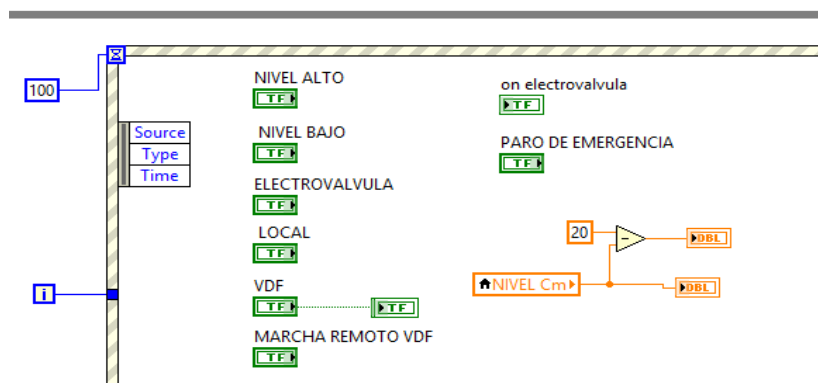


FIGURA Nº. 57 Ventana de indicadores de nivel

4.18.3 CONTROL PID

Para el control PID en modo remoto se requiere una estructura de acaso (verdadero), esto se consigue mediante un indicador de tipo booleano enlazado con la etiqueta de modo remoto en la programación.

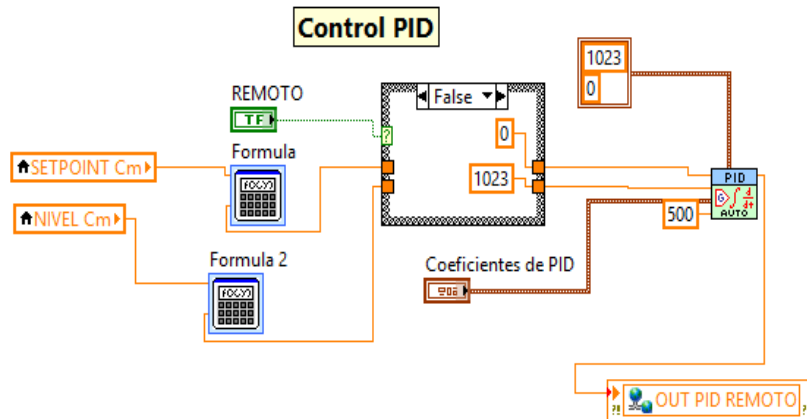


FIGURA N°. 58 Ventana del PID

4.18.4 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE NIVEL Y CÁLCULO DEL PID

Para la identificación del sistema se utilizó las herramientas de MATLAB, la cual permite encontrar la función de transferencia mediante los datos obtenidos mediante pruebas experimentales. Creando variables de entrada y de salida del sistema de este caso de setpoint y nivel.

1	# DATO	SETPOINT	NIVEL
2	0,00	0,00	-0,01
3	1,00	0,02	-0,01
4	2,00	0,02	-0,01
5	3,00	0,00	-0,01
6	4,00	0,00	-0,01
7	5,00	0,35	-0,01
8	6,00	10,48	-0,01
9	7,00	16,00	-0,01
10	8,00	16,00	-0,01
11	9,00	16,00	-0,01
12	10,00	16,00	-0,01
13	11,00	16,00	-0,01
14	12,00	16,00	-0,01
15	13,00	16,00	-0,01
16	14,00	16,00	-0,01
17	15,00	16,00	-0,01
18	16,00	16,00	-0,01
19	17,00	16,00	-0,01
20	18,00	16,00	-0,01
21	19,00	16,00	-0,01

FIGURA N°. 59 Ventana datos de setpoint y nivel

Ingreso de los datos obtenidos experimentalmente de setpoint vs nivel

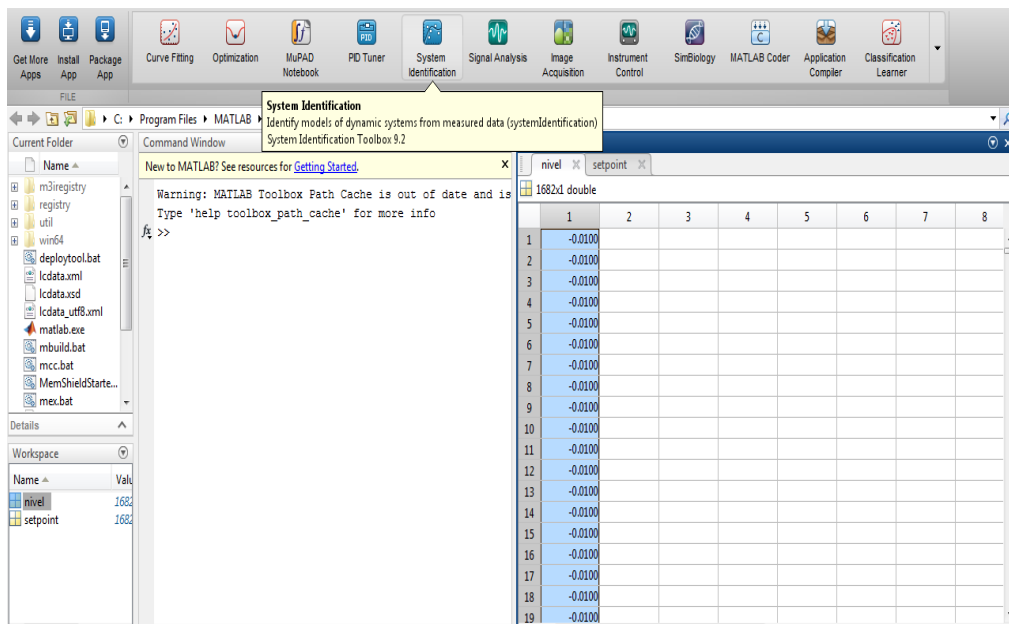


FIGURA Nº. 60 ingreso de datos de Nivel y Setpoint

Posteriormente pinchamos en Identificador de sistemas

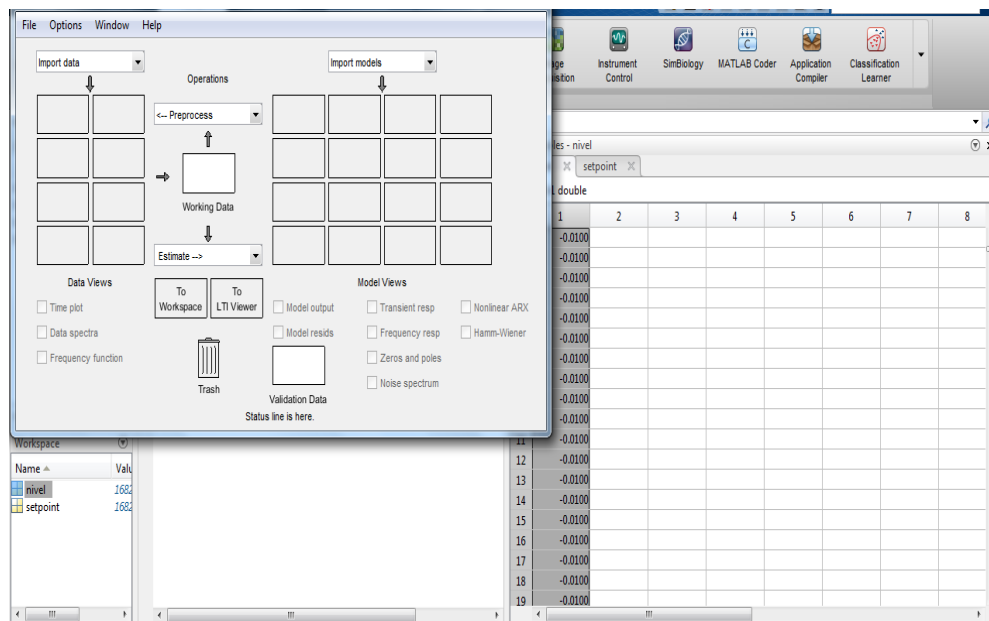


FIGURA Nº. 61 Ventana de System Identification

Se escoge **Time Domine Data** y se direcciona automáticamente se ingresan los valores de entrada y salida

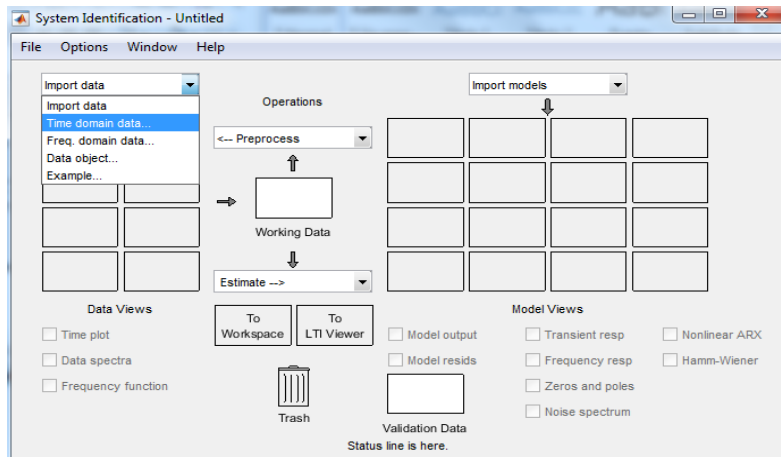


FIGURA Nº. 62 Ventana de Time Domain Data

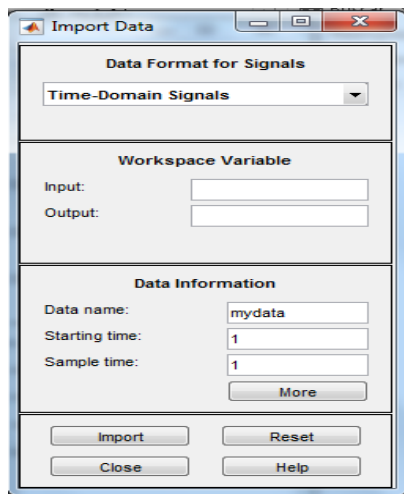
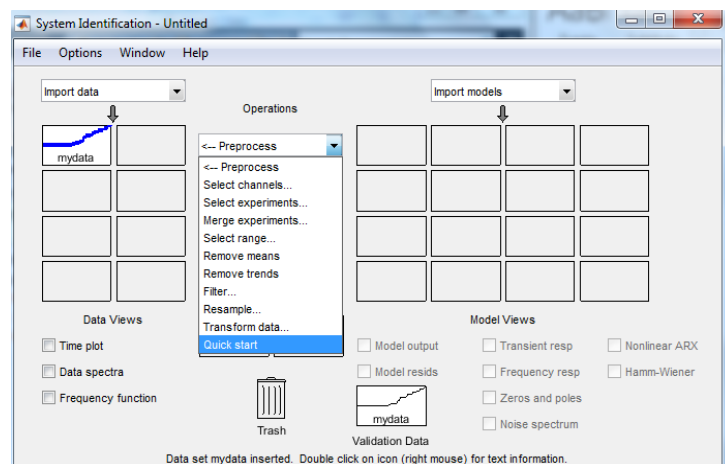


FIGURA Nº. 63 Ventana Import Data

En esta nueva ventana se selecciona la opción **Quick Star**



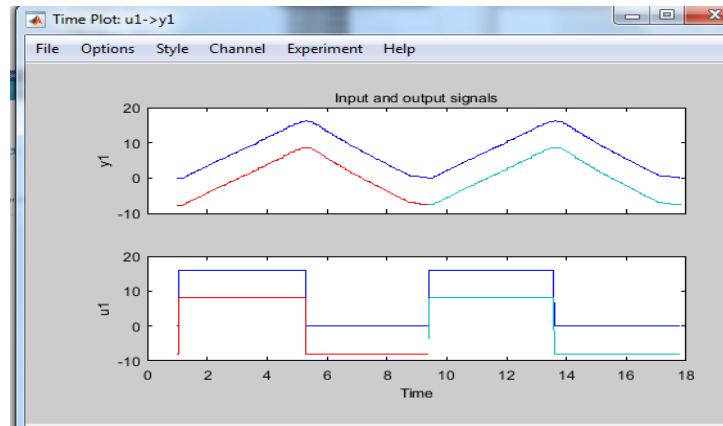


FIGURA N°. 64 Ventana de selección Quick Start

Realizada la importación de las variables se selecciona Transfer Function Model

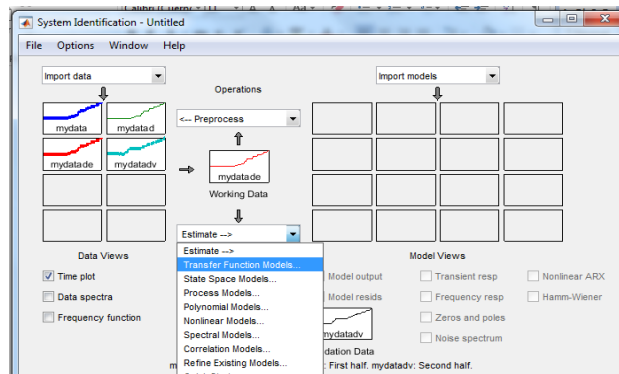


FIGURA N°. 65 Ventana Transfer Funtion Models

A continuación se ingresa el número de polos y ceros, para así poder seleccionar la función de transferencia que mejor se adapte al sistema

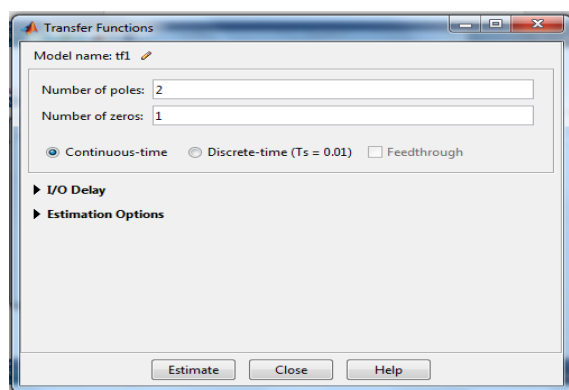


FIGURA N°. 66 Ventana de ingreso de polos y ceros

La función de transferencia que se ajuste al sistema debe tener un estimado mínimo del 80%, de estabilidad en este caso la estimación fue del 94% y se procede a seleccionar la siguiente función de transferencia:

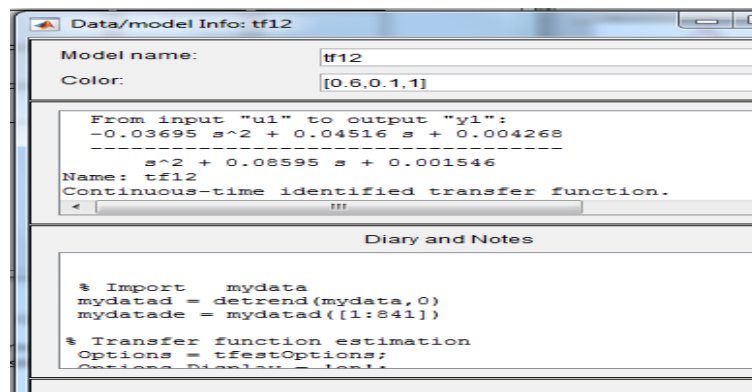
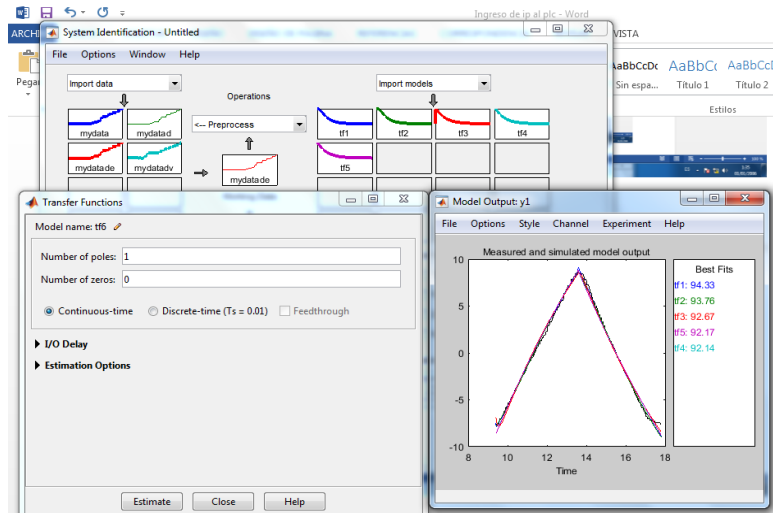


FIGURA N°. 67 Ventana de función de transferencia

4.19 CALCULO DEL PID

En Simulink Library se crea un diagrama de bloques en lazo cerrado donde se ingresan los valores de la función de transferencia obtenida.

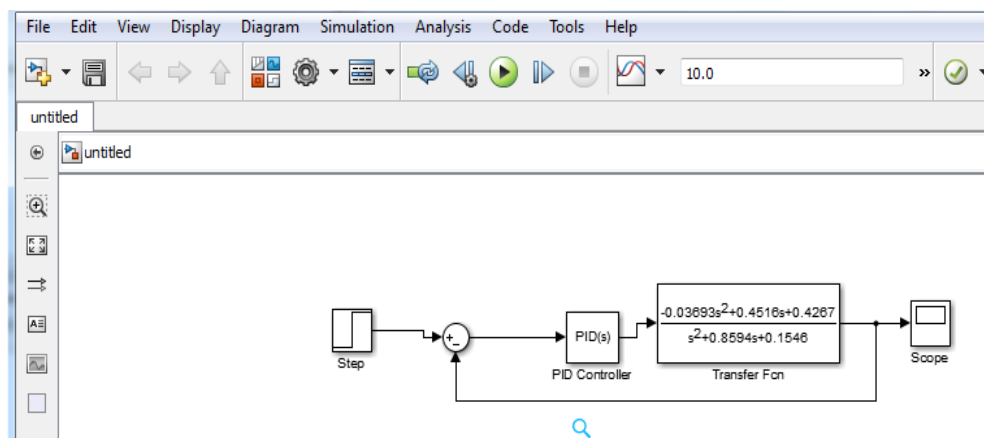


FIGURA N°. 68 Ventana de simulink

Se ingresa en el bloque de PID y se selecciona la opción TUNE

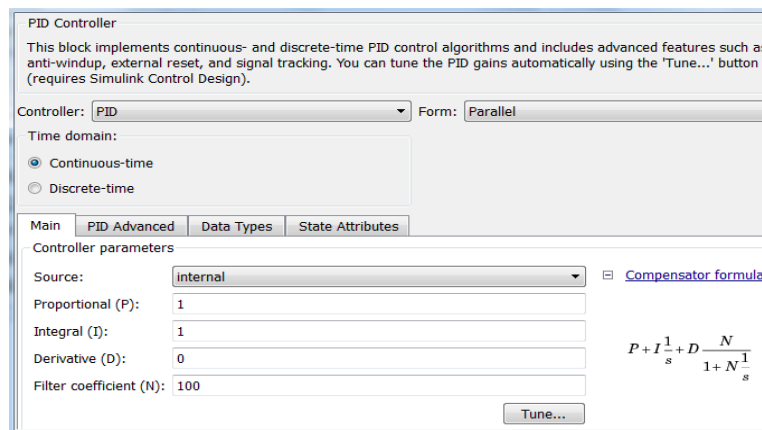


FIGURA Nº. 69 Ventana de PID

Resultado de la linealidad y click en Update

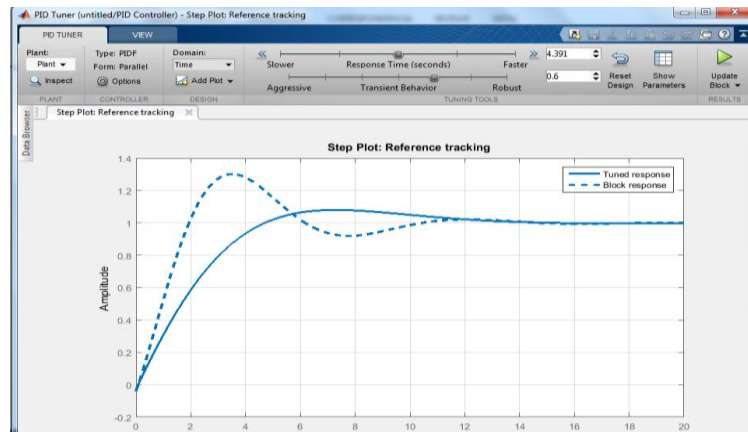


FIGURA Nº. 70 Ventana PID

Identificación de valores del PID refinado obtenidos con Simulink Library

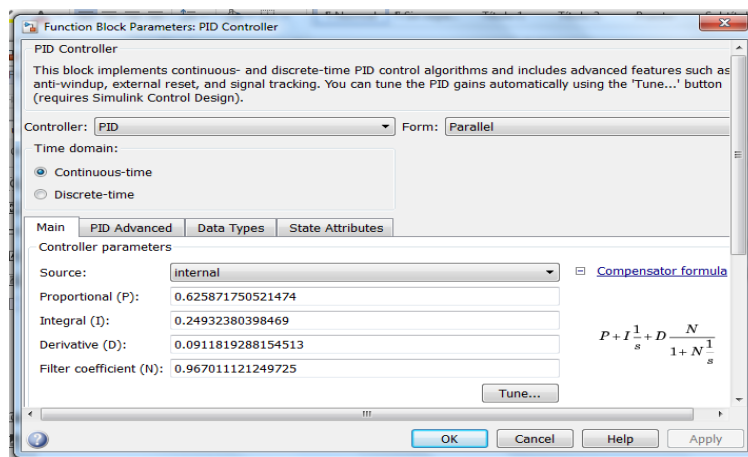


FIGURA Nº. 71 Ventana de PID refinado

Grafica de la función de transferencia en lazo cerrado con control PID refinado

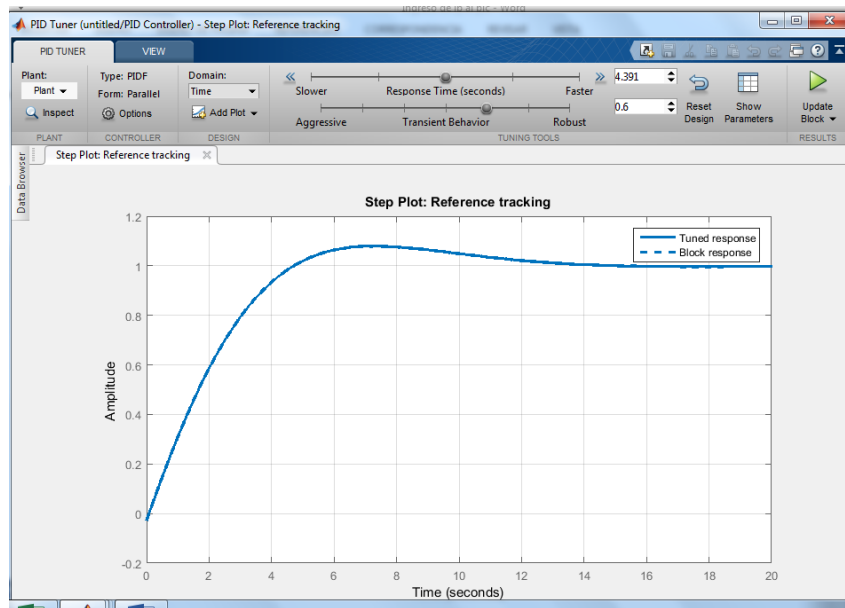


FIGURA N°. 72 Ventana PID Tuner

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS MODULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDO

PRACTICA 1. CONTROL ON/OFF

AUTOR

JUAN CARLOS ORTIZ LIMAICO

Ibarra 2016

PRACTICA N. 1

1. TEMA:

Implementación de un control On/Off de nivel en la plataforma grafica de labVIEW mediante un sensor de tipo flotante.

1.1 OBJETIVOS:

- Asociar al estudiante con el software de labVIEW.
- Realizar la programación del PLC Allen bradley MicroLogix 1100.
- Verificar el funcionamiento del sensor de tipo flotante.

1.2 CONTROL ON-OFF

La acción del control on – off se basa en que el controlador tiene solo dos posiciones o estados. Si se compara la variable de proceso (nivel) con el valor de referencia se toma una de las dos posibles acciones dependiendo del signo de error. Aplicando lo anterior al control de nivel de un tanque, si el nivel es menor que el nivel de referencia la acción es encender la bomba y la electroválvula. Mientras que si el nivel es mayor que el nivel de referencia la acción es apagar la bomba y la electroválvula.

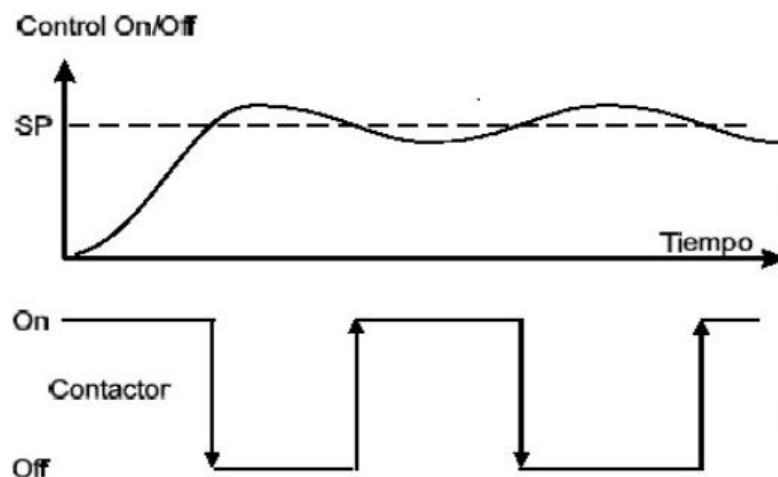


FIGURA Nº. 1 Control On-Off

1.3 SENSOR ANALOGICO

Los transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.



FIGURA Nº. 2 Diagrama de funcionamiento de un sensor analógico

1.4 PLC ALLEN BRADLEY MICROLOGIX 1110

El PLC Allen Bradley MicroLogix 1100 (1763-L16BWA), cuenta con 12 entradas (6 a 24v DC, 4 de alta velocidad a 24v DC, 2 analógicas de 0-10v DC), 6 salidas tipo relé, una alimentación de 100v-240v AC y una fuente de voltaje de 24v DC a 250 mA. Este PLC cumple satisfactoriamente con las necesidades que requiere el sistema para su correcto funcionamiento.

1.5 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

LabVIEW usa un lenguaje de programación gráfico Lenguaje G. Las posibilidades son normalmente las mismas que presenta cualquier lenguaje de programación:

- Modularidad a través de la confección de funciones. Trabajo con los eventos y propiedades de los controles y variables.
- Incluye bibliotecas de funciones extendidas para cualquier tarea de programación.

1.6 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- PLC Allen Bradley MicroLogix 1100 y cable de comunicación.
- Los programas: BOOT/DHCP Server, RSLinx Classic Lite, y RSLogix Micro Starter Lite.
- Variador de frecuencia Ls IE5

- Sensor de nivel tipo flotante.
- Potenciómetro.
- Luces pilotos.
- Selector de 2 posiciones.
- Botonera de ON-OFF y de paro de emergencia.
- Bomba trifásica ½ HP.

1.7 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

El control on- off se realiza a partir del sensor de tipo flotante que muestra la posición de la variable de control (nivel) está gobernado por un selector en dos posiciones que indica, nivel bajo y nivel alto. Dependiendo si el nivel es bajo la bomba se encenderá y la electroválvula permanecerá apagada hasta llegar al nivel de llenado del tanque, donde se encenderán la luz piloto del HMI para indicar que el proceso está completo y la bomba se apagará. Si el nivel es alto la bomba se apagará y la electroválvula se accionará hasta dejar el nivel en nivel bajo.

1.8 CONCLUSIONES:

- A la hora de realizar un control o automatización se requiere de fiabilidad; con este proyecto se puede mostrar que implementando un controlador on-off se puede realizar un excelente control que cumpla con: precisión, velocidad y facilidad.
- Quizás el nivel es el tipo de control que más se realiza hoy en día, mediante este proyecto se puede observar claramente que fuerzas intervienen, como controlarlas y como medirlas.
- Se puede estructurar prácticas de laboratorio para que el modulo sea aprovechado por los estudiantes, para que puedan trabajar con la variable de nivel

1.9 RECOMENDACIONES:

- Se debería cargar el respectivo OPC server, para tener un correcto enlazamiento entre las variables del PLC y los tags en la interfaz.
- Se sugiere manipular el campo de medida comprendido entre los límites máximo y mínimo manualmente del sensor para evitar tener una lectura errónea al momento de realizar la práctica.
- Si el PLC marca error, se recomienda en el programa Rslogix micro realizar un Clean fault para eliminar el error en las líneas de programación, seguidamente se debe volver a cargar el programa en el PLC manteniendo el selector en ningún modo (local, remoto).

Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para el Estudio de Sensores de Nivel de Líquido:

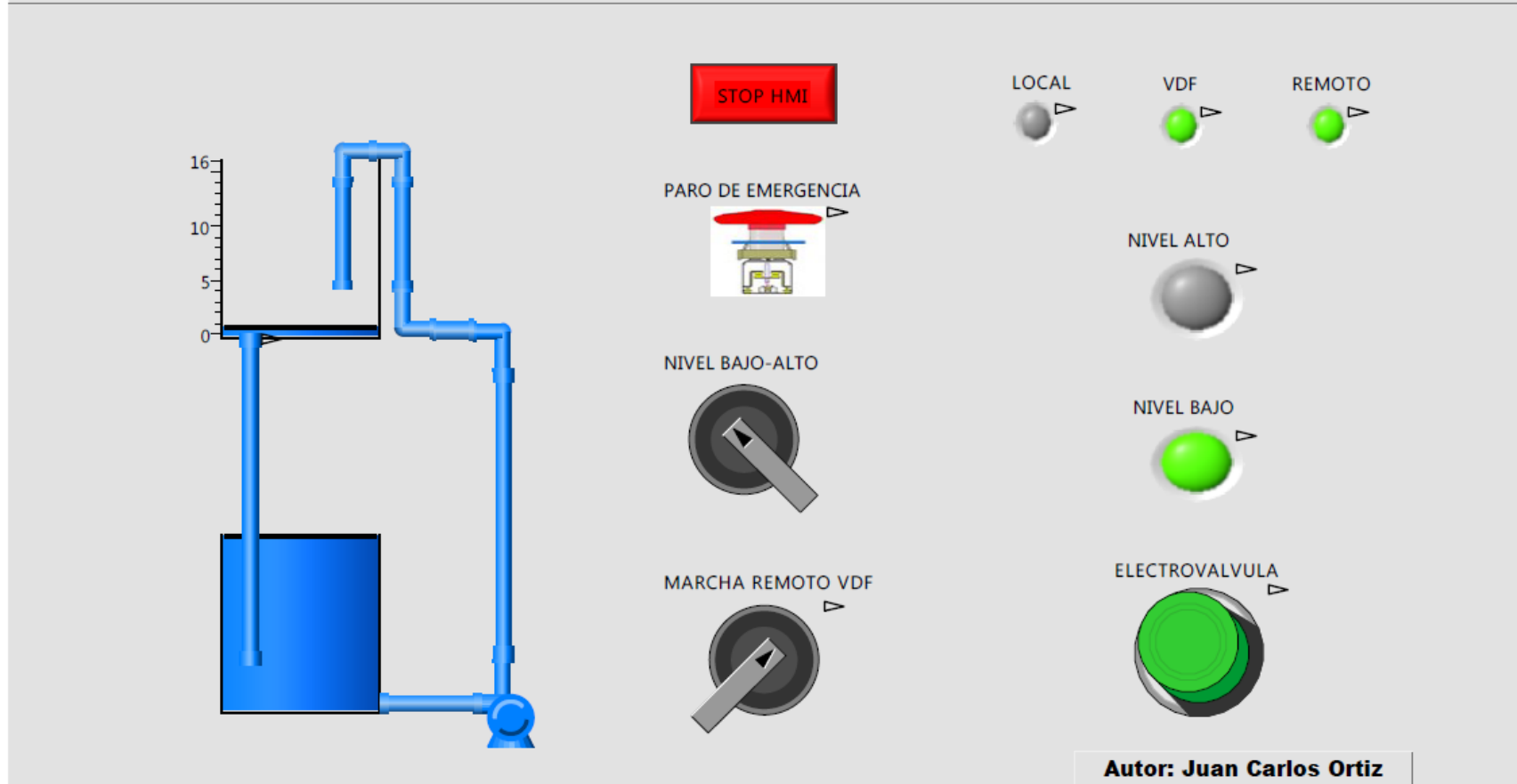


FIGURA Nº 3 Interfaz gráfica control On-O

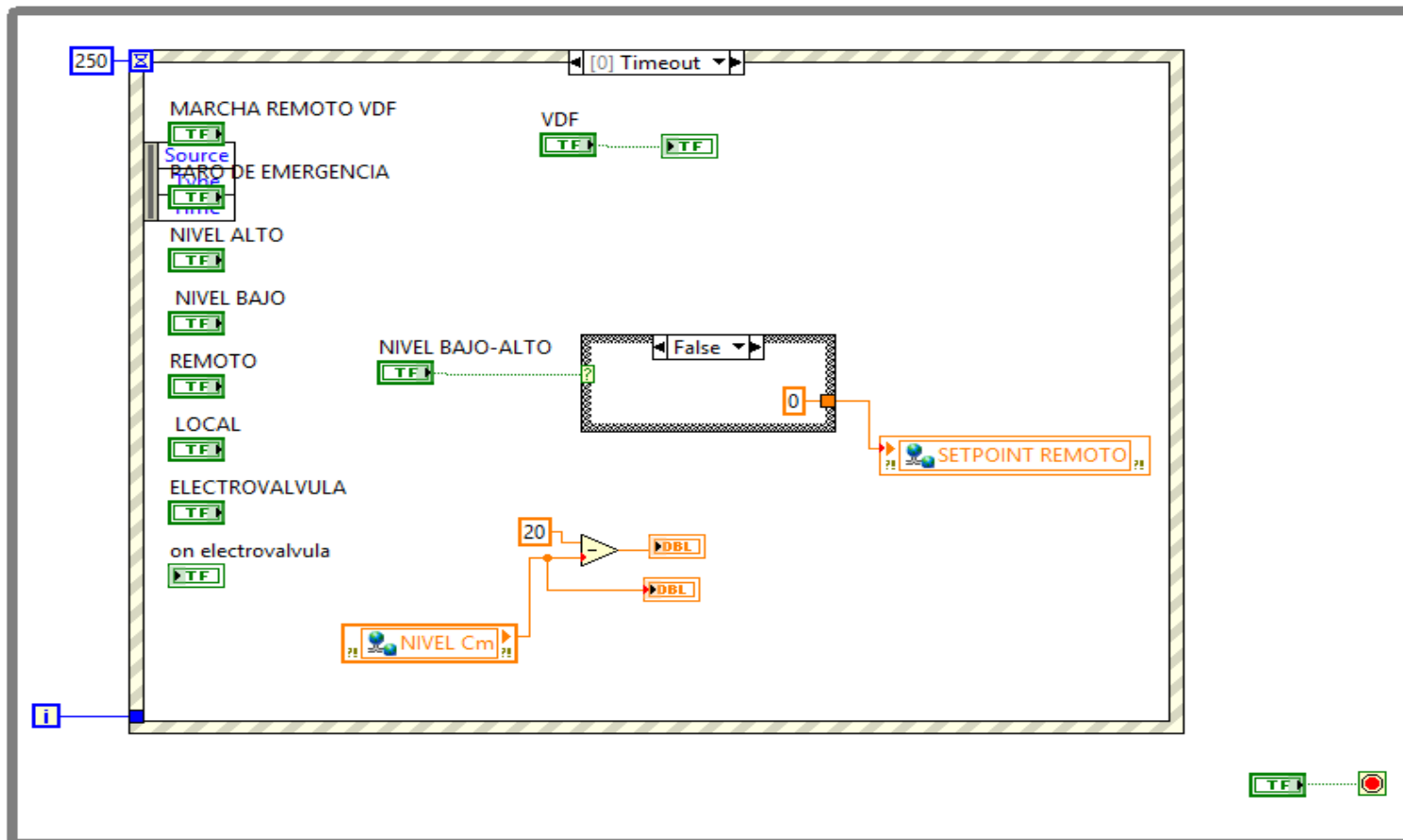


FIGURA Nº 4 Diagrama de bloques control On-Off

PRACTICA

LAD 2 - --- Total Rungs in File = 18

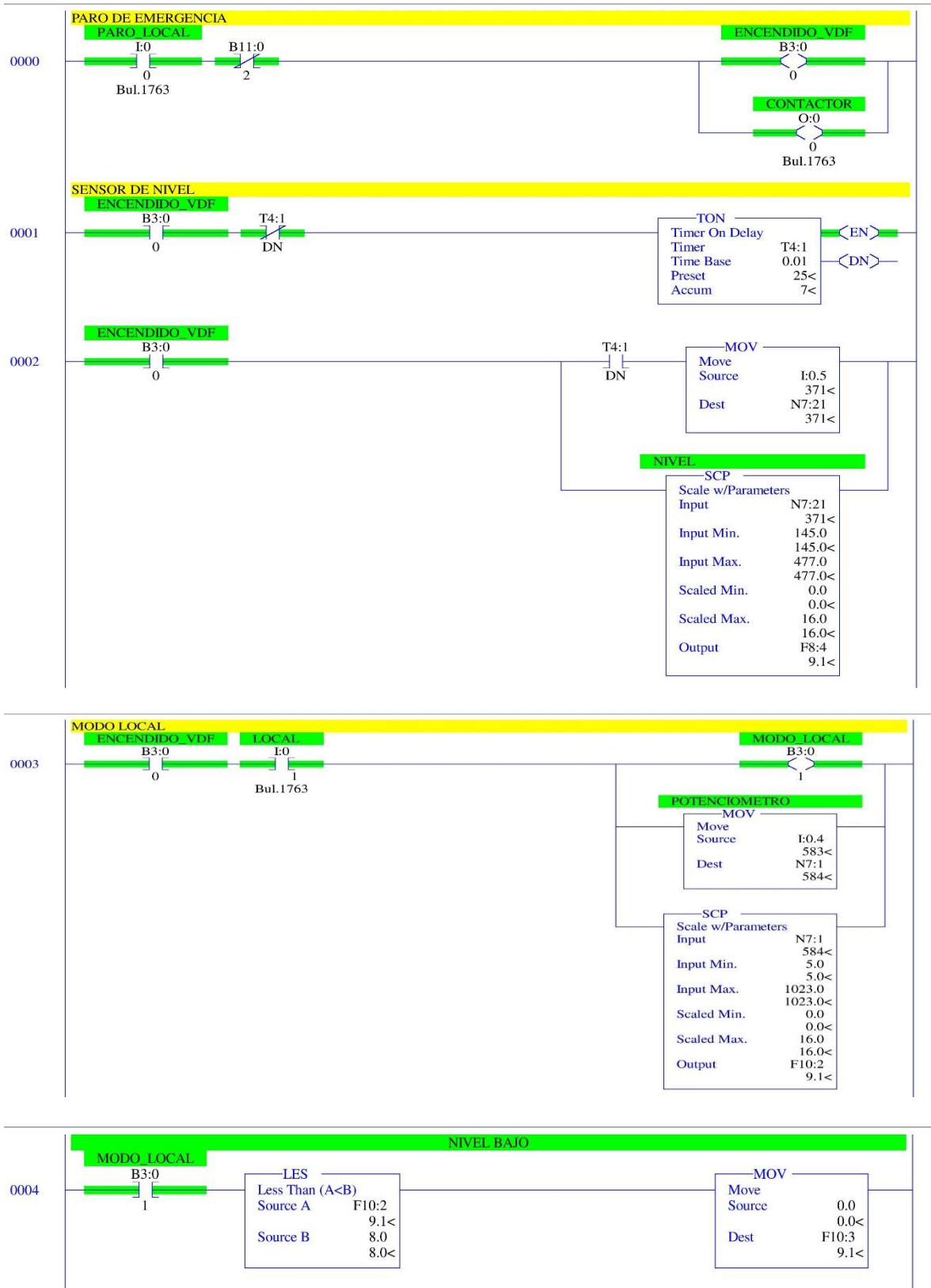


FIGURA Nº 5. Programación del PLC

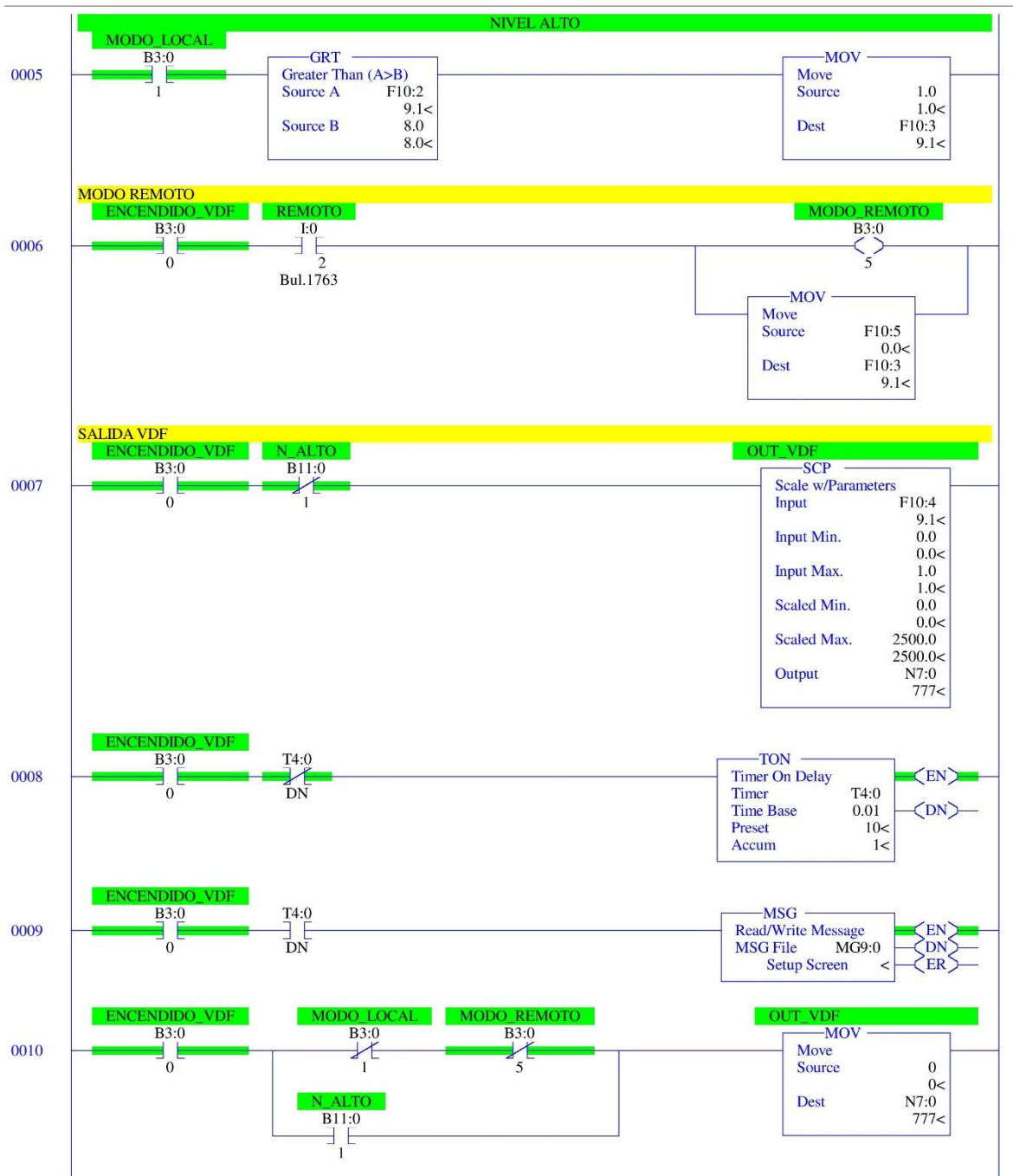


FIGURA N° 6. Programación del PLC

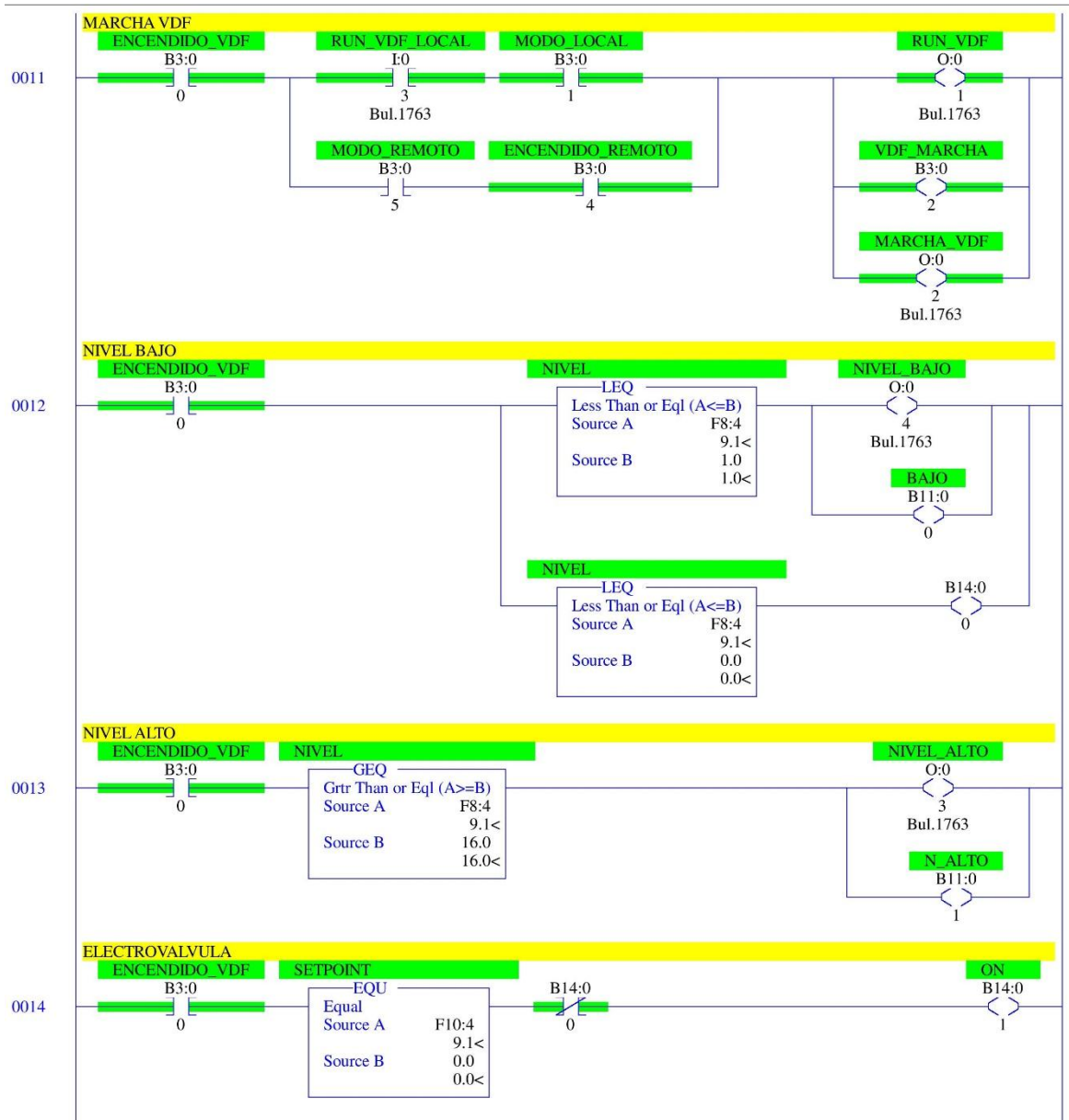


FIGURA Nº 7 Programación del PLC

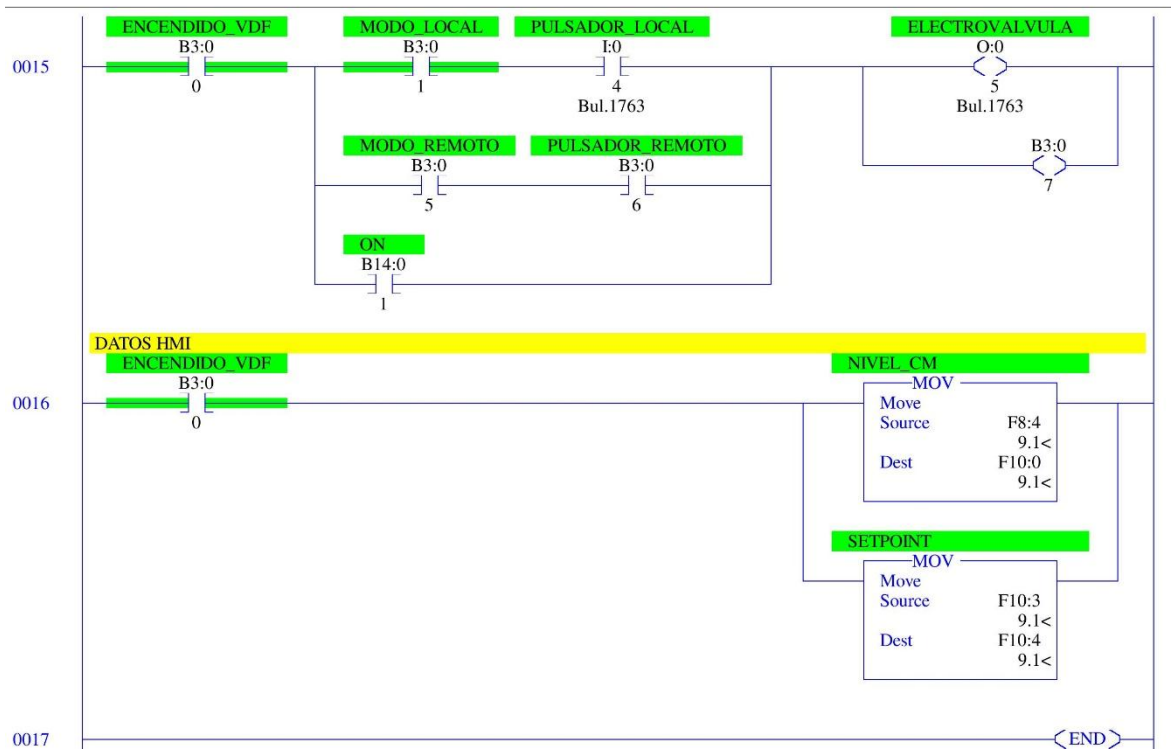


FIGURA N° 8. Programación del PLC

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS MODULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDO

PRACTICA 2. MEDICION DE VARIABLES

AUTOR:

JUAN CARLOS ORTIZ LIMAICO

Ibarra 2016

PRACTICA N. 2

1. TEMA:

Medición de variables y adquisición de datos

1.9 OBJETIVOS:

- Relacionar al estudiante con el software de labVIEW
- Realizar la programación del PLC Allen bradley MicroLogix 1100
- Adquirir datos de voltaje del sensor en nivel bajo y alto (on-off).

1.3 CONTROL ON-OFF

La acción del control on – off se basa en que el controlador tiene solo dos posiciones o estados. Si se compara la variable de proceso (nivel) con el valor de referencia se toma una de las dos posibles acciones dependiendo del signo de error. Aplicando lo anterior al control de nivel de un tanque, si el nivel es menor que el nivel de referencia la acción es encender la bomba y la electroválvula. Mientras que si el nivel es mayor que el nivel de referencia la acción es apagar la bomba y la electroválvula.

1.4 CONEXIÓN DEL SENSOR

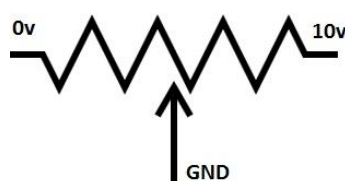


FIGURA N° 1. Diagrama de conexión del sensor

1.5 PLC ALLEN BRADLEY MICROLOGIX 1110

1.6 ENTRADAS ANALÓGICAS

En cualquier modo de entrada (simple o diferencial) el voltaje del modo común entre cualquier terminal de entrada y el común de entrada analógica no puede exceder 11 V, porque de lo contrario ocurriría una operación no fiable. Las figuras que

aparecen a continuación muestran ejemplos de modo de entrada diferencial y modo de entrada simple.

1.7 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

LabVIEW usa un lenguaje de programación gráfico Lenguaje G. Las posibilidades son normalmente las mismas que presenta cualquier lenguaje de programación:

- Incluye bibliotecas de funciones extendidas para cualquier tarea de programación.

1.8 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- PLC Allen Bradley MicroLogix 1100 y cable de comunicación.
- Los programas: BOOT/DHCP Server, RSLinx Classic Lite, y RSLogix Micro Starter Lite.
- Variador de frecuencia Ls IE5.
- Sensor de nivel tipo flotante
- Potenciómetro.
- Luces pilotos.
- Selector de 2 posiciones.
- Botonera de ON-OFF y de paro de emergencia.
- Bomba trifásica ½ HP.

1.9 DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

La medición de datos se realiza mediante la programación en el diagrama de bloques en labVIEW, donde se toma en cuenta que el sensor se alimenta con un voltaje de 0 a 10v DC y se hace una relación entre el voltaje y el número de bits en este caso de 0 a 1023. Con esta relación se muestran los valores de voltaje en nivel bajo y nivel alto (control on-off). De la misma manera se obtienen los valores de velocidad (RPM), con una relación entre 3550 RPM que es la velocidad nominal de un motor a 60 Hz, tomando en cuenta que el sistema trabaja a 25Hz.

Todo el proceso se realiza en un control on-off, en el cual se puede adquirir el voltaje del sensor en la medición del tanque, que es de 0 a 16cm, a su vez se puede

adquirir las revoluciones por minuto de la bomba en una hoja de Excel para verificar la variación de voltaje del sensor y de las RPM del motor.

2. DATOS VOLTAJE SENSOR, RPM

1	# DATO	NIVEL cm	RPM MOTOR	VOLTAJE SENSOR
2	0,00	-0,10	0,00	2,54
3	1,00	-0,10	0,00	2,48
4	2,00	-0,10	0,00	2,46
5	3,00	-0,10	0,00	2,52
6	4,00	-0,10	0,00	2,50
7	5,00	-0,10	0,00	2,56
8	6,00	-0,10	0,00	2,56
9	7,00	-0,10	0,00	2,48
10	8,00	0,00	14,37	2,74
11	9,00	0,00	14,37	2,74
12	10,00	0,00	14,37	2,74
13	11,00	0,00	14,37	2,74
14	12,00	0,00	14,37	2,74
15	13,00	0,00	14,37	2,74
16	14,00	0,00	14,37	2,74
17	15,00	0,00	14,37	2,74
18	16,00	0,00	14,37	2,74
19	17,00	0,00	14,37	2,74
20	18,00	0,00	14,37	2,74
21	19,00	0,00	14,37	2,74

FIGURA Nº 2. Obtención de datos

2.1 CONCLUSIONES

- La presente practica cumple con los objetivos propuestos que puede ser manejado con un control local – remoto, su operación es facil y sencilla de entender.
- El modelo de la practica que se presenta es de un modelo de primer orden, razon por la cual se utilizo un control on – off para la adquisicion de la variable de control.
- El sensor de tipo flotante es utilizado para realizar el control de adquisicion de datos, presenta una respuesta no lineal ni estable, con ello se monitorea la variable de control de centimetro en centimetro.

2.2 RECOMENDACIONES:

- Se recomienda cargar el respectivo OPC server, para tener un correcto enlazamiento entre las variables del PLC y los tags en la interfaz.
- El diseño del hardware y software tienen que ir de la mano, se recomienda entender primero el hardware, para tener una idea más clara de cómo realizar el software más óptimo.
- Si el PLC marca error, se recomienda en el programa Rslogix micro realizar un Clean fault para eliminar el error en las líneas de programación, seguidamente se debe volver a cargar el programa en el PLC manteniendo el selector en ningún modo (local, remoto).

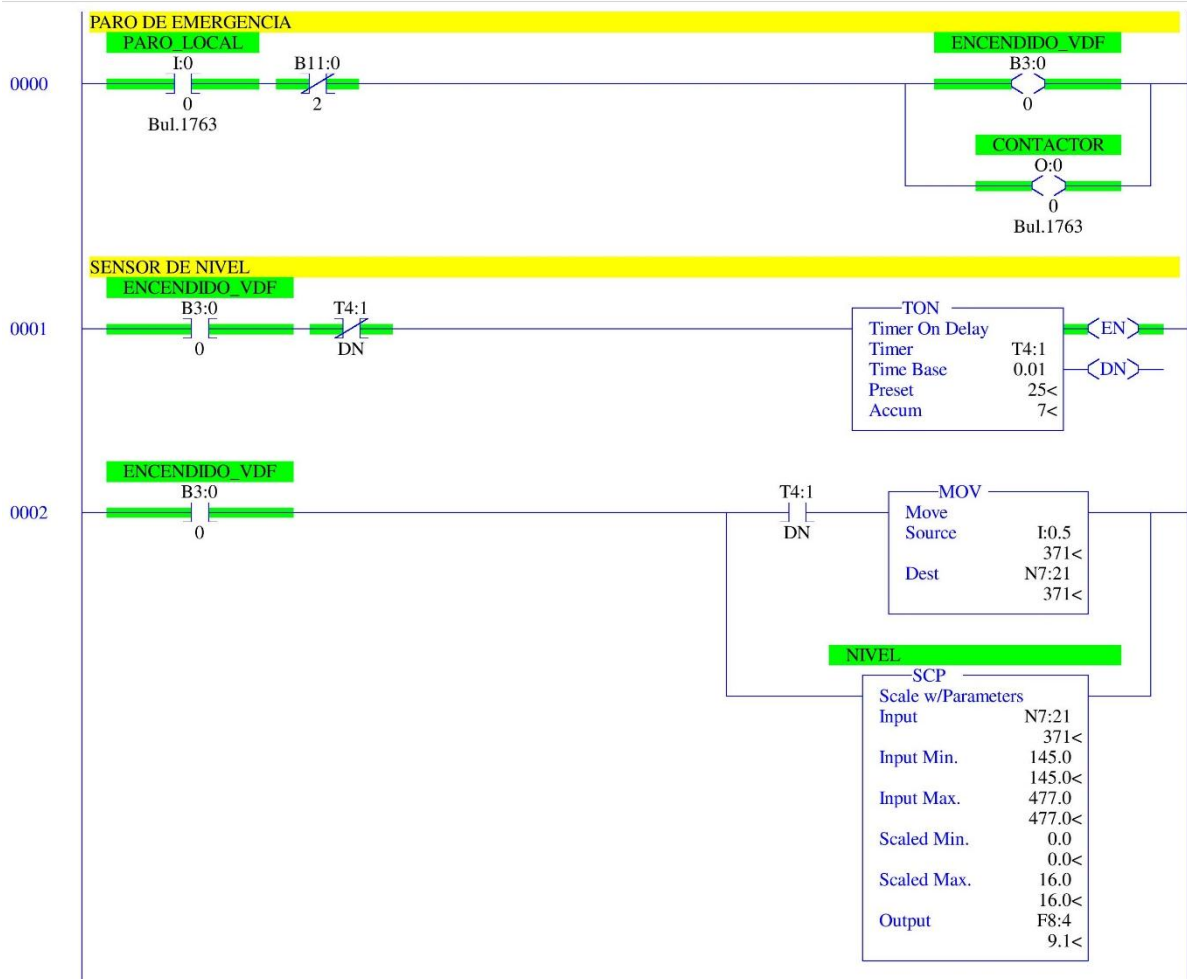
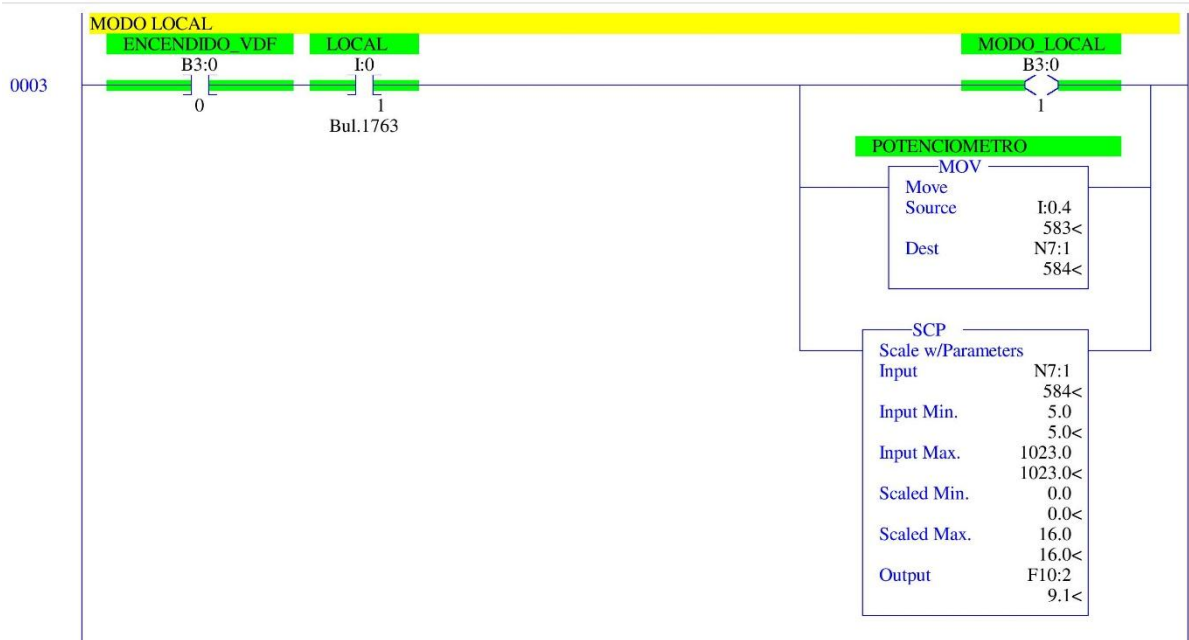


