

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRONICA

*“ESTUDIO Y ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PRÁCTICAS DE LA PLANTA DE CONTROL DE PROCESOS “A” DEL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN TOTALMENTE INTEGRADO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA”*

---

Tesis previa a la obtención del

Título de: Ingeniero Electrónico

---

Autores:

Jorge Sebastián Escobar Hinojosa

Guillermo Efraín Domínguez Crespo

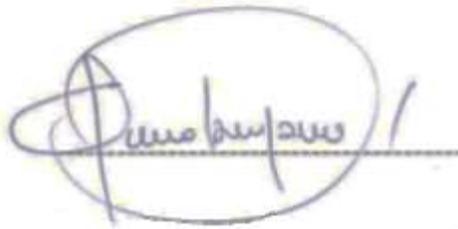
Director:

Ing. Julio Cesar Zambrano Abad

Cuenca, agosto 2015

## CERTIFICACIÓN

En facultad de Director del trabajo de Tesis “ESTUDIO Y ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PRÁCTICAS DE LA PLANTA DE CONTROL DE PROCESOS “A” DEL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN TOTALMENTE INTEGRADO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA” desarrollado por: Guillermo Efraín Domínguez Crespo y Jorge Sebastián Escobar Hinojosa, certifico la aprobación del presente trabajo de tesis, una vez ejecutado la supervisión y revisión de su contenido.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature appears to be "Julio Cesar Zambrano Abad".

Ing. Julio Cesar Zambrano Abad.

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Guillermo Efraín Domínguez Crespo con documento de identificación N° 0301559282 y Jorge Sebastián Escobar Hinojosa con documento de identificación N° 0104610381, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del trabajo de grado intitulado: “ESTUDIO Y ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PRÁCTICAS DE LA PLANTA DE CONTROL DE PROCESOS “A” DEL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN TOTALMENTE INTEGRADO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Jorge Sebastián Escobar H.

Cédula: 0104610381

Fecha: 20/10/2015



Nombre: Guillermo Efraín Domínguez C.

Cédula: 0301559282

Fecha: 20/10/2015

## RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Los autores del trabajo de tesis “ESTUDIO Y ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PRÁCTICAS DE LA PLANTA DE CONTROL DE PROCESOS “A” DEL LABORATORIO DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN TOTALMENTE INTEGRADO DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA” Guillermo Efraín Domínguez Crespo y Jorge Sebastián Escobar Hinojosa, en virtud de los fundamentos teóricos y científicos y sus resultados, declaran de exclusiva responsabilidad y otorgan a la Universidad Politécnica Salesiana la libertad de divulgación de este documento únicamente para propósitos académicos o investigativos.



---

Guillermo Efraín Domínguez Crespo



---

Jorge Sebastián Escobar Hinojosa

## DEDICATORIA

*A mi familia, cuyo apoyo incondicional a lo largo de estos años me ha permitido llegar a este punto; sin ustedes no lo hubiese logrado.*

*A cada una de las personas con las que hemos cruzado caminos, cuya existencia ha aportado (para bien o para mal) a convertirme en la persona que soy.*

*Jorge Sebastián Escobar Hinojosa*

## AGRADECIMIENTOS

*A mis padres Santiago y Cristina, por brindarme su apoyo en cada momento de mi vida, por su cariño infinito y ardua tarea de padres ejemplares, siendo mis guías y maestros en el incesante proceso de aprendizaje que es la vida, es gracias a ustedes que con satisfacción puedo culminar otra etapa en mi formación profesional.*

*A mi abuelita Lolita, por haber adquirido con la alegría la tarea de ser una segunda madre para mí, llenándome de amor y comprensión. A mis abuelitos Efraín y Thalía, las primeras personas que me transmitieron un sentimiento tan cálido como es la confianza, por estar siempre en mí como increíbles ejemplos de vida.*

*A mis hermanos y sobrinos, por ser una fuente de apoyo y fortaleza para seguir creciendo como persona y profesional.*

*A la Universidad Politécnica Salesiana, por brindarme las herramientas necesarias para desarrollar mis habilidades durante el curso de la carrera.*

*A los ingenieros Julio Zambrano, Omar Llerena y Vinicio Sánchez, por sus consejos y soporte indispensable en el desarrollo de todo el trabajo.*

*Guillermo Efraín Domínguez Crespo*

## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Politécnica Salesiana, en la persona del Ingeniero Vinicio Sánchez, por confiar en nosotros para desarrollar este proyecto, y brindarnos el espacio necesario para su desarrollo. A los profesores de la universidad, no solo por la instrucción brindada, sino por las lecciones de vida que nos han proporcionado, preparándonos para los distintos eventos que se nos puedan presentar en la vida como profesionales. Al Ingeniero Omar Llerena, por el conocimiento que nos ha trasladado, y que esperamos llegue a otros por medio de este proyecto. A los laboratoristas, quienes siempre tuvieron la mayor de las aperturas para nosotros, facilitándonos enormemente el trabajo realizado. A los estudiantes que participaron desarrollando las guías recopiladas en esta tesis, es a ellos a quienes va dirigida, espero haber aportado a reforzar sus conocimientos y la curiosidad por nuestra carrera. Al Ingeniero Julio Zambrano, nuestro director de tesis, no solo por su apoyo, sino también por su guía y por su confianza. Finalmente, el agradecimiento más importante va dirigido a mi familia, Anita, George, Pauli y Ju, su paciencia realmente sorprende, les agradezco por lo que son, lo más importante en mi vida.*

*Jorge Sebastián Escobar Hinojosa*

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ACRÓNIMOS .....	xv
CAPÍTULO 1: PLANTA DE CONTROL DE PROCESOS ‘A’ .....	1
1.1 GENERALIDADES .....	1
1.1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.2 OBJETIVOS .....	3
1.2 EQUIPOS Y TECNOLOGÍAS DISPONIBLES .....	4
1.2.1 INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE PRESIÓN .....	4
1.2.2 INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE CAUDAL .....	8
1.2.3 INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE NIVEL.....	12
1.2.4 INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE TEMPERATURA.....	18
1.2.5 ACTUADORES.....	21
1.2.6 ELEMENTOS PARA ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA .....	22
1.3 HERRAMIENTAS DE SOFTWARE PARA ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA.....	27
1.3.1 FF CONF.....	27
1.3.2 STEP 7 .....	28
1.3.3 UNITY PRO .....	29
1.3.4 HCS PC CONFIGURATOR .....	30
CAPÍTULO 2: BUSES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	32
2.1 LA PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN (CIM) .....	32
2.1.1 NIVEL DE GESTIÓN.....	32
2.1.2 NIVEL DE CÉLULA.....	33
2.1.3 NIVEL DE CAMPO .....	33
2.1.4 NIVEL DE ACTUADOR/SENSOR .....	33
2.2 FOUNDATION FIELDBUS.....	33
2.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	34
2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA FÍSICA .....	34
2.2.3 NORMAS.....	35

2.3 PROFIBUS .....	36
2.3.1 MEDIO FÍSICO .....	37
2.3.2 MÉTODO DE TRANSMISIÓN .....	38
2.4 MODBUS .....	39
2.4.1 CARACTERÍSTICAS.....	39
2.4.2 FUNCIONAMIENTO.....	40
2.4.3 VARIANTES .....	40
2.5 HART.....	42
CAPÍTULO 3: CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LOS DISPOSITIVOS DE LA PLANTA .....	44
3.1 CONFIGURACIÓN DE TRANSMISORES Y ACTUADORES .....	44
3.1.1 CONFIGURACIÓN DE TRANSDUCTORES Y TRANSMISORES .....	44
3.1.2 CONFIGURACIÓN DE LOS ACTUADORES.....	48
3.2 CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS DE VINCULACIÓN Y AUTÓMATAS PROGRAMABLES .....	50
3.2.1 CONFIGURACIÓN DEL DISPOSITIVO DE VINCULACIÓN FG 110-FF.....	50
3.2.2 CONFIGURACIÓN DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE SIMATIC S7-300.....	54
3.2.3 CONFIGURACIÓN DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE MODICON PREMIUM .....	57
3.3 CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL Y VISUALIZACIÓN.....	62
3.3.1 CONFIGURACIÓN DEL CONTROLADOR MULTIUSO IMAGO 500 .....	62
3.3.2 CONFIGURACIÓN DEL REGISTRADOR JUMO LOGO SCREEN 500 CF .....	62
CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE DISEÑO PARA LAS GUÍAS DE LABORATORIO .....	63
4.1 ESTRUCTURA DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO. ....	63
4.2 GUÍAS DE PRÁCTICAS DEL ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN. ....	64
4.3 GUÍAS DE PRÁCTICA DEL ÁREA DE REDES INDUSTRIALES.....	67
4.4 GUÍAS DE PRÁCTICA DEL ÁREA DE HMI-SCADA.....	69
4.5 GUÍAS DE PRÁCTICA DEL ÁREA DE CONTROL.....	69
CAPÍTULO 5: PROCESO DE ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO.....	70
5.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN .....	70
5.2 EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS PROPUESTAS .....	72
5.3 RETROALIMENTACIÓN DEL PROCESO DE EVALUACIÓN. ....	91

CONCLUSIONES .....	98
RECOMENDACIONES .....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	100
ANEXOS .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

<b>Figura 1.1</b> Plata de control de procesos “A”: Tuberías, sensores y contenedores (izquierda), tablero de control (derecha) [fuente: los autores] .....	1
<b>Figura 1.2</b> Funcionamiento de una galga resistiva [1] .....	5
<b>Figura 1.3</b> Cerabar S PMP71 [fuente: los autores] .....	5
<b>Figura 1.4</b> Estructura del sistema de visualización o interfaz de configuración manual y plataforma electrónica para la configuración de la comunicación del dispositivo [2] .....	6
<b>Figura 1.5</b> Cerabar T PMP131 [fuente: los autores] .....	7
<b>Figura 1.6</b> Principio de funcionamiento de un medidor magnético [fuente: los autores] .....	8
<b>Figura 1.7</b> Técnicas de medición de caudal ultrasónica [4] .....	9
<b>Figura 1.8</b> Estructura interna de un medidor de Coriolis [1] .....	9
<b>Figura 1.9</b> Medidor electromagnético Proline Promag 10 [5] .....	10
<b>Figura 1.10</b> Medidor ultrasónico Proline Prosonic Flow 92F [6] .....	11
<b>Figura 1.11</b> Medidor Coreolis Proline Promass 80E [7] .....	11
<b>Figura 1.12</b> Medición de presión hidrostática [1] .....	13
<b>Figura 1.13</b> Medidor de horquillas Liquiphant T FTL20 [8] .....	14
<b>Figura 1.14</b> Medidor de presión hidrostática Deltabar M PMD55 [9] .....	15
<b>Figura 1.15</b> Medidor de onda guiada Levelflex FMP51 [10] .....	15
<b>Figura 1.16</b> Medidor ultrasónico Prosonic FMU40 [11] .....	16
<b>Figura 1.17</b> Medidor de presión diferencial Cerabar T PMC131 [3] .....	16
<b>Figura 1.18</b> Construcción de un RTD típico [4] .....	19
<b>Figura 1.19</b> Transmisor de temperatura RTD Omnigrad T TR25 [12] .....	20
<b>Figura 1.20</b> Posicionador SIPART PS2 y válvula Jordan [fuente: los autores] .....	21
<b>Figura 1.21</b> Variadores de frecuencia presentes en la Planta de control de procesos “A” [fuente: los autores] .....	22
<b>Figura 1.22</b> Dispositivo FG-110 FF [13] .....	23
<b>Figura 1.23</b> CPU 315F-2 PN/DP [15] .....	25
<b>Figura 1.24</b> Automata Premium de Schneider [fuente: los autores] .....	26
<b>Figura 1.25</b> Datos técnicos STEP 7 [17] .....	28
<b>Figura 1.26</b> Manual de selección de versión [18] .....	30
<b>Figura 1.27</b> Entorno gráfico del software HCS PC Configurator [19] .....	30

### CAPÍTULO 2

<b>Figura 2. 1</b> Pirámide de automatización [22] .....	32
<b>Figura 2. 2</b> Perfiles de protocolos PROFIBUS [22] .....	36
<b>Figura 2. 3</b> Cableado entre las estaciones y terminación del bus [22] .....	38
<b>Figura 2. 4</b> Estructura de un carácter generado por una UART [22]. .....	38
<b>Figura 2. 5</b> Trama Modbus RTU [fuente: los autores] .....	41
<b>Figura 2. 6</b> Trama Modbus ASCII [fuente: el autor] .....	41
<b>Figura 2. 7</b> Trama Modbus TCP [fuente: el autor] .....	41
<b>Figura 2. 8</b> Codificación de bits FSK en el protocolo Hart [30] .....	42

### CAPÍTULO 3

<b>Figura 3. 1</b> Parámetro 52 (Dirección Profibus del dispositivo) [fuente: los autores].	48
<b>Figura 3. 2</b> Micro-master 440 con la pantalla (izq.) y sin la pantalla (der.) [fuente: los autores].	49
<b>Figura 3. 3</b> Micro-interruptores del Micro-master 440 [fuente: los autores].	50
<b>Figura 3. 4</b> Configuración de la dirección IP para la red Ethernet [fuente: los autores].	51
<b>Figura 3. 5</b> Página de inicio del dispositivo de vinculación FG-110 [fuente: los autores].	51
<b>Figura 3. 6</b> Opciones de la página de inicio del dispositivo de vinculación FG-110 [fuente: los autores].	52
<b>Figura 3. 7</b> Direcciones del dispositivo de vinculación FG-110 [fuente: los autores].	52
<b>Figura 3. 8</b> Diagnóstico de dispositivos montados sobre la red [fuente: los autores].	53
<b>Figura 3. 9</b> Opción para cambiar direcciones de dispositivo [fuente: los autores].	54
<b>Figura 3. 10</b> Dispositivos montados sobre el bus de campo Foundation Fieldbus [fuente: los autores].	54
<b>Figura 3. 11</b> Configuración del autómatas programable para comunicación mediante Profibus [fuente: los autores].	56
<b>Figura 3. 12</b> Selección del autómatas Premium al crear un nuevo proyecto [fuente: Los autores].	57
<b>Figura 3. 13</b> Inserción de módulos en el bastidor [fuente: Los autores].	58
<b>Figura 3. 14</b> Inserción de la tarjeta Modbus.	59
<b>Figura 3. 15</b> Configuración de los parámetros de comunicación Modbus.	59
<b>Figura 3. 16</b> Creación de una nueva red para conexión del PLC.	60
<b>Figura 3. 17</b> Selección del tipo y nombre de la red.	60
<b>Figura 3. 18</b> Configuración de la máscara y dirección IP del autómatas.	61
<b>Figura 3. 19</b> Asignación de la ruta de comunicación.	61

### CAPÍTULO 5

<b>Figura 5. 1</b> Diagrama de flujo	70
<b>Figura 5. 2</b> Evaluación de la práctica 1.	73
<b>Figura 5. 3</b> Evaluación de la práctica 2.	74
<b>Figura 5. 4</b> Evaluación de la práctica 3.	75
<b>Figura 5. 5</b> Evaluación de la práctica 4.	76
<b>Figura 5. 6</b> Evaluación de la práctica 5.	77
<b>Figura 5. 7</b> Evaluación de la práctica 6.	78
<b>Figura 5. 8</b> Evaluación de la práctica 7.	79
<b>Figura 5. 9</b> Evaluación de la práctica 8.	80
<b>Figura 5. 10</b> Evaluación de la práctica 9.	81
<b>Figura 5. 11</b> Evaluación de la práctica 10.	82
<b>Figura 5. 12</b> Evaluación de la práctica 11.	83
<b>Figura 5. 13</b> Evaluación de la práctica 12.	84
<b>Figura 5. 14</b> Evaluación de la práctica 13.	85
<b>Figura 5. 15</b> Evaluación de la práctica 14.	86

<b>Figura 5. 16</b> Evaluación de la práctica 15. ....	87
<b>Figura 5. 17</b> Evaluación de la práctica 16. ....	88
<b>Figura 5. 18</b> Evaluación de la práctica 17. ....	89
<b>Figura 5. 19</b> Evaluación de la práctica 18. ....	90
<b>Figura 5. 20</b> Evaluación de la práctica 19. ....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO 1

<b>Tabla 1.1</b> Ubicación de los equipos de medición de presión [4].....	8
<b>Tabla 1.2</b> Ubicación de los equipos medidores de caudal [4].....	12
<b>Tabla 1.3</b> Ubicación de los equipos medidores de nivel en el tanque de presión [4]. .....	17
<b>Tabla 1.4</b> Ubicación de los equipos medidores de nivel en el tanque atmosférico [4]......	18
<b>Tabla 1.5</b> Ubicación de los equipos medidores de temperatura [4]. .....	20

### CAPÍTULO 2

<b>Tabla 2. 1</b> Asignación de patillas en el conector PROFIBUS DP [22] .....	39
--	----

### CAPÍTULO 3

<b>Tabla 3. 1</b> Direcciones de los dispositivos Profibus. ....	55
--	----

### CAPÍTULO 5

<b>Tabla 5. 1</b> Preguntas para la evaluación de las prácticas por aspectos. ....	72
<b>Tabla 5. 2</b> Resultados de la validación de la práctica 1. ....	73
<b>Tabla 5. 3</b> Resultados de la validación de la práctica 2. ....	74
<b>Tabla 5. 4</b> Resultados de la validación de la práctica 3. ....	75
<b>Tabla 5. 5</b> Resultados de la validación de la práctica 4. ....	76
<b>Tabla 5. 6</b> Resultados de la validación de la práctica 5. ....	77
<b>Tabla 5. 7</b> Resultados de la validación de la práctica 6. ....	78
<b>Tabla 5. 8</b> Resultados de la validación de la práctica 7. ....	79
<b>Tabla 5. 9</b> Resultados de la validación de la práctica 8. ....	80
<b>Tabla 5. 10</b> Resultados de la validación de la práctica 9. ....	81
<b>Tabla 5. 11</b> Resultados de la validación de la práctica 10. ....	82
<b>Tabla 5. 12</b> Resultados de la validación de la práctica 11. ....	83
<b>Tabla 5. 13</b> Resultados de la validación de la práctica12. ....	84
<b>Tabla 5. 14</b> Resultados de la validación de la práctica 13. ....	85
<b>Tabla 5. 15</b> Resultados de la validación de la práctica 14. ....	86
<b>Tabla 5. 16</b> Resultados de la validación de la práctica 15. ....	87
<b>Tabla 5. 17</b> Resultados de la validación de la práctica 16. ....	88
<b>Tabla 5. 18</b> Resultados de la validación de la práctica 17. ....	89
<b>Tabla 5. 19</b> Resultados de la validación de la práctica 18. ....	90
<b>Tabla 5. 20</b> Resultados de la validación de la práctica 19. ....	91

## ACRÓNIMOS

MIPRO	Ministerio de industrias y productividad.
UPS	Universidad Politécnica Salesiana.
LACTI	Laboratorio de automatización y control totalmente integrado.
P\&ID	Diagrama de instrumentación y tuberías.
VI	Instrumento Virtual.
PDU	Unidades de datos de protocolo.
CRC	Código de redundancia cíclico.
HCS	Sistema concentrador Hart.
FF	Foundation Fieldbus.
HMI	Interfaz humano-máquina.
RTD	Detector de temperatura resistivo.
PLC	Controlador lógico programable.
CIM	Pirámide de automatización industrial.
OSI	Modelo de interconexión de sistemas abiertos.
ISA	Sociedad internacional de automatización.
IEC	Comité electrotécnica internacional.
E/S	Entradas/Salidas.

# CAPÍTULO 1: PLANTA DE CONTROL DE PROCESOS ‘A’

## 1.1 GENERALIDADES

### 1.1.1 INTRODUCCIÓN

El 18 de Febrero del 2010, la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca y el Ministerio de Industrias y Productividad firmaron el convenio N° 10 019. El objetivo de este proyecto es cooperar cada una de las instituciones (MIPRO con dinero y UPS-Cuenca con dinero, instalaciones y equipo técnico), para la implementación de laboratorios con características industriales en donde los principales beneficiarios son los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Quito y Guayaquil, personal de la industria ecuatoriana así como profesionales que se capacitarán en los laboratorios, puesto que podrán aplicar estos conocimientos directamente en la industria para mejorar los procesos productivos.



**Figura 1.1** Plata de control de procesos “A”: Tuberías, sensores y contenedores (izquierda), tablero de control (derecha) [fuente: los autores]

Bajo esta perspectiva se diseñó y construyó la planta de control de procesos “A” (véase la figura 1.1), la cual permite a sus usuarios conocer y aprender sobre:

- La integración de los niveles de la pirámide de automatización.
- El principio de funcionamiento de las diferentes tecnologías de buses de datos industriales.
- Una comparación y uso de las diferentes tecnologías.

- Su aplicación (integración) industrial y sus problemas (diseño mecánico y conocimiento sobre el medio industrial).
- Valores de lectura y control de 4 variables: presión, nivel, temperatura y caudal.

Esta planta consta de los siguientes elementos:

Control de procesos:

- Sistema de bombeo compuesto de 3 bombas multi-etapa y un depósito de 2.8  $m^3$ .
- Sistema de calentamiento de agua mediante calefón o caldero.
- Intercambiador de calor.
- Sistemas de válvulas proporcionales.
- Dos tanques de acero inoxidable, uno a presión atmosférica y otro a presión controlada.
- Autómata programable de la gama media-alta en siemens (s7-300).
- Autómata programable de la gama media-alta en Schneider (Premium).
- Un controlador industrial JUMO.
- Un registrador industrial de señales JUMO.
- Acceso a cada una de las señales analógicas y digitales de la planta, para ser controladas con dispositivos y/o circuitería realizada por estudiantes.

Instrumentación industrial:

- Instrumentos para medición de caudal, con principios electromagnéticos, turbina, presión diferencial y coriolis.
- Instrumentos para medición de presión, con principios piezo-resistivos.
- Instrumentos para medición de temperatura (RTD, detector de temperatura resistivo).
- Instrumentos de medición de nivel, con principios capacitivos, presión hidrostática, ultrasónica y radar con guía de onda.

Comunicaciones industriales:

- Comunicaciones Profibus DP/PA.

- Comunicaciones HART.
- Comunicaciones Modbus.
- Comunicaciones inalámbricas industriales IWLAN.
- Comunicaciones Fieldbus Foundation.

HMI, OPC's y SCADA:

- Pantallas táctiles HMI de 6", 9" y 15".
- Software WinCC de Siemens.
- Software LabView con el paquete DSC de National Instruments.
- Software OPC Schneider.

**1.1.2 OBJETIVOS**

**General:**

Realizar un estudio y un manual de prácticas, de la planta de control de procesos 'A' del Laboratorio de control y automatización totalmente integrado de la Universidad Politécnica Salesiana que permita a los usuarios conocer y manipular las tecnologías disponibles dentro de la planta, brindando de esta manera una herramienta de aprendizaje que permita minimizar la brecha que existe entre la teoría y la práctica.

**Específicos:**

- Conocer las tecnologías de comunicación y el funcionamiento de los dispositivos, que forman parte de la planta de control de procesos 'A' del Laboratorio de control y automatización totalmente integrado de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Realizar la configuración y puesta en marcha de los equipos que forman parte de la planta de control de procesos 'A' del Laboratorio de control y automatización totalmente integrado de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Realizar las guías que permitan a los usuarios del laboratorio configurar y poner en marcha los equipos que forman parte de la planta de control de procesos 'A'.
- Realizar un proceso de validación de las guías de laboratorio, en el cual se involucre a docentes y estudiantes de la Universidad.

## **1.2 EQUIPOS Y TECNOLOGÍAS DISPONIBLES**

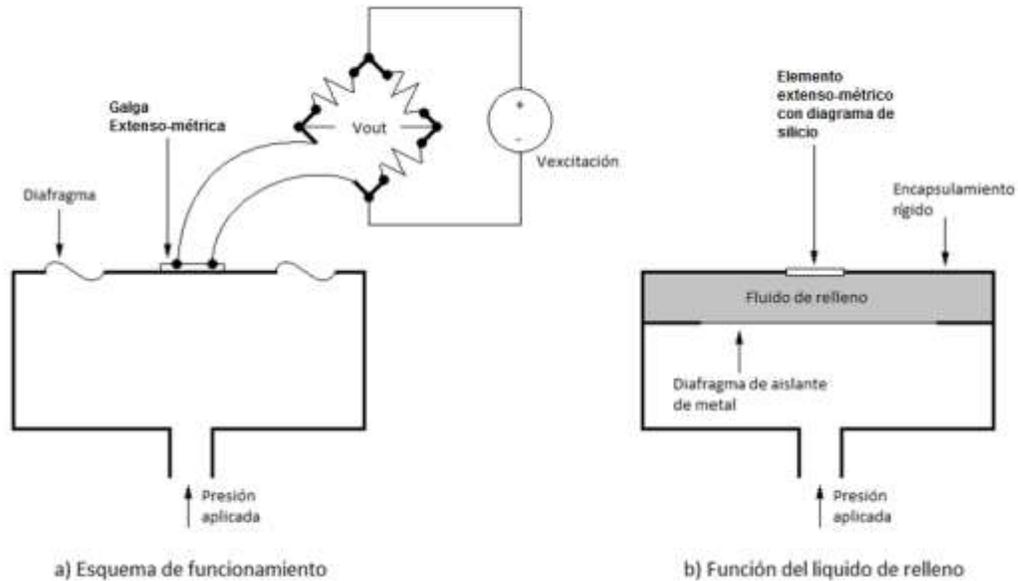
### **1.2.1 INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE PRESIÓN**

La medición de presión representa una de las principales medidas a ser cuantificadas en el campo industrial, puesto que, a partir de ella se pueden derivar otras mediciones como caudal, nivel, densidad, peso e incluso temperatura [1].

En la planta A se dispone de elementos de medición de presión piezo-resistivos, este término hace referencia a un elemento cuya resistencia cambia con la presión aplicada, la galga extenso-métrica es un ejemplo claro de un elemento piezo-resistivo. Cuando un elemento de prueba se comprime o estira por efecto de una fuerza, los conductores de la galga se deforman de manera similar. Es así que al estirarse el componente piezo-resistivo incrementa su resistencia eléctrica (se incrementa su largo y disminuye la sección transversal) y al comprimirse disminuye [1].

Los sistemas basados en diafragmas generalmente no usan metales en sus composiciones, esto se debe a que debido al uso continuo los diafragmas tienden a perder elasticidad por la fatiga mecánica (aumentando el errores en la medición), y en caso de ser sometidos a sobrecargas tienden a deformarse permanentemente; esto no sucede con aquellos diafragmas contruidos con bases de silicio o elementos cerámicos, que al ser sobre exigidos tienden a romperse del todo, con lo cual se tiene la certeza del fallo en el equipo facilitando la detección de errores [1].

Los dispositivos piezo-resistivos generalmente utilizan un puente de Wheatstone para medir las variaciones producidas durante su compresión y estiramiento. En la figura 1.2 se ilustra un sensor de galga extenso-métrica y su diafragma.



**Figura 1.2** Funcionamiento de una galga resistiva [1]

En la plata de control de procesos “A” se cuenta con los siguientes elementos piezo-resistivos para la medición de presión:

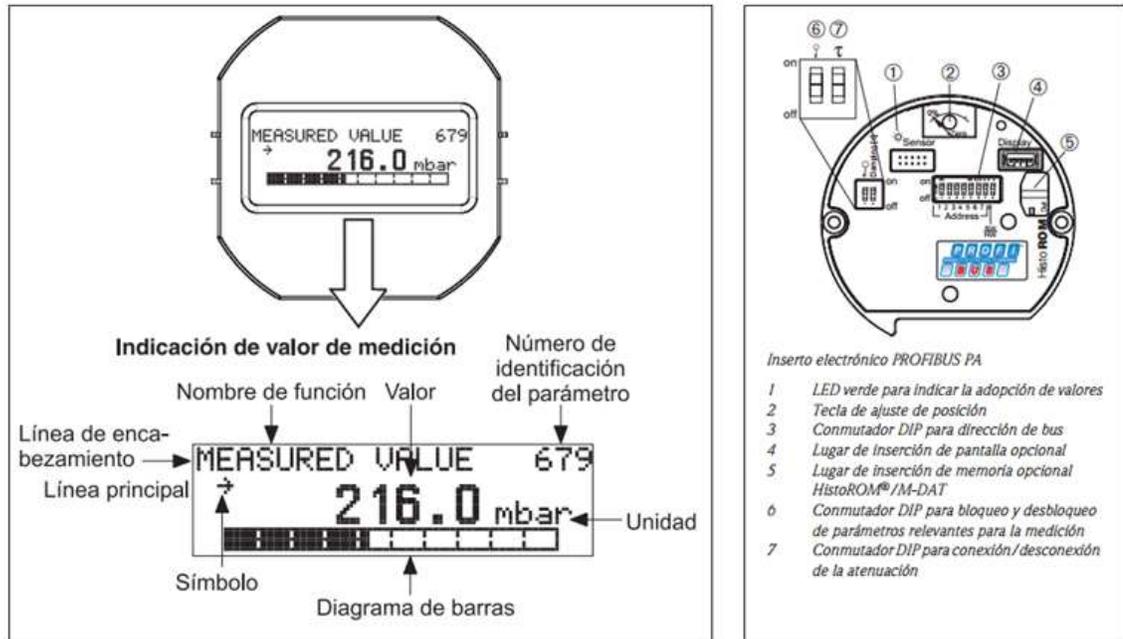
**- Transmisor piezo-resistivo Cerabar S PMP71 (ver figura 1.3).**

Posee un Diafragma cerámico de medición en donde la presión de trabajo flexiona el diafragma separador y un fluido de relleno se encarga de transmitir la presión a un puente de medición de resistencias (Puente de Wheatstone); En este, el cambio en la tensión de salida debido a la presión se mide y procesa [2].



**Figura 1.3** Cerabar S PMP71 [fuente: los autores]

Este dispositivo tiene un rango de medición desde 1 a 700 bares, trabajando en temperaturas de proceso entre los 40 y 125 °C y temperaturas ambiente de entre 45 a 85°C; este dispositivo se puede encontrar en versiones para trabajar en comunicaciones Profibus, Foundation Fieldbus, Hart y 4-20mA [2]. La figura 1.4 muestra la estructura del sistema de visualización o interfaz de configuración manual y la plataforma electrónica para la configuración de la comunicación del dispositivo.



**Figura 1.4** Estructura del sistema de visualización o interfaz de configuración manual y plataforma electrónica para la configuración de la comunicación del dispositivo [2]

En el caso en estudio, este elemento se comunica vía Profibus, su configuración básica (idioma, unidades, variable a medir) se realiza mediante la plataforma electrónica de configuración del dispositivo (ver figura 1.4), al retirar dicho inserto se tiene acceso al dip-switch que permite establecer la dirección Profibus como se describe en la figura 4.

#### - Transmisor piezo-resistivo Cerabar T PMP131 (ver figura 1.5)

Por medio de este dispositivo pueden medirse presiones absolutas y relativas en líquidos, vapores y gases. La conexión al proceso se puede realizar mediante un diafragma conectable interno, o un diafragma conectable frontal (siendo la versión para conexión frontal especialmente apropiada para medios contaminados o viscosos). La presión a

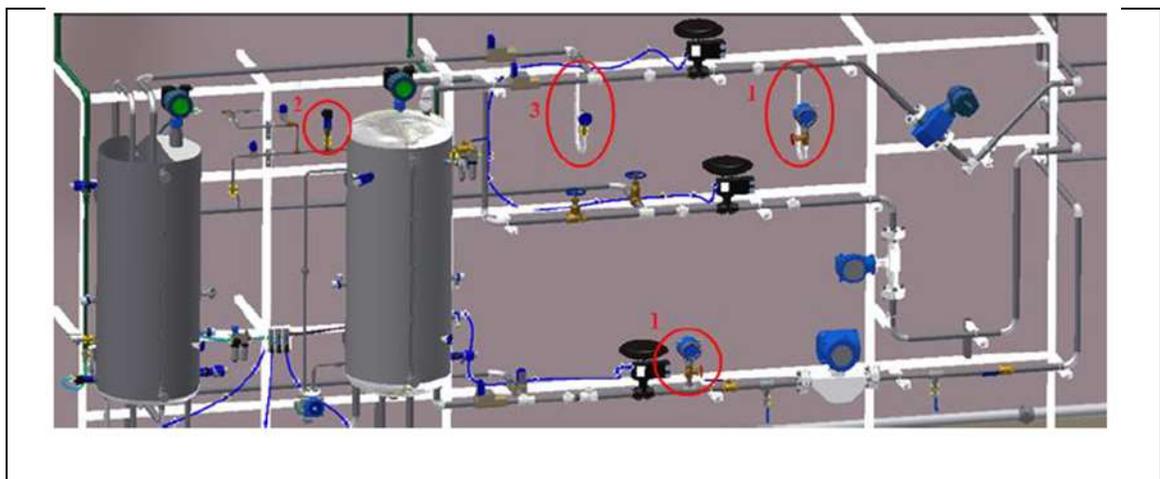
medir deforma ligeramente un diafragma sensor. El equipo mide y procesa la deformación, que es proporcional a la presión medida [3].



**Figura 1.5** Cerabar T PMP131 [fuente: los autores]

Este equipo trabaja en la línea de 4-20 mA, puede soportar temperaturas de proceso entre -25 y 70°C y una temperatura ambiente similar (-20 a 70°C) Su configuración no puede realizarse directamente pues no posee un panel, y debe realizarse por medio de hardware externo (por ejemplo el HCS<sup>1</sup>) [3].<sup>1</sup>

En la tabla 1.1 se puede observar la ubicación de los elementos de medición de presión presentes en la planta de control de procesos A.



Número	Instrumento	Denominación	Código	Condiciones de instalación
1	Transmisor de presión piezo-resistivo	Cerabar S PMP 71	PIT 4C1 PIT PC1	Montaje según INEN 1825-1988

<sup>1</sup> Moore Industries Inc., HART Concentrator System HART-to-MODBUS RTU Converter, Enero 2014

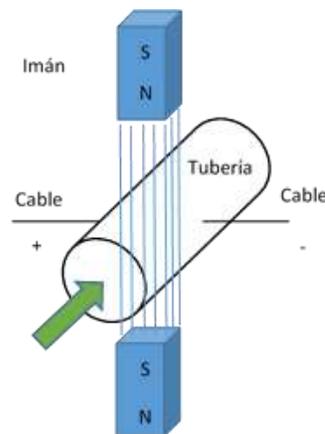
2	Transmisor de presión piezo-resistivo	Cerabar T PMP131	PT AC1	Montaje bajo el punto de derivación. Usar válvula de corte
3	Manómetro- Vacuometro	Manómetro- Vacuometro	PG PC2 PG PD1 PG PD3 PG VC1 PG 4A2	Montaje con válvula de corte. No tiene restricciones de posición.

**Tabla 1.1** Ubicación de los equipos de medición de presión [4]

### 1.2.2 INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE CAUDAL

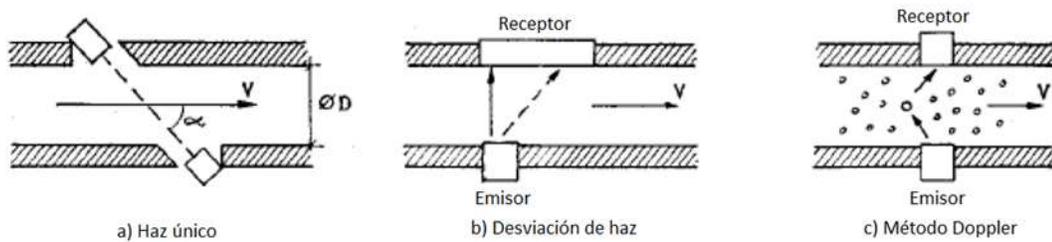
Las opciones conocidas para medir caudal varían dependiendo de su tipo, pudiendo ser de caudal volumétrico o de caudal másico, este último determina la medida volumétrica aprovechando características medibles de la masa del fluido como densidad, presión o temperatura.

El laboratorio de control y automatización totalmente integrado dispone de medidores magnéticos de caudal, estos basan su funcionamiento en la ley de Faraday (véase figura 1.6), es por ello que se limita su uso a fluidos con cierta conductividad, pues al moverse el fluido, este atraviesa un campo magnético, induciendo una tensión que será medida para de esa forma conocer el caudal. La salida resultante es independiente de la temperatura, gravedad específica viscosidad o turbulencia [4].



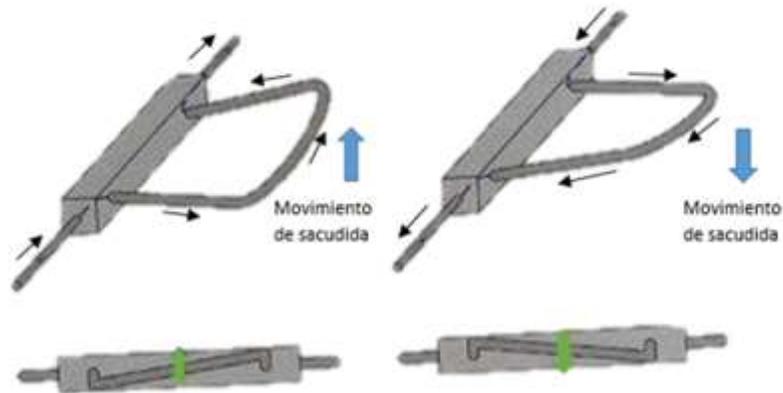
**Figura 1.6** Principio de funcionamiento de un medidor magnético [fuente: los autores]

También se dispone de medidores ultrasónicos (ver figura 1.7), estos utilizan un generador de ultrasonido en un extremo de una tubería que transmite una señal de alta frecuencia que atraviesa la pared de la misma y la corriente del flujo; el tiempo que le lleva a la señal llegar al otro lado de la tubería donde se encuentra el receptor depende de la velocidad del flujo [4].



**Figura 1.7** Técnicas de medición de caudal ultrasónica [4]

Otro instrumento de medición es el medidor de Coriolis (ver figura 1.8), el cual se basa en el principio del mismo nombre (Principio de Coriolis), que se presenta como producto de las fuerzas inerciales generadas al momento en que una partícula ubicada en un cuerpo rotatorio se mueve respecto a este, acercándose o alejándose del centro de rotación.



**Figura 1.8** Estructura interna de un medidor de Coriolis [1]

Se tienen los siguientes medidores de caudal en la planta:

### - Medidor electromagnético Proline Promag 10

El medidor electromagnético Proline Promag 10 (véase figura 1.9) se encuentra en la línea de comunicaciones HART, puede medir el caudal de fluidos que posean un mínimo de conductancia de 50 uS/cm, en las consideraciones, se lo colocó en una posición inclinada para asegurarse que la tubería se encuentre siempre llena al momento de realizar las mediciones (el instrumento mide la velocidad del fluido asumiendo que el volumen del líquido ocupa toda la tubería), la circuitería de entrada, salida y alimentación se encuentran aislados galvánicamente para evitar cualquier tipo de interferencias, puede medir velocidades de 0.01 a 10 m/s con una precisión de  $\pm 0.5\%$ ; soporta temperaturas de proceso hasta los  $80^{\circ}\text{C}$  y presiones de hasta 40 bar [5].



**Figura 1.9** Medidor electromagnético Proline Promag 10 [5]

### - Medidor ultrasónico Proline Prosonic Flow 92F

El medidor ultrasónico Proline Prosonic Flow 92F (véase figura 1.10) existe en versiones tanto como para Profibus PA, como para Foundation Fieldbus. En el laboratorio se tiene la versión para Foundation Fieldbus, siendo muy similar al transmisor piezo-resistivo Cerabar S PMP71, tanto en su aspecto como configuración, puede medir velocidades de hasta 10 m/s, temperaturas de proceso de  $200^{\circ}\text{C}$  y presiones de hasta 40 bar, todo esto con una precisión de  $\pm 0.3\%$  [6].



**Figura 1.10** Medidor ultrasónico Proline Prosonic Flow 92F [6]

**- Medidor Coreolis Proline Promass 80E**

El Promass 80E (véase figura 1.11) puede ser encontrado tanto para Profibus PA como para HART, pero el que se dispone en el laboratorio se encuentra conectado a la línea Profibus, puede ser utilizado no solo para medir el flujo másico de líquidos sino también de gases, como en la planta de control de procesos “A” se lo utiliza para realizar mediciones de flujo másico, nos interesa conocer el error para este caso (pues varía del tipo de fluido y tipo de medición) que es de  $\pm 0.2\%$ , además puede soportar presiones de 100 bar y temperaturas medias de hasta 140 °C [7]. Dispone de un panel táctil para su configuración que no necesita se retire la tapa protectora para ser manipulado.



**Figura 1.11** Medidor Coreolis Proline Promass 80E [7]

En la tabla 1.2 se puede observar la ubicación de los elementos de medición de caudal presentes en la planta de control de procesos A.

Número	Instrumento	Denominación	Código	Condiciones de instalación
1	Medidor electromagnético	Proline Promag 10W	FIT 4A1	Evitar la instalación en puntos donde la tubería este parcialmente llena.
2	Medidor ultrasónico	Proline Prosonic Flow 92F	FIT HA1	Evitar la instalación en puntos donde la tubería este parcialmente llena.
3	Medidor Coreolis	Proline Promass 80E	FIT PA1	Colocar el equipo bajo la conexión de nivel mínimo. La conexión de baja presión debe colocarse sobre el máximo nivel.

**Tabla 1.2** Ubicación de los equipos medidores de caudal [4]

### 1.2.3 INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE NIVEL

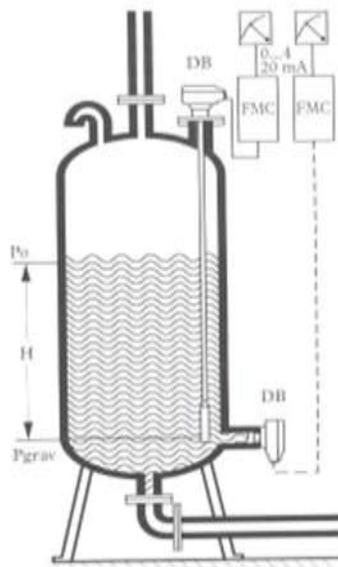
La medición de nivel puede ser de dos tipos, directa (se determina el nivel real), y la indirecta (donde se toma una propiedad del material a medir y el instrumento lo transforma en nivel). En la planta A se dispone de un medidor ultrasónico para realizar la medición directa, y de varias horquillas vibrantes y medidores de presión hidrostática para la indirecta.

El Medidor de horquillas vibrantes funciona a través de una horquilla preparada para oscilar en el aire, en el momento en que esta es cubierta por un material la frecuencia de

vibración disminuye, lo cual es detectado y utilizado como señal de salida, por ello son utilizados principalmente como interruptores de nivel. Las características de las horquillas cambian dependiendo del material a censar, si se trata de solidos granulados o pulverizados se suele utilizar una frecuencia de 120 Hz, mientras que si se trata de líquidos la frecuencia utilizada puede ser de 1 KHz [1].

Los medidores de presión hidrostática utilizan dicha presión creada por una columna de líquido para conocer el nivel del mismo (ver figura 1.12). La medición puede ser realizada por un transmisor de presión y en el caso de tratarse de tanques de presión por un transmisor de presión diferencial [1].

El Medidor ultrasónico trabaja con los tiempos de resonancia de una señal sonora emitida hacia el material a medir y posteriormente receptada por el mismo instrumento. La señal se refleja en el material a medir con lo que se puede averiguar (conociendo la velocidad del sonido y el tiempo que se demora la señal en regresar) la altura vacía del tanque y a partir de ello el nivel en el mismo. Conocemos que la velocidad del ultrasonido es de 331m/s en el aire a 0°, esto es independiente de la frecuencia y la presión del aire, pero ha de aplicarse un factor de corrección de 0.17% por cada grado que la temperatura se incremente [1].



**Figura 1.12** Medición de presión hidrostática [1]

De la planta en mención se utilizan los siguientes componentes para medir nivel:

**- Medidor de horquillas Liquiplant T FTL20**

Este elemento (véase la figura 1.13) utiliza los cambios en la vibración de sus horquillas (debido al medio en el que se encuentren sumergidas) para conocer si el fluido ha llegado a un punto u otro, es de tipo ON/OFF y en la planta permite conocer cuándo se ha alcanzado puntos máximos o mínimos en los tres tanques disponibles.

Puede soportar temperaturas de proceso que van de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$ , y presiones desde el vacío hasta los 40 bar; necesita además un medio cuya densidad mínima sea  $0,7\text{g/cm}^3$ , de otra forma no puede distinguirse el paso de un medio a otro [8]. Este se encuentra conectado a las entradas digitales de los PLC's (no están conectados mediante bus).



**Figura 1.13** Medidor de horquillas Liquiphant T FTL20 [8]

**- Medidor de presión hidrostática Deltabar M PMD55**

El medidor Deltabar M PMD55 (véase la figura 1.14) cuenta con comunicación digital HART (existen también modelos para Profibus PA y Foundation Fieldbus). Cuenta con un transductor de presión diferencial (utiliza un mecanismo de diafragmas metalizados) que le permite determinar el nivel del fluido por esta vía. Presenta un error máximo del 0.1% en sus mediciones y puede trabajar en el rango de los 10mbar - 40 bar [9].



**Figura 1.14** Medidor de presión hidrostática Deltabar M PMD55 [9]

**- Medidor de onda guiada Levelflex FMP51**

El medidor Levelflex FMP51 (véase figura 1.15) permite conocer el nivel del líquido por medio del tiempo de vuelo de los pulsos de alta frecuencia que genera y que rebotan en la superficie del líquido. Este elemento se conecta a la línea Profibus (existen versiones para HART y Fieldbus) y puede trabajar en el vacío, hasta llegar a presiones de 400 bar; la temperatura de proceso que estos dispositivos pueden manejar es de -196 a 450°C, con una precisión de  $\pm 2\text{mm}$  [10].



**Figura 1.15** Medidor de onda guiada Levelflex FMP51 [10]

**- Medidor ultrasónico Prosonic FMU40**

El medidor Prosonic FMU40 (véase figura 1.16) está disponible para Profibus PA, HART y Fieldbus. En la planta de control de procesos “A” la versión disponible es Foundation Fieldbus, utiliza también el principio de tiempo de vuelo de una señal ultrasónica emitida, sin embargo este no cuenta con una guía como es el caso del

Levelflex M FMP40, por ello son necesarias ciertas consideraciones al momento de instalar este dispositivo (como por ejemplo la distancia mínima respecto a las paredes del tanque).

Sus mediciones pueden verse influenciadas por la presencia de vapor u otras partículas como el polvo, así como presentar atenuaciones debido a ondas, turbulencias o la formación de espuma, además tiene un campo muerto de medición de 0.25m debido a que es el espacio mínimo que necesita el dispositivo para funcionar, soporta temperaturas de -40 a 80°C y funciona a presión ambiental [11].



**Figura 1.16** Medidor ultrasónico Prosonic FMU40 [11]

#### - Medidor de presión Cerabar T PMC131

El medidor de presión Cerabar T PMC131 (véase figura 1.17) es utilizado para medir nivel por medio de la presión generada por el fluido, su precisión es del 0.5% y trabaja en procesos desde los -20° a los 100°C, con presiones q van desde los 100 mbar a los 40 bar. Su salida es analógica (4-20 mA) [3].



**Figura 1.17** Medidor de presión diferencial Cerabar T PMC131 [3]

En la tabla 1.3 y 1.4 se observan las ubicaciones de los dispositivos para medición de nivel tanto en el tanque de presión como en el tanque de presión atmosférica.

Número	Instrumento	Denominación	Código	Condiciones de instalación
1	Mirilla de nivel	Combraco wáter gauge	LG VC2	Sin restricciones
2	Horquillas vibrantes	Liquiplant T FTL20	LSH VC3 LSH VC4	Se pueden ubicar en cualquier lugar del tanque, con las horquillas paralelas al flujo y una desviación de $\pm 15^\circ$
3	Presión Diferencial	Deltabar M PMD55	LE VC1	Colocar el equipo bajo la conexión de nivel mínimo. La conexión de baja presión debe colocarse sobre el máximo nivel.
4	Radar y onda guiada	Levelflex M FMP40	LIT VG1	Colocar la sonda dentro de una tubería de 2" perforada para eliminar las condiciones de distancia mínima a la pared del tanque u objetos.

**Tabla 1.3** Ubicación de los equipos medidores de nivel en el tanque de presión [4].

Número	Instrumento	Denominación	Código	Condiciones de instalación
1	Mirilla de nivel	Combraco water gauge	LG UC2	Sin restricciones
2	Transductor de presión	Cerabar T PMC131	LE UC2	Montaje en la parte más baja posible del tanque. Puede colocarse en cualquier posición
3	Horquillas vibrantes	Liquiplant T FTL20	LSH UC6 LSH UC7	Se pueden ubicar en cualquier lugar del tanque, con las horquillas paralelas al flujo y una desviación de $\pm 15^\circ$
4	Ultrasónico	Prosonic FMU 40	LIT UF2	La señal se produce en forma cónica con un ángulo de $11^\circ$ , que debe estar libre en toda la longitud.

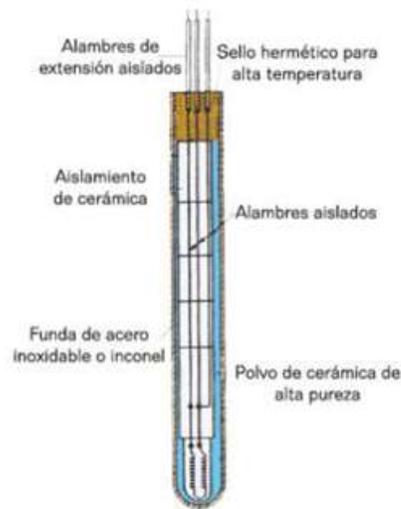
**Tabla 1.4** Ubicación de los equipos medidores de nivel en el tanque atmosférico [4].

#### 1.2.4 INSTRUMENTOS PARA LA MEDICIÓN DE TEMPERATURA.

La temperatura probablemente se la variable de control más medida en los procesos industriales, por lo general enfocado a mantener un valor fijo deseado. En la planta de control de procesos “A” existen 11 transmisores de temperatura.

Para este caso todos los dispositivos de medición de temperatura parten del mismo principio, RTD (detector de temperatura resistivo), este cambia su resistencia conforme aumenta la temperatura, en principio son bobinas de alambre enrolladas dentro o

alrededor de un contenedor aislante que se encarga de soportar la temperatura (ver figura 1.18).



**Figura 1.18** Construcción de un RTD típico [4]

Fue seleccionado por sus ventajas de precisión y puesto que no se planea manejar un rango de temperaturas extremadamente alto, sumada al hecho de que el intercambio de temperatura depende únicamente del intercambio térmico que se da entre el fluido y el componente [4]. El dispositivo en cuestión es el Omnigrad T TR25.

#### - Transmisor de temperatura RTD Omnigrad T TR25

El RTD Omnigrad T TR25 (véase figura 1.19) consiste en una resistencia eléctrica que incrementa su valor conforme aumenta la temperatura. Tiene un rango de operación de -200 °C - 600 °C, sin embargo esto es dependiente del contenedor del sensor, pues es este el que brinda protección al contacto directo y puede ser fabricado de distintos materiales como metal o plástico; la presión máxima que soporta es de 40 bar a una temperatura de 20°C [12].



**Figura 1.19** Transmisor de temperatura RTD Omnigrad T TR25 [12]

Estos transmisores se encuentran colocados en los tanques, intercambiador de calor y a lo largo de la línea de agua caliente. Su ubicación se puede observar en la tabla 1.5 (existen modelos solo transmisores TT-negro y otros con indicadores TIT-rojo).

Número	Instrumento	Denominación	Código	Condiciones de instalación
1	Detector de temperatura por resistencia	Omnigrad T TR25	TIT U35 TIT UC6 TT UC2 TIT VC5 TT VC1 TIT VC4 TIT PC4 TIT PC3 TIT PC2 TIT PC1 TT XC1	Se debe mantener una longitud de inmersión mínima de 80 mm

**Tabla 1.5** Ubicación de los equipos medidores de temperatura [4].

## 1.2.5 ACTUADORES

### - Posicionador SIPART PS2 para las válvulas Jordan modelo 70SP

En el laboratorio de control y automatización totalmente integrado se dispone de 3 válvulas Jordan modelo 70SP y 3 posicionadores SIPART PS2 (véase figura 1.20); las válvulas se operan neumáticamente, son de recorrido corto y de actuador lineal. El posicionador tiene 5 modos de funcionamiento:

- Configuración e inicialización.
- P-manual.
- Automático.
- Manual.
- Diagnóstico.

Para realizar la configuración utilizamos los modos P-manual y configuración e inicialización, mientras que para el manejo se utilizan los modos automático y manual; el modo de diagnóstico como su nombre lo indica nos permite revisar los estados de cada parámetro de funcionamiento del posicionador.



**Figura 1.20** Posicionador SIPART PS2 y válvula Jordan [fuente: los autores]

### -Micromaster 440

La planta de control de procesos “A” posee tres variadores de frecuencia de la serie Micromaster 440 (véase figura 1.21), cada uno funciona con tecnologías de comunicación distintas, el primero funciona mediante Hart, el segundo mediante Foundation Fieldbus, y el tercero a través de Profibus.

El objetivo de estos componentes es modificar la velocidad a la que trabajan las bombas que envían el agua a los tanques disponibles, también se las puede operar directamente desde el panel frontal de la planta, desconectándolas de sus buses de comunicación; la principal diferencia entre el control mediante el bus de campo respectivo y mediante el panel frontal radica en que mediante el bus se puede seleccionar la frecuencia deseada, es decir se puede variar la velocidad mientras que a través del panel frontal solo se enciende o apaga el motor de la bomba, bajo esta situación el variador opera en la frecuencia máxima o mínima.



**Figura 1.21** Variadores de frecuencia presentes en la Planta de control de procesos “A”

[fuente: los autores]

### **1.2.6 ELEMENTOS PARA ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA**

Los controladores nos permiten realizar el control, configuración y adquisición de datos de los dispositivos que se tienen en cada uno de los buses de datos, cada uno maneja un bus de comunicaciones distinto y un grupo de elementos transmisores/actuadores

dependiendo de la línea en la que se encuentren. En la planta de control de procesos “A” se dispone de los siguientes elementos:

**- FG-110 FF**

Es un gateway modbus y dispositivo de vinculación (véase figura 1.22) para integración de fieldbus foundation, es decir integra dicha tecnología en sistemas de control modbus. El dispositivo cuenta con una herramienta de configuración basada en Windows y puede ser utilizada para implementar servicios de información [13].

Funciona hasta con cuatro segmentos H1 FF con un máximo de 64 dispositivos de campo (16 por segmento) en modbus RTU o sistemas de control que soporten Modbus TCP. Estas características proveen procesamiento de datos a la par que brinda ventajas como cableado reducido, parametrización central de dispositivos de campo, funcionalidad de diagnósticos completa, implementación de control en el campo por medio de la configuración de dispositivos de campo como un bucle de control, sin la necesidad de un componente controlador [13].



**Figura 1.22** Dispositivo FG-110 FF [13]

La herramienta de configuración incluida con el dispositivo (FF-CONF) se comunica a través del protocolo de alta velocidad de foundation fieldbus HSE, permitiendo la configuración completa de la red al configurar los bloques de función de enlace y programación, así como ajustes de los parámetros del bus y dispositivos de campo.

Dicha herramienta hace uso de archivos de descripción de dispositivos estándar, que son proporcionados por sus fabricantes y la organización Fieldbus Foundation [13].

Otra característica del dispositivo es un servidor web integrado con el cual se puede definir el mapeo de funciones FF a los registros modbus, o el monitoreo de las variables del proceso [13].

#### **- SIMATIC S7-300**

Se lo conoce como un sistema de automatización universal utilizado en aplicaciones con arquitecturas de control centralizadas y descentralizadas, la primera a través de un solo rack y descentralizadas por módulos de interfaz ET200, buses de campo PROFIBUS DP o PROFINET [14]

Su memoria de datos y de programa es una micro memory card MMC, la cual facilita la actualización del programa de usuario o firmware de una CPU S7-300 [14].

La siguiente lista presenta algunos de los buses industriales a los que puede conectarse:

- Industrial Ethernet.
- Profinet.
- Industrial Wireless LAN.
- Profibus.
- AS-Interface.
- Modbus RTU, TCP/IP.

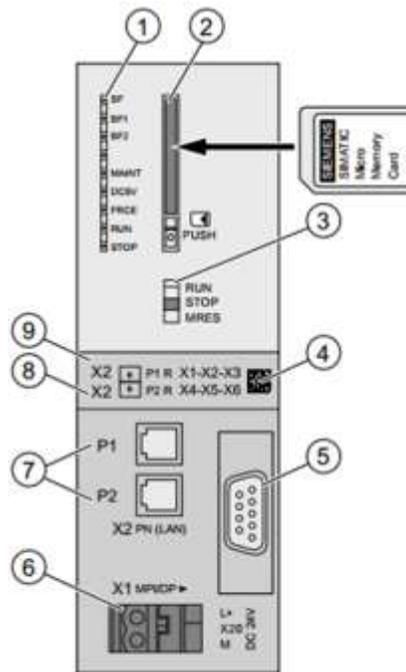
Su configuración se la puede realizar mediante el software SIMATIC STEP7 o mediante TIA PORTAL STEP7 Profesional.

#### **- CPU 315F-2 PN/DP**

El CPU 315F-2 PN/DP (véase figura 1.23) cuenta con los siguientes elementos:

- Indicadores de estado y error
- Ranura de la Micro Memory Card SIMATIC con expulsor
- Selector de modo
- Dirección MAC y código de barras 2D

- Interfaz X1 (MPI/DP)
- Conexión para la fuente de alimentación
- Interfaz X2 (PN), con switch de 2 puertos
- Puerto PROFINET 2
- Puerto PROFINET 1



**Figura 1.23** CPU 315F-2 PN/DP [15]

Existen 3 posiciones del selector de modo: RUN en el cual la CPU procesa el programa del usuario, STOP en el cual no se procesa ningún programa y MRES que es un modo que no se enclava y permite un borrado total de la CPU (Este modo se activa con una secuencia especial de operación) [15].

La CPU instalada en la plata “A” del laboratorio de automatización y control totalmente integrado cuenta con los siguientes módulos:

- Procesador de comunicaciones CP 342–5 que conecta el S7–300 a la red en bus PROFIBUS
- Módulo de entradas y salidas digitales: DI16/DO16x24V/0.5A
- Módulo de entradas y salidas analógicas: AI4/AO2x8/8Bit

- Módulo de entradas analógicas: AI8x12Bit
- Fuente de alimentación carga 120/230V AC:24VDC/5A: PS 307 5A
- Módulo de interfaz para vinculación DP/PA: ET 200M
- Acoplador DP/PA SIMATIC
- Periferia descentralizada: ET 200S

### - Modicon Premium

El Modicon Premium (véase figura 1.24) posee una CPU de alto rendimiento con 37 ns por instrucción y hasta 7 MB de programa, es un elemento modular que puede ser ampliado o reducido dependiendo de las necesidades del usuario, gracias a ello dispone de conectividad muy amplia (AS-Interface, Modbus Plus, INTERBUS o PROFIBUS DP) acorde al amplio catálogo de módulos específicos para aplicaciones (seguridad, procesamiento réflex, contador, control de posición, movimiento, pesaje, almacenamiento de datos).



**Figura 1.24** Autómata Premium de Schneider [fuente: los autores]

El autómata Premium de Schneider Electric trabaja con el software Unity Pro que se expone más adelante. Para la planta de control de procesos “A” se cuenta con este autómata al cual se han incorporado varios módulos de entrada/salida, tanto analógicas

como digitales, pero particularmente posee una tarjeta de conexión Modbus, que permite adquirir datos del módulo HCS, que es el encargado de manejar las señales del bus HART y enviarlas vía Modbus.

### **1.3 HERRAMIENTAS DE SOFTWARE PARA ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LA PLANTA.**

#### **1.3.1 FF CONF**

Es una herramienta de software gratuita e independiente, soportada por Windows y diseñada para el manejo de dispositivos de configuración de una red FieldBus Foundation, y sus elementos en general [16].

La configuración de la red y dispositivos de campo a través de esta herramienta es offline. La herramienta es compatible con las funcionalidades de dispositivos de vinculación de los siguientes Gateways de Softing:

- FG-100 FF/HSE
- FG-110 FF
- FIM-110 FF

Y soporta los archivos de descripción estándar (DD Files) [16].

Entre las configuraciones que permite el dispositivo esta la definición de bloques de funciones, vinculación, programación, ajustes de parámetros del bus así como la parametrización de los dispositivos del campo. Esta configuración se la descarga a través del hardware de Softing [16]. Su modo online permite visualizar los elementos de campo conectados a la red, soporta lectura y escritura de parámetros de los dispositivos, y el seguimiento de los valores del proceso [16]. El software no requiere de licencia y se lo puede descargar del sitio web de Softing.

### 1.3.2 STEP 7

Es un software de programación de SIMATIC que sirve o cubre autómatas programables de diversas prestaciones, dispositivos con panel de mando integrado, PC-based Control, soluciones de manejo y visualización externos, y redes de comunicación [17].

Al no presentar problemas de integración, elimina las dificultades que generan gastos importantes en las empresas, tales como las barreras entre:

- PLC y ordenadores.
- Ingeniería de procesos y de producción.
- Software estándar y software de automatización.

El software presenta algunas versiones, todas permiten la familiarización con el hardware [17]. En la figura 1.25, se presentan algunas características de las mismas.

Herramienta estándar	STEP 7 Professional	STEP 7	STEP 7 Lite	STEP 7 Basic
Tipo de licencia	Licencia flotante	Licencia flotante	Licencia flotante	Licencia única
Clase de software	A	A	A	A
Versión actual	Edición 2010	V 5.5	V 3.0	V11.0
Sistema de destino	SIMATIC S7-300 SIMATIC S7-400 SIMATIC C7	SIMATIC S7-300 SIMATIC S7-400	SIMATIC S7-300 SIMATIC C7	SIMATIC S7-1200
Sistema operativo	Windows XP Professional  Windows 7 Professional, Windows 7 Ultimate	Windows XP Professional  Windows 7 Professional, Windows 7 Ultimate	Windows XP Home Windows 2000 Professional  Windows XP Professional	Windows XP Professional SP3 (32 bits)  Windows Vista Ultimate SP1 (32 bits),  Windows Vista Business SP1 (32 bits),  Windows Vista Home Premium SP1 (32 bits)
Tamaño de memoria RAM en PG/PC, mín.	Depende del sistema operativo Microsoft Windows que se usa. Recomendación: 1 a 2 Gbytes	Depende del sistema operativo Microsoft Windows que se usa. Recomendación: 1 a 2 Gbytes	Depende del sistema operativo Microsoft Windows que se usa. Recomendación: 128 Mbytes	1 Gbyte
Espacio libre en disco duro en PG/PC	Según volumen de instalación, de 700 a 1.000 Mbytes	Según volumen de instalación, de 650 a 900 Mbytes	según volumen de instalación de 90 a 250 Mbytes.	2 Gbytes
Tamaño programa de usuario en la CPU	factor aprox. 1,5 comparado con STEP 5 en AWL, KOP, FUP	factor aprox. 1,5 comparado con STEP 5 en AWL, KOP, FUP	factor aprox. 1,5 comparado con STEP 5 en AWL, KOP, FUP	
Comentario	Incluye todos los 5 lenguajes de programación estándar IEC KOP, FUP, AWL, SCL, GRAPH y el software de simulación de PLC S7-PLCSIM	-	Para aplicaciones sin red con periferia centralizada.	Incluye los lenguajes de programación IEC KOP y FUP

**Figura 1.25** Datos técnicos STEP 7 [17]

### 1.3.3 UNITY PRO

Es la herramienta de programación que se utiliza para desarrollar completamente, probar, depurar y administrar las aplicaciones de toda la gama de PLCs industriales Modicon. Permite 5 lenguajes IEC 61131-3 de manera estándar:

- LD: Diagrama escalera (Ladder diagram).
- IL: Lista de instrucciones (Instructions list).
- ST: Texto estructurado (Structured text).
- SFC: Tabla de funciones secuenciales (Sequential function chart).
- FBD: Diagrama de bloques de funciones (Function block diagram).

Donde cada sección de programación puede ser realizada en el lenguaje de su preferencia, mientras que las herramientas de depuración y operación son accesibles sin importar el lenguaje que se utilice [18].

Es un software versátil y de fácil uso, que ofrece una función de bibliotecas de bloques de función que ya han sido probados, permitiendo al usuario compartir ideas e información visual de aplicaciones multi-procesador [18].

Una de las características esenciales es su entorno de trabajo personalizable a través del uso de [18]:

- Configuración basada en graficos-100%.
- Ayuda sensible al contexto e información sobre herramientas.
- Iconos y barra de herramientas personalizables.
- Preferencias de usuario.
- Funciones avanzadas de arrastrar, soltar y zoom.
- Asistentes de entrada de datos, analizador de sintaxis del código.
- Ventana de diagnóstico integrado.
- Hipervínculo.

Al igual que distintas herramientas para programación posee algunas versiones según la necesidad del usuario. En la figura 1.26 se presenta una guía para su selección, proporcionado por la referencia bibliográfica [18].

		Small (S)	Medium (M)	Large (L)	XLarge (XL)	(XLS)
Languages	Siemens 6ES7 61131-3 languages	X	X	X	X	X
Programming services	Multitasking	X	X	X	X	X
	Function modules and views	X	X	X	X	X
	Function (FB) and user data type (UDT) blocks	X	X	X	X	X
	Application and project libraries	X	X	X	X	X
	Control library	X	-	X	X	X
Debugging services	PC-based simulator	X	X	X	X	X
	Step-by-step, watchpoint, etc.	X	X	X	X	X
Operation and diagnostics	System and application diagnostics	X	X	X	X	X
	Multiple modifications online	X	X	X	X	X
	Graphic runtime screens	X	X	X	X	X
	Traceability	X	X	X	X	X
	Hypertext	X	X	X	X	X
Other services	PL7, Concept converters	-	X	X	X	X
	SIM, Import/Export	X	X	X	X	X
	PLC OS update	X	X	X	X	X
PLCs supported	Motion Premium TDK P57	-	00/1500	00/1500/00/00/00	00/1500/00/00/00	00/1500/00/00/00 including PLC CPUs
	Motion Quantum 140 CPU	-	-	011 10P 020 12M 030 14P	011 10P 020 12M 030 14P	011 10P 020 12M 030 14P
	Motion Quantum HES Standby 140 CPU	-	-	-	001 0090 011 10P 052 00	020 14 UH 051 00 051 00 052 00 071 00 071 00 S 071 00 S
	Motion M340	000 P34 1000 000 P34 2000	000 P34 10 000 P34 20	000 P34 10 000 P34 20	000 P34 10 000 P34 20	000 P34 1000 000 P34 2000

Figura 1.26 Manual de selección de versión [18]

### 1.3.4 HCS PC CONFIGURATOR

Es un software usado para programar todos los parámetros de los instrumentos en una red HART, pero una vez sea guardada la configuración por defecto [19].

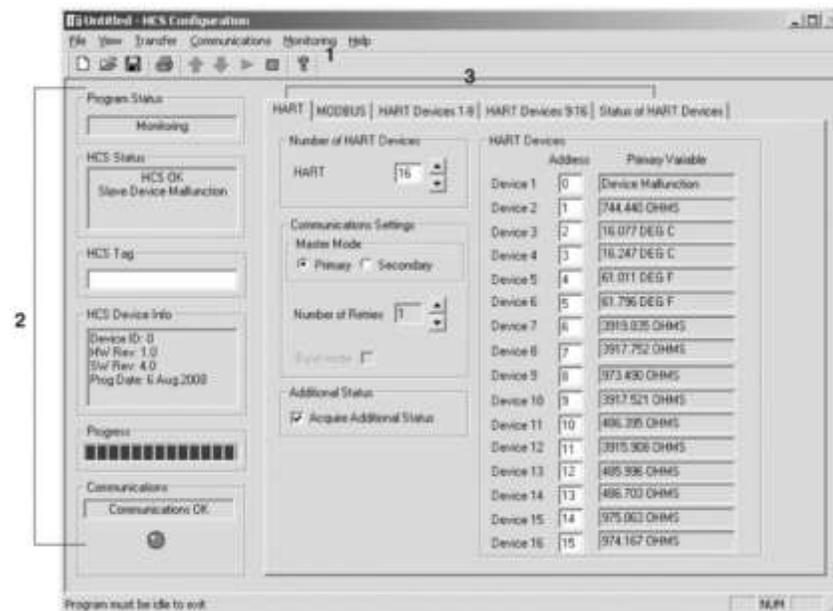


Figura 1.27 Entorno gráfico del software HCS PC Configurator [19]

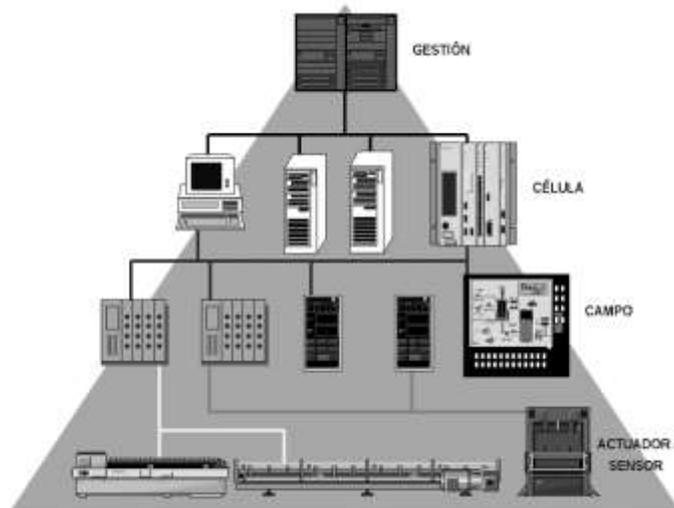
En la figura 1.27 se puede distinguir:

- Barra de menú/ Barra de herramientas: Consta de menús despegables e iconos correspondientes para la realización de varias funciones a lo largo del programa de configuración de la PC [19].
- Estatus del programa: Muestra la condición de la unidad conectada, que puede ser inactivo, descarga, monitoreo, carga.
- HCS Status: Muestra si la unidad está funcionando normalmente o avisa de cualquier error, o condiciones fuera de las permitidas.
- HCS Tag: Identifica el HCS conectado por medio de ocho caracteres alfanuméricos como máximo.
- HCS Device Inf: Muestra las características del HCS adjunto, su ID, revisiones de hardware y software, y la última fecha que se programó al dispositivo.
- Progress: Permanece en movimiento mientras el HCS está monitoreando, cargando o descargando, de esta forma se notifica que el proceso está en progreso.
- Communications: Indica el estado actual de la conexión con el PC [19].
- HART/MODBUS/HART Devices/Status of HART Device Tabs: Son pestañas intercambiables para fijar la configuración apropiada del dispositivo HCS [19]. Para mayor información de la herramienta de software referirse a la referencia número [19].

## CAPÍTULO 2: BUSES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

### 2.1 LA PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN (CIM)

La pirámide de automatización, CIM (Computer Integrated Manufacturing), resume de forma gráfica la estructura de los sistemas de comunicación en un entorno productivo [22]. Estos sistemas se encuentran formados por numerosos elementos con variadas funciones relacionadas a la instrumentación, control, supervisión y administración de operaciones afines con el proceso industrial. Dado que los sistemas de automatización industrial pueden llegar a ser muy complejos por el número de componentes conectados y la convergencia de tecnologías trabajando al unísono [23], estos sistemas se organizan jerárquicamente como se puede ver en la figura 2.1.



**Figura 2. 1** Pirámide de automatización [22]

Cada tipo de red tiene funciones específicas que la hacen más adecuada que otra para una tarea determinada [24].

#### 2.1.1 NIVEL DE GESTIÓN

Se encarga de Procesar las tareas de tipo corporativo, estas generalmente implican grandes cantidades de información (área de administración). Se puede acceder a todos los puntos de la red y puede haber cientos de estaciones. Aquí se trabaja con ordenadores (PC), mini computadores y grandes equipos informáticos. Desde aquí se accede al exterior mediante redes de área amplia (WAN) [24].

### **2.1.2 NIVEL DE CÉLULA**

Procesa las tareas de automatización. La transferencia de información es considerable, aumentando el tamaño de los paquetes de información y el tiempo de tránsito necesario para la transmisión de éstos. La rapidez no es tan importante como lo es la seguridad en el envío. Aquí aparecen los autómatas, PC's y equipos de visualización [23].

### **2.1.3 NIVEL DE CAMPO**

Une las instalaciones y los equipos que las controlan, permitiendo la comunicación entre los equipos de control de maquinaria y los equipos del nivel de célula. La periferia distribuida en planta compuesta por módulos de entradas/salidas, medidores, sistemas de control de velocidad, válvulas o pantallas de operador, emplea técnicas de transmisión muy eficientes, capaces de trabajar en tiempo real, utilizando comunicaciones cíclica o acíclica [24].

### **2.1.4 NIVEL DE ACTUADOR/SENSOR**

Es el peldaño más bajo dentro de la jerarquía de los sistemas automatizados. En este se tiene una multitud de elementos que requieren uno o algunos bits de información (de entrada o salida) para trabajar, siendo esta la característica que define el nivel actuador/sensor (pocos bits). Las interfaces utilizan técnicas de instalación sencillas y de bajo coste, empleando el mismo medio para alimentar a los elementos de campo y para transmitir la información [23].

## **2.2 FOUNDATION FIELDBUS**

Está basada en el modelo de siete niveles ISO/OSI con especificaciones compatibles a los estándares oficiales de la sociedad internacional para la medida y de control ISA, y el comité electrotécnico internacional IEC. Es un bus de campo digital desarrollado para ser compatible con las especificaciones SP50 de ISA, soportando requerimientos de zonas de seguridad intrínseca, áreas peligrosas, procesos con riesgo de explosión y ambientes con una regulación complicada [25].

Posee un bus de campo de baja velocidad H1 cuyas especificaciones técnicas aparecieron con el desarrollo de la tecnología de descripción de dispositivos DD,

encargada de la interoperabilidad (capacidad de conexión de dispositivos a la red sin importar su fabricante). La interoperabilidad de este bus no se da por medio de pasarelas o gateways, sino un lenguaje común en la parte superior al nivel de aplicación, nivel denominado de Usuario, en donde se establece el diseño de las funciones de control en los dispositivos y como se comunican en el bus [25].

También posee un bus para el manejo de grandes cantidades de información HSE (High Speed Ethernet), usado en aplicaciones que tienen un número significativo de lazos de control complejos [25].

### **2.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.**

De acuerdo a [26], [27], a continuación se presentan las características generales más importantes de este bus:

- Maneja herramientas para la ejecución cíclica y precisa de las funciones de control, con lo cual se descarta tiempos muertos y demás problemas comunes en las comunicaciones.
- El tiempo entre los dispositivos de campo se encuentra configurado de manera que se pueda gestionar los bloques de función y activar las alarmas en el mismo punto de detección.
- En los bloques de función se configuran los parámetros básicos de medida y control, con lo que se puede realizar controles con dispositivos de distintos fabricantes, disminuyendo tiempos de formación, implementación e ingeniería.
- El cable que utiliza es el par trenzado.
- El control puede ser realizado en el elemento maestro, en elemento de campo o entre ambos.
- Es un protocolo que soporta redundancia en interfaces y dispositivos.
- Soporta hasta 16 dispositivos por segmento.

### **2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA FÍSICA**

Su capa física es compatible con Profibus-PA, debido a que está basado en el estándar IEC11158-2, sus características dependen de si es el bus de bajo o alta velocidad:

H1 [26]:

- Velocidad de transmisión de 31.25Kb/s, para integrar dispositivos que desarrollan la acción de control.
- Reflejado en el estándar IEC 61158.
- Utiliza cable par trenzado, con un alcance de 1900 m sin repetidor, los cuales se pueden utilizar hasta cuatro (puede trabajar con fibra).
- Transmisión half-duplex.
- Topología: árbol, bus o mixto.
- Acople de dispositivos al bus mediante un concentrador.
- Soporte de seguridad intrínseca.

HSE [26]:

- Velocidad de transmisión a 100Mb/s o 1Gb/s, para transmisión de datos de PC, analizadores, e integración de sistemas.
- Reflejado en el estándar Ethernet/IEEE 802.
- Formado de dispositivos Ethernet estándar.
- Topología: Estrella.
- Utiliza cable par trenzado apantallado, con un alcance de 100m entre dispositivos y concentrador.
- Soporta fibra óptica, con la cual obtiene transmisión full dúplex a 2000m.

### **2.2.3 NORMAS**

Las especificaciones técnicas del protocolo de Foundation Fieldbus están de acuerdo al modelo de 7 niveles ISO/OSI, tomando tres componentes principales: la capa física, la comunicación (pila) y la capa de usuario [28].

La capa física es la encargada de recibir los mensajes codificados de las capas superiores y transformarlos a señales físicas que viajaran a través del bus [28].

La comunicación o pila refleja las capas 2 y 7 del modelo OSI, donde la de aplicación codifica y decodifica los comandos de la capa de usuario, y la capa de enlace controla la

transmisión de mensajes. Entre otras funciones de la capa 2 está el control del acceso al bus a través de un determinista LAS (Link Active Schedule) [28].

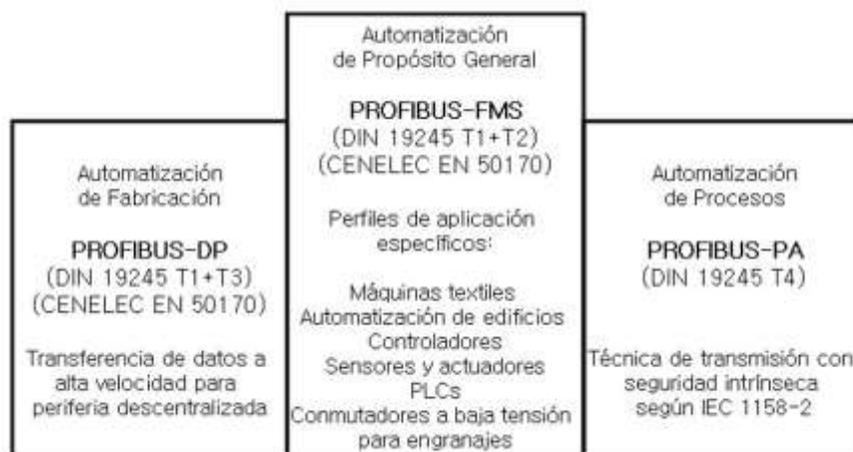
El LAS está encargado de programar las transmisiones de mensajes deterministas y autorizar la comunicación entre dispositivos. Las demás capas del modelo OSI no están consideradas dentro de este bus de campo [28].

### 2.3 PROFIBUS

*“Profibus es un protocolo que proporciona una solución de uso general para tareas de comunicación Maestro/Esclavo y Perfiles de Protocolo de las industrias de Automatización de Procesos, Seguridad y Control de Movimiento. Actualmente está introducido en todos los niveles de automatización, desde la comunicación al nivel de máquina (actuadores, sensores), hasta sistemas complejos que gestionan grandes cantidades de datos (Profibus FMS).” [22]*

Este bus de campo dispone de dos tipos de estaciones, denominadas principal (activa o maestro) y subordinada (pasiva o esclavo). Las estaciones principales controlan el bus y transfieren mensajes al tener acceso al mismo. Las estaciones subordinadas son los dispositivos más sencillos como sensores y actuadores, estos no poseen derechos de acceso al bus, solamente responden a los mensajes enviados por la estación principal.

Profibus posee 3 perfiles (ver figura 2.2), estos son: PROFIBUS-FMS, PROFIBUS-DP y PROFIBUS-PA, destinados para diferentes aplicaciones.



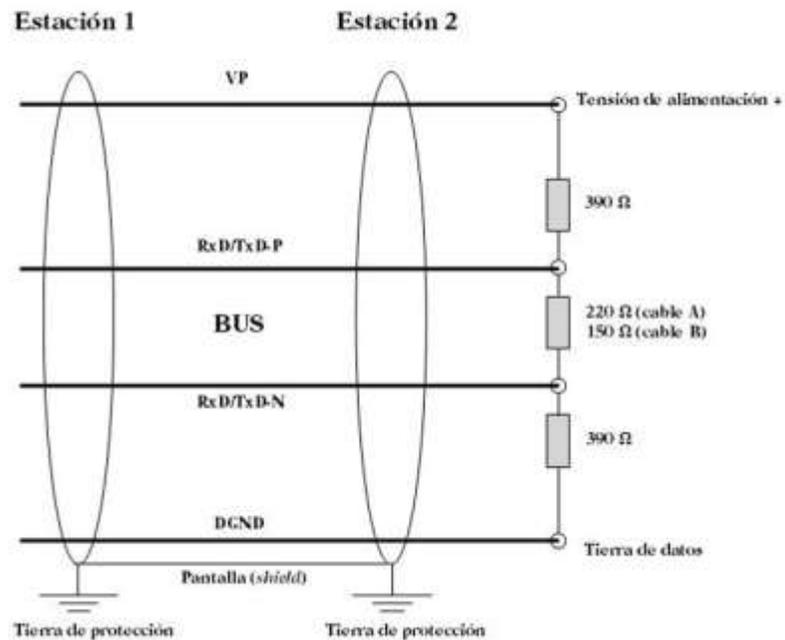
**Figura 2. 2** Perfiles de protocolos PROFIBUS [22]

- A) PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification) es un protocolo orientado al intercambio de grandes cantidades de datos entre autómatas. Superpone la funcionalidad a la rapidez, haciendo los tiempos de reacción más lentos. Es adoptado para tareas en el nivel de célula y en el nivel de dispositivos de campo [22].
- B) PROFIBUS-DP (Distributed Peripheral) Fue diseñado para el intercambio de datos de alta velocidad al nivel de Campo (Controladores Programables). La comunicación se realiza principalmente con elementos de Entrada/Salida, válvulas, etc. Es un bus de tipo determinístico que permite aplicaciones de tiempo real mediante la utilización de paso de testigo (token bus). Permite sistemas Mono-maestro y Multi-maestro, añadiendo flexibilidad al sistema, en el que se pueden conectar hasta 126 dispositivos al bus, con cada esclavo capaz de emitir y recibir 244 bytes de datos. Utilizado en situaciones donde la comunicación es crítica en el tiempo entre sistemas de automatización y la periferia distribuida, gracias a sus prestaciones optimizadas [22].
- C) PROFIBUS-PA (Process Automation) es la versión utilizada en automatización, permite seguridad intrínseca y alimenta a las estaciones por medio del bus. Este perfil define las funciones y parámetros de los dispositivos de campo de tal forma que su sustitución resulte extremadamente sencilla (tipo plug & play) incluso en áreas con riesgo de explosión [22].