FIGURA Nº 3. Líneas de programación

PRACTICA

LAD 2 - --- Total Rungs in File = 19



PRACTICA

LAD 2 - --- Total Rungs in File = 19

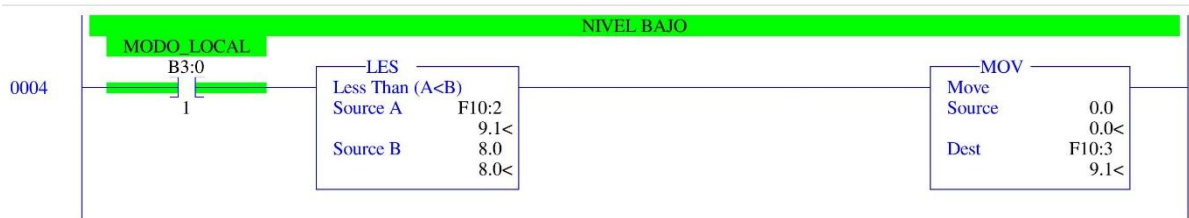


FIGURA Nº 4. Líneas de programación

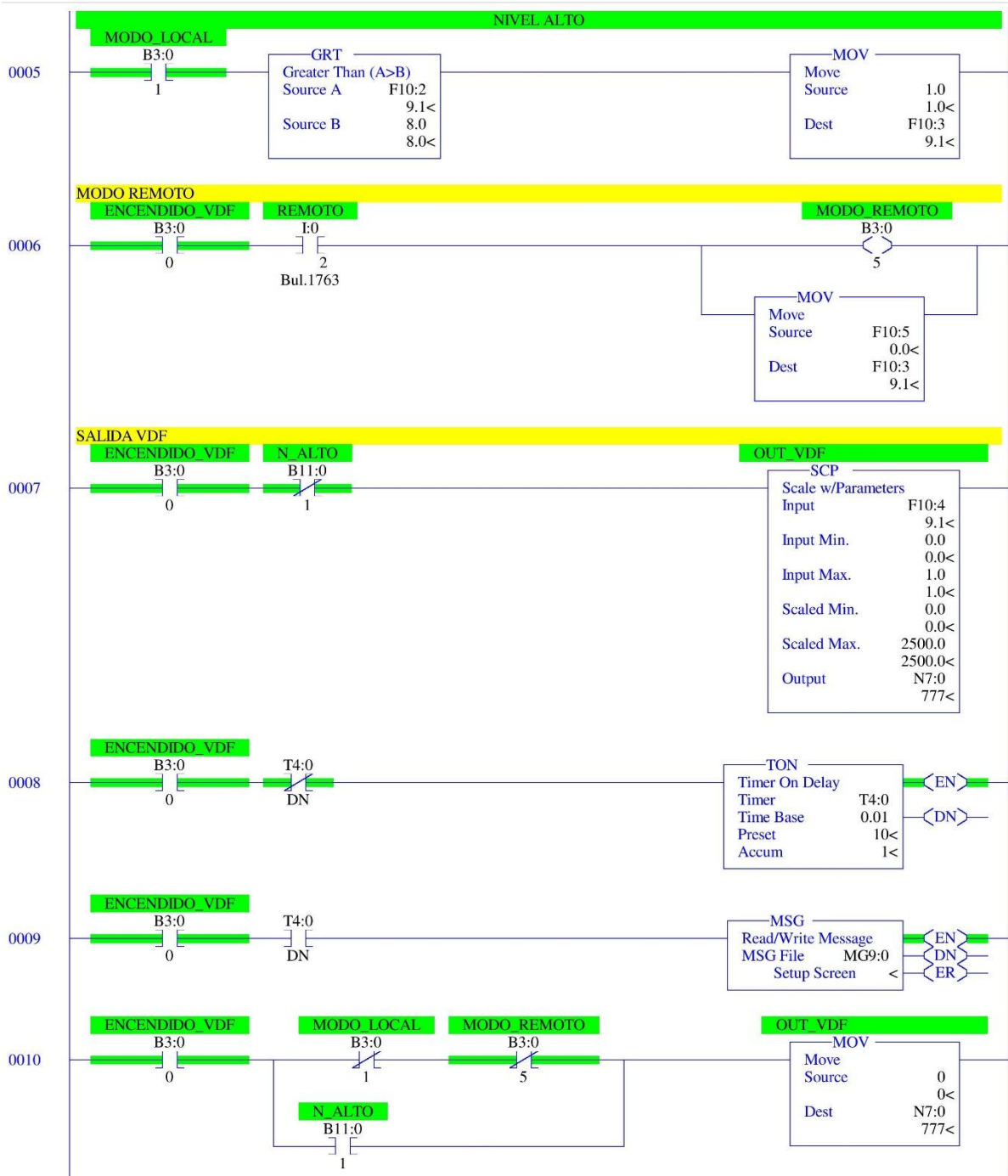


FIGURA Nº 5. Líneas de programación

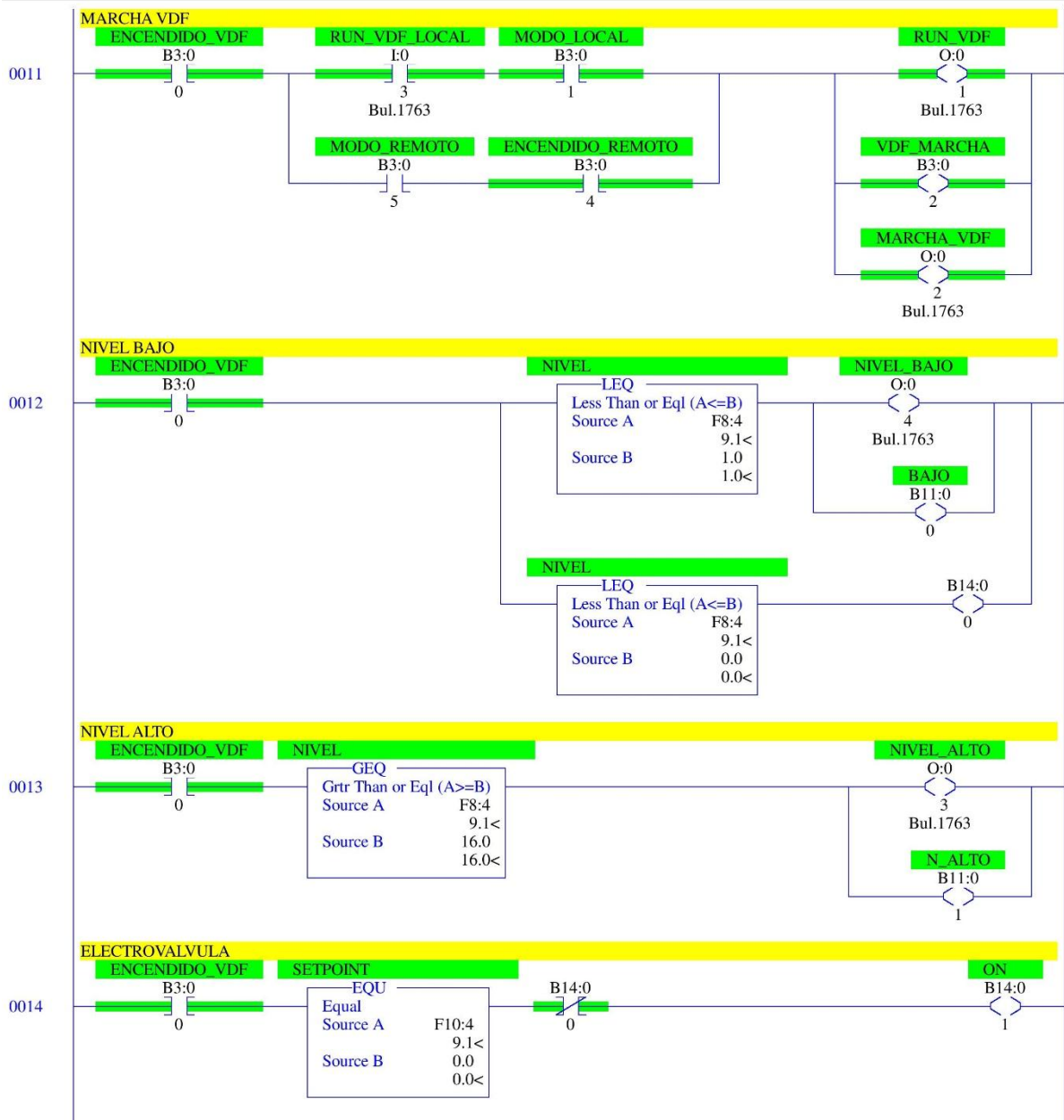


FIGURA Nº 6. Líneas de programación

PRACTICA

LAD 2 - --- Total Rungs in File = 19

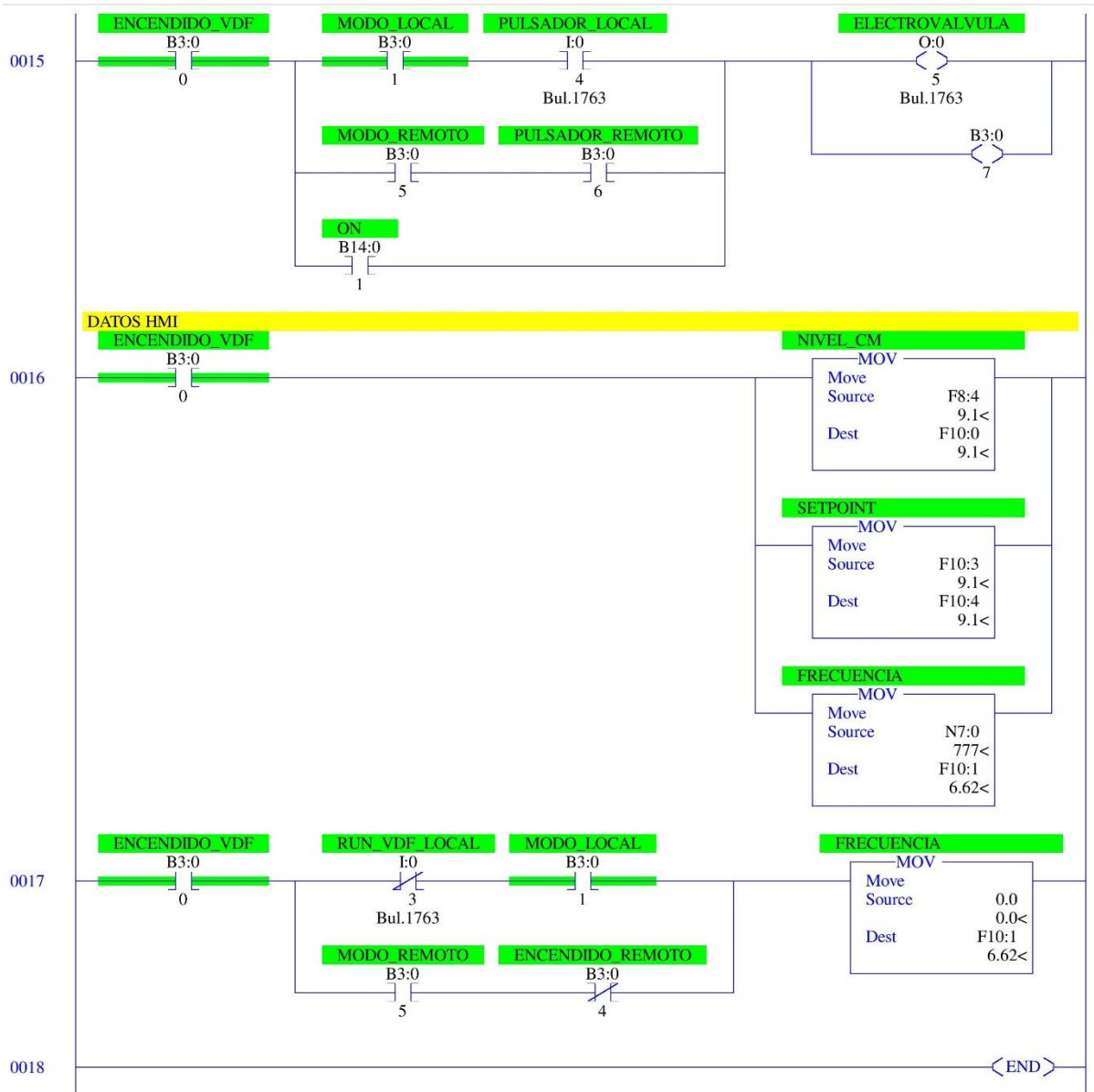


FIGURA Nº 7. Líneas de programación

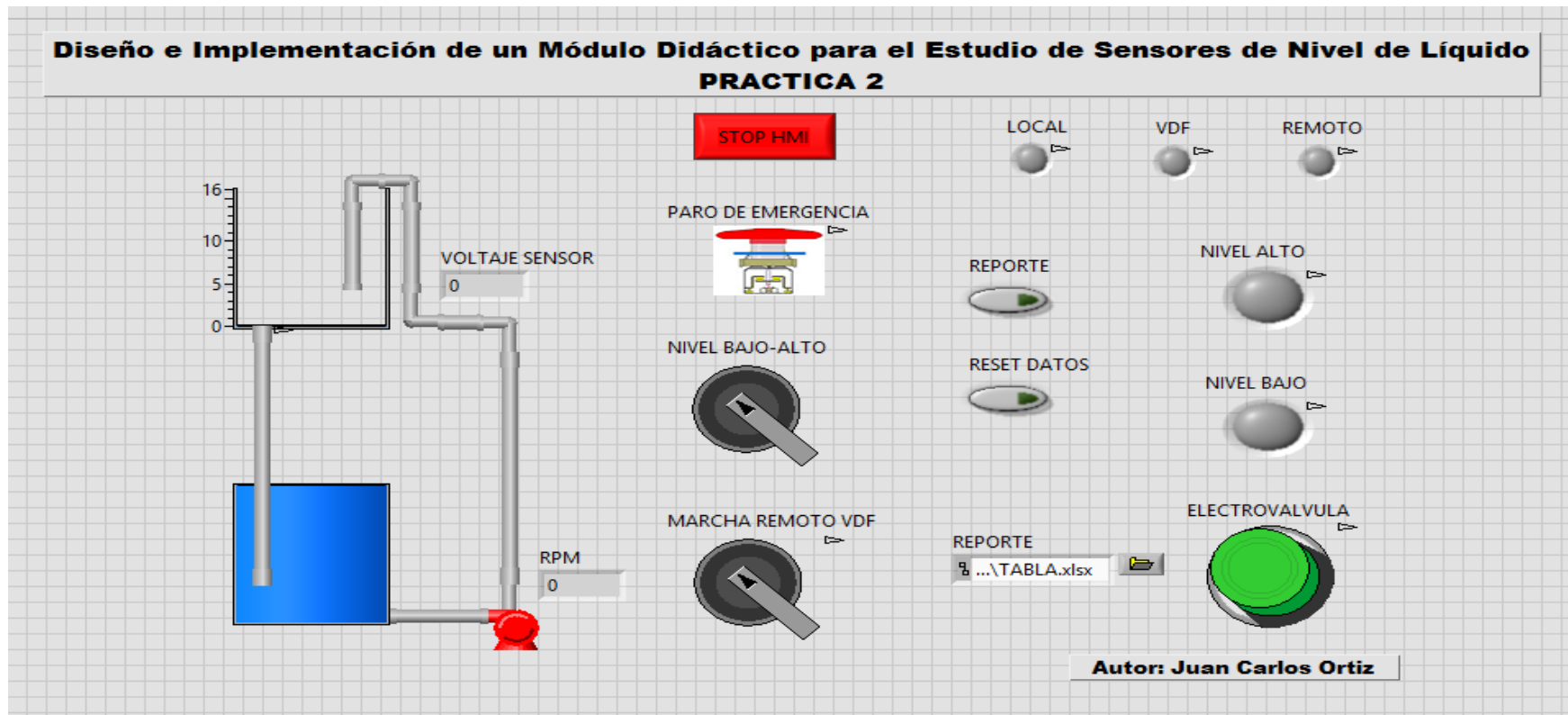


FIGURA N° 8 Interfaz gráfica practica 2

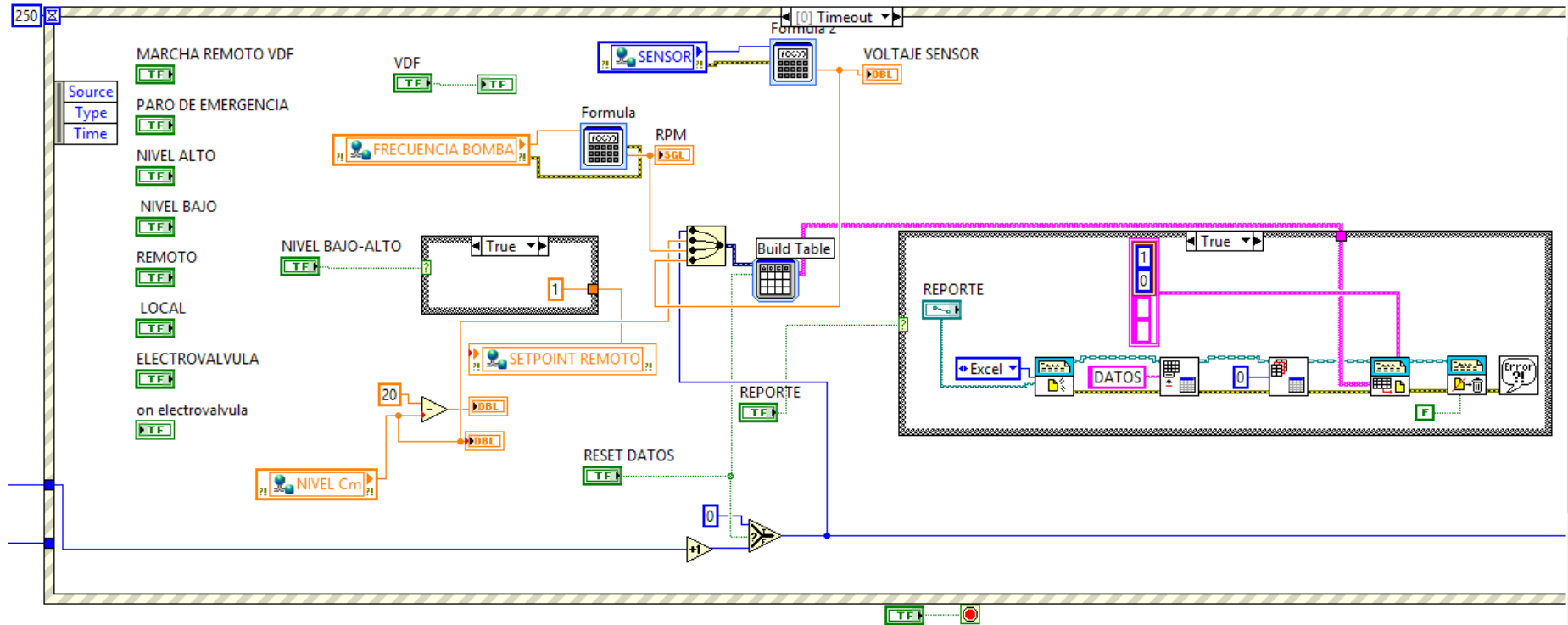


FIGURA Nº 9. Diagrama de bloques practica 2

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

Al concluir la implementación del módulo didáctico se cumplió con los objetivos planteados, y en base a pruebas realizadas simultáneamente se presentan las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a las propiedades de los líquidos es preferible escoger el agua como fluido por su bajo grado de viscosidad y así evitar el descaste de la bomba.
- Para la medición del nivel se puede escoger un sensor de tipo flotante el cual puede ser adaptado para que muestre variaciones de voltaje de 0 a 10V. Ya que el sensor es de tipo resistivo.
- Para la linealidad del sensor se utilizó una ecuación polinomial a la 7ma debido a que este sensor no era lineal para adecuar el mejor el PID de la planta, el proceso de implementación no es complicado con la ayuda de la herramienta de Matlab.
- Se puede utilizar System Identification de Matlab para encontrar el modelo matemático de la función de transferencia y el cálculo del PID en Simulink para su mejor refinamiento, sistema computarizado que fue utilizado en este trabajo de grado.
- El HMI y el control local ayudan la fácil comprensión y manipulación por parte de los usuarios.

5.2 RECOMENDACIONES

- Antes de poner en funcionamiento el modulo didáctico se debe revisar que el tanque reservorio tenga la cantidad de agua adecuada para su correcto funcionamiento.
- Verificar que la alimentación del módulo didáctico sea trifásica con neutro, para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos
- Antes de energizar un variador que no ha sido utilizado por un largo tiempo hay que proceder a recuperarlo mediante la energización de los condensadores ya que estos pueden estar descargados y presentar conflictos de funcionamiento. Este procedimiento se lo realiza ingresando 5 V cada 5 minutos hasta llegar a los 110V a continuación se ingresa 10V cada 5 minutos hasta llegar al voltaje de funcionamiento original.
- Se recomienda utilizar cables independientes o cable UTP de red de tipo 6A para que la señal de transmisión no tenga ruidos ocasionados por la planta.
- Se sugiere revisar que no caigan impurezas dentro del tanque porque podrían almacenarse en el interior de la electroválvula obstaculizando el cierre total de la misma.

5.3 Bibliografía

CAÑADAS MARTINEZ, Miguel Ángel, (1993). Hidráulica Aplicada a Proyectos de Riego, España.

CRANE, División de ingeniería. Flujo de Fluidos en Válvulas Accesorios y Tuberías. México D.F., México: McGraw-Hill.

CREUS SOLÉ, Antonio, (2009). Instrumentos industriales, su ajuste y calibración”, tercera edición. México D.F., México: Alfaomega Grupo editor S.A.

CREUS SOLÉ, Antonio, (2010). Instrumentación Industrial. México D.F., México: Alfaomega Grupo editor S.A.

CZEKAJ, Daniel, (1998). Aplicaciones de Ingeniería.

DE SILVA, Clarence W., (2012). Vibration Monitoring, Testing, and Instrumentation. Canada.

DÍAS ORTIZ, Jaime E. (2006). Mecánica de Fluidos e Hidráulica. Cali, Colombia: Universidad del Valle.

FERNADEZ, Enrique Gancedo, MERAYO, Víctor. (1999). Esqema de Instalaciones Hidraulicas, España.

GAVIÑO HERNANDEZ Ricardo, (2010). Introducción a los Sistemas de Control, Buenos Aires.

GELTRÚ, VILANOVA, (1997). Teoría De Control Electrónico, edicions UPC.

GILES, Randal., EVETT, Jack B., y LIU, Cheng. (1994). Mecánica de los Fluidos e Hidráulica. Madrid, España: McGraw-Hill.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto., y FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos, BAPTISTA LUCIO, María del Pilar, (2010). Metodología de la Investigación, McGRAW-HILL, México.

JOHNSON, Michael A., y MORADI, Mohammad H., (2005). PID Control. Londres: Springer – Verlag.

KARL, J., Astromm, y TORE Hagglund, (2009). Control PID Avanzado, España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

MALONEY, Timothy J., (2006). Electrónica Industrial Moderna, quinta edición, PEARSON EDUCACIÓN, México.

MARTINEZ Samuel (S/F). Reglas de sintonización para controladores PID. México: Instituto Tecnológico Superior de Huichapan.

MENDIBURU DÍAZ, Henry A., (2006). Instrumentación Virtual Industrial, versión e-book, Perú.

MOTT, Robert L. (2006). Mecánica de Fluidos. México: Prnetice hall.

OGATA, Katsuiko, (2010). Mecánica De Fluidos. Madrid, España: Pearson Educación, S.A.

PACHECO CHAVIRA, Jesús N., (2010). Medición y Control de Procesos Industriales. México: Trillas. 034349.

PADMANABHAN, Tattamangalam R., (2000). Industrial instrumentation. London: principles and design, Springer-Verlag.

PAÏDOUSSIS, Michael., y PRICE, Stuart., y DE LANGRE, Emmanuel, (2010). Fluid-Structure Interactions : Cross-Flow-Induced Instabilities

PEÑA DOMINGO, Joan., y GÁMIZ CARO, Juan., y GRAU SALDES, Antoni., y MARTÍNEZ GARCÍA, Herminio, (2003). Introducción a los autómatas programables: Primera edición, UOC, Aragón.

PLACKO, Dominique, (2010). Fundamentals of Instrumentation and Measurement, primera edición.

REGUÉ, J., y HAYDE, J., (1997). Control Electroneumático Moderno, España.

SOLÉ, ANTONIO, CREUS., (1997), "Intrumentación Industrial", España.

STEELE, John H., y THORPE, Steve A., y TUREKIAN, Karl K. (2010).
Measurement Techniques, Platforms & Sensors: A derivative of the Encyclopedia
of Ocean Sciences.

TOOLEY, Mike, (2013). PC Based Instrumentation and Control, tercera edición.
Australia.

5.4 LINKOGRAFIA.

CONTROL ELECTRONEUMÁTICO Y ELECTRÓNICO, Controladores Lógicos Programables. (27 de Mayo del 2016). *El PLC (Controlador Lógico Programable)*. Recuperado de

<https://books.google.com.ec/books?id=N4zt-YNZD5UC&pg=PA112&dq=concepto+controlador+logico+programable&hl=es&sa=X&ved=0CBsQ6AEwAGoVChMIYbbrsDcxglVR2weCh2zCgbH#v=onepage&q=concepto%20controlador%20logico%20programable&f=false>

CONVERTWORLD, Litros por Minuto, Caudal Volumétrico. (27 de Junio del 2016). *Litros por Segundo*. Recuperado de

<http://www.convertworld.com/es/caudal-volumetrico/Litros+por+minuto.html>

ECFA, Automatización Industrial. (27 de junio del 2016). *Características Principales del IE5*. Recuperado de

<http://www.lscontrol.com.ar/index.php/productos/variadores/ie5>

ECFA, Automatización Industrial. (27 de junio del 2016). *Identificación del Variador*. Recuperado de

<http://www.lscontrol.com.ar/index.php/productos/variadores/ig5a>

ESQUEMAS DE INSTALACIONES HIDRAULICAS, Válvulas. (27 de Mayo del 2016). *Válvula de bola*. Recuperado de

<https://books.google.com.ec/books?id=yfOa-VwYJYMC&pg=PA22&dq=valvula+de+bola&hl=es&sa=X&ved=0CC0Q6AEwAWoVChMIxfXawsXcxglVxZylCh1XEwDA#v=onepage&q=valvula%20de%20bola&f=false>

HIDRÁULICA APLICADA A PROYECTOS DE RIEGO, Hidrodinámica. (27 de Mayo del 2016). *Numero de Reynolds*. Recuperado de

https://books.google.com.ec/books?id=kzM0ey4ckC&pg=PA28&dq=numero+de+reynolds&hl=es&sa=X&ved=0CC0Q6AEwA2oVChMIlte_wZDfxglVwxweCh2oVQUe#v=onepage&q=numero%20de%20reynolds&f=false

INTALACIONES HIDRAULICAS, Tuberías de Propileno línea Hidráulica TERFLEX. (27 de Junio del 2016). *Propiedades Tipicas*. Recuperado de

<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi8yYiyIvfMAhVJKCYKHYPBrsQFgg-MAk&url=http%3A%2F%2Fwww.termoplus.mx%2Ftermoplus%2FPAGINA%2FINSTALACIONES%2520HIDRAULICAS%2FFOLLETO%2520PPL.pdf&usg=AFQjCNGGJ9yihEyyVaxHw749pKiv2Yp1WA&sig2=VfT7842wRKV28pOhcdSTBQ>

PABLO TURMERO, El Control Industrial. (27 de Junio del 2016). *Funciones de Programación de los PLC*. Recuperado de


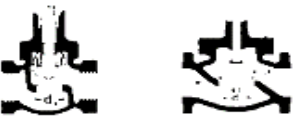
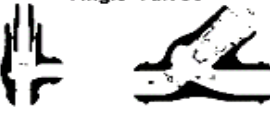


<http://www.monografias.com/trabajos101/control-industrial/control-industrial.shtml>

REDES INDUSTRIALES DE TUBERÍA, BOMBAS PARA AGUA, VENTILADORES Y COMPRESORES, Rugosidad Relativa. (27 de Mayo del 2016). *Valor de coeficiente*. Recuperado de






https://books.google.com.ec/books?id=1k3qRVvyFRcC&pg=PT23&dq=Rugosidad+relativa&hl=es&sa=X&ved=0CBoQ6AEwADgKahUKEwjCsbqAmN_GAhWSsh4KHeWGCo0#v=onepage&q=Rugosidad%20relativa&f=false

ANEXOS A.






ANEXO A1. COEFICIENTE DE RESISTENCIA K EN LA TUBERÍA

Fitting	L/D	Nominal pipe size											
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24
		K value											
Gate Valves 	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
Globe Valves 	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1
Angle Valves 	55	1.48	1.38	1.27	1.21	1.16	1.05	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.66
Angle Valves 	150	4.05	3.75	3.45	3.30	3.15	2.85	2.70	2.55	2.25	2.10	1.95	1.80
Ball Valves 	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04

ANEXO A2 COEFICIENTES DE RESISTENCIA K EN LOS ACCESORIOS

Fitting	L/D	Nominal pipe size												
		½	¾	1	1¼	1½	2	2½-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
		K value												
Butterfly Valve 								0.86	0.81	0.77	0.68	0.63	0.35	0.30
Plug Valve straightway 	18	0.49	0.45	0.41	0.40	0.38	0.34	0.32	0.31	0.27	0.25	0.23	0.22	
Plug Valve 3-way thru-flo 	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36	
Plug Valve branch-flo 	90	2.43	2.25	2.07	1.98	1.89	1.71	1.62	1.53	1.35	1.26	1.17	1.08	
Standard elbow 	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	long radius 90°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19

ANEXO A3 COEFICIENTES DE RESISTENCIA K PARA VÁLVULA CHECK

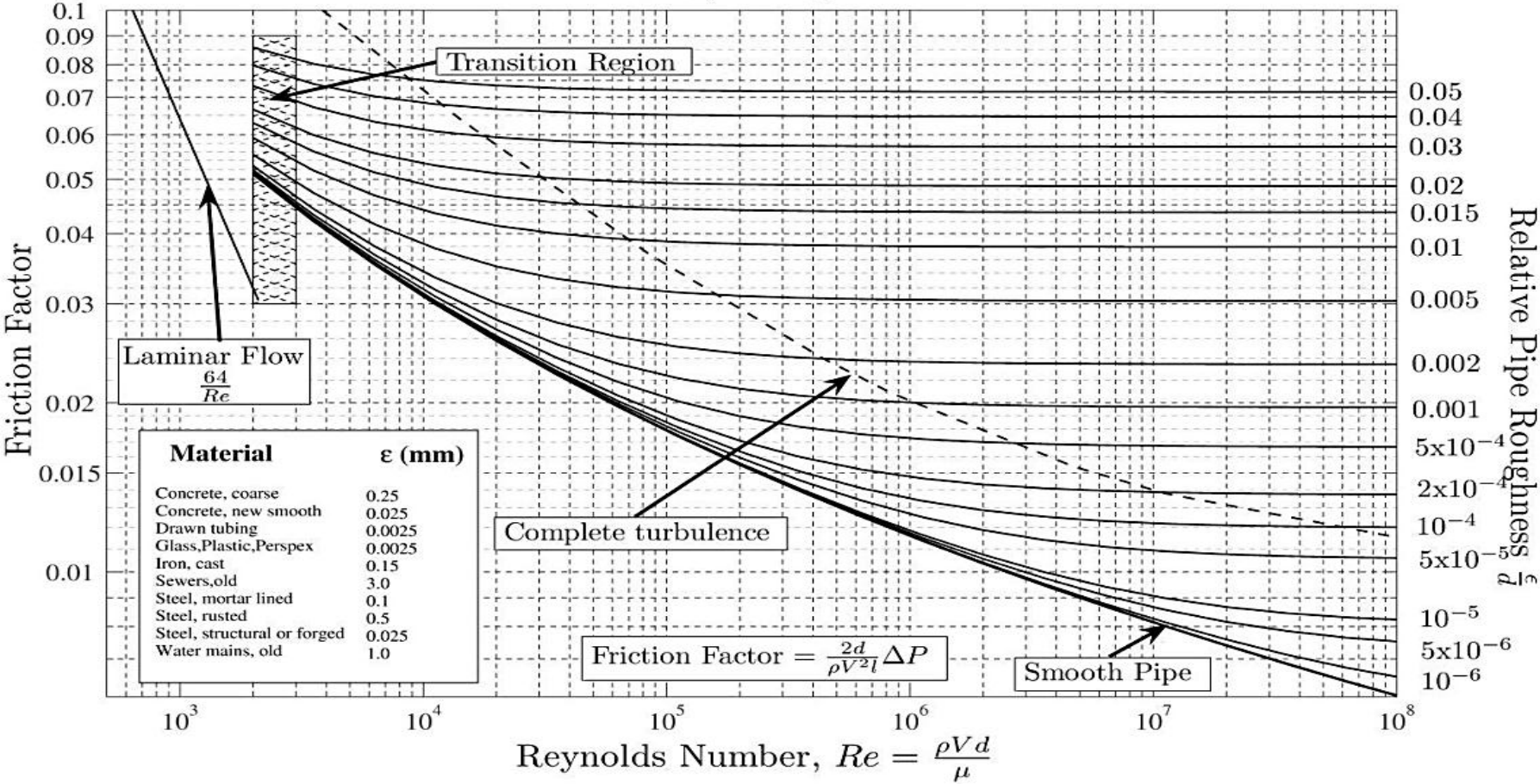
Fitting	L/D	Minimum velocity for full disc lift		Nominal pipe size											
		general ft/sec	water ft/sec	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24
				K value*											
 Swing check valve	100	35 \sqrt{V}	4.43	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2
	50	48 \sqrt{V}	6.08	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	.75	.70	.65	.6
 Lift check valve	600	40 \sqrt{V}	5.06	16.2	15	13.8	13.2	12.6	11.4	10.8	10.2	9.0	8.4	7.8	7.2
	55	140 \sqrt{V}	17.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	.94	.83	.77	.72	.66
 Tilting disc check valve	5°	80 \sqrt{V}	10.13						.76	.72	.68	.60	.56	.39	.24
	15°	30 \sqrt{V}	3.60						2.3	2.2	2.0	1.8	1.7	1.2	.72
 Foot valve with strainer poppet disc	420	15 \sqrt{V}	1.90	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0
 Foot valve with strainer hinged disc	75	35 \sqrt{V}	4.43	2.0	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	.90

ANEXO B. TABLA DE COEFICIENTE EN TUBERÍA DE PROPILENO

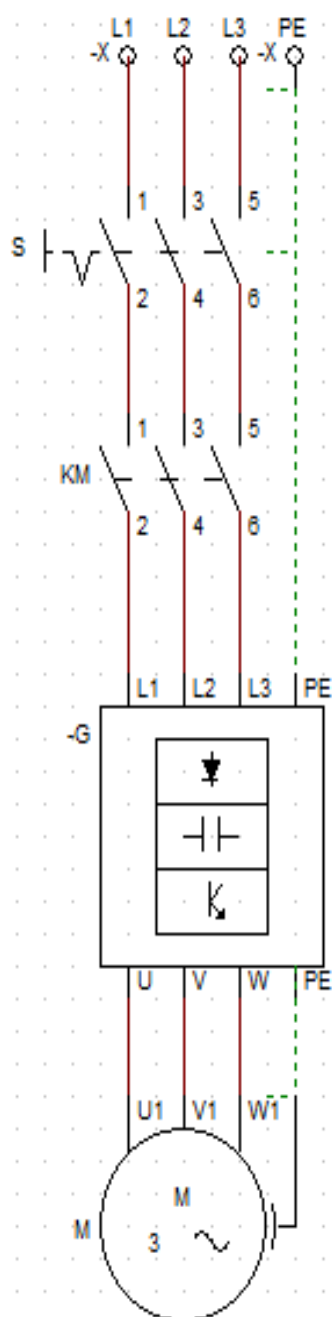
Propiedades Típicas			
		ASTM	
• Fluidez (MFR), grs/min	0.4	D1238	
• Densidad g/cm ³	0.9	D792A	
• Resistencia al impacto Izod con muesca a 23° C, J/m (pie-lbs/pulg)	85.(1.6)	D2J6A	
• Resistencia a la tensión en el punto de cedencia N/mm ² (PSI)	34(4900)	D638	
* Coeficiente de dilatación mm/mC°	0.11		* Presión de reventamiento Kg/cm ² 105-125
* Absorción de agua %24h	0.02		* Rango de acidez de contenido pH 1-14
* Coeficiente de rugosidad C	150		* Resistencia dieléctica KV/mm 75
* Conducción Térmica kcal/mhC°	0.19		* Resistencia a la tracción kg/cm ² 330
* Elongación a la rotura %	500		* Temperatura mínima soportada °C -10
* Esfuerzo de flexión Kg/cm ²	330		* Temperatura máxima soportada °C +100
* Esfuerzo de corte Kg/cm ²	7000		* Temperatura de ablandamiento °C +164
* Peso específico g/ml	0.905		* Temperatura de fusión °C +260
* Presión máxima nominal rosca Kg/cm ² 10			* Tensión en punto de cedencia Kg/cm ² 340
* Presión máxima nominal termofusión Kg/cm ² 17-23			* Velocidad máxima de líquido m/s 5.00
			* Viscosidad cm ³ /g 450

ANEXO C DIAGRAMA DE MOODY

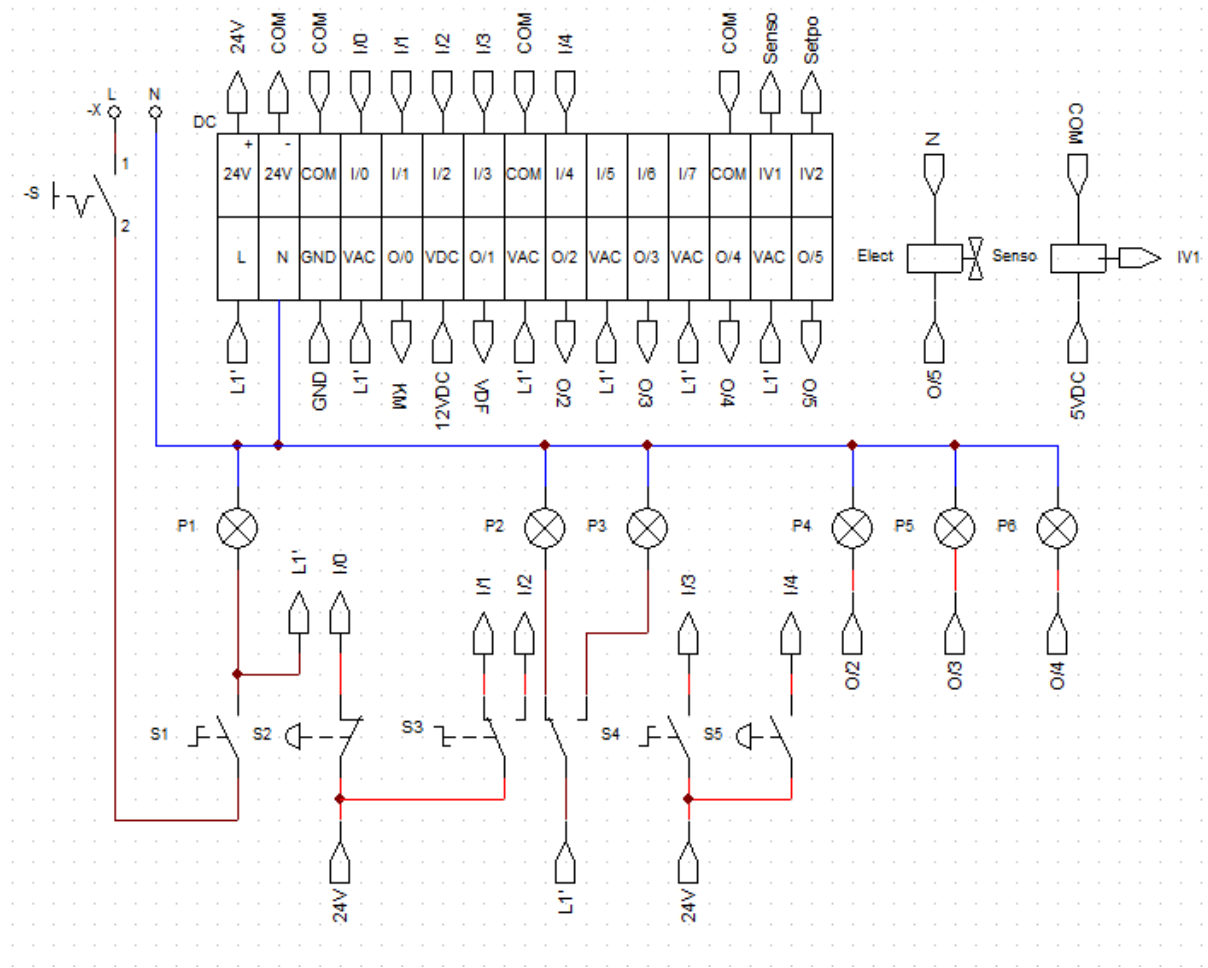
Moody Diagram



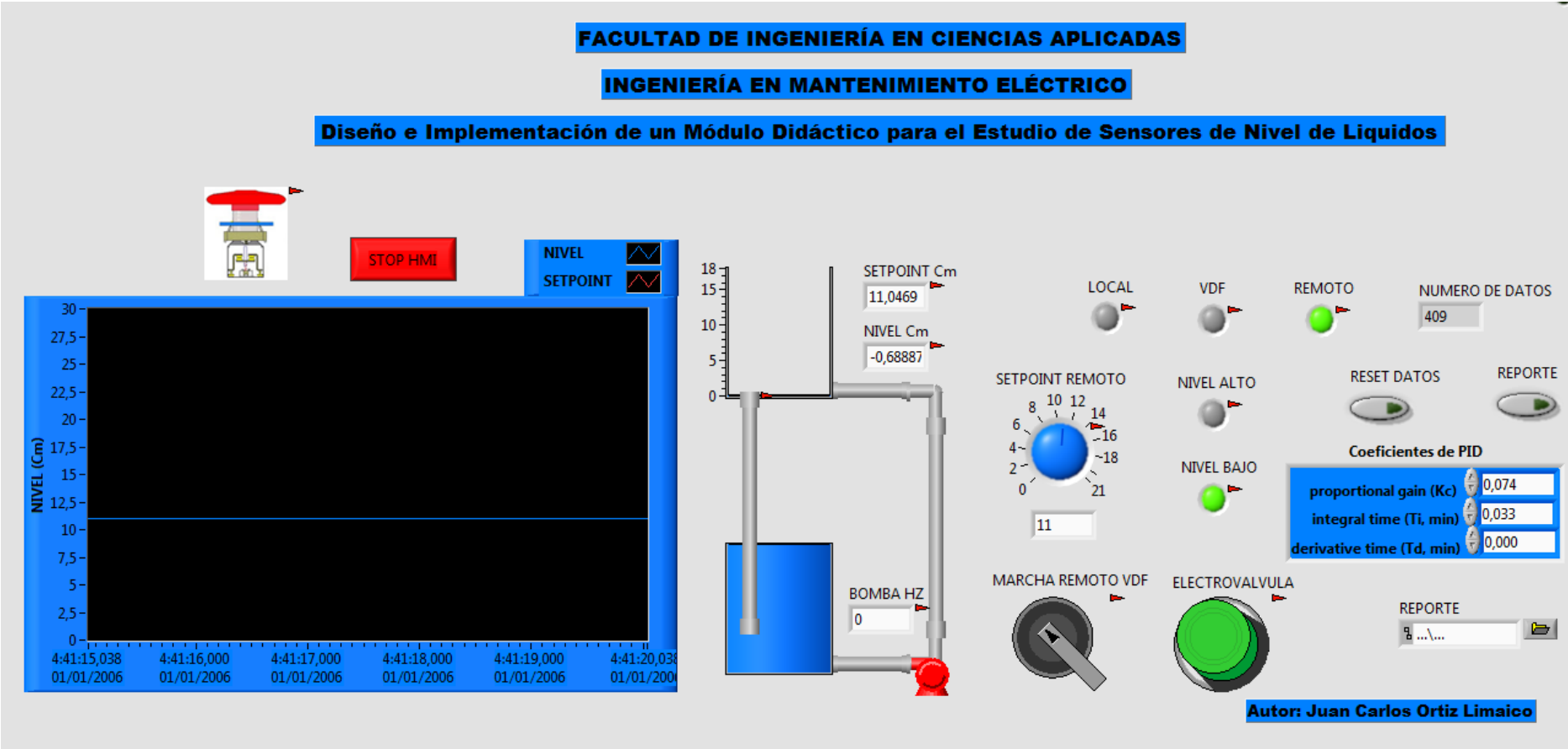
ANEXO D. DIAGRAMA DE FUERZA



ANEXO E. DIAGRAMA DE CONTROL

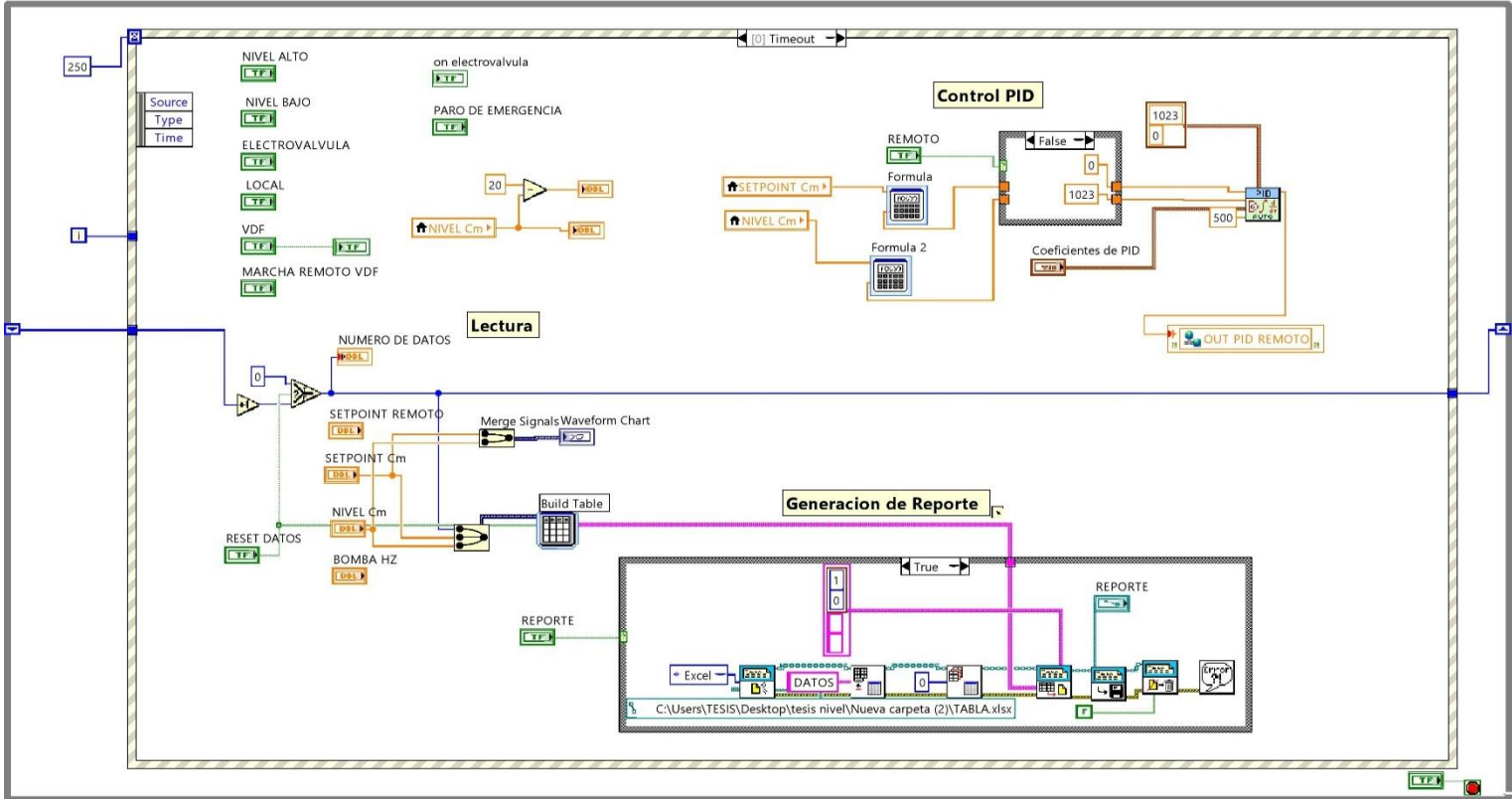


ANEXO F. PANEL FRONTAL DE LABVIEW



ANEXO G. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LABVIEW

Block Diagram



ANEXO H. LÍNEAS DE PROGRAMACIÓN





7TH

MUL
Multiply
Source A F8:5
1.093443E+018<
Source B N7:3
1015<
Dest F8:6
1.109845E+021<

0002

ENCENDIDO_VDF
B3:0
0

1_TERMINO

MUL
Multiply
Source A F8:6
1.109845E+021<
Source B -1.2256E-019
-1.2256E-019<
Dest F8:7
-136.0226<

2_TERMINO

MUL
Multiply
Source A F8:5
1.093443E+018<
Source B 2.5596E-016
2.5596E-016<
Dest F8:8
279.8777<

3_TERMINO

MUL
Multiply
Source A F8:3
1.077284E+015<
Source B -5.7273E-014
-5.7273E-014<
Dest F8:9
-61.69929<

4_TERMINO

MUL
Multiply
Source A F8:2
1.061364E+012<
Source B -2.4635E-010
-2.4635E-010<
Dest F8:10
-261.4669<

5_TERMINO

MUL
Multiply
Source A F8:1
1.045678E+009<
Source B 2.6432E-007
2.6432E-007<
Dest F8:11
276.3937<

6_TERMINO

MUL
Multiply
Source A F8:0
1030225.0<
Source B -0.00010329
-0.00010329<
Dest F8:12
-106.4119<

7_TERMINO

MUL	
Multiply	
Source A	N7:3 1015<
Source B	0.025864 0.025864<
Dest	F8:13 26.25196<