### **2.3.1 MEDIO FÍSICO**

El medio físico utilizado para la transmisión de datos en PROFIBUS generalmente es el hilo de cobre, un par trenzado y apantallado, aunque se puede usar sin apantallar si no hay excesivas interferencias electromagnéticas. La impedancia característica del cable debe estar comprendida entre  $100\Omega$  y  $130\Omega$  con frecuencias por encima de los 100 kHz. Para Profibus DP La capacitancia conductor-conductor debe ser menor que 60 pF/m y su sección mayor que  $0,22 \text{ mm}^2$  (equivalente a 24 AWG). El cable de bus debe terminarse con resistencias (finalizadores), estas a su vez deben complementarse con una resistencia conectada a la masa de datos (pulldown) y otra conectada a la alimentación (pullup).

Con esto se logra un valor de tensión bien definido en el bus cuando no hay ninguna estación transmitiendo (ver figura 2.3) [22].



**Figura 2. 3** Cableado entre las estaciones y terminación del bus [22]

Profibus PA se vale de la norma IEC 61158-2, donde se especifica que el medio físico debe ser capaz de soportar transmisiones intrínsecamente seguras y alimentar a los equipos por medio del bus [22].

### 2.3.2 MÉTODO DE TRANSMISIÓN

PROFIBUS utiliza una técnica de transmisión asíncrona orientada al carácter. Cada carácter está formado por 11 bits los cuales son: un bit de inicio (Start bit, siempre es un 0 lógico), un bit de fin (stop bit, siempre es un 1 lógico), un bit de paridad (par) y ocho bits de datos, tal como se muestra en la figura 2.4 [22].



**Figura 2. 4** Estructura de un carácter generado por una UART [22].

La codificación de cada bit es del tipo no retorno a cero (NRZ, NonReturn-to-Zero). Un 1 se representa por una tensión diferencial positiva constante entre los terminales 3 y 8 (ver tabla 2.1), mientras que un 0 es representado por una tensión diferencial negativa en los mismos. Las tramas se construyen de tal forma que el bit de inicio del siguiente octeto siga al bit de fin del octeto anterior. Entre dos tramas consecutivas transcurre un tiempo en el cual el bus está a nivel 1 lógico, con una duración mínima de 3 caracteres (33 bits). Cuando una estación no envía datos, su transmisor debe presentar una alta impedancia [22].

Pin	Nombre señal	Descripción
1	SHIELD (opcional)	Tierra de protección
2	RP (opcional)	Reservada para alimentación (24 V)
3	RxD/TxD – P	Recepción/Transmisión datos (positivo)
4	CNTR – P	Control (positivo)
5	DGND	Tierra de datos
6	VP (sólo en estaciones finales)	Tensión de alimentación +
7	RP (opcional)	Reservada para alimentación (24 V)
9	RxD/TxD – N	Recepción/Transmisión datos (negativo)
9	CNTR - N (opcional)	Control (negativo)

**Tabla 2. 1** Asignación de patillas en el conector PROFIBUS DP [22]

## 2.4 MODBUS

Es el protocolo de comunicaciones más antiguo y quizás el de mayor despliegue, diseñado por Modicon (ahora conocido como Schneider Electric), inventores del primer controlador lógico programable [25].

Modbus es un protocolo de mensajería de la capa de aplicación (Capa 7 del modelo OSI) cuyas particularidades lo definen como un protocolo de relativa facilidad de uso, estas son: comunicar mensajes sin restricciones de autenticación o con excesiva sobrecarga, ser un estándar abierto, es distribuido de forma gratuita y cuenta con el soporte de Modbus Organization [25].

### 2.4.1 CARACTERÍSTICAS

De acuerdo [25], a continuación se presentan las características más sobresalientes del bus Modbus:

- Permite comunicación eficiente basada en metodología de solicitud /respuesta.

- Puede interconectar dispositivos muy simples tales como sensores o motores con equipos más complejos, encargados de la lectura de mediciones, análisis y acciones de control.
- El soporte del protocolo en dispositivos simples se da por generación, transmisión, y recepción de mensajes de muy poca sobrecarga de procesamiento, característica que lo hace fiable para uso por PLCs y RTUs para comunicar datos de supervisión a un sistema SCADA.
- Opera independientemente de los protocolos de capas subyacentes, adaptándose fácilmente en arquitecturas de red enrutables o seriales.
- El protocolo soporta una cantidad de 247 dispositivos en un bus no puenteado.

#### **2.4.2 FUNCIONAMIENTO**

Es un protocolo de solicitud/respuesta que utiliza tres unidades de datos de protocolo PDU: solicitud Modbus (Modbus Request), respuesta Modbus (Modbus response) y respuesta de excepción Modbus (Modbus Exception Response).

Cada dispositivo de la red modbus es asignado con una dirección única, de forma que los comandos se dirigen a una dirección específica, así solo el dispositivo de esta dirección responderá mientras los demás pueden recibir el mensaje [25].

Los códigos de función y solicitudes de datos pueden realizar varios comandos, cuyas funciones son [25]:

- Control de una interfaz de E/S.
- Lectura desde una interfaz de E/S.
- Lectura del valor de un registro.
- Escribir el valor de un registro.

#### **2.4.3 VARIANTES**

Modbus puede adaptarse a necesidades particulares presentando algunas variantes en su protocolo.

Modbus RTU: Es una de las variantes más simples de Modbus dentro de las comunicaciones seriales que utiliza una representación de datos binaria. Su formato de

mensaje es simple y transportado por una PDU. El formato consta de una dirección, un código de función, una carga útil de datos, una suma de comprobación y campos de inicio y final. En la figura 2.5 se muestra la estructura de una trama Modbus RTU [25].

Inicio	Dirección	Función	Datos	CRC	Final
1 Char	2 Chars	2 Chars	n Char Secuencia contigua	2 Chars	2 Chars CRLF

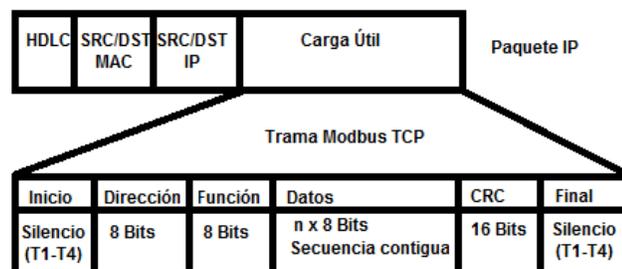
**Figura 2. 5** Trama Modbus RTU [fuente: los autores]

Modbus ASCII: Al igual que Modbus RTU es una de las variantes simples de Modbus dentro de las comunicaciones seriales, sin embargo utiliza una representación de datos por medio de caracteres ASCII. Su formato de mensaje es simple y transportado por una PDU. El formato consta de una dirección, un código de función, una carga útil de datos, una suma de comprobación y campos de inicio y final. En la figura 2.6 se muestra la estructura de una trama Modbus ASCII [25].

Inicio	Dirección	Función	Datos	CRC	Final
Silencio (T1-T4)	8 Bits	8 Bits	n x 8 Bits Secuencia contigua	16 Bits	Silencio (T1-T4)

**Figura 2. 6** Trama Modbus ASCII [fuente: el autor]

Modbus TCP: Es una variante utilizada para funcionar en redes modernas que utiliza el protocolo TCP/IP para transportar comandos y mensajes Modbus sobre redes routeables. El protocolo Modbus TCP tiene dos implementaciones: la antigua sin una suma de comprobación Modbus debido a la propia suma que posee el protocolo TCP/IP y la actual que incluye la suma de comprobación Modbus de las primeras versiones dentro de la carga útil del TCP/IP (véase figura 2.7) [25].



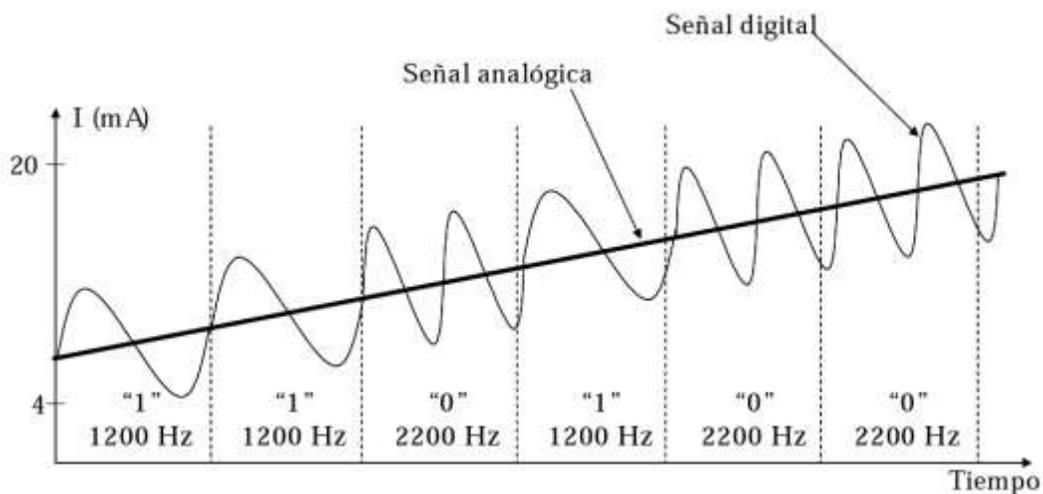
**Figura 2. 7** Trama Modbus TCP [fuente: el autor]

Modbus Plus: Extiende el alcance de Modbus a través de buses interconectados, enviando mensajes Modbus dentro del enlace de comunicación RS-48. Esta variante brinda la posibilidad de interconectar buses, con lo cual se amplía el número de nodos soportados en la red indefinidamente [25].

## 2.5 HART

Hart (Highway addressable remote transducer) es un protocolo muy difundido en la industria de procesos, fue desarrollado en los años 80 como un protocolo abierto, hasta 1993 cuando se crea la HART Communication Foundation, a fin de gestionar los estándares, asegurar la propiedad y accesibilidad de esta tecnología a los sectores industriales y garantizar su soporte [19].

Hart utiliza un captador inteligente diferente al clásico de 4-20mA, gracias a ello las modificaciones en el cableado son mínimas. Utilizando la técnica de modulación FSK, a la señal medida de 4-20mA se superpone una señal de datos (la codificación de datos se puede observar en la figura 2.8) [21]. La señal modulada no perturba al lazo de corriente debido a que su valor medio es nulo [30].



**Figura 2. 8** Codificación de bits FSK en el protocolo Hart [30]

Hart suministra la alimentación e información por el mismo cable, permite conectar hasta 15 dispositivos en un mismo bus, Una trama de mensaje puede transmitir hasta 4 variables de proceso y cada aparato puede tener un máximo de hasta 256 variables de

este tipo (medida, parámetros, estado, ajustes, etc.) [30]. En el caso de tener 15 elementos conectados, la corriente del bucle se establece a un mínimo de 4 mA y todas las transmisiones son digitales; Sin embargo los dispositivos Hart soportan comunicación analógica y digital en el mismo cable. Gracias a ello se pueden utilizar los dos canales de forma simultánea para verificar la integridad de los lazos de control y permitir el mantenimiento preventivo en procesos delicados [19].

Este protocolo trabaja a 1200 bps y puede alcanzar una distancia máxima de 3000 metros utilizando como medio físico un cable de par trenzado apantallado (STP, Shielded Twisted Pair) [30].

## **CAPÍTULO 3: CONFIGURACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LOS DISPOSITIVOS DE LA PLANTA**

### **3.1 CONFIGURACIÓN DE TRANSMISORES Y ACTUADORES**

#### **3.1.1 CONFIGURACIÓN DE TRANSDUCTORES Y TRANSMISORES**

Los transmisores presentes en la planta de control de procesos “A” son en su totalidad configurables por medio de software, independientemente del bus de comunicaciones en el que se encuentren conectados, algunos de estos solo pueden configurarse mediante este método, es decir no se pueden configurar de forma manual.

##### **- Configuración del dispositivo Prosonic M FMU para medición de nivel**

El Prosonic M FMU es utilizado en la planta de control de procesos “A” para la medición de nivel en el tanque atmosférico. La configuración para dicha medición se la puede realizar en el campo a través del módulo indicador VU 331 con el que cuenta el dispositivo.

El principio de funcionamiento del dispositivo es el tiempo de vuelo de una señal ultrasónica, razón por la cual en su configuración se definen las distancias de vacío y lleno del tanque. Además se deben definir parámetros como la forma del depósito, propiedades del material y condiciones del proceso que permitirán un correcto cálculo de la distancia entre la membrana del sensor y el nivel del líquido. La configuración detallada se encuentra disponible en el anexo 3.

##### **- Configuración del dispositivo Deltabar M PMD55 para medición de nivel**

El Deltabar M PMD55 es utilizado en la planta de control de procesos “A” para la medición de nivel en el tanque de presión. La configuración para dicha medición se la realizó en el campo a través del módulo indicador y micro-interruptores con los que cuenta el dispositivo.

El principio de funcionamiento del dispositivo es el de presión diferencial. Cuenta con dos sensores uno en la parte inferior y otro en la parte superior del tanque, colocados de tal manera que su diferencia represente la presión hidrostática ejercida por el nivel del líquido.

Al ser un dispositivo que cuenta con un transductor de presión diferencial puede ser utilizado para medir otras variables diferentes a nivel, es por tal razón que en su configuración se define su modo de medición y la forma en que medirá el nivel. En su configuración también se utiliza las teclas ZERO y SPAN de la placa electrónica para asignar los pares de presión que corresponde a los niveles de vacío y lleno del tanque. La configuración detallada se encuentra disponible en el anexo 3.

#### **- Configuración del dispositivo Cerabar S PMP71 para medición de presión**

. Existen dos transmisores Cerabar S PMP71 dentro de la planta de control de procesos “A”, se los utiliza para medir la presión ejercida por el agua contra las paredes de las tuberías tanto de la línea superior como inferior. La configuración para dicha medición se la puede realizar en el campo a través del módulo indicador con el que cuenta el dispositivo. El principio de medición se basa en un diafragma que se deforma en función de la presión del sistema. En la configuración se modifican los parámetros relacionados con el modo de servicio (referente a si el dispositivo va a medir presión, nivel o caudal), el ajuste de la posición cero, el contenido de la línea principal (el valor que se observa en la línea principal del indicador del equipo), los límites establecidos por el usuario y las unidades en las que se realiza la medición. La configuración detallada se encuentra disponible en el anexo 3.

#### **- Configuración del dispositivo Levelflex FMP51 para medición de nivel**

El Levelflex FMP51 es utilizado en la planta de control de procesos “A” para la medición de nivel en el tanque de presión. La configuración para dicha medición se la puede realizar en el campo a través del módulo indicador con el que cuenta el dispositivo.

El principio de funcionamiento del dispositivo es el tiempo de vuelo de pulsos de alta frecuencia guiados por una sonda, razón por la cual en su configuración se definen las distancias de vacío (determinada por la longitud de la sonda) y lleno del tanque. También se encuentra entre su configuración parámetros como tipo de tanque, y tipo de sustancia que permiten un correcto cálculo de la distancia entre el inicio de la sonda y el nivel del líquido. La configuración detallada se encuentra disponible en el anexo 3.

### **- Configuración del dispositivo Proline Promag 10W25 para medición de caudal**

El Proline Promag es utilizado en la planta de control de procesos “A” para la medición de caudal de la línea superior de agua. La configuración para dicha medición se la puede realizar en el campo a través del módulo indicador con el que cuenta el dispositivo.

El principio de funcionamiento del dispositivo está basado en la ley de Faraday, razón por la cual se limita a fluidos con cierta conductividad. En su configuración se accede a los grupos de funciones: unidades del sistema, comunicación (referente a red profibus PA), salida de corriente, parámetros del sistema (modo de medición), supervisión (alarmas) y finalmente el grupo encargado del totalizador, que tiene que ser reiniciado cada que lo requiera el operario o se comience algún tipo de registro sobre esta variable. La configuración detallada se encuentra disponible en el anexo 3.

### **- Configuración del dispositivo Promass 83E para medición de caudal**

El Promass 83E es un caudalímetro de efecto Coriolis ubicado en la línea inferior de la planta de control de procesos “A” y cuyo principal objetivo es la medición de caudal másico. La configuración para dicha medición se la puede realizar en el campo a través del módulo indicador con el que cuenta el componente.

Este dispositivo es sumamente versátil y permite, además de la medición de caudal másico, la medición de caudal volumétrico, densidad, temperatura, totalización de masa y totalización de volumen. En su configuración se alteran las unidades de medición, los valores mostrados en las líneas principal, adicional y de información, configuración de los valores visibles en la pantalla multiplexada y re-inicialización de los totalizadores. La configuración detallada puede encontrarse en el anexo 3.

### **- Configuración del dispositivo Prosonic Flow 92 mediante bus Foundation Fieldbus**

El Prosonic Flow 92 es utilizado para la medición de caudal de la línea central de agua. La configuración para dicha medición se la puede realizar mediante el dispositivo de vinculación FG 110-FF y la herramienta de software FF-CONF, es decir por medio del bus de campo Foundation Fieldbus.

El principio de funcionamiento del dispositivo es ultrasónico con posibilidad para medir algunas variables, por lo cual en su configuración se selecciona un bloque de función de entrada analógica para la medición de caudal. Otros parámetros de configuración del dispositivo son el Tag y el Nodo, los mismos que son asignados por software. La configuración detallada se encuentra disponible en el anexo 3.

#### **- Configuración del dispositivo TMT 85 mediante bus Foundation Fieldbus**

En la planta de control de procesos “A” se dispone de dos TMT 85 utilizados para la medición de temperatura en el tanque de presión y tanque atmosférico. La configuración para dicha medición se la puede realizar mediante el dispositivo de vinculación FG 110-FF y la herramienta de software FF-CONF, es decir por medio del bus de campo Foundation Fieldbus.

El sensor del dispositivo es un detector de temperatura resistiva RTD, por lo cual en su configuración se selecciona un bloque de función de entrada analógica para la medición de temperatura. Otros parámetros de configuración del dispositivo son el Tag y el Nodo, los mismos que son asignados por software. La configuración detallada se encuentra disponible en el anexo 3.

#### **- Configuración del dispositivo TMT 84 mediante bus Hart**

Para medir temperatura en las líneas Profibus y HART se dispone del transmisor iTEMP TMT 84, el cual es muy similar en su funcionamiento al iTEMP TMT 85 (sensor detector de temperatura resistiva RTD) cuya distinción radica en el medio de comunicación. Existen dos dispositivos de estos en cada tanque (uno HART y otro Profibus) y adicionalmente en el intercambiador de calor se cuenta con 4 de estos elementos que se comunican vía Profibus. Si bien los equipos Profibus se han configurado en su mayoría mediante hardware, es necesario especificar las direcciones físicas dentro de la configuración de la red para que puedan ser detectados. En cuanto a los dispositivos HART, estos poseen una dirección de bus, mientras que el concentrador (HCS) les asigna un número de dispositivo para la transmisión de datos (este puede modificarse dentro del software HCS Configuration). La configuración detallada puede observarse en el anexo 3.

### 3.1.2 CONFIGURACIÓN DE LOS ACTUADORES

De los actuadores disponibles en la planta de control de procesos, solo 2 de estos presentan la opción para configurar su dirección mediante hardware, mientras que los demás se configuran mediante software.

#### - SIPART PS2

Este elemento dispone de 3 botones que permiten realizar distintas configuraciones. El dispositivo que se encuentra en la planta de control de procesos cuenta con la dirección 125 la misma que debe ser considerada para el levantamiento del bus. Cabe indicar que esta puede ser modificada de acuerdo a la disponibilidad de direcciones del bus.

Para colocar el valor de la dirección, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Se identifica el botón “M” (representado por una Mano), el botón “-” (representado por un triángulo invertido con el signo “-” en el interior) y el botón “+” (representado por un triángulo con el signo “+” en el interior).
- Se presiona “M” por un tiempo mayor a 5 segundos para acceder a las opciones.
- Se suelta el botón “M” y se lo vuelve a presionar intermitentemente hasta llegar al parámetro numero 52 (ver figura 3.1).



**Figura 3. 1** Parámetro 52 (Dirección Profibus del dispositivo) [fuente: los autores].

- Con las teclas “+” y “-” se puede establecer la dirección que uno desee, cabe indicar que la dirección 125 es la que se encuentra configurada y se debe mantener este valor para mantener la comunicación en el bus.
- Finalmente se mantiene presionada la tecla “M” por un tiempo mayor a 5 segundos para guardar los cambios realizados.

De esta forma queda configurada la dirección Profibus del Equipo SIPART, existen una variedad de opciones de funcionamiento, las cuales se analizan más profundamente dentro de las prácticas desarrolladas. La configuración detallada se encuentra disponible en el anexo 3.

### - Micromaster 440

El Micromaster 440 es un Variador de frecuencia cuya dirección se puede configurar mediante micro-interruptores, de manera muy similar a como se realiza la configuración de los dispositivos actuadores indicados en el punto 3.1.1; para ello es necesario retirar la pantalla del dispositivo como se muestra la figura 3.2.



**Figura 3. 2** Micro-master 440 con la pantalla (izq.) y sin la pantalla (der.) [fuente: los autores].

Hecho esto estarán visibles y accesibles los micro-interruptores para modificar la dirección Profibus DP. En la figura 3.3 se puede observar la posición de los mismos, que establece la dirección 7 para el componente en cuestión.



**Figura 3. 3** Micro-interruptores del Micro-master 440 [fuente: los autores].

Una vez que se comprueba que la dirección sea la que se requiere, puede colocarse nuevamente la pantalla del dispositivo en su sitio; han de tenerse las precauciones del caso al momento de retirar cualquier tipo de inserto electrónico que se disponga en los dispositivos (como cortar la alimentación de ser necesario), a fin de evitar lesiones del operador. La configuración detallada se encuentra disponible en el anexo 3.

## **3.2 CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS DE VINCULACIÓN Y AUTÓMATAS PROGRAMABLES**

### **3.2.1 CONFIGURACIÓN DEL DISPOSITIVO DE VINCULACIÓN FG 110-FF**

#### **- Configuración De La Red Ethernet.**

La red Ethernet tiene que estar montada de acuerdo a la norma IEEE 802.3 100BASE-TX/10BASE-T, si la comunicación entre el dispositivo de vinculación y el PC es directa se la deberá realizar mediante cable cruzado, caso contrario, si se comunica mediante un switch el cable será directo.

El dispositivo de vinculación se encuentra configurado con la dirección IP 192.168.65.91 y la máscara 255.255.255.0, las cuales pueden ser cambiadas mediante la página de inicio del servidor web del FG-110 FF, esto, cuando se establezca la comunicación con el PC.

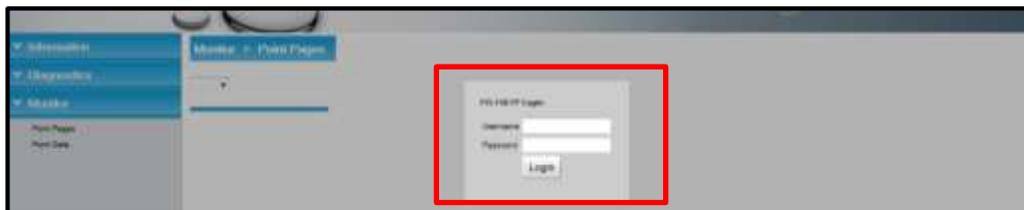
A la PC se le debe asignar una dirección de acuerdo al intervalo de direcciones de la red LAN; El proceso de configuración se muestra en la figura 3.4.



**Figura 3. 4** Configuración de la dirección IP para la red Ethernet [fuente: los autores].

La aplicación de servidor web FG-110 esta optimizada para el navegador Mozilla Firefox, por lo cual se recomienda digitar la dirección del dispositivo en ese navegador.

Al iniciar la navegación en la página se pedirá tanto el Password como el Login (ver figura 3.5).



**Figura 3. 5** Página de inicio del dispositivo de vinculación FG-110 [fuente: los autores].

- Password: Administrator
- Login: fgadmin

Después de ingresar correctamente estos datos se presentara la página web del dispositivo, con cuatro opciones en el menú principal (figura 3.6):

1. Information
2. Diagnostics

- 3. Monitor
- 4. Configuration



**Figura 3. 6** Opciones de la página de inicio del dispositivo de vinculación FG-110 [fuente: los autores].

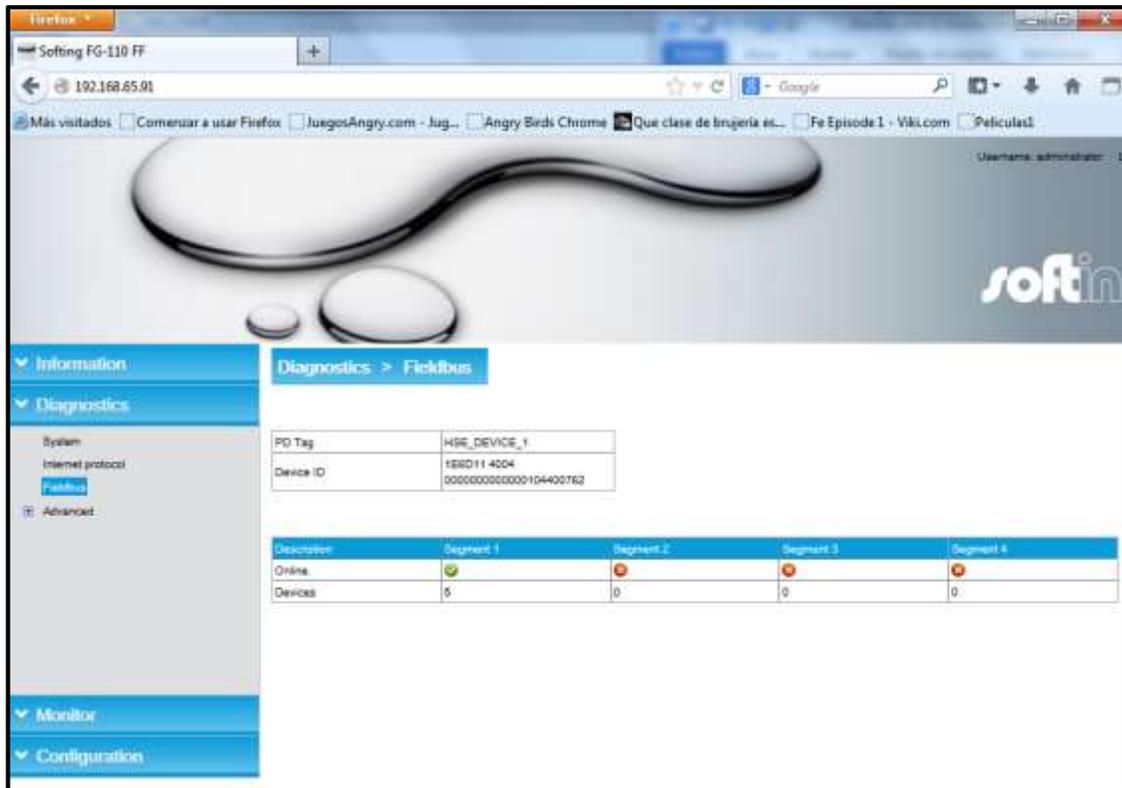
En la opción de **Information** se encontrará datos útiles como contactos para ayuda, la versión del dispositivo, un manual y una sección de noticias (figura 3.6).



**Figura 3. 7** Direcciones del dispositivo de vinculación FG-110 [fuente: los autores].

En la segunda opción del menú principal se encuentra **Diagnostics** (figura 3.7). Dentro de esta opción se encuentra el campo de **Internet protocol** donde se presenta los valores configurados para la dirección IP del dispositivo, gateway, así como su dirección MAC.

Para conocer sobre el estado de la conexión se puede acceder a la opción de **Fieldbus** (figura 3.8), que mostrará que segmentos están en funcionamiento (El dispositivo FG 110 FF cuenta con 4 segmentos), y cuantos dispositivos se encuentran conectados al mismo (Para la tecnología Foundation Fieldbus se permiten un máximo de 16 dispositivos por segmento).

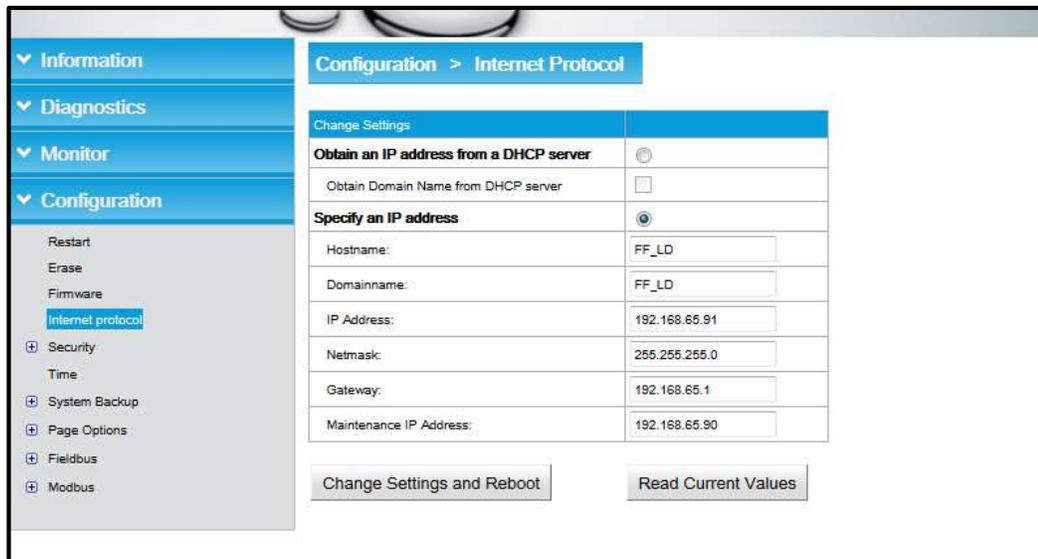


**Figura 3. 8** Diagnóstico de dispositivos montados sobre la red [fuente: los autores].

En el bus de campo Fieldbus montado en el laboratorio de automatización se encuentran conectados 5 dispositivos en un solo segmento (figura 3.8):

1. Un Prosonic M FMU 40 de Endress+Hauser.
2. Un Prosonic Flow 92 de Endress+Hauser.
3. Dos EH TMT85 de Endress+Hauser.
4. Un SIPART\_PS2\_FF de Siemens.

Como se mencionó la dirección IP del dispositivo de vinculación puede ser configurada en la página de inicio, para lo cual se deberá acceder a la opción **Configuration->Internet Protocol** (figura 3.9).



**Figura 3. 9** Opción para cambiar direcciones de dispositivo [fuente: los autores].

En la opción de **Configuration** también es importante conocer los nodos y marcas asignadas a los dispositivos montados sobre la red, las mismas que serán utilizadas en la configuración FF-H1, es decir entre el dispositivo de vinculación y los equipos de Foundation FieldBus (figura 3.10).



**Figura 3. 10** Dispositivos montados sobre el bus de campo Foundation Fieldbus [fuente: los autores].

### 3.2.2 CONFIGURACIÓN DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE SIMATIC S7-300

Profibus es un estándar de red para los niveles de célula y de campo, es abierto e independiente de proveedores, permite conexiones de red mediante cable apantallado, fibra óptica o red inalámbrica. La velocidad de red puede ir desde 9.6 Kbit/s a 12 Mbit/s;

a través de este bus de campo es posible conectar hasta 126 dispositivos con 32 estaciones activas. En la planta “A” del laboratorio de automatización y control totalmente integrado se cuenta con las tecnologías Profibus DP y Profibus PA, que pueden ser manejadas por medio de un PLC Siemens y un acoplador DP/PA.

Para comunicar los equipos con PLC mediante Profibus, es necesario haber descargado e instalado los archivos GSD propios de cada elemento con el que se trabaje, de no haberlo hecho no aparecerán en la librería y será imposible añadirlos.

La tabla 3.1 muestra los equipos junto con su dirección Profibus y el perfil al que están conectados, se ha de recordar que esta debe ser la misma que se tenga establecida físicamente en los aparatos, si se coloca una dirección errónea en la configuración de hardware (HW), no se podrá tomar la información de dicho elemento.

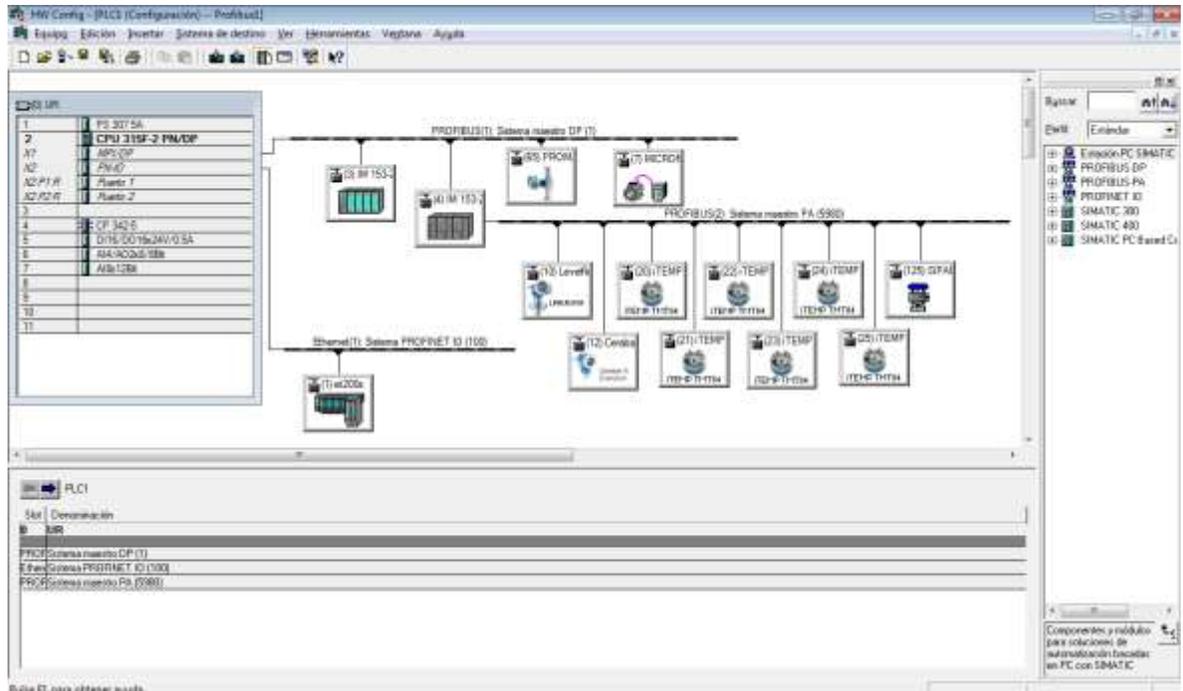
<b>Elemento</b>	<b>Dirección</b>	<b>Perfil Profibus</b>
Transmisor Levelflex FMP51	10	PA
Transmisor Cerabar S PMP71	12	PA
Transmisor iTEMP TMT84	20	PA
Transmisor iTEMP TMT84	21	PA
Transmisor iTEMP TMT84	22	PA
Transmisor iTEMP TMT84	23	PA
Transmisor iTEMP TMT84	24	PA
Transmisor iTEMP TMT84	25	PA
Posicionador SIPART PS2 PA	125	PA
Transmisor PROMASS 83	65	DP
Variador Micromaster 440	7	DP

**Tabla 3. 1** Direcciones de los dispositivos Profibus.

La mayoría de estos dispositivos (transmisores levelflex, cerabar, TMT84 y el variador micromaster 440) poseen un grupo de micro-interruptores (dipswitch) donde se establecen las direcciones físicas Profibus.

Si se desea cambiar la dirección Profibus del transmisor Promass 83 se lo debe hacer desde el panel del dispositivo, y si es necesario cambiar la dirección del variador

SIPART PS2 se lo puede hacer desde el menú de configuración modificando el parámetro 52 a la dirección deseada. La mayoría de los errores de comunicación con estos dispositivos se dan por desconocer o establecer en la configuración de hardware (HW) direcciones erradas, por ello es recomendable revisar que las direcciones sean las mismas tanto físicamente como en la configuración. Una vez que todos los elementos han sido agregados, se les debe asignar una dirección y una red.



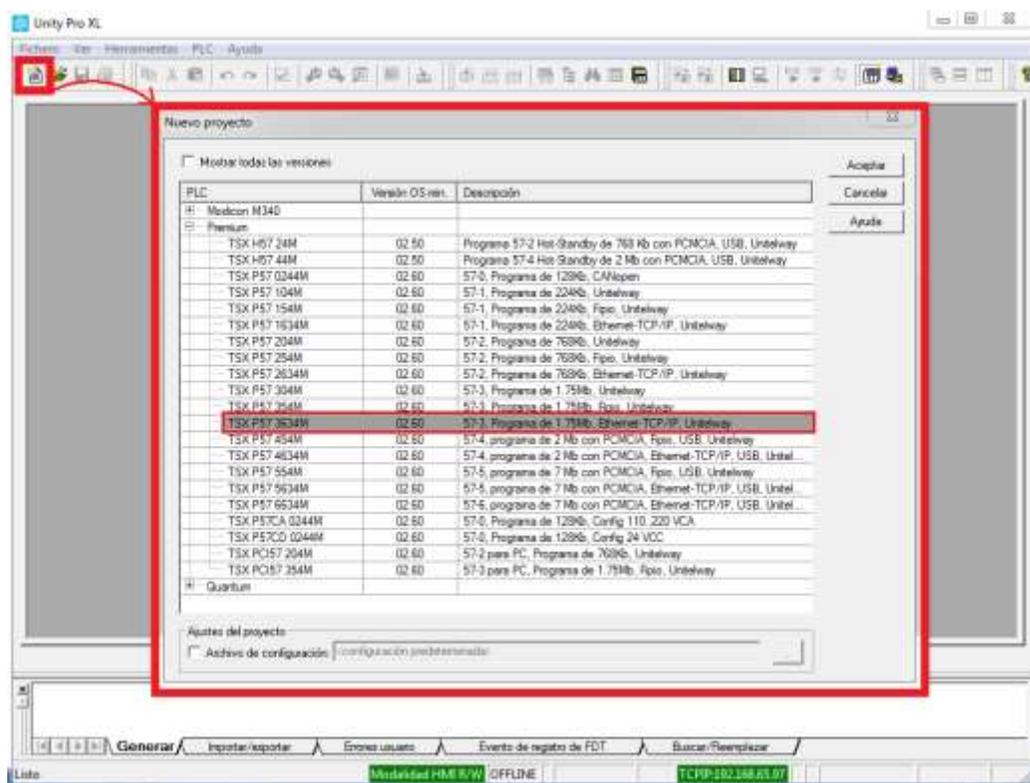
**Figura 3. 11** Configuración del autómat programable para comunicación mediante Profibus [fuente: los autores].

En la figura 3.11 se puede observar cómo está constituida la red, Se tiene el bus de campo Profibus DP al que se conectan el variador micromaster 440, el transmisor Promass 83 y el acople DP/PA, en este último es donde se conectan los elementos que funcionan a través de Profibus PA (transmisor Levelflex, cerabar, los 6 transmisores TMT84 y el Sipart PS2); la periferia descentralizada ET200S se conecta mediante Ethernet industrial y tiene asignada la dirección IP: 192.168.65.95.

La configuración detallada se encuentra en el anexo 3.

### 3.2.3 CONFIGURACIÓN DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE MODICON PREMIUM

El Modicon Premium de Schneider Electric se maneja por medio del software Unity Pro, donde se puede realizar la configuración y programación del autómata, así como los módulos conectados al mismo. Al ejecutar la herramienta informática Unity Pro se debe crear un nuevo proyecto y elegir el modelo del autómata, tal como se indica en la figura 3.12, en base al dispositivo disponible en el laboratorio se debe seleccionar el modelo del PLC (TSX P573634M).

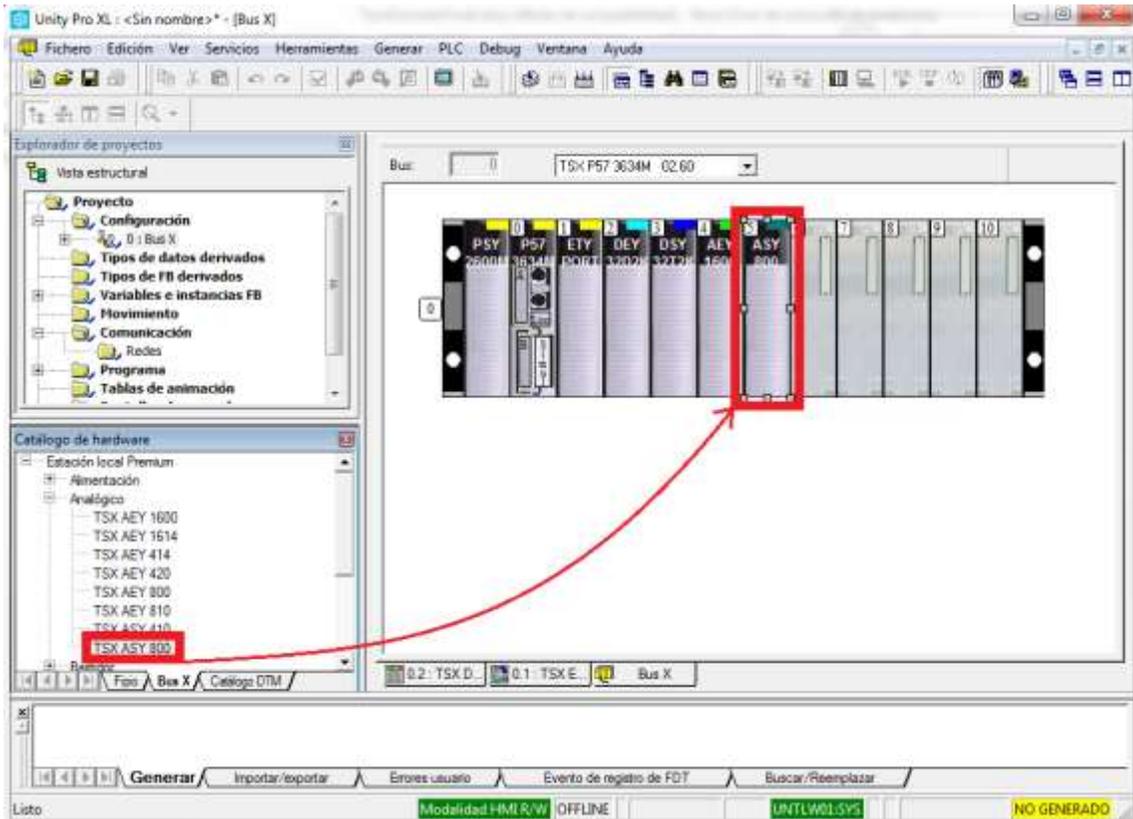


**Figura 3. 12** Selección del autómata Premium al crear un nuevo proyecto [fuente: Los autores].

Se dispone de un módulo TSX DEY32D2K que maneja dos bases secundarias (ABE7-H16R31) que cumplen con la función de entradas digitales, un módulo TSX DSY32T2K que maneja dos bases secundarias (ABE7-H16R31) para las salidas digitales, un módulo TSX AEY1600 que maneja dos bases secundarias (ABE7-CPA02) utilizado para las

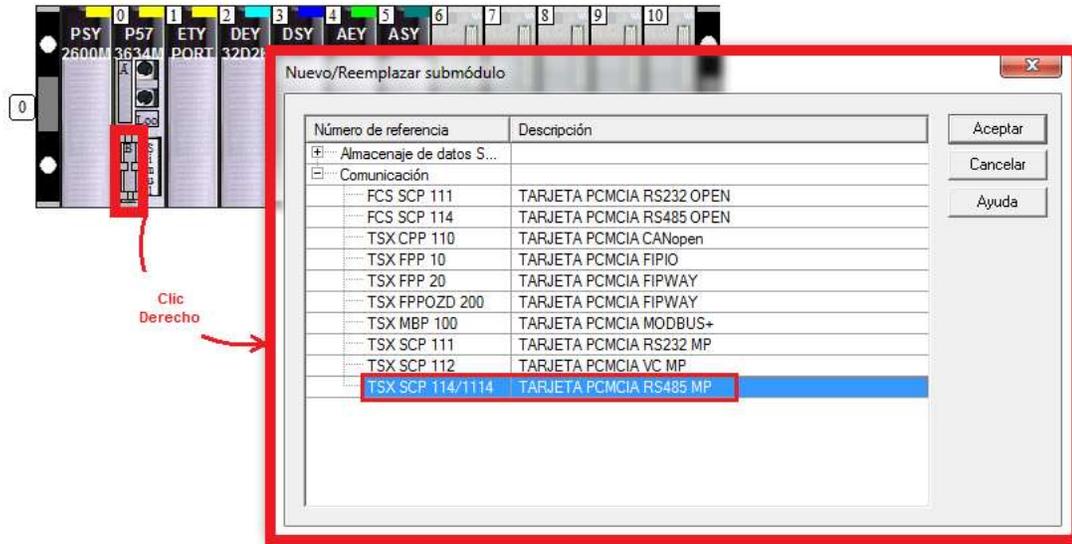
entradas analógicas y un módulo TSX ASY800 que maneja una base secundaria (ABE7-CPA02) para salidas analógicas.

Para agregar un módulo al bastidor se lo busca en el catálogo de hardware y una vez encontrado se lo arrastra hacia la posición que ocupa (ver figura 3.13).



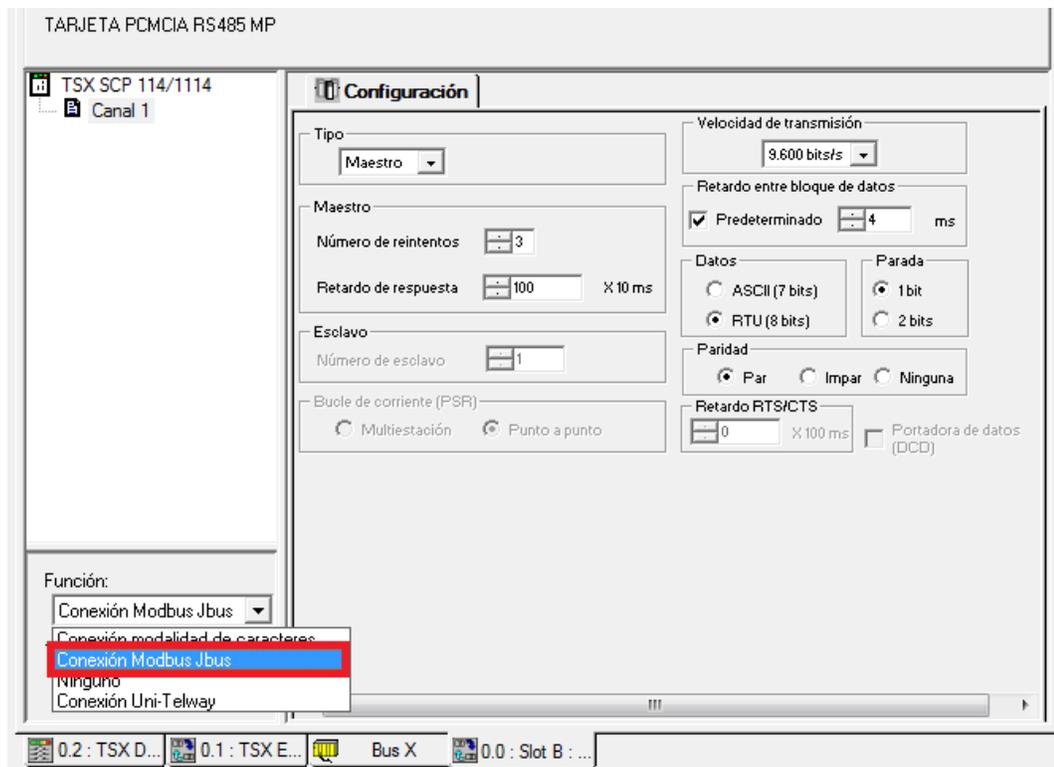
**Figura 3. 13** Inserción de módulos en el bastidor [fuente: Los autores].

El modelo del PLC TSX P573634M también posee una tarjeta para comunicación Modbus (TSX SCP114), esta se agrega en el compartimiento B (Slot B), para ello se da un clic derecho en el espacio y se elige la opción “**Nuevo/Reemplazar Submódulo...**” y dentro del menú configuración se elige la tarjeta indicada (ver figura 3.14).



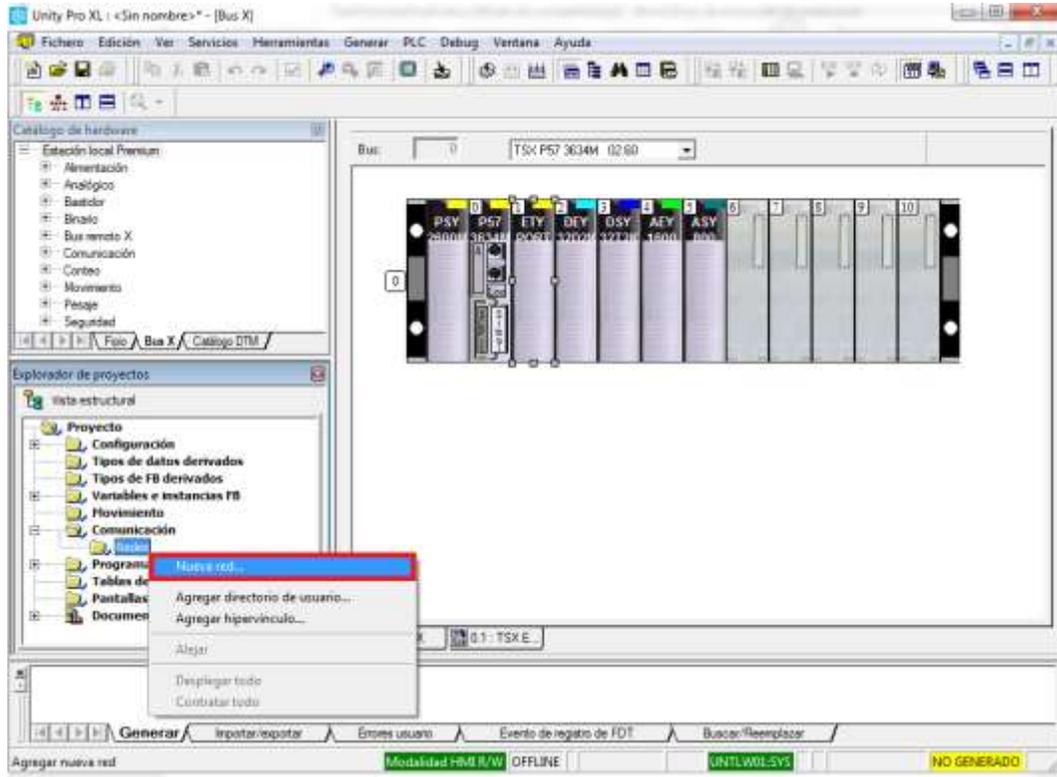
**Figura 3. 14** Inserción de la tarjeta Modbus.

Al abrir la tarjeta se puede observar los parámetros que se utilizan para la comunicación Modbus, los mismos que deben configurarse según las necesidades del usuario (ver figura 3.15).



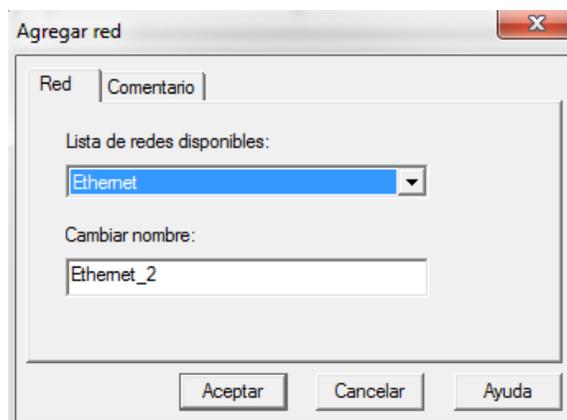
**Figura 3. 15** Configuración de los parámetros de comunicación Modbus.

Para poder comunicar un computador con el autómata se debe crear una red Ethernet, esto se hace por medio del menú desplegable **Comunicación>Redes**, al dar un clic derecho se elige la opción “**Nueva red...**” (Ver figura 3.16).



**Figura 3. 16** Creación de una nueva red para conexión del PLC.

Después de lo cual aparecerá una ventana (ver figura 3.17) donde se elige el nombre y tipo de la red a crear.



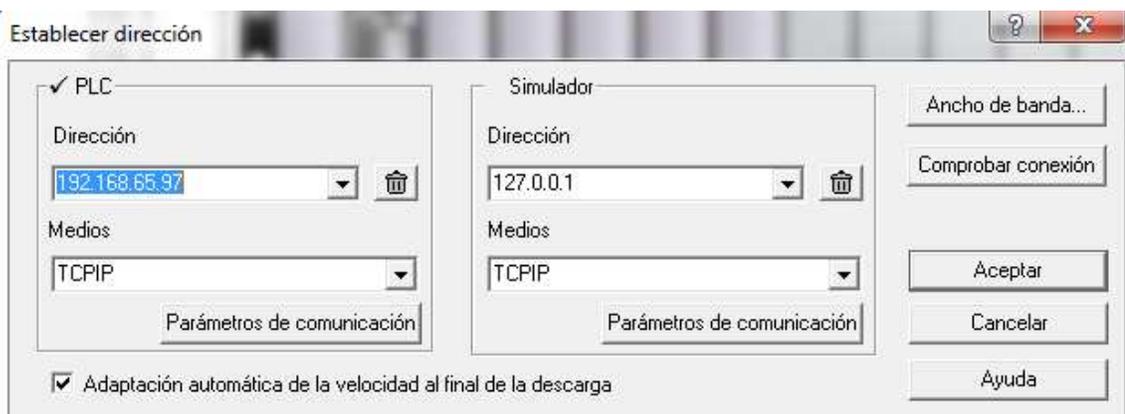
**Figura 3. 17** Selección del tipo y nombre de la red.

Al hacerlo aparece una ventana donde se debe asignar la dirección IP (192.168.65.97) y la máscara (255.255.255.0) al PLC que posteriormente se asignará dentro del módulo ETY PORT (véase figura 3.18).



**Figura 3. 18** Configuración de la máscara y dirección IP del autómata.

Para descargar al PLC Premium (sea una configuración o programación) se debe dirigir a la opción **PLC<Establecer conexión**, donde aparecerá una ventana como la que se observa en la figura 3.19.



**Figura 3. 19** Asignación de la ruta de comunicación.

En esta ventana se elige el medio de comunicación y la dirección establecida a la misma; si no se realiza esta asignación es imposible realizar la transferencia de archivos.

### **3.3 CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL Y VISUALIZACIÓN**

#### **3.3.1 CONFIGURACIÓN DEL CONTROLADOR MULTIUSO IMAGO 500**

El IMAGO 500 es un controlador de programa y de proceso con canales de regulación. Uno de los usos que puede brindar es el control ON-OFF de nivel del tanque atmosférico, para lo cual se configura una entrada analógica de 4-20 mA a la cual será conectada el transductor Cerabar PMC131.

Al ser un control On-Off también requiere la configuración de una salida binaria para comandar el actuador neumático EV1 pilotado por una electroválvula, así como las funciones binarias que son las encargadas de comandar la salida de acuerdo al nivel actual del tanque y la consigna deseada. La configuración detallada se encuentra en el anexo 3.

#### **3.3.2 CONFIGURACIÓN DEL REGISTRADOR JUMO LOGO SCREEN 500 CF**

El JUMO LOGO SCREEN 500 CF es un registrador gráfico y de históricos. Uno de los usos que puede brindar es el registro de los valores de nivel del tanque atmosférico y los valores de presión del tanque de presión, para lo cual se configura dos de sus entradas analógica de 4-20 mA a las cuales se conectara los dos transductores Cerabar PMC131.

También se configuro dos de los seis canales del dispositivo JUMO para el monitoreo y registro de las entradas, así como el trazado de sus respectivas alarmas. La configuración detallada se encuentra en el anexo 3.

## **CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE DISEÑO PARA LAS GUÍAS DE LABORATORIO**

### **4.1 ESTRUCTURA DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO.**

La estructura general de las prácticas presentara los siguientes puntos para el correcto entendimiento y cumplimiento de los objetivos de las guías:

- Presentación de la práctica.- Contiene un resumen de los temas que se abordan dentro de la práctica así como las actividades que realizarán los estudiantes.
- Requisitos previos.- Se especifican los requerimientos necesarios para realizar las practicas, referidos a conocimientos que se pueden encontrar en las referencias especificadas en esta sección, o al software cuyo uso es necesario para manipular los equipos e instrumentos de la planta.
- Objetivos.- se determinan los objetivos que persigue el desarrollo de la guía, estos están en función del contenido de la misma y su cumplimiento a de analizarse al final de cada práctica.
- Equipos, instrumentos y software.- esta sección específica los elementos a manipular para realizar el trabajo propuesto, este listado debe revisarse antes de efectuar las practicas, y se debe verificar que los elementos en el descritos se encuentren en condiciones adecuadas para ser operados.
- Exposición.- La exposición resume la teoría que debe conocerse sobre la guía a desarrollar; si bien la persona que va a trabajar en la planta debe haber revisado los requisitos previos para el desarrollo o haber recibido la instrucción previa por parte de algún tutor, puede valerse de este apartado para conocer la temática que se está tratando.
- Proceso y procedimiento.- Es donde se explica cómo ha de desarrollarse la guía; muestra un diagrama de flujo en el que se establecen los procesos más esenciales

para el desarrollo de la práctica y posteriormente se indica el procedimiento descrito paso a paso para la ejecución exitosa de la misma, que lleve al cumplimiento de los objetivos planteados.

- Resultados.- En este apartado se especificarán los datos solicitados durante la práctica en la sección de proceso y procedimiento, se adjuntarán o tabularán los registros que se hayan llevado de los procesos realizados, a partir de los mismos se procederá a realizar un análisis en la sección siguiente.
- Conclusiones y recomendaciones.- Las observaciones que se den como producto del trabajo realizado y en función de los objetivos planteados al inicio de cada practica han de apuntarse dentro de esta sección, así como cualquier recomendación que tenga quien realizó la práctica, y que considere sirva para mejorar el entendimiento de las temáticas tratadas y la experiencia de aprendizaje de sus compañeros.
- Referencias.- Finalmente, se referencian las fuentes de donde se ha tomado información que haya servido para el desarrollo de la práctica.

La plantilla que se tiene como base para las prácticas a ser desarrolladas se puede observar en el Anexo 1.

## **4.2 GUÍAS DE PRÁCTICAS DEL ÁREA DE INSTRUMENTACIÓN.**

### **PRÁCTICA 1: CONFIGURACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA MICROMASTER 440.**

#### **Objetivo**

- Aprender a configurar y operar el variador de frecuencia Micromaster 440, utilizado para el manejo de bombas que suministran el agua a la planta.

## **PRÁCTICA 2: CONFIGURACIÓN DEL POSICIONADOR SIPART.**

### **Objetivo**

- Aprender a configurar y operar el posicionador SIPART PS2 conjuntamente con la válvula Jordan 70SP, que se utilizan para cerrar o abrir el paso de las líneas de agua de la planta de control de procesos “A”.

## **PRÁCTICA 3: MEDICIÓN DE PRESIÓN DE AIRE MEDIANTE EL DISPOSITIVO CERABAR T PMC131**

### **Objetivo**

- Aprender a configurar y operar el transductor Cerabar T PMC131, utilizado para realizar medidas de presión.

## **PRÁCTICA 4: MEDICIÓN DE NIVEL MEDIANTE EL DISPOSITIVO CERABAR T PMC131**

### **Objetivo**

- Aprender a configurar y operar el transductor Cerabar T PMC131, utilizado para realizar mediciones de nivel, a través del principio de presión hidrostática.

## **PRÁCTICA 5: CONFIGURACIÓN DE CANALES DEL REGISTRADOR JUMO LOGO SCREEN 500 CF.**

### **Objetivo**

- Registrar las mediciones de nivel y presión de los tanques de la planta de control de procesos “A”, a través de la configuración del video-registrador JUMO Logo Screen 500 cf., para obtener una mayor destreza sobre el manejo del equipo y sus prestaciones.

## **PRÁCTICA 6: CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO PROSONIC M FMU40 PARA MEDICIÓN DE NIVEL.**

### **Objetivo**

- Aprender a configurar y operar el equipo Prosonic M FMU40, utilizado para realizar mediciones de nivel, a través del principio del tiempo de vuelo de una señal ultrasónica.

## **PRÁCTICA 7: CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO DELTABAR M PMD55 PARA MEDICIÓN DE NIVEL**

### **Objetivo**

- Aprender a configurar y operar el equipo Deltabar M PMD55, utilizado para realizar mediciones de nivel en el tanque de presión, a través del principio de presión diferencial.

## **PRÁCTICA 8: CONFIGURACIÓN DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN CERABAR PMP71**

### **Objetivo**

- Aprender a configurar y operar el transmisor de presión Cerabar S PMP71, que se utiliza para medir la presión ejercida por el agua al circular por las tuberías de la planta de control de procesos “A”.

## **PRÁCTICA 9: CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO LEVELFLEX FMP51 PARA MEDICIÓN DE NIVEL**

### **Objetivo**

- Aprender a configurar y operar el equipo Levelflex FMP51, utilizado para realizar mediciones de nivel en el tanque de presión, a través del principio de onda guiada.

## **PRÁCTICA 10: CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO PROLINE PROMAG 10W25 PARA MEDICIÓN DE CAUDAL**

### **Objetivo**

- Aprender a configurar y operar el equipo Proline Promag 10W25, utilizado para realizar mediciones de caudal en la línea superior de agua de la planta “A” del laboratorio LACTI, a través del principio de inducción magnética.

## **PRÁCTICA 11: CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO PROMASS 83E PARA MEDICIÓN DE CAUDAL MÁSIKO, VOLUMÉTRICO Y SUS TOTALIZADORES**

### **Objetivo**

- Aprender a configurar y operar el equipo Promass 83E, utilizado para realizar mediciones de caudal en la línea inferior de agua de la planta “A” del laboratorio LACTI, a través del principio de coriolis.

### **4.3 GUÍAS DE PRÁCTICA DEL ÁREA DE REDES INDUSTRIALES.**

## **PRÁCTICA 12: CONFIGURACIÓN DE LA RED INDUSTRIAL FOUNDATION FIELDBUS**

### **Objetivos**

- Estudiar la red de comunicación industrial Fieldbus Foundation a través de las lecturas recomendadas en la guía, para una correcta configuración y utilización del bus de campo.
- Realizar una correcta configuración de la red por medio de la herramienta informática FF-CONF en su modo fuera de línea, para su posterior asignación a la red implementada.

**PRÁCTICA 13: CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL BUS  
FOUNDATION FIELDBUS POR MEDIO DEL EQUIPO DE VINCULACIÓN  
FG-110FF**

**Objetivo**

- Configurar los bloques de función de los dispositivos H1 a través de la herramienta informática FF-CONF, para una correcta lectura y escritura de los dispositivos que intervienen en la red Foundation Fieldbus.

**PRÁCTICA 14: CONFIGURACIÓN DEL BUS DE CAMPO PROFIBUS DP/PA  
CON EL PLC S7 300 DE SIEMENS.**

**Objetivos**

- Estudiar la red de comunicación industrial Profibus en sus versiones DP y PA, a través de las lecturas recomendadas en la guía, para una correcta configuración y utilización del bus de campo.
- Realizar una correcta configuración de la red por medio de la herramienta informática Step 7 en su modo fuera de línea, para su posterior asignación a la red implementada.

**PRÁCTICA 15: LEVANTAMIENTO DEL BUS DE CAMPO PROFIBUS DP/PA  
CON EL PLC S7 300 DE SIEMENS.**

**Objetivo**

- Realizar el levantamiento de señales de los dispositivos conectados a la red Profibus DP/PA por medio del PLC S7 300 de Siemens.

**PRÁCTICA 16: LEVANTAMIENTO DE DISPOSITIVOS HART MEDIANTE  
EL CONCENTRADOR HCS (HART CONCENTRATOR SYSTEM).**

**Objetivo**

- Realizar el levantamiento de señales de los dispositivos conectados a la red Hart por medio del concentrador HCS de Moore Industries.

#### **4.4 GUÍAS DE PRÁCTICA DEL ÁREA DE HMI-SCADA.**

##### **PRÁCTICA 17: DESARROLLO DE UNA INTERFAZ HUMANO MÁQUINA MEDIANTE EL SOFTWARE DE LABVIEW.**

###### **Objetivo**

- Comunicar el PLC S7-300 con LabVIEW a través de su herramienta para la configuración de servidores OPC, para el desarrollo de un HMI que monitoree y actúe sobre el nivel del tanque atmosférico de la planta de control de procesos “A”.

#### **4.5 GUÍAS DE PRÁCTICA DEL ÁREA DE CONTROL.**

##### **PRÁCTICA 18: CONTROL ON/OFF DE NIVEL A TRAVÉS DEL CONTROLADOR MULTIUSO IMAGO 500**

###### **Objetivo**

- Realizar un control ON/OFF del nivel del tanque atmosférico de la planta de procesos “A”, a través de la configuración del controlador multiuso IMAGO 500, para obtener una mayor destreza sobre el manejo del equipo y sus prestaciones.

##### **PRÁCTICA 19: CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS FOUNDATION FIELDBUS DENTRO DE UN LAZO DE CONTROL.**

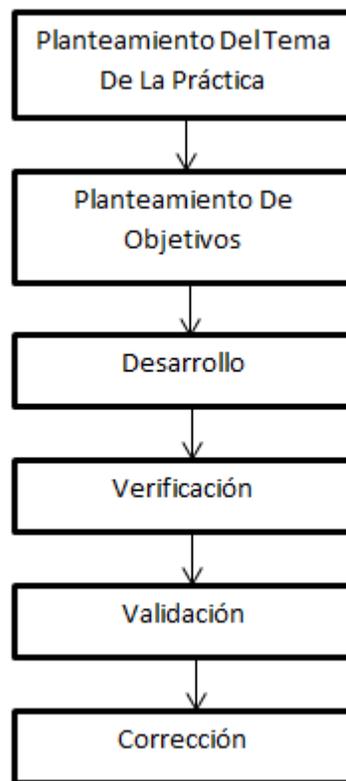
###### **Objetivos**

- Configurar los bloques de función de los dispositivos H1 de Foundation Fieldbus por medio de la herramienta FF-CONF, para lograr un mayor entendimiento sobre las prestaciones de este bus.
- Manejar los parámetros de los bloques de función a través del conocimiento generado por lecturas complementarias y desarrollo del manual, para una correcta conexión de los mismos dentro de un lazo de control y configuración de los parámetros de un controlador PID de nivel.

## CAPÍTULO 5: PROCESO DE ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LAS GUÍAS DE LABORATORIO.

### 5.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El método utilizado para la elaboración del trabajo de grado consta de varios pasos (ver figura 5.1), el primero orientado a plantear el tema de la práctica de acuerdo al campo de aplicación, después se procedió con el planteamiento de objetivos de la práctica, seguido de su desarrollo. Una vez culminado el desarrollo, esta pasó por un proceso de verificación realizada por el tutor, para su posterior validación con los estudiantes que se encuentren cursando la temática de dicha práctica. El proceso de validación servirá como retroalimentación, para las respectivas correcciones en la práctica.



**Figura 5. 1** Diagrama de flujo

Para realizar la validación se trabajó con un grupo de 20 estudiantes de la materia de instrumentación de la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, los mismos que desarrollaron las prácticas y por medio de una encuesta dieron a conocer su opinión sobre las mismas.

Para la cuantificación de los resultados de las encuestas se utilizó el método de Likert [31], el mismo que se centra en un conjunto de preguntas que busca valorar la actitud de los encuestados referente a una temática. Para la calificación se determinan rangos (se recomienda un número impar para disponer de un valor intermedio neutro) que el encuestado selecciona en relación con su apreciación del tema abordado. Los indicadores planteados para la evaluación de las prácticas de laboratorio son:

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

A de tenerse en cuenta que al tratarse de una escala ordinal, no se puede cuantificar mediante una media, el nivel de acuerdo o desacuerdo respecto a una pregunta, sino que se pueden utilizar otros valores como la mediana, la moda o apilar los resultados favorables y desfavorables [32].

La encuesta es anónima y se centra en 3 aspectos de la práctica: visual, procedimental y consecución de objetivos; los mismos que permiten determinar los obstáculos encontrados y ejecutar las correcciones necesarias. Las preguntas clasificadas de acuerdo a su aspecto se pueden observar en la tabla 5.1 y el modelo de encuesta en el anexo 2.

<b>Aspecto</b>	<b>Pregunta</b>
<b>Visual</b>	El tipo de letra, redacción y ortografía permiten una lectura fluida y comprensible de la práctica.
	Las imágenes presentadas en el documento son de utilidad al momento del desarrollo de la práctica.
	La resolución de las imágenes es adecuada para una correcta interpretación de los procedimientos.
<b>Procedimental</b>	La sección de exposición aporta con la información necesaria para el desarrollo de la práctica.
	La información de la práctica se encuentra desarrollada de forma clara, comprensible y manteniendo una secuencia lógica.
	Los materiales, equipos y software necesarios para la práctica estaban disponibles en el laboratorio.

	Los temas abordados por la práctica corresponden al nivel de estudio en el que se encuentra.
	El tiempo para el desarrollo de la práctica fue el adecuado.
<b>Consecución de objetivos</b>	Los objetivos planteados en la práctica se cumplieron con satisfacción.
	La práctica proporcionada propone acciones o procedimientos que promuevan procesos de aprendizaje (Investigar, analizar, deducir, observar).
	El desarrollo de la práctica permite potenciar las destrezas del estudiante adquiridas en el transcurso de sus estudios.

**Tabla 5. 1** Preguntas para la evaluación de las prácticas por aspectos.

A fin de brindar al estudiante un espacio de opinión que permita tener un acercamiento hacia sus necesidades, también se estableció un espacio para recolectar las opiniones y observaciones.

El cuestionario es entregado a cada estudiante después de finalizar la práctica para la evaluación; se identifican las respuestas favorables y desfavorables de cada pregunta, para lo cual se interpretan los valores de “**De acuerdo**” y “**Totalmente de acuerdo**” como favorables y los demás como desfavorables.

El proceso de evaluación se detalla en la sección 5.2 en el cual se utiliza una gráfica 100% apilada, que indica las valoraciones favorables y desfavorables, además en la sección 5.3 se enuncian las observaciones realizadas por los estudiantes y las medidas correctivas para la práctica de acuerdo a las mismas.

Las prácticas se consideraran validadas cuando cada una de las preguntas tenga una puntuación igual o mayor al 80% en resultados favorables y se haya trabajado sobre sus observaciones.

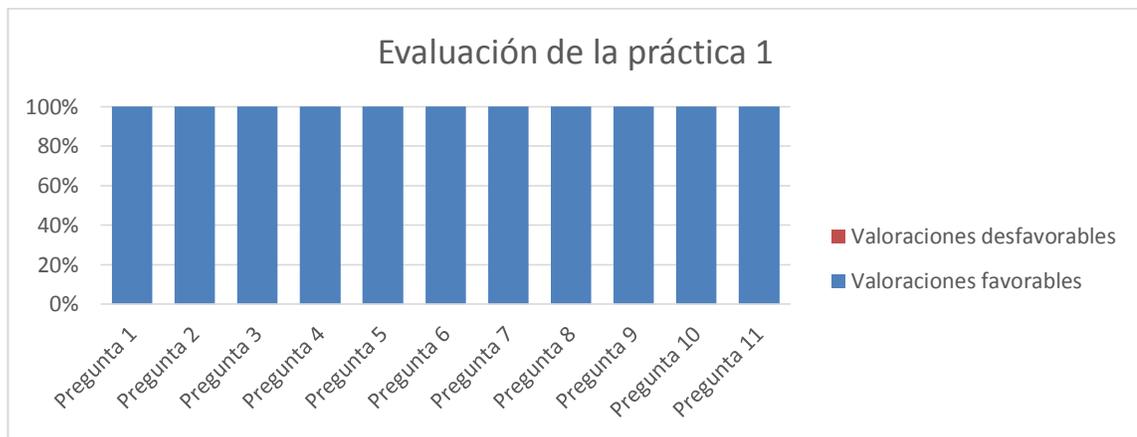
## **5.2 EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS PROPUESTAS**

### **- Evaluación de la práctica 1.**

La figura 5.2 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.2), en donde los indicadores fueron valorados favorablemente lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	10	90
2	0	0	0	10	90
3	0	0	0	0	100
4	0	0	0	5	95
5	0	0	0	10	90
6	0	0	0	15	85
7	0	0	0	10	90
8	0	0	0	0	100
9	0	0	0	5	95
10	0	0	0	5	95
11	0	0	0	5	95

**Tabla 5. 2** Resultados de la validación de la práctica 1.



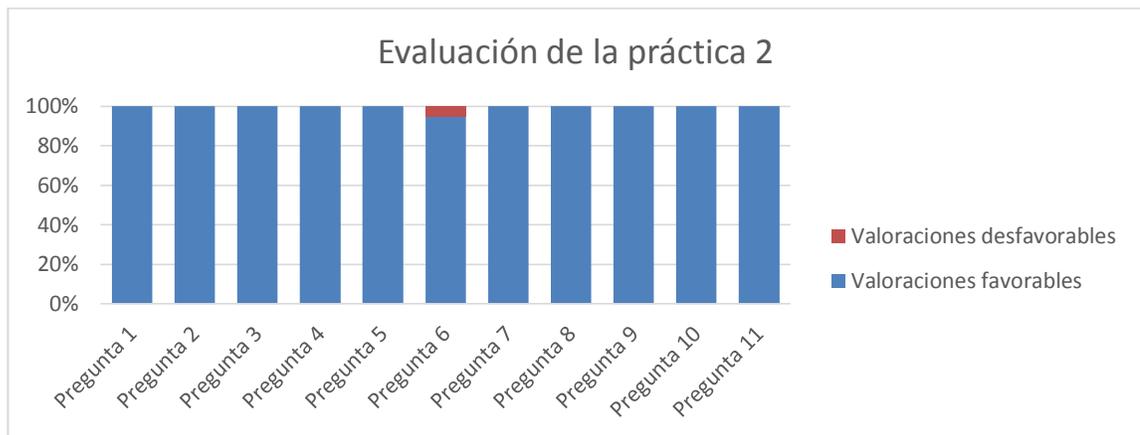
**Figura 5. 2** Evaluación de la práctica 1.

### - Evaluación de la práctica 2.

La figura 5.3 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.3), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica, adicional a esto puede observarse que los aspectos desfavorables se encuentran dentro del campo procedimental (pregunta 6), el mismo que se revisará en la etapa de corrección de la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	5	95
2	0	0	0	15	85
3	0	0	5	15	80
4	0	0	0	5	95
5	0	0	0	30	70
6	0	0	0	0	100
7	0	0	0	5	95
8	0	0	0	5	95
9	0	0	0	5	95
10	0	0	0	15	85
11	0	0	0	0	100

**Tabla 5. 3** Resultados de la validación de la práctica 2.



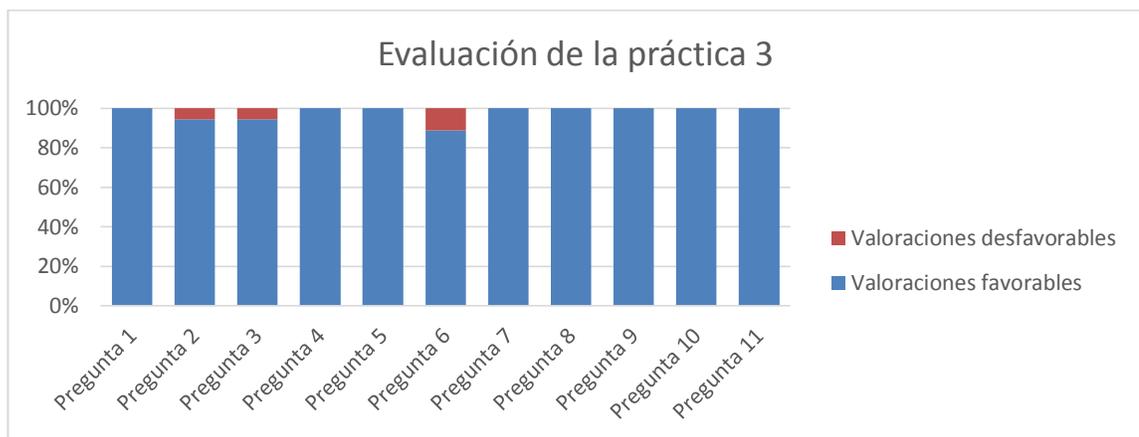
**Figura 5. 3** Evaluación de la práctica 2.

### - Evaluación de la práctica 3.

La figura 5.4 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.4), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica, adicional a esto puede observarse que los aspectos desfavorables se encuentran dentro del campo visual (preguntas 2 y 3) y dentro del procedimental (pregunta 6), los mismos que se revisaran en la etapa de corrección de la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	5.56	94.44
2	0	0	5.56	38.88	55.6
3	0	5.56	0	33.33	61.11
4	0	0	0	5.56	94.44
5	0	0	0	5.56	94.44
6	0	0	11.11	11.11	77.78
7	0	0	0	0	100
8	0	0	0	0	100
9	0	0	0	0	100
10	0	0	0	22.22	77.78
11	0	0	0	0	100

**Tabla 5. 4** Resultados de la validación de la práctica 3.



**Figura 5. 4** Evaluación de la práctica 3.

#### - Evaluación de la práctica 4.

La figura 5.5 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.5), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica, adicional a esto puede observarse que los aspectos desfavorables se encuentran dentro del campo visual (pregunta 3) y dentro del procedimental (pregunta 6), los mismos que se revisarán en la etapa de corrección de la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	11	89
2	0	0	0	28	72
3	0	0	6	44	50
4	0	0	0	11	89
5	0	0	0	6	94
6	0	0	11	17	72
7	0	0	0	0	100
8	0	0	0	6	94
9	0	0	0	0	100
10	0	0	0	28	72
11	0	0	0	0	100

**Tabla 5. 5** Resultados de la validación de la práctica 4.



**Figura 5. 5** Evaluación de la práctica 4.

#### - Evaluación de la práctica 5.

La figura 5.6 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.6), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica, adicional a esto puede observarse que los aspectos desfavorables se encuentran dentro del campo visual (preguntas 3), el mismo que se revisará en la etapa de corrección de la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	0	100
2	0	0	0	16	84
3	0	0	5	16	79
4	0	0	0	5	95
5	0	0	0	16	84
6	0	0	0	5	95
7	0	0	0	0	100
8	0	0	0	11	89
9	0	0	0	0	100
10	0	0	0	11	89
11	0	0	0	5	95

**Tabla 5. 6** Resultados de la validación de la práctica 5.



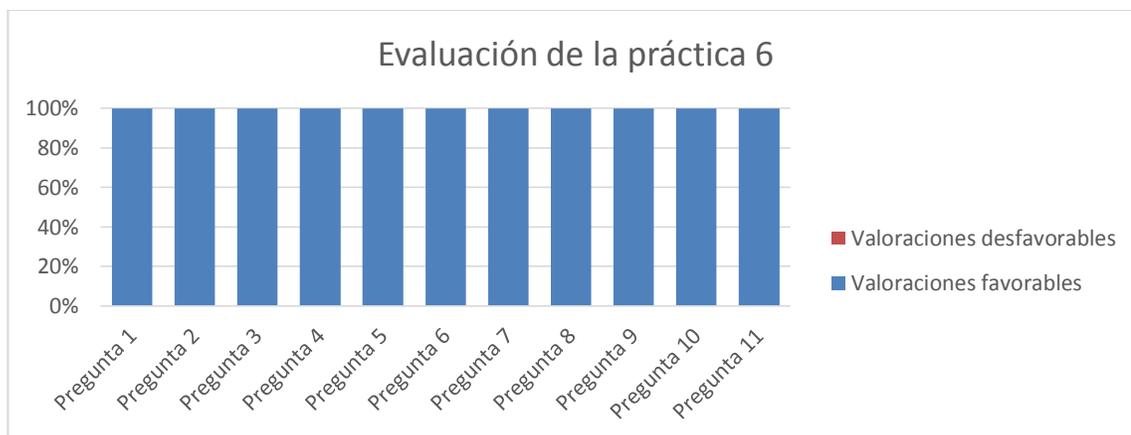
**Figura 5. 6** Evaluación de la práctica 5.

**- Evaluación de la práctica 6.**

La figura 5.7 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.7), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	0	100
2	0	0	0	15	85
3	0	0	0	10	90
4	0	0	0	0	100
5	0	0	0	5	95
6	0	0	0	0	100
7	0	0	0	0	100
8	0	0	0	0	100
9	0	0	0	0	100
10	0	0	0	0	100
11	0	0	0	5	95

**Tabla 5. 7** Resultados de la validación de la práctica 6.



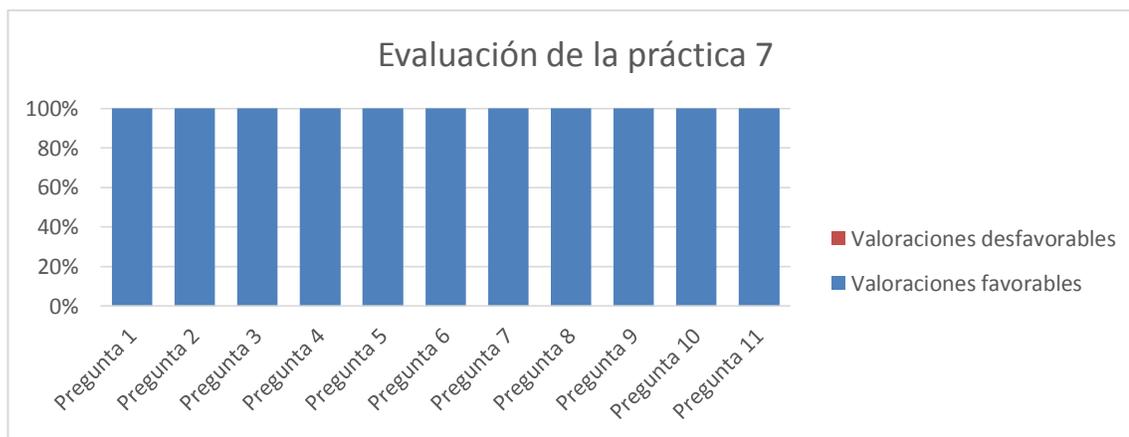
**Figura 5. 7** Evaluación de la práctica 6.