0003

ENCENDIDO_VDF
B3:0
0

1Y2

ADD
Add
Source A F8:7
-136.0226<
Source B F8:8
279.8777<
Dest F8:14
143.8551<

1Y2Y3

ADD
Add
Source A F8:14
143.8551<
Source B F8:9
-61.69929<
Dest F8:15
82.15586<

1Y2Y3Y4

ADD
Add
Source A F8:15
82.15586<
Source B F8:10
-261.4669<
Dest F8:16
-179.3111<

1Y2Y3Y4Y5

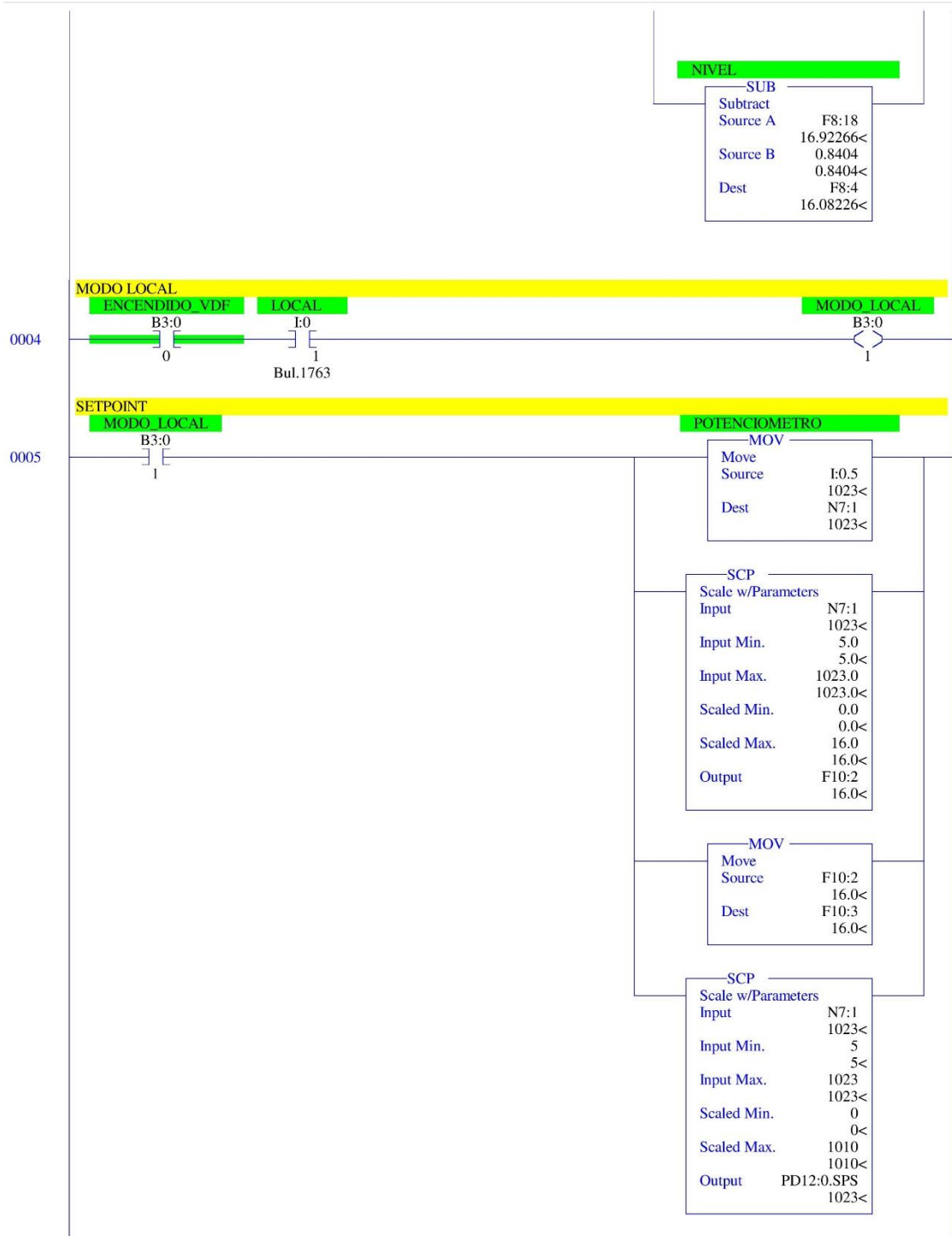
ADD
Add
Source A F8:16
-179.3111<
Source B F8:11
276.3937<
Dest F8:19
97.08264<

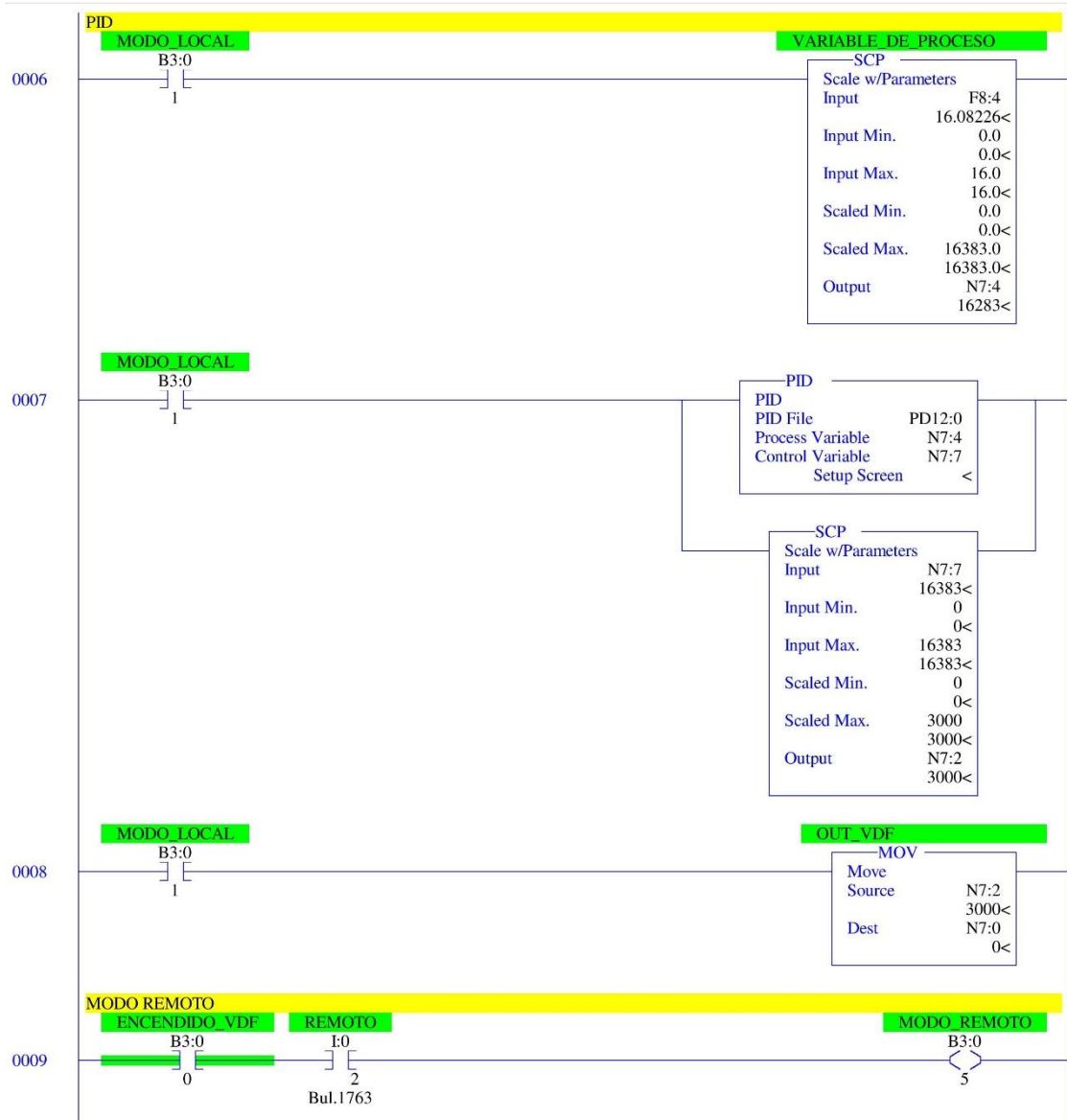
1Y2Y3Y4Y5Y6

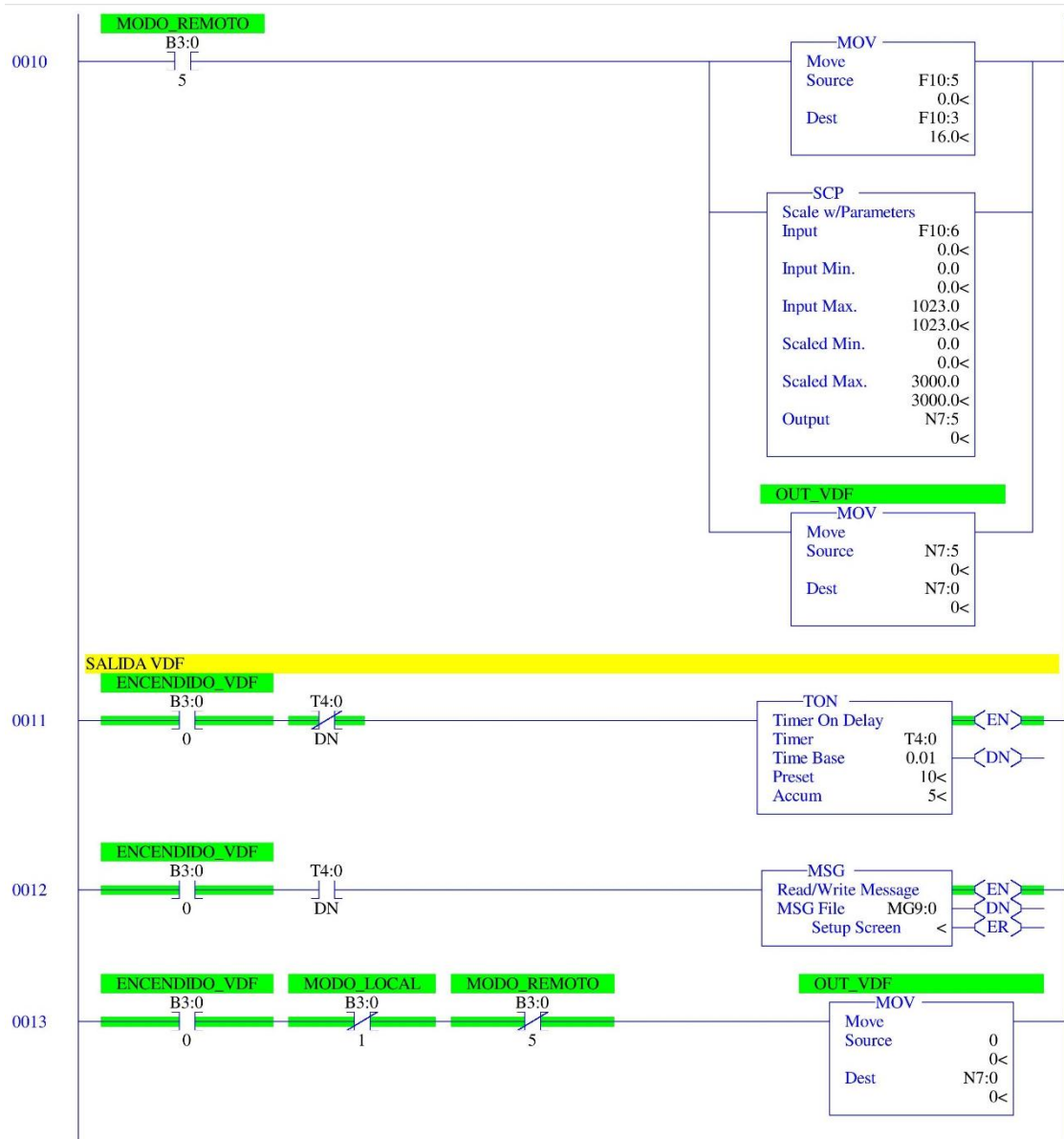
ADD
Add
Source A F8:19
97.08264<
Source B F8:12
-106.4119<
Dest F8:17
-9.3293<

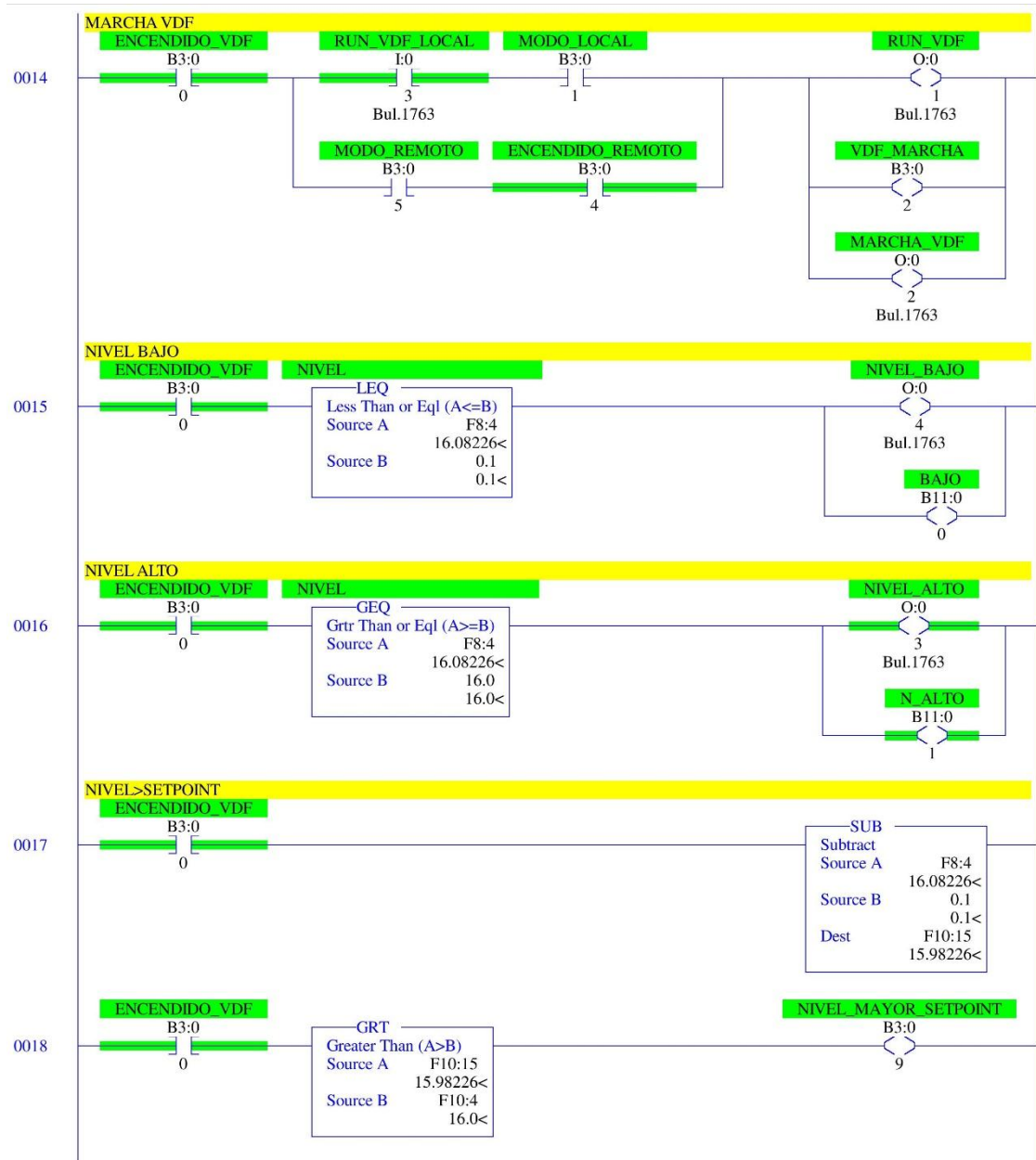
1Y2Y3Y4Y5Y6Y7

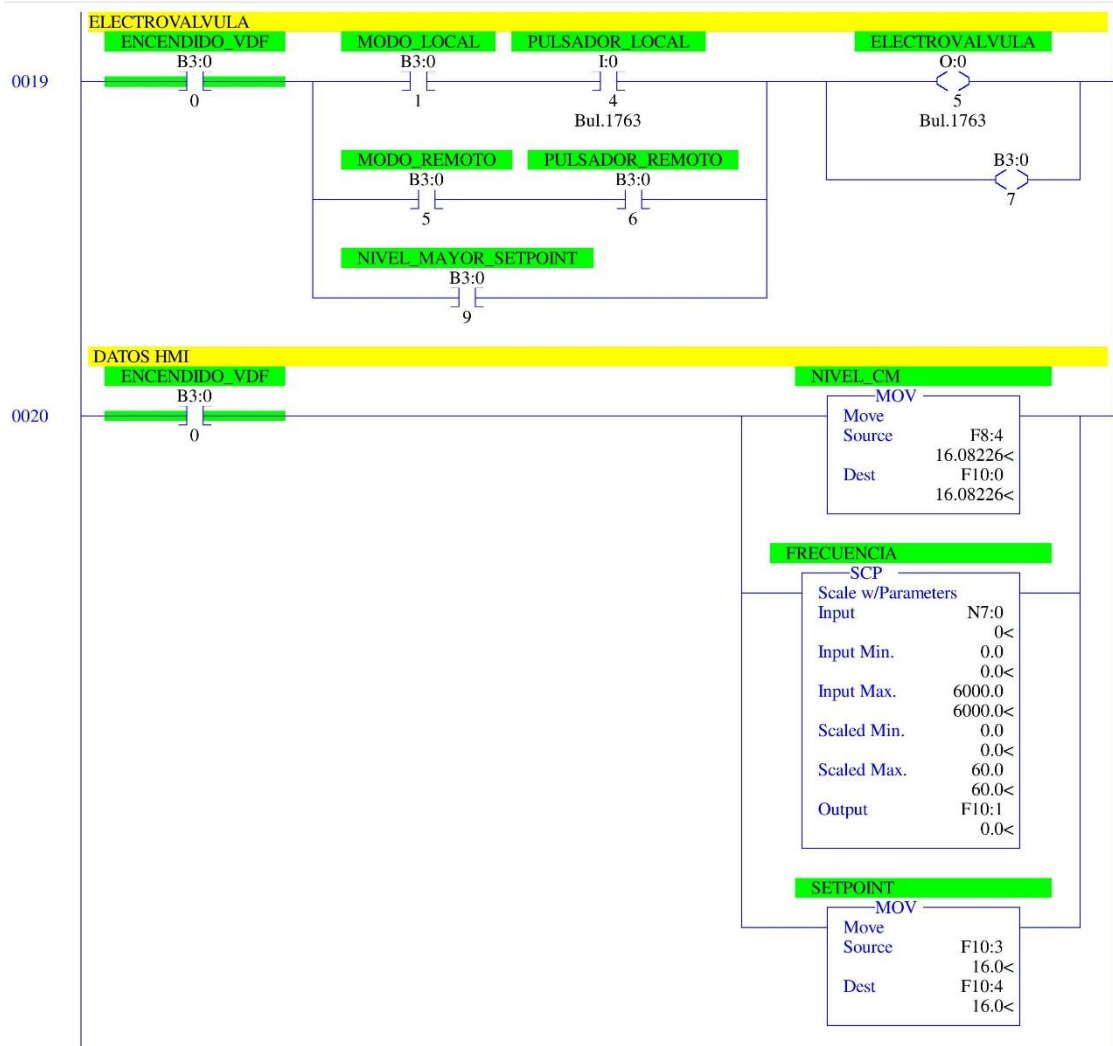
ADD
Add
Source A F8:17
-9.3293<
Source B F8:13
26.25196<
Dest F8:18
16.92266<

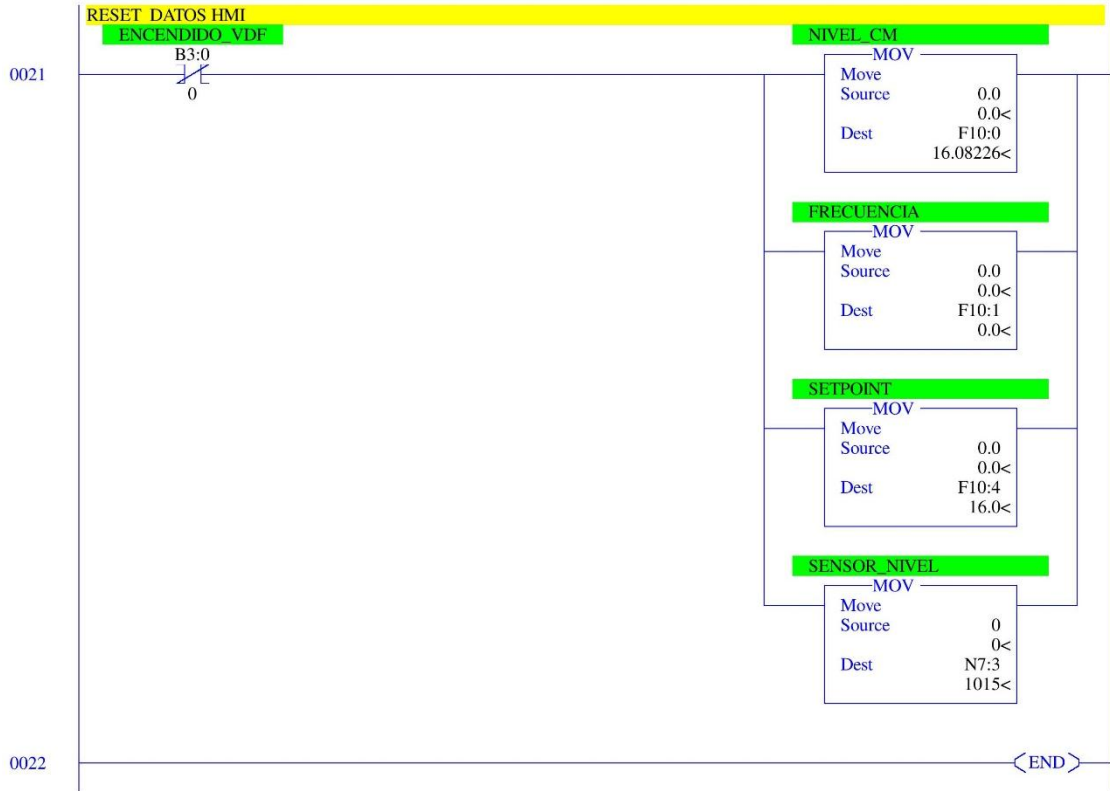






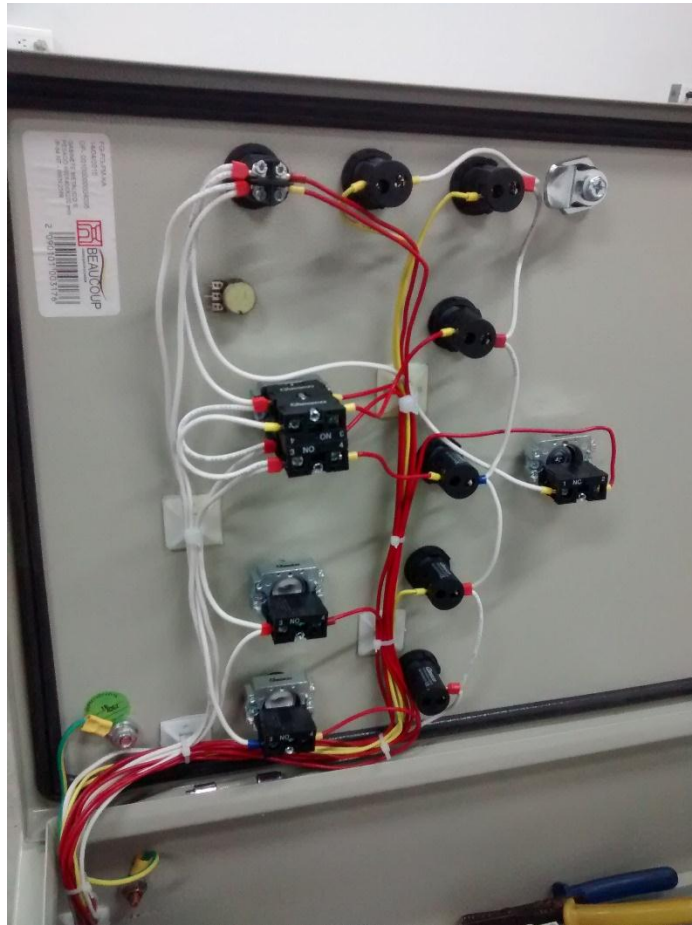


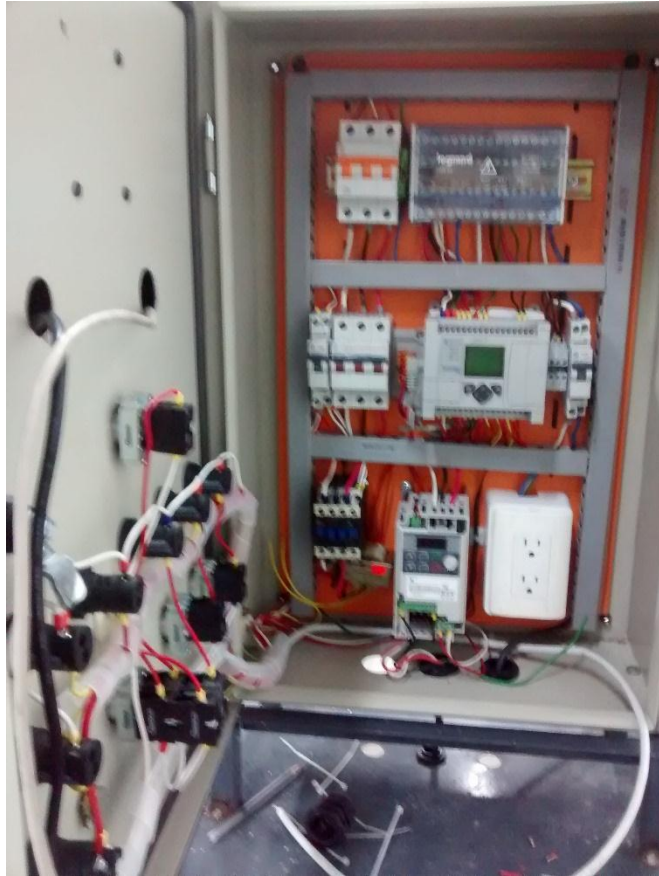




ANEXOS FOTOGRÁFICOS







UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
MODULO DIDÁCTICO PARA CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDO

MANUAL DE USUARIO

AUTOR:

JUAN CARLOS ORTIZ LIMAICO

Ibarra 2016

INDICE GENERAL

MANUAL DE USUARIO.....	128
INDICE GENERAL.....	129
INDICE DE FIGURAS.....	131
INDICE DE TABLAS.....	134
DESCRIPCIÓN DEL MODULO	135
1.1 BREAKER TRIFÁSICO.....	136
1.2 BARRAS TRIFÁSICA DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS.....	136
1.3 BREAKER TRIFÁSICO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.....	136
1.4 BREAKER MONOFÁSICO	136
1.5 BREAKER MONOFÁSICO DEL PLC	136
1.6 PLC ALLEN BRADLEY MICROLOGIX 1110.....	137
1.7 CABLE DE COMUNICACIÓN 485.....	138
1.8 CONTACTOR 110V.....	138
1.9 TOMACORRIENTE MONOFÁSICO	138
1.10 VARIADOR DE FRECUENCIA IE5.....	138
1.10.1 ESTRUCTURA INTERNA.	139
2. USO DEL MODULO DIDÁCTICO.....	140
2.1 ANTES DE INICIAR	140
2.2 PANEL FRONTAL DE PROGRAMACIÓN.....	140
2.3 COMUNICACIÓN DEL PLC CON EL COMPUTADOR	140
2.4 LA PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	147
2.3 CONFIGURACIÓN DEL NI OPC	157
2.3.1 ABRIR EL PROGRAMA OPC SERVER CONFIGURACIÓN.....	157
2.4 CONFIGURACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO EN LA VENTANA DE INICIO DE LABVIEW.....	163

2.5 IMPLEMENTACIÓN DEL HMI EN LABVIEW	166
2.5.1 LECTURAS, VISUALIZACIÓN DE DATOS.....	166
2.5.2 GENERACIÓN DE REPORTE DE DATOS.....	167
2.5.3 INDICADORES GRÁFICOS DE NIVEL.....	167
2.5.4 CONTROL PID	167
2.6 DIAGRAMA DE BLOQUES DE CONTROL DE NIVEL.....	168
2.7 PROCESO DE LINEALIDAD DE SEÑAL.....	168
2.8 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE NIVEL Y CÁLCULO DEL PID..	174
2.9 CALCULO DEL PID	178

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°. 1 Elementos del tablero de control	135
FIGURA N°. 2 MicroLogix 1100 (1763-L16BWA):.....	137
FIGURA N°. 3 Esquema general de cableado (1763-L16BWA).	137
FIGURA N°. 4 MicroLogix 1100 (1763-L16BWA):.....	138
FIGURA N°. 5 Variador de frecuencia IE5 ESTRUCTURA EXTERNA	139
FIGURA N°. 6 Variador de Frecuencia IE5, Estructura Interna.....	139
FIGURA N°. 7 Panel frontal	140
FIGURA N°. 8 Ventana de Panel de control	141
FIGURA N°. 9 Ventana de Redes de Internet.....	141
FIGURA N°. 10 Ventana de Centro Redes y recursos Compartidos	141
FIGURA N°. 11 Ventana de Conexiones de Internet	142
FIGURA N°. 12 Ventana de Propiedades de Internet	142
FIGURA N°. 13 Ventana de Propiedades Protocolo de Internet versión 4(TCP/IPv4)	142
FIGURA N°. 14 Ventana de BOOT/DHCP	143
FIGURA N°. 15 Ventana de BOOT/DHCP	143
FIGURA N°. 16 Ingreso de la Ip MAC del PLC	143
FIGURA N°. 17 Comunicación BOOTP/ DHCP	144
FIGURA N°. 18 Ventana RSlinx Classic	144
FIGURA N°. 19 Comunicación exitosa entre el PLC y el Computador	145
FIGURA N°. 20 Ventana de RSLogix Micro	145
FIGURA N°. 21 Ventana de Select Processor Type	145
FIGURA N°. 22 Channel Configuration	146
FIGURA N°. 23 Ventana de Channel Configuration.....	146
FIGURA N°. 24 Ventana Channel Configuration.....	147
FIGURA N°. 25 Ventana Channel Configuration.....	147
FIGURA N°. 26 Programación del PLC.....	148
FIGURA N°. 27 Programación del PLC.....	149
FIGURA N°. 28 Programación del PLC.....	150
FIGURA N°. 29 Programación del PLC.....	151
FIGURA N°. 30 Programación del PLC.....	152
FIGURA N°. 31 Programación del PLC.....	153

FIGURA N ^o . 32 Programación del PLC.....	154
FIGURA N ^o . 33 Programación del PLC.....	155
FIGURA N ^o . 34 Programación del PLC.....	156
FIGURA N ^o . 35 Programación del PLC.....	157
FIGURA N ^o . 36 Creación de un New Channel.....	157
FIGURA N ^o . 37 Configuración de Channel name	158
FIGURA N ^o . 38 Selección del PLC y comunicación.....	158
FIGURA N ^o . 39 New Channel – Network Interface	159
FIGURA N ^o . 40 Ventana New Channel – Write Optimization.....	159
FIGURA N ^o . 41 Ventana creación New Device.....	160
FIGURA N ^o . 42 Ventana Device model.....	160
FIGURA N ^o . 43 Ventana Device ID – dirección Ip del PLC.....	161
FIGURA N ^o . 44 Ventana New Device – Scan Mode	161
FIGURA N ^o . 45 Ventana Tag Properties.....	162
FIGURA N ^o . 46 Ventana Create Project.	163
FIGURA N ^o . 47 Ventana New Library	163
FIGURA N ^o . 48 Ventana New I/O Server	164
FIGURA N ^o . 49 Ventana Create I/O Server	164
FIGURA N ^o . 50 Ventana Configure OPC Cliente I/O Server.....	165
FIGURA N ^o . 51 Ventana creación New VI	165
FIGURA N ^o . 52 Ventana New VI.....	166
FIGURA N ^o . 53 Ventana de lectura de datos.....	166
FIGURA N ^o . 54 Ventana de generación de reportes	167
FIGURA N ^o . 55 Ventana de indicadores gráficos	167
FIGURA N ^o . 56 Ventana bloque de PID.....	168
FIGURA N ^o . 57 Diagrama de bloques de control de Nivel.....	168
FIGURA N ^o . 58 Ventana creación New workspace	170
FIGURA N ^o . 59 Ventana de variables New workspace.....	171
FIGURA N ^o . 60 Ventana inserción datos de las variables creadas.....	171
FIGURA N ^o . 61 Inserción de datos	172
FIGURA N ^o . 62 Ventana de linealidad del sensor.....	172
FIGURA N ^o . 63 Ventana selección de Basic Fitting.....	173
FIGURA N ^o . 64 Ventana selección de Basic Fitting.....	173
FIGURA N ^o . 65 Curva de linealidad del sensor vs setpoint	174

FIGURA N°. 66 Datos de setpoint y nivel.....	174
FIGURA N°. 67 Ingreso de datos de Nivel y Setpoint.....	175
FIGURA N°. 68 Ventana de System Identification	175
FIGURA N°. 69 Ventana de Time Domain Data	175
FIGURA N°. 70 Ventana Import Data.....	176
FIGURA N°. 71 Ventana de selección Quick Start.....	176
FIGURA N°. 72 Ventana Transfer Function Models	177
FIGURA N°. 73 Ventana de ingreso de polos y ceros	177
FIGURA N°. 74 Ventana de función de transferencia	178
FIGURA N°. 75 Ventana de ingreso de bloques	179
FIGURA N°. 76 Ventana de ingreso de valores de la función de transferencia.....	179
FIGURA N°. 77 Ventana de simulink	180
FIGURA N°. 78 Ventana de PID	180
FIGURA N°. 79 Ventana PID Tuner	181
FIGURA N°. 80 Ventana de PID refinado	181
FIGURA N°. 81 Ventana PID Tuner	181

INDICE DE TABLAS

TABLA N°. 1 Descripción de los componentes del tablero de control.....	136
TABLA N°. 2 Comparación de la señal del sensor vs señal de nivel	169

DESCRIPCIÓN DEL MODULO

- **Descripción**

El presente modulo didáctico de control de nivel de líquidos tiene como objetivo brindar aprendizaje a los estudiantes de la carrera de Ing. En Mantenimiento Eléctrico en sistemas de control e instrumentación utilizando variables en tiempo real mediante una comunicación gráfica en la plataforma de labVIEW y junto a una calibración de variables de PID del sistema.

- **Elementos**



FIGURA Nº. 1 Elementos del tablero de control

TABLA N°. 1 Descripción de los componentes del tablero de control.

1	Breaker principal 6A	6	PLC Allen Bradley MicroLogix 1110
2	Barras trifásica de distribución	7	Cable de comunicación 485
3	Breaker trifásico del variador de frecuencia	8	Contactador 110V
4	Breaker monofásico	9	Tomacorriente
5	Breaker monofásico del PLC	10	Variador de frecuencia iE5

1.1 BREAKER TRIFÁSICO

El módulo didáctico necesita de una conexión de 330V de corriente alterna para energizar a la barra de distribución y cada una de sus cargas.

1.2 BARRAS TRIFÁSICA DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS

Es un elemento de distribución de cargas consta de cuatro barras, tres son para distribución de las fases y una barra de neutro. La cual reparte a cada uno de los circuitos que integran el módulo

1.3 BREAKER TRIFÁSICO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Breaker trifásico es un dispositivo de protección para el variador de frecuencia

1.4 BREAKER MONOFÁSICO

Breaker monofásico para protección de los equipos a conectarse en el modulo

1.5 BREAKER MONOFÁSICO DEL PLC

Breaker monofásico para protección del PLC

1.6 PLC ALLEN BRADLEY MICROLOGIX 1110

El PLC Allen Bradley MicroLogix 1100 (1763-L16BWA), cuenta con 12 entradas (6 a 24v DC, 4 de alta velocidad a 24v DC, 2 analógicas de 0-10v DC), 6 salidas tipo relé, una alimentación de 100v-240v AC y una fuente de voltaje de 24v DC a 250 mA. Este PLC cumple satisfactoriamente con las necesidades que requiere el sistema para su correcto funcionamiento.



FIGURA Nº. 2 MicroLogix 1100 (1763-L16BWA):

Fuente: (Manual de usuario MicroLogix 1100)

Esquema de conexiones internas del PLC MicroLogix 1100 (1763-L16BWA)

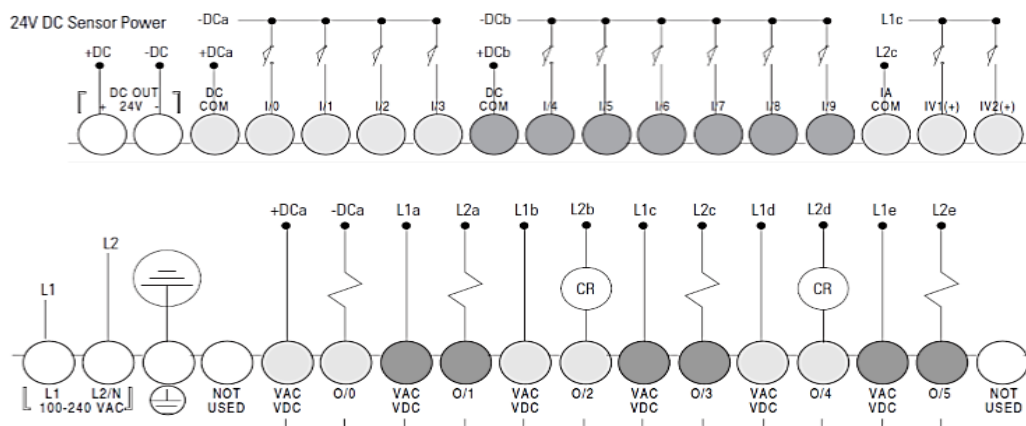


FIGURA Nº. 3 Esquema general de cableado (1763-L16BWA).

Fuente: (Manual de usuario MicroLogix 1100)

1.7 CABLE DE COMUNICACIÓN 485

Según National Instruments: la comunicación RS-485 es una mejora significativa sobre RS-422 y la RS- 232 ya que se incrementa el número de dispositivos que se pueden conectar (de 10 a 32) y define las características necesarias para asegurar los valores adecuados de voltaje cuando se tiene la carga máxima.



FIGURA N.º 4 MicroLogix 1100 (1763-L16BWA):
Fuente: (Manual de usuario MicroLogix 1100)

1.8 CONTACTOR 110V

Contactador monofásico enclava y desenclava el variador de frecuencia con la activación del paro de emergencia deja de funcionar la bomba de agua que es lo principal en el sistema de control de nivel de agua.

1.9 TOMACORRIENTE MONOFÁSICO

Se lo utiliza para alimentación del computador cuando el sistema está en modo remoto.

1.10 VARIADOR DE FRECUENCIA IE5

Es un dispositivo trifásico que sirve para controlar la frecuencia de un motor, el dispositivo cuenta con una comunicación 485 a dos hilos, cuenta con una

comunicación para módulo de expansión o de potenciómetro y con una salida analógica a 12VDC.



FIGURA Nº. 5 Variador de frecuencia IE5 ESTRUCTURA EXTERNA
Fuente: (Manual de Guía)

1.10.1 Estructura interna.

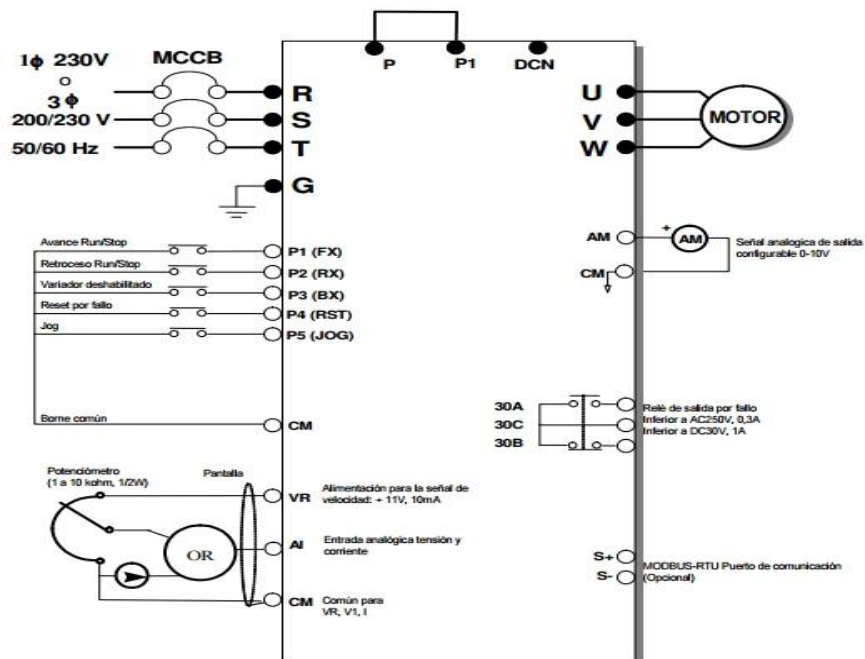


FIGURA Nº. 6 Variador de Frecuencia IE5, Estructura Interna.

Fuente: (Manual de guía)

2. USO DEL MODULO DIDÁCTICO

2.1 ANTES DE INICIAR

El computador en el cual vaya a conectar el módulo debe estar instalado **LabVIEW**, **Matlab**, **RSLink Classic** y el **BOOTP DHCP Server** para realizar la comunicación del PLC con el computador y el **RS MicroLogix** para la programación en lenguaje Ladder.

2.2 PANEL FRONTAL DE PROGRAMACIÓN

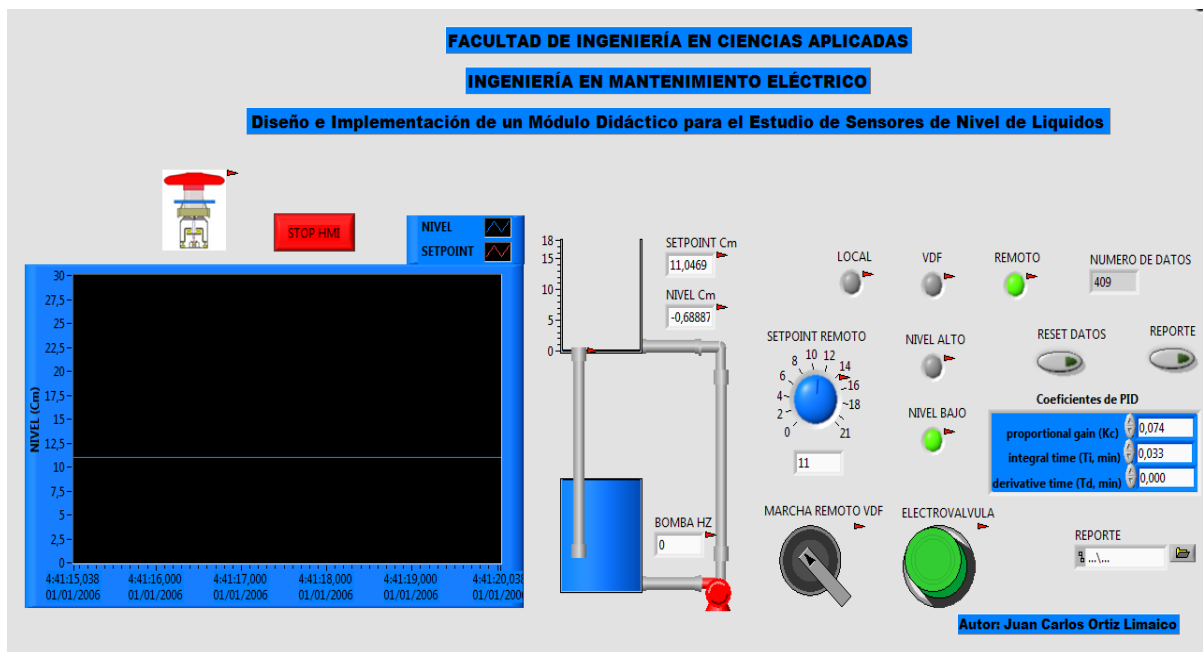


FIGURA Nº. 7 Panel frontal

2.3 COMUNICACIÓN DEL PLC CON EL COMPUTADOR

Antes de comenzar a programar hay que ingresar en el programa RSLink Classic para obtener la comunicación entre el PLC y el computador se procede de la siguiente manera: ingresamos al **Panel de Control** del computador, una vez abierta la ventana se elige **Redes e Internet** de acuerdo al siguiente diagrama.

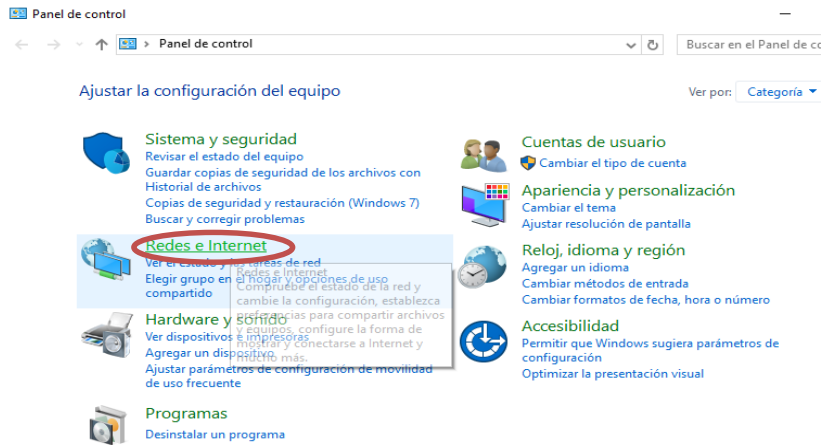


FIGURA Nº. 8 Ventana de Panel de control

Se Ingresa a **Centro Redes y recursos Compartidos** en la opción **Ver el estado y las tareas de red**

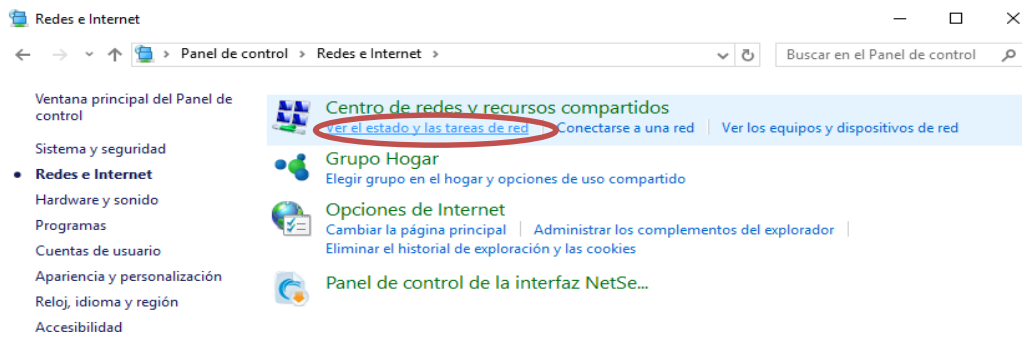


FIGURA Nº. 9 Ventana de Redes de Internet

Se selecciona **Cambiar Configuración del Adaptador**

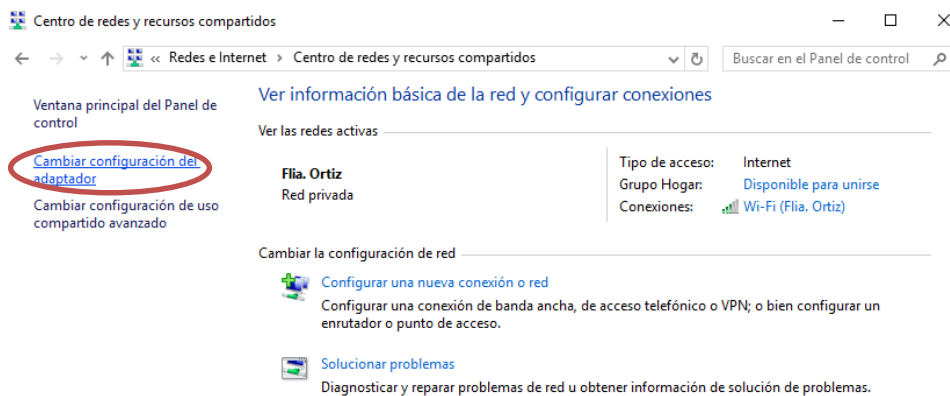


FIGURA Nº. 10 Ventana de Centro Redes y recursos Compartidos

En esta ventana se elige la opción **Ethernet**

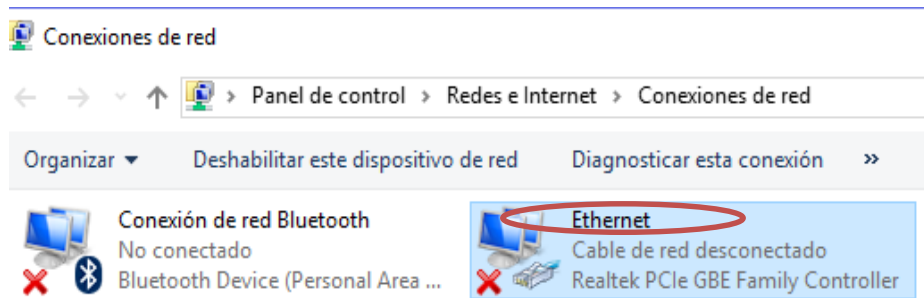


FIGURA N.º 11 Ventana de Conexiones de Internet

Se selecciona la opción **Protocolo de Internet versión 4(TCP/IPv4)**

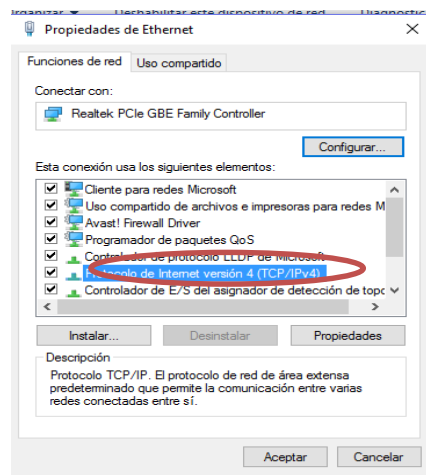


FIGURA N.º 12 Ventana de Propiedades de Internet

Y se procede a ingresa de la dirección Ip del computador en este caso **192.168.111.11** y la **255.255.255.0** y se selecciona aceptar.

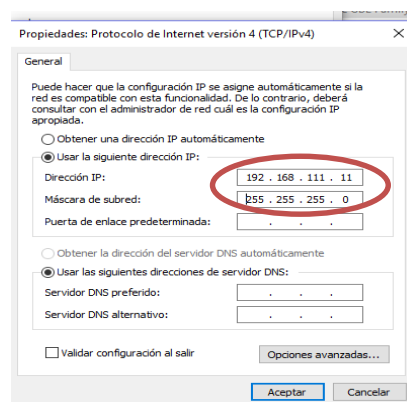


FIGURA N.º 13 Ventana de Propiedades Protocolo de Internet versión 4(TCP/IPv4)

Abrir el programa **BOOT/DHCP** server tool y se ingresa nuevamente las direcciones anteriores y seleccionamos y se pincha OK.

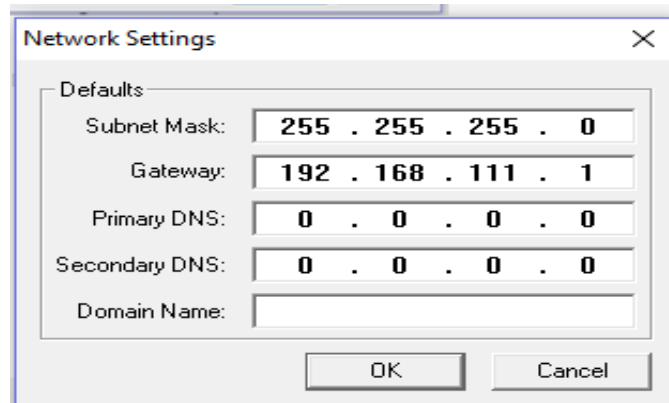


FIGURA Nº. 14 Ventana de BOOT/DHCP

En esta ventana se selecciona **New**

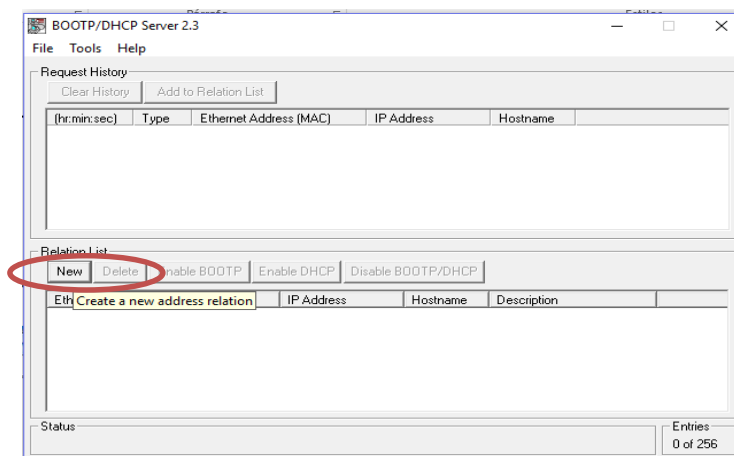


FIGURA Nº. 15 Ventana de BOOT/DHCP

Se ingresa la dirección **Ethernet (MAC)** que se encuentra en el PLC y se le asigna una dirección Ip al PLC **192.168.111.2** y se presiona ok.

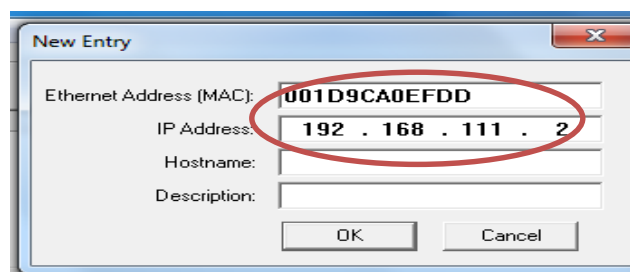


FIGURA Nº. 16 Ingreso de la Ip MAC del PLC

Ventana de comunicación BOOTP/DHCP

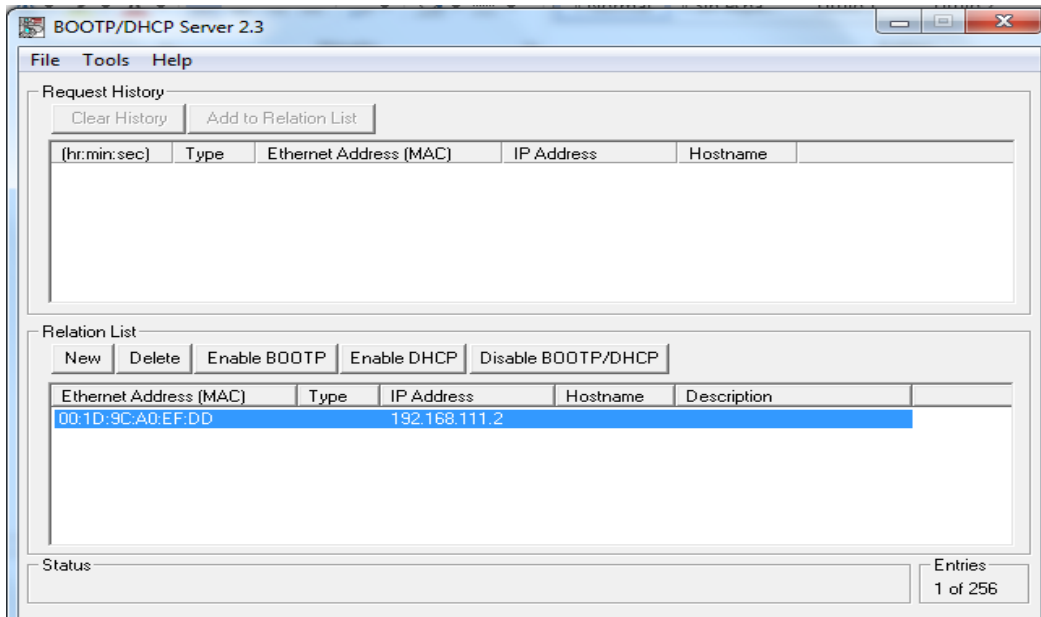


FIGURA N°. 17 Comunicación BOOTP/ DHCP

Abrir el programa RSlinx Classic que se encuentra en el computador, para confirmar si exista una comunicación y hacer un clic en Communications >> RSWho

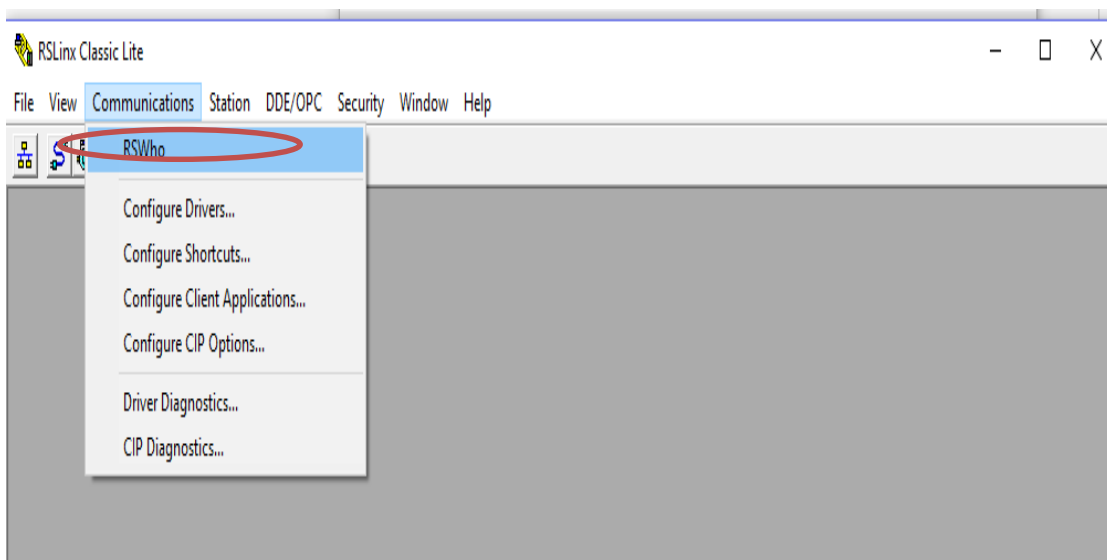


FIGURA N°. 18 Ventana RSlinx Classic

Se puede apreciar que ya existe de comunicación exitosa entre el PLC y el computador.

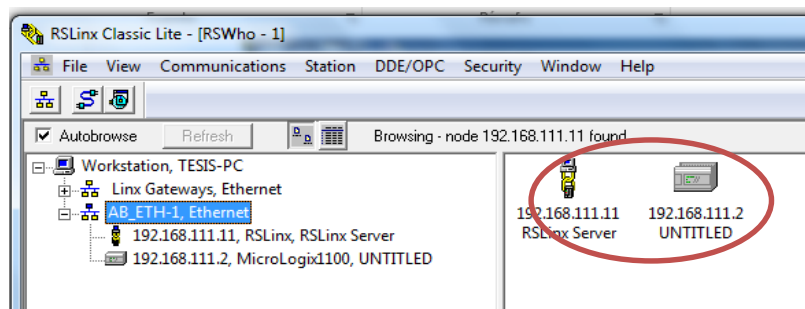


FIGURA Nº. 19 Comunicación exitosa entre el PLC y el Computador

Abrir el programa RSLogix Micro para proceder a la programación. Una vez abierta la ventana del programa pinchamos en **File** seguidamente en **New**

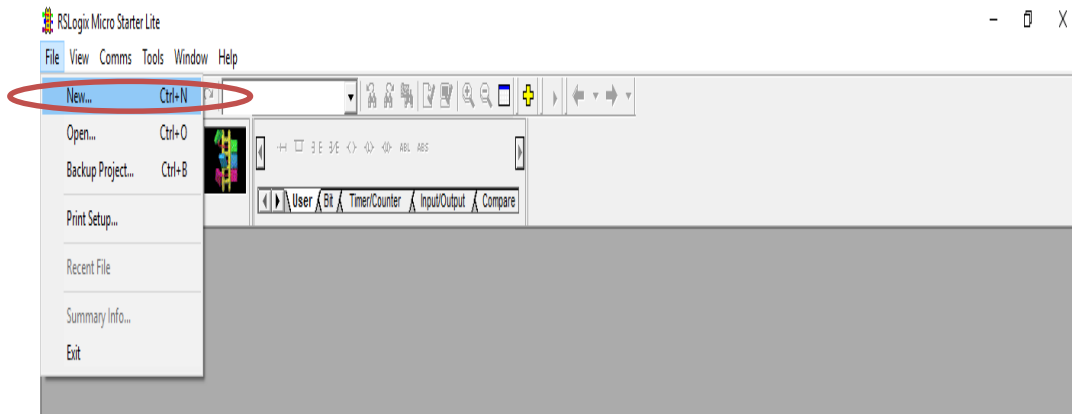


FIGURA Nº. 20 Ventana de RSLogix Micro

Seleccionar la serie del PLC en este caso es el **MicroLogix 1100 serie B** y presionar OK.

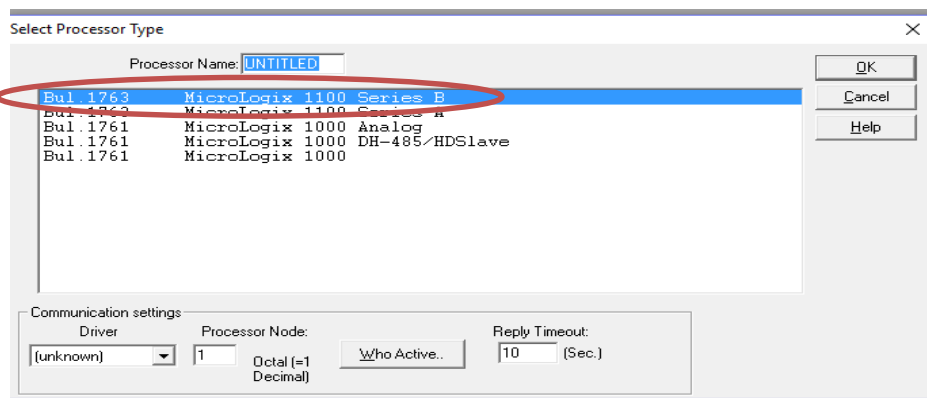


FIGURA Nº. 21 Ventana de Select Processor Type

Antes de realizar un programa en el PLC se debe configurar el channel 0 y 1 En el Channel 0 se configuran los siguientes parámetros:

Driver >> seleccionar **Modbus RTU Master**, esta es la comunicación que utilizará y presionar **Aceptar**

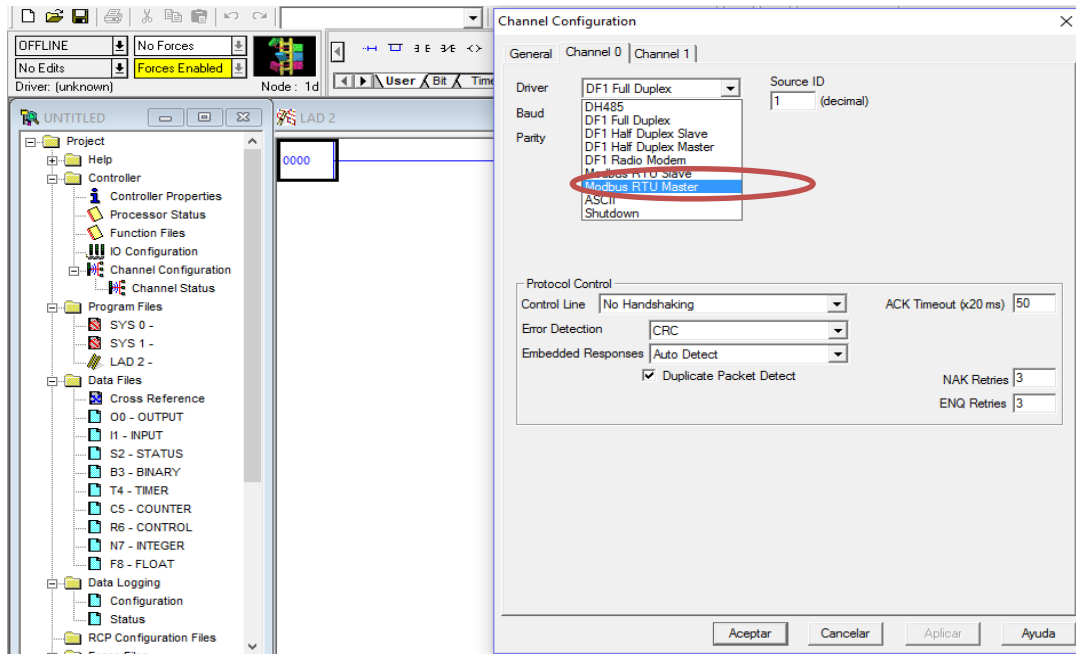


FIGURA Nº. 22 Channel Configuration

Seleccionar la opción **Baud** y cambiar el valor de **19200 a 9600** y pinchar en Aceptar

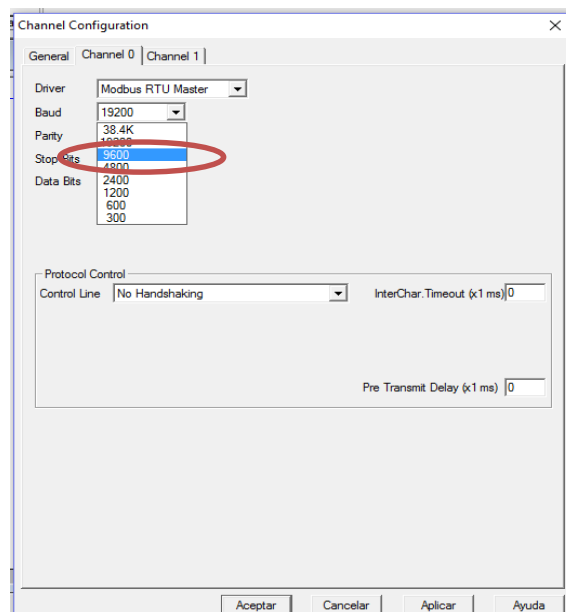


FIGURA Nº. 23 Ventana de Channel Configuration

Modificar la opción **Control Line** y se seleccionar **No Handshaking (485 Network)** y hacer click en aceptar.

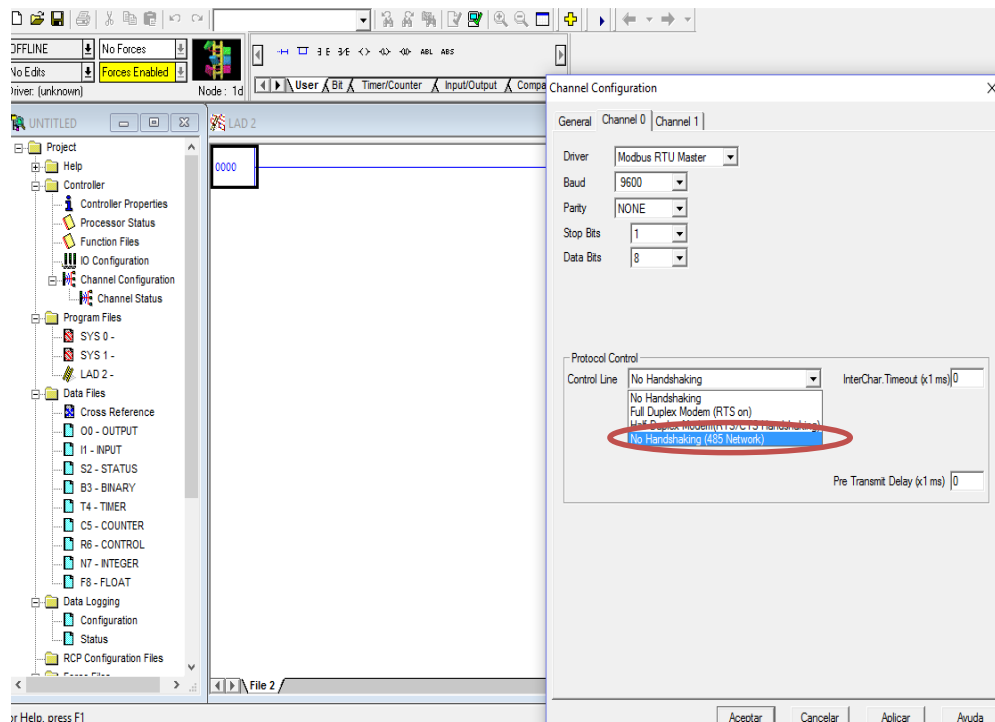


FIGURA N°. 24 Ventana Channel Configuration

Configurar el Channel 1, donde se ingresan los valores de IP anteriores **192.168.111.2** y la **255.255.255.0**

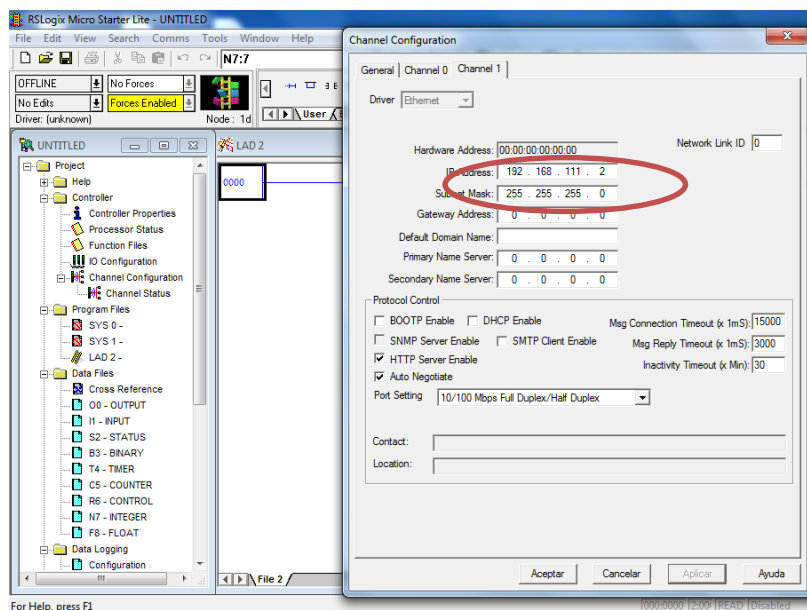


FIGURA N°. 25 Ventana Channel Configuration

2.4 La programación del PLC

Se realizó en el programa RSLogix Micro Starter, creando un programa de control en lenguaje de esquema de contactos o también llamado lógica de escalera (Ladder).