#### - Evaluación de la práctica 7.

La figura 5.8 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.8), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	5	95
2	0	0	0	10	90
3	0	0	0	5	95
4	0	0	0	0	100
5	0	0	0	5	95
6	0	0	0	5	95
7	0	0	0	0	100
8	0	0	0	0	100
9	0	0	0	10	90
10	0	0	0	5	95
11	0	0	0	5	95

**Tabla 5. 8** Resultados de la validación de la práctica 7.



**Figura 5. 8** Evaluación de la práctica 7.

**- Evaluación de la práctica 8.**

La figura 5.9 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.9), todos los indicadores se

encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	5	95
2	0	0	0	16	84
3	0	0	0	11	89
4	0	0	0	5	95
5	0	0	0	21	79
6	0	0	0	0	100
7	0	0	0	0	100
8	0	0	0	5	95
9	0	0	0	5	95
10	0	0	0	5	95
11	0	0	0	0	100

**Tabla 5. 9** Resultados de la validación de la práctica 8.



**Figura 5. 9** Evaluación de la práctica 8.

#### - Evaluación de la práctica 9.

La figura 5.10 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.10), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	15	85
2	0	0	0	10	90
3	0	0	0	10	90
4	0	0	0	5	95
5	0	0	0	5	95
6	0	0	0	0	100
7	0	0	0	0	100
8	0	0	0	5	95
9	0	0	0	0	100
10	0	0	0	10	90
11	0	0	0	5	95

**Tabla 5. 10** Resultados de la validación de la práctica 9.



**Figura 5. 10** Evaluación de la práctica 9.

**- Evaluación de la práctica 10.**

La figura 5.11 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.11), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica, adicional a esto puede observarse que los aspectos desfavorables se encuentran dentro del campo visual (preguntas 1 y 3) y dentro del procedimental (pregunta 5), los mismos que se revisarán en la etapa de corrección de la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	5	5	90
2	0	0	0	15	85
3	0	0	5	20	75
4	0	0	0	15	85
5	0	0	5	20	75
6	0	0	0	15	85
7	0	0	0	0	100
8	0	0	0	0	100
9	0	0	0	0	100
10	0	0	0	15	85
11	0	0	0	0	100

**Tabla 5. 11** Resultados de la validación de la práctica 10.



**Figura 5. 11** Evaluación de la práctica 10.

**- Evaluación de la práctica 11.**

La figura 5.12 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.12), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica, adicional a esto puede observarse que los aspectos desfavorables se dentro del procedimental (pregunta 5), el mismo que se revisará en la etapa de corrección de la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	5	95
2	0	0	0	5	95
3	0	0	0	10	90
4	0	0	0	0	100
5	0	0	5	10	85
6	0	0	0	0	100
7	0	0	0	0	100
8	0	0	0	0	100
9	0	0	0	5	95
10	0	0	0	0	100
11	0	0	0	5	95

**Tabla 5. 12** Resultados de la validación de la práctica 11.



**Figura 5. 12** Evaluación de la práctica 11.

**- Evaluación de la práctica 12.**

La figura 5.13 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.13), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica, adicional a esto puede observarse que los aspectos desfavorables se encuentran dentro del procedimental (preguntas 4 y 5), el mismo que se revisará en la etapa de corrección de la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	22	78
2	0	0	0	6	94
3	0	0	0	6	94
4	0	6	0	11	83
5	0	0	11	17	72
6	0	0	0	11	89
7	0	0	0	11	89
8	0	0	0	11	89
9	0	0	0	11	89
10	0	0	0	11	89
11	0	0	0	11	89

**Tabla 5. 13** Resultados de la validación de la práctica12.



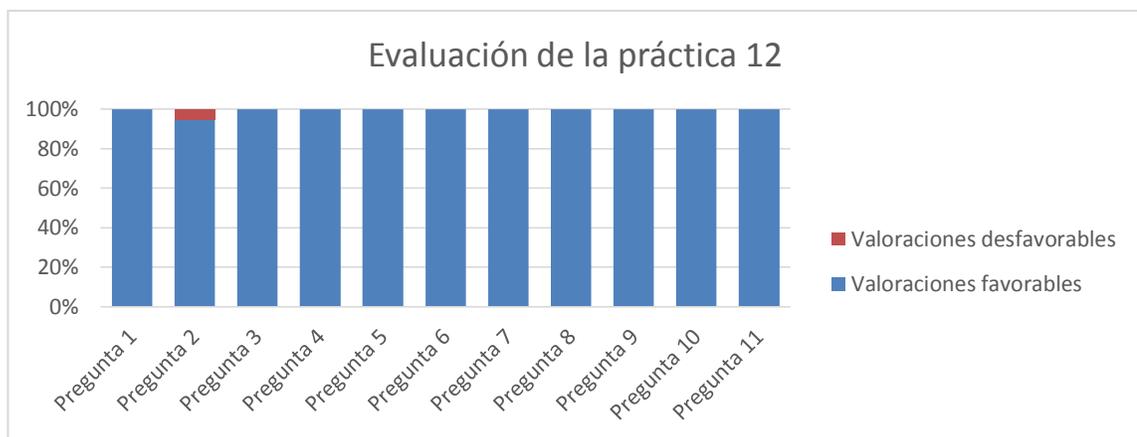
**Figura 5. 13** Evaluación de la práctica 12.

**- Evaluación de la práctica 13.**

La figura 5.14 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.14), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica, adicional a esto puede observarse que los aspectos desfavorables se encuentran dentro del campo visual (pregunta 2), el mismo que se revisará en la etapa de corrección de la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	11	89
2	0	0	6	6	89
3	0	0	0	6	94
4	0	0	0	11	89
5	0	0	0	11	89
6	0	0	0	0	100
7	0	0	0	0	100
8	0	0	0	0	100
9	0	0	0	0	100
10	0	0	0	11	89
11	0	0	0	6	94

**Tabla 5. 14** Resultados de la validación de la práctica 13.



**Figura 5. 14** Evaluación de la práctica 13.

**- Evaluación de la práctica 14.**

La figura 5.15 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.15), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica, adicional a esto puede observarse que los aspectos desfavorables se encuentran dentro del campo (pregunta 11), el mismo que se revisará en la etapa de corrección de la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	22	78
2	0	0	0	11	89
3	0	0	0	17	83
4	0	0	0	22	78
5	0	0	0	28	72
6	0	0	0	11	89
7	0	0	0	11	89
8	0	0	0	11	89
9	0	0	0	11	89
10	0	0	0	11	89
11	0	0	11	0	89

**Tabla 5. 15** Resultados de la validación de la práctica 14.



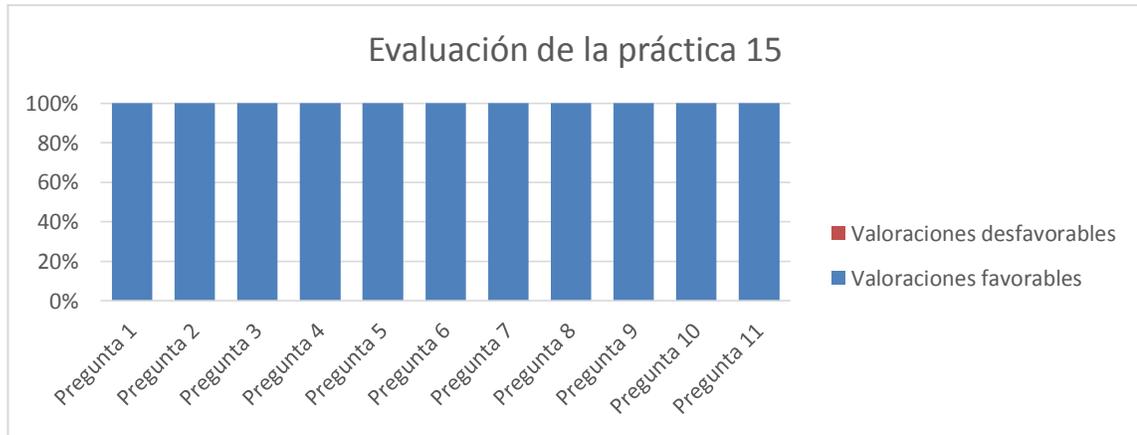
**Figura 5. 15** Evaluación de la práctica 14.

**- Evaluación de la práctica 15.**

La figura 5.16 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.16), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	0	100
2	0	0	0	11	89
3	0	0	0	0	100
4	0	0	0	0	100
5	0	0	0	6	94
6	0	0	0	0	100
7	0	0	0	11	89
8	0	0	0	0	100
9	0	0	0	0	100
10	0	0	0	0	100
11	0	0	0	0	100

**Tabla 5. 16** Resultados de la validación de la práctica 15.



**Figura 5. 16** Evaluación de la práctica 15.

**- Evaluación de la práctica 16.**

La figura 5.17 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.17), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	0	100
2	0	0	0	0	100
3	0	0	0	0	100
4	0	0	0	7	93
5	0	0	0	0	100
6	0	0	0	0	100
7	0	0	0	7	93
8	0	0	0	0	100
9	0	0	0	0	100
10	0	0	0	0	100
11	0	0	0	0	100

**Tabla 5. 17** Resultados de la validación de la práctica 16.



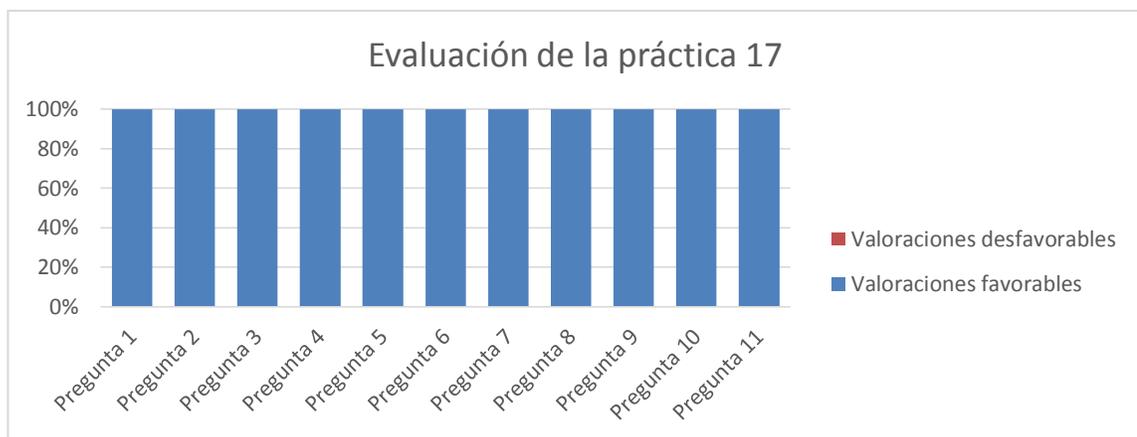
**Figura 5. 17** Evaluación de la práctica 16.

**- Evaluación de la práctica 17.**

La figura 5.18 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.18), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	6	94
2	0	0	0	0	100
3	0	0	0	0	100
4	0	0	0	0	100
5	0	0	0	0	100
6	0	0	0	6	94
7	0	0	0	0	100
8	0	0	0	0	100
9	0	0	0	6	94
10	0	0	0	0	100
11	0	0	0	0	100

**Tabla 5. 18** Resultados de la validación de la práctica 17.



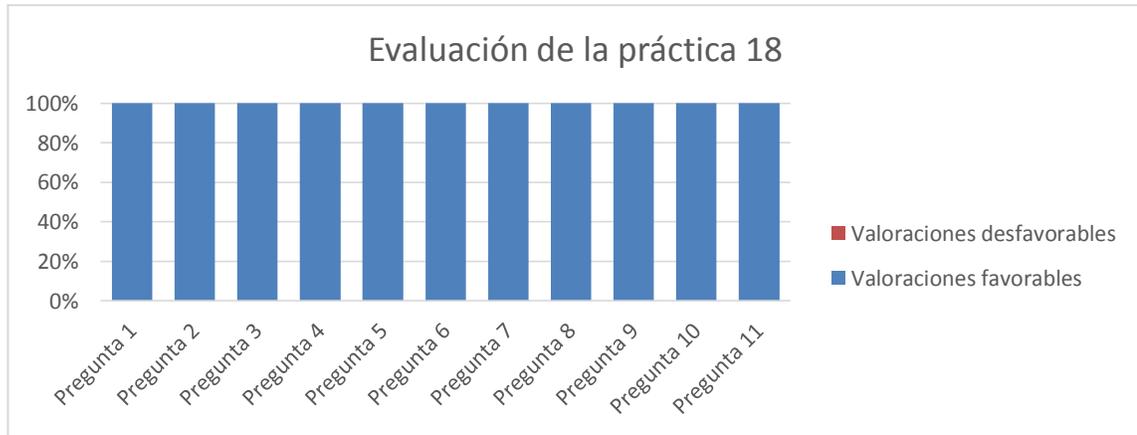
**Figura 5. 18** Evaluación de la práctica 17.

**- Evaluación de la práctica 18.**

La figura 5.19 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.19), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	0	100
2	0	0	0	7	93
3	0	0	0	0	100
4	0	0	0	0	100
5	0	0	0	7	93
6	0	0	0	0	100
7	0	0	0	0	100
8	0	0	0	0	100
9	0	0	0	7	93
10	0	0	0	0	100
11	0	0	0	0	100

**Tabla 5. 19** Resultados de la validación de la práctica 18.



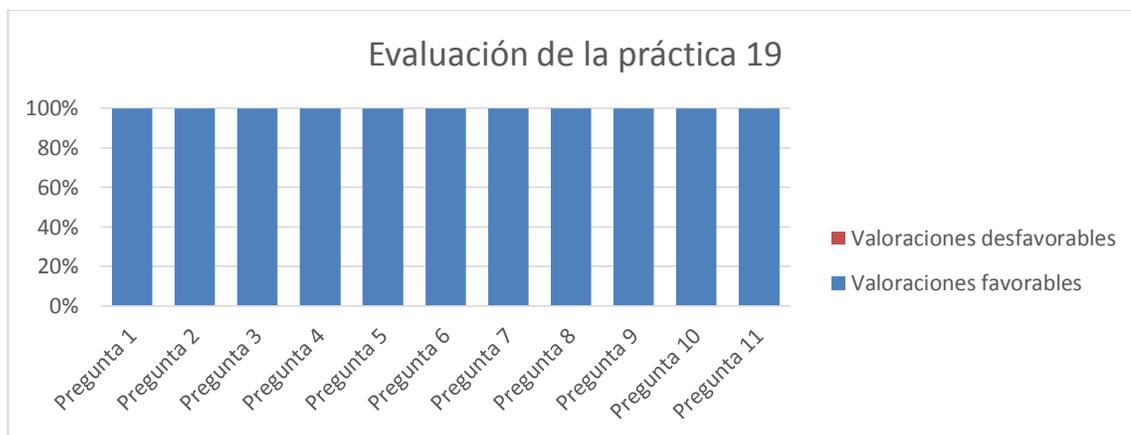
**Figura 5. 19** Evaluación de la práctica 18.

**- Evaluación de la práctica 19.**

La figura 5.20 muestra los resultados de la evaluación en forma porcentual (basados en los resultados de la encuesta mostrados en la tabla 5.20), todos los indicadores se encuentran por encima del 80% lo que permite tener un criterio para dar por validada la práctica.

Numero de pregunta	Valoración				
	Totalmente en desacuerdo (%)	En desacuerdo (%)	Ni acuerdo ni desacuerdo (%)	De acuerdo (%)	Totalmente de acuerdo (%)
1	0	0	0	0	100
2	0	0	0	0	100
3	0	0	0	0	100
4	0	0	0	0	100
5	0	0	0	14	86
6	0	0	0	0	100
7	0	0	0	7	93
8	0	0	0	7	93
9	0	0	0	0	100
10	0	0	0	0	100
11	0	0	0	0	100

**Tabla 5. 20** Resultados de la validación de la práctica 19.



**Figura 5. 20** Evaluación de la práctica 19.

### 5.3 RETROALIMENTACIÓN DEL PROCESO DE EVALUACIÓN.

#### - Retroalimentación de la práctica 1: Configuración del variador de frecuencia Micromaster 440.

Por medio de las observaciones se detectó un error en los parámetros referentes a la frecuencia mínima y máxima que se configuran en el dispositivo (el número no coincidía

con el parámetro a modificar), además se solicita ampliar la explicación relativa a los límites de frecuencias tope, tanto inferior como superior. Como corrección se modificó el número de parámetro erróneo, además se reescribió el párrafo referente a la elección de los valores de frecuencia mínima y máxima para que resulte más comprensible. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 2: Configuración del posicionador SIPART.**

Revisando las observaciones se determinó que las imágenes tomadas de los instrumentos no se distinguían (sobre todo si el documento se imprimía en blanco y negro) lo que entorpecía el reconocimiento de los parámetros que se modifican. Se resolvió cambiar las imágenes de forma que sean más claras y con una mejor resolución. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 3: Medición de presión de aire mediante el dispositivo Cerabar T PMC131.**

Revisando las observaciones se encontró un error en el rango de medición del transmisor de presión (corrección del aspecto visual) y se recomienda disponer en el laboratorio de un multímetro para las practicas (corrección del aspecto visual). En las correcciones se cambió el rango de funcionamiento erróneo por el correcto, respecto a la disposición en el laboratorio de un multímetro disponible para las practicas, se consideró que esto no era necesario puesto que los estudiantes tienen ya a disposición estos equipos, pues se manejan desde los primeros años de la carrera; también se solicita este equipo al momento de iniciar la practica en la sección de Equipos, instrumentos y software, finalmente el hecho de disponer de un multímetro en el laboratorio no asegura que las practicas puedan realizarse con mayor facilidad, puesto que si el elemento en cuestión llega a presentar algún fallo por el constante uso de los estudiantes, el desarrollo se vería retrasado para todo el grupo. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 4: Medición de nivel mediante el dispositivo Cerabar T PMC131.**

Entre las recomendaciones de los estudiantes se presenta la solicitud de agregar al esquema de conexiones en el panel frontal, la conexión para encender el variador, respecto a esta petición se consideró que al estar esto indicado en la práctica 1, resulta

innecesario volver a colocar el mismo diagrama, sino que en caso de duda los estudiantes pueden recurrir a las practicas anteriores para aclarar las mismas.

Respecto a las valoraciones negativas en el campo visual, estas se dieron debido a que las imágenes que presentaban la ubicación de los dispositivos, no tenían una buena resolución en impresiones en blanco y negro, esto se corrigió aumentando la resolución de las imágenes y remarcando su ubicación de forma que estos sean más identificables. En cuanto a las valoraciones negativas respecto a la sección procedimental, estas se refieren a la disposición en el laboratorio de un multímetro, esta recomendación se desestimó por las mismas razones que se plantean en la retroalimentación de la practica 3. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 5: Configuración de canales del registrador JUMO Logo Screen 500 cf.**

Partiendo de las observaciones realizadas se detectó que la explicación sobre la activación de alarmas en el dispositivo registrador necesitaba un mayor desarrollo y explicación, así como también el uso y ubicación de los botones de configuración; estas secciones fueron ampliadas para proporcionar a los estudiantes la información necesaria para el manejo de este dispositivo. Respecto a las valoraciones negativas, estas son referentes al aspecto visual, particularmente a la resolución de imágenes, lo que se corrigió modificando aquellas figuras cuya información no podía distinguirse al realizar una impresión en blanco y negro. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 6: Configuración del equipo Prosonic M FMU40 para medición de nivel.**

Para esta práctica no se cuenta con valoraciones negativas, tampoco existen observaciones o recomendaciones por parte de los estudiantes, por tal razón se procedió con una revisión del texto, calidad de imágenes y procedimiento de la práctica antes de darla por validada. La práctica se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 7: Configuración del equipo Deltabar M PMD55 para medición de nivel.**

En esta práctica existen observaciones relacionadas al nombre de uno de los parámetros de la configuración (el nombre en la guía no coincidió con el nombre que el instrumento mostraba), se verificó que los parámetros modificados en la práctica coincidan con los nombres que se muestran en el dispositivo, corrigiendo el error antes mencionado. En esta práctica no existen valoraciones negativas a analizar. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 8: Configuración del equipo de presión Cerabar S PMP71.**

Gracias a las observaciones se determinó que los estudiantes tenían problemas al momento de configurar las unidades de medida del transmisor, el procedimiento para realizar esta operación estaba descrito más adelante en el documento por lo que se consideró oportuno reordenar el proceso de configuración, empezando por establecer las unidades de medida para que los estudiantes puedan trabajar con las unidades que la práctica solicita. No existen valoraciones negativas para esta práctica. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 9: Configuración del equipo Levelflex FMP51 para medición de nivel.**

En esta práctica no se dispone de valoraciones negativas por lo que se procedió directamente a analizar las observaciones realizadas, en ellas se encontró que un punto del procedimiento se encontraba repetido, por lo que a fin de evitar cualquier tipo de confusión se resolvió eliminar el párrafo. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 10: Configuración del equipo Proline Promag para medición de caudal.**

Se presentaron valoraciones negativas en el aspecto visual referentes a la redacción del documento y la calidad de las imágenes presentadas, y en el aspecto procedimental se tiene que en el proceso de desarrollo falta claridad; analizando las observaciones

realizadas se encontró que existen términos que definen acciones con los cuales los estudiantes no estaban familiarizados, por ello se estimó que era adecuado agregar una explicación de los mismos cuando se los menciona; como para esta práctica era necesario el uso de un cronómetro, se recomendó especificar al mismo en la sección de Equipos, instrumentos y software. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 11: Configuración del equipo Promass 83E para medición de caudal másico, volumétrico y sus totalizadores.**

Se tienen valoraciones negativas que se refieren a la claridad de la práctica, que coinciden con las observaciones donde se indica que el procedimiento tiene algunos errores ortográficos junto con el hecho de que en la guía no se especificaba que algunos de los parámetros visualizados durante el proceso de configuración no deben ser modificados; con esto en cuenta se realizó una corrección de ortografía y sintaxis de la práctica, además de especificar que solo los parámetros mencionados dentro de la sección proceso deben manipularse. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 12: Configuración de la red industrial Foundation Fieldbus.**

Uno de los inconvenientes que se tuvo en el desarrollo de esta guía fue que al inicio de la misma no se expresaba la necesidad de encontrarse conectado al dispositivo de vinculación para realizar la configuración, esto fue anotado por los estudiantes en la sección de observaciones y se ve reflejado en las valoraciones no favorables. Para corregir este error se procedió a extender la sección de exposición, a fin de que los estudiantes dispongan de mayor información para comprender el funcionamiento del equipo y el bus de campo junto con una explicación del porque es necesario estar conectado al dispositivo de vinculación para realizar la práctica. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 13: Configuración de los equipos del bus Foundation Fieldbus por medio del equipo de vinculación FG-110FF.**

En esta práctica no se realizaron observaciones por parte de los estudiantes, pero se tiene valoraciones negativas respecto a la utilidad de las imágenes presentadas. Esta práctica presenta un gran número de imágenes, esto con la intención de asegurar que el procedimiento pueda seguirse paso a paso; algunos estudiantes manifestaron que esto podría resultar innecesario, por lo cual se procuró cambiar las imágenes que no detallaban claramente la idea que se buscaba transmitir. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 14: Configuración del bus de campo Profibus DP/PA con el PLC S7-300 de Siemens.**

Se tienen observaciones en esta práctica respecto a la configuración de la dirección IP del equipo S7 300; esta información fue ampliada y se consideró oportuno el disponer de una sección que explique la configuración de la dirección IP en el equipo donde se realiza la configuración (computador). Algunos estudiantes expresaron no conocer aún el bus de comunicaciones que se estudia en esta práctica (como se observa en las valoraciones desfavorables) pero no tuvieron mayores inconvenientes en el desarrollo de la guía. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 15: Levantamiento del bus de campo Profibus DP/PA con el PLC S7 300 de Siemens.**

Para esta práctica no se cuenta con valoraciones negativas y tampoco existen observaciones o recomendaciones por parte de los estudiantes, por tal razón se procedió con una revisión del texto, calidad de imágenes y procedimiento de la práctica antes de darla por validada. La práctica se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 16: Levantamiento de dispositivos HART mediante el concentrador HCS (HART concentrator system).**

Para esta práctica no se cuenta con valoraciones negativas y tampoco existen observaciones o recomendaciones por parte de los estudiantes, por tal razón se procedió

con una revisión del texto, calidad de imágenes y procedimiento de la práctica antes de darla por validada. La práctica se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 17: Desarrollo de un interfaz humano máquina mediante el software de LabVIEW.**

Las observaciones realizadas sobre la practica 17 se centran en los programas necesarios para desarrollar el HMI en LabVIEW, específicamente en que se debe indicar la versión del software para asegurar la compatibilidad con las librerías que se utilizan; también se solicitó que se especifique el uso de la variable de permiso de escritura del posicionador SIPART. Como corrección de estos aspectos, la práctica cuenta con las características del software de LabVIEW y las librerías necesarias, además se incluyó la referencia a la variable del posicionador antes indicada. La práctica no posee valoraciones negativas en ningún aspecto. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

**- Retroalimentación de la práctica 18: Control ON/OFF de nivel a través del controlador multiuso IMAGO 500.**

La practica 18 no posee valoraciones negativas, sin embargo entre las recomendaciones que se realizaron está el indicar que para operar con este dispositivo se trabajan con las señales disponibles en el panel frontal. Si bien el dispositivo se encuentra colocado en el panel frontal de la planta de control de procesos “A”, se consideró importante hacer la acotación sobre el origen de las señales con las que se trabaja. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3 (Control ON/OFF).

**- Retroalimentación de la práctica 19: Configuración de dispositivos Foundation Fieldbus dentro de un lazo de control.**

En esta guía no se remarcan aspectos negativos en la valoración, pero se indicó en las observaciones que existían dos imágenes repetidas en la sección del proceso. Se procedió a verificar esta falla y se corrigió el error cambiando la gráfica repetida por aquella que era correcta. La práctica con las correcciones se encuentra en el anexo 3.

## **CONCLUSIONES**

El trabajo realizado en el laboratorio de automatización y control totalmente integrado permitió conocer y manipular las tecnologías de redes industriales: Profibus DP/PA, Foundation Fieldbus, Modbus y Hart, reforzando el conocimiento adquirido en el transcurso de la carrera de ingeniería electrónica en las temáticas de sensores y transductores, instrumentación, redes industriales y control. En base a esta experiencia de aprendizaje se logró desarrollar guías que buscan potenciar las habilidades de los usuarios del laboratorio en las temáticas antes mencionadas.

El desarrollo de las prácticas permite manipular los distintos componentes existentes en la planta de control de procesos “A”, minimizando el perjuicio que se pueda producir sobre los mismos, sin descuidar el potencial didáctico del laboratorio. Esto no exime la necesidad de un tutor o laboratorista que guíe el proceso de aprendizaje precautelando el bienestar de los operarios.

Mal podría decirse que los planteamientos presentados en esta tesis explotan el potencial total de la planta, si bien se trabajó con todos los equipos en ella existentes, el enfoque planteado busca establecer un punto de partida para las personas que deseen trabajar con la planta, partiendo desde los conocimientos más básicos que deben tenerse de ella e impulsando la iniciativa que genera el conocimiento y manejo práctico de los equipos con los que cuenta la Universidad.

Gracias al desarrollo de las prácticas se pudo constatar las prestaciones de la planta, las cuales van más allá de los campos planteados en el trabajo como es el caso de automatismos, una materia que podría sacar provecho en el aprendizaje de programación y configuración de PLC's de distintos fabricantes.

La etapa de corrección de las prácticas presentó dos campos: uno basado en el método de Likert que cumplió con el requisito de mejorar las características visuales, procedimentales y de cumplimiento de objetivos de las prácticas, y un campo de sugerencias y observaciones que permitió agregar o modificar información que el estudiante consideraba necesaria.

El desarrollo de las prácticas permitirá a los operarios tener un mayor conocimiento sobre las tecnologías disponibles en la planta de control de procesos “A”, un requerimiento necesario por las empresas en el medio, tanto para el manejo o el mejoramiento en su nivel de automatización, debido a que esta es una barrera para la innovación de tecnología como se ha planteado en la justificación del trabajo.

### **RECOMENDACIONES**

Uno de los inconvenientes al iniciar con el proyecto fue la ausencia de un diagrama PID actualizado que permita identificar los equipos y relacionarlos con la nomenclatura existente en la planta, así como los lazos de control que se pueden manejar. El desarrollo de un esquema PID actualizado y consolidado sería fundamental en los procesos de investigación que pueden derivar del manejo del sistema. Adicional a esto se recomendaría realizar una evaluación de riesgos del laboratorio, y que tanto laboratoristas como docentes se encuentren al tanto de ella.

Una planta como la que se tiene en el laboratorio de control y automatización totalmente integrado requiere de un mantenimiento riguroso, la universidad realiza un mantenimiento preventivo cada 6 meses, por lo que se comunicó a los laboratoristas y a los encargados del laboratorio de las fallencias encontradas, tales como fugas y válvulas cuyo funcionamiento es defectuoso, esto a fin de que se realizan los correctivos necesarios en el mantenimiento previo al ciclo venidero.

La verdadera utilidad de las prácticas generadas solo puede medirse a lo largo del tiempo, pero su importancia como introducción a la realidad que los estudiantes pueden encontrarse en la industria es innegable, por ello dar uso y continuidad a las prácticas presentadas es muy importante. Si bien las evaluaciones muestran en primera instancia que los estudiantes se encuentran en capacidad de desarrollarlas, no está por demás actualizarlas a las necesidades de los grupos estudiantes o los cambios que se puedan dar tanto en el laboratorio como en las tecnologías utilizadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ESPINOZA, Alexander, *Instrumentación Industrial*, 1ª edición, Lexington: Alexoft, 2011.
- [2] Endress+Hauser, “Información técnica Cerabar S PMC71, PMP71/72/75” Disponible en: <https://portal.endress.com/wa001/dla/5000124/6263/000/00/Ti383pes.pdf>
- [3] Endress+Hauser, “Transductor de presión para medir presiones absolutas y relativas de hasta 400 bar Cerabar T PMP131” Disponible en: <http://goo.gl/W8yHja>
- [4] MOLINA, Franklin, *Diseño mecánico y construcción de una planta didáctica de control de procesos continuos industriales en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca*, Universidad Politécnica Salesiana, 2013, publicación disponible en: <http://www.dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4974>
- [5] Endress+Hauser, “Electromagnetic flow measuring system Proline Promag 10W” Disponible en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/0584/000/03/TI093DEN\\_1109.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/0584/000/03/TI093DEN_1109.pdf)
- [6] Endress+Hauser, “Ultrasonic flow measuring system Proline Prosonic Flow 92F” Disponible en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000020/3374/000/02/TI00073DEN\\_1310.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000020/3374/000/02/TI00073DEN_1310.pdf)
- [7] Endress+Hauser, “Proline Promass 80E, 83E. Coriolis flowmeter” Disponible en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/0221/000/06/TI00061DEN\\_1413.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/0221/000/06/TI00061DEN_1413.pdf)
- [8] Endress+Hauser, “Liquiphant T FTL20. Level limit switch for liquids” Disponible en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/1175/000/01/TI364Fen\\_0108.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/1175/000/01/TI364Fen_0108.pdf)
- [9] Endress+Hauser, “Deltabar M PMD55. Differential pressure measurement” Disponible en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000557/8051/000/10/TI00434PEN\\_1814.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000557/8051/000/10/TI00434PEN_1814.pdf)
- [10] Endress+Hauser, “Levelflex M FMP40. Guided Level Radar” Disponible en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000557/6439/000/10/TI00358FEN\\_1512.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000557/6439/000/10/TI00358FEN_1512.pdf)
- [11] Endress+Hauser, “Prosonic M FMU40, FMU41, FMU42, FMU43, FMU44 Ultrasonic Level Measurement” Disponible en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000741/2451/000/12/TI00365FEN\\_1714.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000741/2451/000/12/TI00365FEN_1714.pdf)
- [12] Endress+Hauser, “RTD Temperature Sensor omnigrad T TR25” Disponible en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/5655/000/00/TI270ten\\_0304.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/5655/000/00/TI270ten_0304.pdf)

- [13]Softing FG-110 FF, “Modbus Gateway and Linking Device for Integrating Foundation fieldbus”, Julio del 2012, Disponible en: [http://industrial.softing.com/uploads/softing\\_downloads/FF006E\\_201207\\_FG-110FF.pdf](http://industrial.softing.com/uploads/softing_downloads/FF006E_201207_FG-110FF.pdf)
- [14] SIEMENS. SIMATIC, “Configurar el hardware y la comunicación con STEP 7, Manual”, Número: 6ES7810-4CA08-8DW0. SIEMENS, 03 2006, Disponible en línea en: <http://goo.gl/9mIvOm>
- [15] SIEMENS, “SIMATIC S7-300 CPU 31xC y CPU 31x: Configuración, Instrucciones de servicio”, Número 6ES7398-8FA10-8DA0. SIEMENS, 03 2011.
- [16]Softing, “Foundation Fieldbus, FF-CONF”, Disponible en: [http://industrial.softing.com/uploads/softing\\_downloads/FF005E\\_201205\\_FF-CONF.pdf](http://industrial.softing.com/uploads/softing_downloads/FF005E_201205_FF-CONF.pdf)
- [17]Siemens, “STEP 7 programming software”, Product Information, Disponible en: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/5000139>
- [18]Schneider Electric USA, “Unity Pro Software”, Número de documento: 8000BR0935R02/10, Descarga libre disponible en: [http://www.downloads.schneider-electric.com/sites/oreo/us/document-detail.page?p\\_docId=17077054&p\\_Conf=i#http://www.schneider-electric.us](http://www.downloads.schneider-electric.com/sites/oreo/us/document-detail.page?p_docId=17077054&p_Conf=i#http://www.schneider-electric.us)
- [19]Moore Industries Inc., “HART Concentrator System HART-to-MODBUS RTU Converter”, Enero 2014, Disponible en: [http://www.miinet.com/Portals/0/Manuals/HCS\\_Installation\\_Manual\\_Moore\\_Industries.pdf](http://www.miinet.com/Portals/0/Manuals/HCS_Installation_Manual_Moore_Industries.pdf)
- [20] SÁNCHEZ, Vinicio. PIZARRO, Damián, “Diagnóstico del nivel de automatización en las pequeñas y medianas industrias de la ciudad de Cuenca”, INGENIUS.
- [21] BARBECHO, J. SARMIENTO, A. SÁNCHEZ, V. CALLE W. “Diseño e implementación de un laboratorio de instrumentación industrial”. INGENIUS. N.º 9, (Enero-Junio 2013). pp. 65-71. ISSN: 1390-650X.
- [22] RODRÍGUEZ, Aquilino, *Sistemas SCADA*, segunda edición, Alfaomega grupo editor, México, 2007.

- [23] SHIVANI, K. LAXMAN, S. YASHVI, K. ABHISHEK, C. “Analysing an industrial automation pyramid and providing service oriented architecture” *International Journal of Engineering Trends and Technology*, Volumen: 3 No. 9, (2012).
- [24] RODRÍGUEZ, Aquilino, *Comunicaciones industriales*, primera edición, editorial Marcombo, Barcelona, 2008.
- [25] KNAPP, Eric, *Industrial Network Security Securing Critical Infrastructure Networks for Smart Grid*, Syngress, Capítulo 4, Páginas: 56-61, 2011
- [26] RODRÍGUEZ, Aquilino, *Comunicaciones industriales*, primera edición, editorial Marcombo, Barcelona, Capítulo 1, Páginas: 51-54.
- [27] Moore Hawke, “Implementing Foundation Fieldbus H1 Networks in Hazardous Areas”, 2007, Disponible en: [http://www.miinet.com/Portals/0/PDFs/Implementing\\_FF\\_in\\_Hazardous\\_Areas.pdf](http://www.miinet.com/Portals/0/PDFs/Implementing_FF_in_Hazardous_Areas.pdf)
- [28] Fieldbus Foundation, “Standards”, 2006, Disponible en: [http://www.fieldbus.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=142&Itemid=318](http://www.fieldbus.org/index.php?option=com_content&task=view&id=142&Itemid=318)
- [29] GUERRERO, Vicente. YUSTE, Ramón. MARTÍNEZ, Luís. *Comunicaciones Industriales*, Marcombo, 2009, Capítulo 4.
- [30] DOMINGO, J. GÁMIZ, J. GRAU, A. SALDES, I. MARTÍNEZ H. *Comunicaciones en el entorno industrial*, primera edición, Aragón, editorial UOC, 2003.
- [31] ESTRADA, Roca, “Análisis de las actitudes y conocimientos estadísticos elementales en la formación del profesorado”, M. Asunción, 2002, disponible en línea en: <http://goo.gl/dqOE2S>
- [32] MURILLO TORRECILLA, Javier, “Cuestionarios y escalas de actitudes”, 2008, disponible en línea en: <https://goo.gl/IIvnXZ>

# ANEXOS

---

# Anexo 1: Plantilla para las prácticas.

---

# Título de la práctica

Nombre 1 Apellido 1<sup>1</sup>, Nombre 2 Apellido 2<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Nombre de la asignatura](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: día-mm- año

---

## 1. Presentación de la práctica

---

---

---

## 2. Requisitos previos

---

---

---

## 3. Objetivos

---

---

---

## 4. Equipos, instrumentos y software

---

---

---

## 5. Exposición

---

---

---

**6. Proceso y procedimiento**

*6.1 Proceso*

---

---

---

*6.2 Procedimiento*

---

---

---

**7. Resultados**

---

---

---

**8. Conclusiones y recomendaciones**

---

---

---

**9. Referencias**

---

---

---

Anexo 2:  
Modelo de encuesta para validación de  
las prácticas.

---



Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca  
Encuesta de validación de las prácticas de laboratorio LACTI

Título de la práctica:

- 1- Totalmente en desacuerdo
- 2- En desacuerdo
- 3- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- 4- De acuerdo
- 5- Totalmente de acuerdo

#	Pregunta	Puntuación				
		1	2	3	4	5
1	El tipo de letra, redacción y ortografía permiten una lectura fluida y comprensible de la práctica.					
2	Las imágenes presentadas en el documento son de utilidad al momento del desarrollo de la práctica.					
3	La resolución de las imágenes es adecuada para una correcta interpretación de los procedimientos.					
4	La sección de exposición aporta con la información necesaria para el desarrollo de la práctica.					
5	La información de la práctica se encuentra desarrollada de forma clara, comprensible y manteniendo una secuencia lógica.					
6	Los materiales, equipos y software necesarios para la práctica estaban disponibles en el laboratorio.					
7	Los temas abordados por la práctica corresponden al nivel de estudio en el que se encuentra.					
8	El tiempo para el desarrollo de la práctica fue el adecuado.					
9	Los objetivos planteados en la práctica se cumplieron con satisfacción.					
10	La práctica proporcionada propone acciones o procedimientos que promuevan procesos de aprendizaje (Investigar, analizar, deducir, observar).					
11	El desarrollo de la práctica permite potenciar las destrezas del estudiante adquiridas en el transcurso de sus estudios.					

Observaciones y Recomendaciones:

Anexo 3:

Manual de prácticas de la planta de control de procesos “A” del laboratorio de control y automatización totalmente integrado de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

---

# Configuración del variador de frecuencia Micromaster 440.

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: dd-mm-aa

Tiempo estimado: 30 min

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica tiene la finalidad de dar a conocer el funcionamiento del variador de frecuencia Micromaster 440, utilizado en esta práctica para controlar la velocidad de operación de las bombas de agua, en la planta de control de procesos “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

Lecturas recomendadas:

- Instructivo variadores de velocidad MM4 [1].
- Micromaster 440. Lista de parámetros [2].

## 3. Objetivo

Aprender a configurar y operar el variador de frecuencia Micromaster 440, utilizado para el manejo de bombas que suministran el agua a la planta.

## 4. Equipos, instrumentos y software

Descripción	Marca	Identificación
Variador de Frecuencia (1)	Siemens	Micromaster 440
Bananas	-----	-----
Válvula manual de ingreso del tanque atmosférico	-----	VMI1
Válvula manual de ingreso del tanque de presión	-----	VMI2
Válvula manual de desfogue del tanque atmosférico	-----	VMD1
Válvula manual de desfogue del tanque de presión	-----	VMD2

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software requeridos.

La figura 1 y 2 presentan la ubicación del variador de la línea central y las válvulas manuales de ingreso y desfogue, dentro de la planta de control de procesos “A”.



Figura 1. Ubicación del variador de frecuencia Micromaster 440.



Figura 2. Ubicación de las válvulas manuales de ingreso y desfogue.

## 5. Exposición

### 5.1 Micromaster 440.

La planta de control de procesos “A” posee tres variadores de frecuencia de la serie Micromaster 440, Cada uno funciona con tecnologías de comunicación distintas, el primero funciona mediante Hart, el segundo mediante Foundation Fieldbus, y el tercero a través de Profibus.

El objetivo de estos componentes es modificar la velocidad a la que trabajan las bombas que envían el agua a los tanques disponibles, también se las puede operar directamente desde el panel frontal de la planta, desconectándolas de sus buses de comunicación; la principal diferencia entre en control mediante el bus de campo respectivo y mediante el panel frontal radica en que mediante el bus se puede seleccionar la frecuencia deseada (se puede variar la velocidad), mientras que por medio del panel frontal solo se encienden y apagan (el variador va de la frecuencia máxima a la mínima).

Los variadores disponen de borneras en su parte inferior mediante las cuales se configura su modo de funcionamiento, estas conexiones se encuentran ya realizadas en la planta de control de procesos “A”, por lo cual no se describen dentro de esta práctica.

### 5.2 Interfaz de usuario.

Los variadores de frecuencia que tenemos disponibles disponen de un panel de acceso y manipulación llamado BOP, este posee varios botones descritos en la siguiente tabla:

Elemento	Descripción
	Pantalla de cristal líquido.- es donde se visualiza la información que ingresamos mediante el panel BOP.
	Marcha.- pone en marcha el variador de frecuencia.
	Parada.- al presionar este botón se pueden dar 2 clases de parada; si se presiona una vez se detiene el motor siguiendo la rampa de desaceleración seleccionada; si se presiona 2 veces (o una vez prolongada) se detiene de forma natural (por inercia).
	Invertir sentido de giro.- al pulsar este botón se cambia el sentido de giro del motor, el giro inverso se indica mediante un signo negativo (-).
	Jog motor.- Pulsando este botón en estado “listo” el motor arranca y gira a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto

	<p>Funciones.- Al presionar este botón por más de 2 segundos nos muestra información relativa a la marcha. Se puede usar para realizar un salto desde cualquier parámetro al <b>r0000</b> que es el parámetro de salida del menú de configuración.</p>
	<p>Acceder a parámetros.- Nos da acceso a los parámetros de configuración del variador. Al presionarlo estando en el parámetro al <b>r0000</b> nos envía fuera de la lista de parámetros de configuración.</p>
	<p>Subir valor.- Incrementa el valor visualizado</p>
	<p>Bajar valor.- Disminuye el valor visualizado</p>

Tabla 2. Botones de la interfaz BOP.

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

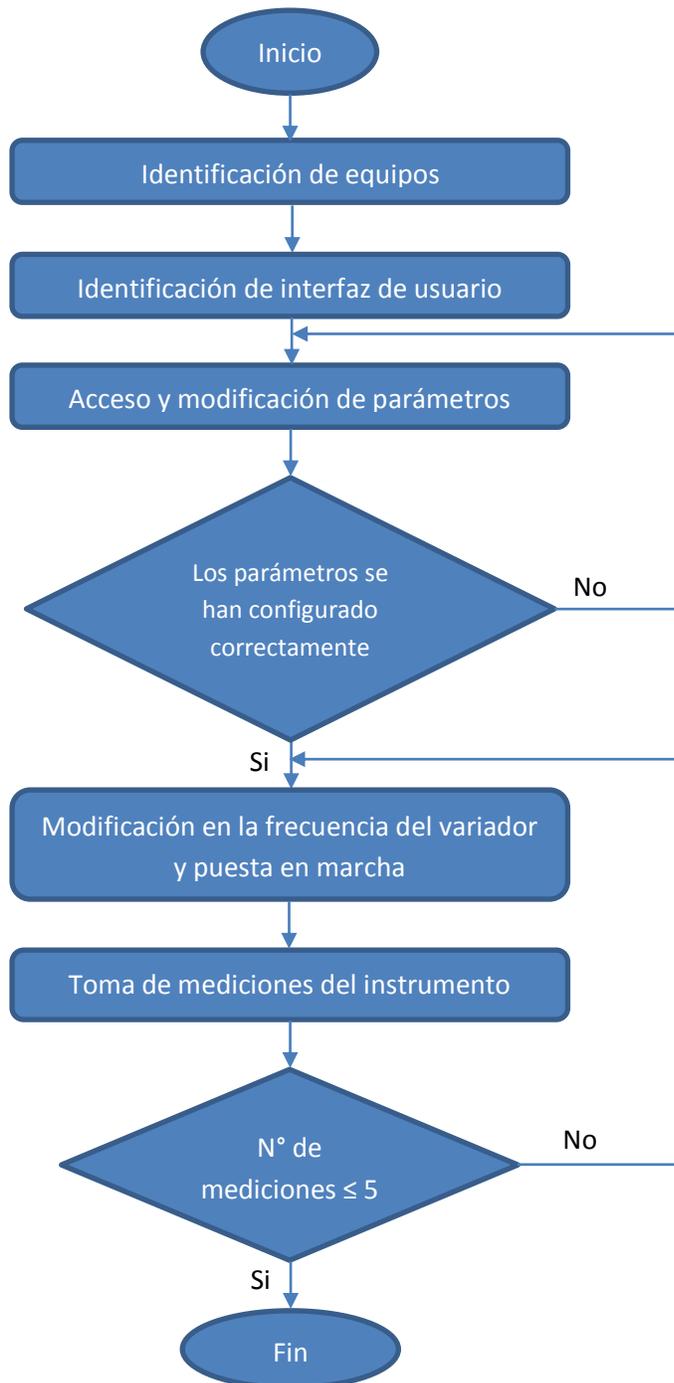


Figura 3. Proceso de la práctica.

## 6.2 Procedimiento

En la planta de control de procesos “A” se dispone de 3 variadores de frecuencia 440 (véase figura 4), uno disponible para ser manejado mediante una señal de 4-20 mA, otro conectado a la línea Profibus y un tercero manejado mediante Foundation Fieldbus, estos se identifican en la siguiente imagen:



Figura 4. Ubicación de los variadores en el gabinete.

En esta práctica operaremos desde el panel frontal de la planta, por ello el encendido del variador a utilizar se puede realizar siguiendo el diagrama indicado en la figura 5:

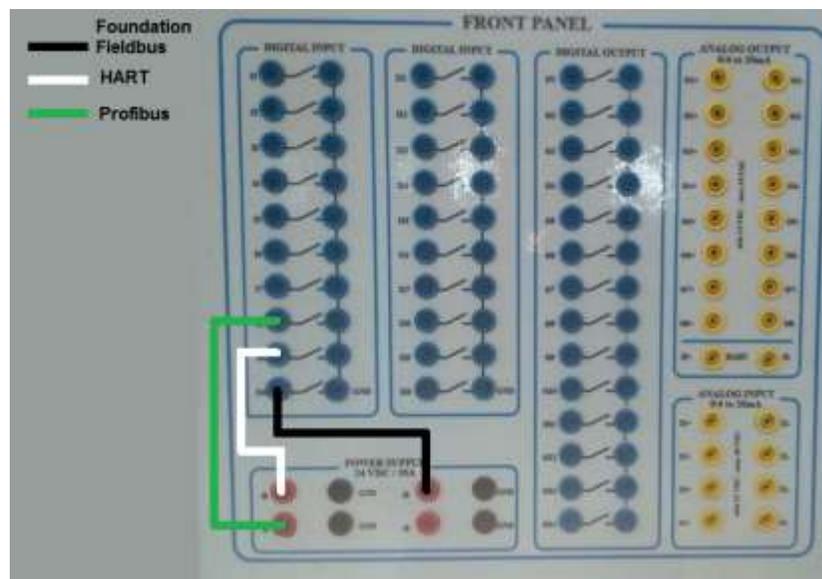


Figura 5. Conexión en el panel frontal para encender los variadores.

Una vez que el variador se encuentra encendido, se puede arrancar la bomba por medio de los pulsantes ubicados en el panel frontal (véase figura 6), a excepción del variador que trabaja mediante Profibus (este solo puede ser arrancado desde la pantalla de visualización o desde el autómeta S7-300); para el arranque de los otros 2 variadores debemos asegurarnos que estos se encuentren en el modo de consigna de frecuencia (se explica más adelante).



Figura 6. Pulsantes de arranque para los variadores de frecuencia (1, arranque del variador HART; 2 arranque del variador Foundation Fieldbus).

Para esta práctica realizaremos la configuración a través del panel BOP; a la lista de parámetros se accede por medio de la tecla **Acceder a parámetros**, dentro de cada parámetro existen conjuntos que se pueden configurar (se muestran al ubicarnos en un parámetro y desplazarnos con las teclas **Subir/Bajar valor**), siempre trabajaremos dentro del primer conjunto que se visualiza como “1n00”. Después de modificar un parámetro presionamos la tecla **Acceder a parámetros** y regresaremos al menú de selección, si deseamos salir a la pantalla inicial presionamos la tecla **Funciones** que nos enviará a **r0000** (parámetro de salida) al estar ubicados en este y presionar **Acceder a parámetros** nos enviará a la pantalla principal.

Los parámetros a modificar en esta práctica son:

1. **P0700** (Modo de acceso: Pulsar **Acceder a parámetros** → Navegación mediante teclas **Subir/Bajar valor** → Ubicarnos en el parámetro **P0700** → Seleccionar con la tecla **Acceder a parámetros** el conjunto **1n000**) Este parámetro se utiliza para

definir el método por el cual le llega la consigna de frecuencia al variador, el valor **6** indica que llegará mediante el bus de datos respectivo, el valor **1** indica que llegará por medio del panel BOP, El valor **2** indica que llegara por medio del pulsante ubicado en el panel frontal. Para esta práctica utilizaremos en este parámetro el valor **1**.

2. **P1000** (Modo de acceso: Pulsar *Acceder a parámetros* → Navegación mediante teclas *Subir/Bajar valor* → Ubicarnos en el parámetro *P1000* → Seleccionar con la tecla *Acceder a parámetros* el conjunto *In000*) Este parámetro se utiliza para definir el método por el cual se variará la consigna de frecuencia, el valor **6** indica que llegará mediante el bus de datos respectivo, el valor **1** indica que llegará por medio del panel BOP. Para esta práctica utilizaremos en este parámetro el valor **1**.
3. **P1080** (Modo de acceso: Pulsar *Acceder a parámetros* → Navegación mediante teclas *Subir/Bajar valor* → Ubicarnos en el parámetro *P1080* → Seleccionar con la tecla *Acceder a parámetros* el conjunto *In000*) Este parámetro se utiliza para definir la frecuencia mínima a la que funcionará el dispositivo, por características de las bombas de la planta se recomienda un valor superior a los 20 Hz e inferior a los 55 Hz. Dentro de la práctica este valor lo define el operador (los límites de frecuencia mínima y máxima no deben cruzarse).
4. **P1082** (Modo de acceso: Pulsar *Acceder a parámetros* → Navegación mediante teclas *Subir/Bajar valor* → Ubicarnos en el parámetro *P1082* → Seleccionar con la tecla *Acceder a parámetros* el conjunto *In000*) Este parámetro se utiliza para definir la frecuencia máxima a la que funcionará el dispositivo, por características de las bombas de la planta se recomienda un valor superior a los 40 Hz e inferior a los 60 Hz. Dentro de la práctica este valor lo define el operador (los límites de frecuencia mínima y máxima no deben cruzarse).
5. **P1120** (Modo de acceso: Pulsar *Acceder a parámetros* → Navegación mediante teclas *Subir/Bajar valor* → Ubicarnos en el parámetro *P1120* → Seleccionar con la tecla *Acceder a parámetros* el conjunto *In000*) Este parámetro se utiliza para definir el tiempo de aceleración (desde el arranque hasta que se alcanza la frecuencia mínima), se recomienda un valor de entre 2 y 10 segundos. Dentro de la práctica este valor lo define el operador.
6. **P1121** (Modo de acceso: Pulsar *Acceder a parámetros* → Navegación mediante teclas *Subir/Bajar valor* → Ubicarnos en el parámetro *P1121* → Seleccionar con la tecla *Acceder a parámetros* el conjunto *In000*) Este parámetro se utiliza para definir el tiempo de desaceleración (desde la frecuencia de fun), se recomienda un valor de entre 2 y 10 segundos. Dentro de la práctica este valor lo define el operador.

Realizada la configuración antes indicada, podemos poner en marcha el variador desde el panel BOP, y cuando este llegue a la frecuencia mínima, se la puede incrementar mediante los botones *subir/bajar valor*.

Antes de arrancar el variador se tendrá en cuenta que una de las válvulas ingreso VMI1 o VMI2 y las válvulas de desfogue VMD1 y VMD2 deben estar abiertas, esto con el fin de evitar un desbordamiento en los tanques mientras se realiza la práctica.

Una vez que el variador se encuentre funcionando a la frecuencia mínima iremos aumentando la frecuencia y tomando medidas de caudal, hasta llegar a la frecuencia máxima, estos valores se anotarán en la tabla 3:

<b>Frecuencia mínima: 25</b>	
<b>Frecuencia máxima: 55</b>	
<b>Tiempo de aceleración: 5s</b>	
<b>Tiempo de desaceleración: 5s</b>	
<b>Frecuencia del variador (Hz):</b>	<b>Caudal (dm<sup>3</sup>/min):</b>
25	17.1 $\frac{dm^3}{m}$
27	19.1 $\frac{dm^3}{m}$
30	21.9 $\frac{dm^3}{m}$
35	26.6 $\frac{dm^3}{m}$
37	28.3 $\frac{dm^3}{m}$
40	31.1 $\frac{dm^3}{m}$
45	35.5 $\frac{dm^3}{m}$
47	37.4 $\frac{dm^3}{m}$
50	40.8 $\frac{dm^3}{m}$
55	45.4 $\frac{dm^3}{m}$

Tabla 3. Mediciones realizadas.

## 7. Resultados y/o discusión

Gracias a la selección de unidades que se configuro puede apreciarse la equivalencia que existe entre masa y volumen de agua (1 kg de agua es igual a 1 litro de agua a 4°C a presión atmosférica) misma que se mantiene muy cercana a su definición.

También se observa como a volúmenes iguales se llenan a distinta velocidad dependiendo de la frecuencia del variador, misma que se encuentra en relación directa con el caudal presente en la línea de agua.

Se puede observar también que existe entre cada espacio se ocupa un volumen de aproximadamente 40 litros, a excepción de la primera medición, que presenta un volumen de 52 litros; tomando en cuenta que la primera medición no se realizó desde el punto cero de nuestro elemento patrón se puede deducir que existen alrededor de 12 litros entre el punto cero del patrón y el fondo real del tanque.

Se observa además que el tanque al encontrarse lleno de agua contiene un volumen de 211.5 litros y 211 kilogramos en su interior.

## **8. Conclusiones y recomendaciones**

### **8.1 Conclusiones**

Al incrementar la frecuencia del variador tanto el caudal volumétrico como el másico aumentan, disminuyendo el tiempo requerido para llenar un mismo volumen de agua, además se puede determinar (gracias a los totalizadores) el volumen de agua y la masa que ocupan los tanques.

El Promass 83E es un equipo muy versátil capaz de proporcionarnos varios datos a la vez sobre un mismo proceso (caudal, temperatura, densidad, etc.), lo que nos permite realizar un control bastante bueno desde un mismo punto de operación.

### **8.2 Recomendaciones**

Se debe tener en cuenta que el punto cero del elemento patrón no contempla el volumen almacenado en la parte inferior del tanque, lo que se ve reflejado en las mediciones.

Al manipular el variador de frecuencia se debe tener la precaución de modificar únicamente el parámetro que cambia el valor mínimo de frecuencia, si no se ha realizado la práctica de configuración de este elemento es preferible solicitar la ayuda del operador.

## **9. Referencias**

[1] Siemens. Instructivo variadores de velocidad MM4. 2008. Disponible en internet en <http://goo.gl/rLkj5X>

[2] Siemens. Micromaster 440. Lista de parámetros. 2001. Disponible en internet en: <https://goo.gl/jWD1oF>

# Configuración del posicionador SIPART

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 30min](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica tiene la finalidad de dar a conocer el funcionamiento y configuración del posicionador SIPART PS2 conjuntamente con la válvula Jordan 70SP a la que se encuentra conectada, ubicado en la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

2.1 Lecturas recomendadas:

- Electropneumatic Positioner SIPART PS2, pag. 87 [1].

## 3. Objetivo

Aprender a configurar y operar el posicionador SIPART PS2 conjuntamente con la válvula Jordan 70SP, que se utilizan para cerrar o abrir el paso de las líneas de agua de la planta de control de procesos “A”.

## 4. Equipos, instrumentos y software

En la tabla que se presenta a continuación se numeran los equipos y se indica su posición.

<i>Descripción</i>	<i>Marca</i>	<i>Identificación</i>
Posicionador electro-neumático (1).	Siemens	SIPART PS2 FF
Posicionador electro-neumático (2).	Siemens	SIPART PS2 PA
Caudalímetro Coriolis (3)	Endress-Hauser	Promass 83E
Caudalímetro Ultrasónico (4)	Endress-Hauser	Prosonic Flow 92

Tabla 1. Equipos disponibles.

En la figura 1 presenta la ubicación del caudalímetro y el posicionadores dentro de la planta de control de procesos “A”.



Figura 1. Ubicación de los equipos.

## 5. Exposición

El posicionador SIPART PS2 es un dispositivo compacto utilizado para controlar la válvula Jordan 70SP, dependiendo del modelo puede trabajar en líneas HART, 4-20mA, Profibus PA y Foundation Fieldbus (estas tres últimas son las disponibles en la planta "A"), igualmente se puede configurar el rango de giro (de 30 a 100 grados sexagesimales) y el recorrido del actuador; funciona en presiones de 1.4 a 7 bar, pero se debe tener en cuenta que la verdadera limitante es la presión que soporta la válvula Jordan que es de 45 psi (3.10 bar).

### 5.1 Elementos de operación y visualización.

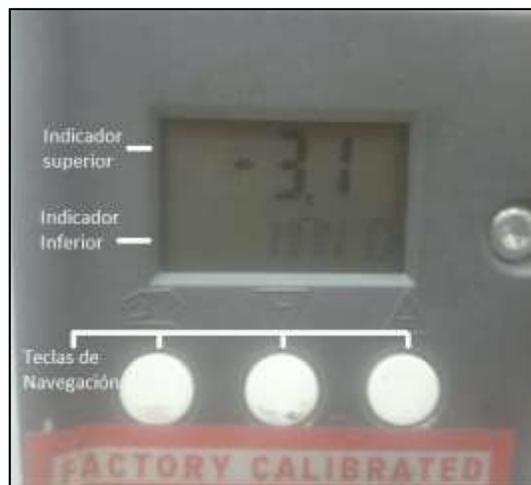


Figura 2. Panel frontal del posicionador.

Este equipo consta de una pantalla (véase figura 2) donde se visualizan 2 campos, el primero (superior) muestra los valores de posición o los valores de los parámetros dependiendo del modo en el que nos encontramos, mientras que el segundo campo o modo (inferior); Adicional a esto se tienen 3 teclas con las que podemos navegar a través de las opciones que dispone el posicionador (modo, incremento y decremento).

**6. Proceso y procedimiento**

**6.1 Proceso**

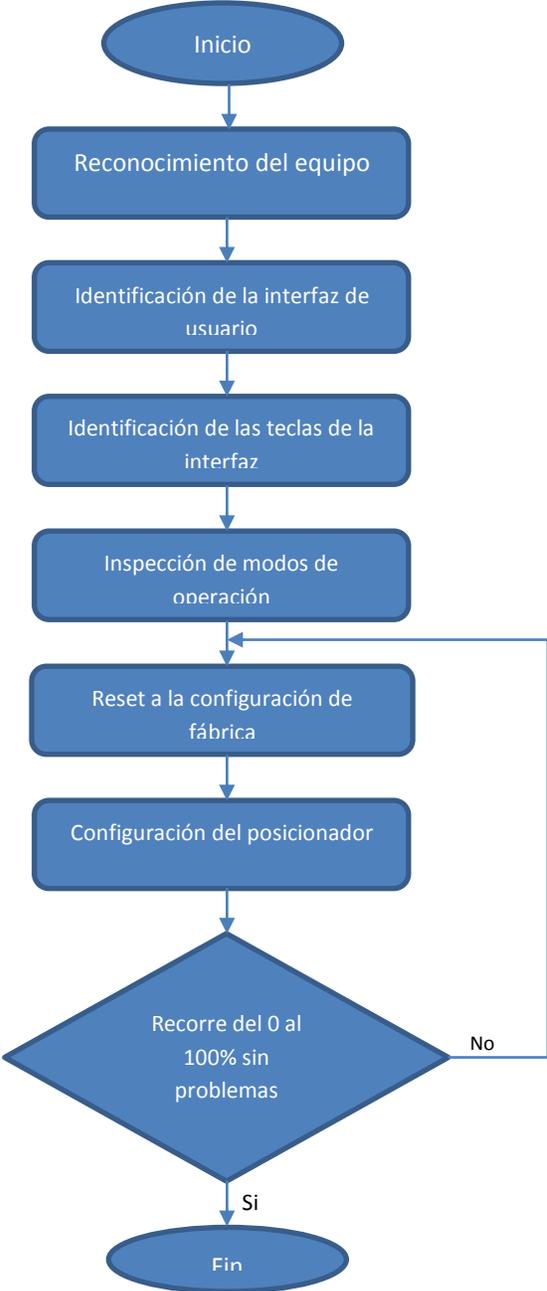


Figura 3. Proceso de la práctica.

## 6.2 Procedimiento

En el laboratorio de control y automatización totalmente integrado se dispone de 3 válvulas Jordan modelo 70SP y 3 posicionadores SIPART PS2; las válvulas se operan neumáticamente, son de recorrido corto y de actuador lineal; al ser la presión máxima que soporta la válvula Jordan de 3.10 bar, no se debe sobrepasar este valor por ningún motivo al establecer la presión del aire en la unidad de mantenimiento.

### 6.2.1 Modos de operación del posicionador.

El posicionador tiene 5 modos de funcionamiento:

- Configuración e inicialización
- P-manual.
- Automático.
- Manual.
- Diagnóstico.

Para realizar la configuración se utiliza los modos P-manual y configuración e inicialización, mientras que para el manejo se utilizan los modos automático y manual; el modo de diagnóstico como su nombre lo indica nos permite revisar los estados de cada parámetro de funcionamiento del posicionador (este modo no es analizado en esta guía).

#### **Modo de configuración e inicialización.**

Dentro del modo de configuración se pueden establecer varios parámetros (revisar manual SIPART PS2) que permiten determinar características del actuador funcionamiento y desempeño del posicionador; para acceder a este modo debemos mantener presionada la tecla modo () por un tiempo mayor a 5 segundos, y para salir del mismo debemos igualmente mantener presionada la tecla modo () por más de 5 seg.

Dentro del modo de configuración e inicialización nos desplazamos hacia arriba utilizando la tecla modo () y para ir hacia abajo las teclas modo y decremento al mismo tiempo ( + )

#### **Modo P-manual.**

El modo p-manual (véase figura 4) es el modo de operación en el que viene el posicionador al momento de salir de la fábrica, se reconoce este modo al visualizar el valor actual del potenciómetro en la primera línea y en la segunda la frase “NOINIT” parpadeando. En este modo se puede mover el actuador por medio de las teclas de incremento () y decremento ()

Para iniciar la configuración el posicionador debe encontrarse primero en modo p-manual.



Figura 4. Visualización en modo P-manual.

Para establecer el posicionador en modo p-manual entramos en el modo de configuración, partimos de la pantalla inicial y presionamos la tecla modo (↵) por un tiempo mayor a 5 segundos.

Una vez que accedemos al modo de configuración e inicialización nos desplazamos entre los parámetros utilizando la tecla modo (↵) para ir hacia arriba y las teclas modo y decremento al mismo tiempo (↵+▽) para ir hacia abajo, esto hasta llegar al parámetro “PRST” el cual resetea al posicionador al estado de fábrica.

El parámetro “PRST” puede mostrar 3 mensajes:

- “no “cuando no está activado
- “Strt” al mantener presionada la tecla de incremento
- “oCAY” al momento que se a reseteado exitosamente.

Para que se de el reset se debe tener presionada la tecla de incremento (▲) por un tiempo mayor a 5 segundos dentro del parámetro “PRST”, al paso de este tiempo se visualizará el mensaje “oCAY” (véase figura 5) y el posicionador se encontrará ya en el modo p-manual, esto se puede comprobar saliendo del modo de configuración, presionando la tecla modo (↵) por un tiempo mayor a 5 segundos.



Figura 5. Visualización “oCAY” luego del reseteo del equipo.

## Modos: manual y automático.

Los modos manual y automático nos permiten operar el actuador siempre y cuando no nos encontremos en el modo p-manual (el posicionador no ha sido inicializado) o dentro del modo de configuración.

Si el posicionador ya ha sido inicializado y estamos fuera del modo de configuración se puede alternar entre el modo manual y automático presionando la tecla modo (☒) brevemente.

El modo manual nos permite operar el actuador por medio de las teclas de incremento (▲) y decremento (▼) de forma directa, se reconoce el modo manual al estar en la segunda línea de la pantalla las letras “MAN”.

El modo automático nos permite operar el actuador desde un autómata por medio de un bus de campo (dependiendo de la familia del posicionador), se reconoce el modo manual al estar en la segunda línea de la pantalla las letras “AUT”.

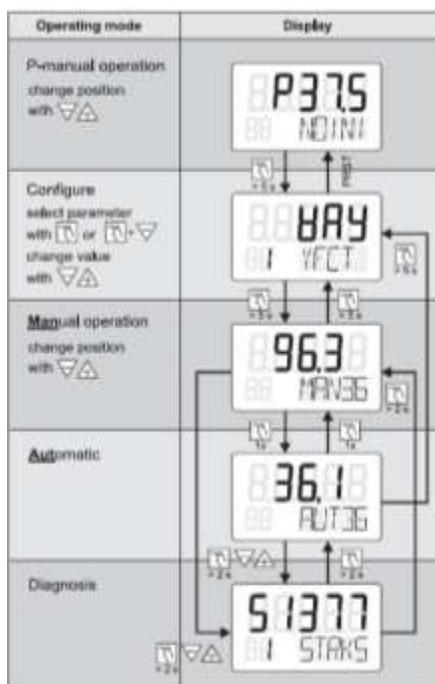


Figura 6. Cambio entre modos.

### 6.2.2 Preparación del actuador lineal.

1. El posicionador debe encontrarse ensamblado apropiadamente con su kit de montaje; particularmente se ha de tener en cuenta la posición del **selector de relación de transmisión** en función del recorrido del actuador, para ello puede valerse de la tabla 2.

Recorrido	Palanca	Posición del selector de relación de transmisión
5 a 20 mm	Corta	33°
25 a 35 mm	Corta	90°
40 a 130 mm	Larga	90°

Tabla 2. Relación entre el recorrido del actuador y posición del selector.

En los equipos disponibles el recorrido es corto, por ello la posición a encontrarse siempre en 33°.

2. Verificar el contacto del **pin de arrastre** con la palanca, y que la posición del pin en la regleta este acorde al recorrido de la palanca.
3. Verificar las líneas neumáticas del actuador y el posicionador así como el suministro de aire.
4. Verificar el suministro de voltaje.
5. Verificar que el posicionador se encuentre en el modo p-manual (visualizar el valor actual del potenciómetro en la primera línea y en la segunda la frase “NOINIT” parpadeando); de no encontrarse en este modo de operación se lo debe resetear siguiendo el procedimiento indicado anteriormente.
6. Verificar que el actuador se desplace a lo largo de todo su recorrido por medio de las teclas de incremento ( $\Delta$ ) y decremento ( $\nabla$ ).
7. Verificar que el rango de variación que se muestra en la pantalla del posicionador sea continuo (es decir, que no se den saltos entre valores, por ejemplo de 1 a 90) al ir de tope a tope del actuador por medio de las teclas de incremento ( $\Delta$ ) y decremento ( $\nabla$ ).

### 6.2.3 Inicialización manual para el actuador lineal.

Para empezar la inicialización manual primero se deben haber realizado los pasos correspondientes a la preparación del actuador lineal, si esto ya ha sido revisado, entonces se procede a entrar en el modo de configuración manteniendo presionada la tecla modo ( $\text{M}$ ) por más de 5 segundos y se visualiza el primer parámetro llamado “YFCT” (véase figura 7).



Figura 7. Parámetro “YFCT” con el valor “WAY”.

En este parámetro por medio de las teclas de incremento ( $\triangle$ ) y decremento ( $\nabla$ ), seleccionamos la opción “WAY”.

Al siguiente parámetro se accede presionando la tecla modo ( $\square$ ), el segundo parámetro se llama “YAGL” (véase figura 8) y en este se coloca el valor en el que se encuentra la posición del selector de relación de transmisión pudiendo ser “33°” o “90°”, para el caso de los equipos del laboratorio es 33°, seleccionándolo mediante las teclas de incremento ( $\triangle$ ) y decremento ( $\nabla$ ).



Figura 8. Parámetro “YAGL” con el valor “33°”.

El tercer parámetro “YWAY” proporciona información sobre el paso del actuador, es opcional y no manipulado en esta configuración.

El parámetro 4 “INITA” es utilizado para la configuración automática, al igual que el parámetro 3 “YWAY” se evita presionando la tecla modo ( $\square$ ).

Se llega al parámetro 5 “INITM” (véase figura 9) y es este el que realizará la configuración del posicionador, para iniciar la configuración se mantiene presionada la tecla de incremento ( $\triangle$ ) por más de 5 segundos durante los cuales mostrará el mensaje “Strt”.



Figura 9. Mensaje “Strt” para dar inicio a la configuración.

Después de ello la pantalla cambiará, mostrando el valor actual del potenciómetro en la primera línea y el mensaje “YEND1” en la segunda (véase figura 10), aquí se selecciona el primer punto que será el final del recorrido pulsando primero la tecla de incremento ( $\Delta$ ) y mientras la mantenemos pulsada presionamos de igual manera la tecla decremento ( $\nabla$ ).



Figura 10. Selección del primer extremo por medio del parámetro “YEND1”.

Cuando se elige el primer punto presionamos la tecla modo ( $\square$ ) para ir al siguiente paso, se mostrara nuevamente el valor actual del potenciómetro pero ahora aparecerá el mensaje “YEND2” (véase figura 11), ahora se elige el punto en el que deseamos el extremo contrario pulsando primero la tecla de decremento ( $\nabla$ ) y mientras la mantenemos pulsada presionamos de igual manera la tecla incremento ( $\Delta$ ).



Figura 11. Selección del segundo extremo por medio del parámetro “YEND2”.

Finalmente presionamos la tecla modo ( $\square$ ) y empezara la configuración automáticamente, aparecerán los mensajes de “RUN1” hasta “RUN5” mientras esta se esté ejecutando y cuando termine exitosamente se mostrará la palabra “FINISH” (véase figura 12).



Figura 12. Final del proceso de configuración.

Si se presiona brevemente la tecla modo (☞) nos llevará al modo de configuración y se mostrará “INITM” presionamos la tecla modo (☞) por más de 5 segundos para salir del modo de configuración y saldremos al modo manual o automático, durante la transición se mostrará brevemente la versión del dispositivo.

Se puede alternar entre los modos manual y automático presionando la tecla modo, el dispositivo deberá estar ya configurado.

Una vez configurado el posicionador, se activara el variador de frecuencia con un valor de 30 Hz de la línea respectiva, y se modificara la posición del variador tomando 5 valores distintos, en cada posición del variador se tomará la medida de caudal volumétrico que se indica en los caudalímetros adyacentes.

# medición	Apertura de la válvula (porcentaje)	Caudal volumétrico (dm <sup>3</sup> /min)
1	0	22.2
2	25	20.8
3	50	16.2
4	75	0
5	100	0

Tabla 2. Mediciones del transductor y comparación con el manómetro.

## 7. Resultados y/o discusión

Se puede comprobar que el valor indicado por el posicionador representa en porcentaje la apertura o cierre de la válvula; al marcar 100% la válvula se encuentra completamente cerrada, y al marcar el 0% está completamente cerrada.

## **8. Conclusiones y recomendaciones**

### **8.1 Conclusiones**

El conjunto formado por la válvula proporcional Jordan y el variador SIPART poseen una configuración rápida que permite al operador manejar el dispositivo con facilidad. La configuración manual para el funcionamiento del dispositivo es similar entre equipos sin que su tipo de comunicación tenga una mayor relevancia.

### **8.2 Recomendaciones**

Se debe tener en cuenta las presiones de aire que soportan los elementos, para evitar cualquier daño en los mismos o a la persona que se encuentra operándolo.

Si la conexión mecánica presenta alguna falencia, el dispositivo no funcionará correctamente, por ello es recomendable familiarizarse un poco con sus características y como se realiza la unión entre la válvula y el elemento posicionador.

## **9. Referencias**

[1] Siemens, “Electropneumatic Positioner SIPART PS2” disponible en: <http://goo.gl/NznKuk>

# Medición de presión de aire mediante el dispositivo Cerabar T PMC 131

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 30 min](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica tiene la finalidad de dar a conocer el funcionamiento del transductor Cerabar T PMC 131, utilizado en el tanque de presión para medir la presión de aire dentro del mismo, ubicado en la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

Lecturas recomendadas:

- CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. 8va edición. Capítulo 3. Páginas 91-92 [1].
- Endress + Hauser. CERABAR T PMC131. Hoja técnica [2].

## 3. Objetivo

Aprender a configurar y operar el transductor Cerabar T PMC131, utilizado para realizar medidas de presión.

## 4. Equipos, instrumentos y software

Descripción	Marca	Identificación
Medidor de nivel (1)	Endress+hauser	Cerabar T PMC131
Multímetro	-----	-----
Bananas	-----	-----

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software requeridos.

En la figura 1 presenta la ubicación del medidor de presión dentro de la planta de control de procesos “A”.



Figura 1. Ubicación del transductor Cerabar T PMC131.

## 5. Exposición

### 5.1 Presión absoluta, atmosférica y relativa.

La presión absoluta es aquella que se mide con relación al cero absoluto de presión (100% de vacío) [1].

La presión atmosférica es aquella que es ejercida por la atmosfera terrestre, si bien esta varía dependiendo de la altura, condiciones meteorológicas y otros aspectos, ha sido normalizada a 1bar, 100kPa, o 760 mmHg. Dado que el vacío es la presión medida por debajo de la presión atmosférica, las variaciones de la presión atmosférica influyen considerablemente en la lectura del vacío [1].

La presión relativa es la diferencia existente entre la presión absoluta y la presión atmosférica, Este tipo de medición se puede realizar en el taque de presión de las planta de control de procesos “A”, gracias a que el tanque mencionado puede aislarse al cerrar todos sus accesos, permitiendo incrementar la presión de aire de dos formas distintas, la primera insertar aire a presión sin habilitar ningún escape, y la segunda al ingresar agua al tanque sin habilitar ningún escape [1].

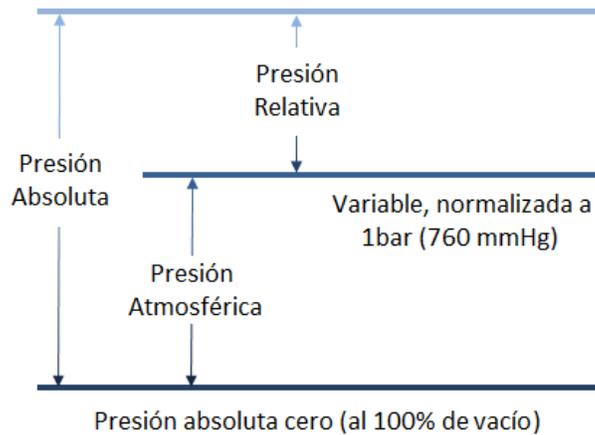


Figura 2. Representación de las presiones absoluta, atmosférica y relativa.

## 5.2 Transductor de presión Cerabar T PMC131

El Cerabar T PMC 131 es un transductor pasivo para mediciones de presión absoluta y relativa en líquidos, vapores y gases. Cuenta con un diafragma sensor que se deforma ligeramente y de forma proporcional a las presiones medidas, emitiendo una señal de salida de 4-20mA [2]. El dispositivo utilizado para la práctica tiene un campo de medida de 0-10 bar, con una precisión menor al 0.5% y trabaja en procesos con temperaturas entre los -20 y 100°C [2].



Figura 3. Transductor de presión Cerabar.

Es importante recordar que al ser un transductor pasivo, el cambio producido por las variaciones de presión está en la magnitud de alguna propiedad eléctrica pasiva como capacitancia, resistencia o inductancia; Por lo cual requiere de una energía eléctrica adicional (Fuente 24VDC) para emitir la señal de 4-20mA.

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

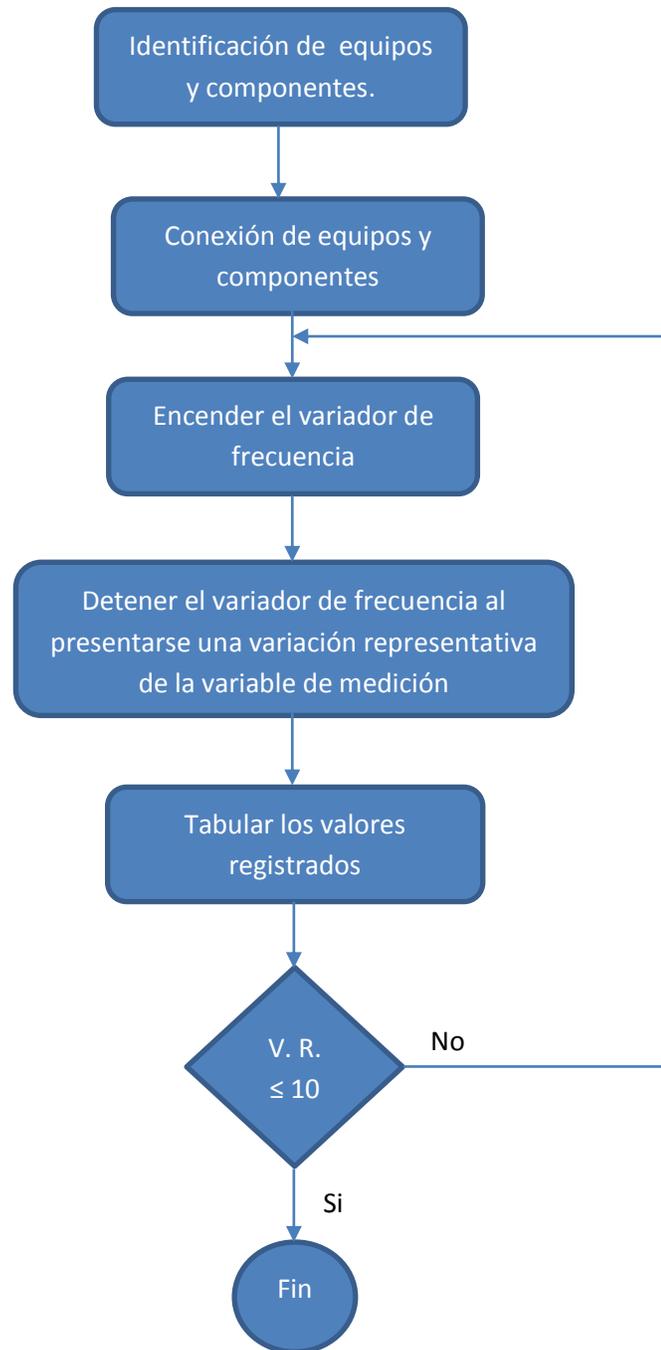


Figura 4. Proceso de la práctica.

## 6.2 Procedimiento

El transductor Cerabar T PM131 se encuentra conectado al panel frontal a las salidas analógicas “Q1+” y “Q1-”, esta salida proporciona la señal de 4-20 mA que deberá ser medida de acuerdo a las conexiones presentadas en la figura 5 y 6 (Esquema gráfico y eléctrico).