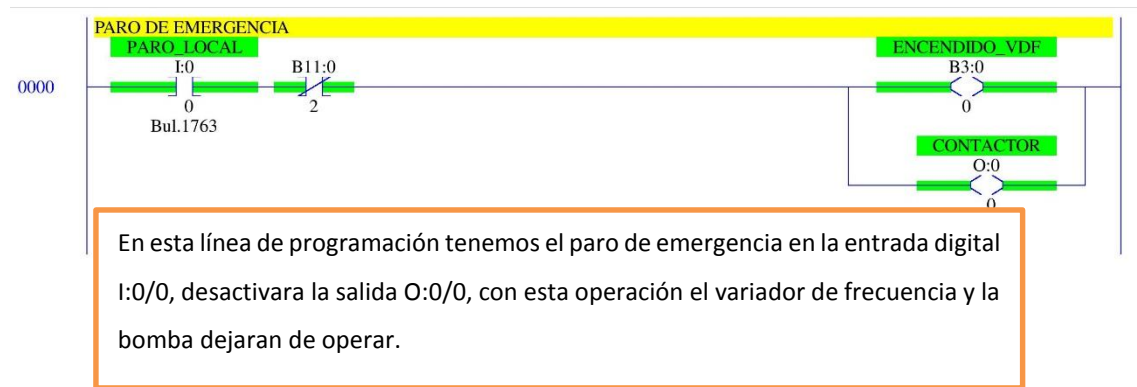


FIGURA Nº. 26 Programación del PLC

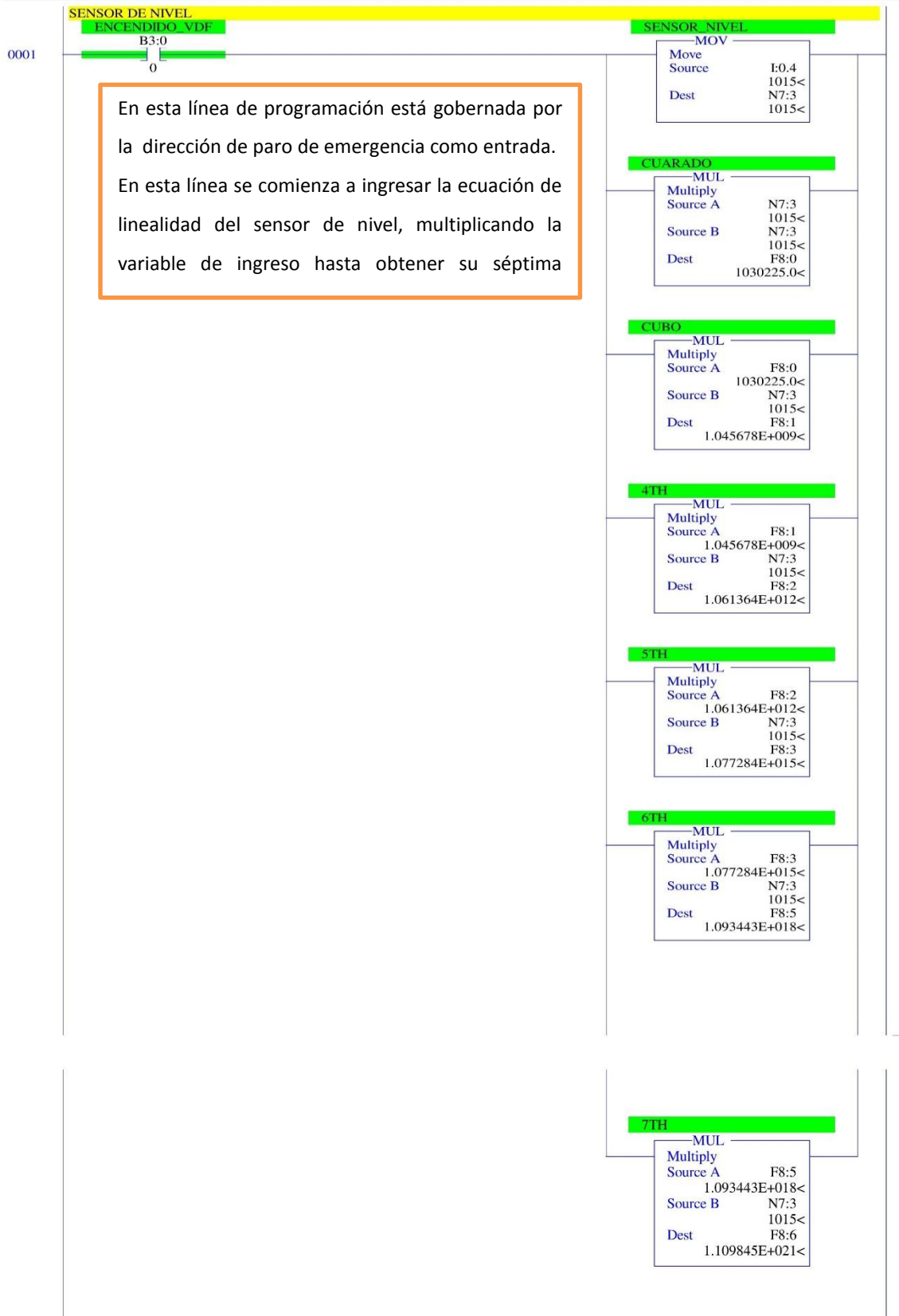


FIGURA N°. 27 Programación del PLC

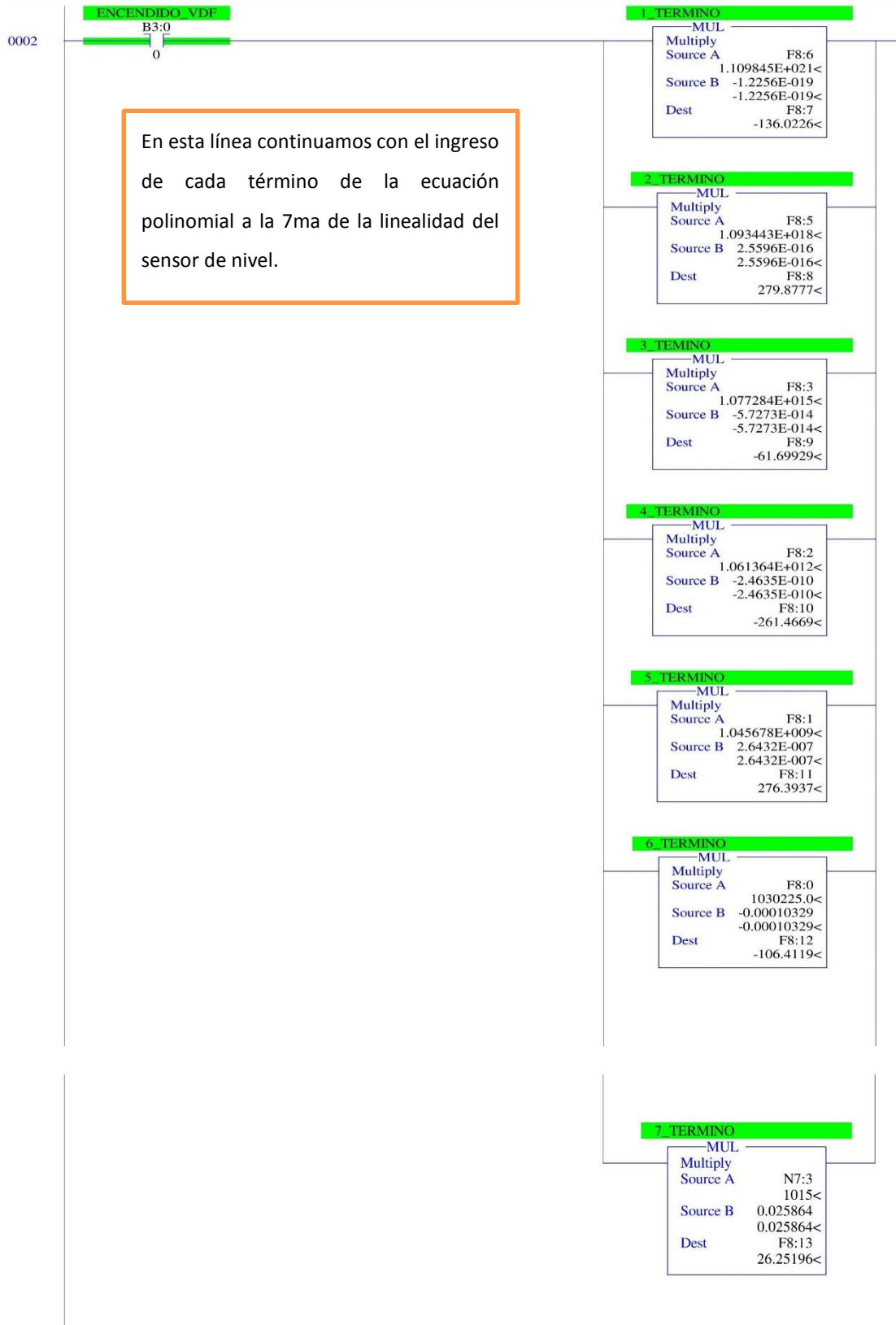


FIGURA N°. 28 Programación del PLC

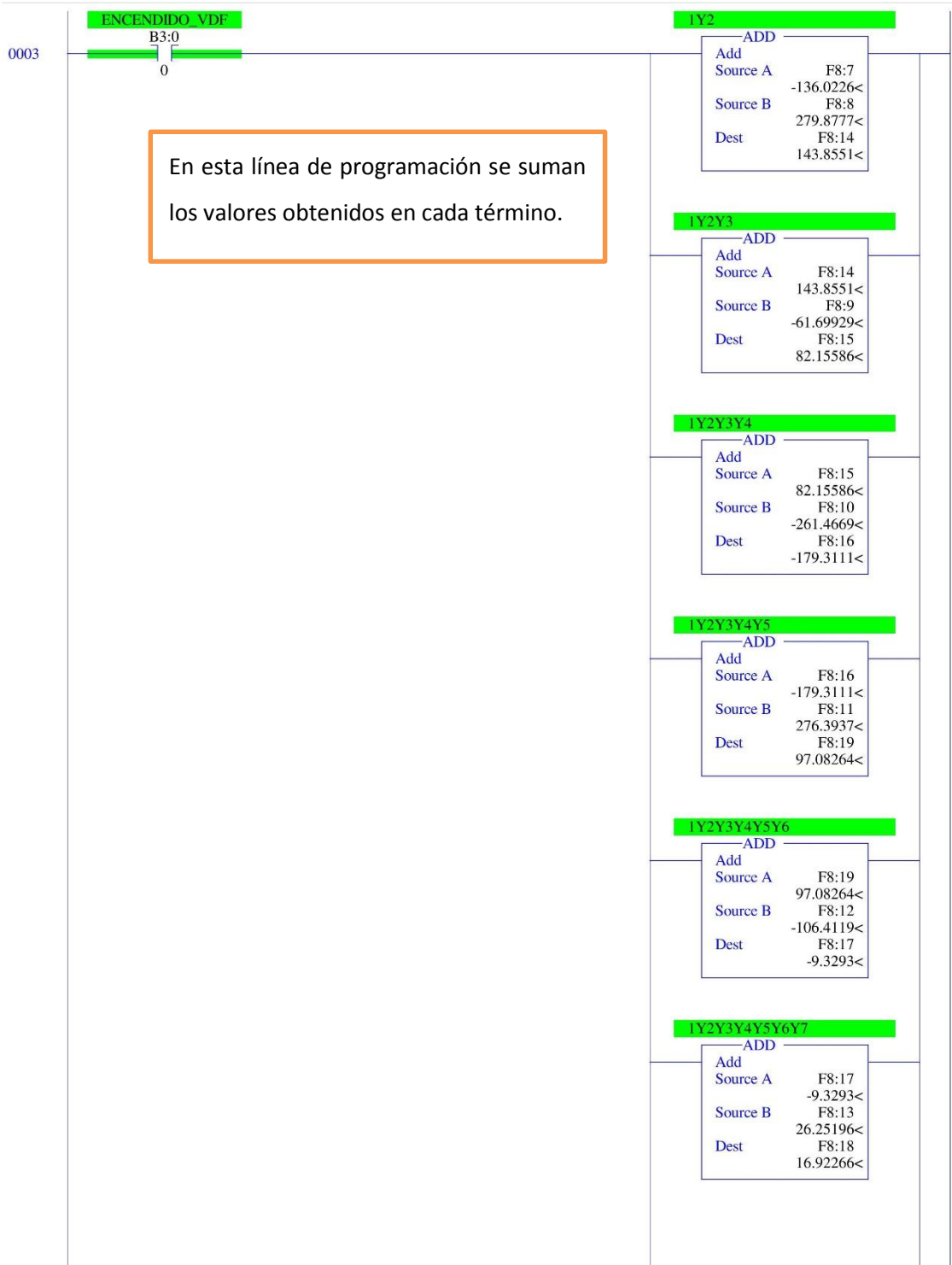


FIGURA Nº. 29 Programación del PLC

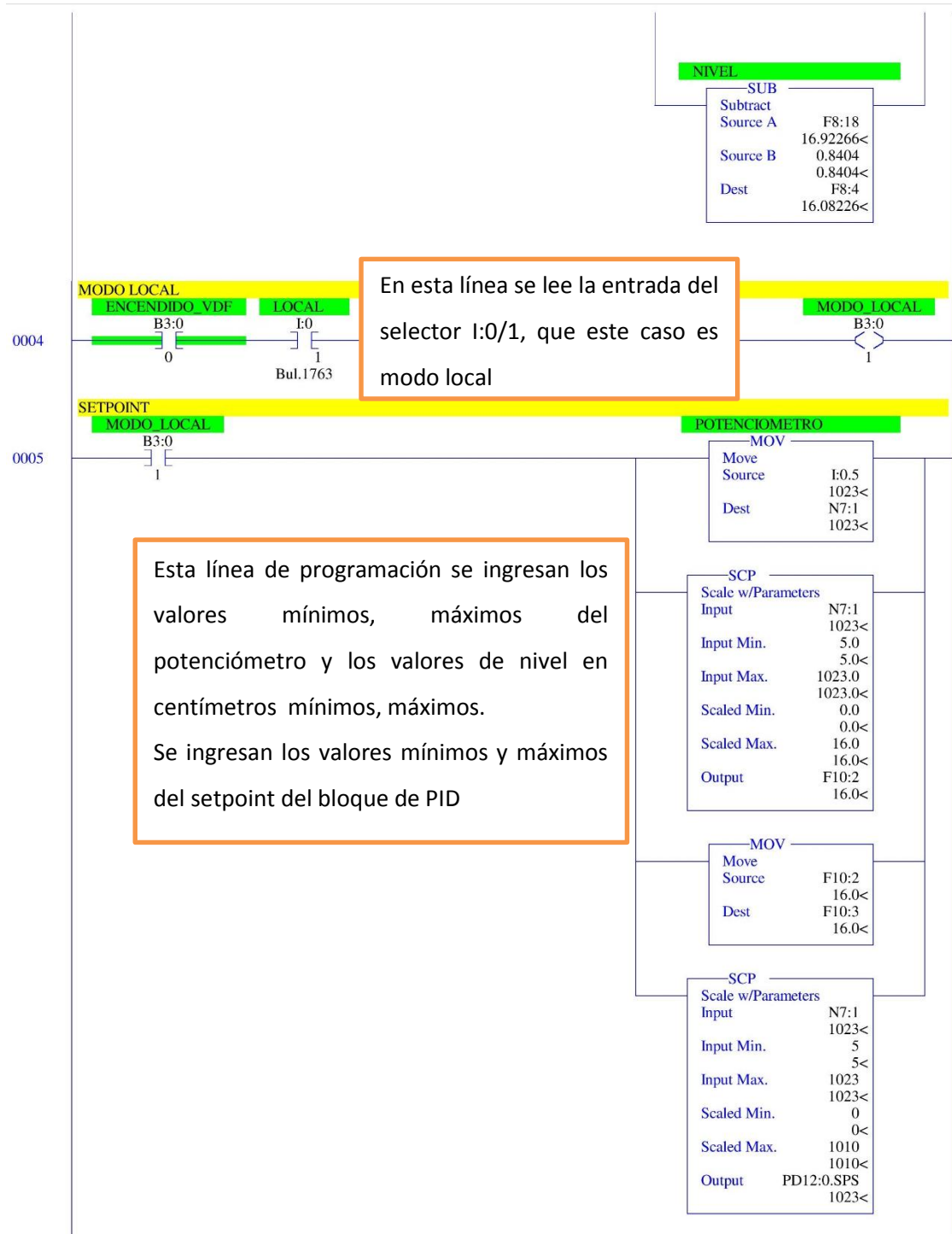


FIGURA Nº. 30 Programación del PLC

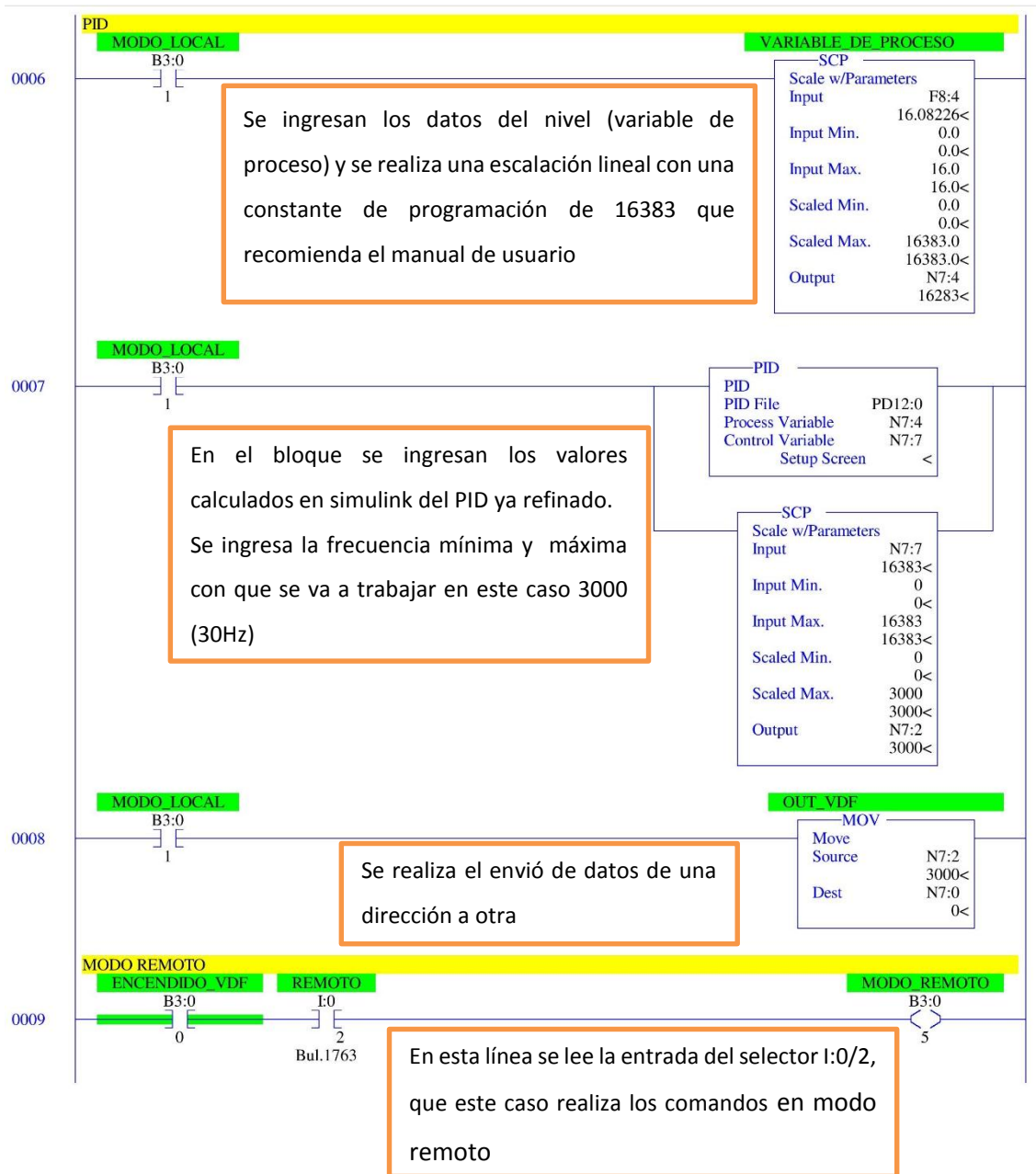


FIGURA Nº. 31 Programación del PLC

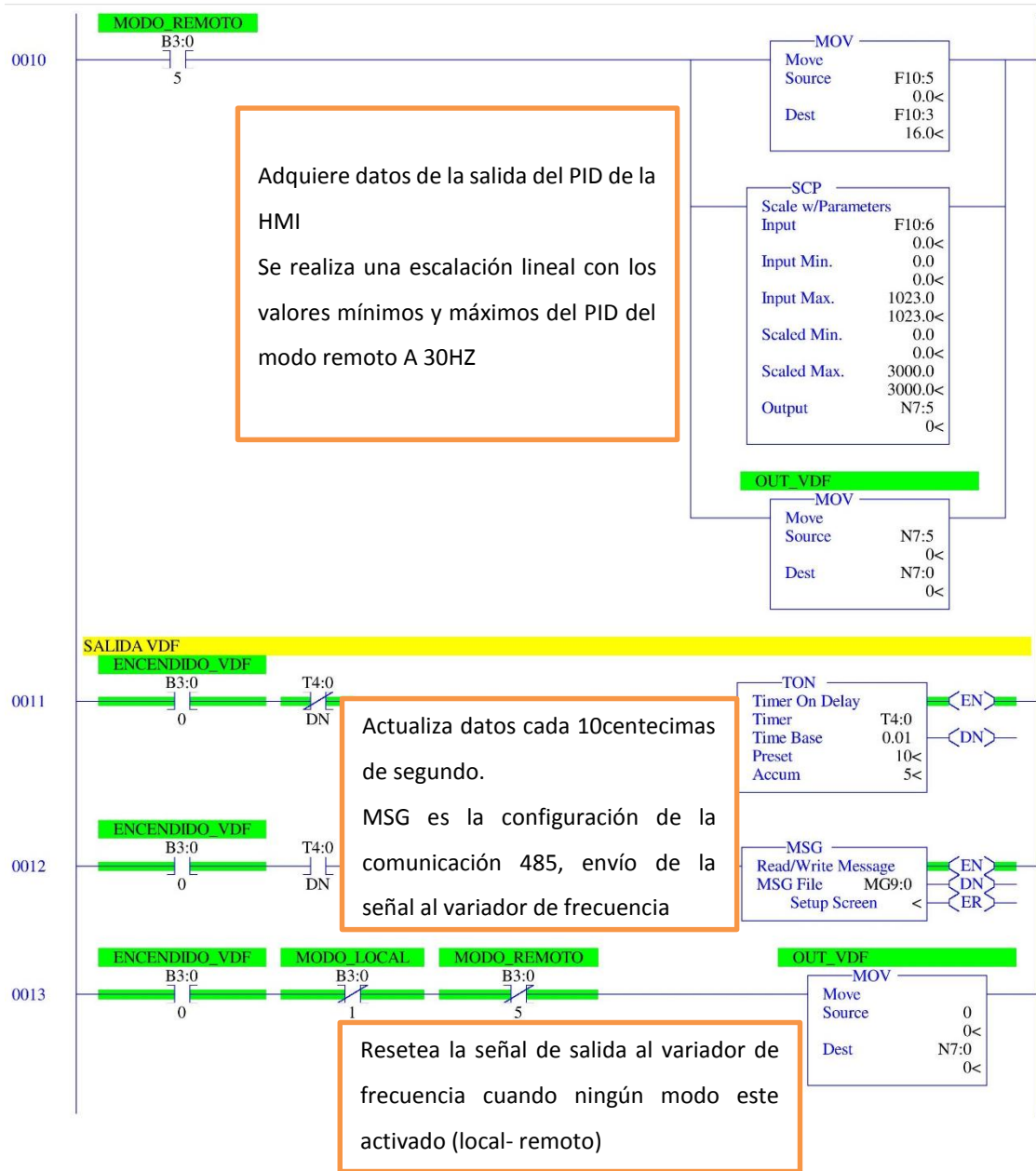


FIGURA Nº. 32 Programación del PLC

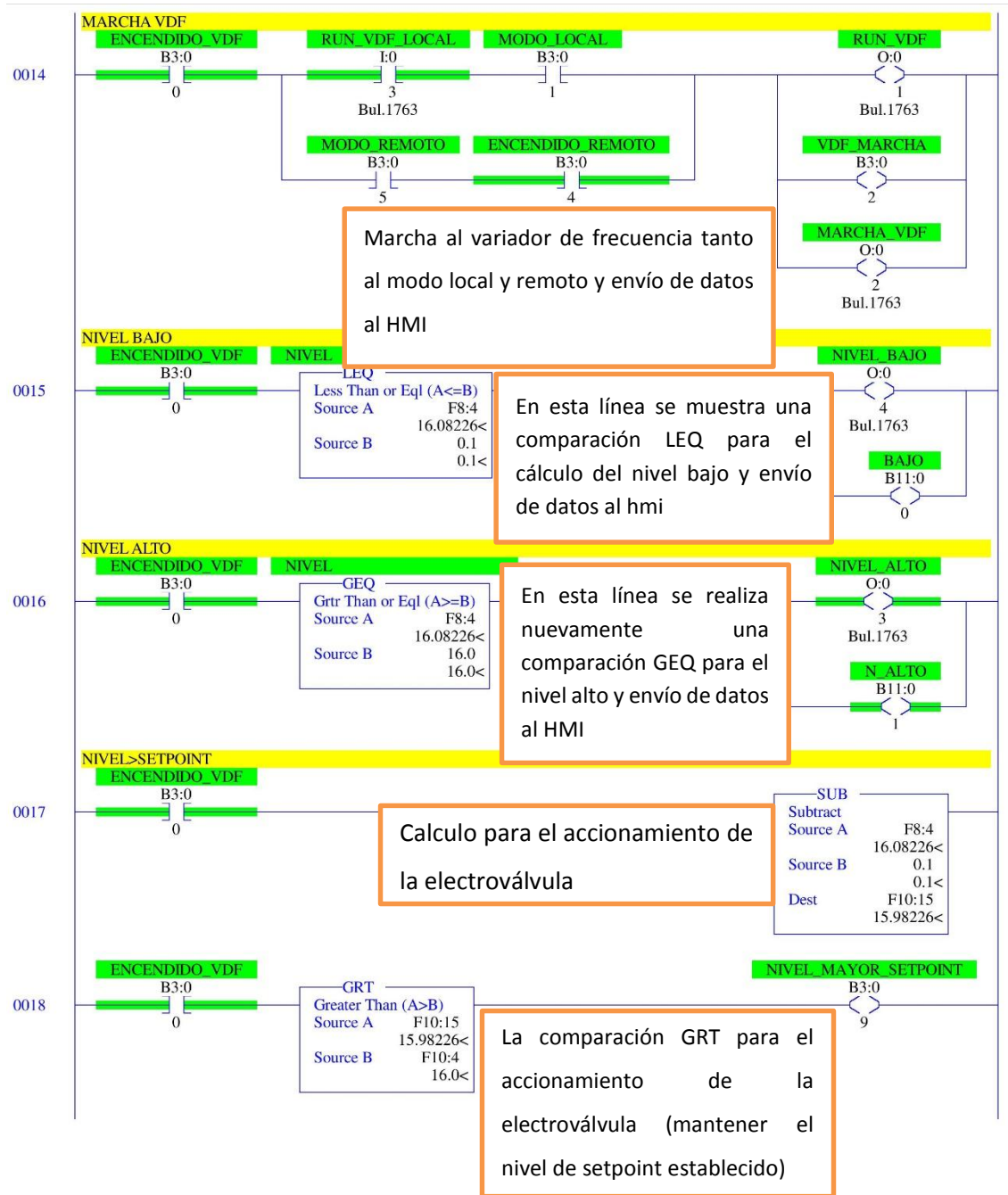


FIGURA Nº. 33 Programación del PLC

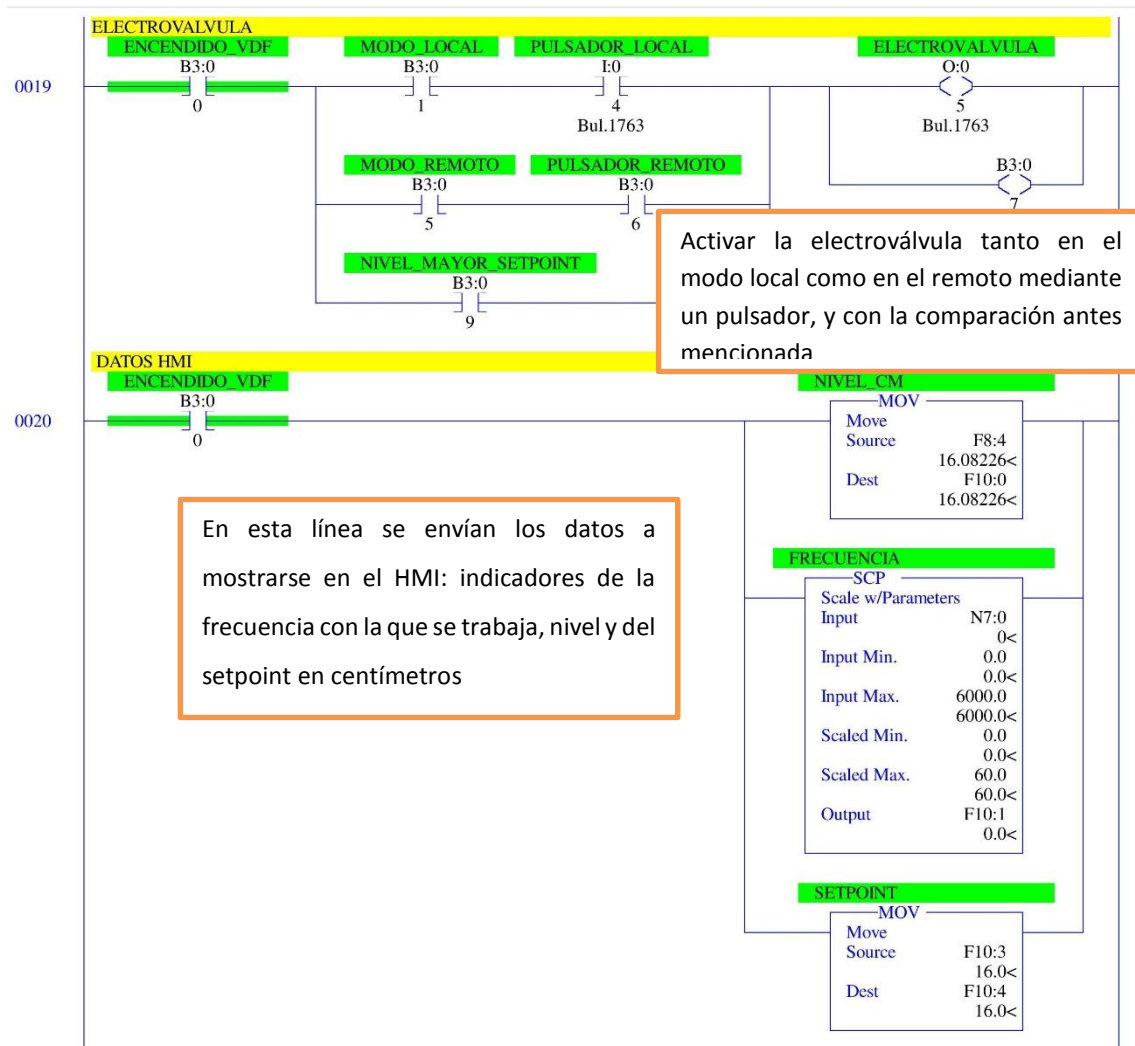


FIGURA N°. 34 Programación del PLC

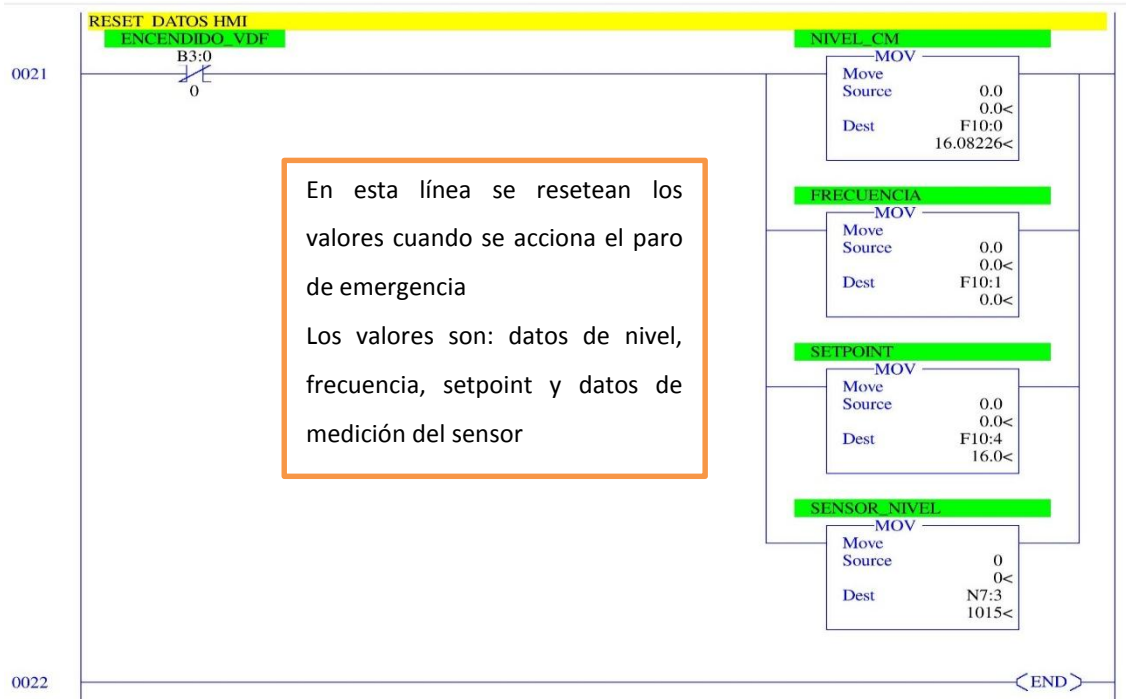


FIGURA Nº. 35 Programación del PLC

2.3 CONFIGURACIÓN DEL NI OPC

2.3.1 ABRIR EL PROGRAMA OPC SERVER CONFIGURACIÓN

Para crear un OPC se hace click derecho en la pantalla y se selecciona new channel.

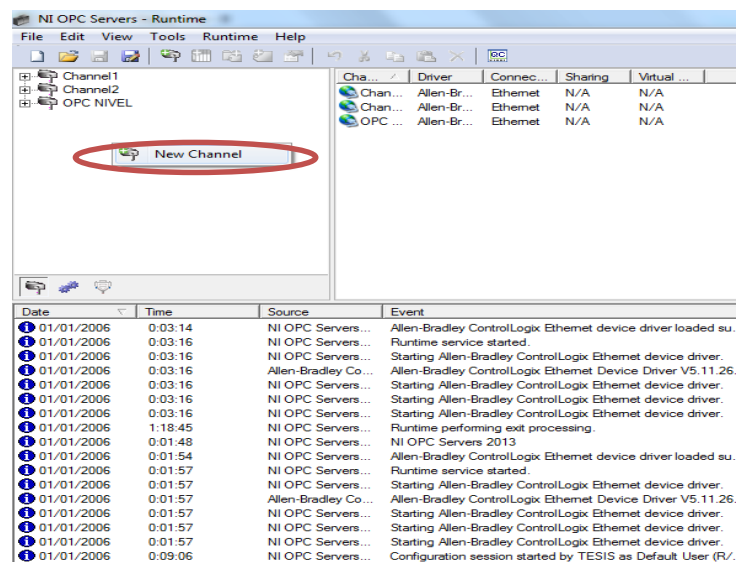


FIGURA Nº. 36 Creación de un New Channel

Designar un nombre al canal donde se guardaran todos los **Tags** que se creen para la comunicación entre el PLC y labVIEW.

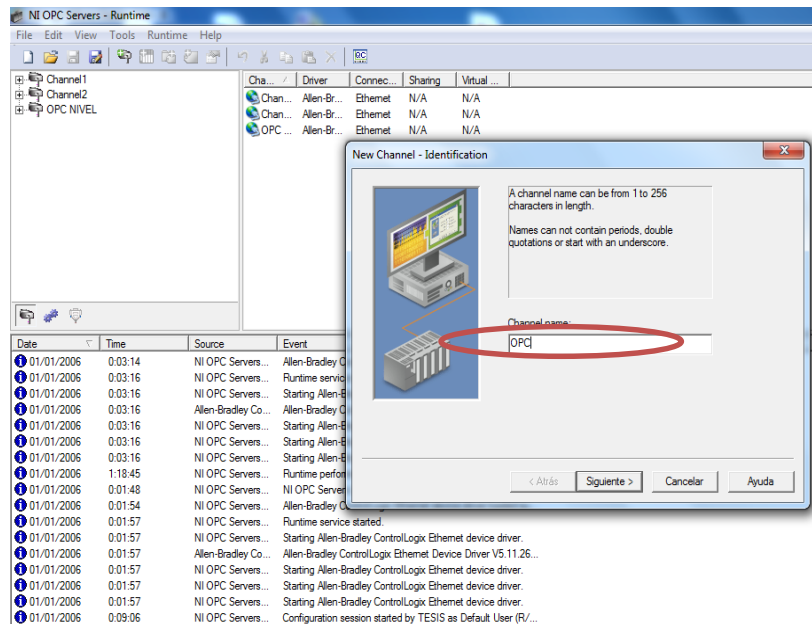


FIGURA Nº. 37 Configuración de Channel name

Seleccionar el tipo de PLC y el tipo de comunicación con el que se va a trabajar (**Allen Bradley MicroLogix 1100 Ethernet**)

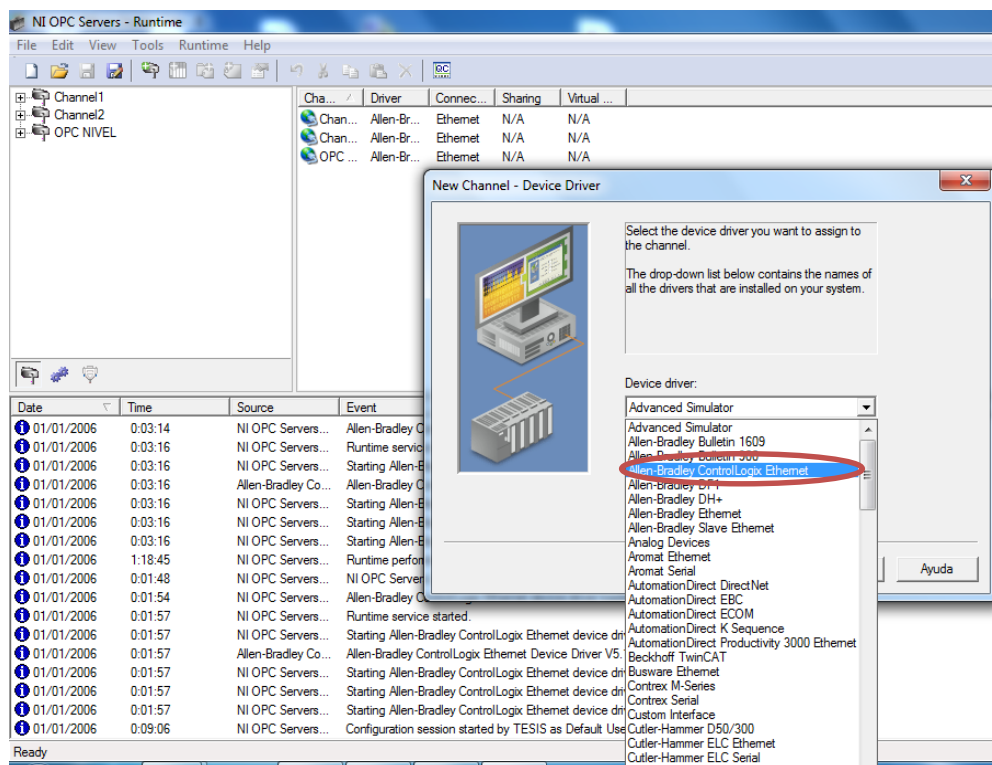


FIGURA Nº. 38 Selección del PLC y comunicación

En esta ventana dejar los parámetros por defecto y seleccionar la opción siguiente

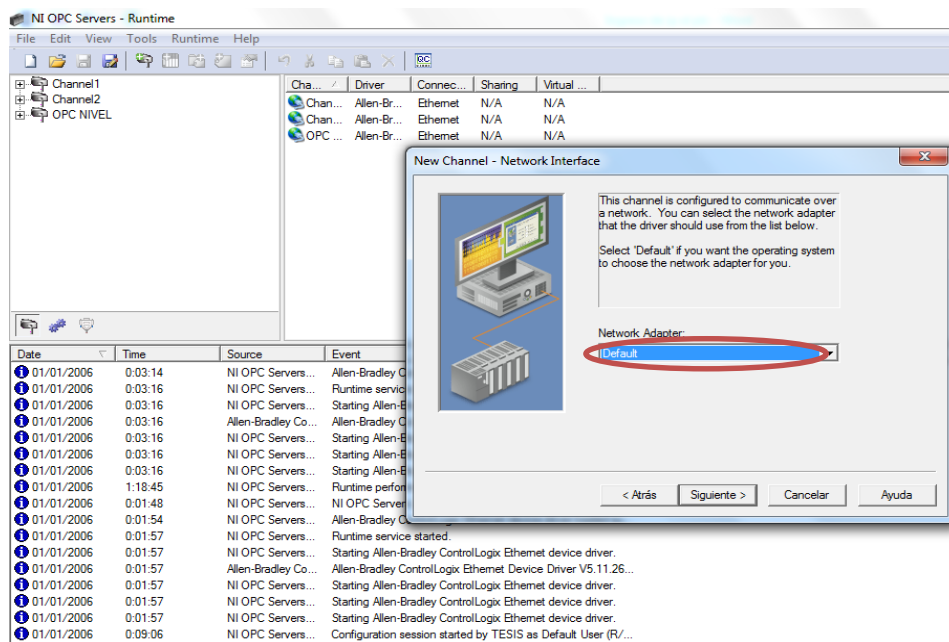


FIGURA Nº. 39 New Channel – Network Interface

Seleccionar la opción siguiente para continuar.

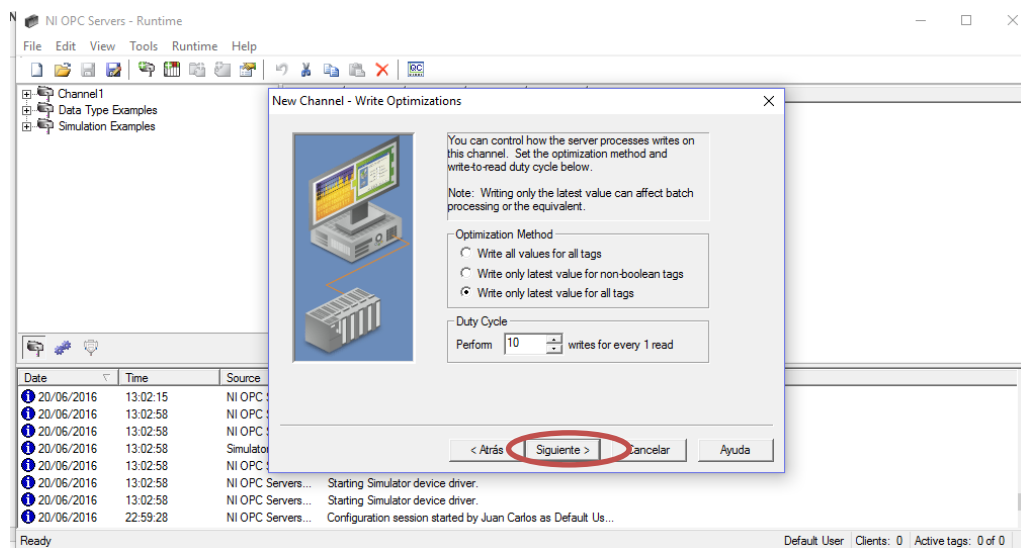


FIGURA Nº. 40 Ventana New Channel – Write Optimization

Desplegar el mouse hacia la derecha y hacer click derecho en **New Device**.