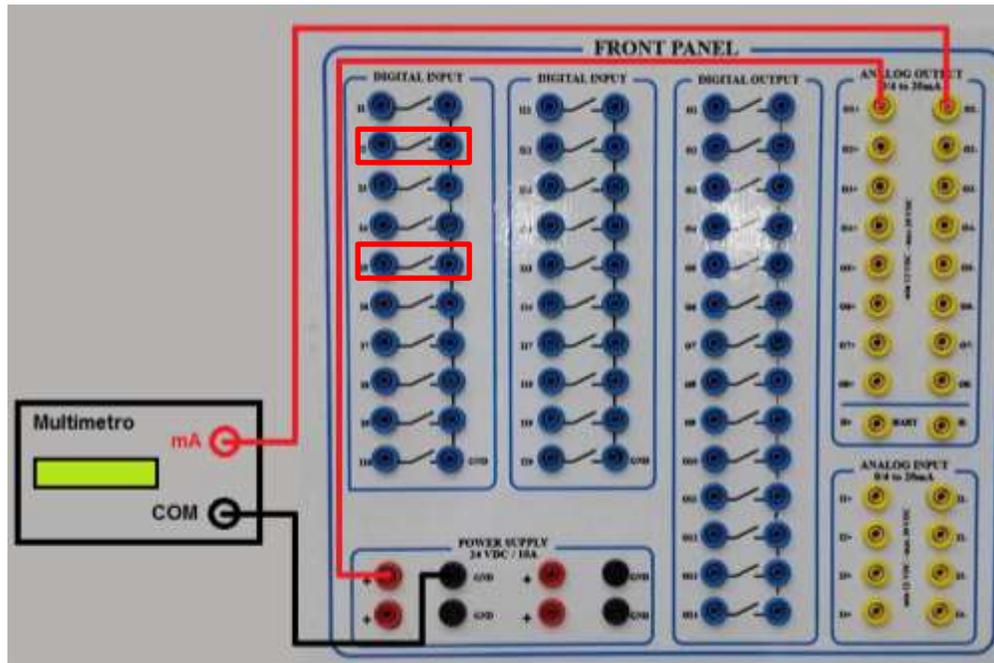


Figura 5. Conexión gráfica para el medidor de presión.

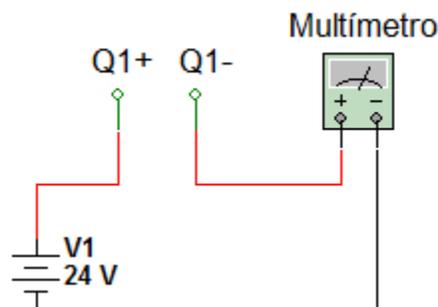


Figura 6. Conexión eléctrica para el medidor de presión.

Para trabajar con el tanque de presión es necesario cerrar las válvulas de entrada de agua, a fin de evitar que el aire que ingresa circule por las mismas, se deben cerrar las válvulas manuales del tanque de presión y activar las electroválvulas *EC 1-03* y *EC 4-01*, conectando la entrada digital *I7* e *I2* del panel frontal (figura 5) a 24 V.

Una vez realizada la conexión eléctrica del elemento transductor se procede con la toma de datos de acuerdo al cuadro 2.

Por las características del dispositivo sabemos que su rango de funcionamiento es de 0 a 10 bares y 4 a 20 mA, utilizando esta información se encuentra la ecuación la recta que describe el funcionamiento del transductor, esta es:

$$y = \frac{5x}{8} - \frac{5}{2}$$

Donde y representa la presión en bares y x la corriente en mili-amperios, con esta fórmula podemos determinar la presión a partir de la corriente proporcionada por el transductor de presión.

# medición	Presión Manómetro (bar)	Corriente (4-20mA)	Presión Cerabar T PMC131(bar)	Diferencia entre presiones ( bar)
1	0.00	4	0.00	0.00
1	00.3	4.85	0.53	0.23
2	00.4	5.02	0.64	0.24
3	00.6	5.35	0.84	0.24
4	00.8	5.63	1.02	0.22
5	1.00	5.93	1.21	0.21
6	1.20	6.26	1.41	0.21
7	1.40	6.55	1.59	0.19
8	1.60	6.85	1.78	0.18
9	1.80	7.15	1.97	0.17
10	2.00	7.42	2.14	0.14

Tabla 2. Mediciones del transductor y comparación con el manómetro.

## 7. Resultados y/o discusión

Debido a que el instrumento utilizado como patrón para la medición de presión no es un elemento de precisión a niveles bajos, se puede observar que existe un error entre las medidas del Manómetro (patrón) y el Transductor, pero que disminuye conforme se va aumentando la presión.

Una vez conocido el funcionamiento básico del tanque de presión y como observar la presión que se desarrolla dentro del mismo, se puede trabajar con presiones más elevadas, teniendo precaución con los límites de lectura de los instrumentos que se encuentran en él.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

- Si bien el equipo de medición de presión utilizado (Cerabar T PMC131) tiene un rango de funcionamiento que va desde los 0a los 10 bares, no se utiliza todo el espectro de valores, (para el experimento se plantea llegar máximo hasta los 2 bares), por ello no se tendrá todo el rango de 4 a 20 mA.

- Si bien el instrumento es lineal como se indica el fabricante, se debe tener en cuenta que su salida varía desde los 4 a los 20mA y no desde los 0 a los 20mA, por lo que no se puede simplemente realizar una regla de tres para convertir los valores de corriente a presión, sino que se debe encontrar la ecuación que determina el funcionamiento del instrumento.

## 8.2 Recomendaciones

- Asegúrese de que todas salidas y entradas del tanque de presión se encuentren cerradas, la única que debe permanecer abierta es la que permite el paso de aire a presión al tanque, puede darse el caso de que el agua o aire se redirija al tanque atmosférico o hacia las líneas de ingreso de agua producto de la presión.
- Al momento de abrir la línea de aire debe verificarse todas las mangueras de la unidad de mantenimiento se encuentren conectadas, así como regular la presión de aire que se indica en la misma, recuerde abrir la línea de aire con precaución para evitar cualquier incidente.
- Para aumentar la presión más rápidamente se puede ingresar agua al tanque de presión previo a abrir el ingreso de aire, al encontrarse un espacio más reducido la presión de la línea de aire y del tanque se igualan más rápidamente que si el tanque se encontrase lleno.

## 9. Referencias

[1] CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. 8va edición. Capítulo 3. Páginas 91-92. Alfaomega. México, 2010.

[2] Endress + Hauser. CERABAR T PMC131. Hoja técnica. España 2011. Disponible en internet en: <http://goo.gl/axJZSt>

# Medición de nivel mediante el dispositivo Cerabar T PMC131

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 30min.](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica tiene la finalidad de dar a conocer el funcionamiento del transductor Cerabar T PMC131, el mismo que será utilizado para la lectura de nivel del tanque de presión atmosférica de la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

Lecturas recomendadas:

- CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. 8va edición. Capítulo 5. Páginas 200-207. Alfaomega. México, 2010 [1].
- CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. 8va edición. Capítulo 3. Páginas 91-92. Alfaomega. México, 2010 [2].
- Endress + Hauser. CERABAR T PMC131. Hoja técnica. España 2011 [3].

## 3. Objetivo

Aprender a configurar y operar el transductor Cerabar T PMC131, utilizado para realizar mediciones de nivel, a través del principio de presión hidrostática.

## 4. Equipos, instrumentos y software

La tabla 1 presenta los equipos e instrumentos utilizados en la práctica:

Descripción	Marca	Identificación
Medidor de nivel (1)	Endress+hauser	Cerabar T / LT 95
Multímetro		
Bananas		

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software requeridos.

En la figura 1 presenta la ubicación del medidor de nivel dentro de la planta de control de procesos “A”.



Figura 1. Ubicación del transductor Cerabar T PMC131.

## 5. Exposición

### 5.1 Presión absoluta, atmosférica y relativa.

La presión absoluta es aquella que se mide con relación al cero absoluto de presión (100% de vacío) [2].

La presión atmosférica es aquella que es ejercida por la atmosfera terrestre, si bien esta varía dependiendo de la altura, condiciones meteorológicas y otros aspectos, ha sido normalizada a 1bar, 100kPa, o 760 mmHg. Dado que el vacío es la presión medida por debajo de la presión atmosférica, las variaciones de la presión atmosférica influyen considerablemente en la lectura del vacío [2].

La presión relativa es la diferencia existente entre la presión absoluta y la presión atmosférica, Este tipo de medición se puede realizar en el taque de presión de la planta de control de procesos “A”, gracias a que el tanque mencionado puede aislarse al cerrar todos sus accesos, permitiendo incrementar la presión de aire de dos formas distintas, la primera insertar aire a presión sin habilitar ningún escape, y la segunda al ingresar agua al tanque sin habilitar ningún escape [2].

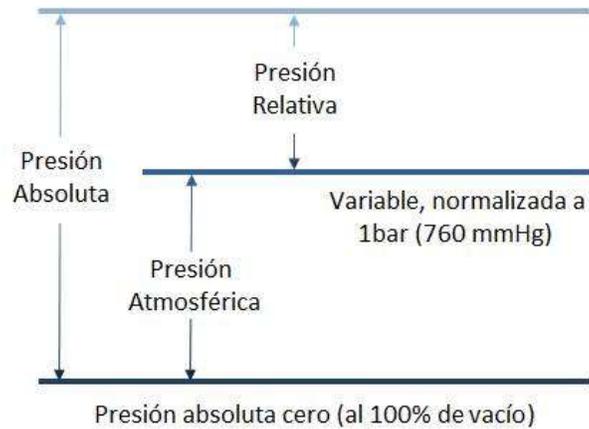


Figura 2. Representación de las presiones absoluta, atmosférica y relativa.

## 5.2 Medición de nivel a través de presión hidrostática

La presión hidrostática con un medidor de presión diferencial, se mide por medio de un diafragma en contacto con el fluido, en un punto al fondo del tanque [1].

Esta presión es proporcional a la altura y densidad del fluido, y esta expresada por:

$$P = H * \rho * g$$

Dónde:

$$P = \text{presión(Pascales)}$$

$$H = \text{altura del fluido (Metros)}$$

$$\rho = \text{densidad del fluido} \left( \frac{Kg}{m^3} \right)$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2 (\text{gravedad})$$

## 5.2 Cerabar T PMC131



Figura 3. Transductor de presión Cerabar T PMC131

El Cerabar T PMC 131 es un transductor pasivo para mediciones de presión absoluta y relativa en líquidos, vapores y gases. Cuenta con un diafragma sensor que se deforma ligeramente y de forma proporcional a las presiones medidas, emitiendo una señal de salida de 4-20mA. El dispositivo utilizado para la práctica tiene un campo de medida de 0-100mbar, con una precisión menor al 0.5% y trabaja en procesos con temperaturas entre los -20 y 100°C [3].

Es importante recordar que al ser un transductor pasivo, el cambio producido por las variaciones de presión esta en la magnitud de alguna propiedad eléctrica pasiva como capacitancia, resistencia o inductancia; Por lo cual requiere de una energía eléctrica adicional (Fuente 24VDC) para emitir la señal de 4-20mA.

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

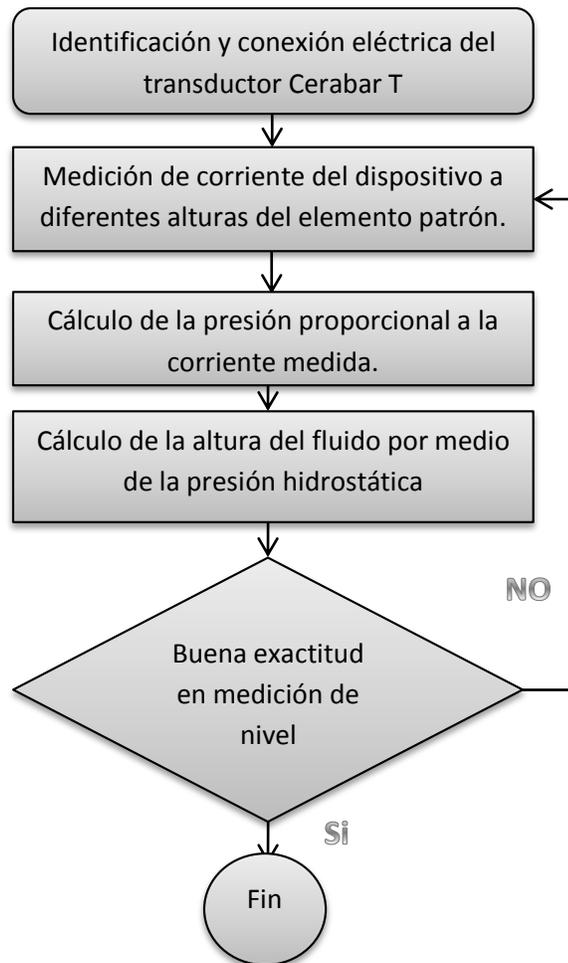


Figura 4. Proceso de la guía.

## 6.2 Procedimiento

El transductor Cerabar T PM131 se encuentra conectado al panel frontal a las salidas analógicas Q2+ y Q2-, esta salida proporciona la señal de 4-20 mA que deberá ser medida de acuerdo a las conexiones presentadas en la figura 5 y 6 (Esquema gráfico y eléctrico).

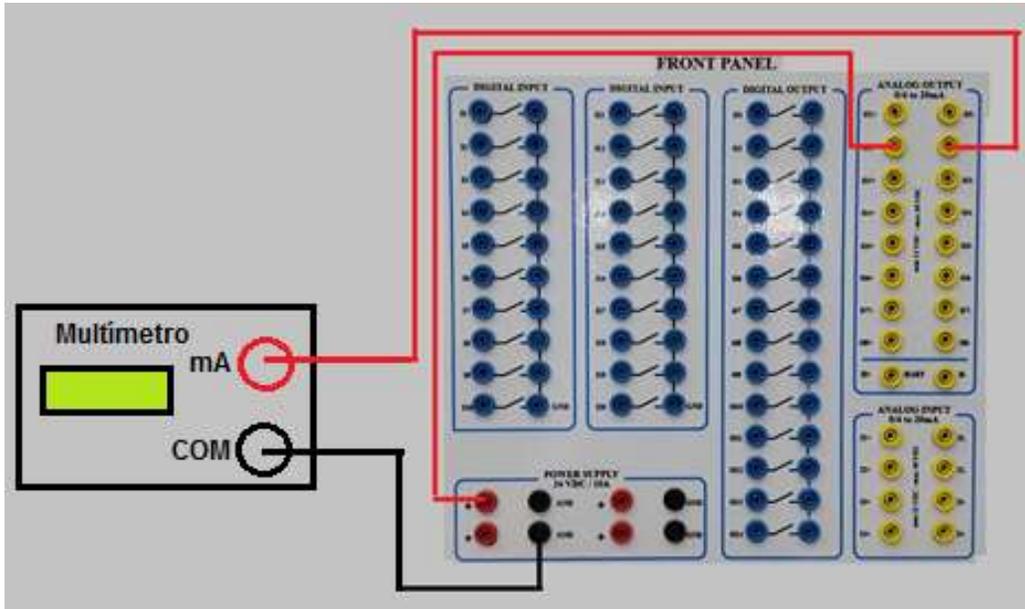


Figura 5. Conexión gráfica para el medidor de nivel.

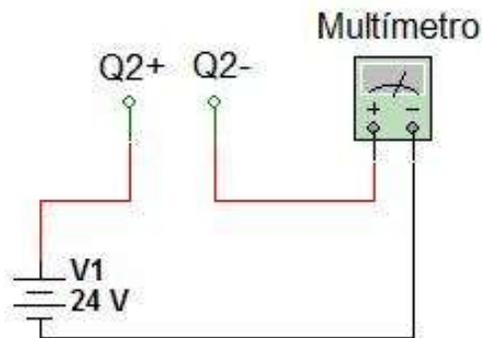


Figura 6. Conexión eléctrica para el medidor de nivel.

Una vez realizada la conexión eléctrica del elemento transductor se procede a cerrar la válvula manual del tanque de presión VMI2 y abrir las válvulas manuales de ingreso y desfogue VMI1 y VMD1. Posteriormente procedemos a prender el variador de la línea central y seguir con la toma de datos de acuerdo al cuadro 2, donde la presión en mbar se calcula de manera proporcional a la medición de corriente utilizando la ecuación de una recta con dos puntos (4mA-0mbar y 20mA-100mbar), y la altura por medio de la fórmula

de presión hidrostática teniendo en cuenta que la presión debe estar en pascales (1bar=100kPa).

La ecuación resultante de la recta de dos puntos es:

$$y = \frac{25}{4}x - 25$$

Dónde:

$y = \text{presión en mbar}$

$x = \text{corriente en mA}$

# medición	Altura medida(metros)	Corriente (4-20mA)	Presión (mbar)	Altura calculada (metros)
1	0	4	0	0
2	.1	5.54	9.625	0.098
3	.2	7.08	19.25	0.1964
4	.3	8.65	29.0625	0.2965
5	.4	10.2	38.75	0.3954
6	.5	11.8	48.75	0.4974
7	.6	13.29	58.0625	0.5924
8	.7	14.81	67.5625	0.6894
9	.8	16.39	77.4375	0.7901
10	.9	17.92	87	0.8877
11	1	19.50	96.875	0.9885

Tabla2. Mediciones del transductor y cálculos de nivel.

## 7. Resultados y/o discusión.

Como se muestra en la tabla 2 los valores de corriente son proporcionales a los de presión, teniendo en cuenta que la lectura de nivel difiere de la calculada por un margen máximo de 1.2cm.

El margen de error puede ser producido por varios aspectos, como el de la presión atmosférica que difiere dependiendo de la altura sobre el nivel del mar, y aspectos de cálculo para la fórmula de presión hidrostática como valores de gravedad y densidad de fluido.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

- Cuando se va medir presión hidrostática a través de un dispositivo de presión diferencial como el Cerabar T, es indispensable que el mismo se encuentre en la base del depósito, debido a que su principio utiliza la fuerza ejercida por la columna del fluido en la base.

- La presión hidrostática puede ser llevada a un valor de nivel, ya que depende de manera directa de este valor.
- Para validar la exactitud del transductor es importante saber que esta es la medida que representa cuan cerca están los valores dados por el instrumento, de los valores reales proporcionados por un elemento patrón, que en la presente practica fue una varilla de nivel con una cinta métrica.
- Un transductor pasivo producen un cambio de magnitud en las propiedades eléctricas pasivas, como la capacitancia, resistencia o inductancia; como resultado de una medición de la variable de proceso; Por esta razón requieren de una conexión a una fuente de alimentación.
- Una columna de agua ejerce una presión de 100mbares, cuando la misma ha logrado una altura de 1metro, la misma altura del tanque de presión atmosférica de la planta.

## **8.2 Recomendaciones**

- Asegurarse que el nivel del tanque nunca se encuentre por encima o a inicio de la válvula de emergencia, pues puede haber riesgo de desbordamiento del líquido.
- Al encender el variador de frecuencia, tener la precaución de que comience en frecuencias superiores a los 30Hz y que la línea de agua del tanque se encuentre totalmente abierta.

## **9. Referencias**

- [1] CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. 8va edición. Capítulo 5. Páginas 200-207. Alfaomega. México, 2010.
- [2] CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. 8va edición. Capítulo 3. Páginas 91-92. Alfaomega. México, 2010.
- [3] Endress + Hauser. CERABAR T PMC131. Hoja técnica. España 2011. Disponible en internet en: [http://www.e-direct.es/eh/central/e-direct/2010/resource.nsf/imgref/Download\\_TD00042E23ES1310.pdf/\\$FILE/TD00042E23ES1310.pdf](http://www.e-direct.es/eh/central/e-direct/2010/resource.nsf/imgref/Download_TD00042E23ES1310.pdf/$FILE/TD00042E23ES1310.pdf)

# Configuración de canales del registrador JUMO Logo Screen 500 cf.

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 30min](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

El presente documento tiene la finalidad de dar a conocer el funcionamiento del registrador JUMO Logo Screen 500 cf., así como la configuración de sus canales para la lectura de las variables de campo de nivel y presión de la planta “A” del laboratorio de automatización y control totalmente integrado de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

Lecturas recomendadas:

- JUMO, LOGOSCREEN 500cf, Video-registrador, Manual de Servicio, 05.06/00485779 [1].

## 3. Objetivos

Registrar las mediciones de nivel y presión de los tanques de la planta de control de procesos “A”, a través de la configuración del video-registrador JUMO Logo Screen 500 cf., para obtener una mayor destreza sobre el manejo del equipo y sus prestaciones.

## 4. Equipos, instrumentos y software

La tabla 1 presenta los equipos e instrumentos utilizados en la práctica:

Descripción	Marca	Identificación
Medidor de nivel (1)	Endress+hauser	Cerabar T / LT 95
Medidor de presión (2)	Endress+hauser	Cerabar T / TP 104
Video registrador	JUMO	Logo Screen 500 cf.
Bananas		

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software requeridos.

En la figura 1 se muestra la ubicación del Logo Screen 500 cf., en el panel principal de la planta “A” del laboratorio de automatización y control totalmente integrado, mientras la figura 2 presenta la ubicación del medidor de nivel y de presión dentro de la planta.



Figura 1. Ubicación del Logo Screen 500 cf.



Figura 2. Ubicación del medidor de nivel y presión.

## 5. Exposición

El JUMO LOGO SCREEN 500 CF es un dispositivo que permiten el registro gráfico e histórico de los valores de la variable del proceso; Cuenta con tres entradas analógicas que pueden manejar tensión, corriente, termo-par y termo-resistencias.

El dispositivo también cuenta con 6 canales analógicos para el tratado y registro de las entradas, así como una interfaz Ethernet para su comunicación con la red.

En la siguiente imagen se presentaran los elementos de indicación y cooperación disponibles en el elemento registrador de JUMO.

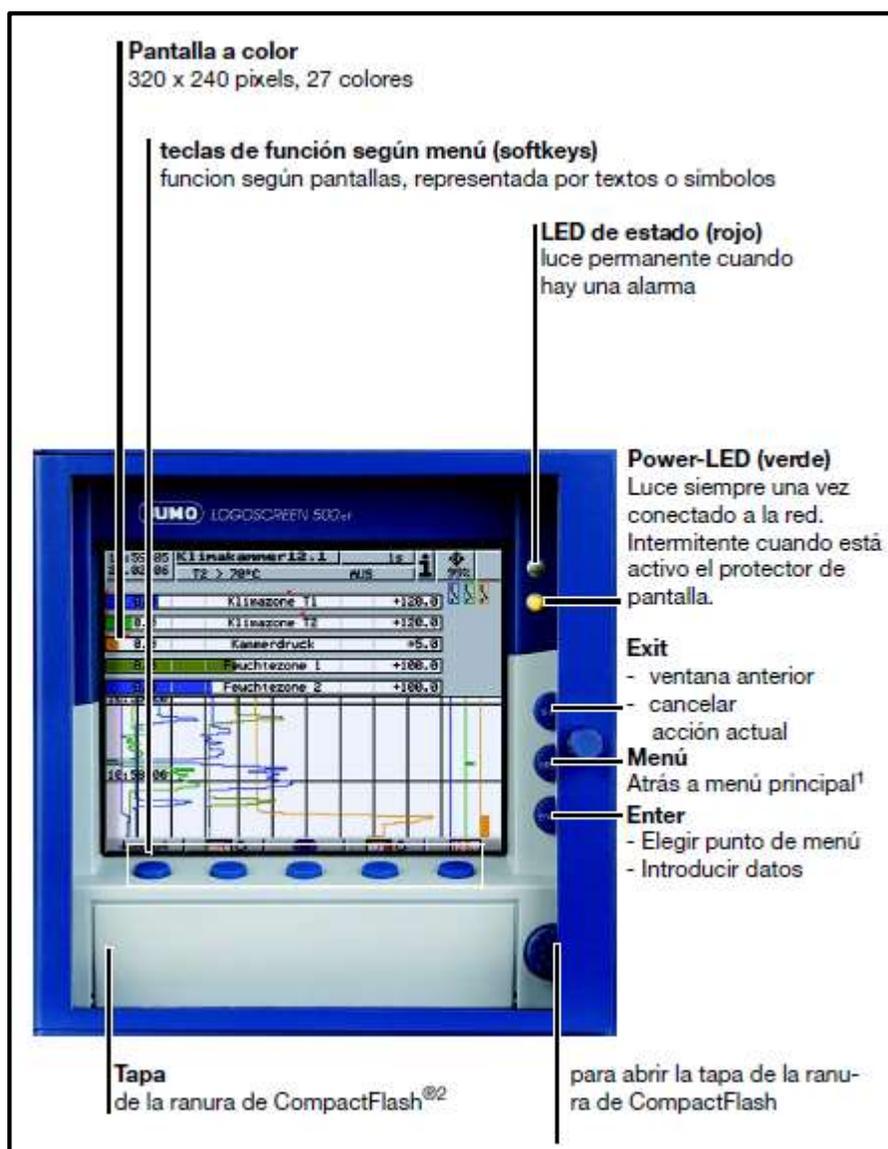


Figura 3. Elementos de indicación y cooperación [1].

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

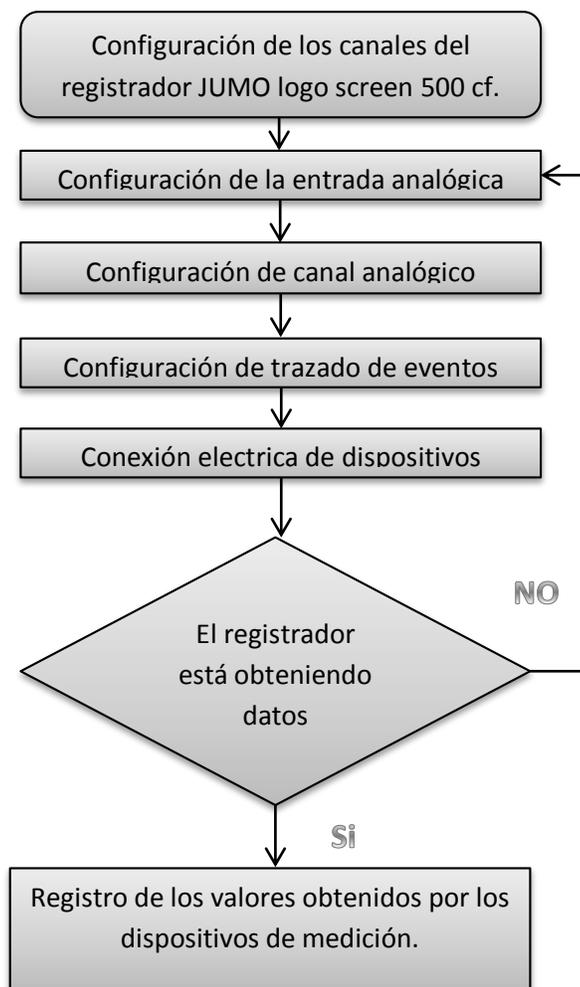


Figura 4. Proceso de la guía.

## 6.2 Procedimiento

Como primer paso se pulsara el elemento de cooperación menú con el cual se despliega la siguiente imagen (véase figura 5):



Figura 5. Opción Configuración.

A través de las teclas de función y enter se accedera al menú de Configuración, el cual nos pedirá una contraseña que por defecto es 09200 (véase figura 6):



Figura 6. Código para ingresar a configuración del dispositivo.

Una vez dado enter se presentara la pantalla del menú de configuración con sus diferentes parámetros (véase figura 7):



Figura 7. Opciones de configuración.

En este menú se seleccionara Entradas Analógicas y luego se accederá a entrada analógica 1 (véase figura 8):



Figura 8. Entradas analógicas.

En esta entrada se configuran los siguientes parámetros (véase figura 9):



Figura 9. Configuración de entrada analógica 1.

1. Sensor: Corriente (Debido a que la señal que otorga el elemento de medición de nivel del tanque abierto es corriente, Al final del documento se encuentran los esquemas de conexión para las diferentes señales).

2. Inicio rango: 4mA.

3. Final rango: 20mA.

4. Inicio Escala: 0% que indica el porcentaje de llenado del tanque cuando la señal del dispositivo es de 4mA (Min).

5. Final Escala: 100% que indica el porcentaje de llenado del tanque cuando la señal del dispositivo es de 20mA (Max).

Los demás parámetros se pueden configurar de acuerdo a las necesidades del operador y a las funciones de los mismos, que pueden encontrarse en el manual presentado en la referencia bibliográfica 1.

Configurada la entrada analógica se pulsara el botón de cooperación Exit dos veces, hasta encontrarnos de nuevo en el menú de configuración (véase figura 10):



Figura 10. Retorno a la pantalla de configuración.

En el menú de configuración se seleccionara la opción de registro (véase figura 11):



Figura 11. Opciones de registro.

En la opción aparecerán 6 canales analógicos, los mismos que proporcionan una configuración específica utilizando una entrada analógica (véase figura 12).

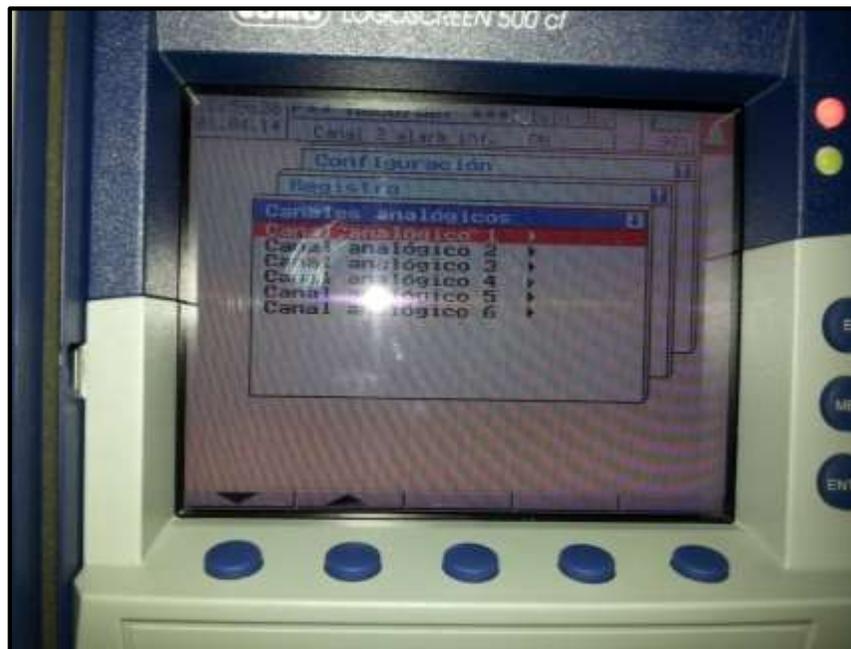


Figura 12. Canales analógicos disponibles.

Se accederá al canal analógico 1, en la cual se encuentran los siguientes parámetros (véase figura 13):



Figura 13. Parámetro del canal analógico 1.

1. Señal de entrada: Selecciona la entrada analógica utilizada.
2. Nombre del canal: Dependerá de la señal medida.
3. Unidad: Selecciona la unidad utilizada en el registro que para nivel es %.
4. Ancho de línea: Selecciona el ancho de línea de la visualización en la pantalla principal del registrador.
5. Alarma: Se activara cuando se requiera que se activen alarmas.
6. Límite inferior: Límite inferior de la alarma.
7. Límite superior: Límite superior de la alarma.

Configurado el canal analógico se pulsara el botón de cooperación Exit tres veces, hasta encontrarnos de nuevo en el menú de configuración.

Ahora se procederá a repetir la configuración para la señal del transductor que medirá presión. Finalizada la configuración de los dos canales accedemos al menú de registro (véase figura 14) en el cual se seleccionara la opción de trazado de eventos, para poder activar la visualización de alarmas en la pantalla principal del registrador.



Figura 14. Opciones del menú registro.

En la pantalla de trazado de eventos se desplegará una lista de 6 opciones de marca de evento, numeradas del 1 al 6 (véase figura 15).



Figura 15. Opciones de trazado de eventos.

En esta pantalla se escogerá la marca de evento 1, desplegando una lista de dos parámetros (véase figura 16):



Figura 16. Parámetros de Marca evento 1.

1. Señal entrada: En este parámetro se seleccionara la alarma que se desea trazar, en presenta caso se ve alarma min 1, que corresponde al 10% configurada en el canal analógico 1 (El número de la alarma corresponde al número del canal analógico, y se tendrá la opción de configurar como señal de entrada tanto la alarma mínima como la máxima).

2. Denominación Trazado: Indica el nombre con el cual se reconocerá el trazado del evento en la pantalla de visualización y en el registro.

Finalmente se pulsara 4 veces el botón de cooperación de Exit, con lo cual el equipo se reiniciara y aparecerá con su nueva configuración (véase figura 17).

Anexo Conexiones Eléctricas:

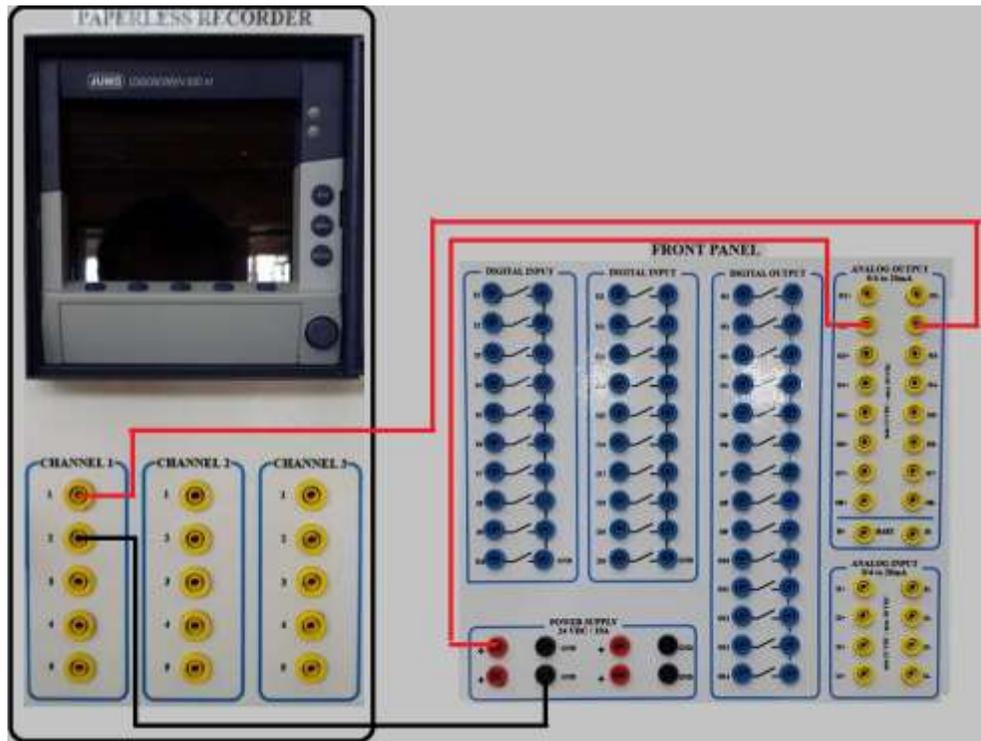


Figura 17. Conexión eléctrica para el medidor de nivel.

En el esquema superior se muestra la forma de conexión para el canal analógico del IMAGO 500, en el cual se ocuparan solo los bornes 1 y 2 (3, 4, 5 no se conectan), mientras que para conectar un equipo del panel frontal se deberá seguir la siguiente tabla:

Medición:	Borne Q+:	Borne Q-
Nivel:	Q2 +	Q2 -
Presión:	Q1 +	Q1 -

Tabla 2. Ubicación de los dispositivos de medición en el panel frontal.

## 7. Resultados y/o discusión.

En la barra a (véase figura 18) se presentan las mediciones de una forma de barras, donde se puede ver que el nivel se encuentra menor al 50%, en la barra también se encuentran dos pequeños triángulos rojos que señalan donde han sido configuradas las alarmas (10% y 50%).

En la barra b (véase figura 18) se muestra el nivel del tanque de una manera gráfica de acuerdo a la hora (Registrador).

Finalmente en la barra c (véase figura 18) se puede ver la marca de evento 1 de color azul, la misma que se volverá gruesa como la verde (Configurada en marca de evento 2), cuando el nivel del tanque sea inferior al 10%.



Figura 18. Pantalla de visualización.

Una vez presentado estos resultados el estudiante deberá proceder con la configuración del elemento de medición de presión, cuya señal es entregada por los bornes del panel frontal Q1+ y Q1-.

## **8. Conclusiones y recomendaciones**

### **8.1 Conclusiones**

- En la configuración de la entrada analógica se tiene que tener en cuenta el rango de la señal dada por el instrumento de medición, que en nuestro es de 4-20mA, así como la forma en la que se realiza su linealización para proporcionar los valores reales del nivel del tanque.
- Los parámetros de inicio y final del campo de medición en la entrada analógica, proporcionaran los valores inicial y final a los que se asignara las señales de 4 y 20mA respectivamente.
- El registrador es un instrumento que nos permite observar el estado de una variable a lo largo del tiempo, siendo útil en el ámbito industrial para definir o conocer sobre el comportamiento de la planta o controladores.
- La configuración de las alarmas en un registrador es de suma importancia, pues nos permitirá saber cuándo los valores de la variable de campo o medida están por fuera del rango requerido.

### **8.2 Recomendaciones**

- Asegurarse que el nivel del tanque nunca se encuentre superior al 90% pues puede haber riesgo de desbordamiento del líquido.
- Tener siempre la precaución de revisar la presión del tanque sellado, para evitar accidentes en el puesto de trabajo.
- Al encender el variador de frecuencia, tener la precaución de que comience en frecuencias superiores a los 30Hz y que la línea de agua del tanque se encuentre totalmente abierta.

## **9. Referencias**

[1] JUMO, LOGOSCREEN 500cf, Video-registrador, Manual de Servicio, 05.06/00485779, Descarga disponible en: <http://www.jumo.net/attachments/JUMO/attachmentdownload?id=5975&filename=b70.6510.0e.pdf>

# Configuración del equipo Prosonic M FMU40 para medición de nivel

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 30min.](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica tiene la finalidad de dar a conocer la configuración del equipo Prosonic M FMU40, el mismo que será utilizado para la lectura de nivel del tanque de presión atmosférica de la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

Lecturas recomendadas:

- Endress + Hauser. Prosonic M FMU40/41/42/43/44. Hoja técnica. España 2007 [1].
- Endress + Hauser. La Guía de Mantenimiento. España 2011 [2].

## 3. Objetivo

Aprender a configurar y operar el equipo Prosonic M FMU40, utilizado para realizar mediciones de nivel, a través del principio del tiempo de vuelo de una señal ultrasónica.

## 4. Equipos, instrumentos y software

La tabla 1 presenta los equipos e instrumentos utilizados en la práctica:

Descripción	Marca	Identificación
Medidor de nivel (1)	Endress+hauser	Prosonic M FMU40 / LT 96
Cinta métrica		

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software requeridos.

La figura 1 presenta la ubicación del medidor de nivel dentro de la planta de control de procesos “A”.



Figura 1. Ubicación del transductor Cerabar T PMC131.

## 5. Exposición

### 5.1 Prosonic M FMU40

Disponible para Profibus PA, HART y Fieldbus, en la planta de control de procesos “A” la versión disponible es Foundation Fieldbus, utiliza también el principio de tiempo de vuelo de una señal ultrasónica emitida.

Sus mediciones pueden verse influenciados por la presencia de vapor u otras partículas como el polvo, así como presentar atenuaciones debido a ondas, turbulencias o la formación de espuma, además tiene un campo muerto de medición de 0.25m (**BD**, ver figura 3) debido a que es el espacio mínimo que necesita el dispositivo para funcionar y un campo de medida máximo de 5 metros para fluidos o 2 metros para materiales áridos; Soporta temperaturas de -40 a 80°C y funciona a presión ambiental [1].



Figura 2. Medidor ultrasónico Prosonic FMU40 [1]

Utilizan un sensor que emite impulsos ultrasónicos hacia la superficie del material del cual se medirá el nivel. Los impulsos al incidir sobre el material se reflejan y vuelven hacia el sensor; El tiempo  $t$  tomado por la señal en ir y regresar es determinado por el instrumento para calcular la distancia  $D$  (ver figura 3), entre la membrana del transmisor y la superficie del material [1].

$$D = c * \frac{t}{2}$$

Donde  $c$  es la velocidad del sonido.

Dado que a estos instrumentos se les configura la distancia de vacío ( $E$ ), pueden calcular el nivel del material ( $L$ ):

$$L = E - D$$

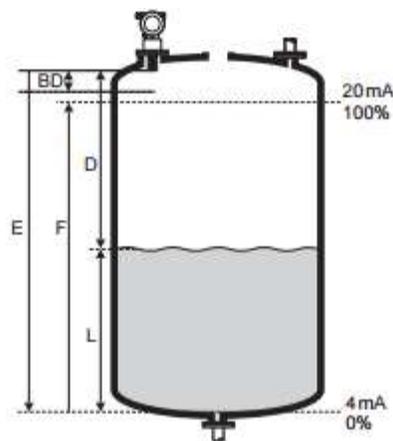


Figura 3. Distancias requeridas y calculadas por el instrumento de medición de nivel [1].

Otro parámetro de configuración es  $F$  (ver figura 3), que es la distancia de lleno y como máximo tendrá un valor de la distancia de vacío ( $E$ ) menos distancia de bloqueo ( $BD$ ). Este parámetro puede ser menor dependiendo del nivel de medición requerido [1].

## 5.2 Interfaz de usuario

El equipo Prosonic M cuenta con un módulo VU 331, el mismo que cumple la función de configuración del dispositivo en campo. El módulo posee un indicador que en su pantalla principal refleja el valor medido o un símbolo para alarma, advertencia, comunicación o bloqueo de seguridad [1].

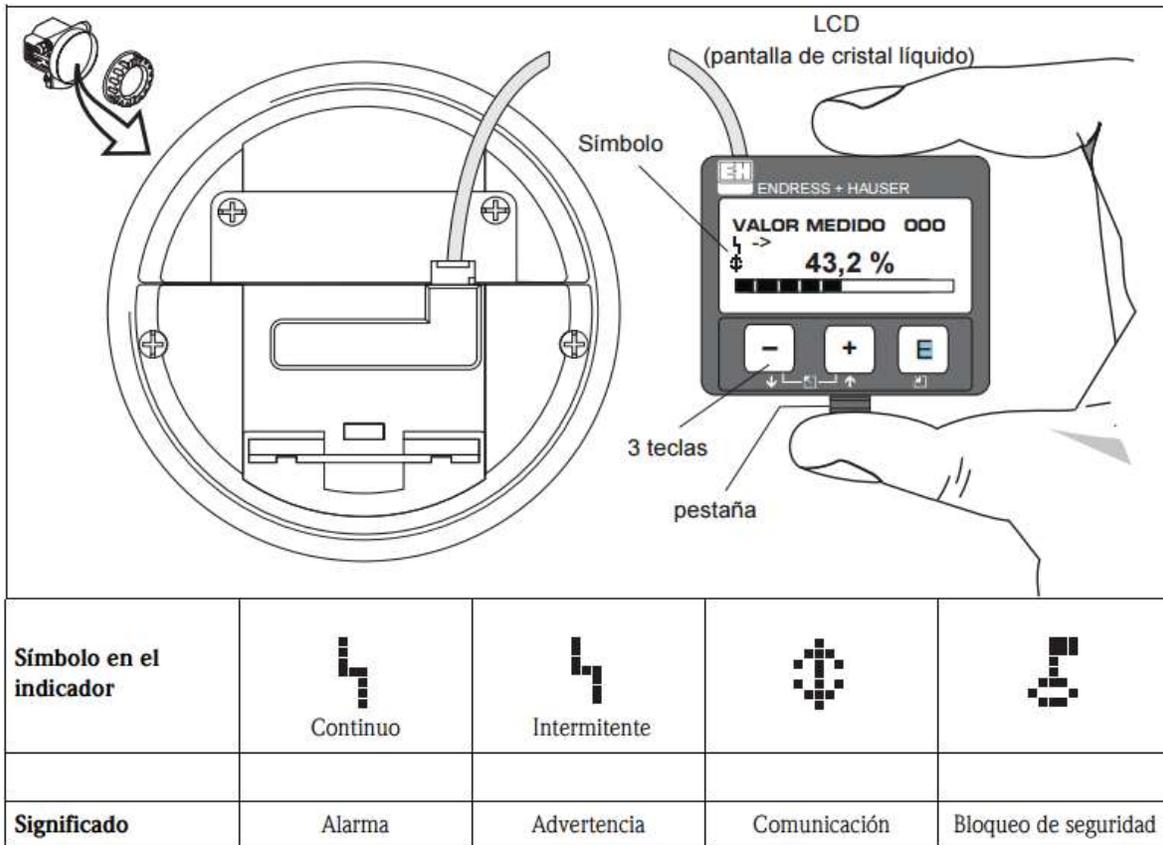
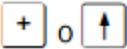
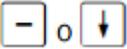


Figura 4. Módulo VU 331 [1]

En la tabla 2 se presentan las funciones de cada tecla del módulo:

<i>Teclas</i>	<i>Función</i>
 o 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Navegación ascendente en la lista de selección.</li> <li>- Cambia el valor numérico dentro de una función.</li> </ul>
 o 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Navegación descendente en la lista de selección.</li> <li>- Cambia el valor numérico dentro de una función.</li> </ul>
 o 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desplazarse hacia la izquierda en un grupo funcional.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desplazarse hacia la derecha en un grupo funcional; confirmar.</li> </ul>

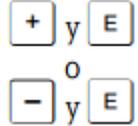
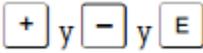
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajuste del contraste del indicador de cristal líquido.</li> </ul>
	<p>Bloqueo / desbloqueo del hardware</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si el hardware está bloqueado, el instrumento no puede configurarse mediante el indicador o comunicación.</li> <li>- El hardware sólo puede desbloquearse mediante el indicador. Deberá introducir para ello un parámetro de desbloqueo.</li> </ul>

Tabla 2. Funciones de teclas [1]

La configuración del dispositivo se hará mediante el módulo VU 331, que presenta grupos funcionales y funciones tal como se muestra en la figura 5.

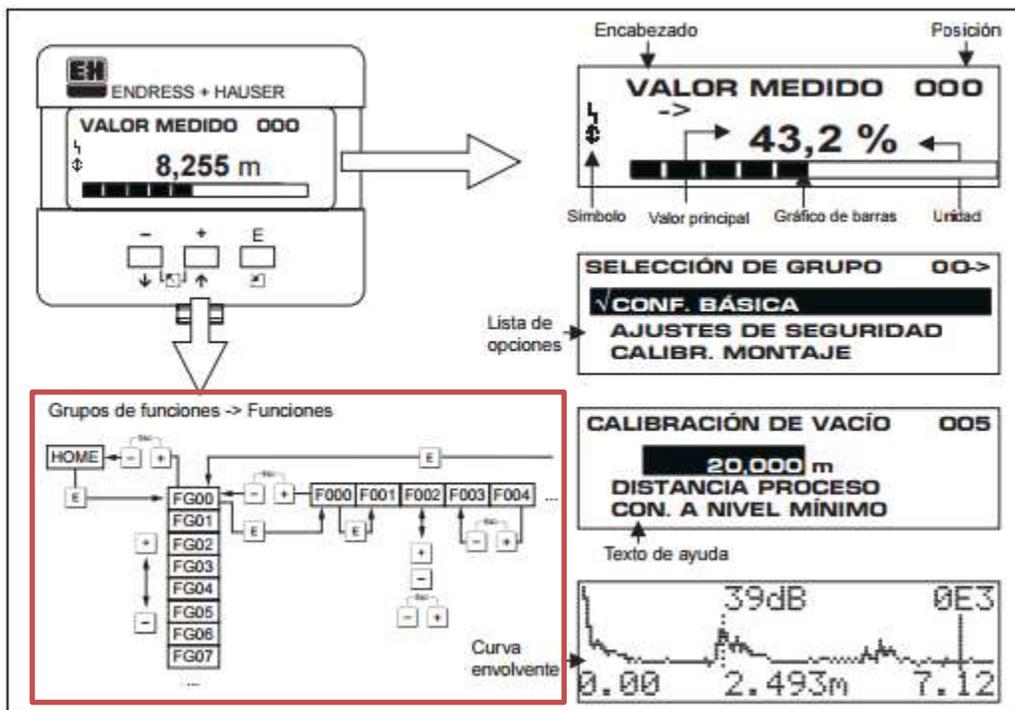


Figura 5. Diagrama de jerarquía de grupos funcionales y funciones [1]

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso



Figura 6. Proceso

## 6.2 Procedimiento

El grupo funcional a configurar será el 00 o de ajustes básicos, para lo cual desde la pantalla general del indicador se presionara **E** para acceder a la selección de grupo y **E** nuevamente para confirmar el de interés (Ajustes básicos). Este grupo funcional presenta las funciones mostradas en la figura 7.

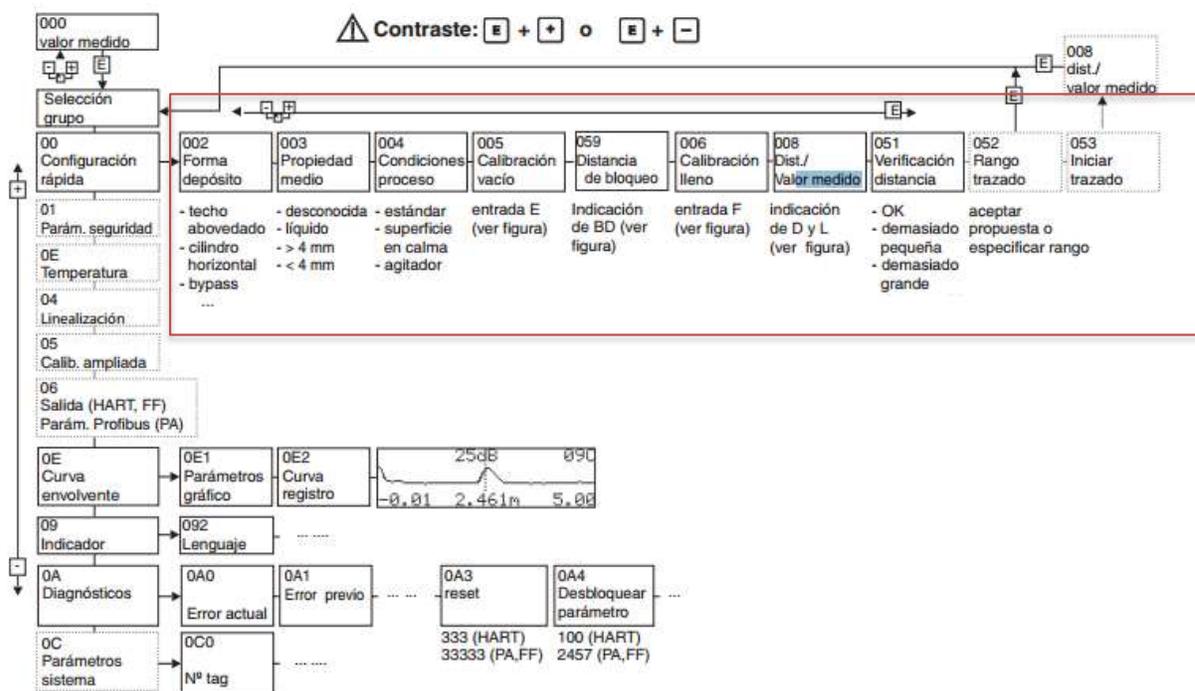


Figura 7. Ajustes básicos del equipo Prosonic M [2]

Una vez se acceda al grupo funcional de aspectos básicos se configurara cada una de sus funciones como se detalla a continuación:

### Forma de depósito:

- Debido a la forma del tanque de presión atmosférica que es sobre el cual está montado el instrumento de medición, se seleccionara el parámetro **techo plano**.

### Atributo medio:

- Esta función hace referencia al material con el cual se está trabajando, por lo cual el parámetro que se ajusta es **líquido**.

### Condiciones del proceso:

- Debido a que el material del cual se pretende saber el nivel es líquido, se puede configurar la función con el parámetro **superficie calmada** (Para tabla 4 este parámetro se configurara con **superficie turbulenta**).

#### Calibración vacío:

- Aquí se ajustara la distancia E de la figura 3, por lo tanto es la distancia desde la membrana del instrumento hasta el nivel mínimo. Esta distancia será parametrizada con **1.15 metros**, debido a que nuestro nivel mínimo deseado no se encuentra en el fondo del tanque (1.25 metros de la membrana) sino a la altura de otros instrumentos para el control de nivel.

#### Distancia de bloqueo:

- Función de lectura que muestra la distancia BD de la figura 3, que es la distancia mínima que debe separar a la membrana del instrumento del fluido. Para el equipo Prosonic M FMU40 la distancia de bloqueo es de **0.25m**.

#### Calibración lleno:

- Aquí se ajustara la distancia F de la figura 3, por lo tanto es la distancia desde el nivel mínimo de medición hasta el máximo. Esta distancia será parametrizada con **0.90 metros**, debido a que nuestro nivel mínimo de lectura esta a 1.15 metros y la distancia de bloqueo es de 0.25 metros.

#### Distancia/Valor medido:

- Esta función en el parámetro **distancia** presenta el valor de D (distancia entre la membrana del instrumento y nivel del tanque), y en el parámetro **valor medido** presenta el valor de **L** (nivel al que se encuentra el tanque).

#### Comprobación distancia:

- Esta función sirve para iniciar un mapeo y trazado de la distancia, lo cual no se requiere para su configuración básica. Una vez estemos en esta configuración se seleccionara el parámetro **distancia desconocida** para finalizar la configuración de este grupo de funciones.

Una vez realizada la configuración se procede a tomar distintas mediciones de nivel con el objetivo de verificar el correcto funcionamiento del equipo. Estas mediciones serán tomadas con dos estados del fluido, uno sin perturbación y otra con un ingreso de aire de 1 bar por medio de la válvula manual de la figura 8.



Figura 8. Localización de la válvula manual para ingreso de perturbaciones.

# medición	Altura medida(metros)	Altura Instrumento/metros (Líquido en reposo)	Altura Instrumento/metros (Líquido con perturbación)	Diferencias entre alturas de instrumento
2	0.30	0.29	0.38	0.09
3	0.45	0.44	0.45	0.01
4	0.60	0.59	0.61	0.02
5	0.70	0.68	0.72	0.03

Tabla3. Mediciones del transductor y cálculos de nivel.

Una vez finalizada la toma de datos con la configuración original se procederá a cambiar la función **condiciones del proceso**, en la cual se asignará el parámetro **superficie turbulenta**. Cambiado esta función se procede con la toma de datos de la tabla 4 para verificar si se obtienen una mejor medición ante perturbaciones.

# medición	Altura medida(metros)	Altura Instrumento/metros (Líquido en reposo)	Altura Instrumento/metros (Líquido con perturbación)	Diferencias entre alturas de instrumento (metros)
1	0.30	0.29	0.33	0.04
2	0.45	0.43	0.45	0.02
3	0.60	0.58	0.60	0.02
4	0.70	0.68	0.72	0.03

Tabla4. Mediciones del transductor y cálculos de nivel.

Otra función que puede ser de importancia en la configuración básica del dispositivo es la de **nivel/unidades**, esta se selecciona en el grupo funcional de **Linealización** y parametriza con qué tipo de unidades se medirá el nivel.

## 7. Resultados y/o discusión.

Como se muestra en la tabla 3 los valores medidos por el instrumento cuando el líquido se encuentra en reposo son muy parecidos a los obtenidos por el instrumento patrón, lo que refleja que la configuración del equipo fue exitosa y de acuerdo a los elementos de control de nivel presentes en la planta “A”.

En la tabla 3 al comparar la diferencia de los valores medidos por el instrumento bajo distintas condiciones del líquido, se puede apreciar que entre mayor sea la perturbación más lecturas erróneas se tendrán del nivel, cuando el instrumento se encuentra configurado para líquidos en reposo.

Al comparar las diferencias entre alturas de la tabla 3 y 4 respectivamente podemos observar que las malas lecturas se disminuyeron a bajos niveles con perturbación, esto debido a que el instrumento ya se encuentra configurado para superficies con perturbaciones.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

- Para medir nivel con un transmisor ultrasónico, primero es necesario configurar las distancias que existen entre la membrana del instrumento y el rango mínimo de medición, así como la distancia total a medir. Estas distancias no son arbitrarias y dependerán de los requerimientos del sistema a medir y del campo de medición muerto o BD que necesita el instrumento.

- Para validar la exactitud del equipo es importante saber que esta es la medida que representa cuan cerca están los valores dados por el instrumento, de los valores reales proporcionados por un elemento patrón, que en la presente practica fue una varilla de nivel con una cinta métrica.
- Al ser un instrumento que maneja impulsos ultrasónicos, es importante recordar que las condiciones del medio entre el instrumento y el material son muy importantes, entre mayor índice de reflexión presente el medio menos recomendable es utilizar este principio para la medición de nivel.

## 8.2 Recomendaciones

- Asegurarse que el nivel del tanque nunca se encuentre por encima o a inicio de la válvula de emergencia, pues puede haber riesgo de desbordamiento del líquido.
- Al encender el variador de frecuencia, tener la precaución de que comience en frecuencias superiores a los 30Hz y que la línea de agua del tanque se encuentre totalmente abierta.

## 9. Referencias

- [1] Endress + Hauser. Prosonic M FMU40/41/42/43/44. Hoja técnica. España 2007. Disponible en internet en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/1439/000/01/TI365Fes\\_v04.07.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/1439/000/01/TI365Fes_v04.07.pdf)
- [2] Endress + Hauser. La Guía de Mantenimiento. Espana 2011. Disponible en internet en: <http://www.vigafLOW.com/wp-content/uploads/2014/08/E+H-Guia-de-mantenimiento-general.pdf>

# Configuración del equipo Deltabar M PMD55 para medición de nivel

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 30min.](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica tiene la finalidad de dar a conocer la configuración del equipo Deltabar M PMD55, el mismo que será utilizado para la lectura de nivel del tanque de presión de la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

Lecturas recomendadas:

- Endress + Hauser. Manual de Instrucciones. Deltabar M PMD55. 2009. [1].
- Endress + Hauser. Technical Information. Deltabar M PMD55 Differential pressure measurement. 2014. [2].

## 3. Objetivo

Aprender a configurar y operar el equipo Deltabar M PMD55, utilizado para realizar mediciones de nivel en el tanque de presión, a través del principio de presión diferencial.

## 4. Equipos, instrumentos y software

La tabla 1 presenta los equipos e instrumentos utilizados en la práctica:

Descripción	Marca	Identificación
Medidor de nivel (1)	Endress+hauser	Deltabar M PMD55 / FTQ 2
Cinta métrica		

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software requeridos.

La figura 1 presenta la ubicación del medidor de nivel dentro de la planta de control de procesos “A”.



Figura 1. Ubicación del transductor Deltabar M PMD55.

## 5. Exposición

### 5.1 Deltabar M PMD55

Este medidor cuenta con comunicación digital HART (si bien existen también modelos para Profibus PA y Foundation Fieldbus), cuenta con un transductor de presión diferencial que le permite determinar el nivel del fluido por esta vía. Presenta un error máximo del 0.1% en sus mediciones y puede trabajar en el rango de los 10mbar - 40 bar [1].



Figura 2. Medidor de presión diferencial Deltabar M PMD55.

El principio de presión diferencial se da a través de dos diafragmas metálicos separados, que al sensar la presión  $P_1$  y  $P_2$  respectivamente, son sometidos a una deflexión. Este elemento posee un aceite de llenado que transfiere la presión a un circuito con puente de resistencias, cuya tensión de salida cambia de acuerdo la diferencia de presiones (ver figura 3) [2].

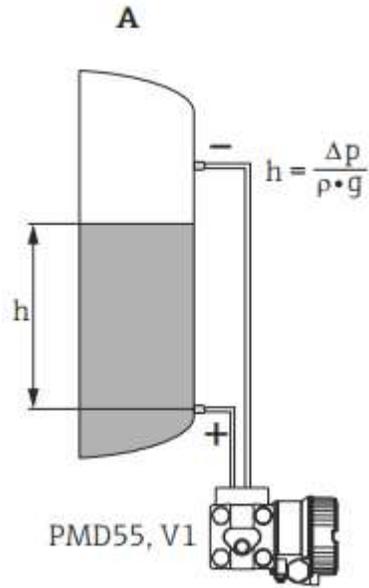


Figura 3. Medición de nivel a través de presión diferencial [2].

## 5.2 Opciones de configuraciones del equipo

La configuración del equipo se la puede realizar utilizando o no el menú de configuración, para la configuración sin el menú se utilizan los micro-interruptores situados en placa electrónica del dispositivo (figura 4).

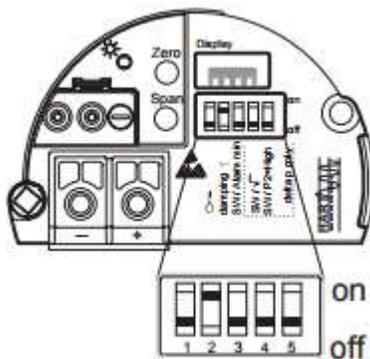


Figura 4. Placa electrónica Deltabar M PMD55 [1].

Cuando se configura por medio del menú se utiliza el concepto de funciones de usuarios y se puede realizar de tres maneras:

- Configuración en campo utilizando el indicador del equipo.
- Configuración a distancia mediante consola HART.
- Configuración a distancia mediante FieldCare.

### 5.3 Funciones de usuario

Las funciones de usuario son tres e indican que responsabilidad es adquirida por cada usuario:

- Operario: *“Los operarios son los responsables de los equipos mientras funcionen normalmente. Su tarea se limita generalmente a la lectura de valores del proceso, tanto accediendo directamente al equipo como desde un puesto de control [1].”*
- Técnico/ Ingeniero: *“Los ingenieros de servicio suelen trabajar con los equipos en fases posteriores a la puesta en marcha. Su tarea comprende principalmente actividades de mantenimiento y resolución de fallos para los que tienen que realizar algunos ajustes sencillos con el equipo. [1].”*
- Experto: *“Los expertos trabajan con los equipos durante todo el ciclo de vida del producto, pero sus intervenciones en el manejo de los equipos son frecuentemente muy exigentes. Los "expertos" requieren y pueden utilizar todo el conjunto de parámetros del equipo [1].”*

### 5.4 Estructura del menú de configuración

El menú de configuración presenta 5 submenús, los cuales se puede acceder de acuerdo a la función de usuario:

1. Idioma → Operario
2. Indicador/Configuración → Operario
3. Ajuste → Técnico/Ingeniero
4. Diagnóstico → Técnico/Ingeniero
5. Experto → Experto

### 5.5. Indicador del equipo

El equipo se encuentra en línea inferior de la planta de control de procesos “A” por lo cual es recomendable desmontar el modulo indicador de su base para una configuración mas cómoda, tal como lo muestra la figura 5.



Figura 5. Desmontaje de indicador [1].

En la figura 6 se muestra la estructura de la pantalla del indicador y sus funciones, así como la ubicación de sus teclas de configuración.

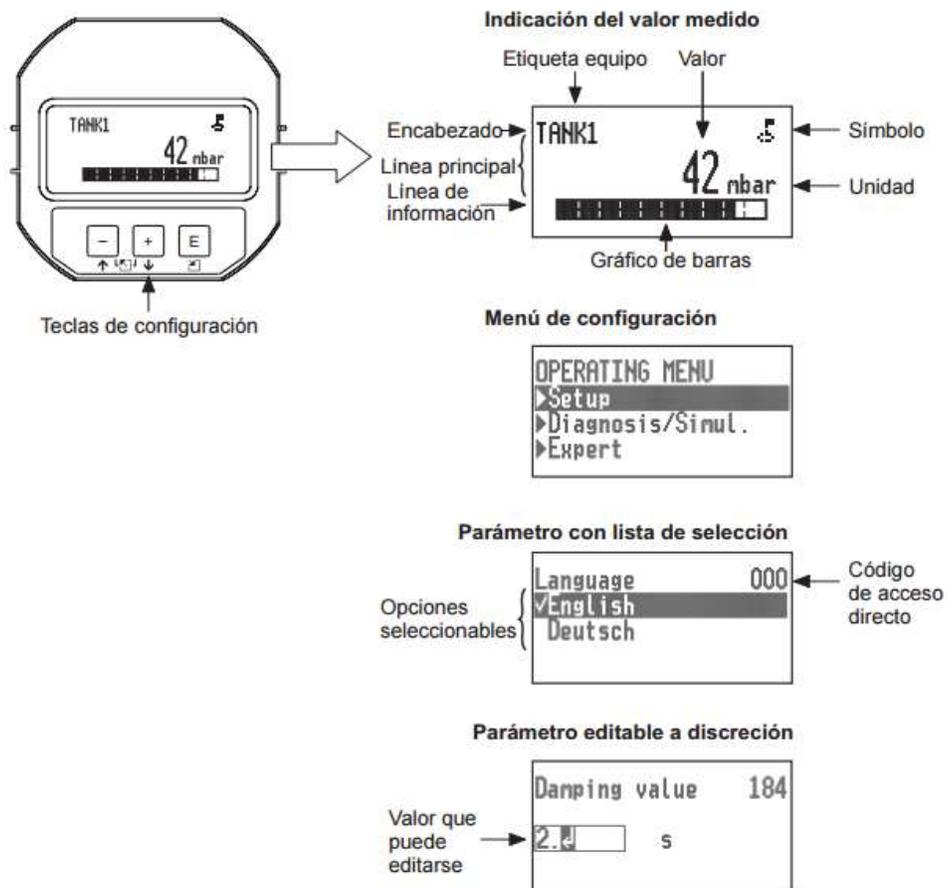


Figura 6. Indicador Deltabar M PMD55 [1].

En la tabla 2 se presentan las funciones de cada tecla del módulo:

<u>Teclas</u>	<u>Función</u>
+	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desplazarse hacia abajo en la lista de selección</li> <li>- Editar de valores numéricos y caracteres en una función</li> </ul>
-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desplazarse hacia arriba en la lista de selección</li> <li>- Editar de valores numéricos y caracteres en una función</li> </ul>
+ y -	<p>Funciones de ESC:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Salir del modo de edición de un parámetro sin guardar la modificación realizada.</li> <li>- Usted se encuentra en un nivel de selección de un menú. Cada vez que pulse simultáneamente estas teclas, subirá un nivel en dicho menú.</li> </ul>
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Confirmar la entrada</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pasar al ítem siguiente</li> <li>- Selección de un ítem del menú y activación del modo de edición</li> </ul>
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">+</span> y <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">E</span> </div> <div style="margin: 5px 0;">o</div> <div style="display: flex; align-items: center; gap: 5px;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">-</span> y <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">E</span> </div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajuste del contraste del indicador de cristal líquido.</li> </ul>

Tabla 2. Funciones de teclas [1]

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

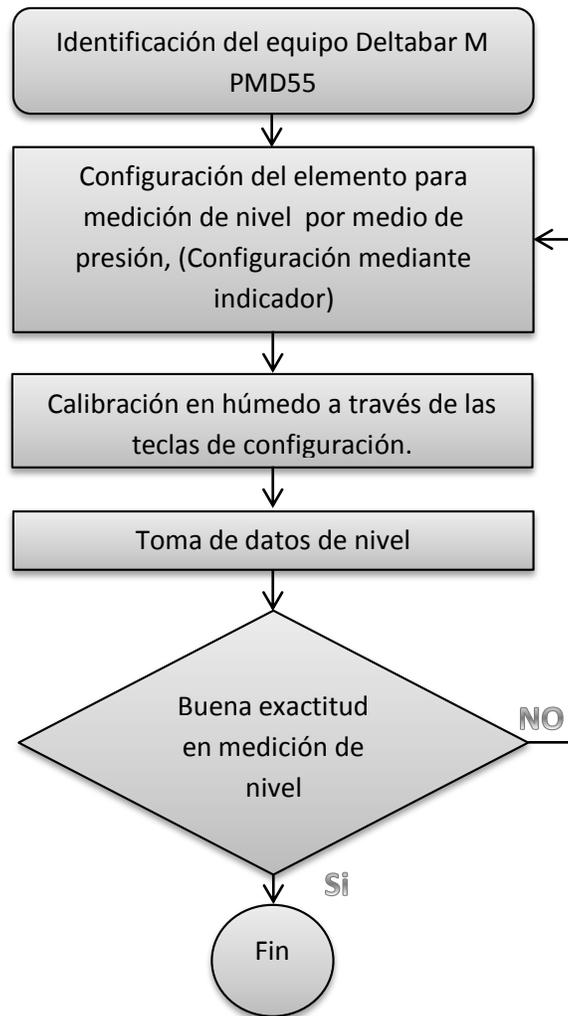


Figura 7. Proceso

## 6.2 Procedimiento

El procedimiento de la práctica será configurar el dispositivo Deltabar M PMD55 para una medición de nivel en presión, la cual se logra ingresando un par de valores de presión y nivel.

Primero se accederá al menú de configuración que presenta el indicador a través de sus teclas de función presentadas en la tabla 2. Una vez se acceda a este menú se procederá a cambiar los siguientes parámetros:

1. Configuración parámetro **modo de medición** (Modo de acceso: ajuste→modo de medición→nivel). Indica que la variable a medir es nivel.
2. Configuración parámetro **unidad de presión** (Modo de acceso: ajuste→unidad de presión→mbar). Indica la unidad de la presión que se maneja.
3. Configuración parámetro **selección nivel** (Modo de acceso: ajuste→configuración extendida→nivel→selección nivel→en presión). Indica que la forma de medición de nivel será a través de dos pares de valores: nivel y presión.
4. Configuración parámetro **unidad salida** (Modo de acceso: ajuste→configuración extendida→nivel→unidad salida→m). Indica la unidad de la variable de salida.
5. Configuración parámetro **modo de ajuste** (Modo de acceso: ajuste→configuración extendida→nivel→modo de ajuste→húmedo). Indica que la calibración se efectúa mientras se llena y vacía el depósito para dos valores de nivel distintos.
6. Configuración parámetro **conf LRV** (Modo de acceso: ajuste→configuración extendida→salida de corriente→conf LRV→0.0m). Indica el valor de nivel al cual corresponderá el valor inferior de corriente 4 mA.
7. Configuración parámetro **conf URV** (Modo de acceso: ajuste→configuración extendida→salida de corriente→conf URV→1.0m). Indica el valor de nivel al cual corresponderá el valor superior de corriente 20 mA, que en el tanque de presión tiene un valor máximo de 1 metro.

Finalizada esta configuración se procede asignar los pares de valores de presión a través de las teclas de configuración **ZERO** y **SPAN** mostradas en la figura 4.

Una vez identificadas las teclas se vacía el tanque hasta el nivel donde se encuentra el sensor de presión inferior del instrumento; Cuando el líquido se encuentre a ese nivel se presiona Zero por un intervalo de 3 segundos, para asignar el valor de presión existente al valor inferior de nivel configurado (0 metros).

Luego se llena el tanque hasta el nivel donde se encuentra el sensor de presión superior del instrumento; Cuando el líquido se encuentre a ese nivel se presiona Span por un intervalo de 3 segundos, para asignar el valor de presión existente al valor superior de nivel configurado (1 metro).

Finalmente saldremos del menú de configuración y procederemos con la toma de datos de la tabla 3.

# medición	Altura medida(metros)	Altura Instrumento/metros	Diferencias entre alturas de instrumento
1	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.1000	0.0938	0.0062
3	0.2000	0.1942	0.0058
4	0.3000	0.2939	0.0061
5	0.4000	0.3932	0.0068
6	0.5000	0.4940	0.0060
7	0.5600	0.5570	0.0030
8	0.7100	0.7080	0.0020
9	0.8000	0.7974	0.0026
10	0.9100	0.9096	0.0004
11	1.0000	1.00	1.00

Tabla3. Mediciones del transductor y cálculos de nivel.

## 7. Resultados y/o discusión.

Como se muestra en la tabla 3 los valores medidos por el instrumento y los del elemento patrón difieren en un máximo de 6 milímetros, esto se debe a que al tomar los valores del elemento patrón se lo hace de una forma visual generando un error de medición.

Otro punto de observación son los valores extremos que no presentan error, debido a que al momento de configuración se asigna el valor de presión existente al máximo y mínimo nivel del tanque respectivamente, un valor asumido de acuerdo a la indicación del elemento patrón.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

- Para medir nivel con el transmisor de presión diferencia Deltabar M, primero es necesario configurar la forma en la que se medirá sea esta de presión o por altura, en la una configurando un par de valores de nivel y presión, y en la otra dos pares de valores (altura y nivel) y la densidad.

- Para validar la exactitud del equipo es importante saber que esta es la medida que representa cuan cerca están los valores dados por el instrumento de los valores reales proporcionados por un elemento patrón, que en la presente practica fue una varilla de nivel con una cinta métrica.
- Al ser un instrumento que maneja presión diferencial, es importante recordar que la instalación de sus dos sensores de presión deben estar instalados correctamente y de acuerdo a las normas proporcionadas por los manuales de los fabricantes.
- Cuando se realiza la calibración en húmedo del instrumento, se refiere a que el tanque donde se medirá el nivel se vaciara y llenara para la configuración.

## 8.2 Recomendaciones

- Para asignar el valor de presión al nivel mínimo del tanque, tener la precaución de que la altura del material este a la par con la ubicación del sensor inferior del instrumento.
- Para asignar el valor de presión al nivel máximo del tanque, tener la precaución de que la altura del material este a la par con la ubicación del sensor superior del instrumento.
- Al encender el variador de frecuencia, tener la precaución de que comience en frecuencias superiores a los 30Hz y que la línea de agua del tanque se encuentre totalmente abierta.

## 9. Referencias

[1] Endress + Hauser. Manual de Instrucciones. Deltabar M PMD55. 2009. Disponible en internet en:

[https://portal.endress.com/wa001/dla/5000319/1577/000/00/BA382Pes\\_v10.09.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000319/1577/000/00/BA382Pes_v10.09.pdf)

[2] Endress + Hauser. Technical Information. Deltabar M PMD55 Differential pressure measurement. 2014. Disponible en internet en:

[https://portal.endress.com/wa001/dla/5000557/8051/000/10/TI00434PEN\\_1814.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000557/8051/000/10/TI00434PEN_1814.pdf)

# Configuración del Transmisor de presión Cerabar S PMP71

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

Tiempo estimado: [30 min.](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica tiene la finalidad de dar a conocer el funcionamiento y configuración del Transmisor de presión Cerabar S PMP71, ubicado en la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

2.1 Lecturas recomendadas:

- Endress+Hauser. Información técnica Cerabar S PMC71, PMP71/72/75 [1].
- Endress+Hauser. Manual de instrucciones – Descripción de las funciones de los instrumentos Cerabar S PMC71, PMP71/72/75 [2].

## 3. Objetivos

Aprender a configurar y operar el transmisor de presión Cerabar S PMP71, que se utiliza para medir la presión ejercida por el agua al circular por las tuberías de la planta de control de procesos “A”.

## 4. Equipos, instrumentos y software

En la tabla que se presenta a continuación se numeran los equipos y se indica su posición.

<i>Descripción</i>	<i>Marca</i>	<i>Identificación</i>
Transmisor de presión HART (1).	Endress-Hauser	Cerabar S PMP71
Manómetro analógico (2).	Endress-Hauser	PI 110
Posicionador SIPART (3).	Siemens	SIPART PS2 HART
Bananas	-----	-----

Tabla 1. Equipos disponibles.

En la figura 1 presenta la ubicación del medidor de los transmisores dentro de la planta de control de procesos “A”.



Figura 1. Ubicación de los equipos.

## 5. Exposición

### 5.1 Transmisor piezoresistivo Cerabar S PMP71.



Fig 2. Cerabar S PMP71.

Posee un Diafragma cerámico de medición en donde la presión de trabajo flexiona el diafragma separador y un fluido de relleno se encarga de transmitir la presión a un puente de medición de resistencias (Puente de Wheatstone); En este, el cambio en la tensión de salida debido a la presión se mide y procesa [1].

Este dispositivo tiene un rango de medición desde 1 a 700 bares, trabajando en temperaturas de proceso entre los 40 y 125 °C y temperaturas ambiente de entre 45 a 85°C; dentro de la planta de control de procesos “A” este dispositivo se puede encontrar en versiones para trabajar en comunicaciones Profibus y HART.

## 5.2 Interfaz de usuario

Los dispositivos en existencia poseen una pantalla de cristal líquido junto con tres teclas que permiten el manejo y configuración; en la figura 3 se observa la descripción de la información presente en la pantalla.

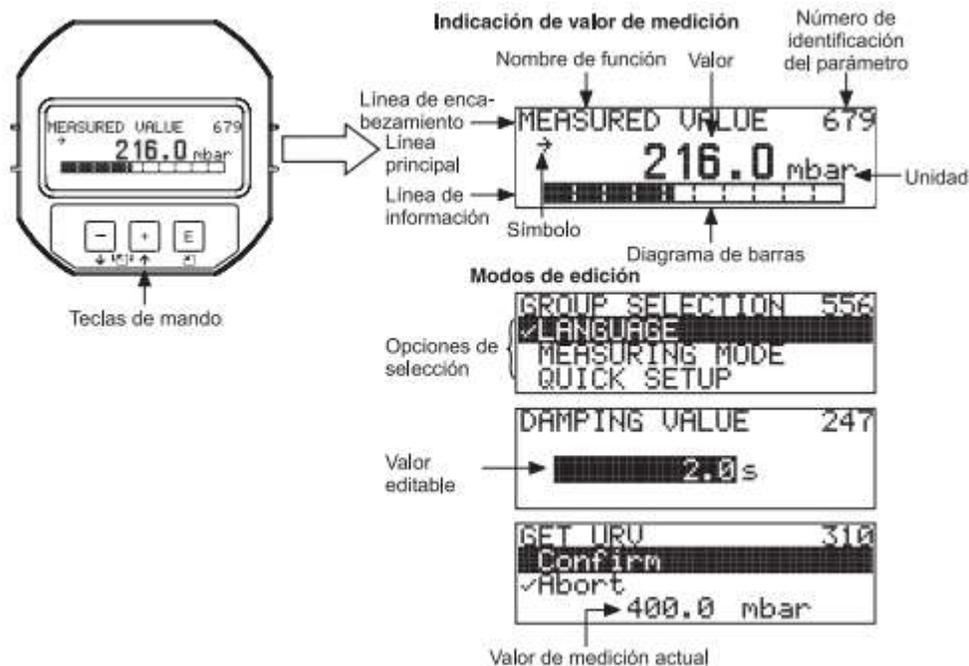


Figura 3. Interfaz de usuario del transmisor Cerabar S PMP71 [1].

En la tabla 2 se presentan las funciones de cada tecla del módulo:

<i>Teclas</i>	<i>Función</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Navegación ascendente en la lista de selección.</li> <li>- Cambia el valor numérico dentro de una función.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Navegación descendente en la lista de selección.</li> <li>- Cambia el valor numérico dentro de una función.</li> </ul>

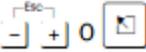
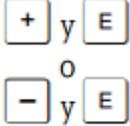
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desplazarse hacia la izquierda en un grupo funcional.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desplazarse hacia la derecha en un grupo funcional; confirmar.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajuste del contraste del indicador de cristal líquido.</li> </ul>

Tabla 2. Funciones de teclas [1]

Al retirar la pantalla se puede observar el inserto electrónico, mismo en el que se encuentran varias teclas y elementos que dependen del tipo de comunicación que utilice el transmisor, esto se observa en la figura 4.

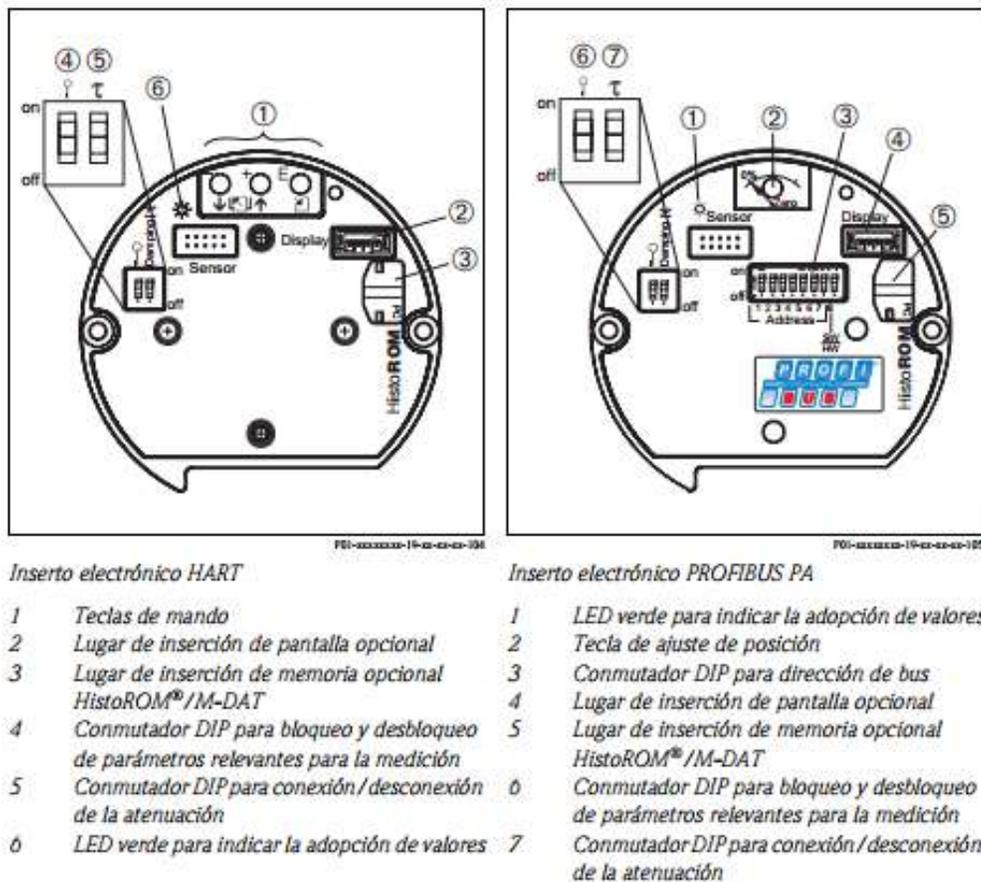


Figura 4. Teclas y elementos situados en el interior del dispositivo (inserto electrónico), en la izquierda la versión de HART y a la derecha la de Profibus.

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

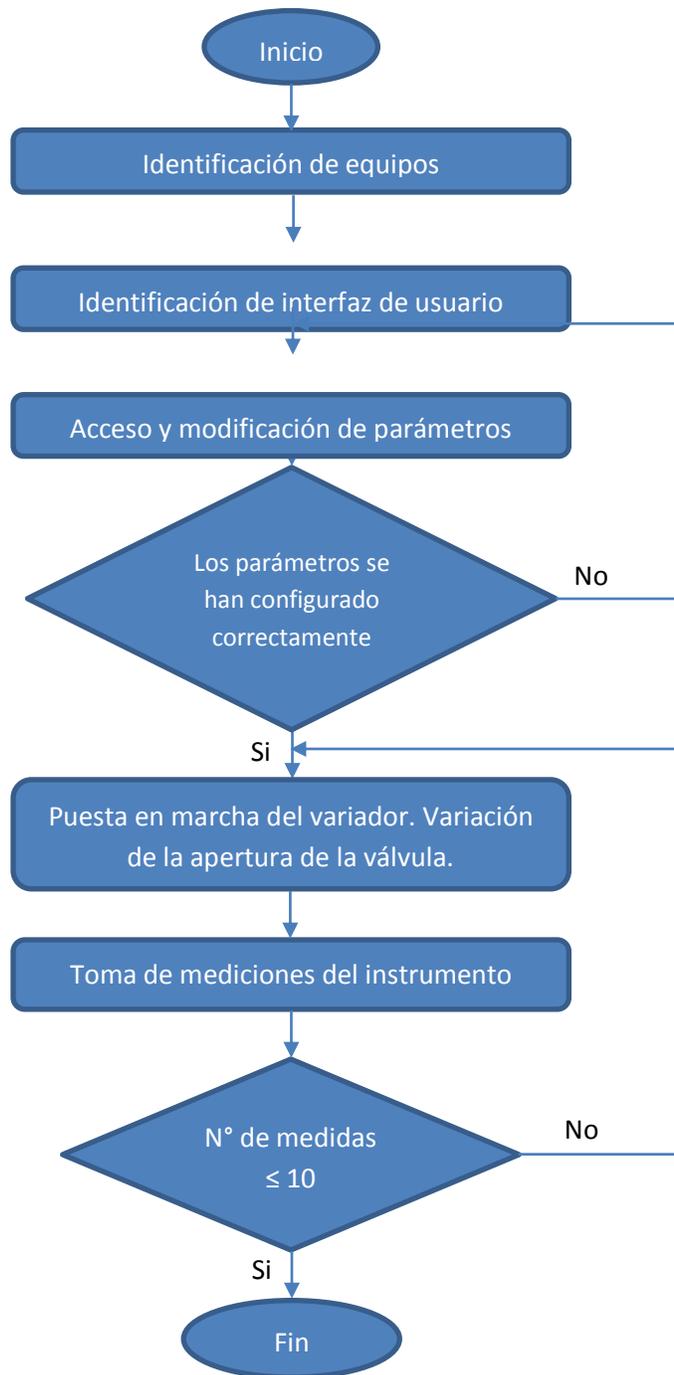


Figura 3. Proceso de la práctica.

## 6.2 Procedimiento

El Cerabar S PMP71 es un instrumento versátil que dependiendo de su configuración nos puede servir para conocer nivel, caudal, temperatura y presión, siendo esta última la variable que el instrumento mide en la planta de control de procesos “A”; más concretamente la presión de agua existente en las tuberías de HART o Profibus.

Para configurar el dispositivo se ingresará al menú de configuración por medio de las teclas de función presentadas en la tabla 2. Para la práctica procederemos con las siguientes configuraciones:

7. Configuración del parámetro **Unidades de medición** (Modo de acceso: Selección de grupo → Menú de operación → Configuración → Conf. Básica → Unidades de presión → bar) Aquí se selecciona las unidades para realizar la medición de presión del dispositivo, en caso de encontrarse en otro modo de servicio (caudal o nivel) se seleccionaría las unidades dependiendo del caso.
8. Configuración del parámetro **Modo de servicio** (Modo de acceso: Selección de grupo → Modo de servicio) en este parámetro se define el tipo de medición que queremos realice el dispositivo, pudiendo ser una medición de caudal, nivel o presión, seleccionaremos la opción **Presión**.
9. Configuración del parámetro **Posición de ajuste cero** (Modo de acceso: Selección de grupo → Conf. Rápida → Pos. Ajuste cero → Confirmar) en este parámetro ubicamos el punto en que deseamos la presión sea cero, para configurarlo debemos percatarnos de que la válvula manual ubicada en la parte inferior del transmisor se encuentre completamente abierta y no exista flujo de agua en la tubería; este parámetro se puede utilizar en el caso de que se desee dar un offset de presión.
10. Configuración del parámetro **Contenido de línea principal** (Modo de acceso: Selección de grupo → Menú de operación → Indicación → Presión) Al configurar este parámetro elegimos la variable que será visible en la línea principal de la pantalla del visualizador, podemos elegir la opción **Presión** o **Valor Medido (PV)**.
11. Configuración del parámetro **Límites de usuario** (Modo de acceso: Selección de grupo → Menú de operación → Diagnostico → Límites de usuario) Dentro de este grupo se configurarán los valores límite de las variables que nos dispongamos a medir, en este caso de presión; en Pmin proceso (presión mínima del proceso) colocaremos un valor de 0 bar; en Pmax proceso (presión máxima del proceso) colocaremos un valor de 10 bar, al configurar los 2 parámetros indicados salimos presionando sin configurar los límites de temperatura.

Una vez que se ha realizado la configuración indicada utilizaremos el variador de frecuencia para encender la bomba de agua y q haya una presión de agua en la línea, el

tanque al que se encuentre llegando el agua debe encontrarse con la válvula manual de desfogue abierta (así evitamos que llegue a rebosarse). Para variar la presión en la línea nos podemos valer del posicionador, la variación de este nos permitirá ver los cambios de presión en el instrumento y en el manómetro, lo que será tabulado en la siguiente tabla:

<b>Frecuencia del variador:</b>		
<b>Valor de cierre del posicionador (%)</b>	<b>Presión Cerabar S PMP71 (bar)</b>	<b>Presión manómetro (bar).</b>
80.4	5.767	5.75
60.5	4.554	4.50
39.4	2.962	2.85
19.5	1.968	1.90
0	1.653	1.55

Tabla 3. Mediciones realizadas.

## **7. Resultados y/o discusión**

A través de los datos obtenidos se observa cómo la presión aumenta en la tubería conforme se va cerrando la válvula por medio del posicionador, si bien no se llega al rango máximo que disponen los instrumentos para la medición (en especial el manómetro cuyo rango va de 0 a 7 bares) debemos tener en cuenta que la frecuencia del variador se estableció en 50 Hz (siendo el máximo 60 Hz) por lo que se podría incluso llegar a superar la presión que marquen los instrumentos.

Por otra parte se observó cómo en el indicador del instrumento la línea de información (ver figura 3) varía de acuerdo a la apertura de la válvula y presión ejercida en la tubería, se debe tener en cuenta que los límites establecidos como máximos y mínimos de presión determinan los límites del diagrama de barras y provocarán que una alarma aparezca en pantalla en caso de sobrepasarla.

## **8. Conclusiones y recomendaciones**

### **8.1 Conclusiones**

Al momento de configurar el equipo es necesario tener claro la variable que deseamos nos proporcione (caudal, nivel o presión en el caso de esta práctica) y además de los impedimentos físicos que podría llegar a tener la planta para medirlas, además de ello se deben tener en cuenta que existen diferentes parámetros a configurarse dependiendo de la variable de medida, por lo que configurar el transmisor para medir presión difiere en algunos puntos de la configuración que se debe realizar para medir nivel o caudal. Para una configuración más específica se debe consultar la documentación proporcionada por el fabricante.

Si bien el equipo al que se enfoca esta práctica posee una protección ante presiones superiores a la nominal, se debe tener en cuenta que este no es el único elemento conectado

en la línea, por lo que si bien este podría soportar excesos en la presión, otros con menores prestaciones podrían verse afectados, esto incluye a la bomba de agua, que si bien no se encuentra visible dentro del laboratorio, es parte de la planta, y al trabajar con presiones demasiado altas en la tubería podrían llegar a dañarla.

## **8.2 Recomendaciones**

Para precautelar la integridad de los equipos (principalmente de las bombas y variadores) es recomendable no trabajar con las válvulas (sean estas manuales, eléctricas o neumáticas) cerradas o muy cerca del cierre por periodos prolongados; esto se debe a que al aumentar la presión ejercida por la bomba, esta tiende a frenarse pudiendo llegar a sobrecalentarse (conjuntamente con el variador de frecuencia que la alimenta).

Se debe tener en cuenta que las válvulas manuales que se encuentran debajo del instrumento se deben encontrar completamente abiertas al momento de realizar las mediciones, de otra forma el dispositivo permanecerá sin marcar los valores solicitados.

## **9. Referencias**

[1] Endress+Hauser, “Información técnica Cerabar S PMC71, PMP71/72/75” Disponible en: <https://goo.gl/pNooHo>

[2] Endress+Hauser, “Manual de instrucciones – Descripción de las funciones de los instrumentos Cerabar S PMC71, PMP71/72/75” Disponible en: <https://goo.gl/ok3BhE>

# Configuración del equipo Levelflex FMP51 para medición de nivel

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 30min.](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica tiene la finalidad de dar a conocer la configuración del equipo Levelflex FMP51, el mismo que será utilizado para la lectura de nivel del tanque de presión de la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

Lecturas recomendadas:

- Endress + Hauser. Manual de Instrucciones. Deltabar M PMD55. 2009. [1].
- Endress + Hauser. Technical Information. Deltabar M PMD55 Differential pressure measurement. 2014. [2].

## 3. Objetivo

Aprender a configurar y operar el equipo Levelflex FMP51, utilizado para realizar mediciones de nivel en el tanque de presión, a través del principio de onda guiada.

## 4. Equipos, instrumentos y software

La tabla 1 presenta los equipos e instrumentos utilizados en la práctica:

Descripción	Marca	Identificación
Medidor de nivel (1)	Endress+hauser	Levelflex FMP51 / LT 98
Cinta métrica		

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software requeridos.

La figura 1 presenta la ubicación del medidor de nivel dentro de la planta de control de procesos “A”.



Figura 1. Ubicación del transductor Deltabar Levelflex FMP51.

## 5. Exposición

### 5.1 Levelflex FMP51

Utilizado en el tanque de presión, este medidor permite conocer el nivel del líquido por medio del tiempo de vuelo de los pulsos de alta frecuencia que genera y que rebotan en el fluido cuyo nivel deseamos conocer. Este elemento se conecta a la línea Profibus (existen versiones para HART y Fieldbus) y puede trabajar en el vacío, hasta llegar a presiones de 400 bar; la temperatura de proceso que estos dispositivos pueden manejar es de  $-196$  a  $450^{\circ}\text{C}$ , con una precisión de  $\pm 2\text{mm}$  [1].



Figura 2. Medidor de presión diferencial Levelflex FMP51.

Este instrumento mide la distancia entre el punto de referencia y la superficie del material (distancia **D** figura 3) a través de impulsos de alta frecuencia, enviados por una sonda (varilla) y reflejados al entrar en contacto con la superficie del material. Estas señales

reflejadas son reconocidas por la unidad de evaluación electrónica para ser convertidos en una información de nivel [1].

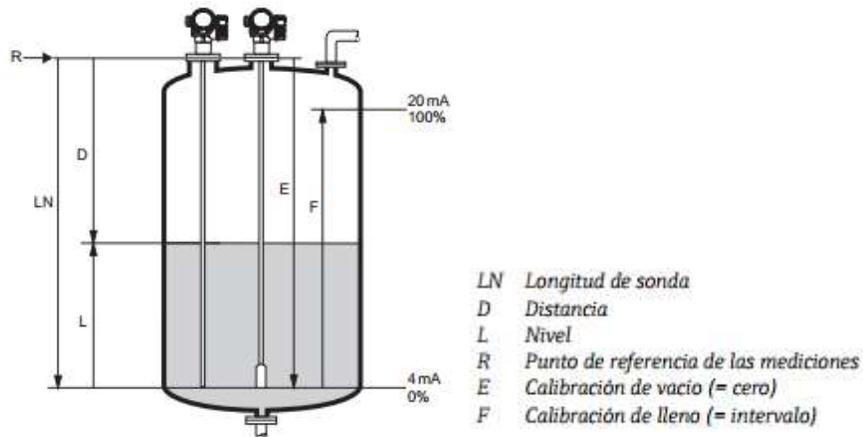


Figura 3. Parámetros para la medición de nivel a través radar guiado [1].

La distancia **D** será proporcional al tiempo de retorno de los reflejos del impulso:

$$D = c * \frac{t}{2}$$

Donde *c* es la velocidad de la luz.

Dado que a estos instrumentos se les configura la distancia de vacío (**E**), pueden calcular el nivel del material (**L**):

$$L = E - D$$

El instrumento tienen como parámetro de lectura la distancia de bloqueo **UB** (ver figura 4), que es la distancia mínima desde el punto de referencia al nivel máximo del material [1].

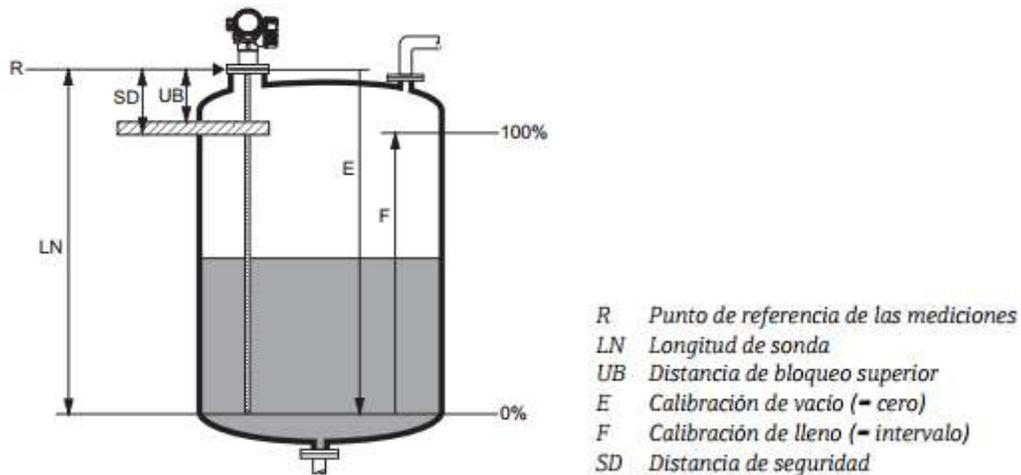


Figura 4. Parámetros para la medición de nivel a través radar guiado [1].

## 5.2 Indicador del equipo

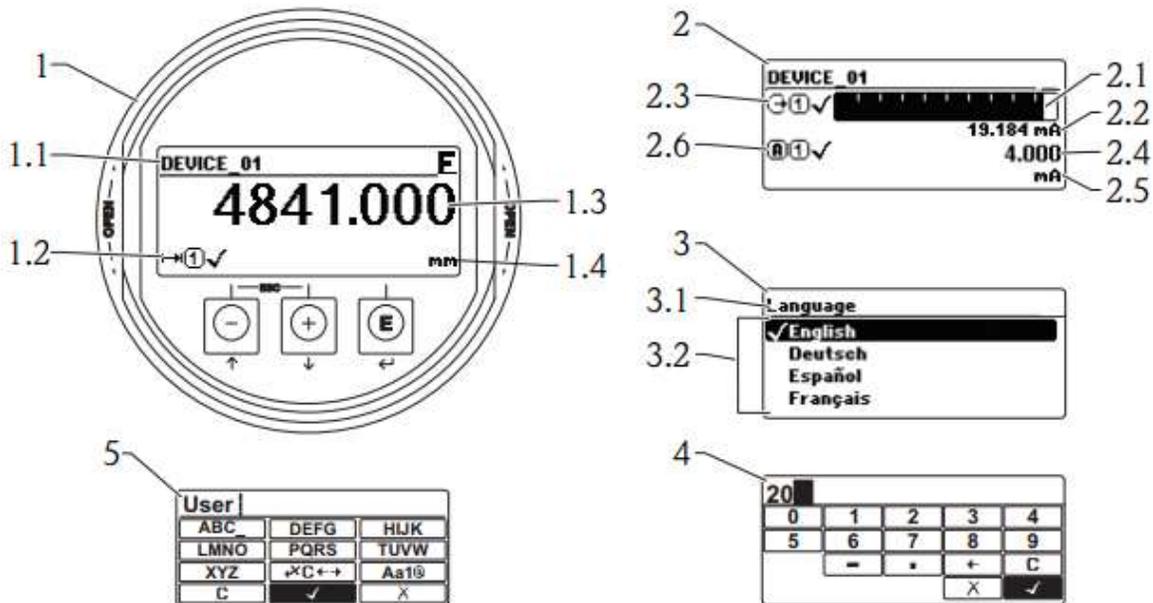


Figura 5. Indicador del equipo [2].

En la figura 5 se muestra la estructura de la pantalla del indicador y sus funciones, así como la ubicación de sus teclas de configuración. La pantalla del instrumento puede presentar dos configuraciones la **1** y la **2**, dependiendo del número de valores que se desea visualizar, en la tabla 2 se presenta una descripción de la figura 5.

<b>1</b>	<b>Indicador de valores medidos (1 valor de tamaño máx.)</b>
1.1	Encabezado que presenta etiqueta y símbolo de error (si hay uno activo)
1.2	Símbolos para valores medidos
1.3	Valor medido
1.4	Unidad
<b>2</b>	<b>Indicador de valores medidos (2 valores)</b>
2.1	Gráfico de barra para el valor medido 1
2.2	Valor medido 1 (con unidad física)
2.3	Símbolos sobre el valor medido 1
2.4	Valor medido 2
2.5	Unidades del valor medido 2
2.6	Símbolos para el valor medido 2
<b>3</b>	<b>Representación de un parámetro</b>
3.1	Encabezado que presenta nombre del parámetro y símbolo de error (si es que hay uno activo)
3.2	Lista de seleccionables; <input checked="" type="checkbox"/> indica la opción activa.
<b>4</b>	<b>Matriz para entrada de números</b>
<b>5</b>	<b>Matriz para entrada de caracteres alfanuméricos y especiales</b>

Tabla 2. Descripción figura 5 [2].

En la tabla 3 se presentan las funciones de cada tecla para navegación del módulo:

<u>Teclas</u>	<u>Función</u>
	<p>Tecla Menos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En lista de selección: Desplaza la barra de selección hacia arriba.</li> <li>- En una matriz de entrada: Desplaza la barra de selección hacia atrás.</li> </ul>
	<p>Tecla Más:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En lista de selección: Desplaza la barra de selección hacia abajo.</li> <li>- En una matriz de entrada: Desplaza la barra de selección hacia atrás.</li> </ul>
	<p>Tecla Enter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abre el submenú o parámetro marcado.</li> <li>- Confirma el valor de un parámetro modificado.</li> </ul>
	<p>Combinación Escape:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cierra un parámetro sin aceptar cambios.</li> <li>- Abandona la capa de menú actual y regresa a la superior.</li> </ul>

Tabla 3. Funciones de teclas [2]

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

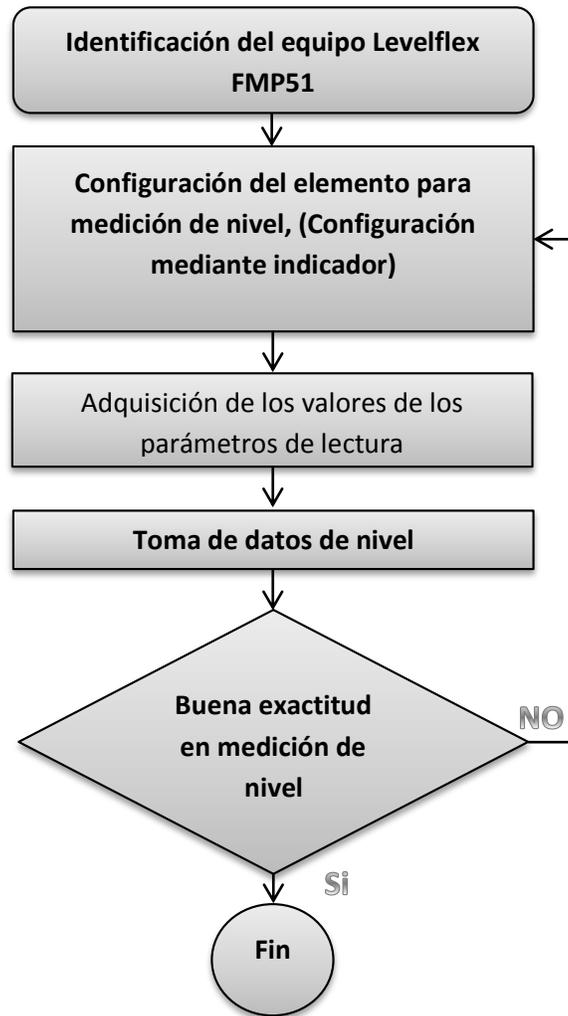


Figura 6. Proceso

### 6.2 Procedimiento

Antes de comenzar la configuración del dispositivo es necesario verificar que este se encuentre desbloqueado, caso contrario se procederá a desbloquearlo siguiendo los pasos de referencia bibliográfica [2] páginas 48-49, que permiten anular el bloqueo por hardware y desbloquear los parámetros que se han bloqueados mediante software (ver figura 8).

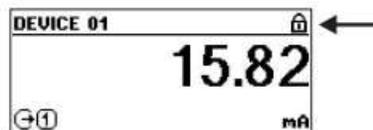


Figura 7. Características presentes cuando existe un bloqueo del instrumento [2].

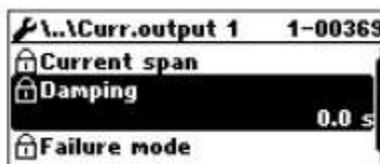


Figura 8. Características presentes cuando existe un bloqueo del parámetro por software [2].

Primero se accederá al menú de configuración que presenta el indicador a través de sus teclas de función presentadas en la tabla 3. Una vez se acceda a este menú se procederá a cambiar los siguientes parámetros:

8. Configuración parámetro **unidad de longitud** (Modo de acceso: ajuste→unidad de longitud→m). Indica que la unidad de la variable a medir es metros.
9. Configuración parámetro **tipo de tanque** (Modo de acceso: ajuste→tipo de tanque→metálico).
10. Configuración parámetro **grupo de productos** (Modo de acceso: ajuste→grupo de productos→base agua). Indica el grupo al que pertenece el material según su constante dieléctrica, para un mejor cálculo de la distancia y nivel.
11. Configuración parámetro **calibración vacío** (Modo de acceso: ajuste→calibración vacío→1.25m). Aquí se ingresara la distancia **E** (ver figura 3), es decir la distancia desde el punto de referencia y el nivel mínimo a medir.
12. Configuración parámetro **calibración lleno** (Modo de acceso: ajuste→calibración lleno→1.05m). Aquí se ingresara la distancia **F** (ver figura 3), es decir la distancia desde el nivel mínimo hasta el máximo a medir.

El menú de ajuste también cuenta con parámetros de lectura importantes para la práctica estos son:

1. Parámetro **nivel** (Modo de acceso: ajuste→nivel→X.XX). Visualiza el nivel actual del material o producto del proceso **L**.
2. Parámetro **distancia** (Modo de acceso: ajuste→distancia→X.XX). Visualiza la distancia desde el punto de referencia hasta el nivel donde se encuentra el material **D**.
3. Parámetro **calidad de la señal** (Modo de acceso: ajuste→calidad de la señal→\*\*\*\*). Visualiza la calidad de la señal reflejada por el nivel.
4. Parámetro **dirección instrumento** (Modo de acceso: ajuste→dirección instrumento→10). Nos presenta la dirección del instrumento dentro del bus de campo profibus PA.

Tener en cuenta que la distancias **E** y **F** fueron colocadas de acuerdo a las dimensiones del tanque de presión y varilla del instrumento, y que su diferencia de 20 cm es debido al valor mínimo para la distancia de bloqueo superior **UB**.

Finalmente saldremos del menú de configuración y procederemos con la toma de datos de la tabla 4.

# medición	Altura medida cinta (metros)	Altura Instrumento/metros	Diferencias entre alturas de instrumento
1	0.03	0.00	0.03
2	0.10	0.07	0.03
3	0.19	0.16	0.03
4	0.30	0.27	0.03
5	0.38	0.35	0.03
6	0.50	0.47	0.03
7	0.62	0.59	0.03
8	0.70	0.67	0.03
9	0.80	0.77	0.03
10	0.91	0.88	0.03
11	1.00	0.97	0.03

Tabla4. Mediciones del transductor y cálculos de nivel.

## 7. Resultados y/o discusión.

Como se muestra en la tabla 3 los valores medidos por el instrumento y los del elemento patrón difieren en un máximo de 3 centímetros, esto no se debe a un error de medición del el instrumento sino a que la varilla del mismo se encuentra a esta distancia desde el punto 0 del elemento patrón. Por tal motivo el instrumento presentara una exactitud de +- 2mm con respecto a los valores proporcionados por su configuración y condiciones de pedido (distancia de varilla o de elemento que funciona de guía para los pulsos).

## 8. Conclusiones y recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

- El transmisor de nivel Deltabar es un instrumento para medición y monitoreo de nivel que utiliza el tiempo de vuelo de pulsos de alta frecuencia para el cálculo del mismo.

- Entre mayor sea la constante dieléctrica del producto el índice de reflexión de los pulsos de alta frecuencia será mayor, por tal razón la CD es un parámetro indispensable en la configuración del dispositivo para el cálculo de nivel.
- Un transmisor de estas características es muy utilizado para la medición de nivel de productos con espuma o con perturbaciones en la superficie, ya que estos presentan un menor valor de constante dieléctrica que la sustancia en el nivel de interés.
- El instrumento al trabajar en su configuración con constantes dieléctricas, permite que sea posible la medición de nivel de dos sustancias que no se encuentre mezcladas (diferente densidad y solubilidad).

## 8.2 Recomendaciones

- Al realizar el pedido de este instrumento para la medición de nivel, tener en cuenta la profundidad del tanque así como la distancia de bloque superior del mismo; Debido a que de ellas dependerá el rango de nivel máximo que pueda abarcar el transmisor.
- Tener precaución de que el nivel del tanque de presión no supere el metro del elemento patrón, pues podría darse un desbordamiento si la válvula manual se encuentra abierta o podría ingresar agua a las tuberías para el manejo del aire.
- Al encender el variador de frecuencia, tener la precaución de que comience en frecuencias superiores a los 30Hz y que la línea de agua del tanque se encuentre totalmente abierta.

## 9. Referencias

- [1] Endress + Hauser. Información técnica. Levelflex FMP51, FMP52, FMP54. Medidor de nivel radar guiado. 2013. Disponible en internet en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000900/4867/000/00/TI01001FES\\_1713.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000900/4867/000/00/TI01001FES_1713.pdf)
- [2] Endress + Hauser. Instrucciones de operación abreviadas. Levelflex FMP51, FMP52 y FMP54. Medidor de nivel por microondas guiadas. 2012. Disponible en internet en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000961/5170/000/00/KA01107FES\\_0212.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000961/5170/000/00/KA01107FES_0212.pdf)

# Configuración del equipo Proline Promag 10W25 para medición de caudal

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 30min.](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica tiene la finalidad de dar a conocer la configuración del equipo Proline Promag 10W25, el mismo que será utilizado para la lectura de caudal de la línea superior de agua de la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

Lecturas recomendadas:

- Endress+Hauser. Technical Information. Proline Promag 10W. Electromagnetic Flow Measuring System. 2009 [1].
- Endress + Hauser. Instrucciones de operación abreviadas. Proline Promag 10. Caudalímetro Electromagnético. 2015 [2].

## 3. Objetivo

Aprender a configurar y operar el equipo Proline Promag 10W25, utilizado para realizar mediciones de caudal en la línea superior de agua de la planta “A” del laboratorio LACTI, a través del principio de inducción magnética.

## 4. Equipos, instrumentos y software

La tabla 1 presenta los equipos e instrumentos utilizados en la práctica:

Descripción	Marca	Identificación
Medidor de caudal (1)	Endress+hauser	ProlinePromag10W25/FT105
Bananas		
Cronómetro		

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software requeridos.

La figura 1 presenta la ubicación del medidor de caudal dentro de la planta de control de procesos “A”.



Figura 1. Ubicación del transmisor Proline Promag 10W25.

## 5. Exposición

### 5.1 Proline Promag 10W25

Este elemento se encuentra en la línea de comunicaciones HART, puede medir el caudal de fluidos que posean un mínimo de conductancia de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en las consideraciones, se lo colocó en una posición inclinada para asegurarse que la tubería se encuentre siempre llena al momento de realizar las mediciones (el instrumento mide la velocidad del fluido asumiendo que el volumen del líquido ocupa toda la tubería), la circuitería de entrada, salida y alimentación se encuentran aislados galvánicamente para evitar cualquier tipo de interferencias, puede medir velocidades de 0.01 a 10 m/s con una precisión de  $\pm 0.5\%$ ; soporta temperaturas de proceso hasta los  $80^\circ\text{C}$  y presiones de hasta 40 bar [2].



Figura 2. Medidor electromagnético Proline Promag 10.

El instrumento se basa en la ley de Faraday, es por ello que se limita su uso a fluidos con cierta conductividad, pues al moverse el fluido, este atraviesa un campo magnético, induciendo una tensión que será medida para de esa forma conocer el caudal. La salida resultante es independiente de la temperatura, gravedad específica viscosidad o turbulencia. [1].

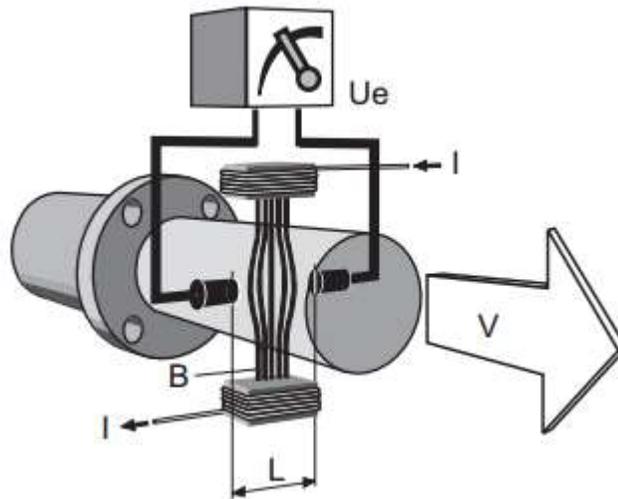


Figura 3. Principio de funcionamiento de un medidor magnético [1]

Dónde:

$U_e \rightarrow$  Voltaje Inducido

$B \rightarrow$  Campo Magnético

$L \rightarrow$  Separación de los electrodos

$V \rightarrow$  Velocidad del flujo

$Q \rightarrow$  Caudal

$A \rightarrow$  Sección transversal de tuberías

$I \rightarrow$  Corriente

Y las medidas de la variable del proceso se ven determinadas por:

$$U_e = B * L * v$$

$$Q = A * v$$

## 5.2 Indicador del equipo

El equipo presenta un indicador como el de la figura 4, donde se presentan los siguientes campos:

1. Línea para variable de proceso principal
2. Línea para variables de proceso secundarias o estado
3. Valores medidos por el instrumento
4. Unidades físicas/ Unidades de tiempo [2]

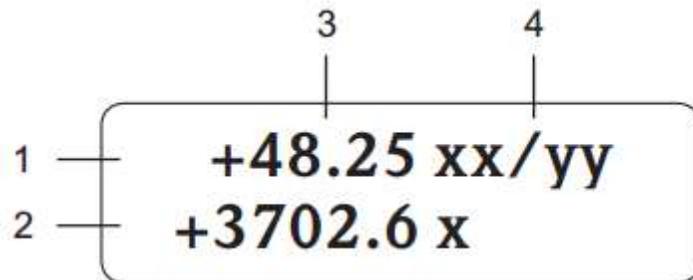


Figura 4. Indicador del equipo [2].

En la tabla 2 se presentan las funciones de cada tecla para navegación del módulo:

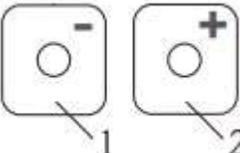
<u>Teclas</u>	<u>Función</u>
	Tecla Menos: - Sirve para introducir y seleccionar datos
	Tecla Más: - Sirve para introducir y seleccionar datos
	Tecla Enter: - Sirve para ingresar a la matriz de funciones y para guardar en la memoria
	Combinación Escape: - Permite la salida de la matriz de funciones o funciones. - Si se presionan más de 3 segundos cancela la entrada de datos y vuelve a la pantalla indicación.

Tabla 3. Funciones de teclas [2]

### 5.3 Estructura matriz de funciones

En la figura 5 se presenta la forma en la que el indicador maneja la matriz de funciones, así como las funciones de las teclas mostradas en la subsección anterior.

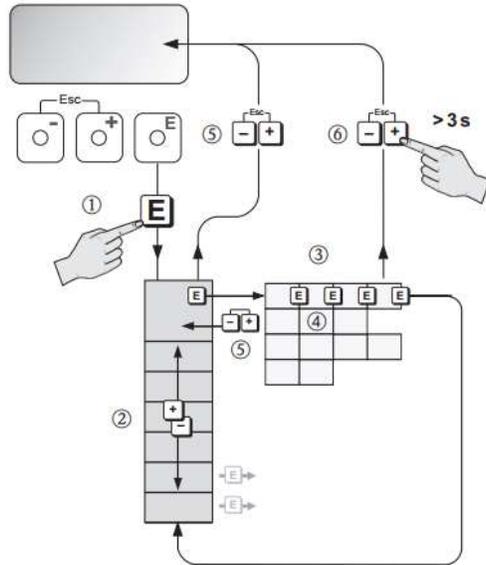


Figura 5. Indicador del equipo [2].

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

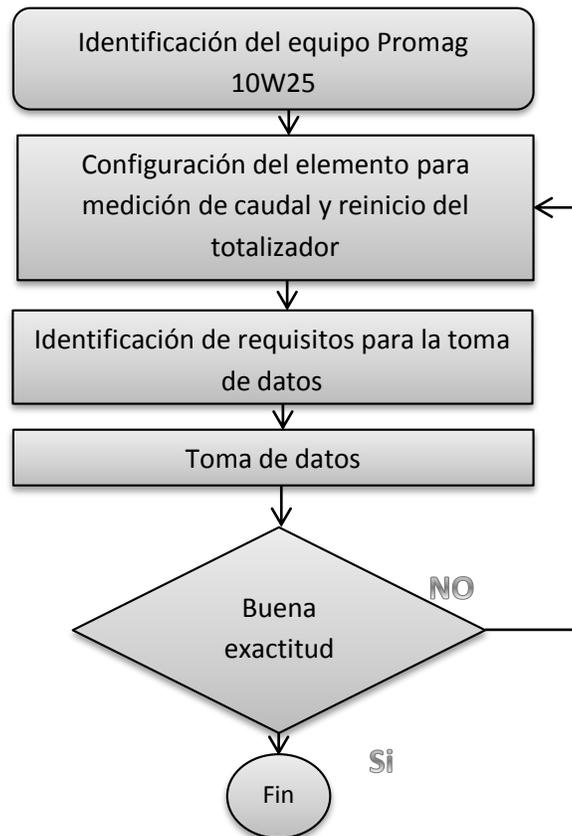


Figura 6. Proceso

## 6.2 Procedimiento

Primero se accederá al menú de los grupos de funciones a través de sus teclas de función presentadas en la tabla 3. Una vez se acceda a este menú se procederá a cambiar las siguientes funciones (El código para escritura es 0010):

1. Grupo: Unidades del sistema.
  - Configuración función **unidad caudal volumen** →  $l/m$
  - Configuración función **unidad volumen** →  $l$
  - Configuración función **formato fecha/hora** → “dejar la predeterminada o escoger a conveniencia”

Finalizada la configuración del grupo de unidades, se accederá al de comunicación para cambiar la dirección del equipo del bus Hart. En esta parte del procedimiento se asignará la dirección 0, debido a que si es diferente no se podrá acceder al grupo de funciones de la salida de corriente.

2. Grupo: Comunicación.
  - Configuración función **nombre etiqueta** → “Solo visualizar”
  - Configuración función **descripción de etiqueta** → “Solo visualizar”
  - Configuración función **dirección bus** → 0
  - Configuración función **protección escritura hart** → “Solo visualizar”
  - Configuración función **id fabricante** → “Solo visualizar”
  - Configuración función **id equipo** → “Solo visualizar”

Posterior a esta configuración se seguirá con los grupos restantes de forma normal:

3. Grupo: Salida corriente.
  - Configuración función **rango corriente** → 4-20mA Hart Nam.
  - Configuración función **valor 20mA** → +40.000  $l/m$
  - Configuración función **constante tiempo** → 1s

4. Grupo: Sal.Impul./Estado.
  - Configuración función **modo de medición** → impulso
  - Configuración función **valor por pulso** → 0.5000  $l/p$
  - Configuración función **ancho pulso** → 100.00  $ms$
  - Configuración función **señal de salida** → pasiva/negativa

5. Grupo: Parámetros sistema.
  - Configuración función **dirección instalada** → positiva
  - Configuración función **modo de medida** → standard
  - Configuración función **modo de espera** → desactivado
  - Configuración función **amortiguación sistema** → 3

6. Grupo: Supervisión.

- Configuración función **modo alarma** → valor mínimo
- Configuración función **retardo alarma** → 0 s
- Configuración función **sistema reiniciar** → no
- Configuración función **auto verificación** → desactivado

Al terminar se volverá asignar una dirección de bus al dispositivo y se reiniciara su totalizador por medio de sus grupos de funciones respectivos:

7. Grupo: Comunicación.

- Configuración función **nombre etiqueta** → “Solo visualizar”
- Configuración función **descripción de etiqueta** → “Solo visualizar”
- Configuración función **dirección bus** → 2
- Configuración función **protección escritura hart** → “Solo visualizar”
- Configuración función **id fabricante** → “Solo visualizar”
- Configuración función **id equipo** → “Solo visualizar”

8. Grupo: Totalizador.

- Configuración función **suma** → “Solo visualizar”
- Configuración función **overflow** → “Solo visualizar”
- Configuración función **reiniciar totalizador** → si

Finalmente se procederá a dar enter en memorizar y saldremos del menú de configuración para proceder con la toma de datos de caudal a diferentes frecuencias del variador de la bomba de la línea superior de la planta. Para la toma de mediciones del totalizador se seguirá el siguiente procedimiento:

- I. Se activará el variador (iniciara a una frecuencia de 30 Hz) a la par que inicia una medida de tiempo por medio de un cronometro/reloj.
- II. Se tomara de forma inmediata el valor de caudal proporcionado por el indicador.
- III. Cuando el tanque llegue a su 20% se apagara el variador y se procederá a tomar el valor del totalizador del instrumento y anotar el tiempo que se demoró en llegar a ese valor de llenado.
- IV. Procedemos a cambiar el valor de frecuencia del variador de acuerdo a la segunda medición.
- V. Se activará el variador a la par que inicia una medida de tiempo por medio de un cronometro/reloj.
- VI. A continuación se procederá de la misma manera que los pasos II, III, IV, V hasta acabar con las 5 mediciones requeridas por la tabla4, teniendo en cuenta los nuevos valores del número de medición.

# medición	Frecuencia del variador (Hz)	Porcentaje de llenado (%)	Caudal (l/m)	Tiempo (min:seg)	Totalizador (l)
1	30	0-20%	22.8	2:21	52.7601
2	35	20-40%	29.4	1:22	92.2478
3	40	40-60%	34.8	1:11	132.152
4	45	60-80%	40.6	1:02	173.441
5	50	80-100%	46.0	0:55	214.554

Tabla4. Mediciones del transmisor de caudal.

## 7. Resultados y/o discusión.

Los valores del totalizador de la tabla 4 presentan un cambio de  $40l \pm 1l$  entre mediciones, mientras que el primer valor del 0-20% marca  $52 l$ , esto se debe a que las mediciones se comenzaron hacer desde el fondo del tanque y no desde el inicio de medición del instrumento patrón, que se encuentra a una altura de 5 cm de la base de forma cónica. Por tal razón se puede concluir que en esa base se almacena alrededor de  $12l$  de fluido.

En la columna de tiempo se demuestra que entre mayor sea la frecuencia del variador mayor es el caudal, permitiendo un llenado más rápido del depósito. La ganancia de tiempo es aproximadamente de  $10seg \pm 2seg$  cada 5 Hertz, a excepción de la medición 1 que presentan un tiempo mayor debido a que es el llenado del 20% mas 5 centímetros de base.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

- El transmisor de caudal Promag es un instrumento para medición y monitoreo de caudal que se basa en la ley de Faraday, es por ello que se limita su uso a fluidos con conductividad, ya que al moverse el fluido, este atraviesa un campo magnético, induciendo una tensión que será medida.
- Entre mayor frecuencia se presente en el variador que controla el motor, mayor será el caudal presente en la línea de agua y menor el tiempo de llenado del depósito.

### 8.2 Recomendaciones

- Para realizar la configuración de las salida de corriente del dispositivo, asegurarse que la dirección del dispositivo este en 0, caso contrario no se podrá acceder a este grupo de funciones.

- Antes de comenzar con la toma de datos verificar que el totalizador del dispositivo se encuentre en 0 l, de no ser el caso reiniciarlo.
- Al encender el variador de frecuencia, tener la precaución que la línea de agua del tanque se encuentre totalmente abierta.

## 9. Referencias

[1] Endress+Hauser. Technical Information. Proline Promag 10W. Electromagnetic Flow Measuring System. 2009. Disponible en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/0584/000/03/TI093DEN\\_1109.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/0584/000/03/TI093DEN_1109.pdf)

[2] Endress + Hauser. Instrucciones de operación abreviadas. Proline Promag 10. Caudalímetro Electromagnético. 2015. Disponible en internet en: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000215/8171/000/06/KA00032DES\\_1615.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000215/8171/000/06/KA00032DES_1615.pdf)

# Configuración del equipo Promass 83E para medición de caudal másico, volumétrico y sus totalizadores.

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: dd-mm-aa

Tiempo estimado: 30 min

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica tiene la finalidad de dar a conocer el funcionamiento del transmisor Promass 83E, utilizado en esta práctica para la medición de caudal y flujo másico, ubicado en la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

Lecturas recomendadas:

- Endress + Hauser. Proline Promass 83 PROFIBUS DP/PA. Coriolis Mass Flow Measuring System [1].
- Endress + Hauser. Proline Promass 80/83 F, M. Información técnica [2].

## 3. Objetivo

Aprender a configurar y operar el transmisor Promass 83E, utilizado para realizar medidas de caudal en la línea inferior de agua de la planta “A” del laboratorio LACTI, a través del principio de coriolis.

## 4. Equipos, instrumentos y software

Descripción	Marca	Identificación
Caudalímetro por efecto Coriolis (1)	Endress+hauser	Promass 83E
Cronómetro/Reloj	-----	-----
Bananas	-----	-----

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software requeridos.

En la figura 1 presenta la ubicación del medidor de presión dentro de la planta de control de procesos “A”.



Figura 1. Ubicación del Promass 83E.

## 5. Exposición

### 5.1 Proline Promass 83.

El Promass 83E puede ser encontrado tanto para Profibus PA como para HART, pero el que se dispone se encuentra conectado a la línea Profibus, puede ser utilizado no solo para medir el flujo másico de líquidos sino también de gases, como en la planta de control de procesos “A” se lo utiliza para realizar mediciones de flujo másico, nos interesa conocer el error para este caso (pues varía del tipo de fluido y tipo de medición) que es de  $\pm 0.2\%$ , además puede soportar presiones de 100 bar y temperaturas medias de hasta  $140\text{ }^{\circ}\text{C}$  [2]. Dispone de un panel táctil para su configuración que no necesita se retire la tapa protectora para ser manipulado.



Figura 2. Medidor Coreolis Proline Promass 83E [2].

## 5.2 Medición de caudal por efecto Coriolis.

La medición por el efecto Coriolis, se basa en el principio del mismo nombre (Principio de Coriolis), que se presenta como producto de las fuerzas inerciales generadas al momento en que una partícula ubicada en un cuerpo rotatorio se mueve respecto a este, acercándose o alejándose del centro de rotación.

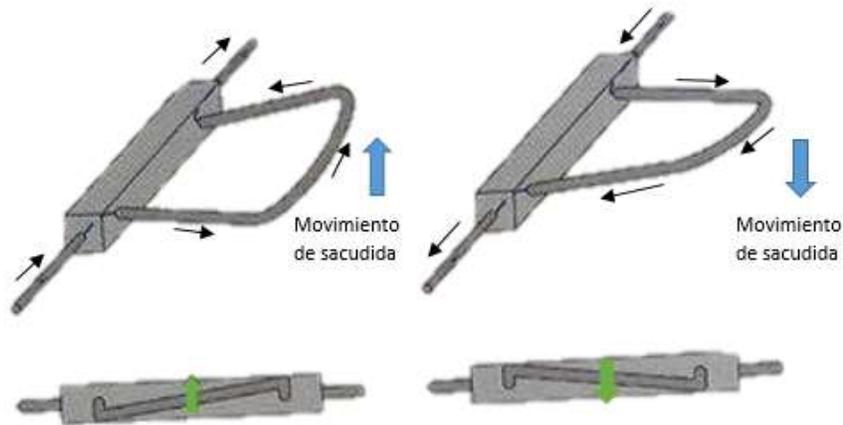


Figura 3. Estructura interna de un medidor de Coriolis.

## 5.3 Interfaz de usuario.

El Promass 83E Dispone de un panel frontal que permite realizar la configuración del equipo, como se mencionó con anterioridad este equipo no requiere retirar la cubierta para su configuración, dado que posee sensores ópticos en la posición de las teclas que cumplen la función de botones. Para entender de mejor manera los componentes del panel nos podemos valer de la siguiente imagen:

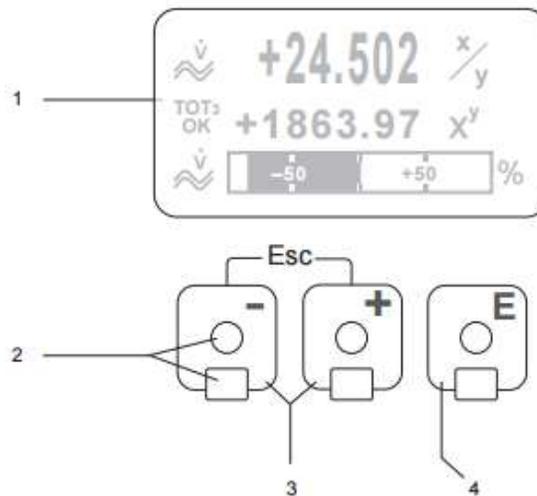


Figura 4. Componentes de la interfaz de usuario.

Dónde:

- 1 es la pantalla de cristal líquido, donde se muestran los valores medidos, diálogos de texto y mensajes de error. La pantalla que se ve cuando se muestran las mediciones en progreso se conoce como la posición *HOME* (modo de operación).
- 2 son los sensores ópticos para el control táctil.
- 3 son las teclas  $\boxed{+}$  /  $\boxed{-}$  (incremento/decremento), las que se utilizan para ingresar valores numéricos, seleccionar parámetros, seleccionar diferentes bloques/grupos/grupos de función a través de la matriz de funciones. Al presionar ambas teclas al mismo tiempo por un intervalo menor a 3 segundos se regresa al bloque/grupo anterior o se cancela la entrada de datos, mientras que si se lo hace por un periodo mayor a los 3 segundos se sale directamente a la posición *HOME*.
- 4 indica la tecla  $\boxed{E}$  (ingresar), al presionar esta desde la posición *HOME* accedemos a la matriz de funciones; también se utiliza para guardar los valores numéricos que se ingresen o las configuraciones que se modifiquen.

La pantalla en modo de operación muestra tres líneas en total, es aquí donde se visualizan los valores medidos y/o el estatus de las variables; existe un modo llamado multiplex mediante el cual se pueden asignar 2 variables a cada línea, las variables multiplexadas en este modo se alternan cada 10 segundos. En la figura 5 se aprecia la ubicación de cada línea y posteriormente una explicación de las mismas.

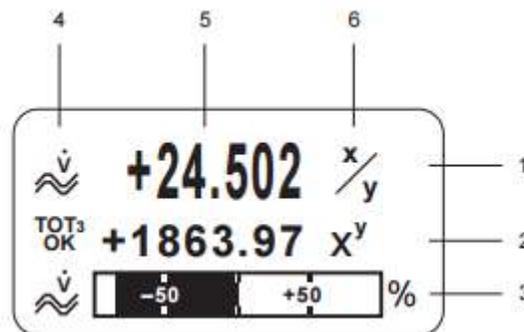


Figura 5. Pantalla en el modo de operación (*HOME*).

Dónde:

- 1 es la línea principal, muestra el valor principal medido.
- 2 es la línea adicional, muestra medidas adicionales y estatus de variables.

- 3 es la línea de información, muestra medidas adicionales y estatus de variables, por ejemplo gráficos de barras.
- 4 es donde se ubican los iconos de información.
- 5 muestra aparecen los valores medidos.
- 6 es donde se indican las unidades de medida utilizadas.

En la pantalla también se pueden observar algunos iconos que nos dan información sobre la variable medida, entre los más importantes tenemos los ubicados en la tabla 2.

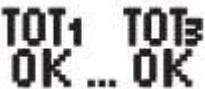
Icono	Significado
	Caudal Volumétrico
	Caudal másico
	Densidad
	Densidad de referencia
	Temperatura
	Totalizadores 1, 2 o 3 en estado OK

Tabla 2. Iconos visibles en la pantalla al encontrarse en el modo de operación.

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

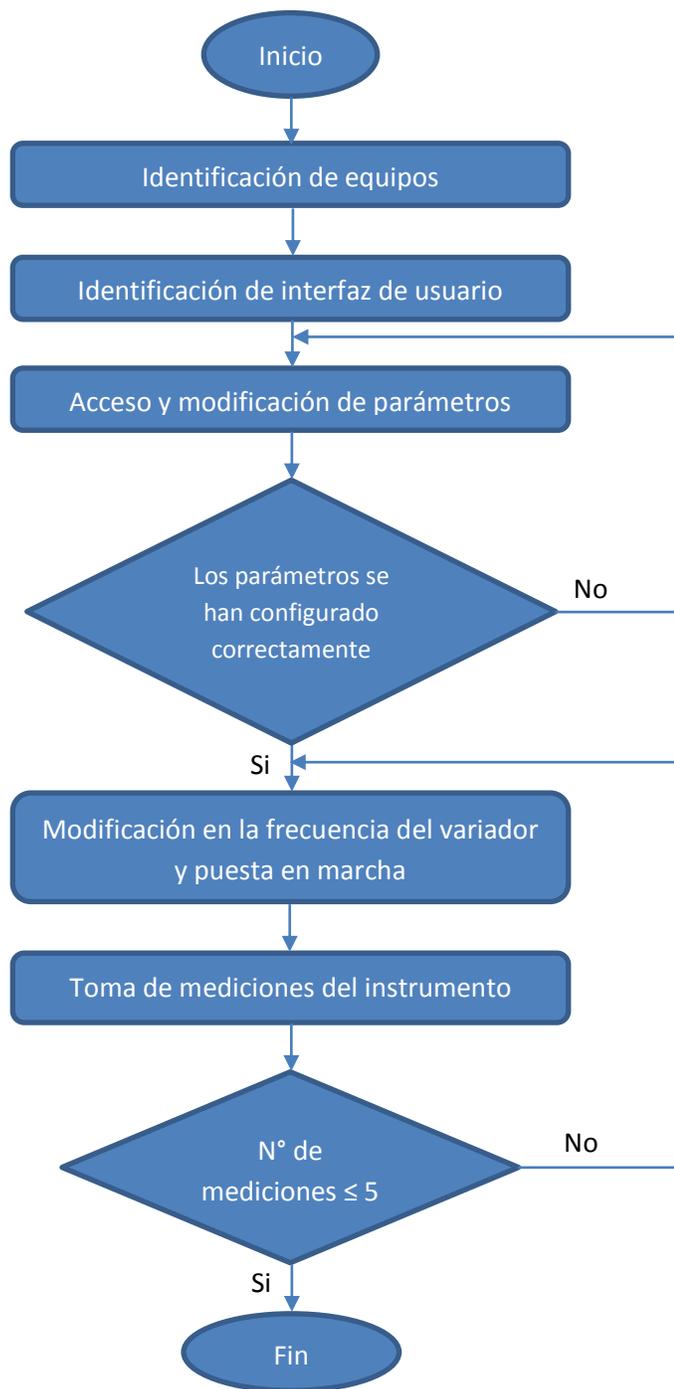


Figura 6. Proceso de la práctica.

## 6.2 Procedimiento

El caudalímetro de efecto Coriolis Promass 83E disponible en la planta de control de procesos “A” permite realizar distintos tipos de mediciones según la necesidad del operador (caudal, densidad, temperatura, etc); para esta práctica se configuraran 2 pantallas (las pantallas se alternan cada cierto tiempo entre ellas) en el visualizador, en la primera se observará el caudal másico, el totalizador del caudal másico y la densidad del fluido; por otra parte, en la segunda pantalla se configurarán el caudal volumétrico, totalizador del caudal volumétrico y la temperatura.

Para configurar el dispositivo se ingresará al menú de configuración por medio de las teclas de función presentadas en la sección de exposición. Para la práctica procederemos realizando las siguientes configuraciones (los parámetros que no se encuentren dentro del procedimiento presentado a continuación se dejarán con el valor configurado por defecto):

12. **Desbloqueo de programación** (Modo de acceso: al tratar de modificar algún parámetro) El Promass 83E dispone de un código de seguridad para la programación, de esta forma se evita que personal no familiarizado con el equipo sea capaz de modificar cualquier parámetro, los mismos que son visibles en todo momento, pero para poder modificarlos es necesario el código de acceso, mismo que para nuestro equipo es **83**.
13. Configuración del bloque **Unidades de Sistema** (Modo de acceso: Selección de Bloque → Variable Proceso → Unidades Sistema → Configuración) dentro de este grupo se encuentran los nombres de las variables que el dispositivo mide y se muestran las unidades actualmente seleccionadas; Configuraremos **Unid. Caudal Mas.** en **Kg/m**, **Unid. Masa** en **Kg**, **Unid. Caudal Vol.** en **l/m**, **Unid. Volumen** en **l**.
14. Configuración del bloque **Línea Principal** (Modo de acceso: Selección de Bloque → Indicación → Línea Principal) En este bloque se modificarán los parámetros **Configuración** y **Multiplex**. En Configuración se seleccionará la opción que nos permite visualizar en la línea principal el **Caudal másico** en la primera pantalla. En Multiplex se elegirá la opción que nos permite ver el **Caudal volumétrico** en la línea principal cuando se intercambia a la segunda pantalla.
15. Configuración del bloque **Línea Adicional** (Modo de acceso: Selección de Bloque → Indicación → Línea Adicional) En este bloque se modificarán los parámetros **Configuración** y **Multiplex**. En Configuración se seleccionará la opción que nos permite visualizar en la línea adicional el totalizador de caudal másico (**Valor Tot. 1**) en la primera pantalla. En Multiplex se elegirá la opción que nos permite ver el totalizador de caudal volumétrico (**Valor Tot. 2**) en la línea adicional cuando se intercambia a la segunda pantalla.

16. Configuración del bloque **Línea Información** (Modo de acceso: Selección de Bloque →Indicación → Línea Informac.) En este bloque se modificaran los parámetros **Configuración** y **Multiplex**. En Configuración se seleccionará la opción que nos permite visualizar en la línea de información la densidad del fluido (**Densidad**) en la primera pantalla. En Multiplex se elegirá la opción que nos permite ver la temperatura (**Temperatura**) en la línea de información cuando se intercambia a la segunda pantalla.
17. Configuración del bloque **Ajuste Totalizador** (Modo de acceso: Selección de Bloque →Func. Básicas → Profibus-DP → Totalizador→Selec. Totaliz.) En este campo se procederá a reiniciar los totalizadores antes de realizar las mediciones, de esta forma podremos medir la cantidad de masa de agua que puede contener un tanque así como el volumen del mismo. Para reiniciar el totalizador primero se lo debe seleccionar en **Selec. Totaliz.**, cuando se ha guardado la selección navegamos hasta el parámetro **Ajuste Totaliz.** Y en este seleccionamos la opción reiniciar. Este procedimiento debe realizarse para el **Totalizador 1** y el **Totalizador 2**. En este mismo bloque se puede configurar el canal del totalizador y sus unidades, esto se lo hace seleccionado el totalizador como se indicó anteriormente y modificando el parámetro **Canal**, mientras que para las unidades es el **Unidad Totaliz.**

Finalmente se procederá con la toma de datos de caudal a diferentes frecuencias del variador de la bomba de la línea superior de la planta. Para la toma de mediciones del totalizador se seguirá el siguiente procedimiento:

- VII. Se activará el variador (iniciara a una frecuencia de 30 Hz) a la par que inicia una medida de tiempo por medio de un cronometro/reloj.
- VIII. Se tomara de forma inmediata el valor de caudal proporcionado por el indicador.
- IX. Cuando el tanque llegue a su 20% se apagara el variador y se procederá a tomar el valor del totalizador del instrumento y anotar el tiempo que se demoró en llegar a ese valor de llenado.
- X. Procedemos a cambiar el valor de frecuencia del variador de acuerdo a la segunda medición.
- XI. Se activará el variador a la par que inicia una medida de tiempo por medio de un cronometro/reloj.
- XII. A continuación se procederá de la misma manera que los pasos II, III, IV, V hasta acabar con las 5 mediciones requeridas por la tabla2, teniendo en cuenta los nuevos valores del número de medición.

# medición	Llenado del tanque (%)	Frecuencia del variador (Hz)	Tiempo (s)	Caudal Másico (kg/min)	Totalizador Másico (kg)	Caudal volumétrico (l/min)	Totalizador volumétrico (l)
1	0-20	30	2:37	20.5	52	20.3	51.9
1	20-40	35	1:32	28.2	92	28.1	92.2

2	40-60	40	1:10	35.4	131	35.3	130.9
3	60-80	45	1:02	42.5	173	42.6	173.3
4	80-100	50	0:52	49.0	211	49.7	211.5

Tabla 2. Mediciones del caudalímetro y tiempo de llenado del tanque.

## 7. Resultados y/o discusión

Gracias a la selección de unidades que se configuro puede apreciarse la equivalencia que existe entre masa y volumen de agua (1 kg de agua es igual a 1 litro de agua a 4°C a presión atmosférica) misma que se mantiene muy cercana a su definición.

También se observa como a volúmenes iguales se llenan a distinta velocidad dependiendo de la frecuencia del variador, misma que se encuentra en relación directa con el caudal presente en la línea de agua.

Se puede observar también que existe entre cada espacio se ocupa un volumen de aproximadamente 40 litros, a excepción de la primera medición, que presenta un volumen de 52 litros; tomando en cuenta que la primera medición no se realizó desde el punto cero de nuestro elemento patrón se puede deducir que existen alrededor de 12 litros entre el punto cero del patrón y el fondo real del tanque.

Se observa además que el tanque al encontrarse lleno de agua contiene un volumen de 211.5 litros y 211 kilogramos en su interior.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

Al incrementar la frecuencia del variador tanto el caudal volumétrico como el másico aumentan, disminuyendo el tiempo requerido para llenar un mismo volumen de agua, además se puede determinar (gracias a los totalizadores) el volumen de agua y la masa que ocupan los tanques.

El Promass 83E es un equipo muy versátil capaz de proporcionarnos varios datos a la vez sobre un mismo proceso (caudal, temperatura, densidad, etc.), lo que nos permite realizar un control bastante bueno desde un mismo punto de operación.

### 8.2 Recomendaciones

Se debe tener en cuenta que el punto cero del elemento patrón no contempla el volumen almacenado en la parte inferior del tanque, lo que se ve reflejado en las mediciones.

Al manipular el variador de frecuencia se debe tener la precaución de modificar únicamente el parámetro que cambia el valor mínimo de frecuencia, si no se ha realizado la práctica de configuración de este elemento es preferible solicitar la ayuda del operador.

## 9. Referencias

[1] Endress + Hauser. Proline Promass 83 PROFIBUS DP/PA. Coriolis Mass Flow Measuring System. 2008. Disponible en internet en: <https://goo.gl/ruOmDL>

[2] Endress + Hauser. Proline Promass 80/83 F, M. Información técnica. España 2004. Disponible en internet en: <https://goo.gl/ht3Xvv>

# Configuración de la red industrial Foundation Fieldbus

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Redes Industriales](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 40min.](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica brinda al estudiante las herramientas necesarias para afianzar los conocimientos del bus de campo Foundation Fieldbus. La práctica contempla la revisión del fundamento teórico así como el procedimiento necesario para la construcción y configuración de la red, a través del dispositivo de vinculación FG-110 FF, que permite la interoperabilidad o capacidad de conexión de equipos a la red sin distinción de fabricante.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

### 2.1 Lecturas recomendadas:

- Comunicaciones Industriales de Rodríguez Penin Aquilino [1], páginas: 51-54.
- Implementing Foundation Fieldbus H1 Networks in Hazardous Areas de Moore Hawke [2].
- Estándares de comunicación de Foundation Fieldbus [3].
- Manual para la instalación y configuración del Linking Device FG-110 FF, y posterior levantamiento de señales sobre el bus de campo FieldBus del laboratorio de automatización, disponible en el laboratorio de automatización y control totalmente integrado [4].

### 2.2 Software requerido:

- Instalación de la herramienta de configuración FF-CONF.
- Descargar de los archivos de descripción de dispositivos o Device Description files (.cff), de los elementos de medición y actuador montados sobre la red (4 en total).

## 3. Objetivos

- Estudiar la red de comunicación industrial Fieldbus Foundation a través de las lecturas recomendadas en la guía, para una correcta configuración y utilización del bus de campo.
- Realizar una correcta configuración de la red por medio de la herramienta informática FF-CONF en su modo fuera de línea, para su posterior asignación a la red implementada.

## 4. Equipos, instrumentos y software

Los elementos requeridos para el desarrollo de la práctica se presentan en la tabla 1:

<i>Descripción</i>	<i>Marca</i>	<i>Identificación</i>
Medidor de nivel ultrasónico (1).	Endress+Hauser	Prosonic M FMU 40
Caudalímetro ultrasónico (2).	Endress+Hauser	Prosonic Flow 92
Medidor de temperatura (3).	Endress+Hauser	EH TMT85
Posicionador electro-neumático (4).	Siemens	SIPART_PS2_FF
Dispositivo de vinculación	Softing	FG-110 FF
Software de configuración	Softing	FF Configuration tool
Computadora Windows XP o 7		

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software de la guía.

En la figura 1 se muestra la ubicación de los elementos del bus de campo, en la planta “A” del laboratorio de automatización y control totalmente integrado:



Figura 1. Ubicación de los dispositivos de campo.

## 5. Exposición

### 5.1 Fieldbus Foundation

Este bus de campo está basado en el modelo de siete niveles IS/OSI con especificaciones compatibles a los estándares oficiales de la sociedad internacional para la medida y de control ISA, y el comité electrotécnico internacional IEC. Es un bus de campo digital desarrollado para ser compatible con las especificaciones SP50 de ISA, soportando

requerimientos de zonas de seguridad intrínseca, áreas peligrosas, procesos con riesgo de explosión y ambientes con una regulación complicada [1].

Posee un bus de campo de baja velocidad H1 cuyas especificaciones técnicas aparecieron con el desarrollo de la tecnología de descripción de dispositivos DD, encargada de la interoperabilidad (capacidad de conexión de dispositivos a la red sin importar su fabricante). La interoperabilidad de este bus no se da por medio de pasarelas o Gateways, sino a través de un lenguaje común que se enmarca dentro del nivel de aplicación, en donde se establece el diseño de las funciones de control en los dispositivos y como se comunican en el bus [1].

Esta tecnología también posee un bus para el manejo de grandes cantidades de información HSE (High Speed Ethernet), usado en aplicaciones que tienen un número significativo de lazos de control complejos [1].

#### - Características Generales

- Maneja herramientas para la ejecución cíclica y precisa de las funciones de control, con lo cual se descarta tiempos muertos y demás problemas comunes en las comunicaciones.
- El tiempo entre los dispositivos de campo se encuentra configurado de manera que se pueda gestionar los bloques de función y dotar las alarmas en el mismo punto de detección.
- En los bloques de función se configuran los parámetros básicos de medida y control, con lo que se puede realizar controles con dispositivos de distintos fabricantes, disminuyendo tiempos de formación, implementación e ingeniería.
- El cable que utiliza es el par trenzado.
- El control puede ser realizado en el elemento maestro, en elemento de campo o entre ambos.
- Es un protocolo que soporta redundancia en interfaces y dispositivos.
- Soporta hasta 16 dispositivos por segmento [1], [2].

#### - Características De La Capa Física

Su capa física es compatible con Profibus-PA, debido a que está basado en el estándar IEC11158-2, sus características dependen de si es el bus de baja o alta velocidad:

H1 (Bus de baja velocidad):

- Velocidad de transmisión de 31.25Kb/s, para integrar dispositivos que desarrollan la acción de control.
- Reflejado en el estándar IEC 61158.

- Utiliza cable par trenzado, con un alcance de 1900m sin repetidor, los cuales se pueden utilizar hasta cuatro (Puede trabajar con fibra).
- Transmisión half-duplex.
- Topología: Árbol, bus o mixto.
- Acople de dispositivos al bus mediante un concentrador.
- Soporte de seguridad intrínseca [1].

HSE (Bus de alta velocidad):

- Velocidad de transmisión a 100Mb/s o 1Gb/s, para transmisión de datos de PC, analizadores, e integración de sistemas.
- Reflejado en el estándar Ethernet/IEEE 802.
- Formado de dispositivos Ethernet estándar.
- Topología: Estrella.
- Utiliza cable par trenzado apantallado, con un alcance de 100m entre dispositivos y concentrador.
- Soporta fibra óptica, con la cual obtiene transmisión full dúplex a 2000m [1].

## 5.2 FG-110 FF

Es un gateway modbus y dispositivo de vinculación para para integración de fieldbus foundation, es decir integra dicha tecnología en sistemas de control modbus. El dispositivo cuenta con una herramienta de configuración basada en Windows y puede ser utilizada para implementar servicios de información [6].

Funciona hasta con cuatro segmentos H1 FF con un máximo de 64 dispositivos de campo (16 por segmento) en modbus RTU o sistemas de control que soporten Modbus TCP. Estas características proveen procesamiento de datos a la par que brinda ventajas como cableado reducido, parametrización central de dispositivos de campo, funcionalidad de diagnósticos completos, implementación de control en el campo por medio de la configuración de dispositivos de campo como un bucle de control, sin la necesidad de un componente controlador [6].



Figura 3. Dispositivo FG-110 FF [6]

La herramienta de configuración incluida con el dispositivo (FF-CONF) se comunica a través del protocolo de alta velocidad de foundation fieldbus HSE, permitiendo la configuración completa de la red al configurar los bloques de función de enlace y programación, así como ajustes de los parámetros del bus y dispositivos de campo. Dicha herramienta hace uso de archivos de descripción de dispositivos estándar, que son proporcionados por sus fabricantes y la organización Fieldbus Foundation [6].

Otra característica del dispositivo es un servidor web integrado con el cual se puede definir el mapeo de funciones FF a los registros modbus, o el monitoreo de las variables del proceso [6].

### 5.3 FF-CONF

Esta herramienta nos permite la configuración fuera de línea y la construcción de la configuración de la red.



Figura 4. Ventana del software FF-CONFIG [5].

- 1. Nos permite visualizar el nombre del archivo del proyecto abierto, así como el estatus del programa (Online/Offline).

- 2. En el menú principal se encuentran ítems para administrar y organizar el proyecto, como la opción de Proyecto, donde se puede crear, abrir, cerrar, borrar y guardar el proyecto.

En la opción Editar se encuentra las funciones relacionadas con el sistema, y en la tercera opción VIEW se puede activar la opción Network LiveList, Schedule o se puede ver partes intencionalmente ocultas de la pantalla como TRACE LOG o vistas previamente activadas [5].

En BUILD se tiene dos opciones, compilar todo y chequear todo, estas opciones se las puede realizar en los dos estados del proyecto (Online-Offline), la opción de Check all es

útil porque nos permite ver peligros y errores en el Trace Log cuando faltan asignaciones de dispositivos [5].

DOWNLOAD se ejecuta en modo fuera de línea y permite dos opciones: Descargar dispositivo y descargar proyecto, este último transfiere el dominio de descarga creado por una acumulación desde el PC al dispositivo de enlace y los dispositivos H1 [5].

- **3.** El ToolBar se presentan 4 botones que presentan un acceso rápido a las opciones de guardar, compilar, descargar y pasar a modo online [5].

- **4.** Aquí se encuentran las pestañas con las funciones más importantes para construir una configuración, como: asignar la configuración de dispositivos de <Network Configuration> a los activos en la red <Network Livelist>, configurar el <Functionblock Application> y activar la mensajería entre los bloques de los diferentes dispositivos configurados [5].

<Network Configuration>

En esta pestaña se configura la red fuera de línea [5].

<Functionblock Application>

Configura la comunicación entre los blocks de los dispositivos H1 o el HSE Host.

<Network Livelist>

Muestra los dispositivos activos en ese momento. Para ejecutar el sistema es necesario asignar los dispositivos configurados a los activos de la red, tal como se mostrara en secciones posteriores [5].

- **7.a** Device Types

Muestra la lista de todos los dispositivos en la Device Type library, donde se encontrara por default: FG 110 FF, FG 100 FF, HSE Host.

Los dispositivos de campo se deberán importar a través del botón mostrado en la figura5:



Figura 5. Como importar archivos de descripción de dispositivos.

### - 7.b Block Types

Aquí se encuentran los tipos de bloques, los iconos para procesarlos y filtros para seleccionar tipos de bloques [5].

### - 7.c Device

Aquí se encuentran los dispositivos, los iconos para procesarlos y filtros para seleccionar tipos de bloques [5].

### - 7.d Blocks

Contiene todas las funciones de bloque explicita e implícitamente configurados [5].

### - 7.e Properties

Muestra las propiedades de cualquier elemento seleccionado [5].

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

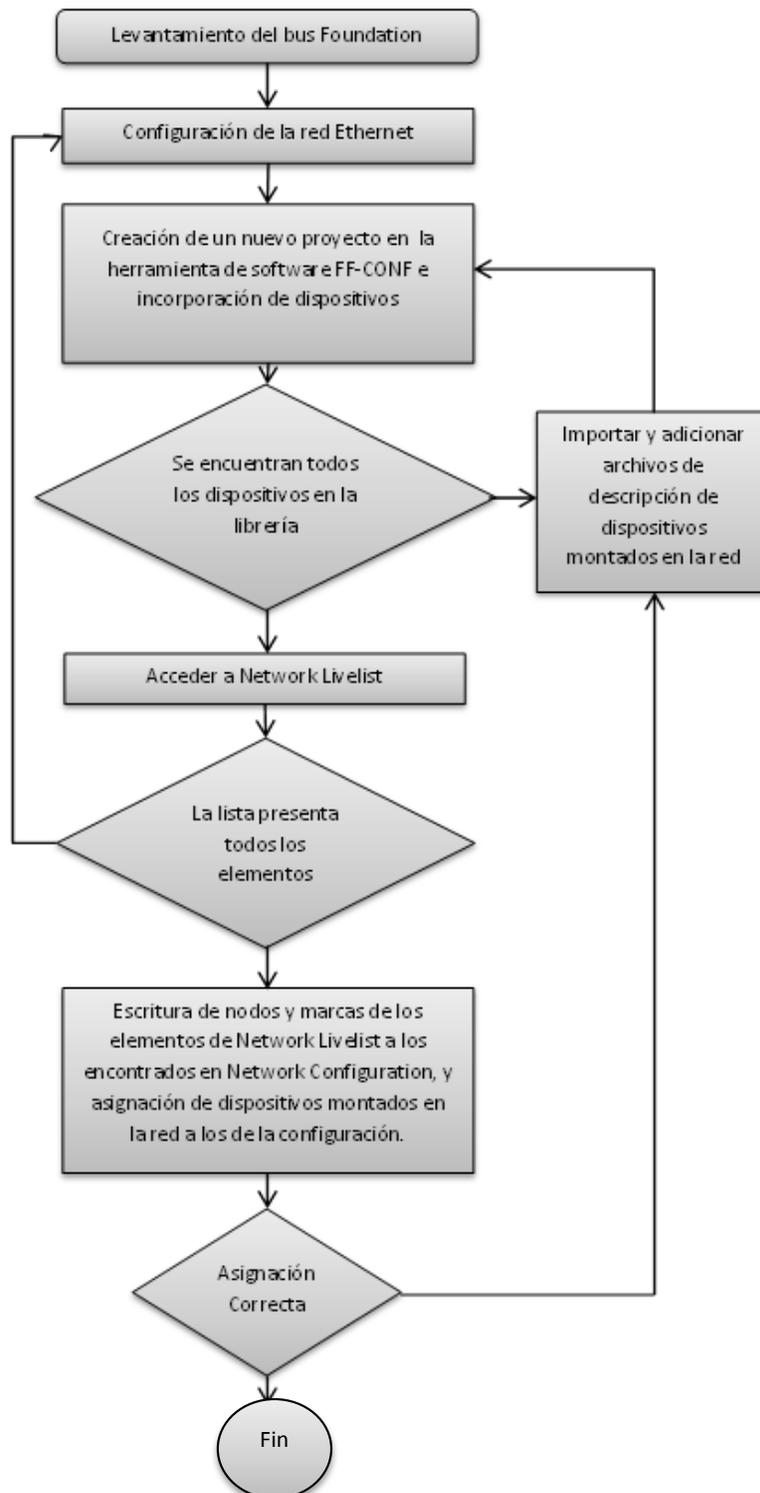


Figura 6. Proceso de la guía.

## 6.2 Procedimiento

### 6.2.1 Configuración de la red Ethernet.

La red debe estar montada de acuerdo a la norma IEEE 802.3 100BASE-TX/ 10BASE-T, teniendo en cuenta que si la comunicación entre la PC y el dispositivo de vinculación es directa se utiliza cable cruzado, caso contrario se utiliza cable directo.

La dirección IP asignada a la PC debe estar dentro del intervalo de las direcciones de la red LAN, tal como se muestra en la figura 7.

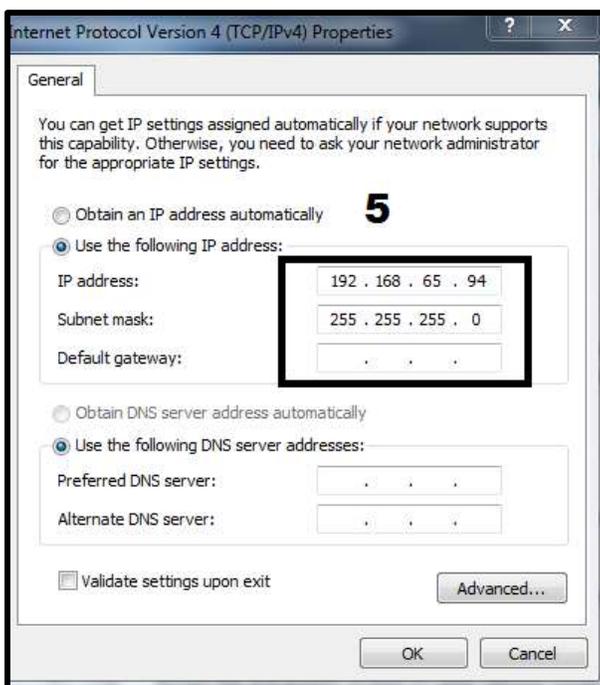


Figura 7. Configuración de la dirección IP de la PC.

**IMPORTANTE:** La dirección IP del dispositivo de vinculación se encontrará configurada previamente mediante la aplicación de servidor web FG-110, cuyo procedimiento de ser requerido se encuentra en el Manual para la instalación y configuración del Linking Device FG disponible en el laboratorio de automatización y control totalmente integrado de la Universidad [4].

### 6.2.2 Configuración de la comunicación FG 110FF - H1.

**IMPORTANTE:** Asegurarse que la computadora se encuentre conectada solo a la red LAN y el adaptador Wireless apagado, antes de iniciar la herramienta FF-CONF.

El primer paso es crear un nuevo proyecto dentro de la herramienta, para lo cual se va a **Project>New** (véase figura 8).

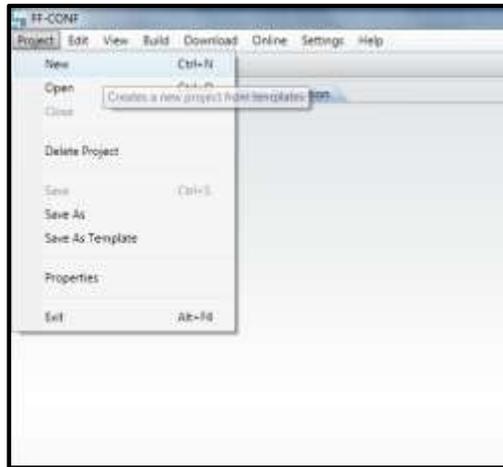


Figura 8. Como crear un nuevo proyecto.

Aparecerá una ventana donde colocar el nombre del nuevo proyecto y la localización de donde se creará (véase figura 9).

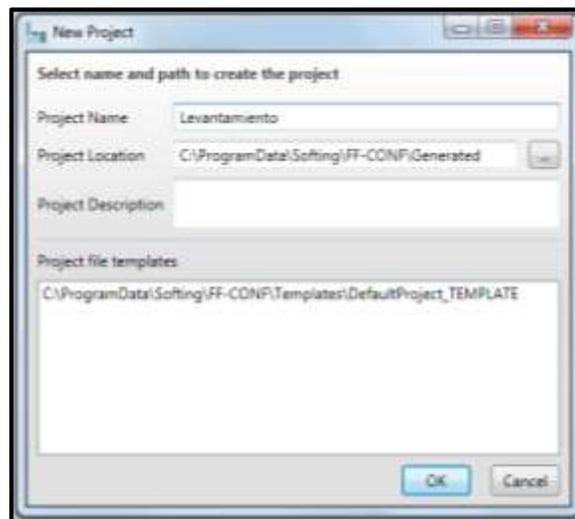


Figura 9. Asignación de nombre y localización del nuevo proyecto.

Una vez presionado OK se mostrara en la ventana de Network Configuration dos dispositivos: el verde que es la PC con la dirección IP y la tarjeta de red en marrón, la cual tendrá la misma dirección IP que la PC (véase figura 10).

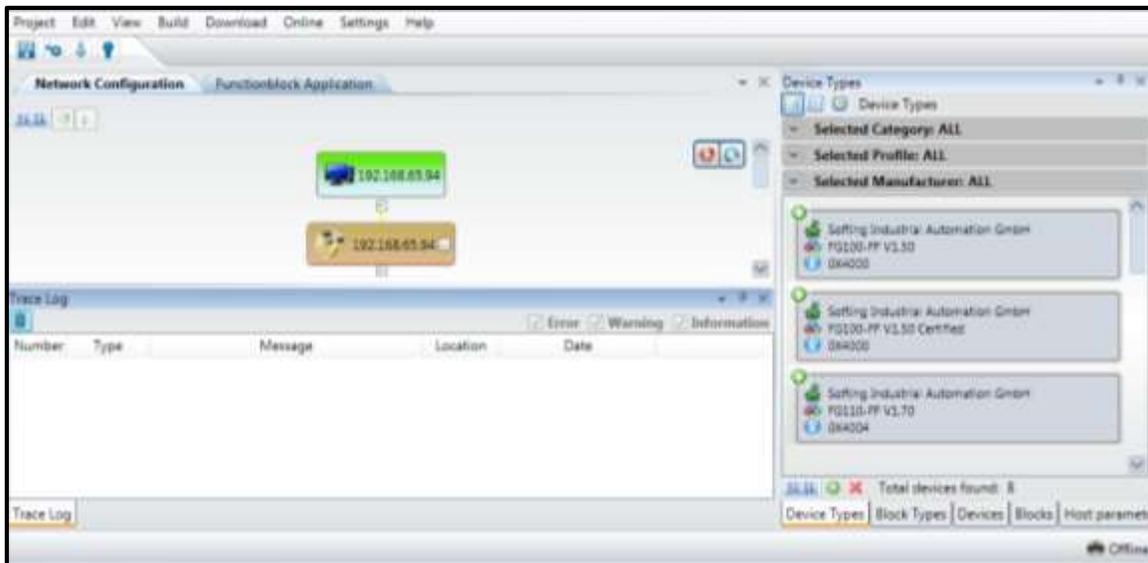


Figura 10. Direcciones de dispositivos: PC y Tarjeta de Red.

Para agregar el dispositivo de vinculación primero se deberá hacer click sobre la tarjeta de red y luego pulsar el botón verde de la esquina superior izquierda del FG110 FF V1.70 que se encuentra entre los dispositivos de **Device Types**, tal como se muestra en la figura 11.

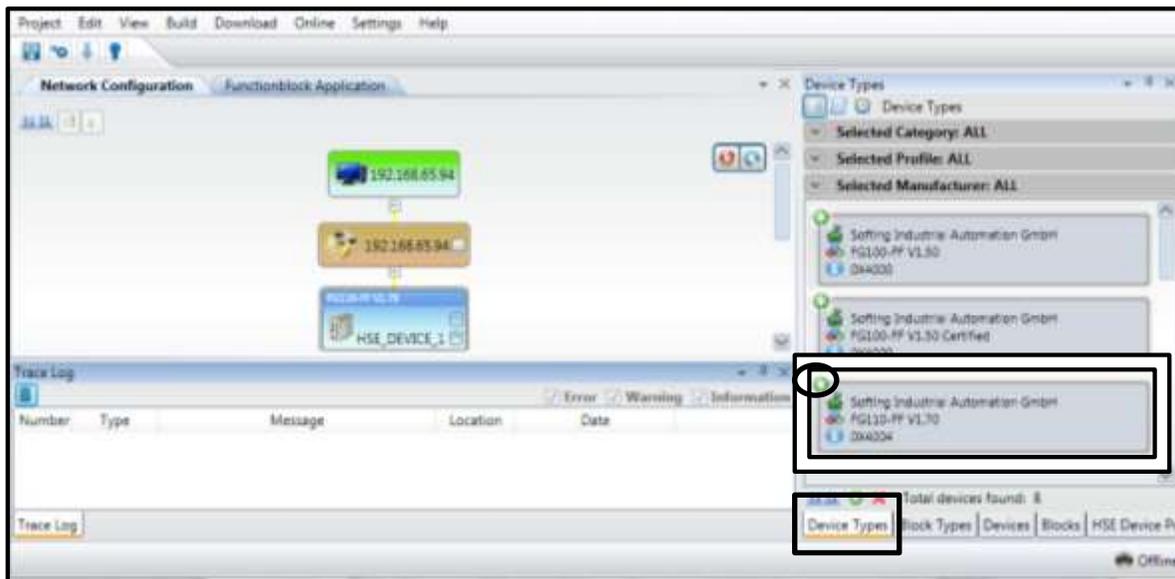


Figura 11. Linking device FG-110 FF.