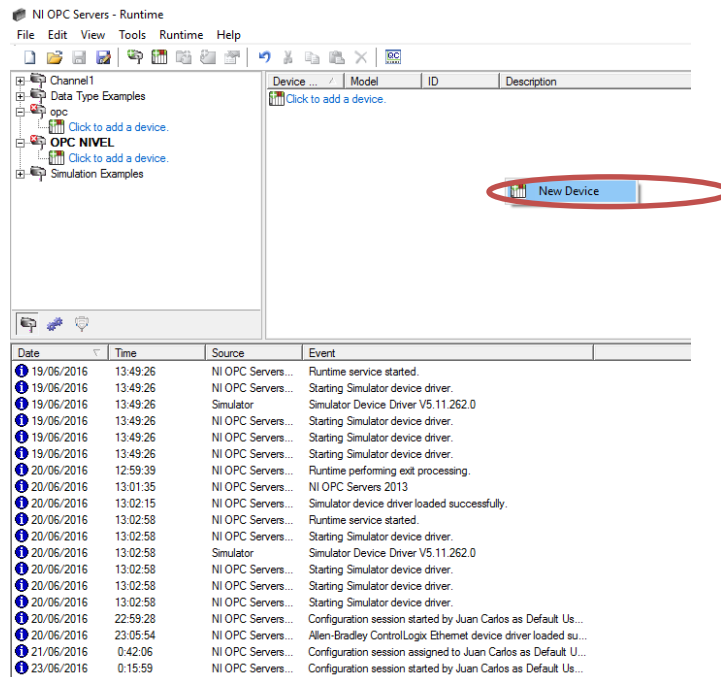


FIGURA N°. 41 Ventana creación New Device

Seleccionar el tipo de PLC que se está utilizando en el sistema (Allen Bradley – MicroLogix 1100) y hacer click en siguiente.

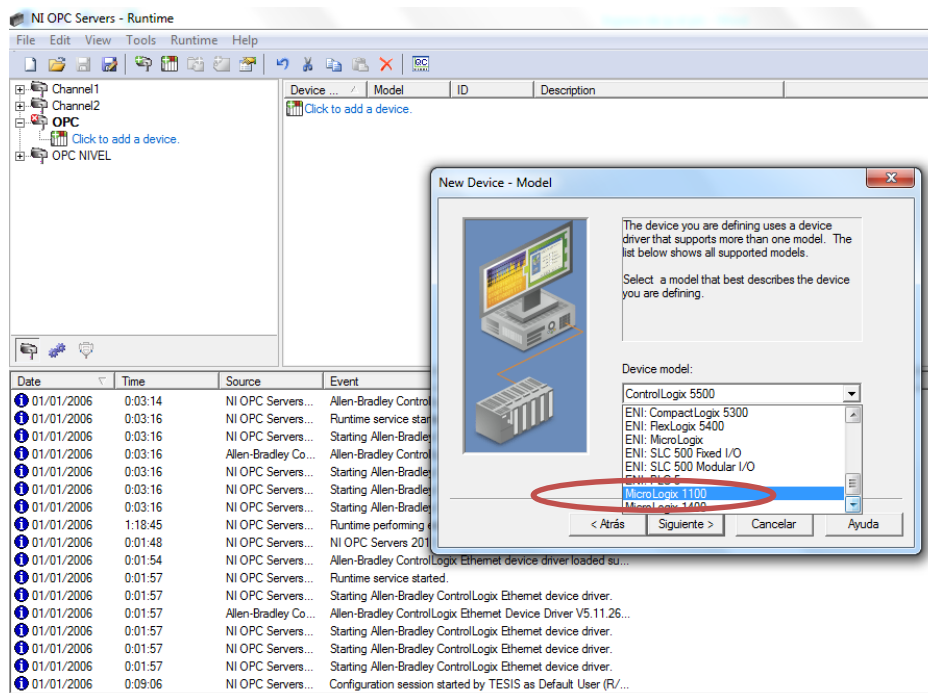


FIGURA N°. 42 Ventana Device model

Ingresar la dirección Ip del PLC para la comunicación con el OPC de labVIEW.

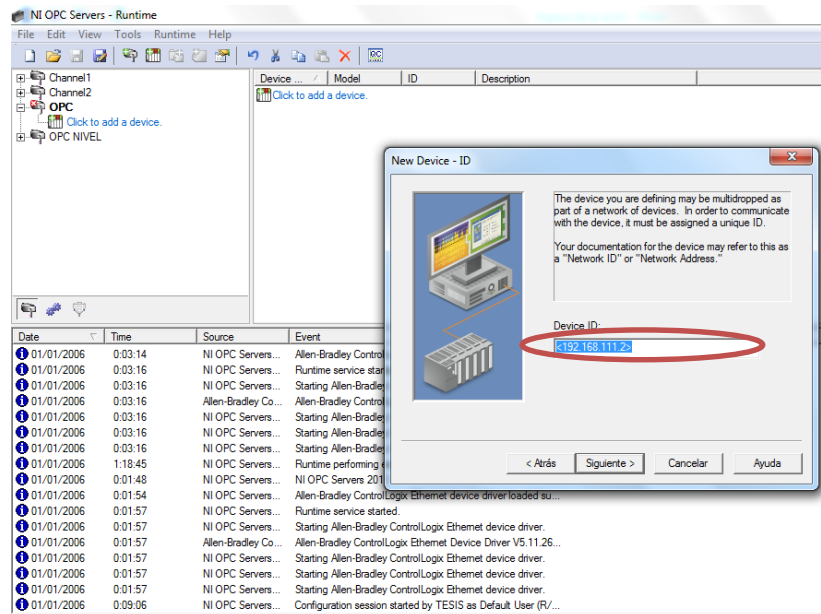


FIGURA Nº. 43 Ventana Device ID – dirección Ip del PLC

Dejar por defecto todos los valores del programa

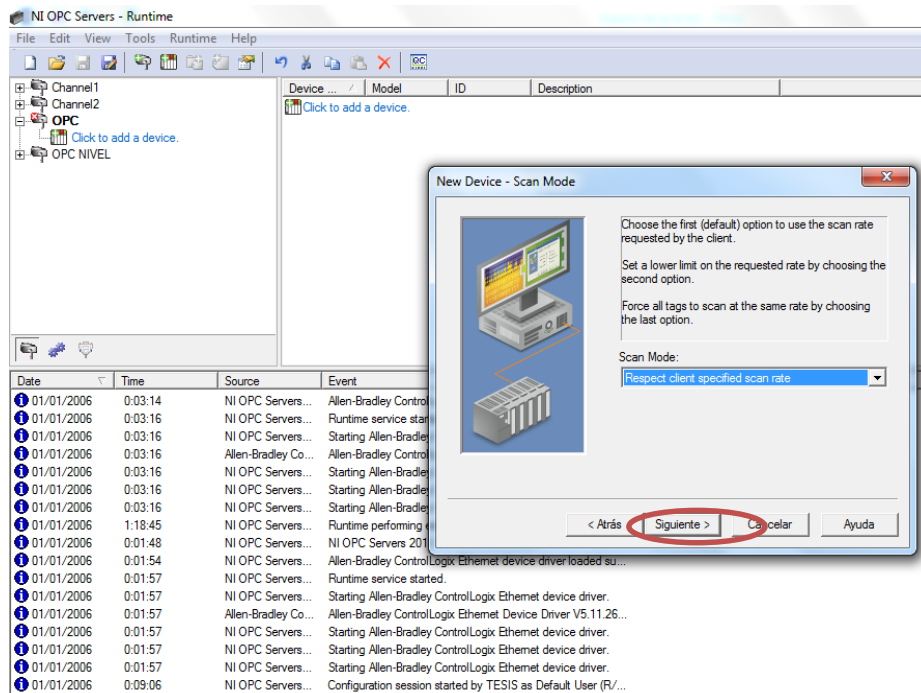


FIGURA Nº. 44 Ventana New Device – Scan Mode

Hacer click derecho y seleccionar **New** para crear los tags de las variables a utilizarse en la comunicación.

Seleccionar el tipo de acceso que va a utilizar (**lectura solamente o lectura/escritura**)

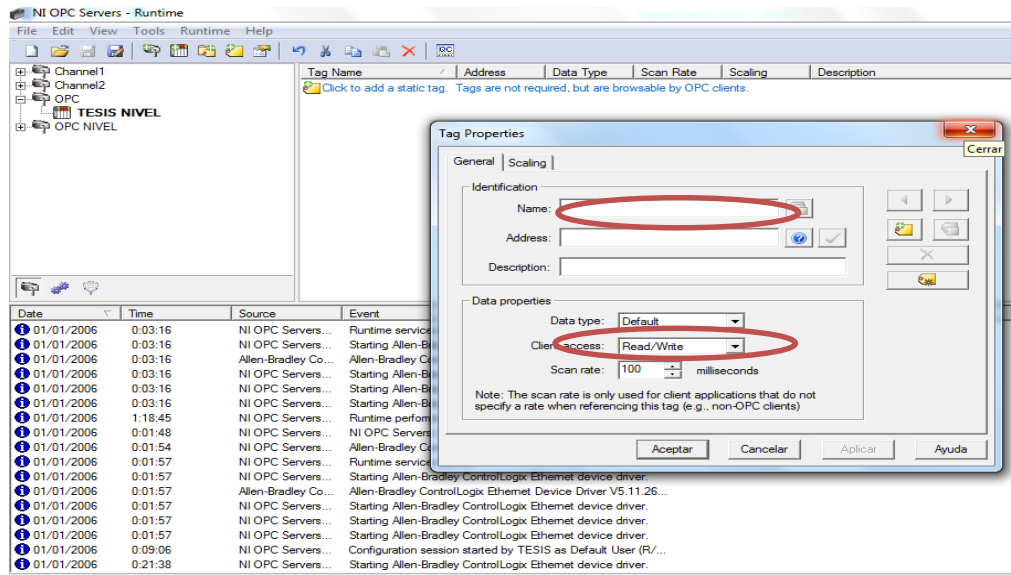


FIGURA N°. 45 Ventana Tag Properties

En la ventana de **Tag Properties** se ingresan los datos correspondientes al nombre, zona de memoria del PLC, una pequeña descripción del tipo de dato que se requiera (word, bool, byte entre otros).

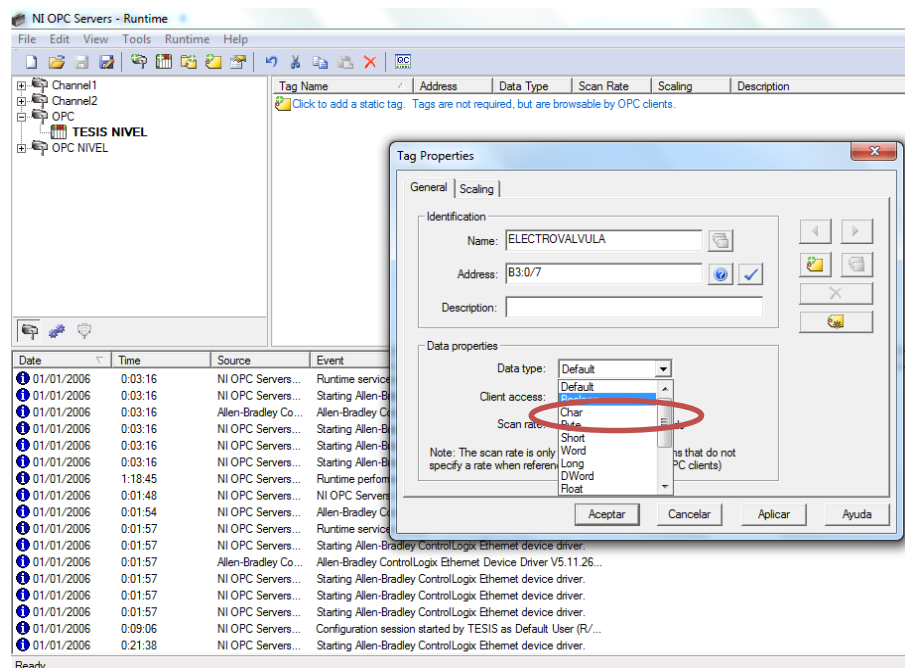


FIGURA N° 46 Tag Properties – Bolean

Así crear todas las variables necesarias para la comunicación entre la interfaz gráfica en Lavbiew y el PLC

2.4 CONFIGURACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO EN LA VENTANA DE INICIO DE LABVIEW

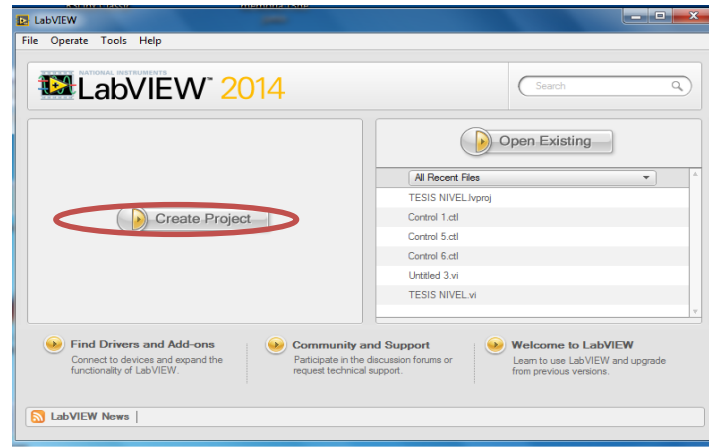


FIGURA N°. 46 Ventana Create Project.

En la ventana principal del nuevo proyecto hacer un click derecho en My Computer, seleccionamos **New** seguidamente nuevo **Library** y se creara un nuevo proyecto completo.

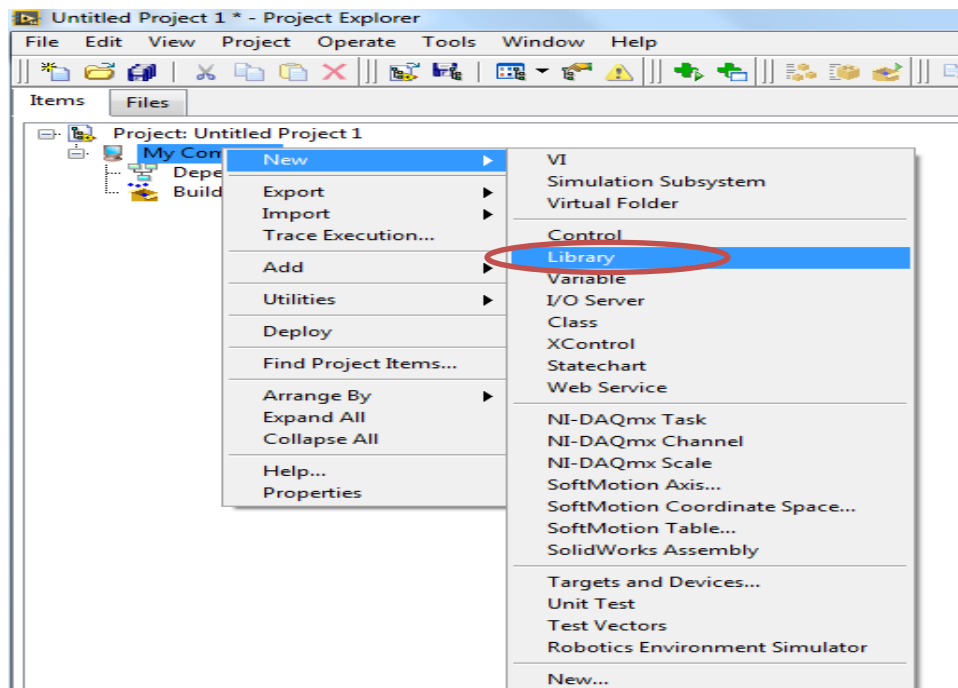


FIGURA N°. 47 Ventana New Library

Crea la **New Library** hacer click derecho en la nueva librería que se acabó de crear y seguidamente en **New I/O Server**.

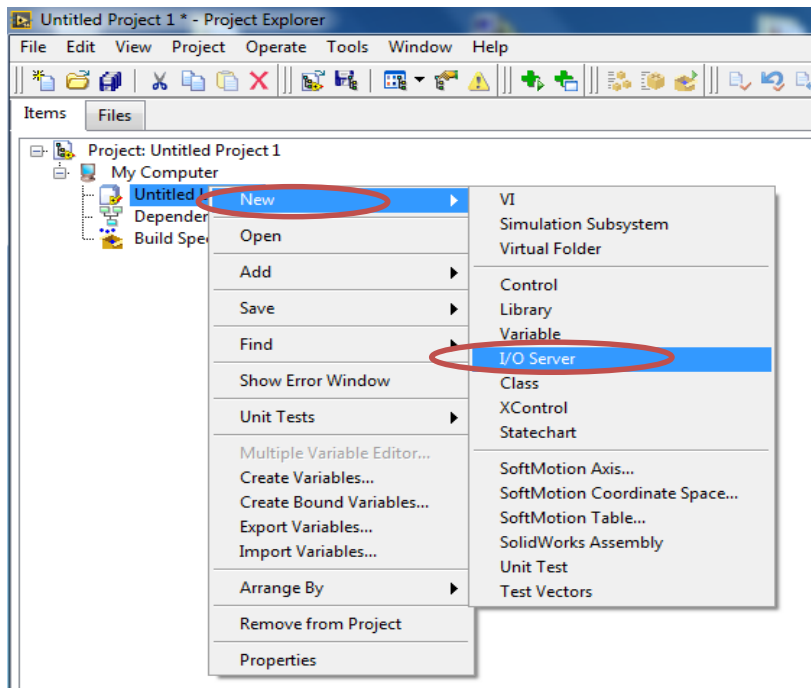


FIGURA Nº. 48 Ventana New I/O Server

Elegir la opción OPC CLIENT y seleccionar continue

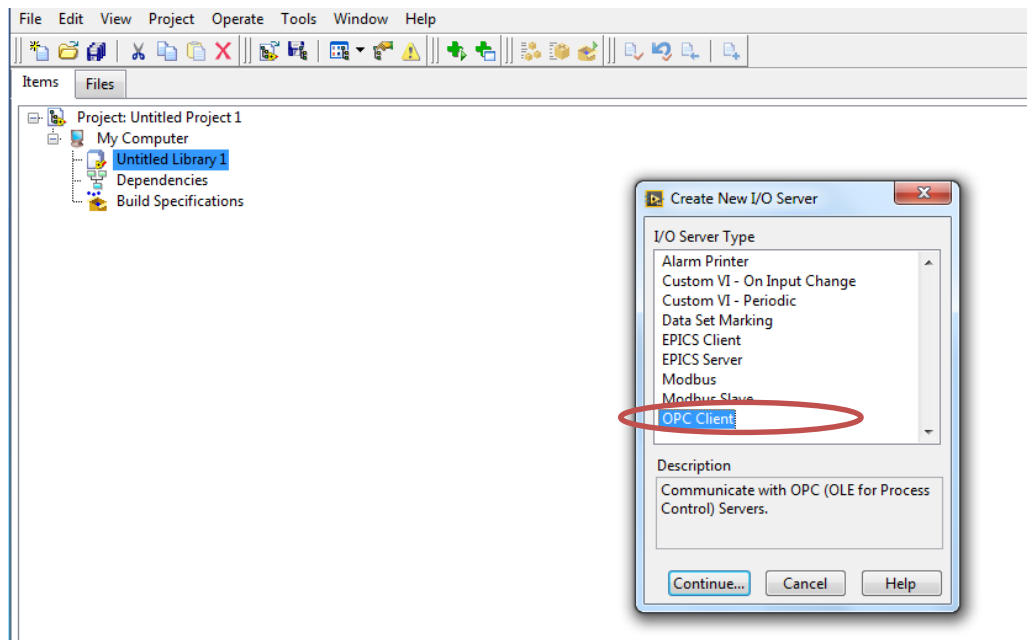


FIGURA Nº. 49 Ventana Create I/O Server

Elegir National Instruments NIOPC SRVERS VS. Se puede reducir el tiempo el tiempo de Update rate para mejorar el tiempo de comunicación entre la interfaz y el PLC

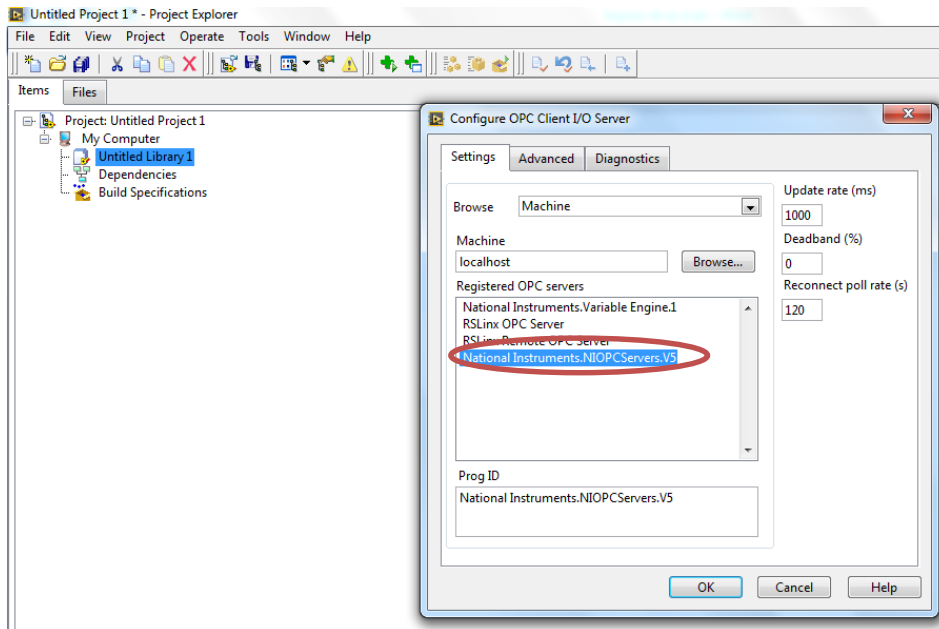


FIGURA Nº. 50 Ventana Configure OPC Cliente I/O Server

Click en la librería creada y seleccionar un nuevo VI donde se desplegaran las ventanas del panel frontal y el diagrama de bloques.

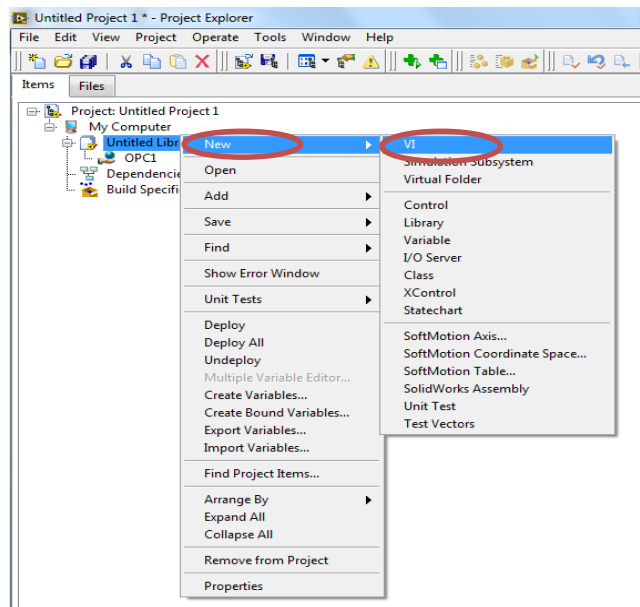


FIGURA Nº. 51 Ventana creación New VI

A continuación se puede realizar la programación en la plataforma grafica

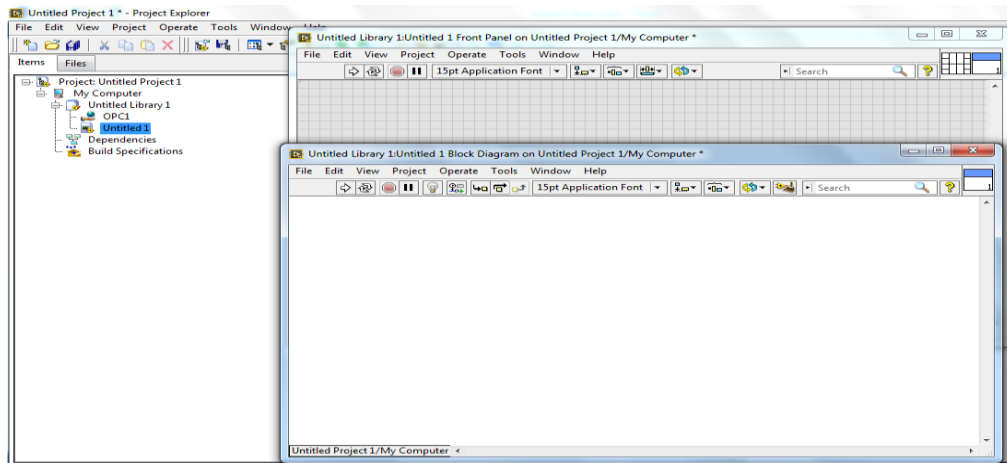


FIGURA Nº. 52 Ventana New VI

2.5 IMPLEMENTACIÓN DEL HMI EN LABVIEW

En el diseño del HMI (Human Machine Interfaz) se utilizó la plataforma grafica del labVIEW. La adquisición de datos se obtuvo mediante la comunicación NI OPC Servers para pruebas de control mediante una programación G (Grafica).

2.5.1 LECTURAS, VISUALIZACIÓN DE DATOS

Las variables nivel, frecuencia de operación de la bomba y setpoint, se utilizó indicadores numéricos enlazados a su correspondiente dirección o etiqueta.

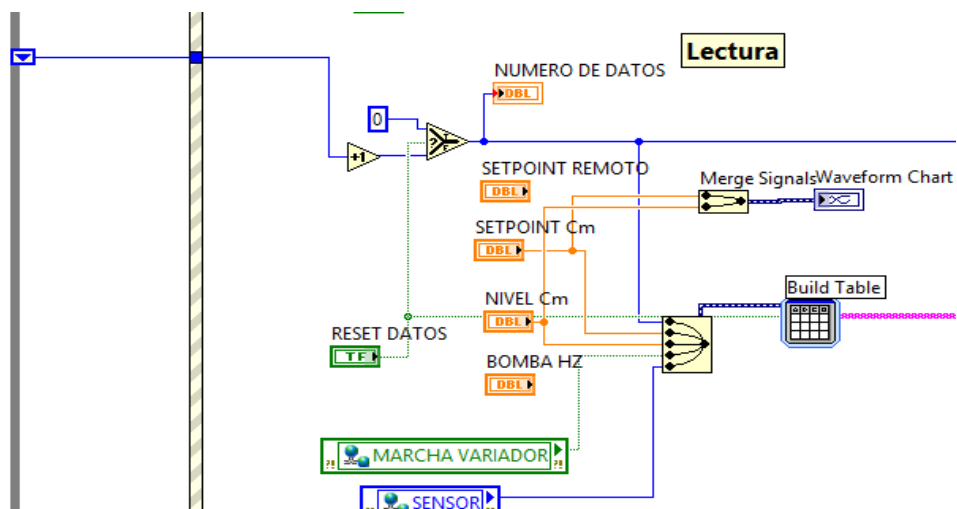


FIGURA Nº. 53 Ventana de lectura de datos

2.5.2 GENERACIÓN DE REPORTE DE DATOS

La generación de reporte de datos se lo realiza mediante una paleta de funciones delo diagrama de bloques >> **Report Generation >> Excel Specific**, donde se creó una hoja de datos en Excel para generar una exportación al presionar un controlador de tipo booleano.

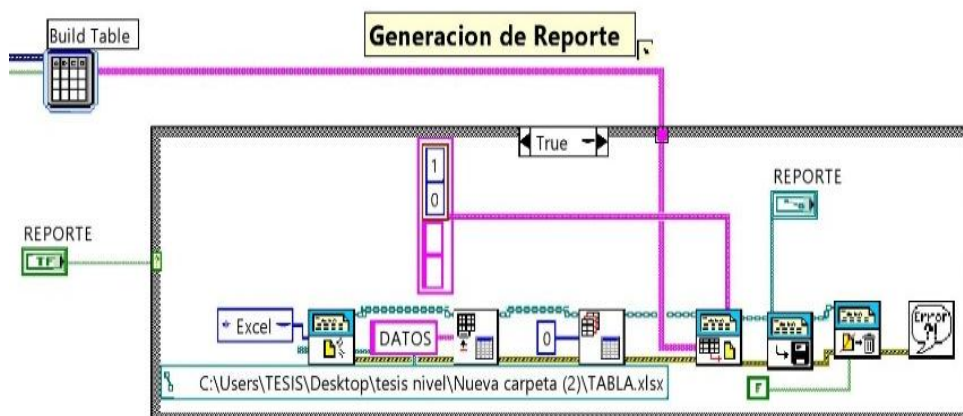


FIGURA N°. 54 Ventana de generación de reportes

2.5.3 INDICADORES GRÁFICOS DE NIVEL

Se muestran los indicadores gráficos de: nivel alto, bajo encendido de la electroválvula, marcha modo remoto, paro de emergencia y un indicador de nivel. Cada uno de esta enlazado con sus respectivas etiquetas de programación.

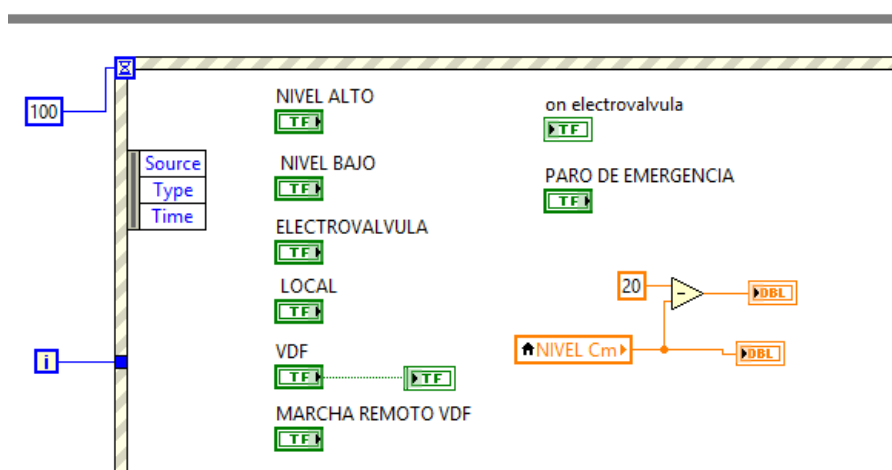


FIGURA N°. 55 Ventana de indicadores gráficos

2.5.4 CONTROL PID

En el control de PID en modo remoto se requiere una estructura de acoso (verdadero), esto se consigue mediante un indicador de tipo booleano enlazado con la etiqueta de modo remoto en la programación.

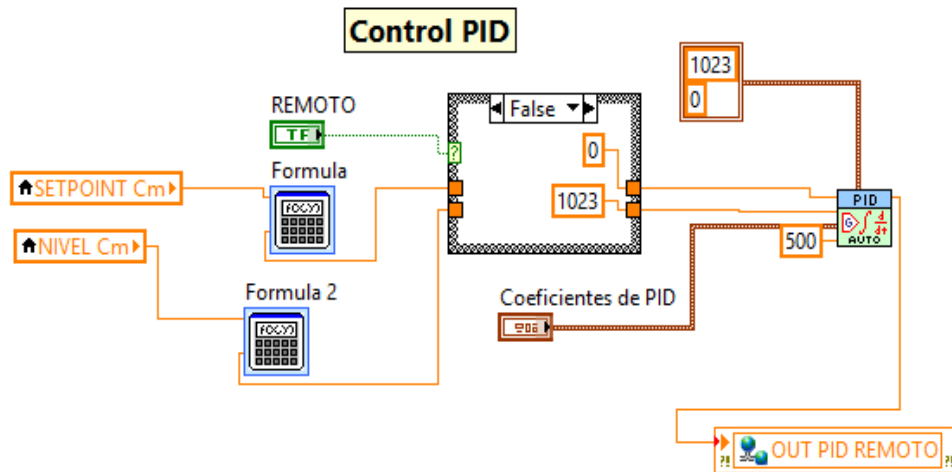


FIGURA N.º 56 Ventana bloque de PID

2.6 DIAGRAMA DE BLOQUES DE CONTROL DE NIVEL

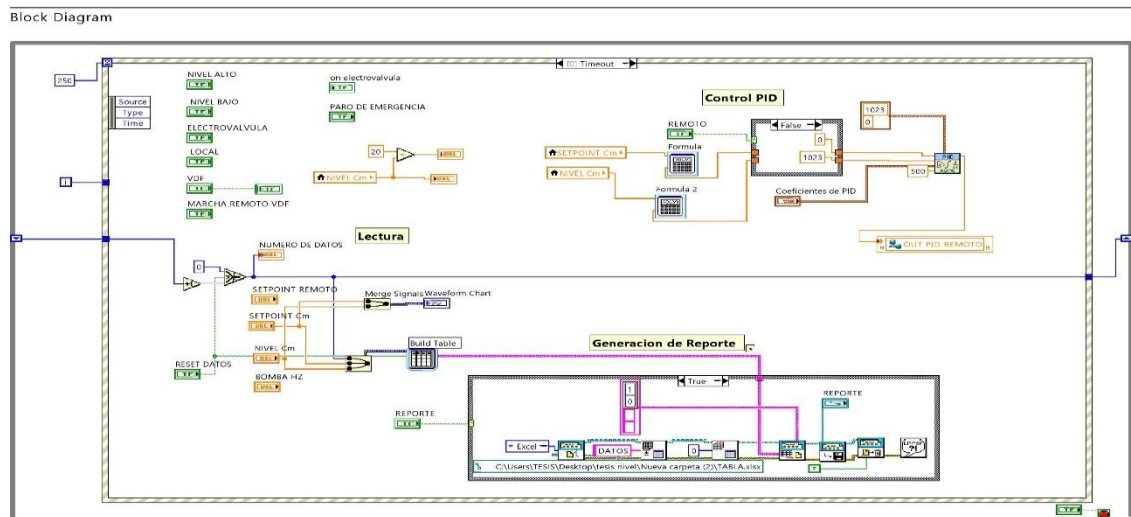


FIGURA N.º 57 Diagrama de bloques de control de Nivel

2.7 PROCESO DE LINEALIDAD DE SEÑAL

La señal del setpoint es proporcionada por el potenciómetro que se encuentra ubicado en la parte inferior derecha del tablero de control, esta alimentado con una señal de salida de 10[V] a la entrada analógica del PLC.

A continuación se detalla los datos tomados de forma experimental de la señal del sensor de tipo flotante y del nivel del líquido en centímetros.

TABLA N°. 11 Comparación de la señal del sensor vs señal de nivel

Nivel en cm	Datos del Sensor
0	37
0.5	72
1	120
1.5	157
2	232
2.5	266
3	324
3.5	375
4	417
4.4	465
5	496
5.5	528
6	558
6.6	592
7	622
7.5	645
8	680
8.5	702
9	722
9.5	747
10	765
10.5	792
11	810
11.5	825

12	857
12.5	872
13	890
13.5	916
14	930
14.5	952
15	969
15.5	980
16	1013

Con los datos obtenidos crear dos variables, una de nivel y otra de datos del sensor.

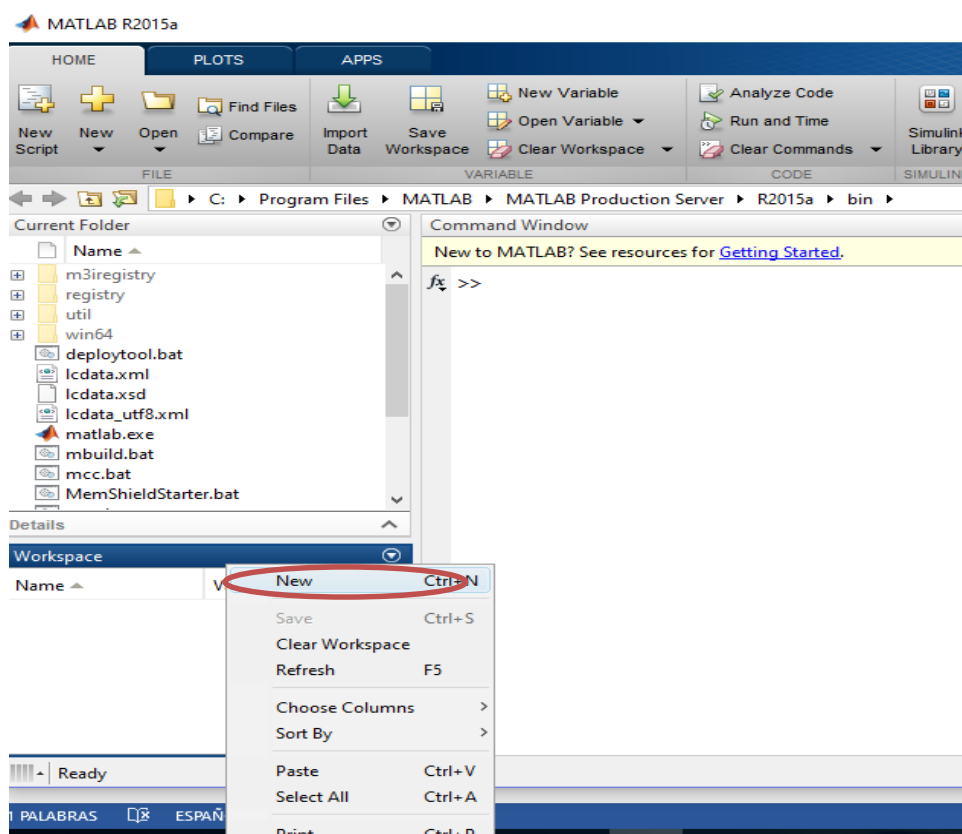


FIGURA Nº. 58 Ventana creación New workspace

Crear variables de nivel y datos

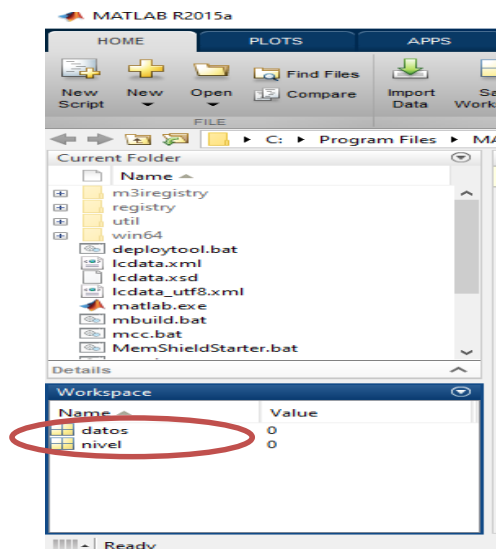


FIGURA N°. 59 Ventana de variables New workspace

Seleccionar la variable e ingresar los datos de Nivel y seguidamente los datos del sensor

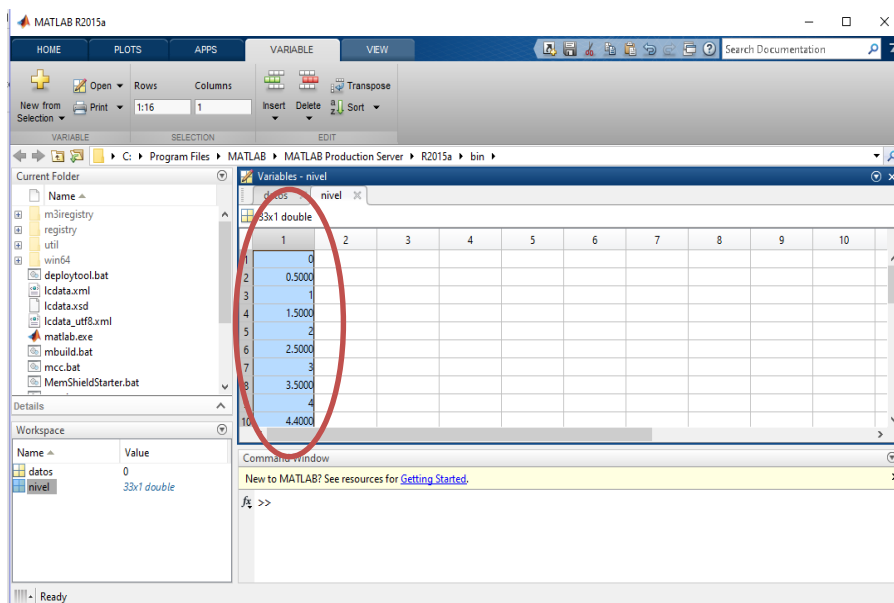


FIGURA N°. 60 Ventana inserción datos de las variables creadas

Para el cálculo de la linealidad del sensor escribir **plot (datos,nivel)** y automáticamente aparecerá la gráfica de linealidad

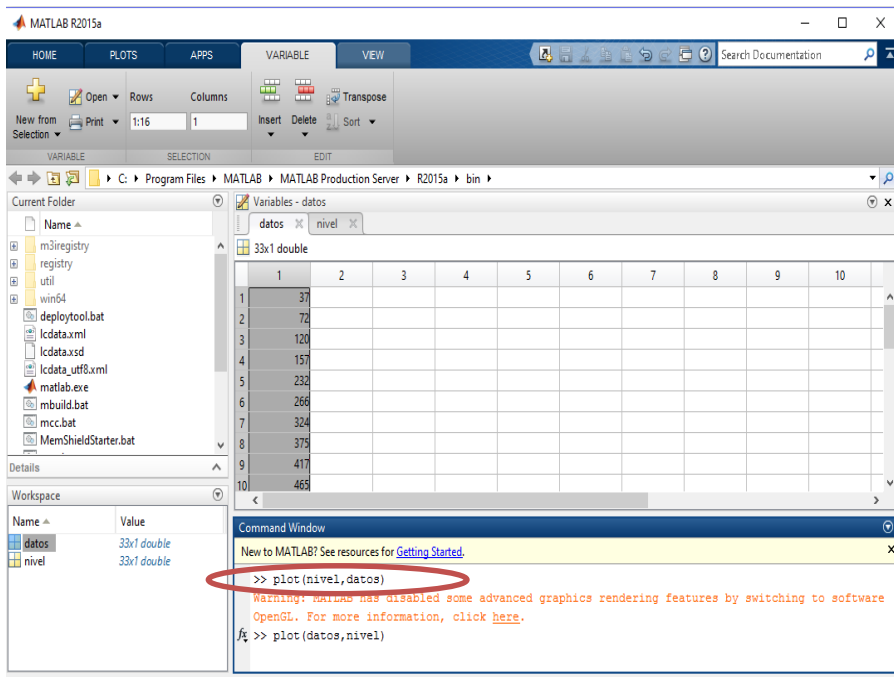


FIGURA N^o. 61 Inserción de datos

Curva de linealidad del sensor

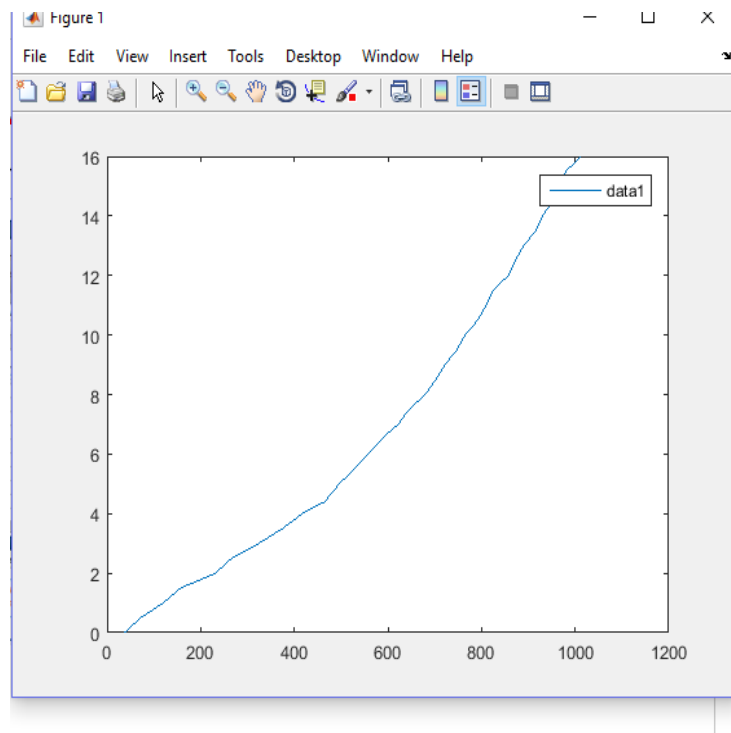


FIGURA N^o. 62 Ventana de linealidad del sensor

Seleccionar la opción Tools y seguidamente **Basic Fitting**

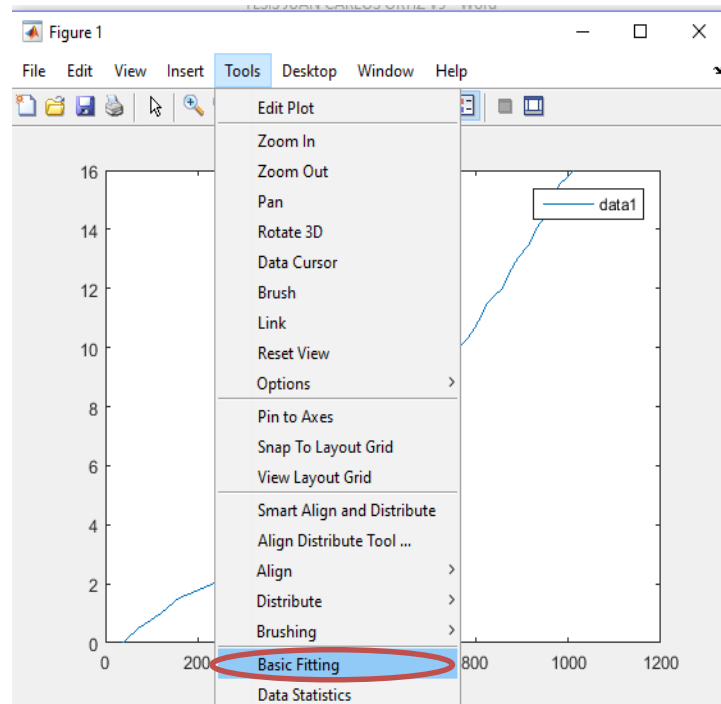


FIGURA N°. 63 Ventana selección de Basic Fitting

Seleccionar el tipo de ecuación, en este caso se optó por una ecuación **7th degree polynomial** y **Significant digits** se modificó a 5 términos.

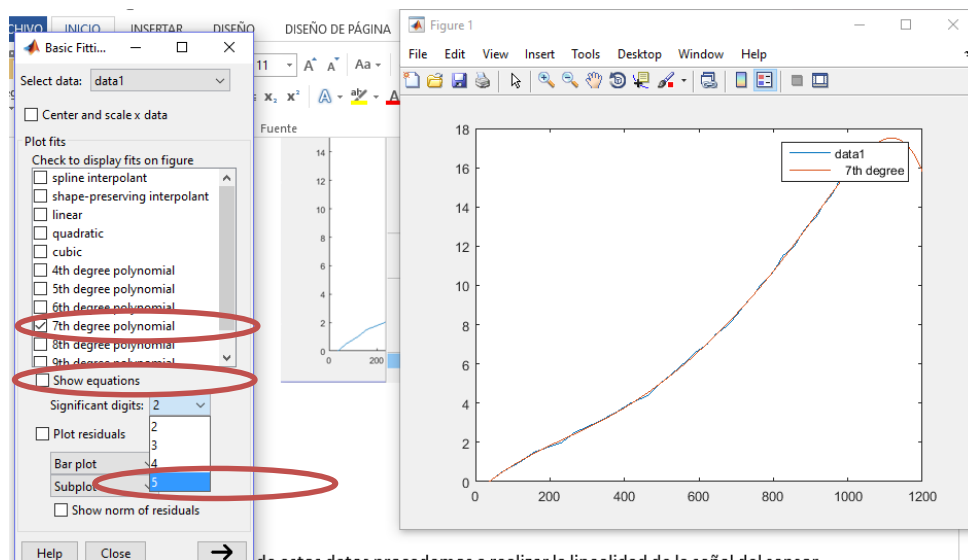


FIGURA N°. 64 Ventana selección de Basic Fitting

En esta ventana muestra la ecuación de linealidad del sensor, y será ingresada en la programación del PLC

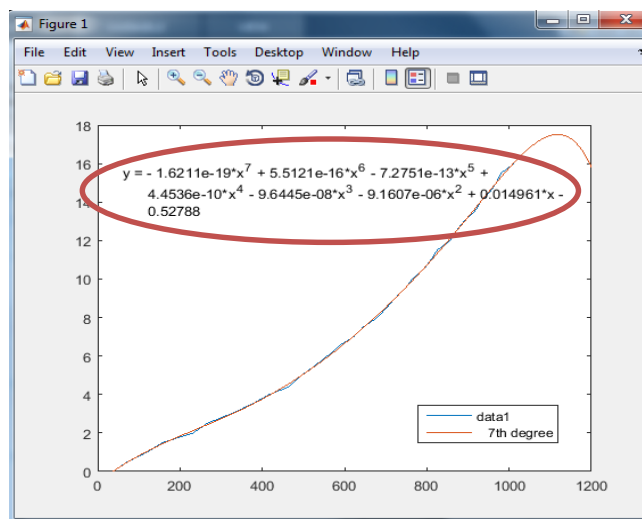


FIGURA Nº. 65 Curva de linealidad del sensor vs setpoint

2.8 IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE NIVEL Y CÁLCULO DEL PID

Para la identificación del sistema se utilizó las herramientas de MATLAB, la cual permite encontrar la función de transferencia mediante los datos obtenidos mediante pruebas experimentales desde la interfaz. Creando variables de entrada y de salida del sistema de este caso de setpoint y nivel.

1	# DATO	SETPOINT	NIVEL
2	0,00	0,00	-0,01
3	1,00	0,02	-0,01
4	2,00	0,02	-0,01
5	3,00	0,00	-0,01
6	4,00	0,00	-0,01
7	5,00	0,35	-0,01
8	6,00	10,48	-0,01
9	7,00	16,00	-0,01
10	8,00	16,00	-0,01
11	9,00	16,00	-0,01
12	10,00	16,00	-0,01
13	11,00	16,00	-0,01
14	12,00	16,00	-0,01
15	13,00	16,00	-0,01
16	14,00	16,00	-0,01
17	15,00	16,00	-0,01
18	16,00	16,00	-0,01
19	17,00	16,00	-0,01
20	18,00	16,00	-0,01
21	19,00	16,00	-0,01

FIGURA Nº. 66 Datos de setpoint y nivel

Se ingresan los datos obtenidos experimentalmente de setpoint vs nivel

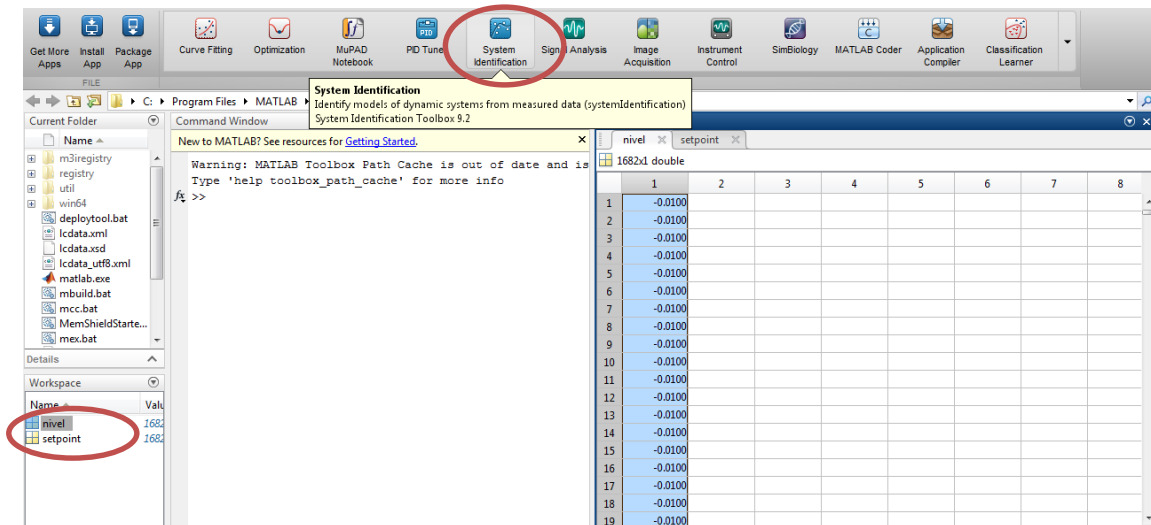


FIGURA N°. 67 Ingreso de datos de Nivel y Setpoint

Continuadamente pinchamos en Identificador de sistemas

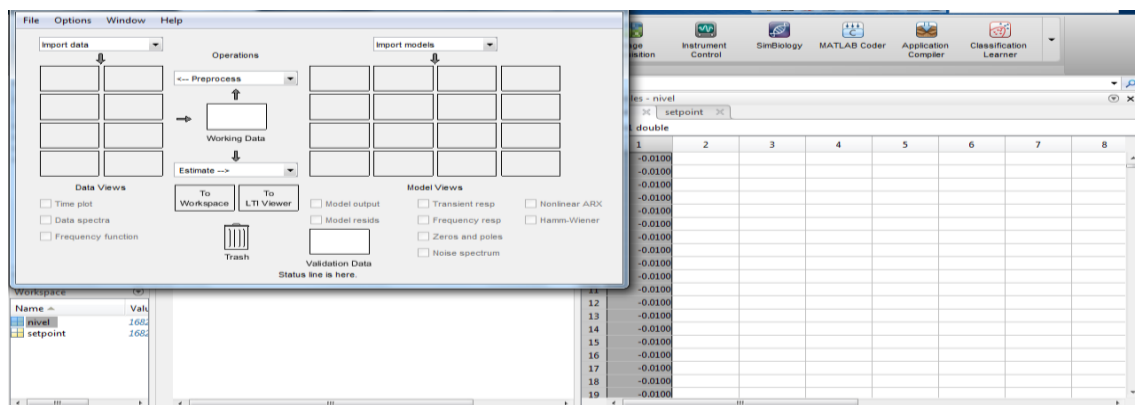


FIGURA N°. 68 Ventana de System Identification

A continuación se escoge Time Domine Data

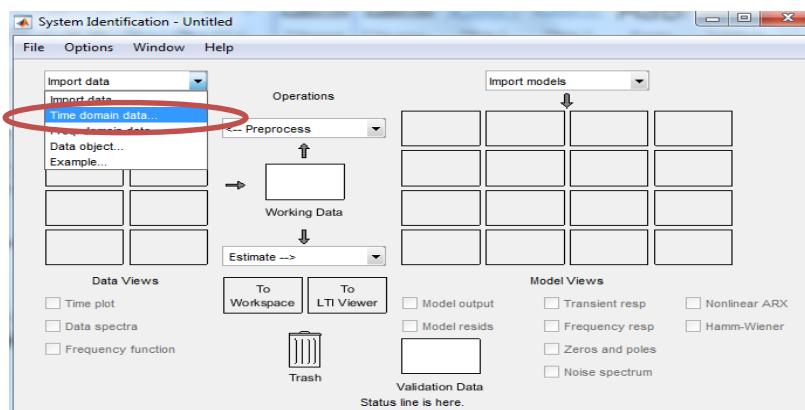


FIGURA N°. 69 Ventana de Time Domain Data

En la página que se direcciona automáticamente se ingresan los valores de entrada y salida

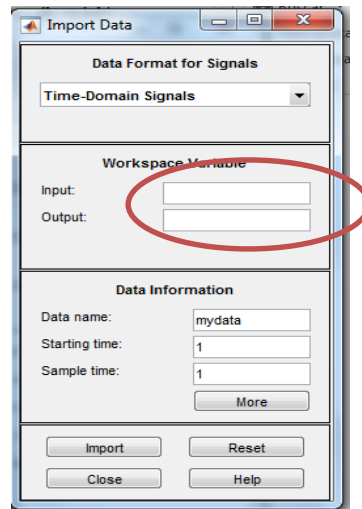


FIGURA Nº. 70 Ventana Import Data

Seleccionar Quick Star

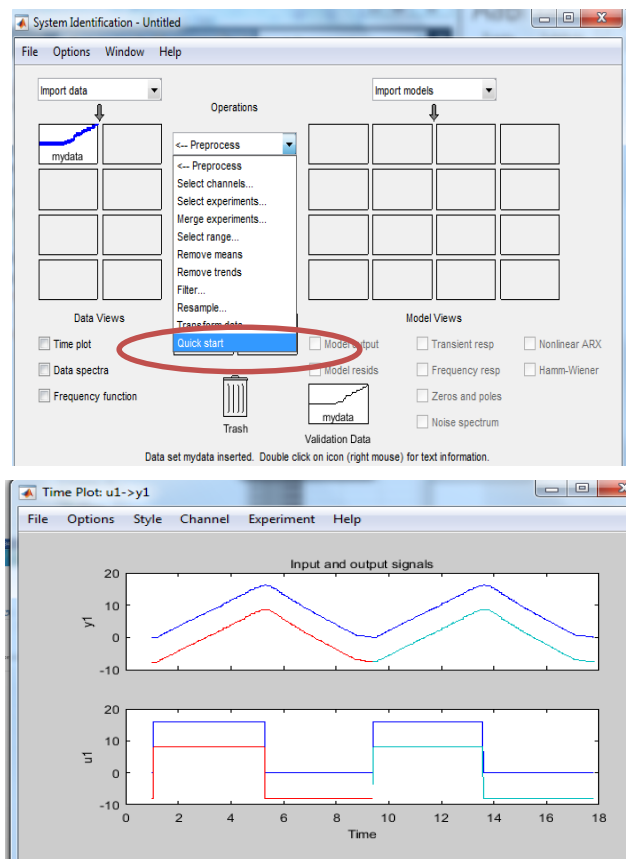


FIGURA Nº. 71 Ventana de selección Quick Start

Realizada la importación de las variables seleccionar **Transfer Function Model**

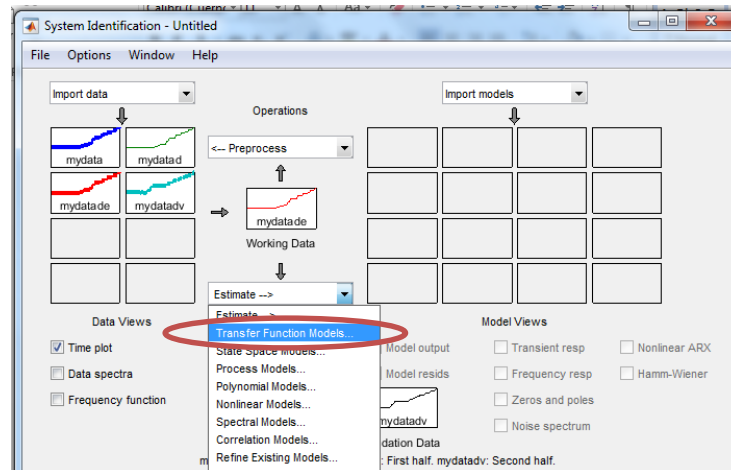


FIGURA N.º. 72 Ventana Transfer Funtion Models

Aparecerá una ventana donde se selecciona el número de polos y ceros de la función de transferencia a utilizarse, para así poder seleccionar la función de transferencia que mejor se adapte al sistema

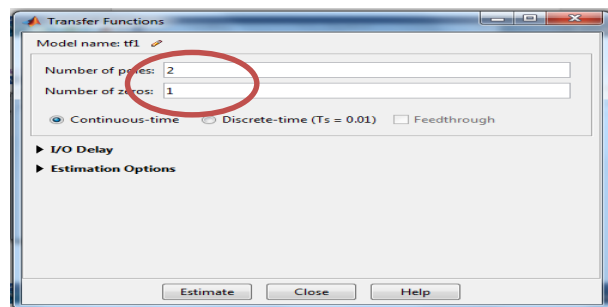


FIGURA N.º. 73 Ventana de ingreso de polos y ceros

Para seleccionar la función de transferencia que se ajuste al sistema se de seleccionar la que tenga un estimado mínimo del 80%, en este caso la estimación fue del 94% por lo que se procede a seleccionar la siguiente función de trasferencia.

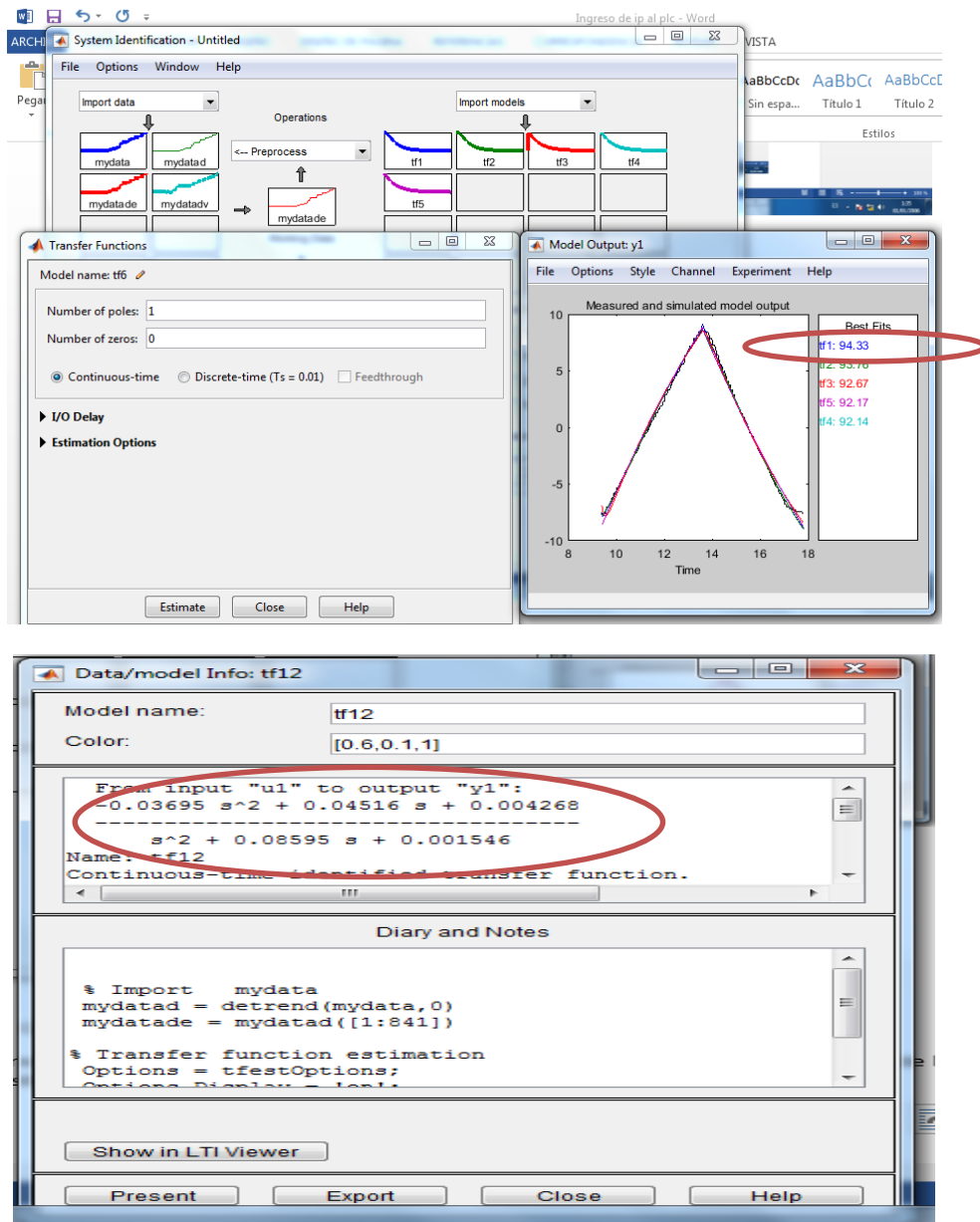


FIGURA N°. 74 Ventana de función de transferencia

2.9 CALCULO DEL PID

En Simulink Library Se crea un diagrama de bloques en lazo cerrado donde se ingresan los valores de la función de transferencia obtenida.

Ingresar a Simulink los bloques y hacer doble click en **Transfer Fcn**

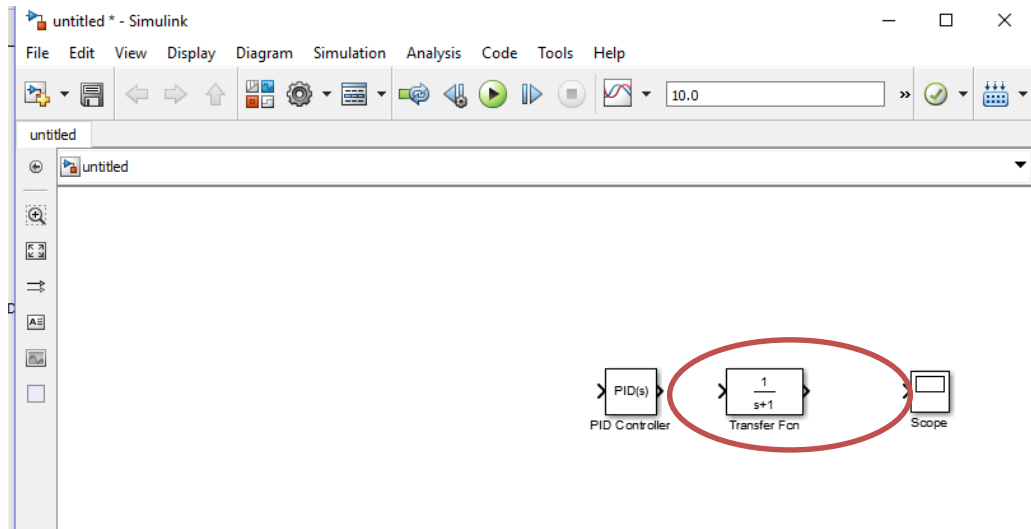


FIGURA N.º. 75 Ventana de ingreso de bloques

Ingresar los valores de la función de transferencia tanto el numerador como el denominador. Hacer click en OK

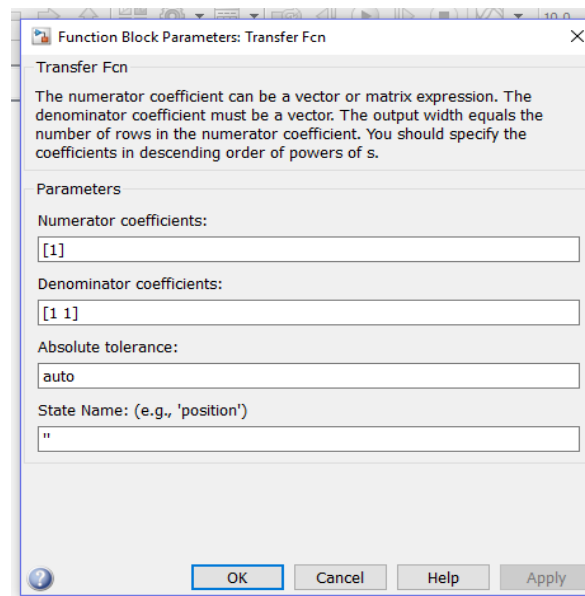


FIGURA N.º. 76 Ventana de ingreso de valores de la función de transferencia

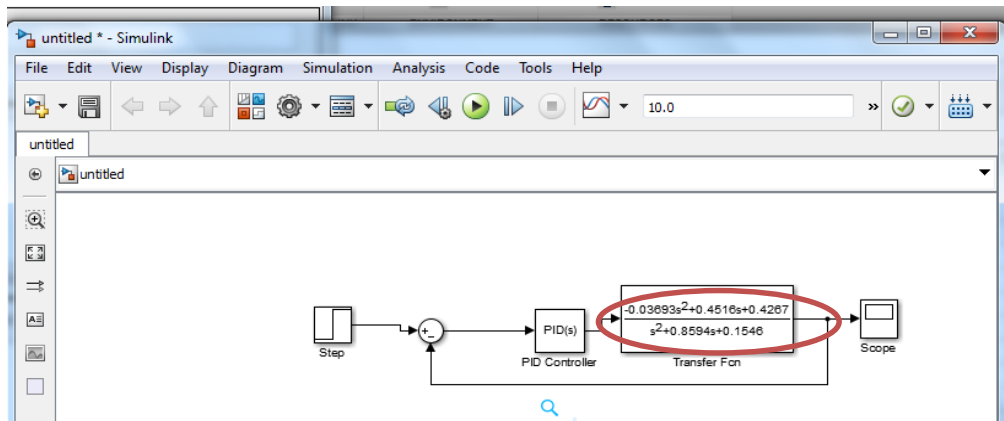


FIGURA Nº. 77 Ventana de simulink

Se ingresa en el bloque de PID y se selecciona TUNE

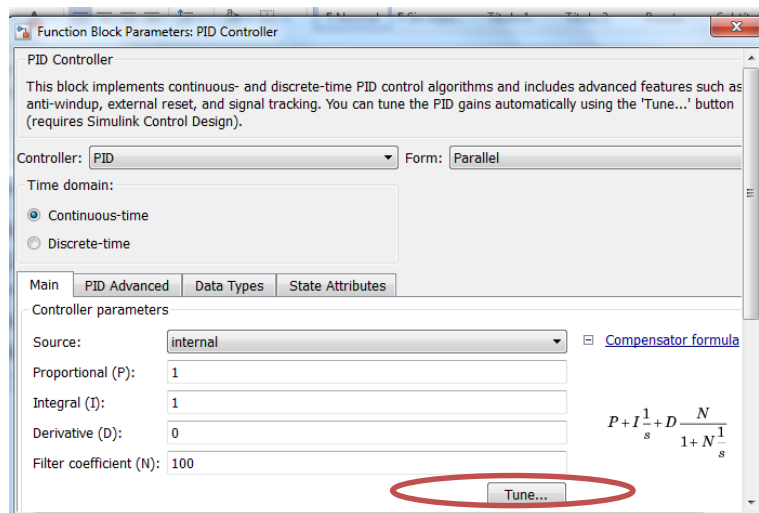


FIGURA Nº. 78 Ventana de PID

Resultado de la linealidad y click en Update

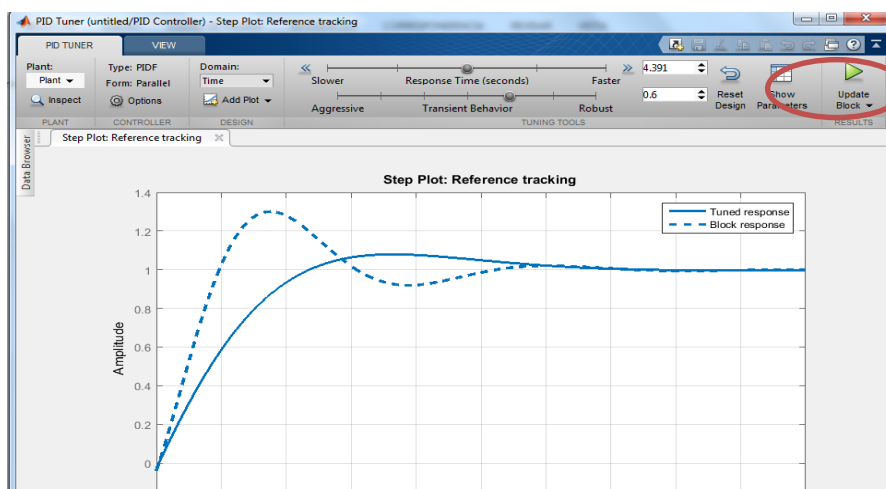


FIGURA Nº. 82 Ventana PID

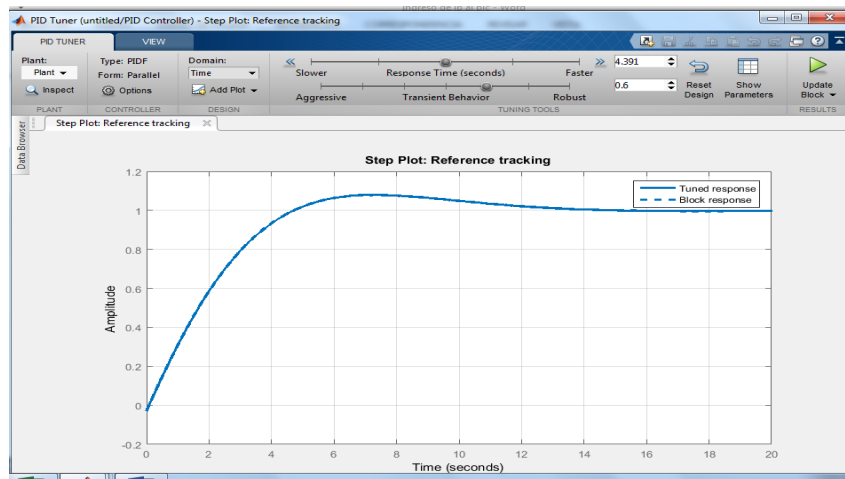


FIGURA N°. 79 Ventana PID Tuner

Identificación de valores del PID refinado obtenidos con Simulink Library

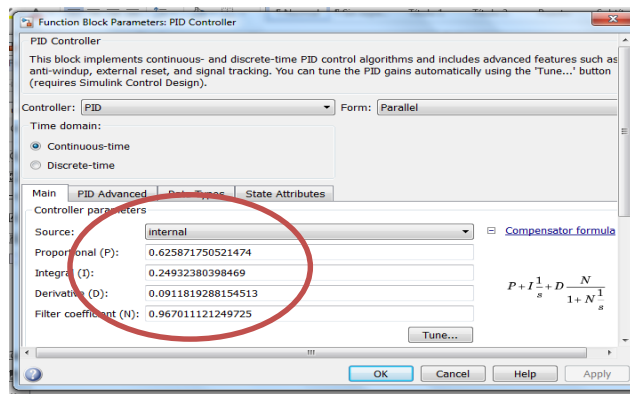


FIGURA N°. 80 Ventana de PID refinado

Grafica de la función de transferencia en lazo cerrado con control PID refinado

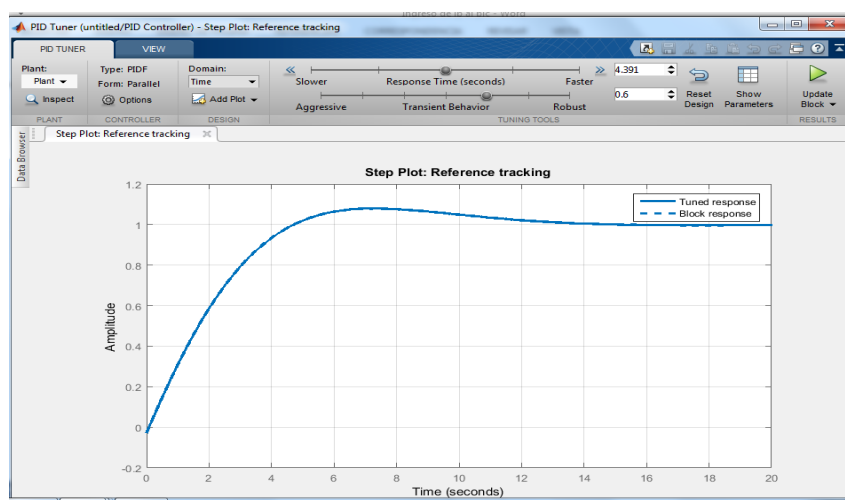


FIGURA N°. 81 Ventana PID Tuner