Al dispositivo se le deberá agregar la dirección IP correspondiente que es 192.168.65.91 (la dirección se coloca haciendo click en el recuadro transparente en la posición mostrada en la figura 12). El dispositivo de vinculación cuenta con cuatro H1 Links, los cuales permiten la conexión de 16 dispositivos Foundation Fielbus cada uno.

La planta del laboratorio de automatización cuenta con 5 equipos conectados en un solo segmento, por lo cual es necesario adicionar un solo H1 link. Para adicionarlo se dará click

derecho sobre el dispositivo de vinculación y luego se dará click en la opción de adicionar H1Link (véase figura 12).

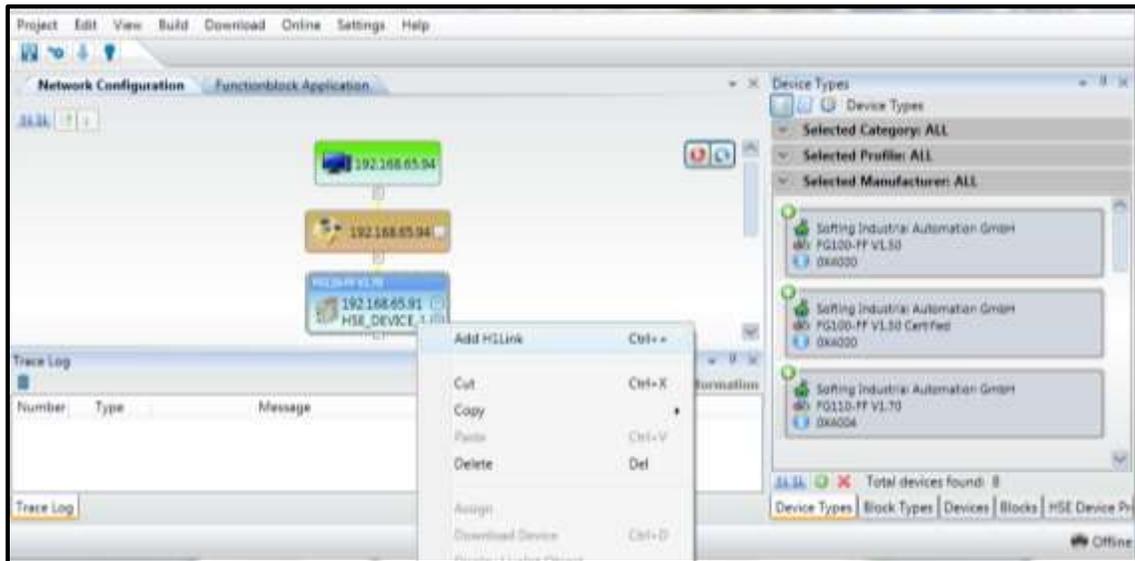


Figura 12. Adición de H1 link.

Antes de adicionar los dispositivos de campo se procede a importar sus archivos de descripción a la herramienta, está a través del botón **Import Device** (véase figura 13).

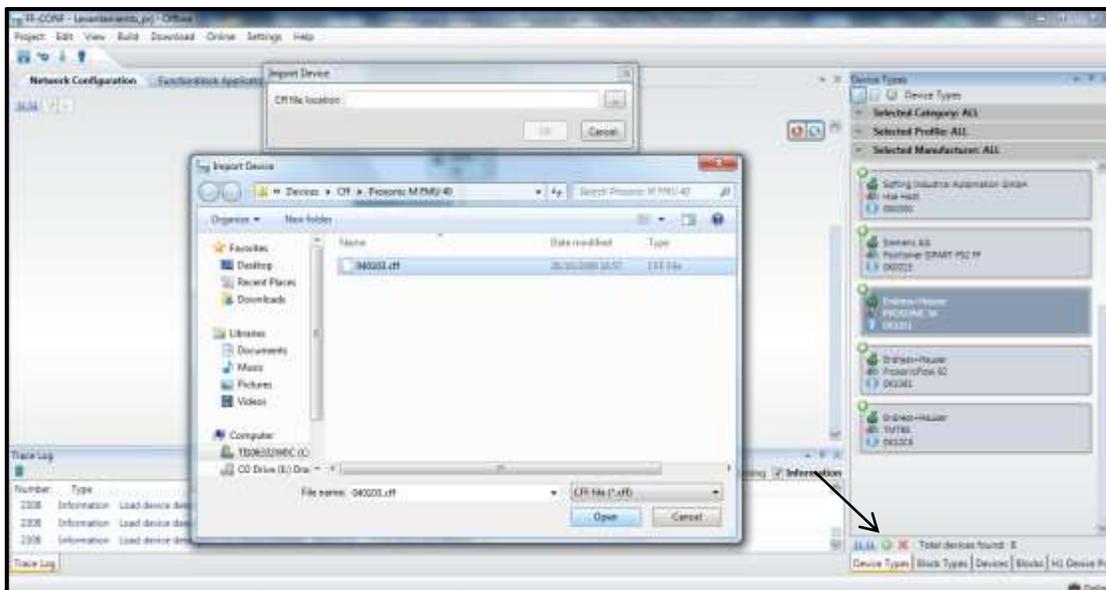


Figura 13. Opción para importar dispositivos.

Importado los archivos, se adicionara los 5 dispositivos montados sobre el segmento, para lo cual se deberá hacer click sobre el H1 Link y luego adicionar los dispositivos del **Device Types**.

El primer dispositivo que se adicionará es el de medición (Prosonic M), y luego el actuador (SIPART PS2) (véase figura 14 y 15).



Figura 14. Adición de dispositivo de medición.

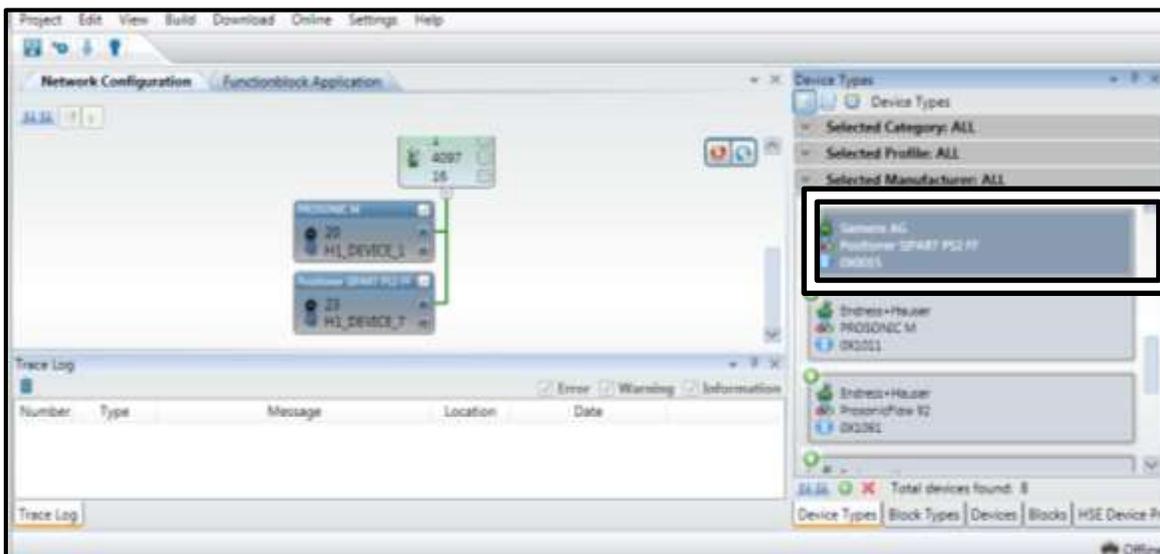


Figura 15. Adición del actuador.

Finalmente se agregan los 3 dispositivos faltantes:

- Prosonic Flow 92
- TMT 85
- TMT 85

Finalizada la configuración de la red se ira al menú principal y en View, se seleccionara <Network Livelist> (véase figura 16).

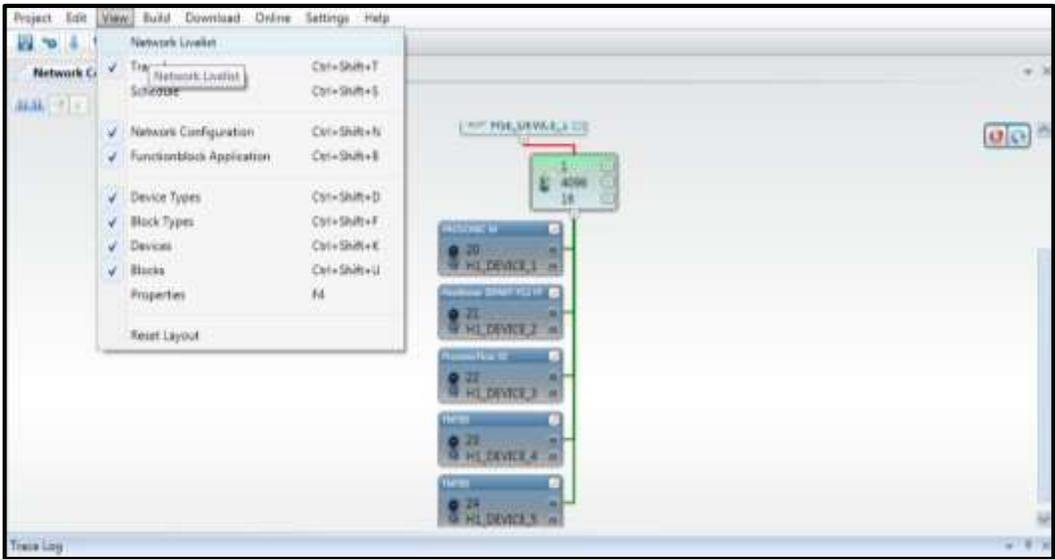


Figura 16. Ubicación de Network Livelist.

Al seleccionar Network Livelist, el proyecto pasara a modo online, y aparecerá en esta red todos los elementos que se encuentren activos.

En esta pestaña se prestará atención al nodo y tag encontrados en los dispositivos de campo, el uno representado mediante un número y el otro por un nombre que indica el número de dispositivo H1 (véase figura 17).

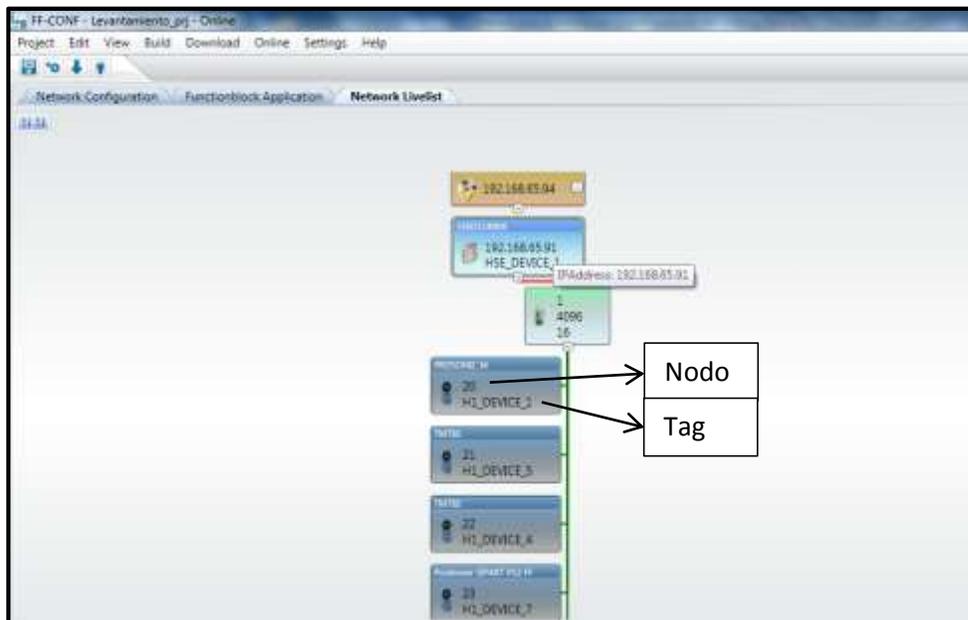


Figura 17. Dispositivos activos en el bus de campo.

En la tabla 2 se presentan los nodos y marcas de los dispositivos a configurar:

Dispositivo:	Nodo:	Tag:
Prosonic M	20	H1_DEVICE_1
SIPART PS2	23	H1_DEVICE_7
Prosonic Flow 92	245	EH_PROSONIC_FLOW_92F_E9075802000
TMT 85	21	H1_DEVICE_5
TMT 85	22	H1_DEVICE_4

Tabla 2. Nodos y marcas de los dispositivos.

Estos nodos y marcas serán colocados en sus respectivos dispositivos en la pestaña de configuración de la red <**Network Configuration**> (véase figura 18).



Figura 18. Asignación de nodos y marcas en la pestaña de configuración.

Corroborada la correspondencia se procederá a la asignación comenzando con el dispositivo de vinculación FG 110 FF, para lo cual se hará click sobre el mismo en la pestaña de <**Network Livelist**>.

Luego se cambiará a la ventana de <**Network Configuration**> y sobre el FG-110 se hará click derecho y se seleccionará **Assign** como se muestra en la figura 19.

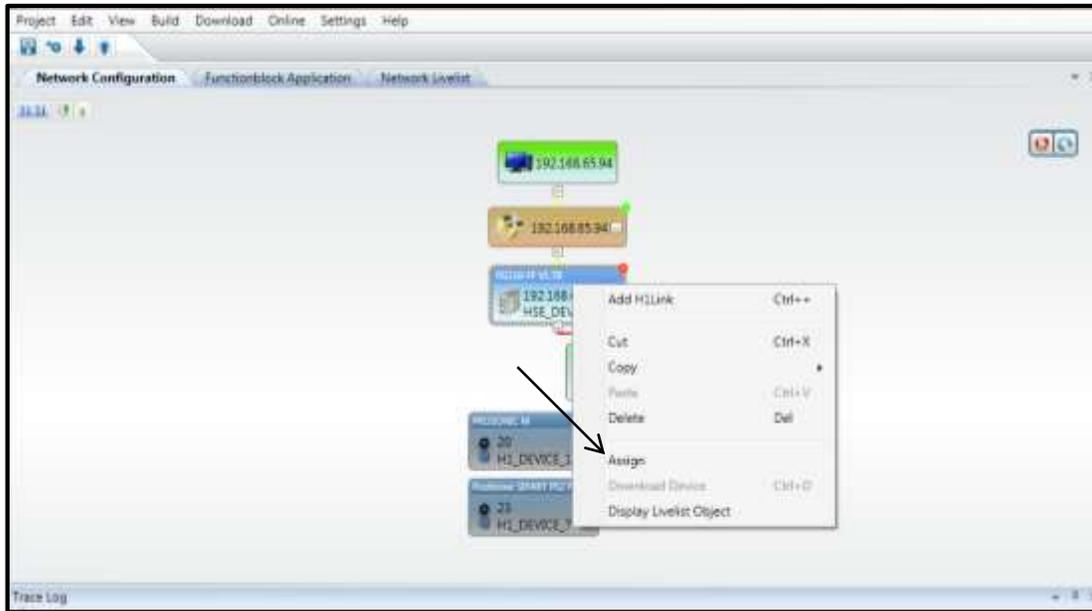


Figura 19. Asignación de dispositivo de vinculación.

Si la asignación fue correcta el punto rojo sobre la esquina derecha del dispositivo pasara de rojo a verde, al igual que su H1 Link (véase figura 20).



Figura 20. Asignación completada.

De la misma manera se procederá con la asignación de los dispositivos H1, para lo cual primero se deberá seleccionar el elemento en la <Network Livelist> (véase figura 21).



Figura 21. Asignación de dispositivo de medición.

Y luego en la configuración de red se asignará el elemento señalado a través del click derecho > **Assign** (véase figura 22).

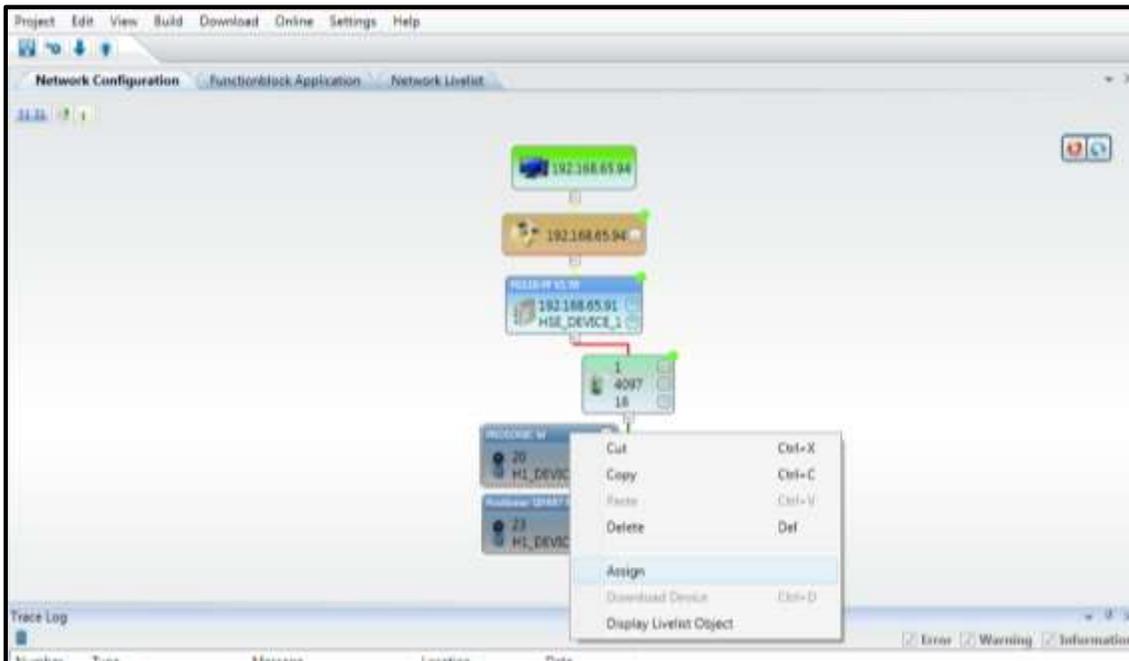


Figura 22. Asignación de dispositivo de medición.

En la siguiente figura se muestra el dispositivo Prosonic M con un punto verde en su esquina superior, indicando que la asignación se realizó correctamente (véase figura 23).

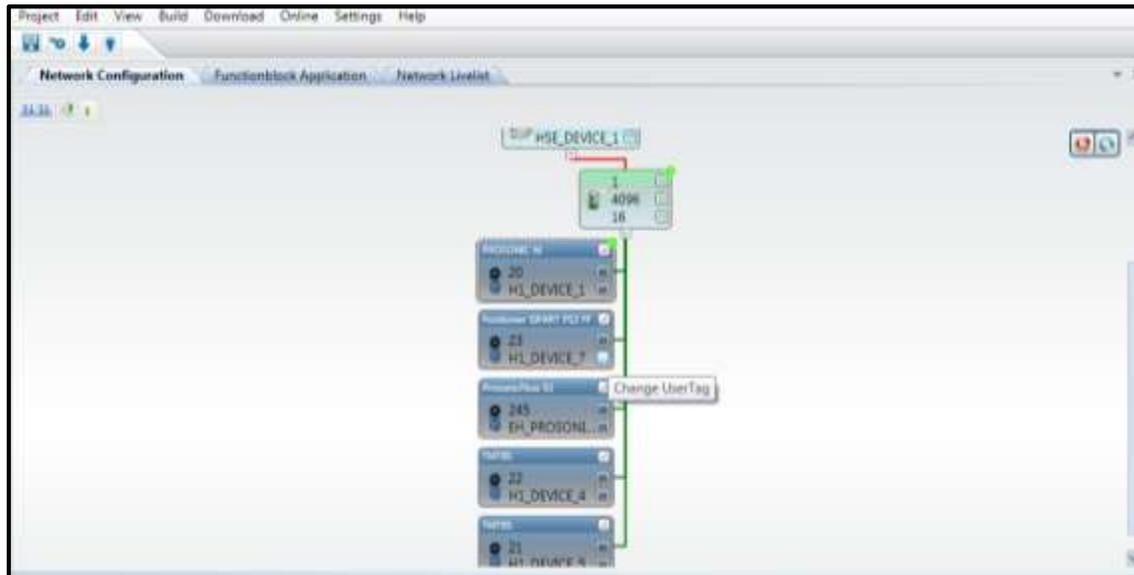


Figura 23. Asignación de dispositivo de medición completada.

Finalmente se procede con la asignación de todos los dispositivos de la red, tal como se muestra en la figura 24.

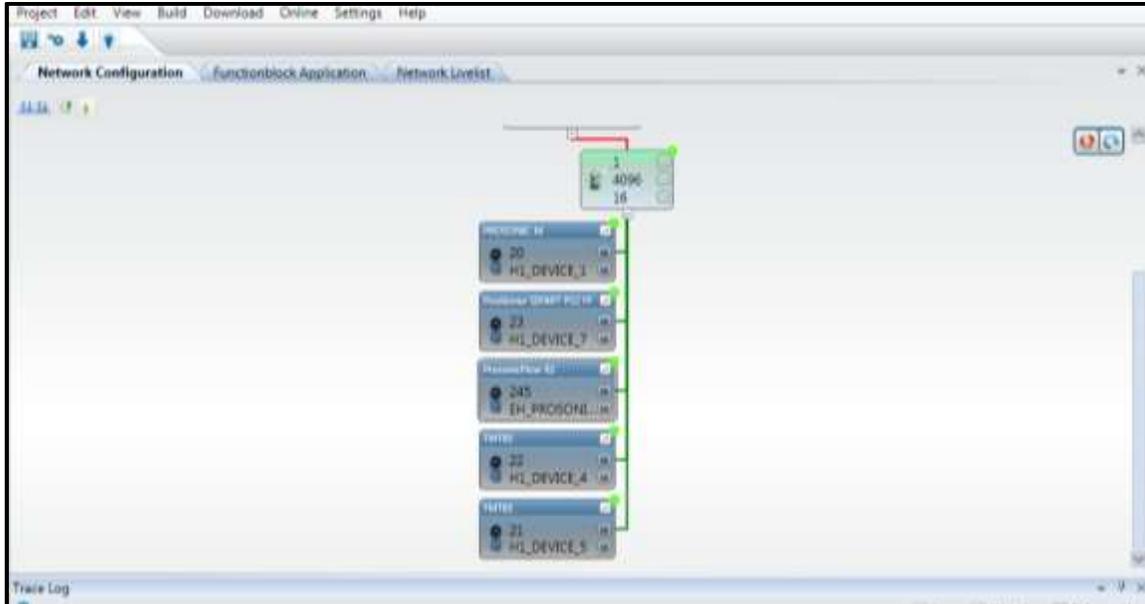


Figura 24. Asignación de dispositivos.

## 7. Resultados y/o discusión

La presente práctica presenta los pasos necesarios para la configuración de la red Foundation Fieldbus del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana Sede

Cuenca. Al configurar la red se integró el FG-110F al cual a su vez están conectados 5 dispositivos de campo foundation, todos estos dispositivos solo ocupan un segmento de los 4 que dispone el elemento de vinculación.

Entre las dificultades que puede presentar la practica está el reconocimiento de los elementos de campo, un error que puede ser corregido mediante la inicialización del programa de configuración FF-CONF con la PC conectada únicamente a la red LAN, y apagando los adaptadores para conexiones inalámbricas.

## **8. Conclusiones y Recomendaciones**

### **8.1 Conclusiones**

- La topología encontrada en bus de campo es de árbol debido a que los 5 dispositivos de medición y actuador se encuentran conectados a un trunk principal, por medio de 5 derivaciones con un medio físico de acuerdo a los requerimientos de Foundation Fieldbus.
- El dispositivo de vinculación permite la integración de los dispositivos de campo FF, por medio de la configuración del bus y elementos de la red.

### **8.2 Recomendaciones**

- Al crear un nuevo proyecto en la herramienta de configuración, verificar que las direcciones de la PC y tarjeta de red sean las de la red a la que se encuentra conectado el dispositivo de vinculación.
- Si la asignación de los dispositivos de la red a los configurados no se produce, verificar que sus archivos de descripción importados sean los correctos, ya que pueden ser de versiones posteriores o anteriores.

## **9. Referencias**

[1] Comunicaciones Industriales, Rodríguez Penin Aquilino, Marcombo, Capítulo 1, Páginas: 51-54.

[2] Moore Hawke, Implementing Foundation Fieldbus H1 Networks in Hazardous Areas, 2007, Disponible en: [http://www.miinet.com/Portals/0/PDFs/Implementing\\_FF\\_in\\_Hazardous\\_Areas.pdf](http://www.miinet.com/Portals/0/PDFs/Implementing_FF_in_Hazardous_Areas.pdf)

[3] Fieldbus Foundation, Standards, 2006, Disponible en: [http://www.fieldbus.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=142&Itemid=318](http://www.fieldbus.org/index.php?option=com_content&task=view&id=142&Itemid=318)

[4] Guillermo Domínguez Crespo, Manual para la instalación y configuración del Linking Device FG-110 FF, y posterior levantamiento de señales sobre el bus de campo FieldBus del laboratorio de automatización, disponible en el laboratorio de automatización y control totalmente integrado de la Universidad Politécnica Salesiana.

[5] Softing Industrial Automation GmbH, Softing Linking Device, Manual for Configuration, Installation and Maintenance, 24 de julio del 2013, páginas 40-53.

# Configuración de los equipos del bus Foundation Fieldbus por medio del equipo de vinculación FG-110FF

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Redes Industriales](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 40min](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica brinda al estudiante las herramientas necesarias para afianzar los conocimientos del bus de campo Foundation Fieldbus. La práctica contempla la revisión del fundamento teórico así como el procedimiento necesario para la configuración y puesta en marcha del bus de campo, a través del dispositivo de vinculación FG-110 FF.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

### 2.1 Lecturas recomendadas:

- Comunicaciones Industriales de Rodríguez Penin Aquilino [1], páginas: 51-54.
- Implementing Foundation Fieldbus H1 Networks in Hazardous Areas de Moore Hawke [2].
- Estándares de comunicación de Foundation Fieldbus [3].
- Manual para la instalación y configuración del Linking Device FG-110 FF, y posterior levantamiento de señales sobre el bus de campo FieldBus del laboratorio de automatización, disponible en el laboratorio de automatización y control totalmente integrado [4].

### 2.2 Software requerido:

- Instalación de la herramienta de configuración FF-CONF.
- Descargar de los archivos de descripción de dispositivos o Device Description files (.cff), de los elementos de medición y actuador montados sobre la red (4 en total).

### 2.3 Prácticas realizadas requeridas:

- Práctica 12: Configuración de la red industrial Foundation Fieldbus.

## 3. Objetivos

-Configurar los bloques de función de los dispositivos H1 a través de la herramienta informática, para una correcta lectura y escritura de los dispositivos que intervienen en la red Foundation Fieldbus.

#### 4. Equipos, instrumentos y software

Los elementos requeridos para el desarrollo de la práctica se presentan en la tabla 1:

<i>Descripción</i>	<i>Marca</i>	<i>Identificación</i>
Medidor de nivel ultrasónico (1).	Endress+Hauser	Prosonic M FMU 40
Caudalímetro ultrasónico (2).	Endress+Hauser	Prosonic Flow 92
Medidor de temperatura (3).	Endress+Hauser	EH TMT85
Posicionador electro-neumático (4).	Siemens	SIPART_PS2_FF
Dispositivo de vinculación	Softing	FG-110 FF
Software de configuración	Softing	FF Configuration tool
Computadora Windows XP o 7		

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software de la guía.

En la figura 1 se muestra la ubicación de los elementos del bus de campo, en la planta “A” del laboratorio de automatización y control totalmente integrado:



Figura 1. Ubicación de los dispositivos de campo.

## **5. Exposición**

### **5.1 Fieldbus Foundation**

Este bus de campo está basado en el modelo de siete niveles IS/OSI con especificaciones compatibles a los estándares oficiales de la sociedad internacional para la medida y de control ISA, y el comité electrotécnico internacional IEC. Es un bus de campo digital desarrollado para ser compatible con las especificaciones SP50 de ISA, soportando requerimientos de zonas de seguridad intrínseca, áreas peligrosas, procesos con riesgo de explosión y ambientes con una regulación complicada [1].

Posee un bus de campo de baja velocidad H1 cuyas especificaciones técnicas aparecieron con el desarrollo de la tecnología de descripción de dispositivos DD, encargada de la interoperabilidad (capacidad de conexión de dispositivos a la red sin importar su fabricante). La interoperabilidad de este bus no se da por medio de pasarelas o Gateways, sino a través de un lenguaje común que se enmarca dentro del nivel de aplicación, en donde se establece el diseño de las funciones de control en los dispositivos y como se comunican en el bus [1].

Esta tecnología también posee un bus para el manejo de grandes cantidades de información HSE (High Speed Ethernet), usado en aplicaciones que tienen un número significativo de lazos de control complejos [1].

#### **- Características Generales**

- Maneja herramientas para la ejecución cíclica y precisa de las funciones de control, con lo cual se descarta tiempos muertos y demás problemas comunes en las comunicaciones.
- El tiempo entre los dispositivos de campo se encuentra configurado de manera que se pueda gestionar los bloques de función y dotar las alarmas en el mismo punto de detección.
- En los bloques de función se configuran los parámetros básicos de medida y control, con lo que se puede realizar controles con dispositivos de distintos fabricantes, disminuyendo tiempos de formación, implementación e ingeniería.
- El cable que utiliza es el par trenzado.
- El control puede ser realizado en el elemento maestro, en elemento de campo o entre ambos.
- Es un protocolo que soporta redundancia en interfaces y dispositivos.
- Soporta hasta 16 dispositivos por segmento [1], [2].

## - Características De La Capa Física

Su capa física es compatible con Profibus-PA, debido a que está basado en el estándar IEC11158-2, sus características dependen de si es el bus de baja o alta velocidad:

H1 (Bus de baja velocidad):

- Velocidad de transmisión de 31.25Kb/s, para integrar dispositivos que desarrollan la acción de control.
- Reflejado en el estándar IEC 61158.
- Utiliza cable par trenzado, con un alcance de 1900m sin repetidor, los cuales se pueden utilizar hasta cuatro (Puede trabajar con fibra).
- Transmisión half-duplex.
- Topología: Árbol, bus o mixto.
- Acople de dispositivos al bus mediante un concentrador.
- Soporte de seguridad intrínseca [1].

HSE (Bus de alta velocidad):

- Velocidad de transmisión a 100Mb/s o 1Gb/s, para transmisión de datos de PC, analizadores, e integración de sistemas.
- Reflejado en el estándar Ethernet/IEEE 802.
- Formado de dispositivos Ethernet estándar.
- Topología: Estrella.
- Utiliza cable par trenzado apantallado, con un alcance de 100m entre dispositivos y concentrador.
- Soporta fibra óptica, con la cual obtiene transmisión full dúplex a 2000m [1].

## 5.2 FG-110 FF

Es un gateway modbus y dispositivo de vinculación para para integración de fieldbus foundation, es decir integra dicha tecnología en sistemas de control modbus. El dispositivo cuenta con una herramienta de configuración basada en Windows y puede ser utilizada para implementar servicios de información [5].

Funciona hasta con cuatro segmentos H1 FF con un máximo de 64 dispositivos de campo (16 por segmento) en modbus RTU o sistemas de control que soporten Modbus TCP. Estas características proveen procesamiento de datos a la par que brinda ventajas como cableado reducido, parametrización central de dispositivos de campo, funcionalidad de diagnósticos completos, implementación de control en el campo por medio de la configuración de dispositivos de campo como un bucle de control, sin la necesidad de un componente controlador [5].



Figura 3. Dispositivo FG-110 FF [5]

La herramienta de configuración incluida con el dispositivo (FF-CONF) se comunica a través del protocolo de alta velocidad de foundation fieldbus HSE, permitiendo la configuración completa de la red al configurar los bloques de función de enlace y programación, así como ajustes de los parámetros del bus y dispositivos de campo. Dicha herramienta hace uso de archivos de descripción de dispositivos estándar, que son proporcionados por sus fabricantes y la organización Fieldbus Foundation [5].

Otra característica del dispositivo es un servidor web integrado con el cual se puede definir el mapeo de funciones FF a los registros modbus, o el monitoreo de las variables del proceso [5].

### 5.3 FF-CONF

Esta herramienta nos permite la configuración fuera de línea y la construcción de la configuración de la red.



Figura 4. Ventana del software FF-CONFIG [5].

- **1.** Nos permite visualizar el nombre del archivo del proyecto abierto, así como el estatus del programa (Online/Offline).

- **2.** En el menú principal se encuentran ítems para administrar y organizar el proyecto, como la opción de Project, donde se puede crear, abrir, cerrar, borrar y guardar el proyecto.

En la opción Editar se encuentra las funciones relacionadas con el sistema, y en la tercera opción VIEW se puede activar la opción Network LiveList, Schedule o se puede ver partes intencionalmente ocultas de la pantalla como TRACE LOG o vistas previamente activadas [5].

En BUILD se tiene dos opciones, compilar todo y chequear todo, estas opciones se las puede realizar en los dos estados del proyecto (Online-Offline), la opción de Check all es útil porque nos permite ver peligros y errores en el Trace Log cuando faltan asignaciones de dispositivos [5].

DOWNLOAD se ejecuta en modo fuera de línea y permite dos opciones: Descargar dispositivo y descargar proyecto, este último transfiere el dominio de descarga creado por una acumulación desde el PC al dispositivo de enlace y los dispositivos H1 [5].

En la misma opción se tiene Project Settings donde se define los ciclos del auto guardado y el manejo con las marcas, si se desea añadir o cambiar la descripción del proyecto, se lo puede realizar desde esta opción [5].

- **3.** El ToolBar se presentan 4 botones que presentan un acceso rápido a las opciones de guardar, compilar, descargar y pasar a modo online [5].

- **4.** Aquí se encuentran las pestañas con las funciones más importantes para construir una configuración, como: asignar la configuración de dispositivos de <Network Configuration> a los activos en la red <Network Livelist>, configurar el <Functionblock Application> y activar la mensajería entre los bloques de los diferentes dispositivos configurados [5].

<Network Configuration>

En esta pestaña se configura la red fuera de línea [5].

<Functionblock Application>

Configura la comunicación entre los blocks de los dispositivos H1 o el HSE Host.

<Network Livelist>

Muestra los dispositivos activos en ese momento. Para ejecutar el sistema es necesario asignar los dispositivos configurados a los activos de la red, tal como se mostrara en secciones posteriores [5].



## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

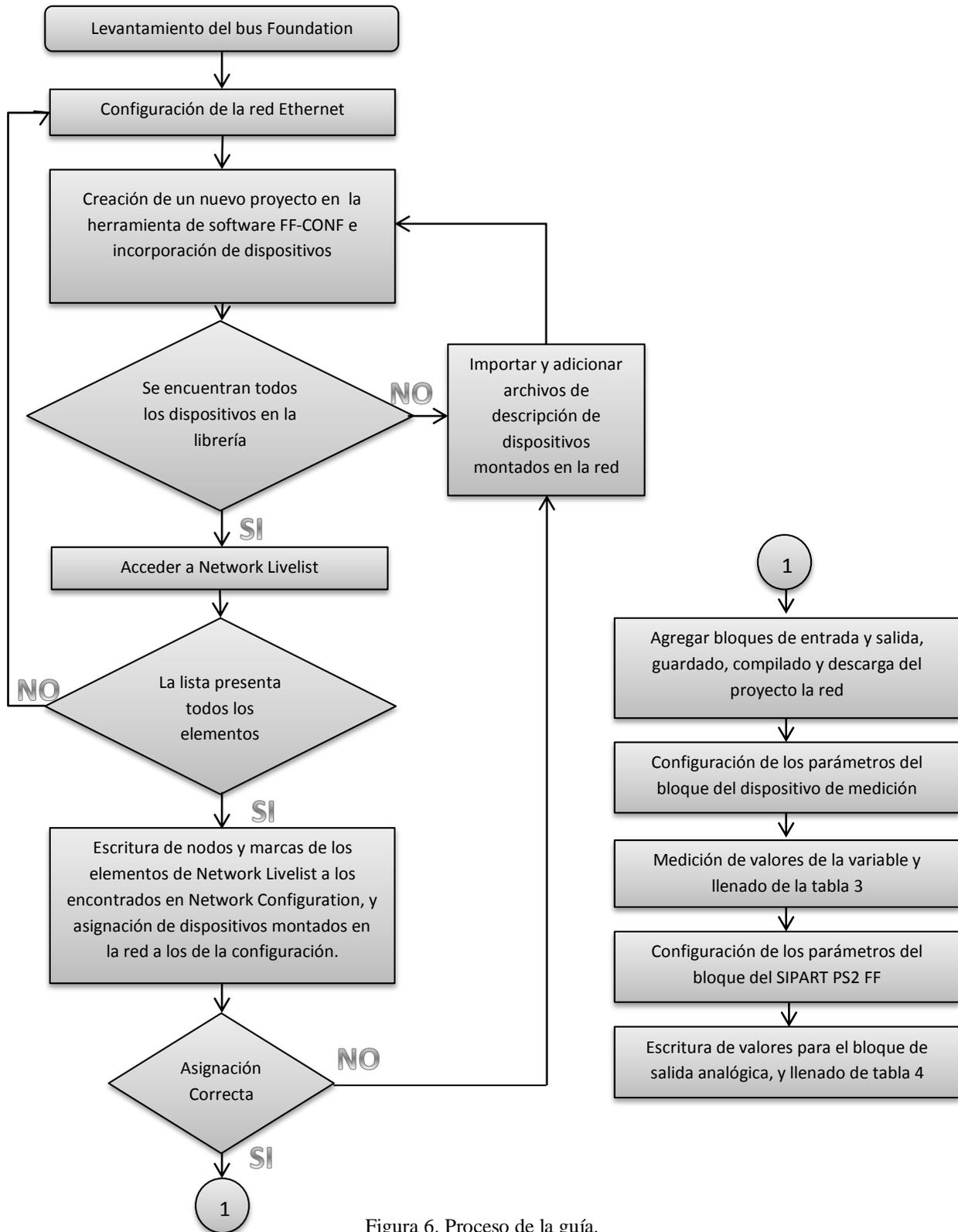


Figura 6. Proceso de la guía.

## 6.2 Procedimiento

Este procedimiento se realizara partiendo del punto final del procedimiento de la práctica 12: Configuración de la red industrial Foundation Fieldbus; En la cual se debió configurar la red montada en la planta y asignar todos sus elementos a nuestra configuración de red.

Finalizada la asignación se procede con la configuración de la comunicación entre los bloques de los dispositivos H1 y el dispositivo de vinculación, a través de la ventana de **<Functionblock Application>** (véase figura 7).

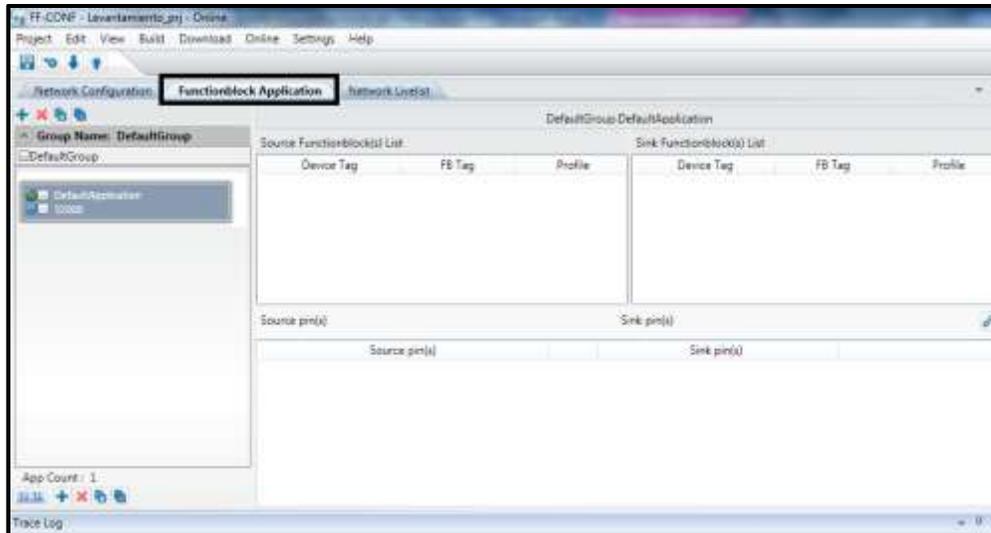


Figura 7. Configuración de los bloques de los dispositivos H1.

En esta ventana se deberán agregar los bloques correspondientes a los dispositivos H1, los mismos que se encuentra en **BLOCKS** tal como se muestra en la figura 8.

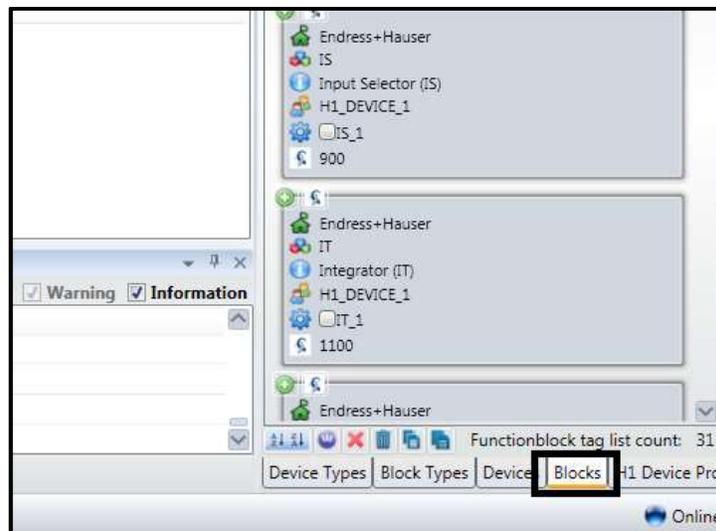


Figura 8. Configuración de los bloques de los dispositivos H1.

Aquí aparecerán todos los bloques de los dispositivos, como ejemplo se agregará una entrada analógica del equipo Prosonic M para la medición del nivel (véase figura 9).

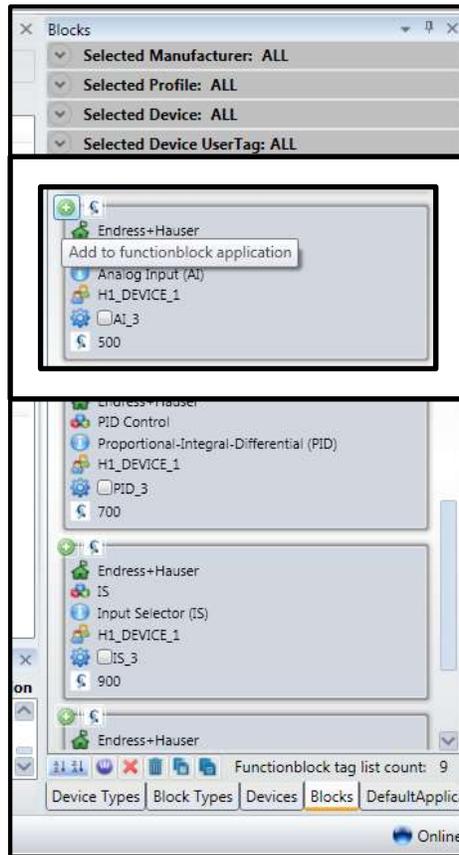


Figura 9. Configuración de los bloques de los dispositivos H1.

Una vez agregado el bloque aparecerá dentro del <Source Functionblock List> (véase figura 10).

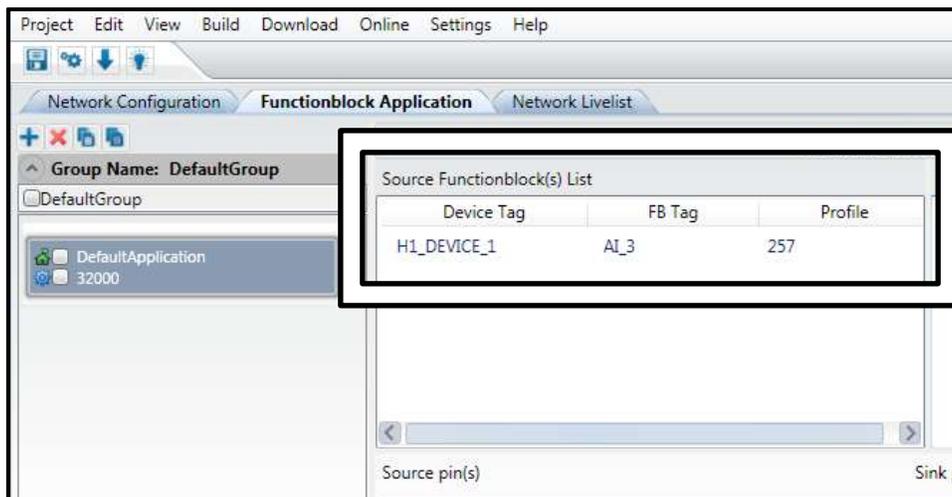


Figura 10. Configuración de los bloques de los dispositivos H1.

En la siguiente imagen se agregará el bloque de la salida analógica para el control de posición de la válvula Jordan.

De la misma forma que el anterior, una vez agregado el bloque, este aparecerá en la fuente de <Source Functionblock List> (véase figura 11).

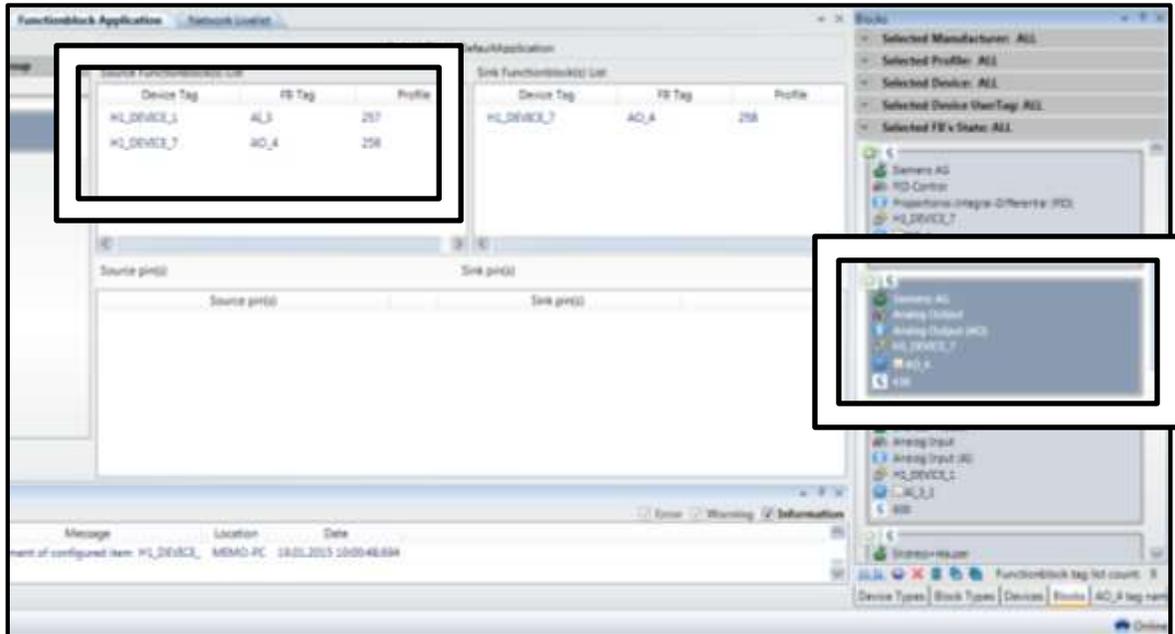


Figura 11. Configuración de los bloques de los dispositivos H1.

Una vez agregados todos los bloques se procede a guardar el proyecto mediante el botón rápido proporcionado en la barra de herramientas (véase figura 12).

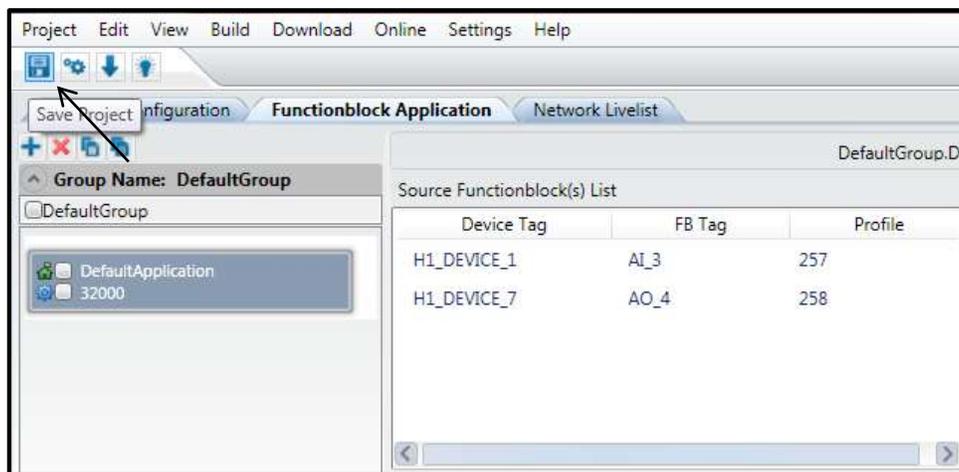


Figura 12. Guardado del proyecto.

Cuando se finalice el guardado aparecerá un mensaje en **Trace Log**, al igual que lo muestra la figura 13.



Figura 13. Guardado del proyecto.

El siguiente paso es compilar el proyecto con el botón de **compilado**, y prestando atención en Trace Log que visualizara un mensaje cuando la compilación haya finalizado (véase figura 14).

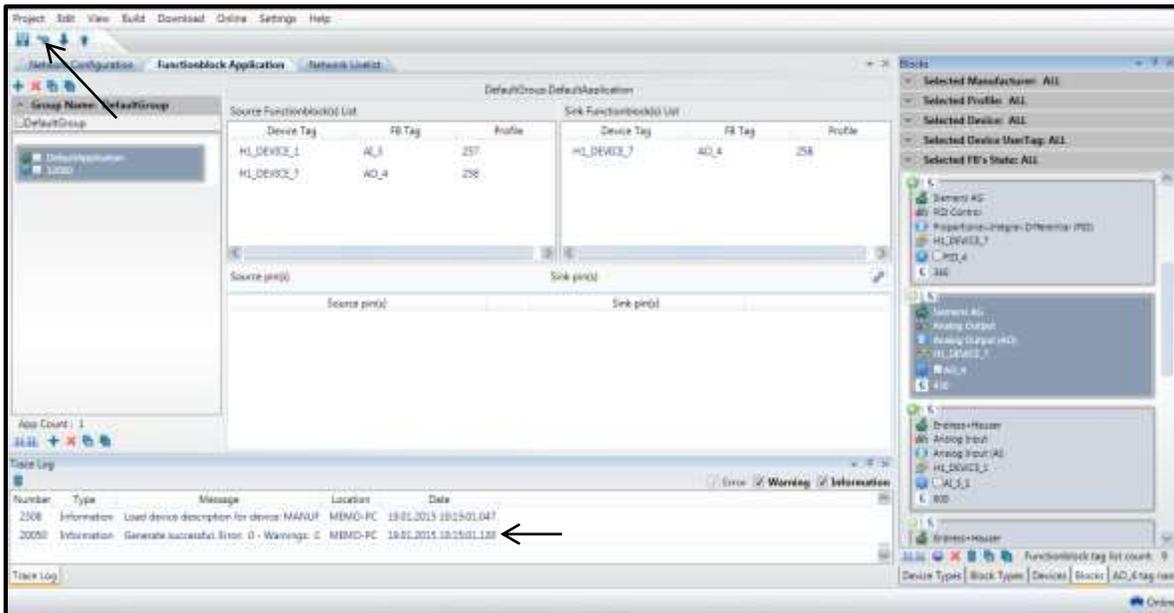


Figura 14. Compilación del proyecto activo.

Si la compilación no muestra errores ni peligros, se procede con la descarga del proyecto a través del botón de **download** encontrado en la misma barra de herramientas.

La descarga del proyecto puede durar unos minutos debido a la cantidad de parámetros que se están configurando (véase figura 15).

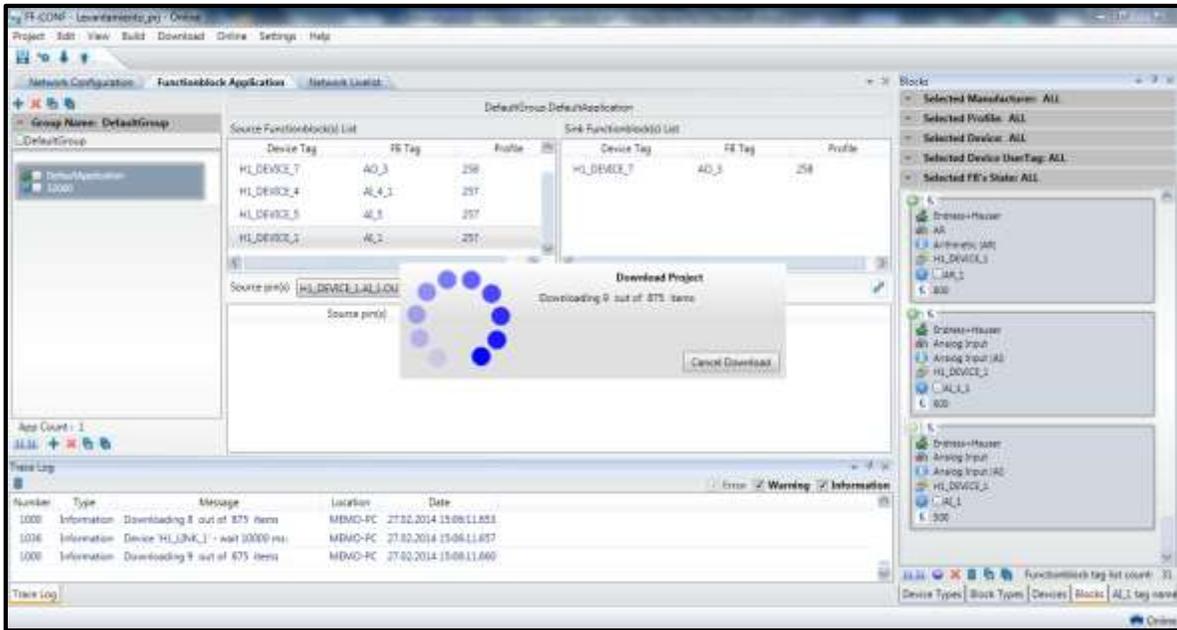


Figura 15. Descarga del proyecto activo.

Si la descarga se realizó de una forma correcta, se visualizará un mensaje de descarga completa con cero errores como presenta la figura 16.

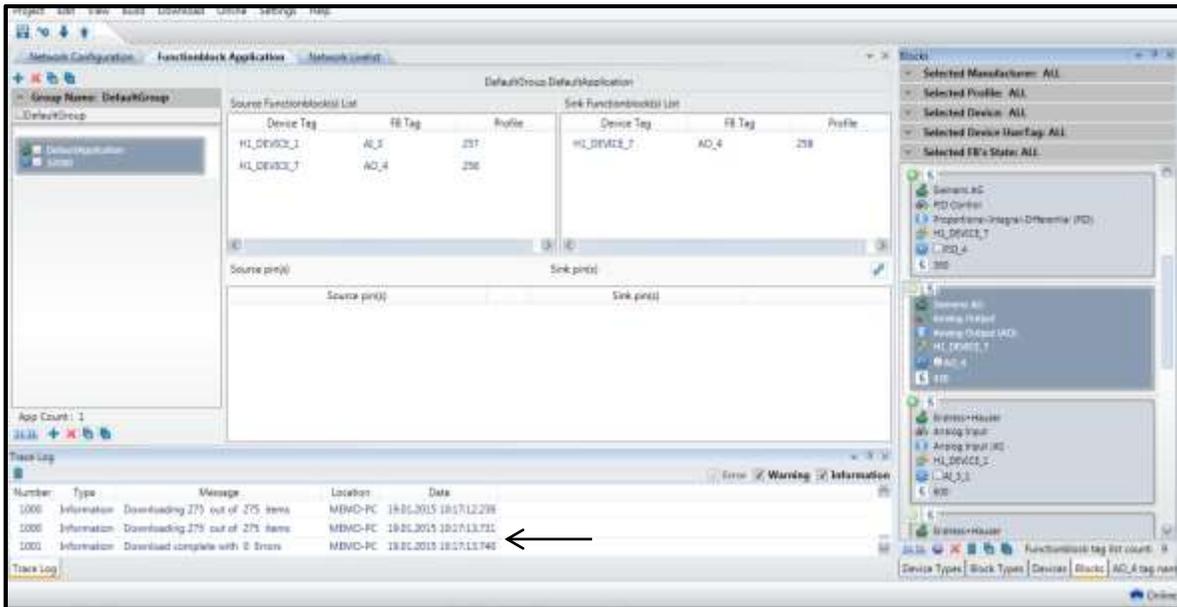


Figura 16. Descarga del proyecto activo.

Para el levantamiento de señales en Foundation Fieldbus primero es necesario configurar los bloques de función que se utilizarán y sus parámetros.

Para acceder a esta configuración se hace click derecho sobre el bloque y luego se selecciona **FB Parameter View** (véase figura 17).

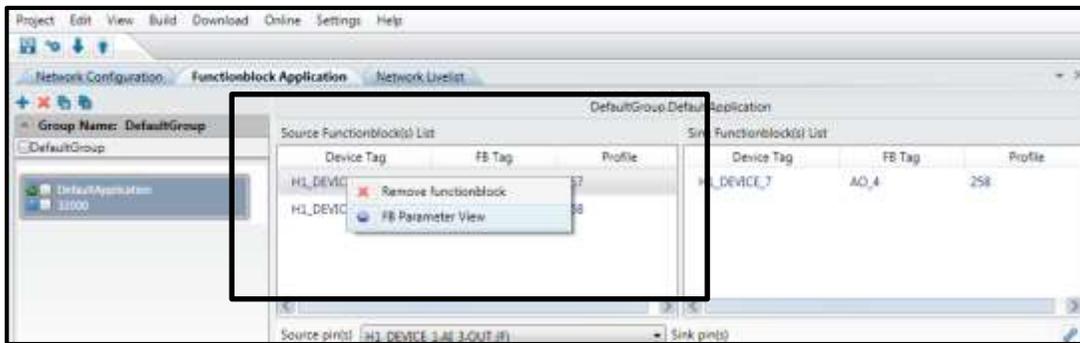


Figura 17. Configuración de los parámetros del bloque del dispositivo Prosonic M.

### 6.2.1 Configuración Prosonic M.

Una vez seleccionado se abrirá una ventana con todos los parámetros del bloque de la entrada analógica para el equipo de medición. Primero se pulsara **<Read All>** que permite leer el valor actual de todos los parámetros de la entrada analógica (véase figura 18).

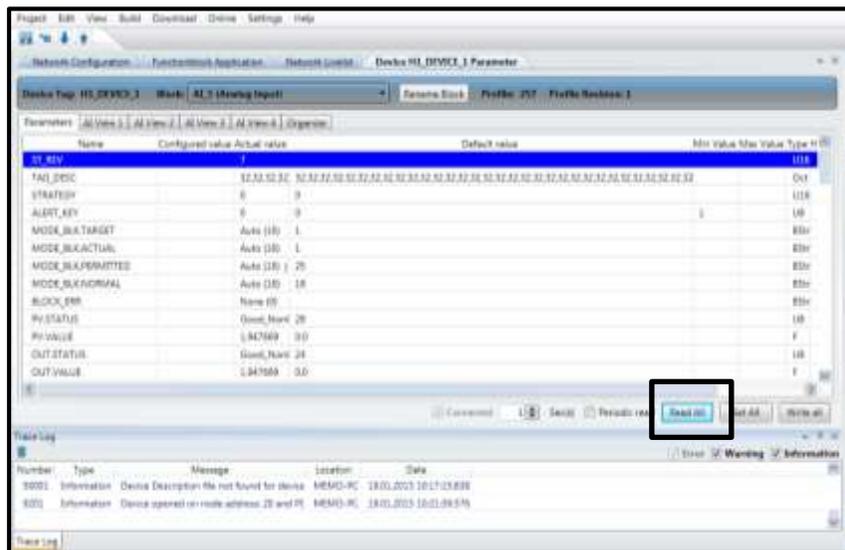


Figura 18. Configuración de los parámetros del bloque del dispositivo Prosonic M.

Una vez visualizado todos los parámetros se procederá a buscar el parámetro **MODE\_BLK\_TARGET**. Este parámetro permite saber en qué modo se encuentra el bloque: OOS (Fuera De Servicio), Auto, Manual, Cascada, entre otros.

Para configurar un bloque es necesario cambiar este parámetro a OOS, primero seleccionando el mismo y luego pulsando **Set**, y finalmente **Write**, como se muestra en las figuras 19 y 20.



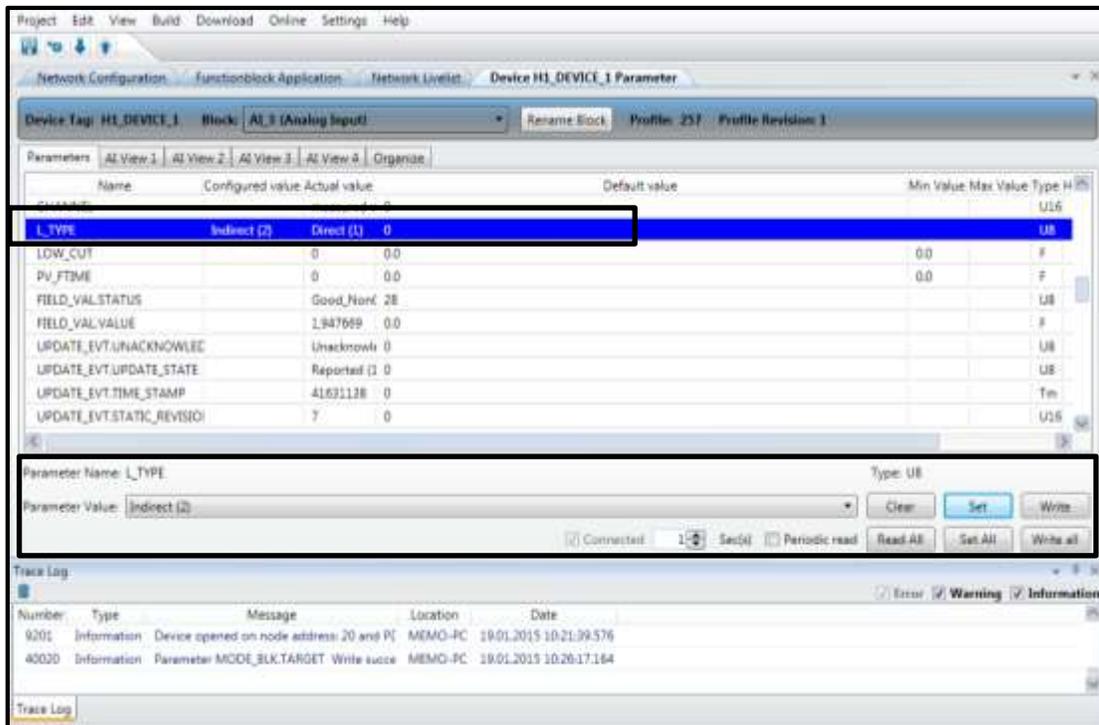


Figura 21. Configuración del parámetro del bloque del dispositivo Prosonic M.

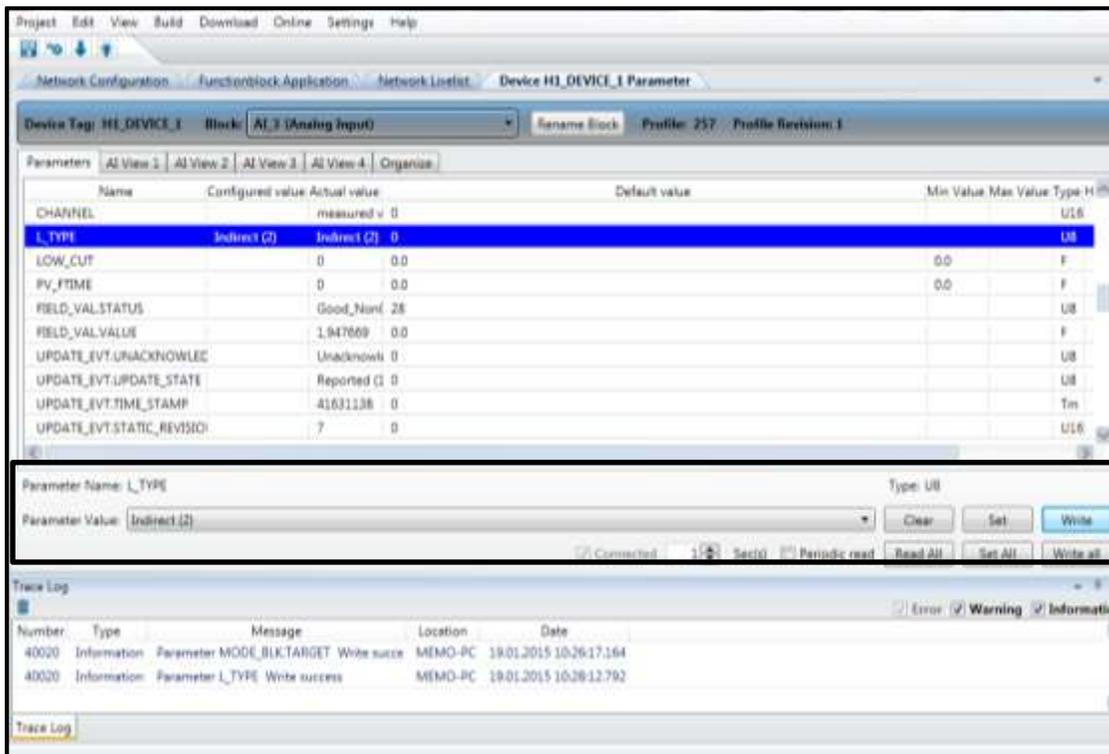


Figura 22. Configuración del parámetro del bloque del dispositivo Prosonic M.

En el campo de **CHANNEL** se configura la variable a medir que en caso de este equipo puede ser el nivel o temperatura pero el primero de dos formas distintas: measured value que es el nivel porcentual y measured dist. que es el nivel en unidades de distancia (véase figura 23).

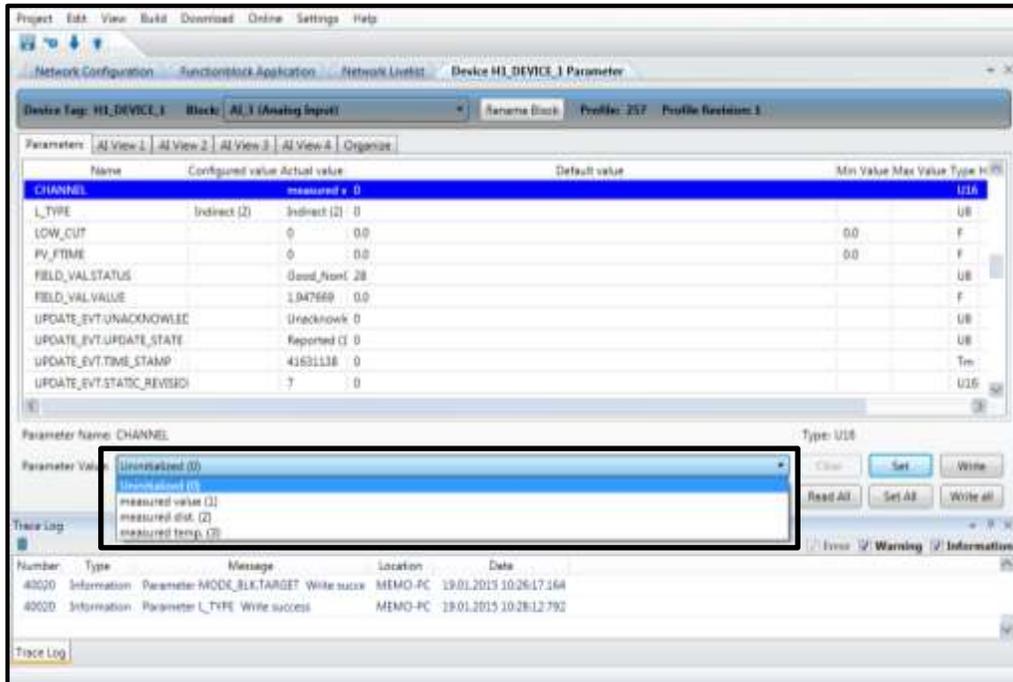


Figura 23. Selección de la variable a medir.

Para efectos de la práctica se toma measured value, que indicará la medición de nivel del tanque en forma porcentual (véase figura 24).

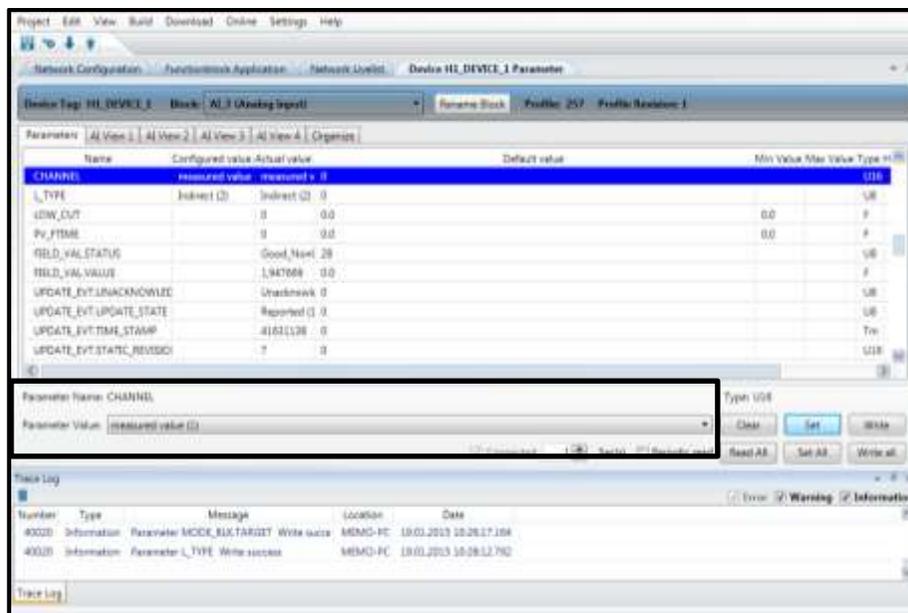


Figura 24. Escritura sobre el parámetro para medir el nivel del tanque.



La lectura de todos los parámetros se puede realizar de forma periódica haciendo click izquierdo sobre **Periodic read**, tal como lo muestra la figura 27.

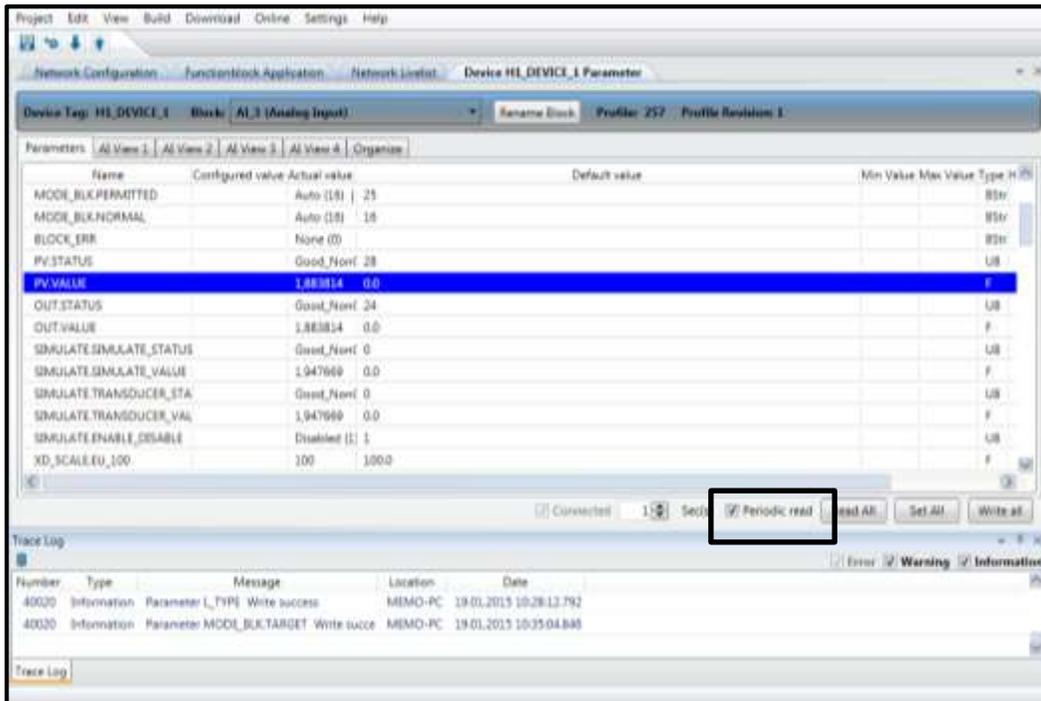


Figura 27. Configuración del parámetro del bloque del dispositivo Prosonic M.

Otra opción para la lectura es hacer click derecho sobre el campo del parámetro y pulsar **Read** (véase figura 28).

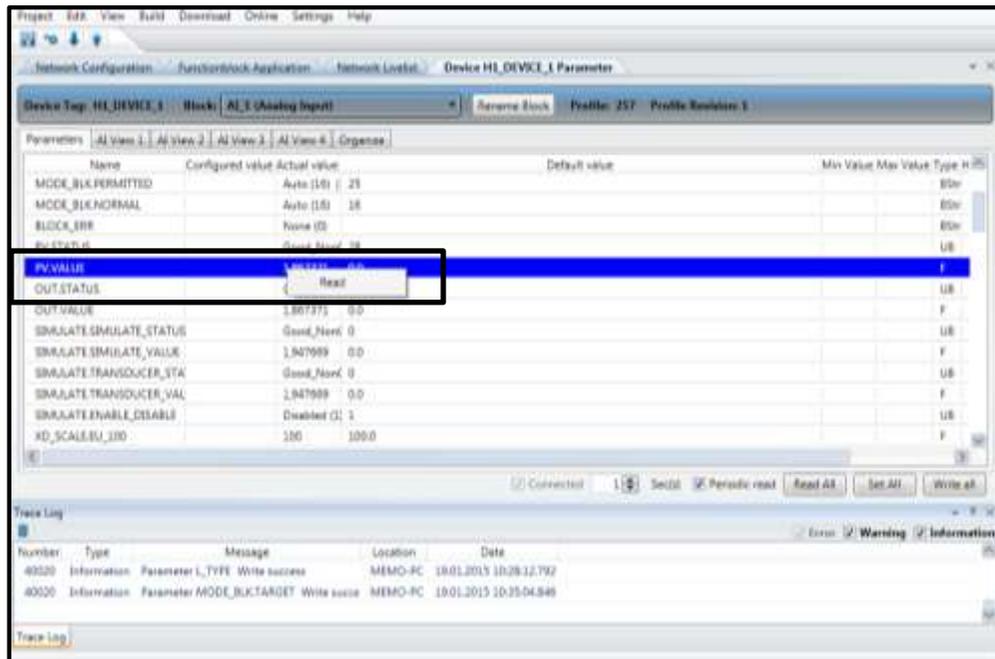


Figura 28. Configuración del parámetro del bloque del dispositivo Prosonic M.

Finalizada la configuración del equipo se deberá completar la tabla 2, con las mediciones obtenidas en la herramienta de configuración y el indicador del dispositivo.

% de llenado del tanque	Valor obtenido mediante la herramienta FF-CONF	Valor obtenido del indicador
0%	0.13	0.15
25%	26.0835	25.96
50%	52.26	52.21
75%	75.10	74.95
100%	90.17	90.41

Tabla 2. Mediciones Prosonic M

### 6.2.4 Configuración SIPART PS2 FF.

Para configurar otro dispositivo es necesario **cerrar el actual FB Parameter View** y abrir un nuevo FB Parameter View con el bloque del dispositivo del controlador SIPART PS2 FF.

Primero se pulsara **<Read All>** que permite leer el valor actual de todos los parámetros de la salida analógica.

Una vez visualizado todos los parámetros procederá a buscar el parámetro **MODE\_BLK\_TARGET**. Este parámetro nos permite saber en qué modo se encuentra el bloque.

Para configurar un bloque es necesario cambiar este parámetro a OOS, primero seleccionando el mismo y luego pulsando **Set**, y finalmente **Write**, como se muestra en la siguiente figura 29.

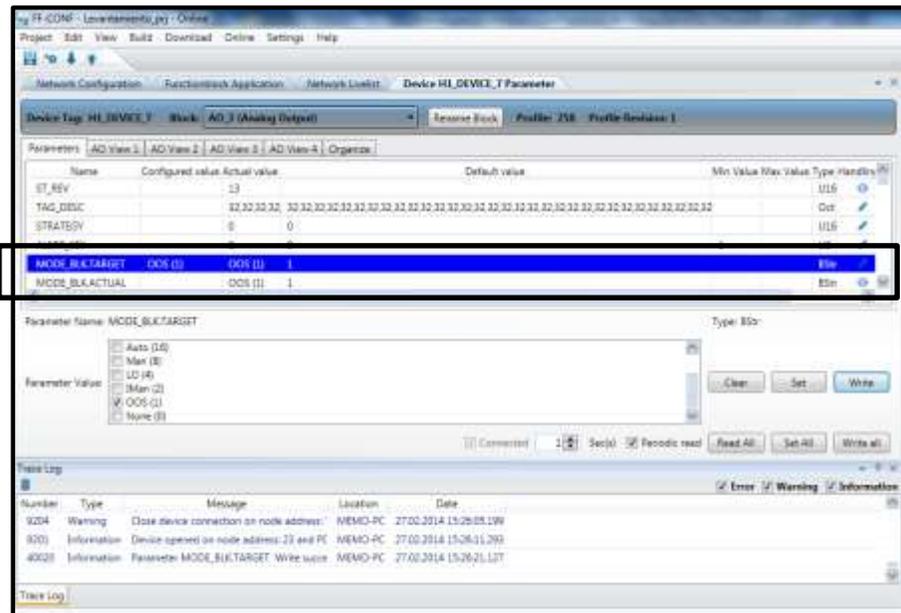


Figura 29. Configuración de los parámetros del bloque del dispositivo SIPART PS2 FF.

En el campo de **CHANNEL** se configura la variable a controlar que en caso de este equipo es la salida analógica (véase figura 30).

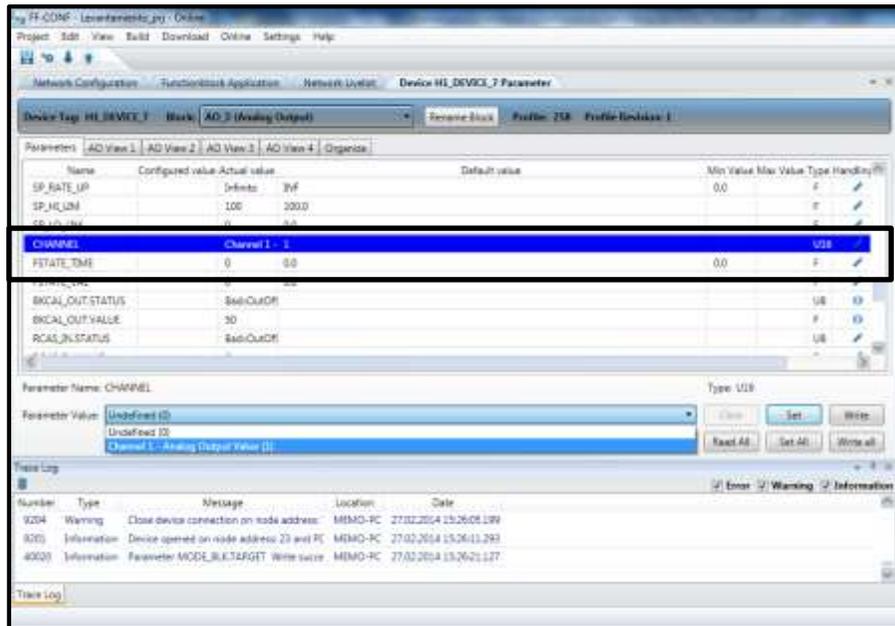


Figura 30. Configuración de los parámetros del bloque del dispositivo SIPARTA PS2 FF.

Una vez configurados estos campos se volverá a cambiar el valor del parámetro **MODE\_BLK\_TARGET** a Auto (véase figura 31).

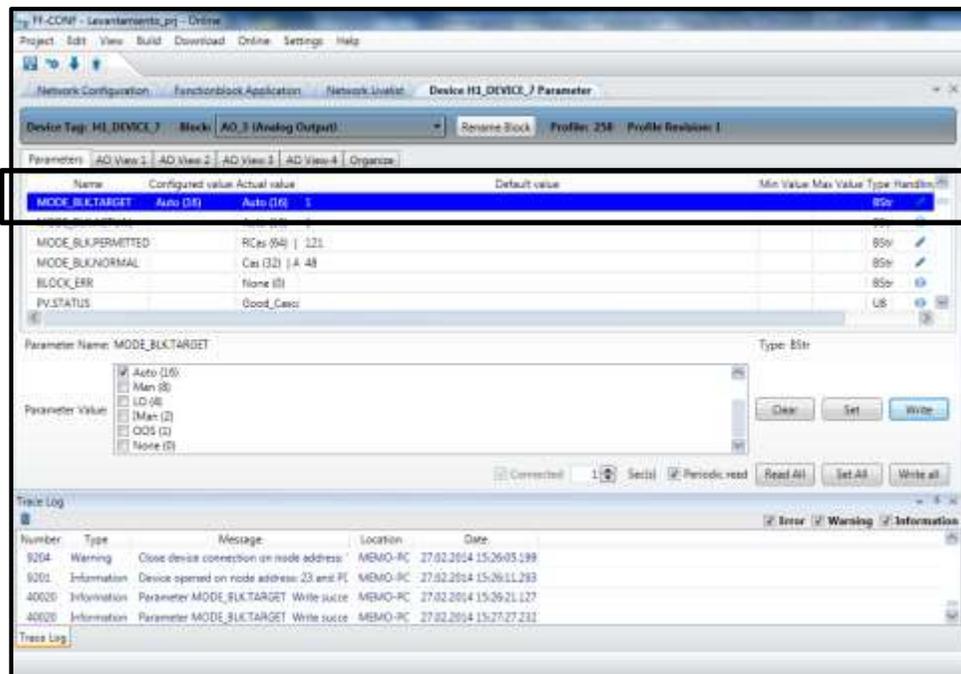


Figura 31. Configuración de los parámetros del bloque del dispositivo SIPARTA PS2 FF.

En las figuras 32 y 33 se muestra un cambio en la posición de la válvula de un 50 a 40 por ciento de abertura, a través del cambio en los valores del parámetro que indica el set point **SP. VALUE**.

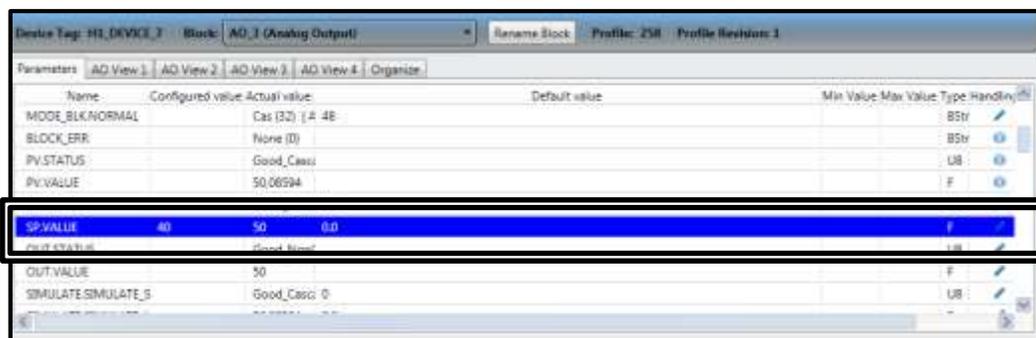


Figura 32. Configuración de los parámetros del bloque del dispositivo SIPARTA PS2 FF.

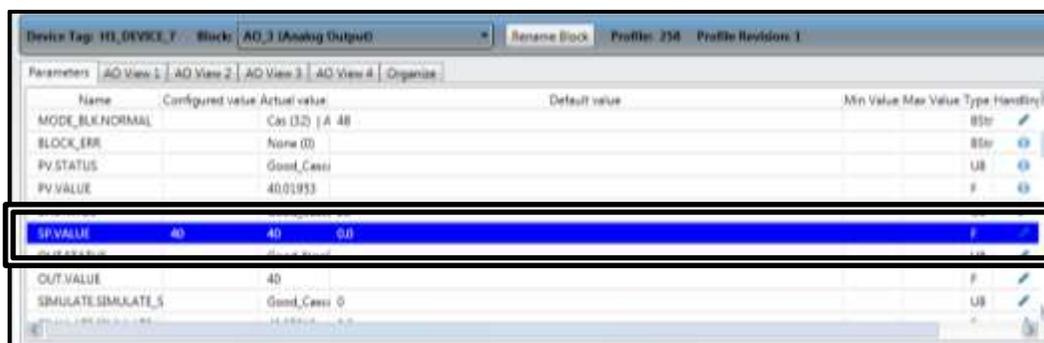


Figura 33. Configuración de los parámetros del bloque del dispositivo SIPARTA PS2 FF.

De la misma manera se procura a verificar la correcta configuración de posicionador SIPART, a través del cambio de su set point que en este caso es un valor porcentual de 0-100%.

Valor colocado en la salida a través de la herramienta FF-CONF	Valor observado en el indicador de la válvula
0	0.1
35	34.9
70	70
100	96.8

Tabla3. Mediciones SIPART PS2 FF

## 7. Resultados y/o discusión

La presente guía proporciona la información necesaria para la configuración de bus industrial Foundation Fieldbus y puesta en marcha de dos equipos de campo en la red, utilizando el dispositivo de vinculación FG-110 FF y su respectiva herramienta de configuración FF CONF.

La tabla 2 expone los datos recolectados en la medición de nivel del tanque no cubierto de la planta “A” del laboratorio de automatización y control totalmente integrado por medio

del dispositivo PROSONIC M, mientras que la tabla 3 presenta los valores impuestos en la herramienta de configuración para el posicionador SIPART PS2 FF y su indicación ante dicha acción para la verificación de su funcionamiento.

## **8. Conclusiones y Recomendaciones**

### **8.1 Conclusiones**

- La herramienta del dispositivo de vinculación estaba basada en Windows y puede ser utilizada para implementar servicios de información como la medición de nivel de tanque o control de posición de la válvula, pero solo una a la vez.
- La medición del nivel proporcionado por la herramienta FF CONF muestra valores con diferencia despreciable a los obtenidos por el indicador del dispositivo de medición, con un retraso de tiempo de un segundo.
- El posicionamiento de la válvula cumple con los valores proporcionados por el operario, teniendo en cuenta que si colocamos un 0 la válvula se encontrara completamente abierta y un si colocamos un 100 estará completamente cerrada.

### **8.2 Recomendaciones**

- Realizar la configuración y/o medición del dispositivo de campo con el cual se está trabajando antes de proceder con el siguiente, pues una vez cerrada la pestaña para la configuración del bloque de función del dispositivo no se puede volver acceder hasta que se reinicie la herramienta, ya que su objetivo principal es configuración no monitoreo.

## **9. Referencias**

[1] Comunicaciones Industriales, Rodríguez Penin Aquilino, Marcombo, Capítulo 1, Páginas: 51-54.

[2] Moore Hawke, Implementing Foundation Fieldbus H1 Networks in Hazardous Areas, 2007, Disponible en: [http://www.miinet.com/Portals/0/PDFs/Implementing\\_FF\\_in\\_Hazardous\\_Areas.pdf](http://www.miinet.com/Portals/0/PDFs/Implementing_FF_in_Hazardous_Areas.pdf)

[3] Fieldbus Foundation, Standards, 2006, Disponible en: [http://www.fieldbus.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=142&Itemid=318](http://www.fieldbus.org/index.php?option=com_content&task=view&id=142&Itemid=318)

[4] Guillermo Domínguez Crespo, Manual para la instalación y configuración del Linking Device FG-110 FF, y posterior levantamiento de señales sobre el bus de campo FieldBus del laboratorio de automatización, disponible en el laboratorio de automatización y control totalmente integrado de la Universidad Politécnica Salesiana.

[5] Softing Industrial Automation GmbH, Softing Linking Device, Manual for Configuration, Installation and Maintenance, 24 de julio del 2013, páginas 40-53.

# Configuración del bus de campo Profibus DP/PA con el PLC S7 300 de Siemens

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 60 min](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica brinda al estudiante las herramientas necesarias para afianzar los conocimientos del bus de campo Profibus, en sus versiones DP y PA. La práctica contempla la revisión del fundamento teórico así como el procedimiento necesario para la creación y configuración de la red y los dispositivos que manejan este protocolo, ubicados en la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

### 2.1 Lecturas recomendadas:

- Siemens, STEP 7 programming software, Product Information [1].
- Siemens, Configurar el hardware y la comunicación con STEP 7 [2].
- Vicente Guerrero-Ramón Yuste-Luís Martínez, Comunicaciones Industriales [3].

### 2.2 Software requerido:

- Instalación del programa Step 7 de Siemens.
- Instalación de los archivos GSD de los dispositivos Profibus.

## 3. Objetivos

Estudiar la red de comunicación industrial Profibus en sus versiones DP y PA, a través de las lecturas recomendadas en la guía, para una correcta configuración y utilización del bus de campo.

Realizar una correcta configuración de la red por medio de la herramienta informática Step 7 en su modo fuera de línea, para su posterior asignación a la red implementada.

#### 4. Equipos, instrumentos y software

En la tabla que se presenta a continuación se numeran los equipos y se indica su posición.

<i>Descripción</i>	<i>Marca</i>	<i>Identificación</i>
Cable Ethernet cruzado	-----	-----
PLC S7 300	Siemens	PLC 1
Scalance X208	Siemens	-----
Dispositivos Profibus varios	-----	-----

Tabla 1. Equipos disponibles.



Figura 1. Equipos Siemens en la planta de control de procesos A.

#### 5. Exposición

##### 5.1 SIMATIC S7-300

Se lo conoce como un sistema de automatización universal utilizado en aplicaciones con arquitecturas de control centralizadas y descentralizadas, la primera a través de un solo rack y descentralizadas por módulos de interfaz ET200, buses de campo PROFIBUS DP o PROFINET [1].

Su memoria de datos y de programa es una micro memory card MMC, la cual facilita la actualización del programa de usuario o firmware de una CPU S7-30 [1].

La siguiente lista presenta algunos de los buses industriales a los que puede conectarse:

- Industrial Ethernet
- Profinet
- Industrial Wireless LAN
- Profibus
- AS-Interface
- Modbus RTU, TCP/IP.

Su configuración se la puede realizar mediante el software SIMATIC STEP7 o mediante TIA PORTAL STEP7.

## 5.2 Ajuste de la interfaz PG/PC.

Para poder trabajar con el PLC S7 300 de Siemens debemos configurar la vía por medio de la cual se realizará la comunicación, debemos tener claro que vamos a trabajar mediante Ethernet, y necesitaremos un cable cruzado para conectar el computador al Switch Scalance X208, mediante el que se tiene acceso al PLC.

Con la conexión realizada y el proyecto creado nos dirigimos al menú **Herramientas** dentro de la ventana **SIMATIC Manager** y elegimos la opción **Ajustar Interface PG/PC**.

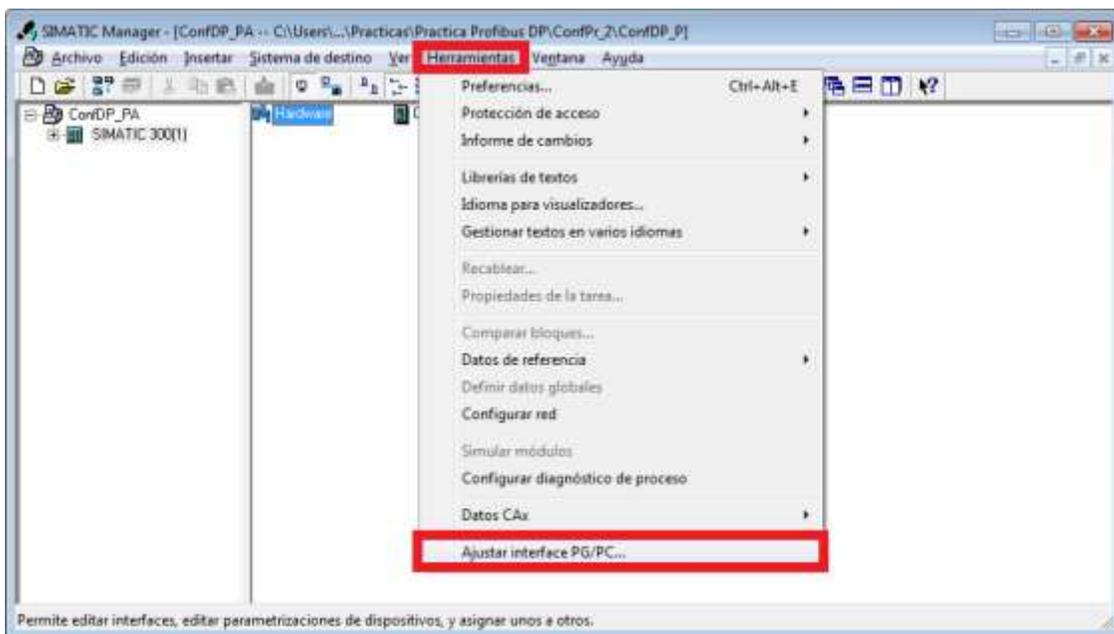


Figura 2. Ruta de acceso para ajustar la interfaz PG/PC.

Al hacerlo aparecerá una ventana en la que debemos seleccionar la tarjeta de red mediante la que se realiza la conexión seleccionamos la tarjeta y presionamos aceptar.

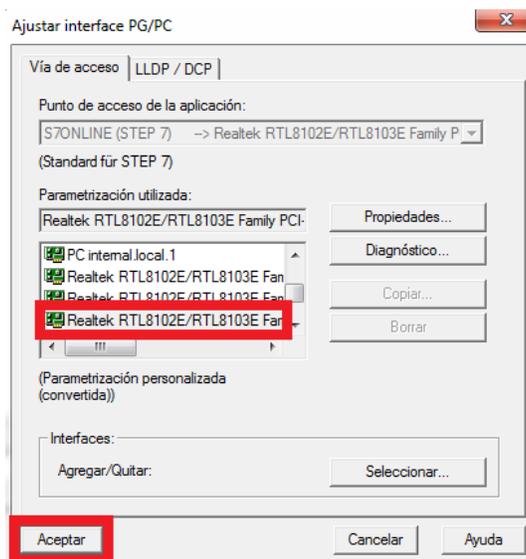


Figura 3. Selección de la tarjeta de red utilizada para la comunicación.

Si no conocemos cual es la tarjeta que debemos seleccionar, nos dirigimos al **Centro de redes y recursos compartidos** en el **Panel de Control** de la computadora, seleccionamos **Cambiar configuración del adaptador**.

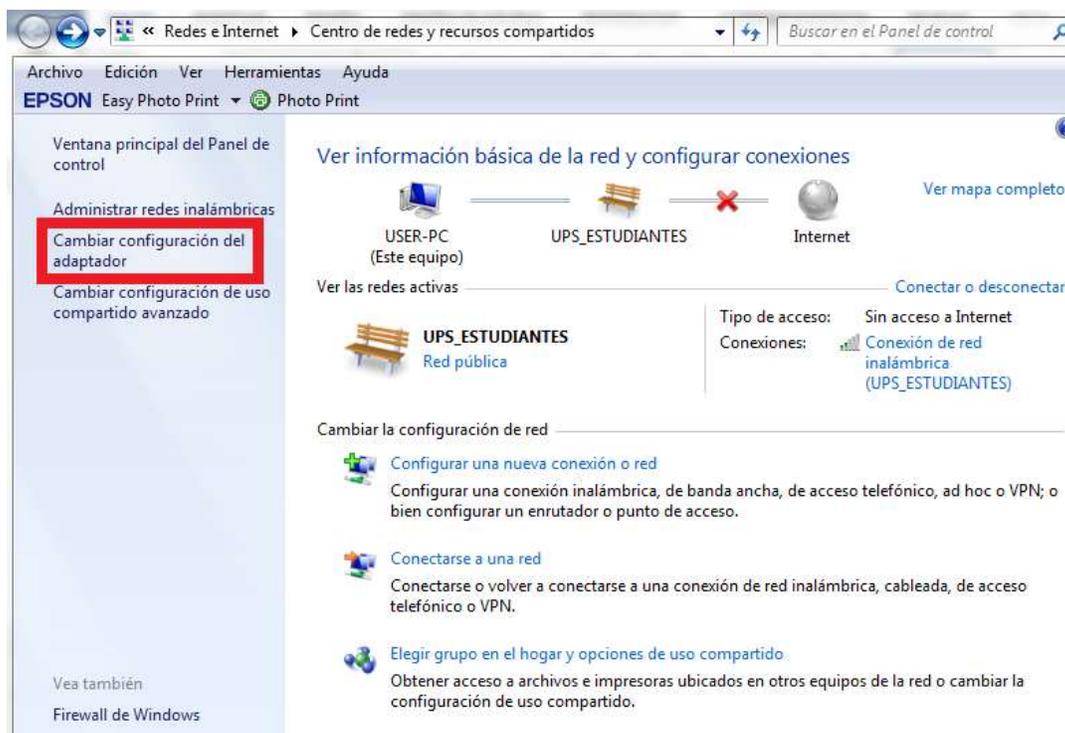


Figura 4. Ubicación en el panel de control de la opción Cambiar configuración del adaptador.

Se nos mostraran los dispositivos de red existentes, como la conexión se realiza mediante el cable buscamos la tarjeta a la que el cable de red se encuentra conectado, este nombre es el que debemos seleccionar al ajustar la interfaz PG/PC en el SIMATIC Manager.

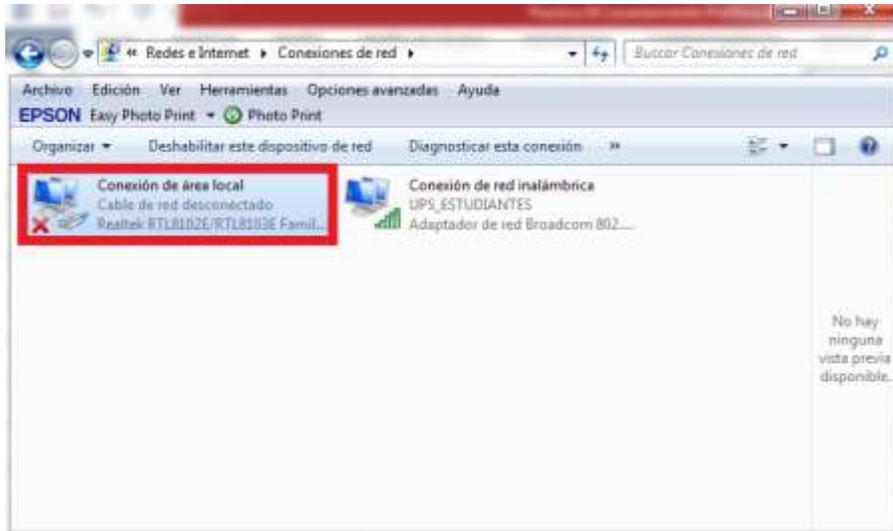


Figura 5. Tarjeta de red utilizada para la comunicación (al trabajar con cable Ethernet).

Adicional a esto debemos asegurarnos de tener asignada una dirección IP que se encuentre dentro de la misma red en la que se encuentra el PLC, podemos utilizar la dirección **192.168.65.101**.

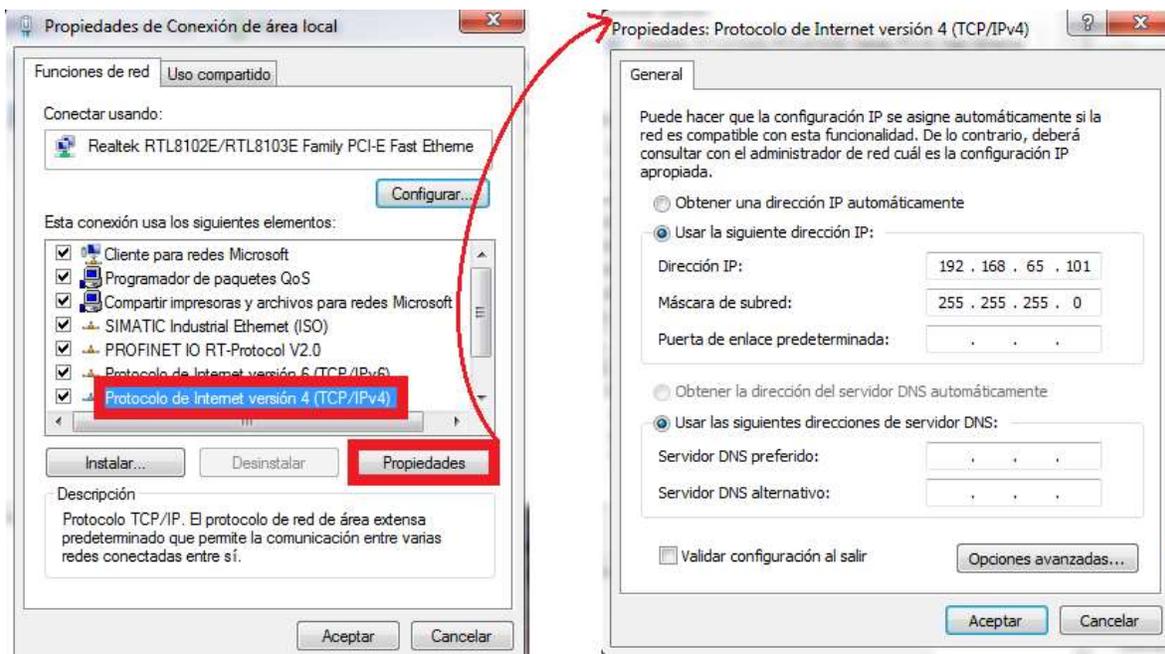


Figura 6. Configuración de la dirección IP del computador.

### 5.3 Instalación de archivos GSD.

Los archivos GSD contienen información acerca de las capacidades básicas de un dispositivo. Por lo general estos archivos se pueden descargar desde el sitio web del proveedor o fabricante del equipo. Con el archivo GSD, los integradores de sistemas pueden determinar los datos básicos, como las opciones de comunicación y los diagnósticos disponibles.

Una vez descargados se deben instalar, esto se realiza desde la ventana **HW Config** (Configuración de Hardware), por medio del menú **Herramientas>Instalar Archivos GSD**.

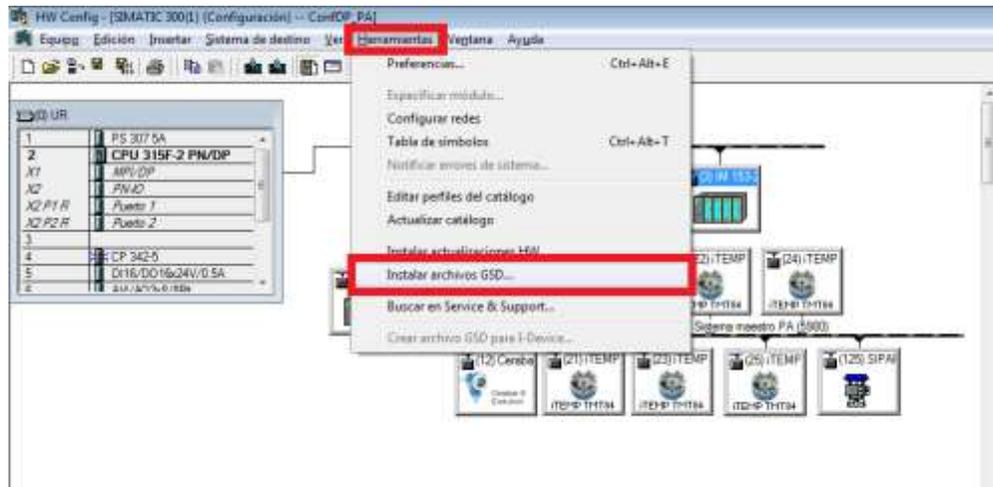


Figura 7. Ruta de acceso para instalar los archivos GSD.

Hecho esto nos aparecerá la siguiente ventana:

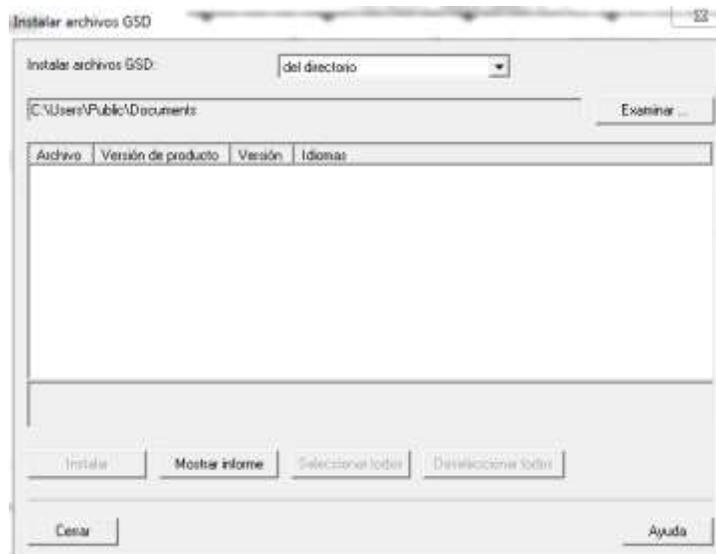


Figura 8. Ventana de instalación de archivos GSD.

En la ventana indicada, por medio del botón examinar navegaremos hacia la carpeta donde se encuentran los archivos que hemos descargado, al ubicar y seleccionar la carpeta nos aparecerán los archivos GSD formado una lista (ver Figura 9).

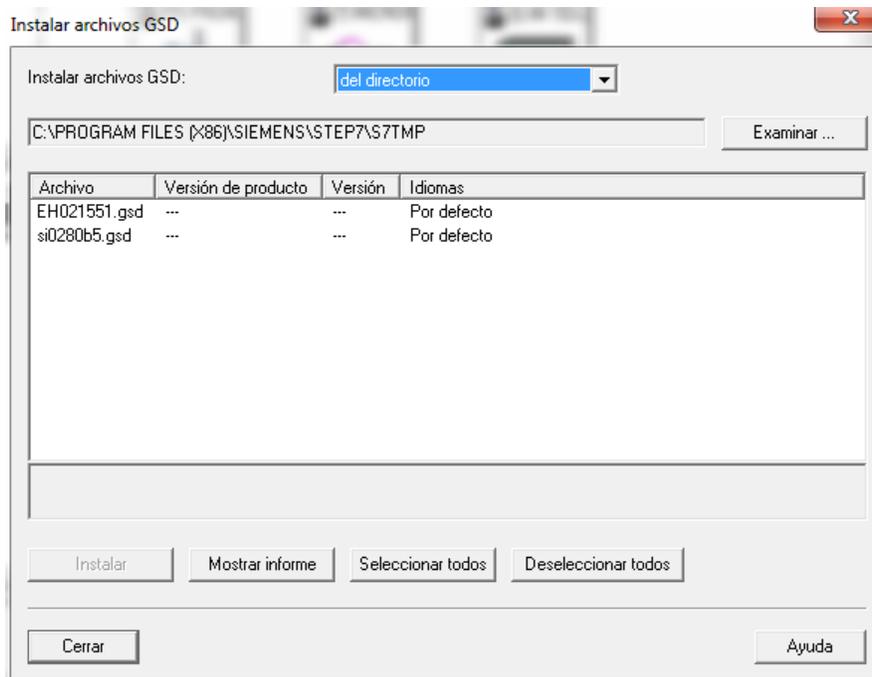


Figura 9. Selección de archivo GSD a instalar.

Al aparecer la lista se selecciona el GSD que deseamos se instale y presionamos el botón **Instalar**, nos solicitará la confirmación de la instalación y seleccionamos **Sí**.

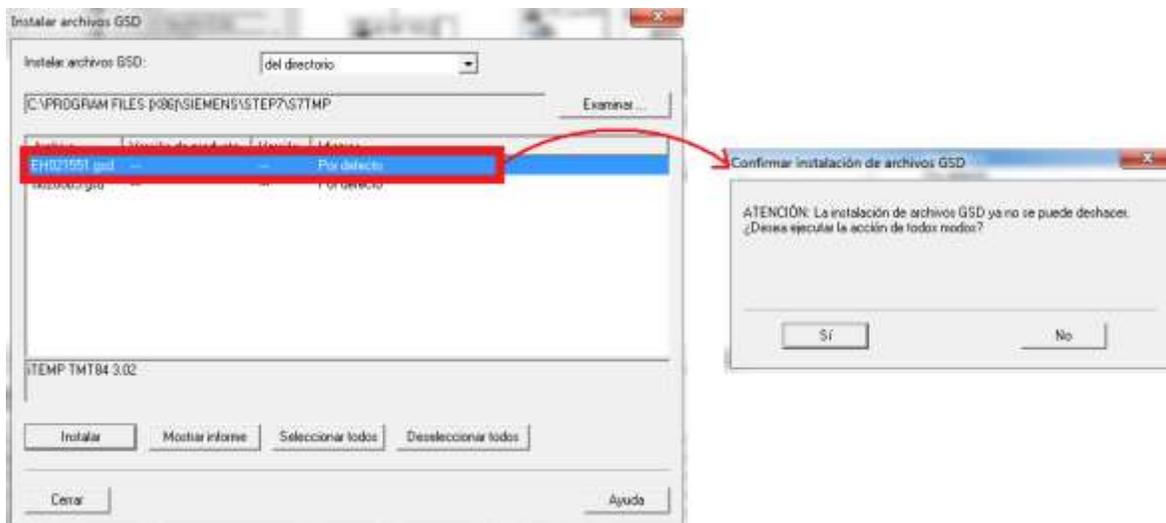


Figura 10. Instalación del archivo GSD.

El proceso se repite en el caso de tener más de un archivo GSD que instalar.

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

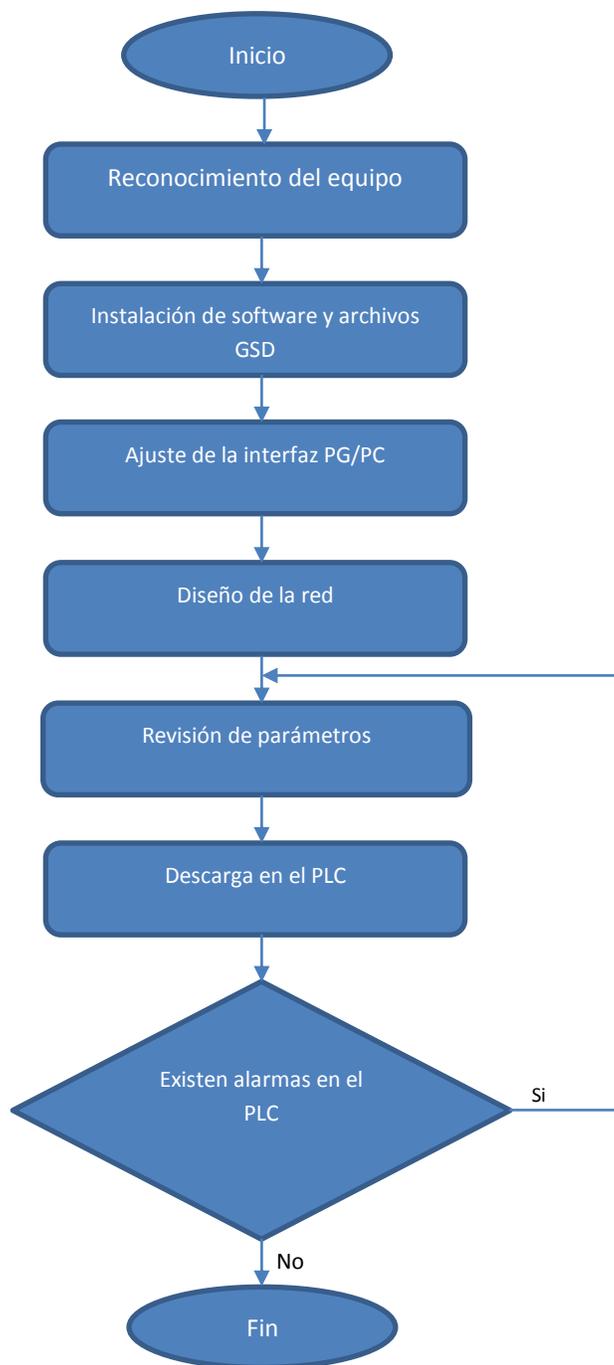


Figura 11. Proceso para el desarrollo de la práctica.

## 6.2 Procedimiento

Para empezar con la configuración se crea un proyecto nuevo en STEP7, para ello hay que dirigirse a **Archivo>Nuevo**:

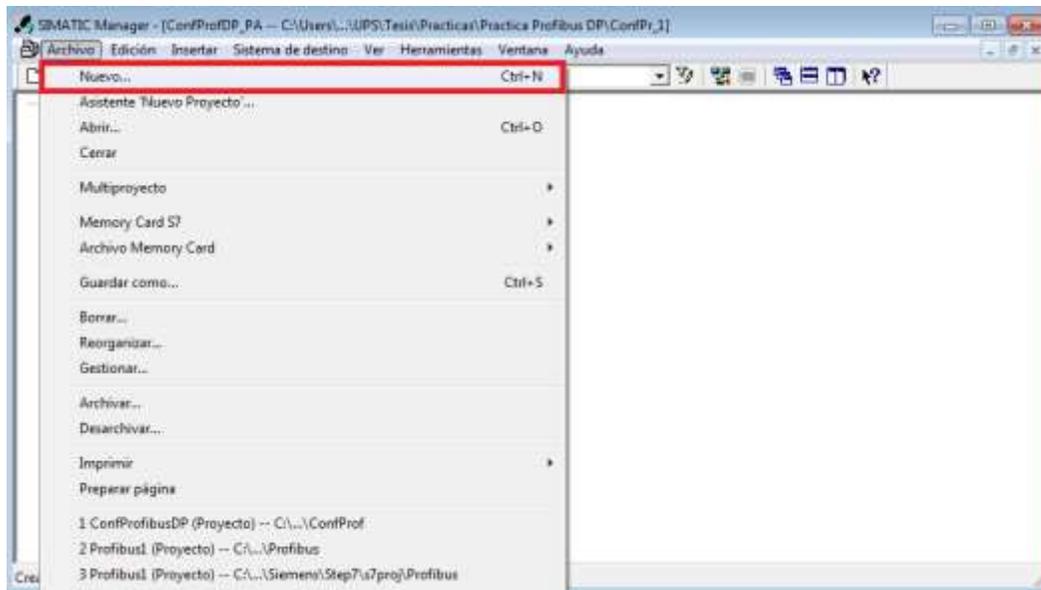


Figura 12. Ruta de acceso para crear un nuevo documento.

En la ventana emergente se elige un nombre para el proyecto, así como la ruta donde se almacenará, y en la opción **Tipo** se selecciona **Proyecto**.

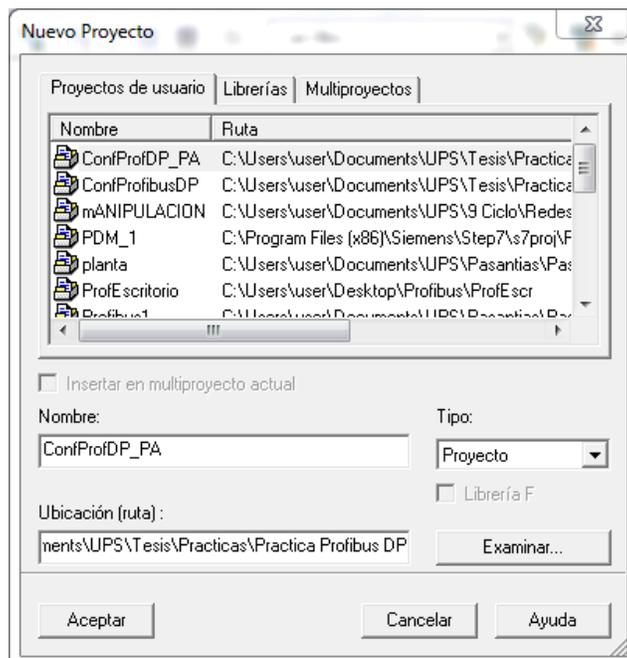


Figura 13. Selección de nombre y dirección del archivo.

Hecho esto se continua agregando el PLC S7 300 seleccionando en la pestaña: **Insertar>Equipo>Simatic 300** como se ve en la siguiente figura:

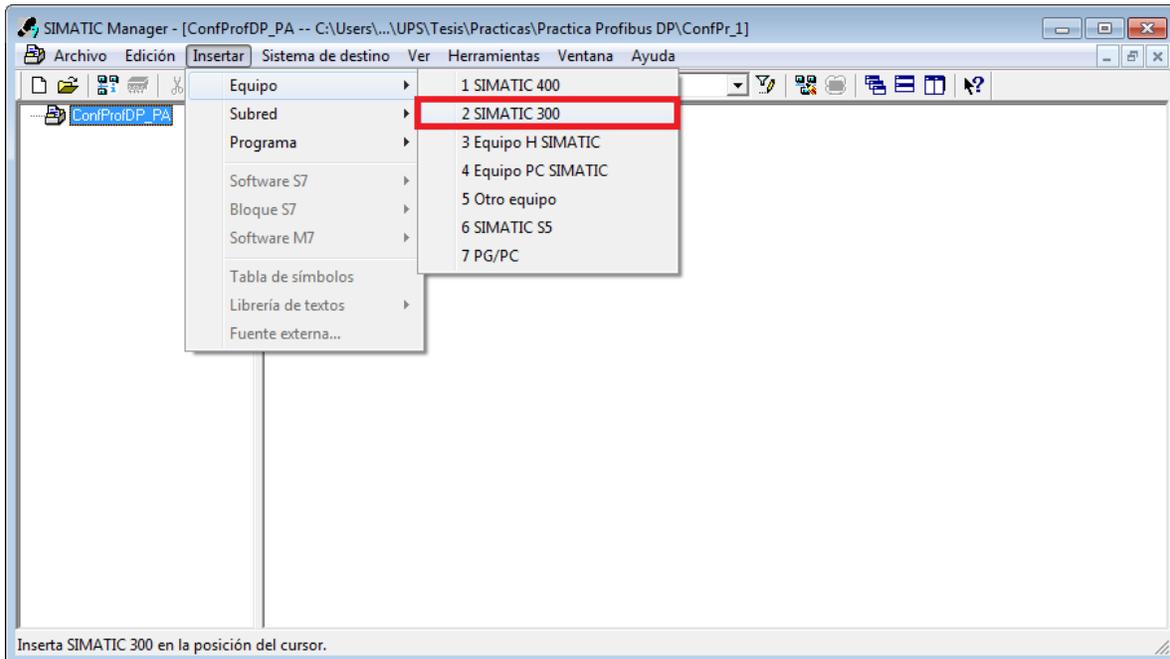


Figura 14. Incorporación del PLC al proyecto.

Se agregan los dispositivos conectados al equipo (para ello nos podemos valer del **número de parte** que se encuentra indicado en cada componente); al abrir el **SIMATIC 300** que se insertó (doble clic), se puede observar la opción **Hardware** (ver figura 15).

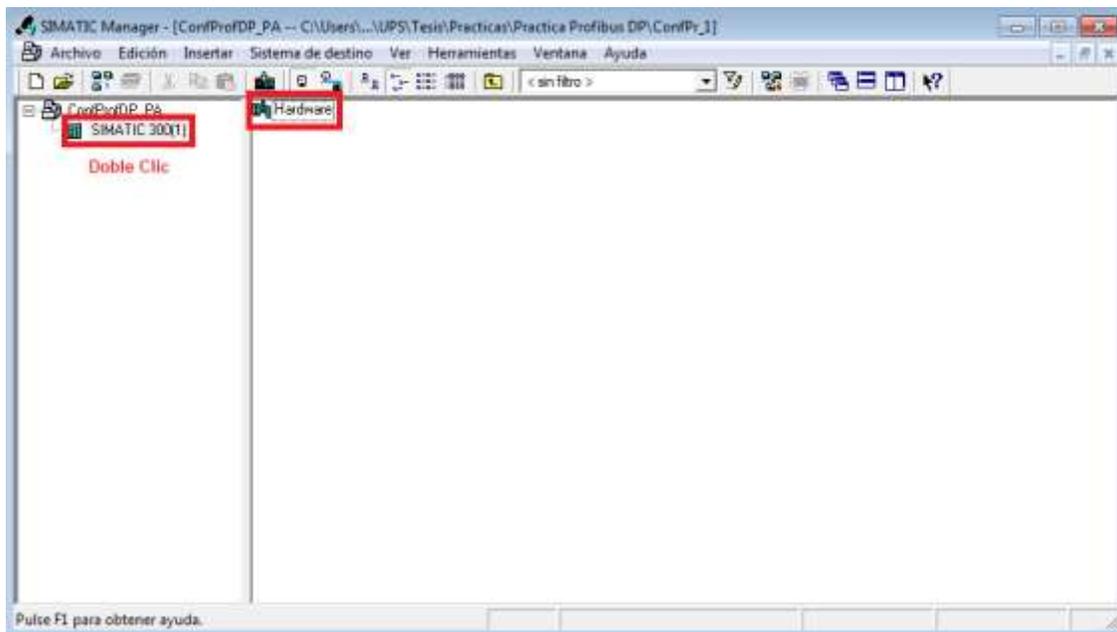


Figura 15. Acceso a la ventana HW Config.

Al dar doble clic sobre Hardware aparece la ventana **HW Config** (configuración de hardware) donde se agregará cada uno de los componentes (ver figura 16).

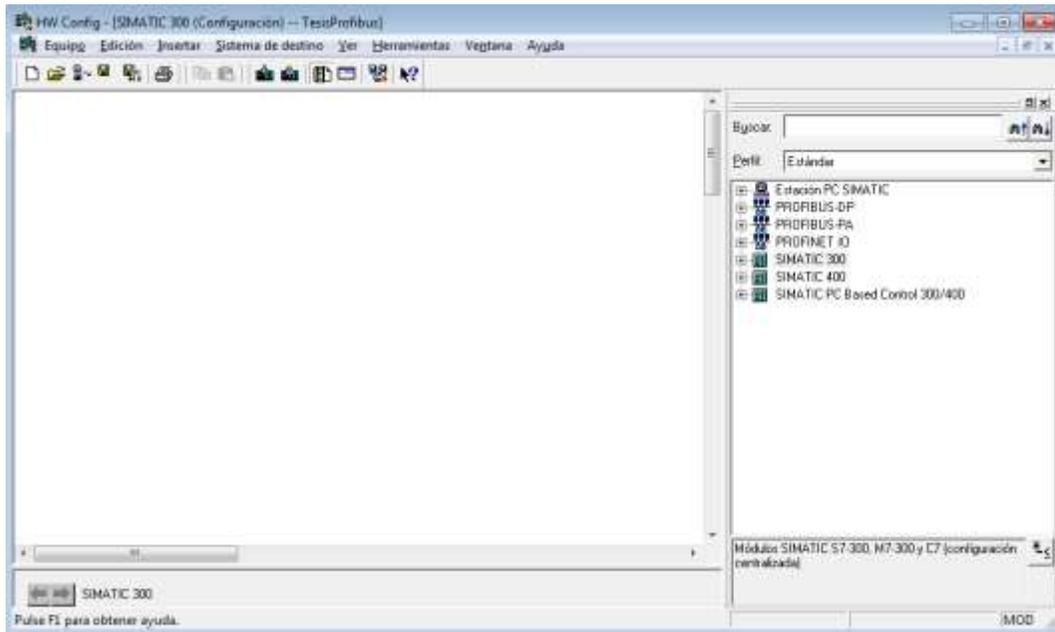


Figura 16. Ventana HW Config.

El primer paso es agregar el bastidor, esto se hace navegando en el menú desplegable **SIMATIC 300>BASTIDOR 300>Perfil de soporte**, al localizar el elemento se lo arrastra al área de trabajo, se observa algo similar a la siguiente figura:

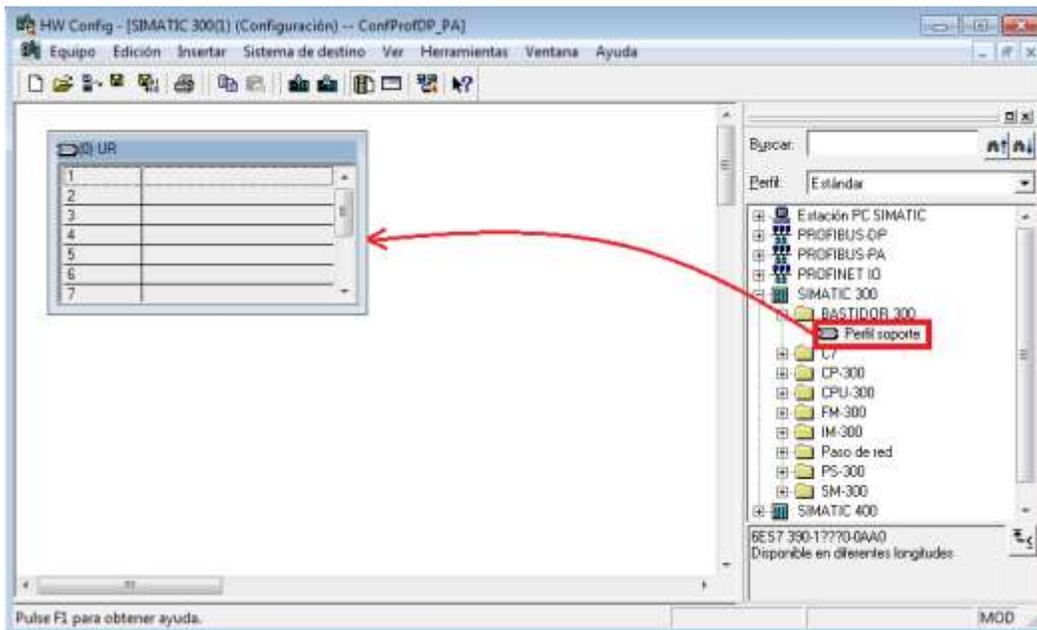


Figura 17. Inclusión del perfil de soporte en el área de trabajo.

Es en este bastidor donde se agregaran los elementos conectados al PLC, debemos fijarnos que el número de parte de cada elemento físico coincida con el número de cada elemento en la configuración de Hardware. Este número se encuentra generalmente en una esquina del módulo (ver imagen 18).



Figura 18. Ubicación de los números de parte en los equipos Siemens.

Para agregar la unidad de alimentación Navegamos en la ruta **SIMATIC 300>PS-300** y buscamos aquel que contiene el número de parte igual al de la unidad física que disponemos (307-1EA01-0AA0 en nuestro caso) o se coloca el número en la casilla “**Buscar**” y navegamos con las teclas de búsqueda; al encontrarlo lo seleccionamos y lo arrastramos a la posición que se indica en el bastidor.

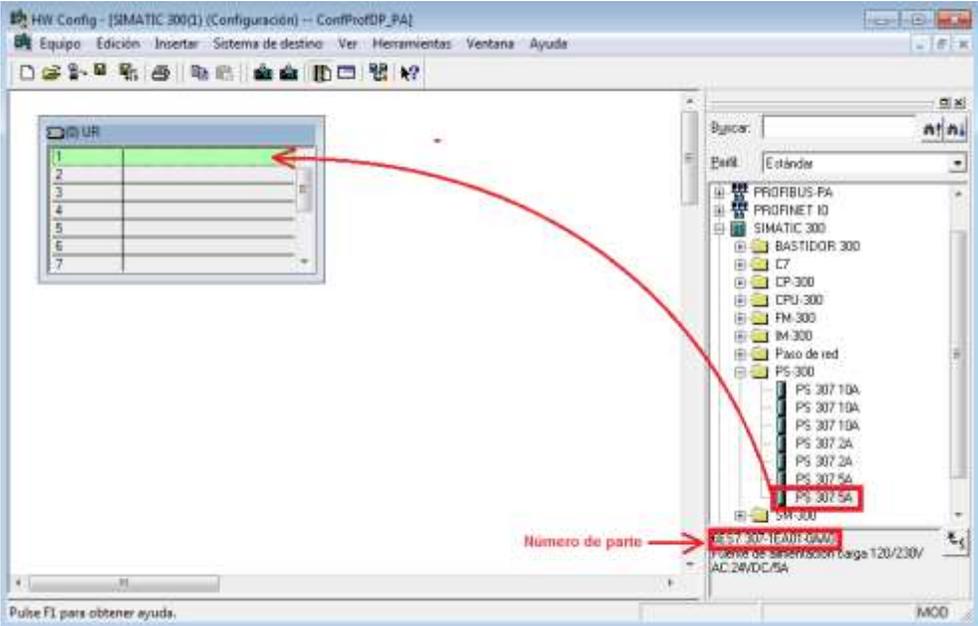


Figura 19. Inclusión de la fuente de alimentación en el bastidor.

Luego se agrega el CPU (el siguiente elemento en el bastidor físico) cuyo número de parte es 315-2FJ14-0AB0 y se le encuentra accediendo por la ruta **SIMATIC 300>CPU 300>CPU 315F-2PN/DP>315-2FJ14-0AB0**; se nos presenta una carpeta con 2 opciones, se elige dependiendo de la versión del Firmware (que en este caso es la **V3.2**).

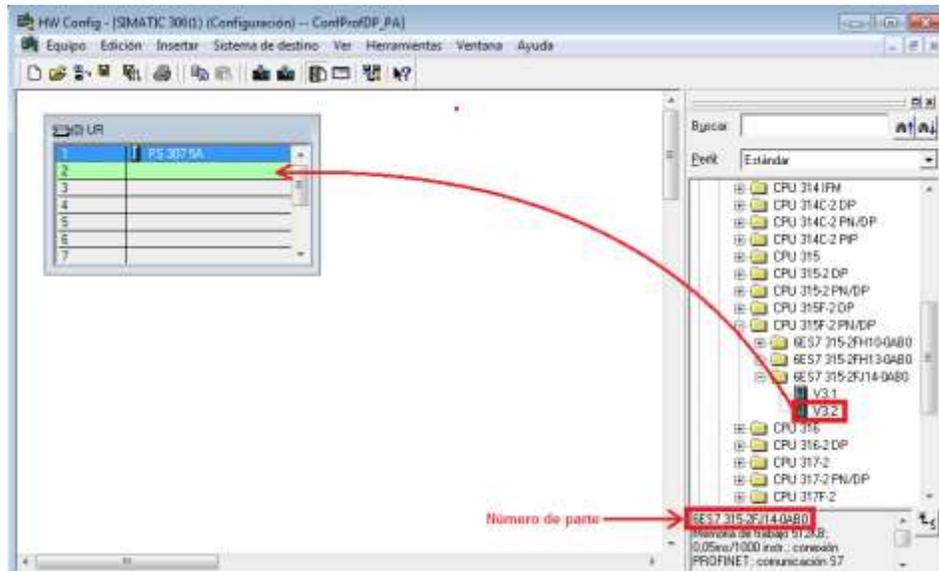


Figura 20. Inclusión De la CPU del PLC en el bastidor.

Al insertarlo emerge una ventana que solicita la dirección IP del equipo; a este elemento se le ha asignado la dirección **192.168.65.96** y la máscara **255.255.255.0**, colocamos estos 2 parámetros y continuamos con la configuración

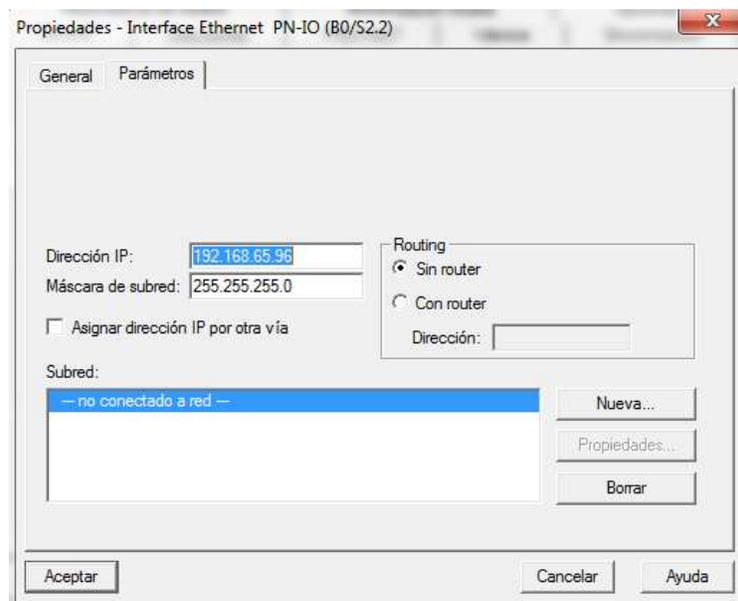


Figura 21. Asignación de la dirección IP al PLC.

Al insertar la CPU se nos agregan de manera automática varios bloques, el que indica **MPI/DP** nos permite configurar la **Interface**; al dar doble clic sobre este bloque se presenta una ventana como la que se indica en la figura 22:

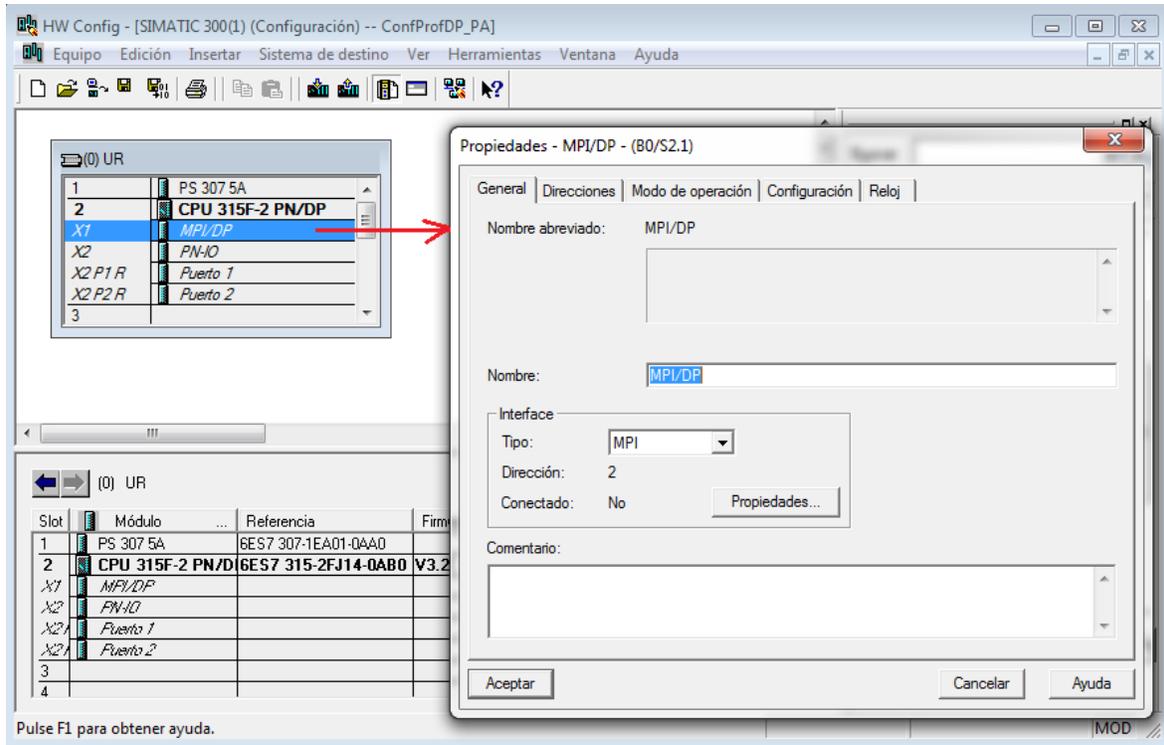


Figura 22. Configuración del tipo de interface.

En el campo que indica **Interface** seleccionaremos PROFIBUS y emergerá una nueva ventana en la que se especifican las propiedades de la interfaz Profibus (ver figura 23)

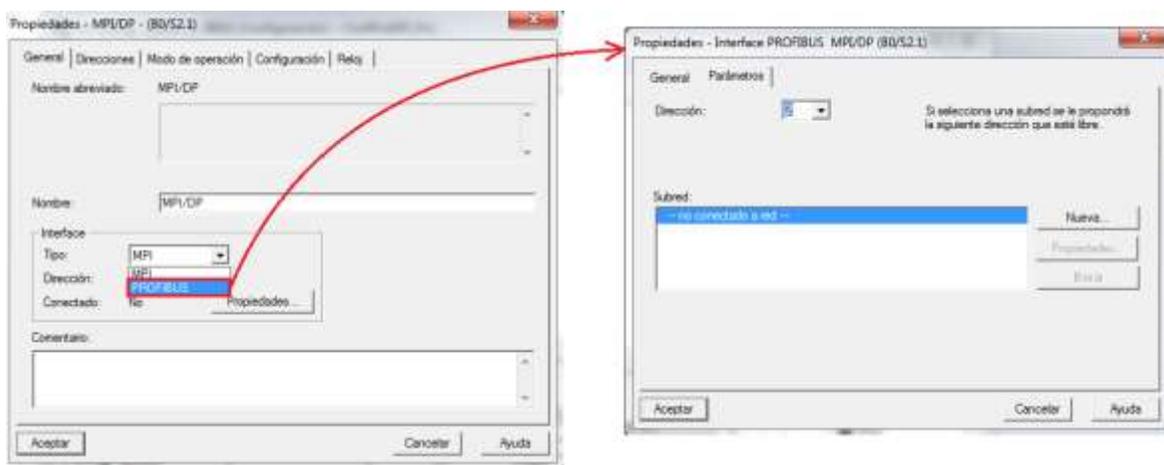


Figura 23. Configuración de la dirección de red Profibus DP.

Se Coloca el valor **2** en el campo **Dirección** y se hará clic el botón “**Nueva...**” Que se encuentra junto al campo **Subred**. Nos aparecerá una ventana llamada **Propiedades-Nueva subred Profibus**, donde al seleccionar la pestaña **Ajustes de red**, se nos permite establecer el perfil de la comunicación y la velocidad de transferencia.

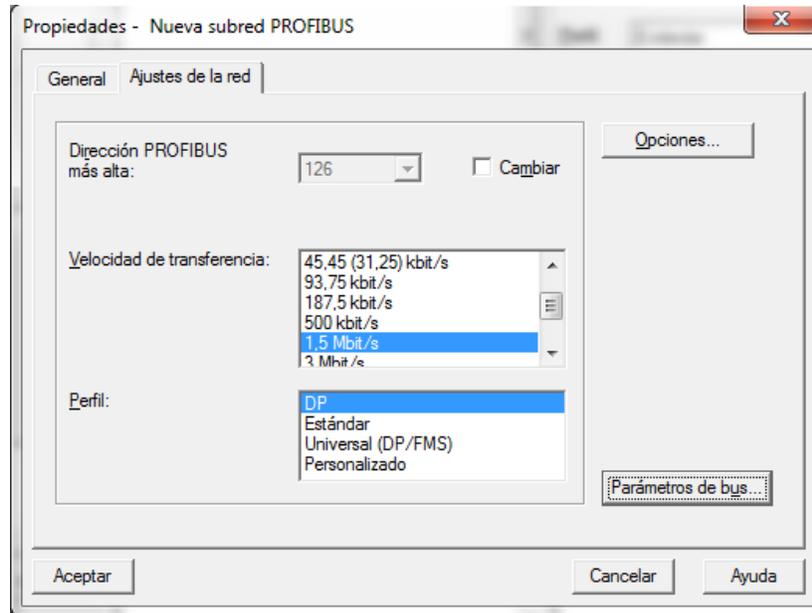


Figura 24. Configuración de la red Profibus DP.

Se selecciona **1.5Mbit/s** para la velocidad y el perfil **DP**. Se aceptan los cambios y al regresar a la ventana de propiedades de la interface MDI/DP se puede verificar la nueva subred creada (ver figura 24), se selecciona esta nueva subred y aceptan los cambios.

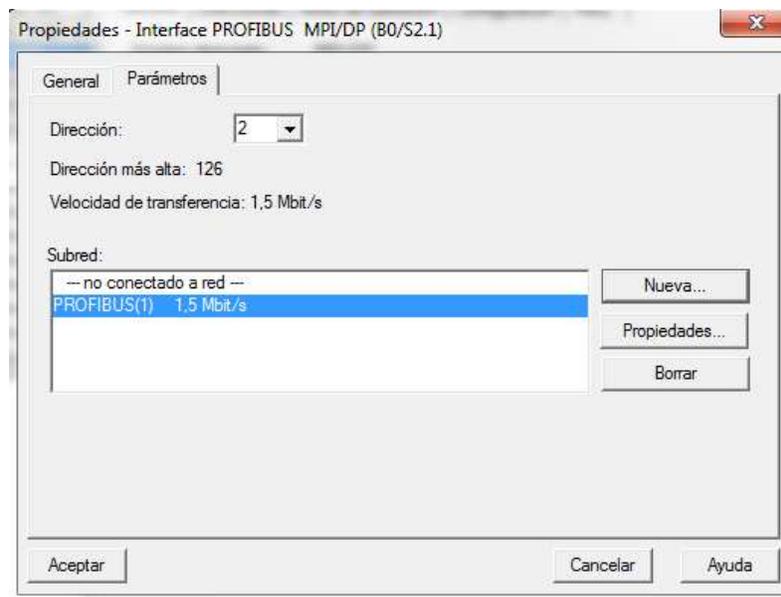


Figura 24. Selección de la red Profibus DP para el dispositivo.

En la ventana de **Propiedades – MPI-DP** se observará que el parámetro Conectado en el campo **Interface** se encuentre en **Sí**.

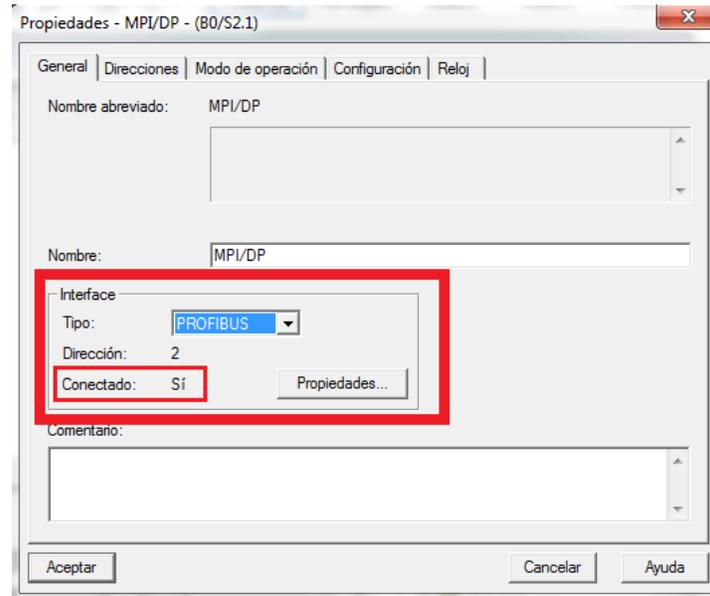


Figura 25. Revisión de la conexión a la red Profibus DP.

Se aceptan las configuraciones realizadas y en el espacio de trabajo de la ventana **HW Config** debería observarse la línea DP que ha sido configurada (ver imagen 26). Si no se realiza esta acción, será imposible adjuntar los módulos siguientes, pues son esclavos que necesitan de un maestro Profibus DP.

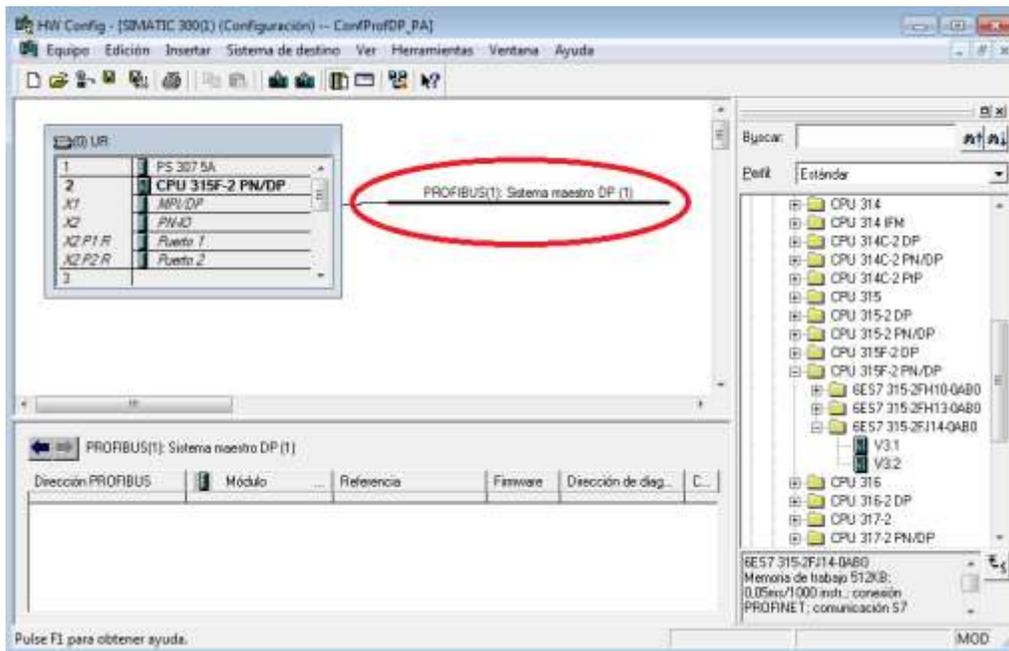


Figura 26. Línea Profibus DP Creada.

Hecho esto se puede agrgar los esclavos DP como el CP 342-5 (numero de parte 6GK7 342-5DA02-0XE0) al cual lo podemos localizar siguiendo la ruta **SIMATIC 300>CP 300>PROFIBUS>CP 342-5>6GK7 342-5DA02-0XE0**, dentro de la carpeta buscamos la versión del componente que para este caso es la **V5.0**, y la arrastramos al bastidor.

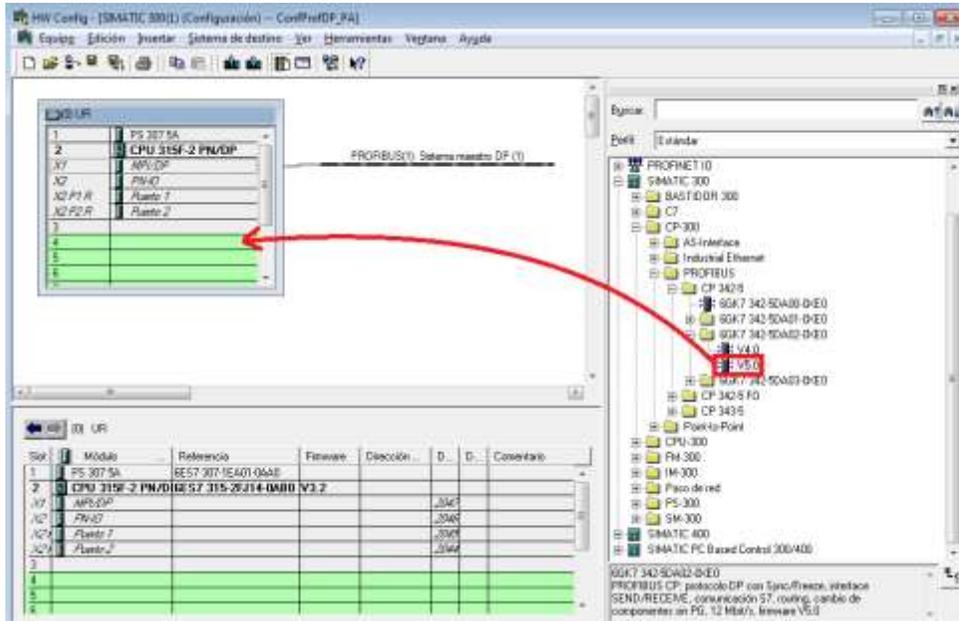


Figura 27 Inclusión del módulo CP 342-5.

Esta acción hará aparecer una venta en la que se solicita la dirección Profibus que asignaremos al elemento y la subred, para la CP 342-5 la dirección asignada es **5**, y la subred debe ser la misma que creamos con anterioridad (ver figura 28).

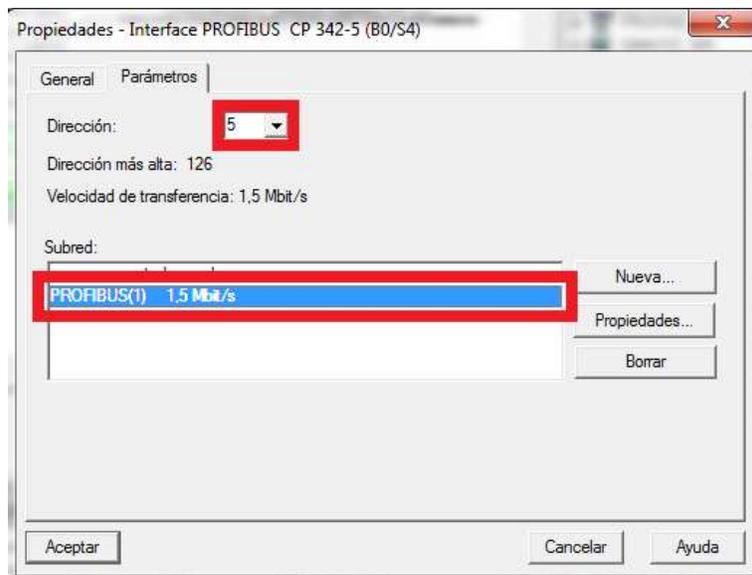


Figura 28 .Asignación de dirección al módulo CP 342-5

Se agrega también al bastidor los módulos de entradas/salidas digitales (número de parte 323-1BL00-0AA0) por medio de la ruta **SIMATIC 300>SM 300>DI/DO-300**, entradas/salidas analógicas (número de parte 334-0CE01-0AA0) por medio de la ruta **SIMATIC 300>SM 300> AI/AO-300** y entradas analógicas (331-7KF02-0AB0) por medio de la ruta **SIMATIC 300>SM 300> AI-300**, estos no requieren de ninguna configuración particular, a diferencia de los anteriormente indicados.

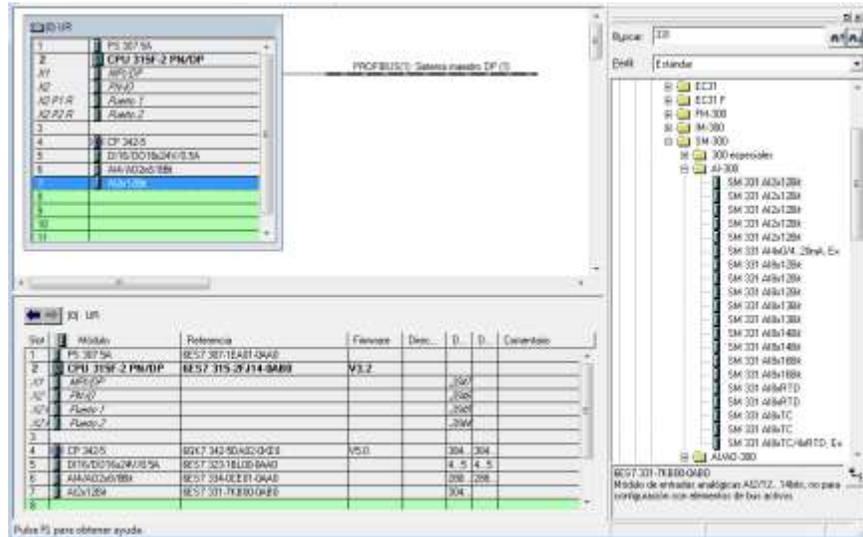


Figura 29 Inclusión de módulos de entradas y salidas analógicas y digitales.

Se agrega ahora a la línea DP el módulo IM153-2 Por medio de la ruta **PROFIBUS-DP>DP/PA Link** (número de parte 6ES7 153-2BA82-0XB0), este módulo sirve como enlace para los instrumentos de Profibus PA, pedirá una dirección Profibus (le asignamos la 4) y una subred (la misma que se asignó a los elementos anteriores).

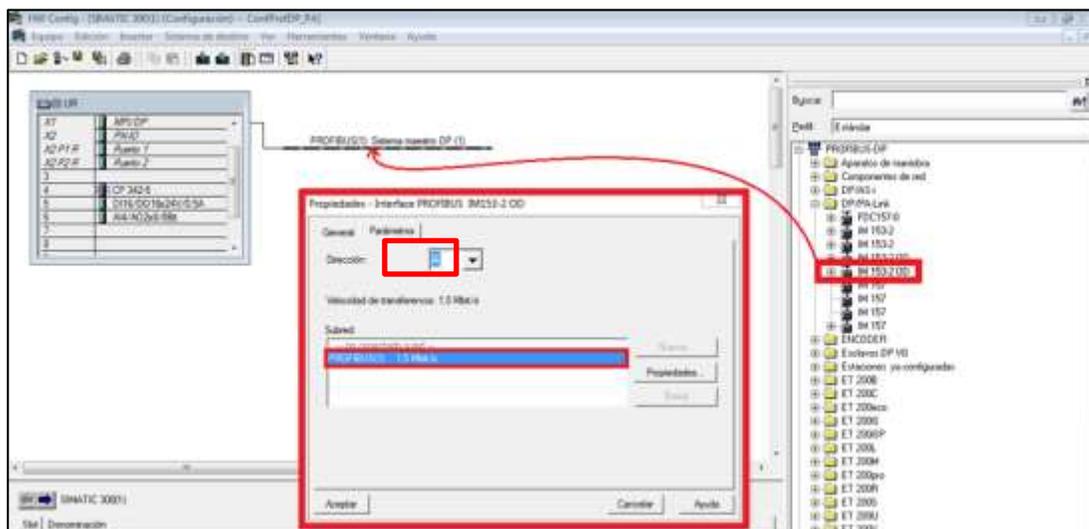


Figura 30. Inclusión del link DP/PA.

Posterior a esto se consulta si el módulo será utilizado para interfase **DP** o **PA**, seleccionamos la opción **PA** (ver figura 31) y se genera la línea de Profibus PA (donde se agregarán los Esclavos Profibus PA).

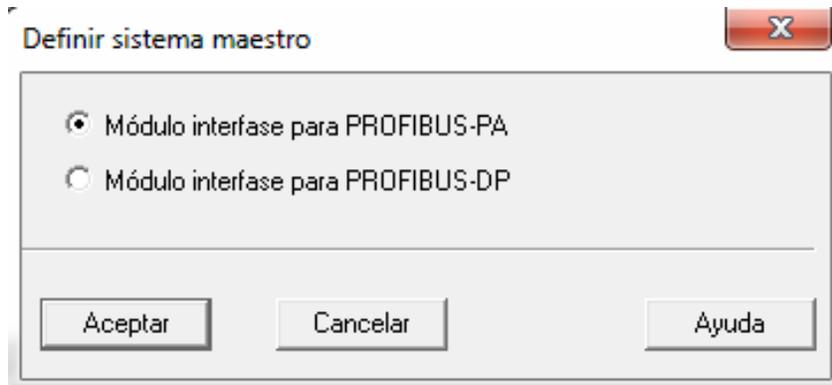


Figura 31. Definición del link DP/PA como interfase para Profibus PA.

Debe aparecernos algo como lo que se muestra en la figura 32.

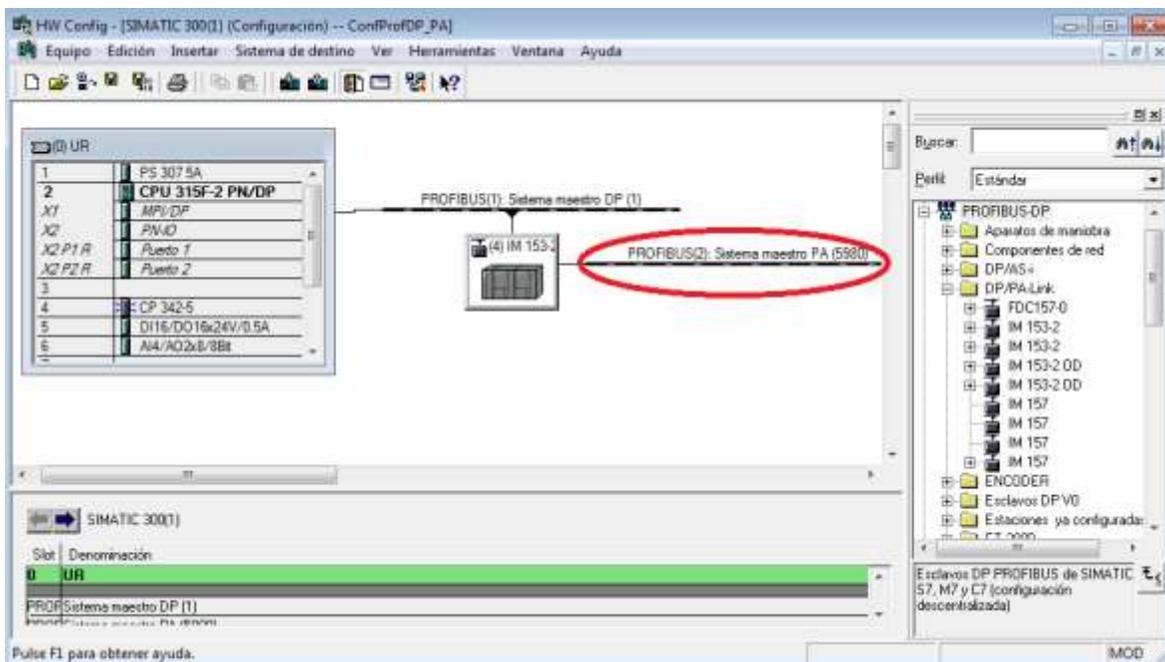


Figura 32. Línea De Profibus PA creada.

Con los buses ya configurados podemos empezar a agregar los esclavos DP y PA, algunos de los cuales requieren la previa instalación de los archivos **GSD**. En la tabla 2 se indican los componentes instalados tanto en las líneas Profibus DP/PA que requieren la instalación del archivo GSD, junto con la dirección que se debe asignar a cada dispositivo (revisar sección 5.3).

Elemento	Dirección	Profibus
Transmisor Levelflex	10	PA
Transmisor Cerabar S evolution	12	PA
Transmisor TMT84	20	PA
Transmisor TMT84	21	PA
Transmisor TMT84	22	PA
Transmisor TMT84	23	PA
Transmisor TMT84	24	PA
Transmisor TMT84	25	PA
Posicionador SIPART PS2 PA	125	PA
Transmisor Promass 83	65	DP
Variador Micromaster 440	7	DP

Tabla 2. Equipos Profibus que requieren la instalación de archivos GSD.

La mayoría de estos dispositivos (transmisores levelflex, cerabar, TMT84 y el variador micromaster 440) poseen un dipswitch donde se establece la dirección Profibus; si se desea cambiar la dirección Profibus del transmisor Promass 83 se lo debe hacer desde el panel del dispositivo, y si es necesario cambiar la dirección del variador SIPART PS2 se lo puede hacer desde el menú de configuración modificando el parámetro **52** (*STNR*) a la dirección deseada. La mayoría de los errores de comunicación con estos dispositivos se dan por desconocer o establecer en la configuración de hardware (HW) direcciones erradas, por ello es recomendable revisar que las direcciones sean las mismas tanto físicamente como en HW.

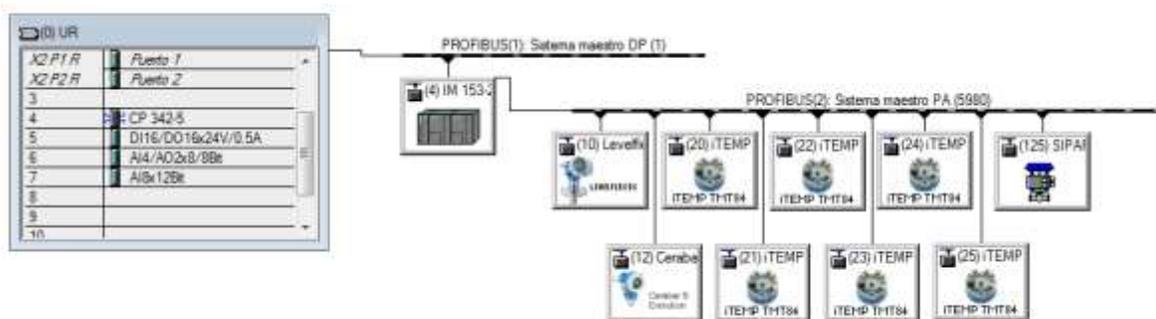


Figura 33. Dispositivos del bus de campo agregados a la línea PA.

Con las direcciones indicadas agregaremos en Profibus PA el Transmisor Levelflex (ruta: **PROFIBUS-PA>Endress+Hauser>Level>Echo**), el Transmisor Cerabar S (ruta: **PROFIBUS-PA>Endress+Hauser>Pressure**), seis transmisores TMT84 (ruta:

**PROFIBUS-PA>Endress+Hauser>Temperature**) y el Posicionador SIPART PS2 PA (ruta: **PROFIBUS-PA>Endress+Hauser**). Cuando se agrega cada componente, no se nos permite escoger la subred, sino que esta selecciona automáticamente la subred de Profibus PA. Al finalizar se debería apreciar algo similar a la figura 33.

Hecho esto se agregan los elementos a Profibus DP, estos son el Transmisor Promass 83 (**PROFIBUS-PA>Endress+Hauser>Flow>Coriolis**), el Variador Micromaster 440 (**PROFIBUS-DP>SIMOVERT>MICROMASTER 4**) y el módulo ET200M/Link con el número de parte 153-2BA82-0XB0 (ruta: **PROFIBUS-DP>ET 200M**). Tanto al variador como a la ET200M/Link se le deben agregar algunos módulos internos, previo a esto se debe observar algo similar a la siguiente imagen:

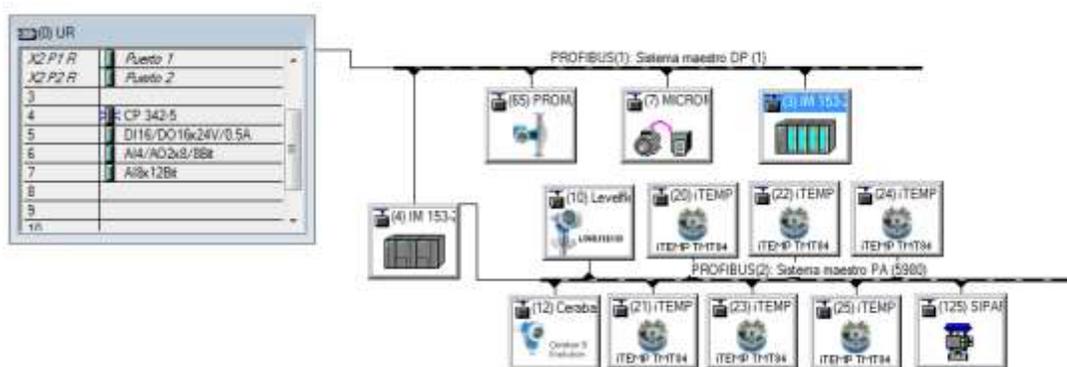


Figura 34. Dispositivos del bus de campo agregados a la línea PA y a la línea DP.

Se observa la red con los dispositivos conectados, pero como se mencionó anteriormente, se deben colocar algunos bloques internos en el variador y en el ET200M/Link. En el para agregar dentro del Micromaster 440 lo seleccionamos, y en la ruta **PROFIBUS-DP>SIMOVERT>MICROMASTER 4**, seleccionamos el bloque **0PKW, 2PZD (PPO 3)**.

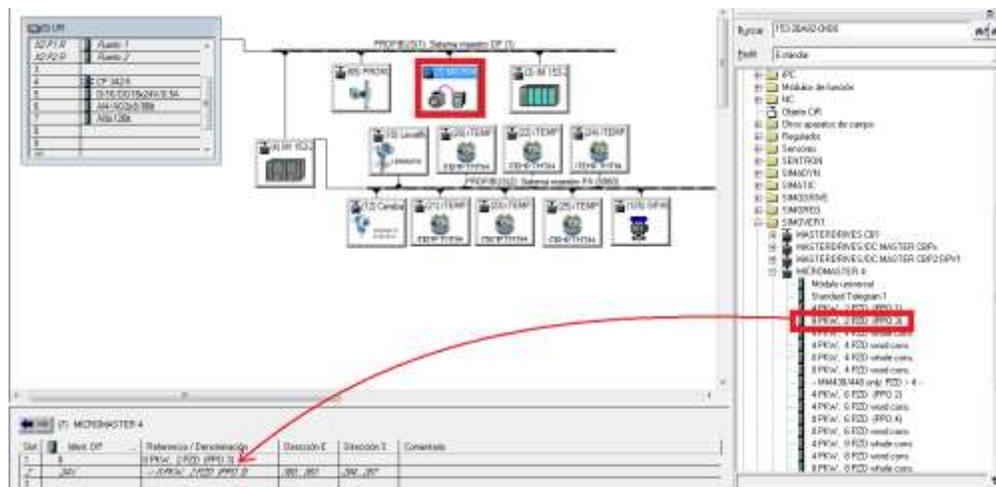


Figura 35. Inserción de módulos del Micromaster 440.

Para el ET200M/Link buscaremos módulos de entradas y salidas digitales, para ello hay que seleccionarlo y en la parte inferior agregarlos. Buscamos en la ruta **PROFIBUS-DP>ET 200M>IM 153>DI/DO-300** el bloque con el número de parte 323-1BL00-0AA0 y lo agregamos en las posiciones 4 y 7; buscamos en la ruta **PROFIBUS-DP>ET 200M>IM 153>AI-300** y agregamos el bloque con el número de parte 331-7KF02-0AB0 en la posición 5; finalmente buscamos en la ruta **PROFIBUS-DP>ET 200M>IM 153>AO-300** y agregamos el bloque con el número de parte 332-5HD01-0AB0 en la posición 6.

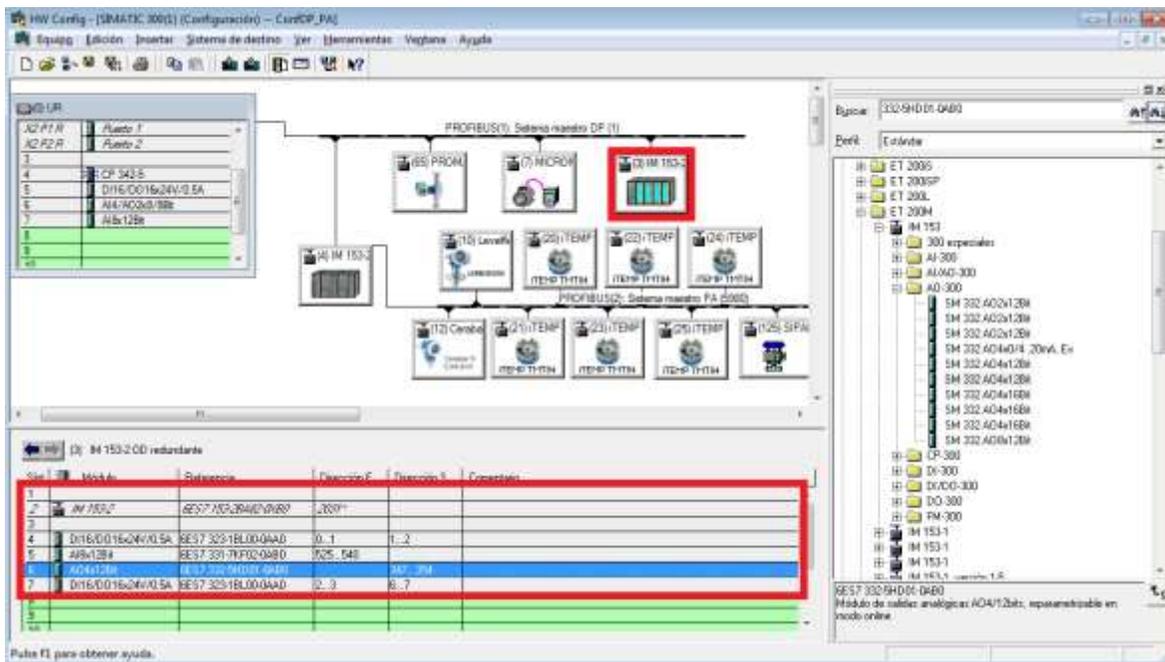


Figura 36. Inserción de módulos del ET200M/Link.

Estos son todos los módulos con lo que se trabajará en esta práctica, previo a descargar la configuración la guardamos y compilamos presionando el botón **Guardar y Compilar**.

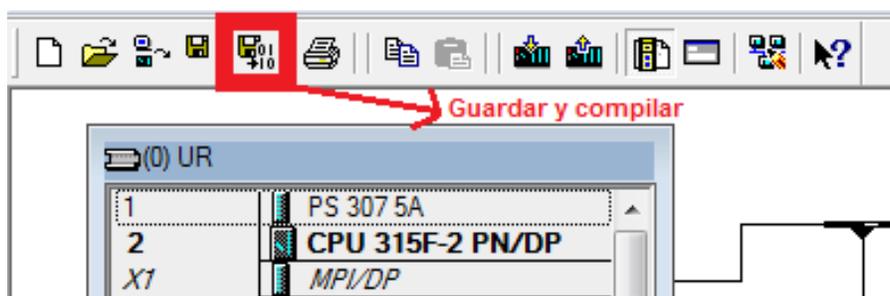


Figura 37. Ubicación del botón **Guardar y compilar**.

Si se ha realizado la selección de la interfaz PG/PC (revisar sección 5.2) presionamos el botón **Cargar en Módulo**.

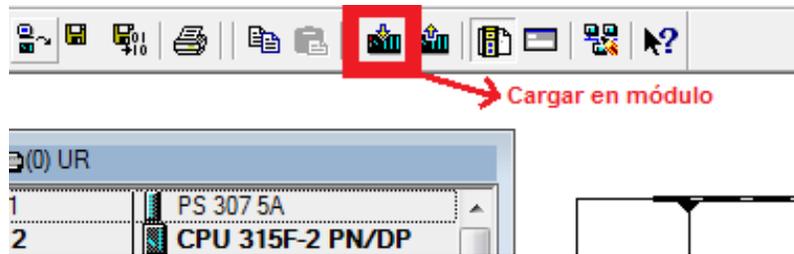


Figura 38. Ubicación del botón **Cargar en módulo**.

Se aceptan las opciones que se van presentando y si la configuración ha sido realizada de manera exitosa el PLC no debe mostrar advertencias en las luces indicadoras. Las advertencias se muestran al encenderse luces de color rojizo en el PLC.

Nos ponemos en modo online con la red presionando el botón **Offline<->Online**

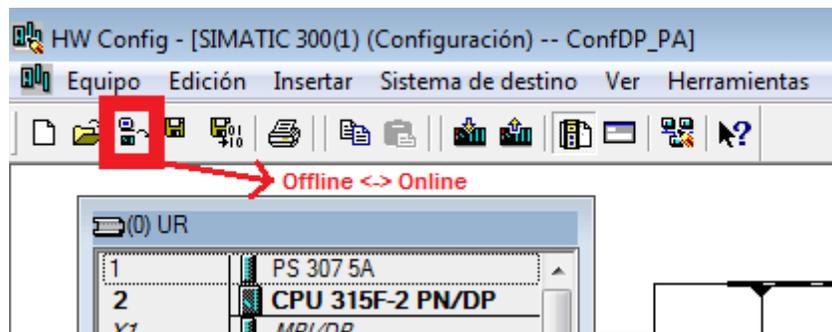


Figura 39. Ubicación del botón **Offline<->Online**.

Al acceder se puede observar las alarmas existentes (si hay alguna) y se puede tener acceso en tiempo real a los valores de lectura/escritura en cada elemento correctamente configurado.

Para finalizar con la práctica, analice su configuración en modo Online y describa lo observado.

## 7. Resultados y/o discusión

Si la configuración se ha realizado de manera correcta, al entrar en el modo online podemos observar las distintas variables que envían los diferentes transmisores conectados al PLC maestro por Profibus DP y PA, se aprecia que cada dispositivo transmite varias señales, sin embargo los valores se muestran en formato hexadecimal.

Si existen errores en la configuración se pueden observar el modo online, estos se ubican remarcando los elementos que presentan fallos. Cada módulo presenta información al momento de darse un fallo, lo que nos permite identificar con mayor rapidez y realizar los correctivos necesarios para un funcionamiento adecuando del PLC.

## **8. Conclusiones y recomendaciones**

### **8.1 Conclusiones**

La configuración adecuada de la red no solo nos permite leer la información de los dispositivos a ella conectados, sino que una mala configuración impide que el autómata entre en modo de funcionamiento. Saber interpretar los mensajes de error que se pueden presentar y tomar las medidas correctivas adecuadas es de gran importancia al manejar estos equipos.

El direccionamiento de los equipos es muy importante, pues se pueden llegar a presentar inconsistencias en la red si se colocan direcciones erradas. Se debe conocer que las direcciones se establecen de forma física en el dispositivo (por medio de micro-interruptores).

También es de recalcar el conocimiento de la existencia y uso de las resistencias terminadoras, que se encuentran presentes en los conectores de Profibus DP, pues estas permiten cerrar o abrir el bus de datos dependiendo de las necesidades del operador.

### **8.2 Recomendaciones**

A fin de agilizar el desarrollo de las prácticas se puede proporcionar a los estudiantes los archivos GSD.

Es recomendable indicar a los estudiantes como está conformada la red Profibus en la planta de control de procesos “A”, de esta forma podrán relacionar los dispositivos que están colocando en el programa con los elementos físicos.

Se puede indicar a los estudiantes características del cableado de Profibus y de la normativa existente al respecto (por ejemplo, los cables Ethernet industrial son de color verde, los de Profibus DP son de color morado y los de Profibus PA de color negro).

## **9. Referencias**

[1] Siemens, STEP 7 programming software, Product Information, Disponible en: <https://goo.gl/xyPrlx>

[2] Siemens, Configurar el hardware y la comunicación con STEP 7, Manual, Disponible en: <http://goo.gl/uQDfSO>

[3] Vicente Guerrero-Ramón Yuste-Luís Martínez, Comunicaciones Industriales, Marcombo, 2009.

# Levantamiento del bus de campo Profibus DP/PA con el PLC S7 300 de Siemens

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 40min](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica brinda al estudiante las herramientas necesarias para afianzar los conocimientos del bus de campo Profibus, en sus versiones DP y PA. La práctica contempla la revisión del fundamento teórico así como el procedimiento necesario para levantamiento de señales de la red y los dispositivos que manejan este protocolo, ubicados en la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

### 2.1 Lecturas recomendadas:

- Siemens, STEP 7 programming software, Product Information [1].
- Siemens, Configurar el hardware y la comunicación con STEP 7 [2].
- Vicente Guerrero-Ramón Yuste-Luís Martínez, Comunicaciones Industriales [3].
- Guillermo Domínguez-Jorge Escobar, Configuración del bus de campo Profibus DP/PA con el PLC S7 300 de Siemens [4].

### 2.2 Software requerido:

- Instalación del programa Step 7 de Siemens.
- Instalación de los archivos GSD de los dispositivos Profibus.

### 2.3 Practicas realizadas requeridas:

- Configuración del bus de campo Profibus DP/PA con el PLC S7 300 de Siemens [4].

## 3. Objetivo

Realizar el levantamiento de señales de los dispositivos conectados a la red Profibus DP/PA por medio del PLC S7 300 de Siemens.

#### 4. Equipos, instrumentos y software

En la tabla que se presenta a continuación se numeran los equipos y se indica su posición.

<i>Descripción</i>	<i>Marca</i>	<i>Identificación</i>
Cable Ethernet cruzado	-----	-----
PLC S7 300	Siemens	PLC 1
Scalance X208	Siemens	-----
Dispositivos Profibus varios	-----	-----

Tabla 1. Equipos disponibles.



Figura 1. Equipos Siemens en la planta de control de procesos A.

#### 5. Exposición

##### 5.1 SIMATIC S7-300

Se lo conoce como un sistema de automatización universal utilizado en aplicaciones con arquitecturas de control centralizadas y descentralizadas, la primera a través de un solo rack y descentralizadas por módulos de interfaz ET200, buses de campo PROFIBUS DP o PROFINET [1].

Su memoria de datos y de programa es una micro memory card MMC, la cual facilita la actualización del programa de usuario o firmware de una CPU S7-30 [1].

La siguiente lista presenta algunos de los buses industriales a los que puede conectarse:

- Industrial Ethernet
- Profinet
- Industrial Wireless LAN
- Profibus
- AS-Interface
- Modbus RTU, TCP/IP.

Su configuración se la puede realizar mediante el software SIMATIC STEP7 o mediante TIA PORTAL STEP7.

## 5.2 Ajuste de la interfaz PG/PC.

Para poder trabajar con el PLC S7 300 de Siemens debemos configurar la vía por medio de la cual se realizará la comunicación, debemos tener claro que vamos a trabajar mediante Ethernet, y necesitaremos un cable cruzado para conectar el computador al Switch Scalance X208, mediante el que se tiene acceso al PLC.

Con la conexión realizada y el proyecto creado nos dirigimos al menú **Herramientas** dentro de la ventana **SIMATIC Manager** y elegimos la opción **Ajustar Interface PG/PC**.

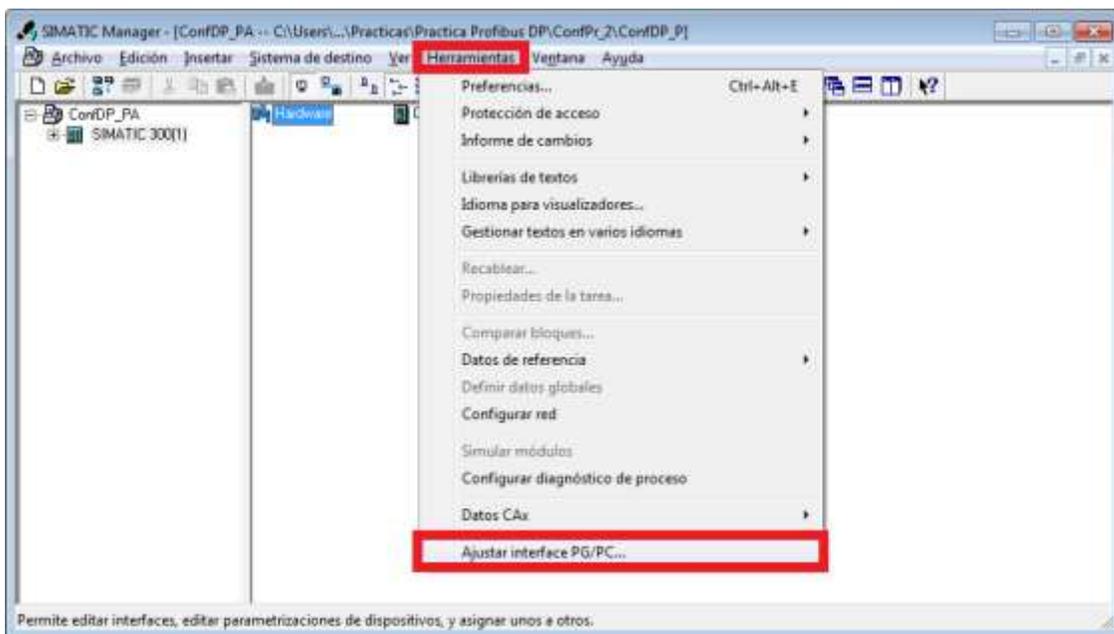


Figura 2. Ruta de acceso para ajustar la interfaz PG/PC.

Al hacerlo aparecerá una ventana en la que debemos seleccionar la tarjeta de red mediante la que se realiza la conexión seleccionamos la tarjeta y presionamos aceptar.

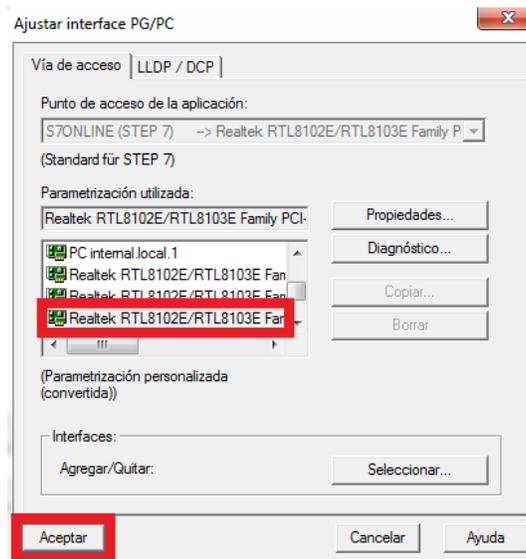


Figura 3. Selección de la tarjeta de red utilizada para la comunicación.

Si no conocemos cual es la tarjeta que debemos seleccionar, nos dirigimos al **Centro de redes y recursos compartidos** en el **Panel de Control** de la computadora, seleccionamos **Cambiar configuración del adaptador**.

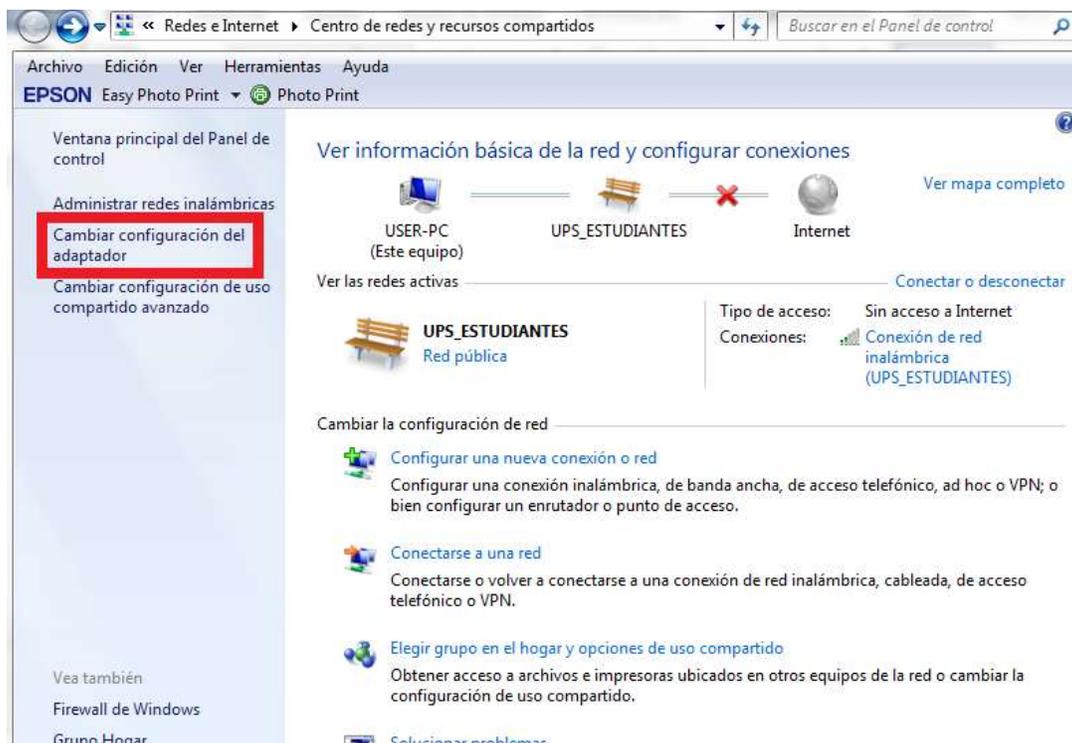


Figura 4. Ubicación en el panel de control de la opción Cambiar configuración del adaptador.

Se nos mostraran los dispositivos de red existentes, como la conexión se realiza mediante el cable buscamos la tarjeta a la que el cable de red se encuentra conectado, este nombre es el que debemos seleccionar al ajustar la interfaz PG/PC en el SIMATIC Manager.

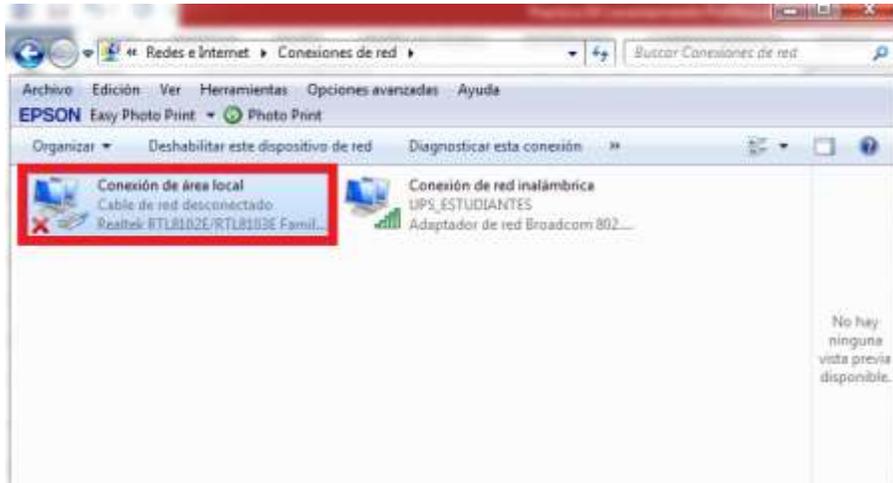


Figura 5. Tarjeta de red utilizada para la comunicación (al trabajar con cable Ethernet).

Adicional a esto debemos asegurarnos de tener asignada una dirección IP que se encuentre dentro de la misma red en la que se encuentra el PLC, podemos utilizar la dirección **192.168.65.101**.

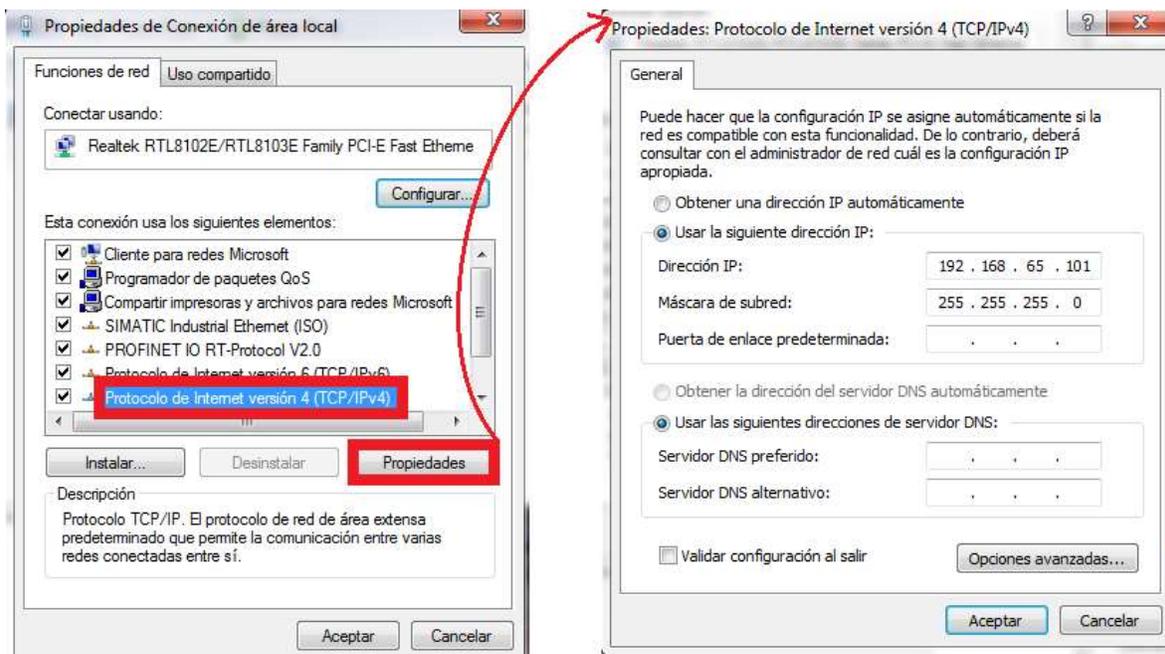


Figura 6. Configuración de la dirección IP del computador.

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

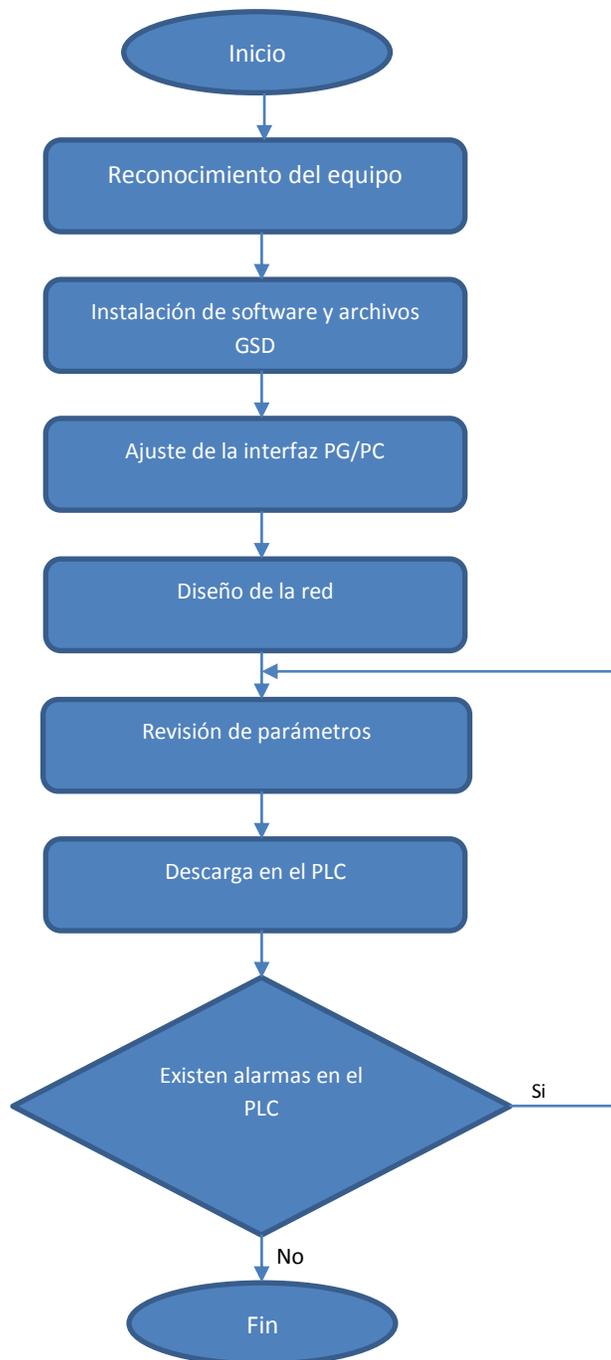


Figura 7. Proceso para el desarrollo de la práctica.

## 6.2 Procedimiento

Se toma como punto de partida la configuración realizada previamente en la práctica “Configuración del bus de campo Profibus DP/PA con el PLC S7 300 de Siemens” [4],

Si todos los elementos han sido correctamente configurados y se encuentran acorde a los ubicados en la planta, al acceder al modo online (presionado el icono ) se nos presentará un cambio en la ventana (debemos encontrarnos en la red del laboratorio y haber ajustado la interfaz PG/PC adecuadamente).

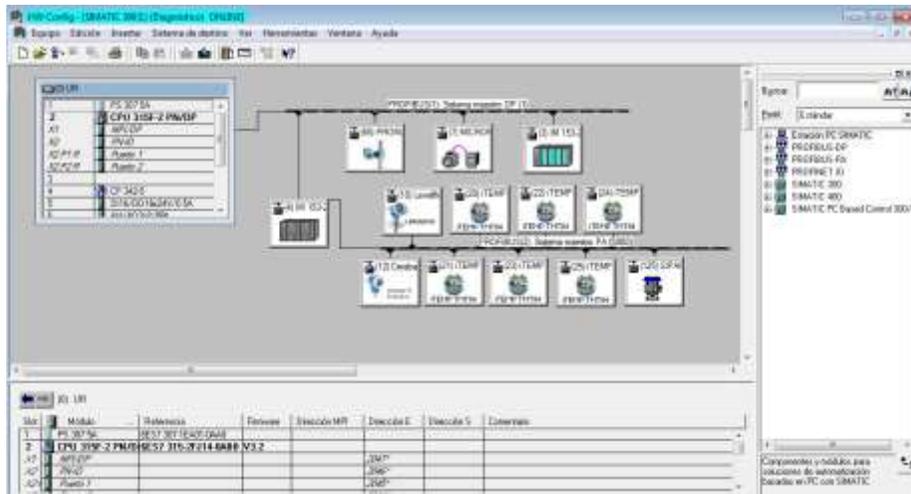


Figura 8. Ventana HW Config en modo Online con el PLC.

Al seleccionar cada elemento podremos observar las direcciones que han sido asignadas a cada entrada o salida, por ejemplo si deseamos conocer que direcciones de entrada salida se han asignado al Promass 83E lo seleccionamos y veremos:

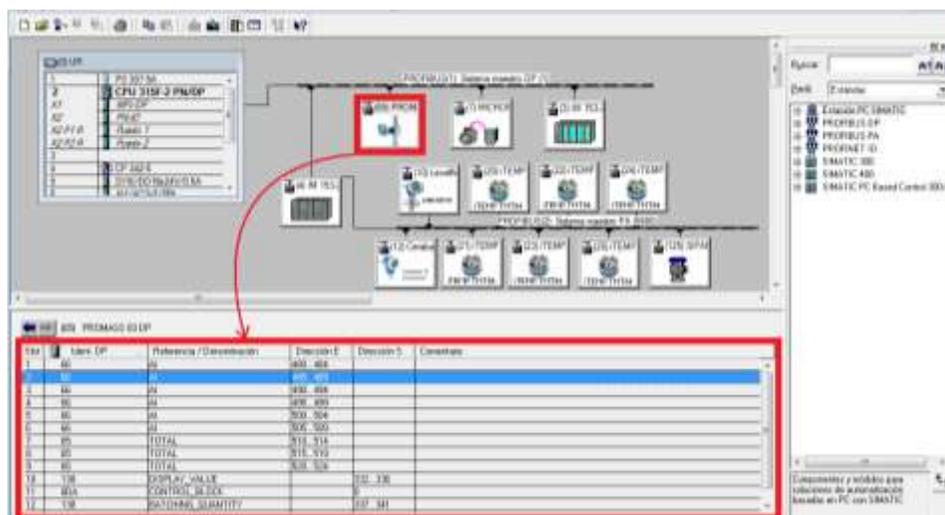


Figura 9. Vista de las direcciones del Promass 83E.

Si deseamos ver rápidamente los valores que se tienen de entrada y salida, podemos dar clic derecho en el rango de direcciones asignado y luego en **Observar y forzar**.



Figura 10. Acceso a la opción Observar/Forzar.

Al hacer esto se nos presentara una pestaña que nos presenta varias opciones como observar las variables, establecer valores de forzado, forzar las variables, desactivar líneas o visualizar los valores de estado; esta herramienta no nos permitirá cambiar el formato de visualización de los datos obtenidos por lo que es mejor utilizar tablas de variables, de esta forma se interpretan correctamente los datos y en caso de forzar alguna salida conoceremos más adecuadamente el valor que estamos utilizando.



Figura 11. Ventana Observar/Forzar variables.

Para poder utilizar los datos recibidos por el CPU utilizaremos una tabla de variables, para ello debemos salir de la configuración de hardware (HW), nos dirigimos al Simatic Manager donde empezamos creando nuestro programa, ahí seleccionamos el CPU con el que estamos trabajando, programa y luego bloques aquí damos un clic derecho sobre el área de trabajo y seleccionamos insertar nuevo objeto y luego tabla de variables.

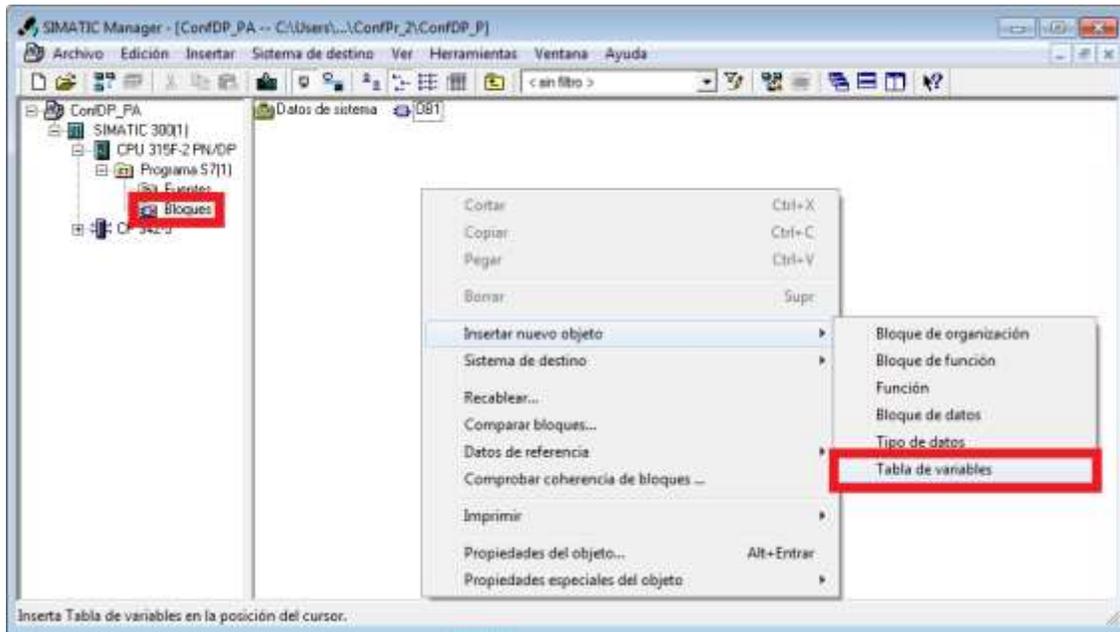


Figura 12. Ingresar tabla de variables.

Nos aparece una ventana en donde decidiremos el nombre de la tabla.

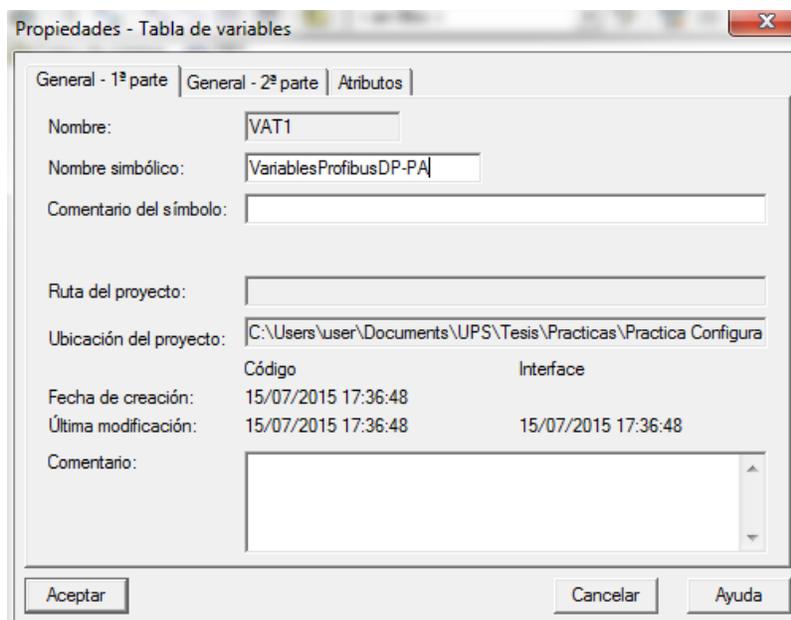


Figura 13. Definición del nombre de la tabla de variables

Una vez creada la tabla podremos ver el siguiente espacio, donde iremos colocando las direcciones asociadas a cada uno de los valores tomados de los transmisores, y donde se podrá forzar las salidas de los actuadores.

	Operando	Símbolo	Formato de visualización	Valor de estado	Valor de forzado
1	//Posicionador Sipart				
2	AD 327		REAL	60.0	
3	PED 470		REAL	59.69922	
4	AB 331		BIN	2#0100_0000	
5					

Figura 14. Variables a utilizar del posicionador Sipart.

Debido a que las direcciones se asignan dependiendo del orden en el que se colocan los módulos, estas variarán entre las presentadas en esta práctica y las que se muestren en su proyecto. Nos podemos guiar con la siguiente tabla para identificar las direcciones a las cuales están llegando las señales, la parte resaltada permanece fija, pero los números (no resaltado) puede variar.

Dirección:	Equipo a la que pertenece:	Formato de visualización:	Descripción:
<b>AD</b> 327	SIPART PS2 PA	REAL	Escritura. Establece el porcentaje de apertura o cierre de la válvula proporcional, valores validos de <b>0</b> a <b>100</b> .
<b>PED</b> 470	SIPART PS2 PA	REAL	Lectura. Muestra el valor actual de apertura o cierre de la válvula proporcional, valores validos de 0 a 100.
<b>AB</b> 331	SIPART PS2 PA	BINARIO	Escritura. Al modificar con el valor <b>01000000</b> permite la manipulación del posicionador mediante Profibus, en <b>00000000</b> no lo permite.
<b>AW</b> 284	Micromaster 440	HEXADECIMAL	Escritura. Da la orden de arranque/paro al variador, con la palabra <b>047F</b> se da el arranque y con <b>047E</b> se da el paro.
<b>AW</b> 286	Micromaster 440	HEXADECIMAL	Define la consigna de frecuencia para el variador, los valores validos son de <b>0000</b> a <b>4000</b> en hexadecimal para frecuencias de 0 a 60 Hz. Para otros valores de frecuencia mínima o máxima se trabaja con sus equivalentes.

<b>EW 382</b>	Micromaster 440	HEXADECIMAL	Lectura. Muestra el valor actual de la consigna de frecuencia a la que el variador se encuentra funcionando.
<b>PED 480</b>	Promass 83E	REAL	Lectura. Muestra el valor de caudal másico
<b>PED 485</b>	Promass 83E	REAL	Lectura. Muestra el valor de caudal volumétrico
<b>A 7.6</b>	Módulo de E/S digitales IM 153-2	BOLEANO	Escritura. Válvula que controla el desfogue del taque atmosférico.
<b>A 6.1</b>	Módulo de E/S digitales IM 153-2	BOLEANO	Escritura. Válvula que controla la interconexión entre tanques.

Tabla 2. Ejemplo de las direcciones con las que se trabajará.

Por lo general cuando se agregan las direcciones el formato de visualización esta en hexadecimal, esto se puede cambiar para que el valor observado sea más comprensible, por ejemplo, si deseamos ver los valores de los transmisores con decimales debemos seleccionar el formato de visualización real, esto se logra dando un clic derecho en la variable y seleccionando **REAL**.

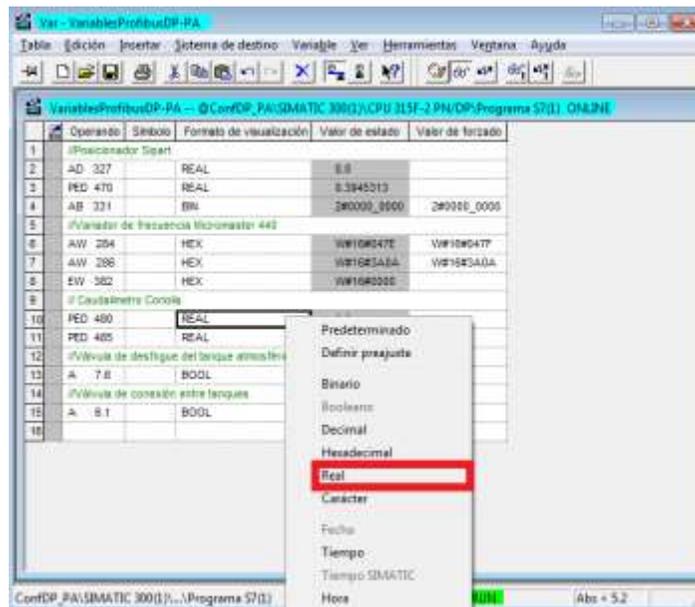


Figura 15. Cambio del formato de visualización.

Una vez finalizado la tabla de variable debería observarse de forma similar a la siguiente figura:

	Operando	Símbolo	Formato de visualización	Valor de estado	Valor de forzado
1	//Posicionador Sipart				
2	AD 327		REAL	0.0	
3	PED 470		REAL	0.5429688	
4	AB 331		BIN	2#0000_0000	2#0000_0000
5	//Variador de frecuencia Micromaster 440				
6	AW 284		HEX	W#16#047E	W#16#047F
7	AW 286		HEX	W#16#3A0A	W#16#3A0A
8	EW 382		HEX	W#16#0000	
9	// Caudalímetro Coriolis				
10	PED 480		REAL	0.0	
11	PED 485		REAL	0.0	
12	//Válvula de desfogue del tanque atmosférico				
13	A 7.6		BOOL	false	
14	//Válvula de conexión entre tanques				
15	A 6.1		BOOL	false	

Figura 16. Tabla de variables terminada.

A continuación se realizarán medidas de caudal variando la apertura del posicionador y frecuencia del variador; para el primer caso se trabajará con una frecuencia fija y se tomarán 3 medidas de caudal con el posicionador en 3 posiciones distintas, hecho esto se dejará el posicionador en una posición fija y modificando la frecuencia del variador se buscará igualar los caudales obtenidos en la medición anterior, estos resultados se tabularán en las siguientes tablas:

<b>Frecuencia del variador: 50 Hz.</b>	
<b>Posición de la válvula proporcional (%)</b>	<b>Caudal (l/min)</b>
20	47.8
40	38.6
60	27.1

Tabla 3. Variación del caudal por medio de la válvula a frecuencia fija.

<b>Posición de la válvula proporcional: 0%</b>	
<b>Consigna del variador (Valor Hexadecimal):</b>	<b>Caudal (l/min)</b>
3290	47.6
2BC0	38.7
2390	27.1

Tabla 4. Variación del caudal por medio del variador a posición fija.

## 7. Resultados y/o discusión

Se observa que es posible manipular el caudal de la línea de agua sea por apertura/cierre del posicionador o modificando la frecuencia del variador, al hacer esto sin embargo no se tiene en cuenta la forma en que la presión se incrementa.

A diferencia de la consigna de apertura del variador, la de frecuencia no tiene formato de visualización real, por ello se puede utilizar el formato hexadecimal o decimal para tener una idea más clara del valor que se está enviando al equipo.

## **8. Conclusiones y recomendaciones**

### **8.1 Conclusiones**

El levantamiento de señales es un trabajo que requiere estemos familiarizados con los equipos que se manejan, puesto que no existe una forma rápida de determinar que señal se muestra en cada variable, por lo que se requiere conocer en qué orden los equipos envían la información al maestro.

Si bien a las palabras de control utilizadas tanto para el variador como para el posicionador en esta práctica se les asignan solo 2 valores, estos tienen muchas variantes dependiendo de lo que se necesite, por ello no se puede enviar cualquier palabra de control, o se corre el riesgo de desconfigurar el equipo, o en el peor de los casos, de dañarlo.

### **8.2 Recomendaciones**

Revisar que en el panel de operación se encuentre en modo de operación Siemens, de otra forma el PLC maestro se encontrará indicando un error continuamente, por el fallo de comunicación que se presenta al estar trabajando en Panel Frontal o con el PLC Schneider.

Se recomienda no utilizar palabras de control distintas a las indicadas en esta práctica, puesto que para ello es necesario conocer cada uno de los bits que se están modificando, o el equipo podría verse afectado.

Se debe recordar que no se pueden forzar valores en las variables de solo lectura, si se intenta nos aparecerá un símbolo junto con la variable que indica el error.

## **9. Referencias**

[1] Siemens, STEP 7 programming software, Product Information, Disponible en: <https://goo.gl/xyPrlx>

[2] Siemens, Configurar el hardware y la comunicación con STEP 7, Manual, Disponible en: <http://goo.gl/uQDfSO>

[3] Vicente Guerrero-Ramón Yuste-Luís Martínez, Comunicaciones Industriales, Marcombo, 2009.

# Levantamiento de dispositivos HART mediante el concentrador HCS (HART concentrator system).

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

Tiempo estimado: 30min

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica brinda al estudiante las herramientas necesarias para afianzar los conocimientos sobre los dispositivos que se comunican mediante HART. La práctica contempla la revisión del fundamento teórico así como el procedimiento necesario para levantamiento de señales de la red y los dispositivos que manejan este protocolo, ubicados en la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

2.1 Lecturas recomendadas:

- Moore Industries Inc., HART Concentrator System HART-to-MODBUS RTU Converter [1].

2.2 Software requerido:

- Instalación del programa HCS Configuration de Moore Industries.

## 3. Objetivo

Identificar las direcciones de los dispositivos HART y el número de dispositivo asignado a los mismos en la planta de control de procesos A.

## 4. Equipos, instrumentos y software

En la tabla que se presenta a continuación se numeran los equipos y se indica su posición.

<i>Descripción</i>	<i>Marca</i>	<i>Identificación</i>
HCS Configuration software	Moore Industries	-----
Cable de datos del HCS	Moore Industries	P/N 803-053-26
Adaptador USB-Serial	-----	-----
Dispositivos HART varios	-----	-----

Tabla 1. Equipos y software necesarios.

En la imagen 2 se puede observar la ubicación del Concentrador HART (HCS) en el interior del armario.



Figura 1. Ubicación del HCS en el armario de la planta de control de procesos “A”.

## 5. Exposición

### 5.1 HCS PC Configurator

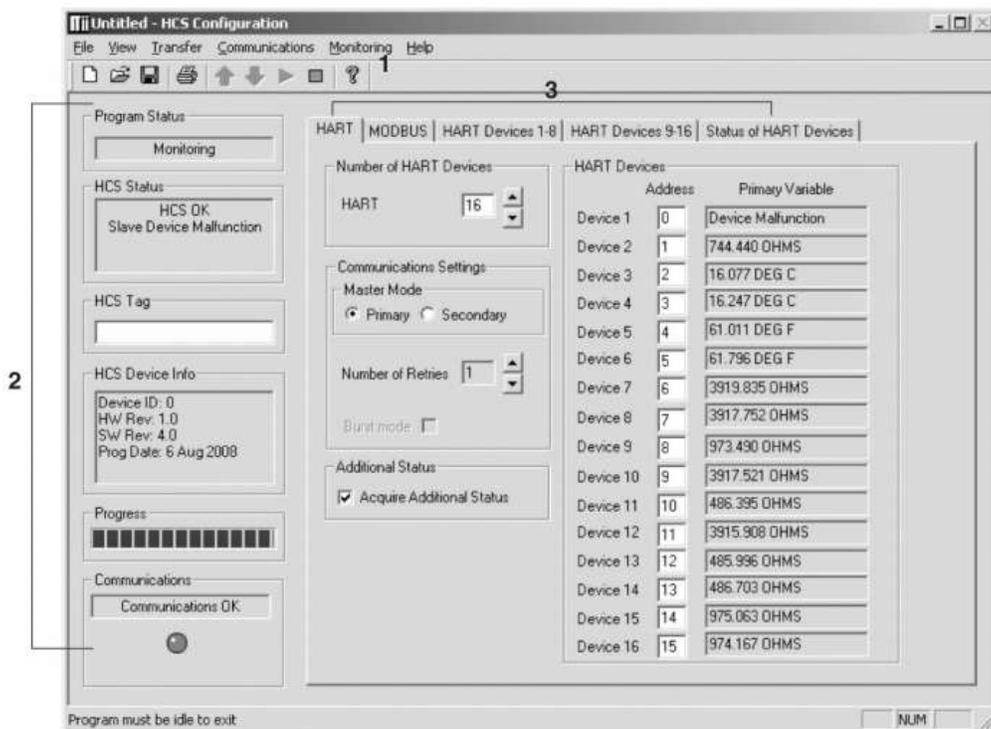


Fig. 2 Entorno gráfico del software HCS PC Configurator [1]

Es un software usado para programar todos los parámetros de los instrumentos en una red HART, pero una vez sea guardada la configuración por defecto [1].

En la fig. 2 se puede distinguir tres secciones:

- Barra de menú/ Barra de herramientas: Consta de menús despegables e iconos correspondientes para la realización de varias funciones a lo largo del programa de configuración de la PC [1].
- Información del Dispositivo: En este espacio se observa información relativa al concentrador; los campos visibles son [1]:
  - Estatus del programa: Muestra la condición de la unidad conectada, que puede ser inactivo, descarga, monitoreo, carga.
  - HCS Status: Muestra si la unidad está funcionando normalmente o avisa de cualquier error, o condiciones fuera de las permitidas.
  - HCS Tag: Identifica el HCS conectado por medio de ocho caracteres alfanuméricos como máximo.
  - HCS Device Inf: Muestra las características del HCS adjunto, su ID, revisiones de hardware y software, y la última fecha que se programó al dispositivo.
  - Progress: Permanece en movimiento mientras el HCS está monitoreando, cargando o descargando, de esta forma se notifica que el proceso está en progreso.
  - Communications: Indica el estado actual de la conexión con el PC.
- HART/MODBUS/HART Devices/Status of HART Device Tabs: Son pestañas intercambiables para fijar la configuración apropiada del dispositivo HCS [1].

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

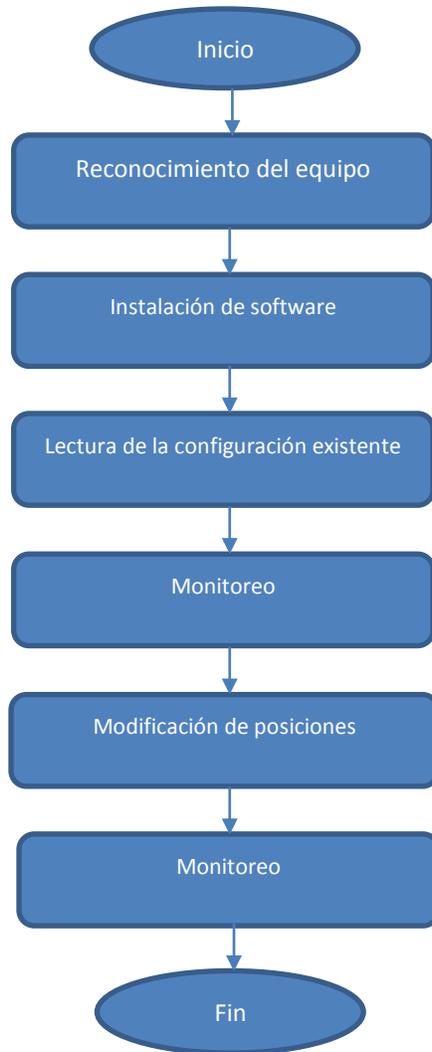


Figura 3. Proceso para el desarrollo de la práctica.

## 6.2 Procedimiento

Para la ejecución de esta práctica se requiere tener instalado el software de configuración del HCS; una vez instalado se lo ejecuta y observamos una ventana como la que se muestra en la figura 4.

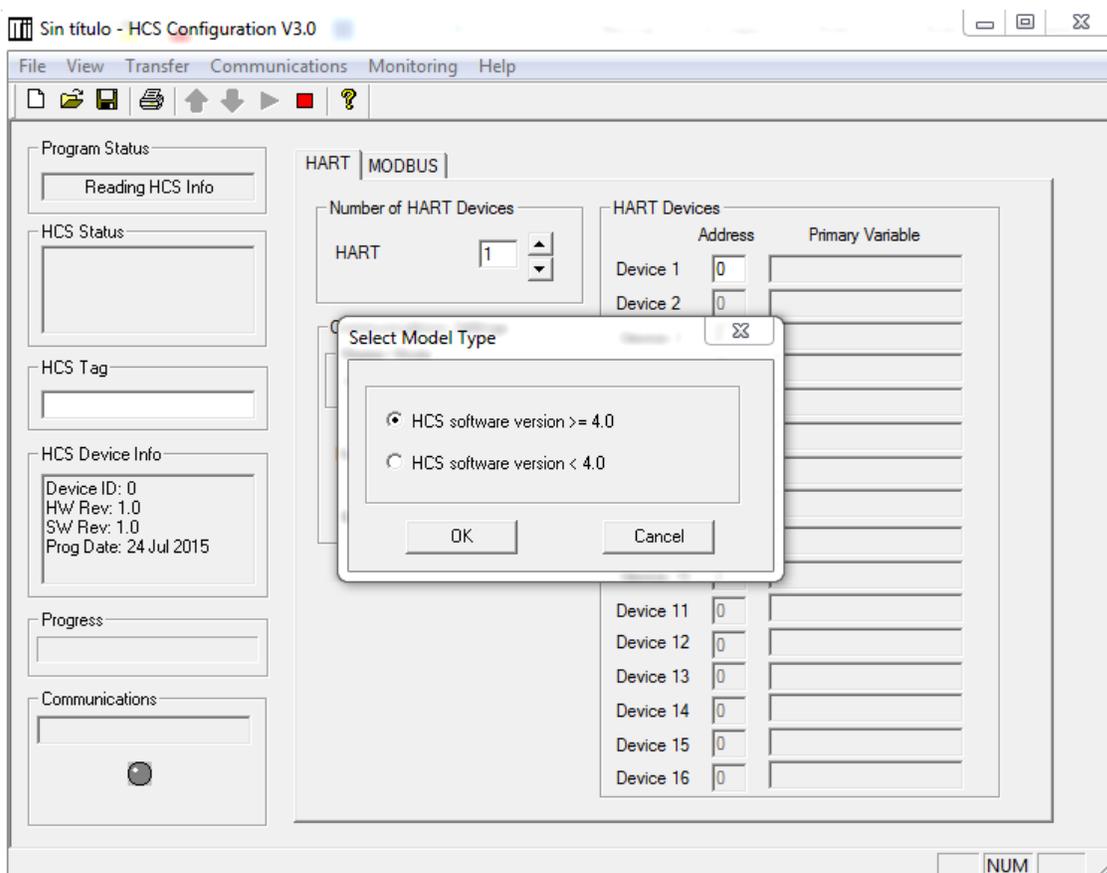


Figura 4. Ventana inicial del Programa de configuración para el HCS.

Se observa cuando en el que se solicita elijamos la versión del software que posee el HCS con el que vamos a trabajar, se selecciona la opción **<4.0** (ver figura 5).

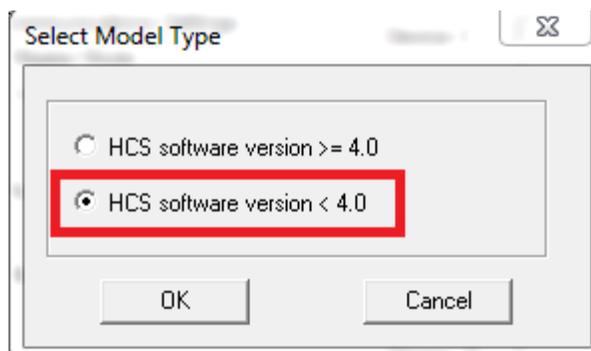


Figura 5. Selección de la versión de software del HCS.

Una vez seleccionado elegiremos el puerto por el cual se realizará la comunicación con el dispositivo. Debido a que el cable de comunicación del HCS es serial necesitaremos un adaptador USB/Serial; al conectar el cable se instalará el controlador del dispositivo. Es necesario conocer el número de puerto asignando a la conexión para ello nos podemos valer del administrador de dispositivos, en el cual se indica el número de puerto asignado dentro del menú **Puertos (COM y LPT)**, tal como se muestra en la imagen 6.

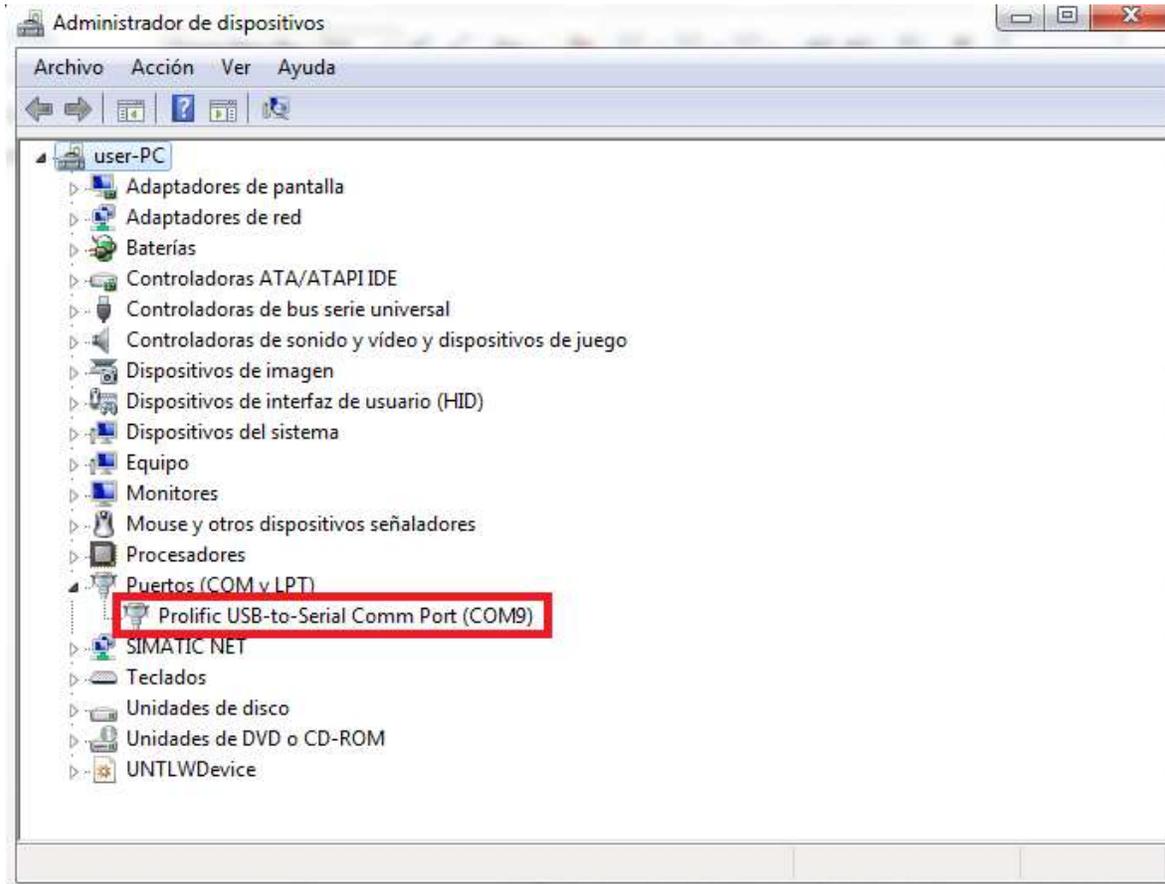


Figura 6. Puerto asignado a la conexión serial.

Como se puede ver para el caso del ejemplo se asignó el **COM9** a la conexión realizada; el número de puerto puede no ser el mismo que se asigne a su computador, por lo que es necesario verificar cual le ha sido asignado.

Una vez que se conoce el puerto de conexión lo configuramos en el software del HCS, en la opción **Comunicaciones**>**COMX** (ver figura 7).

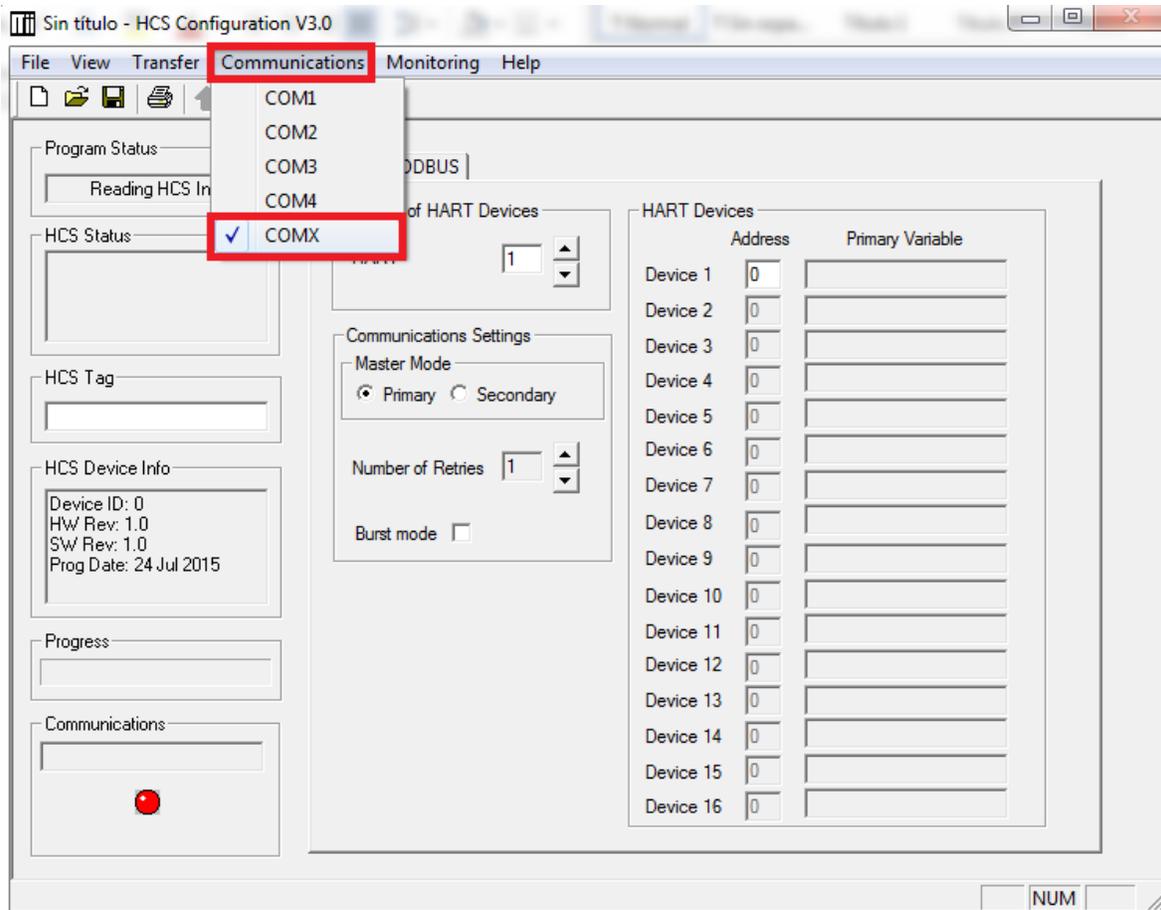


Figura 7. Selección del puerto de comunicaciones.

Al hacer esto, aparece una ventana donde debemos seleccionar el número de puerto que se asignó al conectar el cable (ver figura 8).

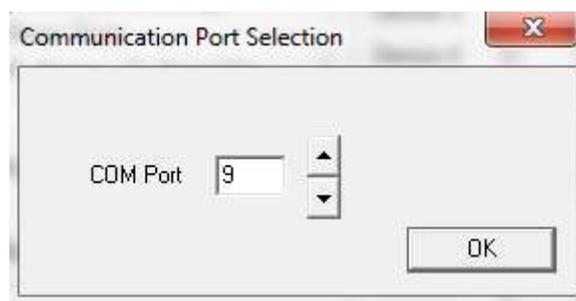


Figura 8. Selección del número de puerto.

Como no se conoce el número de dispositivos conectados se selecciona el máximo (que es 16), en la opción **Número de dispositivos HART** (Number of HART Devices), como se aprecia en la figura 9.

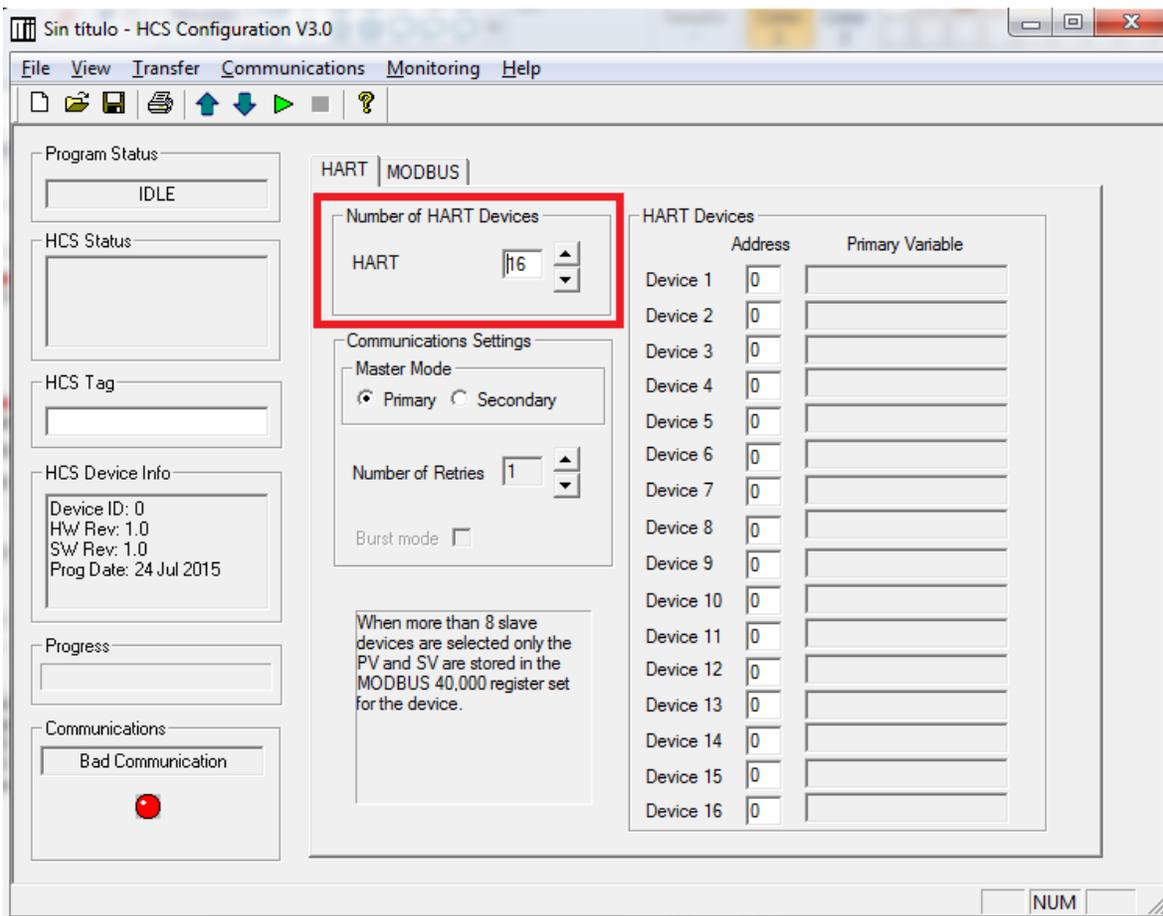


Figura 9. Definición del número de dispositivos HART.

Con esta selección se procede a levantar las señales existentes, previo a realizar monitoreo o descarga de la configuración es necesario primero realizar el levantamiento, para ello se debe estar conectado con el cable serial al HCS y presionar el botón de carga como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Botón de carga de configuración en PC.

Al hacerlo se visualizarán las direcciones de los dispositivos conectados, como se ve en la figura 11.

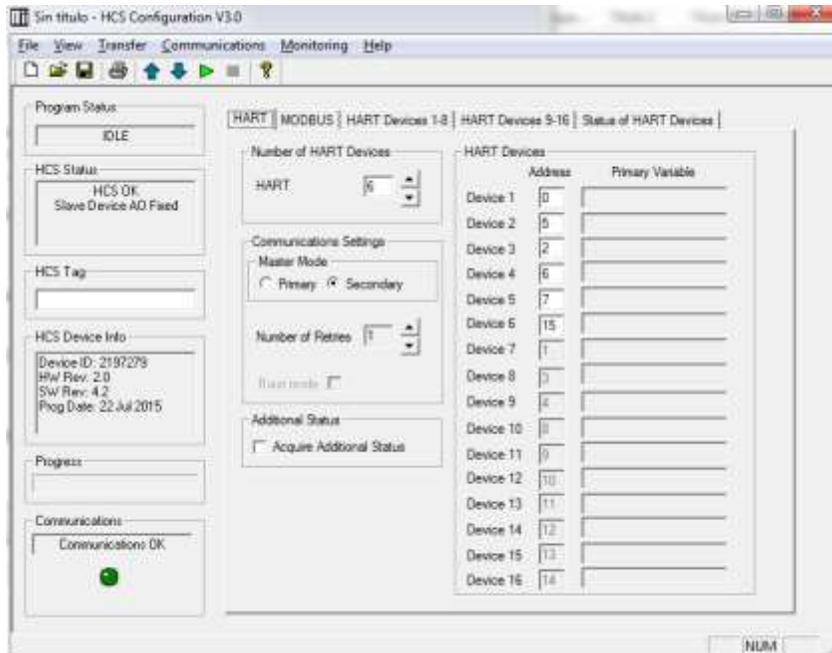


Figura 11. Levantamiento de direcciones de equipos HART.

Además de esto, en la pestaña **MODBUS**, se puede observar la configuración realizada para esta comunicación; debemos recordar que el HCS reúne las señales de los dispositivos HART y proporciona una salida Modbus que puede comunicarse con un maestro de este tipo. La configuración debe ser similar a la que se observa en la figura 12.

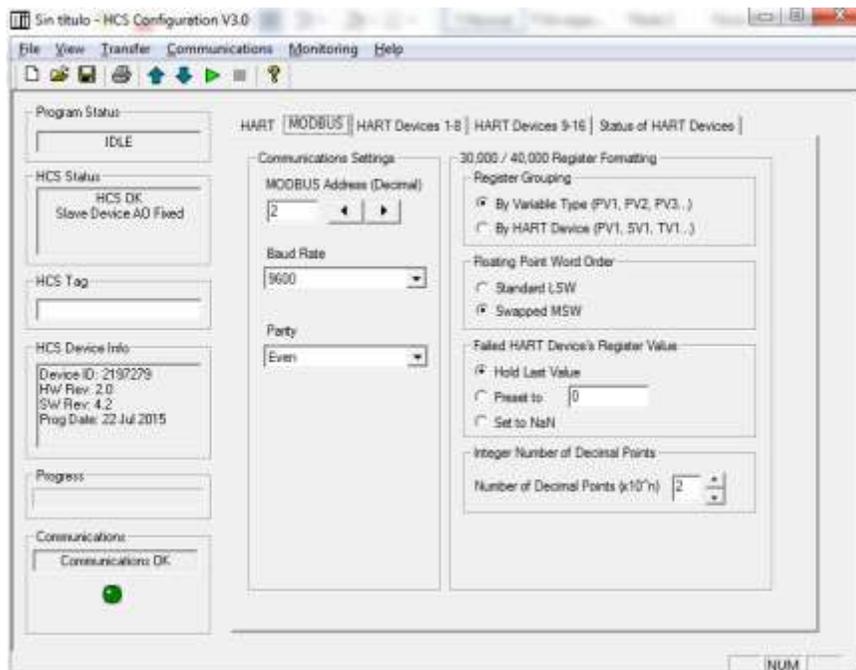


Figura 12. Configuración de la comunicación Modbus del HCS.

Para observar los datos que se encuentra recibiendo el HCS (ver figura 13), se selecciona el botón de monitoreo y esperamos a que se visualice la lectura



Figura 13. Botón de monitoreo de dispositivos.

Se aprecia la información que los equipos envían en las diferentes pestañas, como se observa en la figura 14.

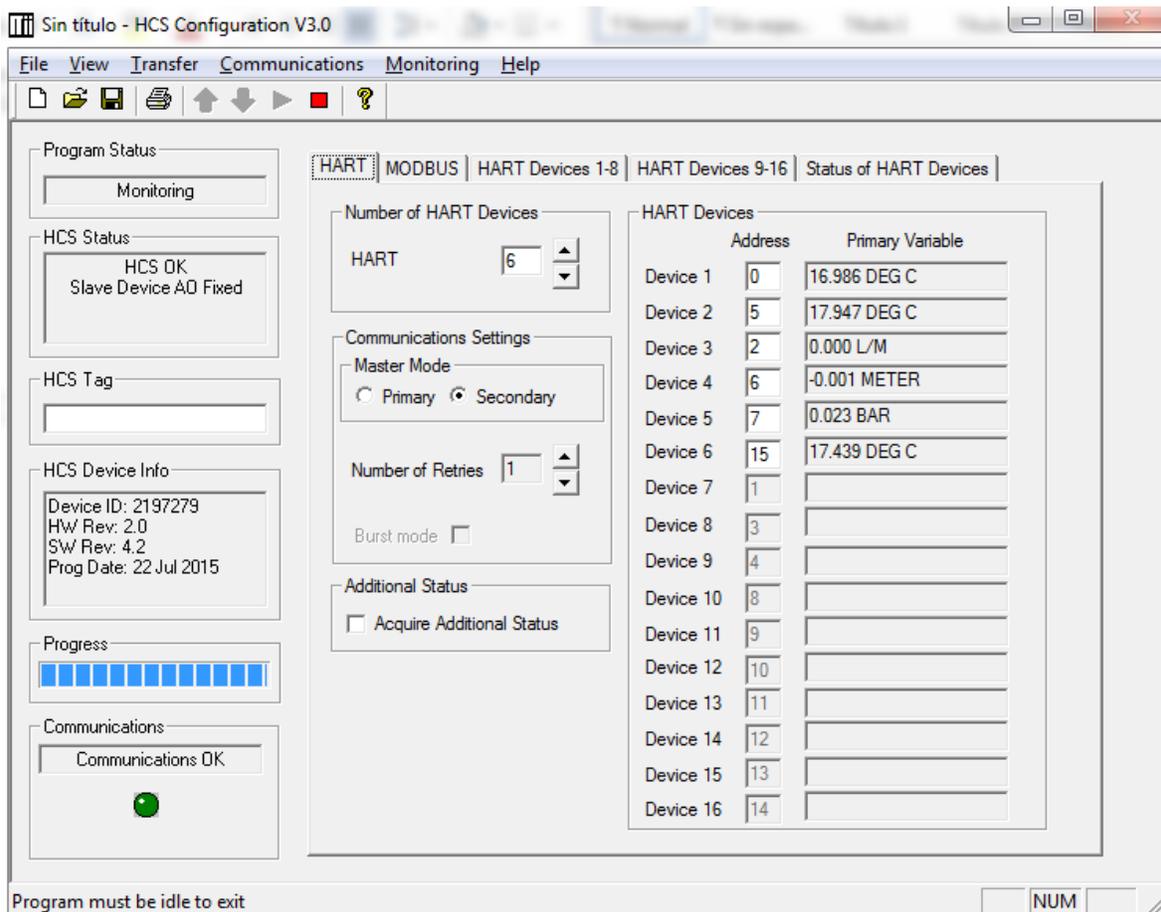


Figura 14. Lectura de señales presentes en el HCS.

Para visualizar el número de dispositivo, dirección HART y variables de medida (ver figura 15), se utilizan las pestañas **Dispositivos HART 1-8** (HART Devices 1-8) y **Dispositivos HART 9-16** (HART Devices 9-16). En el ejemplo se puede observar que los equipos se encuentran contiguos (figura 14), por ello todas las señales se observan en una sola pestaña (Dispositivos HART 1-8).

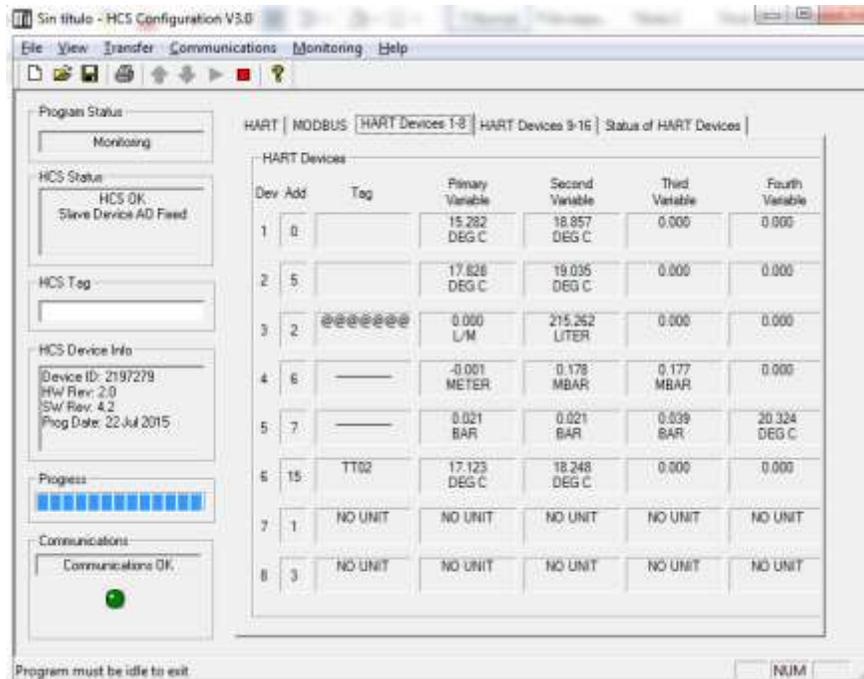


Figura 15. Lectura de número de dispositivo, direcciones y variables de los instrumentos conectados al HCS.

En la pestaña **Estatus de dispositivos HART** (Status of HART Devices) se muestra información adicional sobre cada uno de los elementos conectados y reconocidos (ver figura 16).

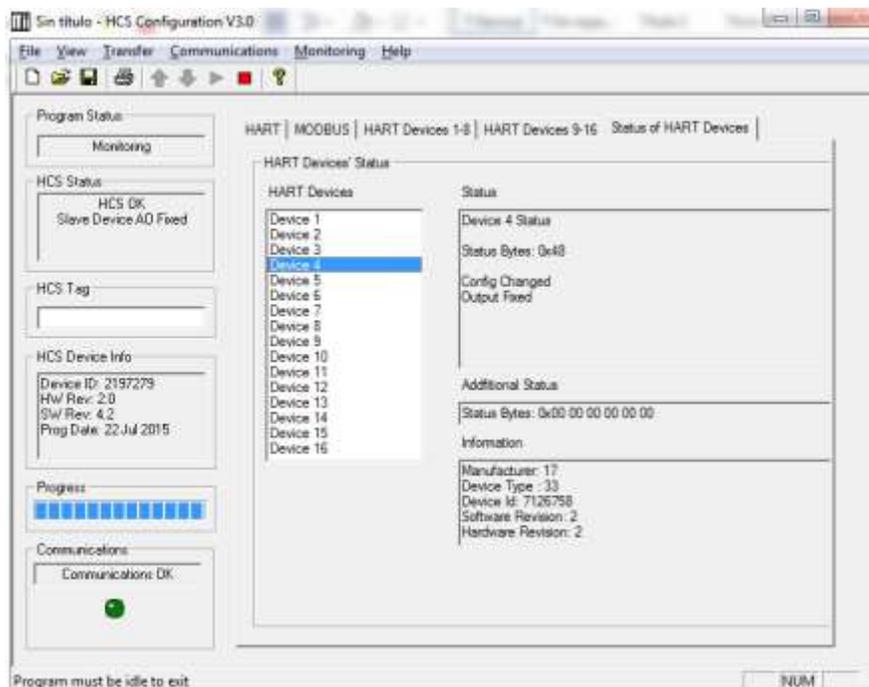


Figura 16. Estatus de dispositivos HART.

En función de los datos que se han observado en las distintas pestañas procederemos a llenar la siguiente tabla con la información proporcionada por la herramienta informática.

Numero de dispositivo	Dirección	Tipo de variable medida	Variable principal	Unidades de la variable principal	Variable secundaria	Unidades de la variable secundaria
1	0	Temperatura	15.82	°C	18.85	°C
2	2	Temperatura	17.82	°C	19.03	°C
3	5	Caudal	0.00	<i>l/min</i>	215.26	<i>l</i>
4	6	Nivel	0.00	<i>metros</i>	0.17	<i>mbar</i>
5	7	Presión	0.02	<i>bares</i>	0.02	<i>bares</i>
6	15	Temperatura	17.12	°C	18.24	°C

Tabla 2. Información proporcionada por la herramienta informática.

## 7. Resultados y/o discusión

En la tabla se observan las señales enviadas por cada dispositivo HART conectado, si bien se tabulan los datos recibidos por solo 2 variables, el programa muestra cuatro variables, también se observan las unidades que envían los transmisores.

Los datos proporcionados son especialmente útiles al momento de realizar la comunicación con un autómatas, se debe recordar que esta herramienta es utilizada para la configuración, por lo que no se puede realizar un control directamente con las señales proporcionadas.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

El concentrador HART nos permite optimizar el trabajo de campo, gracias a que por medio de este se pueden conectar varios dispositivos cuya información puede ser interpretada por un autómatas mediante otro bus de comunicación (Modbus). De esta forma se logra romper la barrera generada a veces entre fabricantes de equipos.

### 8.2 Recomendaciones

Se debe observar que el selector del panel frontal se encuentre en la posición **HART ON**, de otra forma estos equipos permanecen apagados y no se podrá trabajar con ellos, hecho que se evidencia en el indicador del concentrador (aparece una luz roja encendida) debido a la falla en la comunicación.

## 9. Referencias

[1] Moore Industries Inc., HART Concentrator System HART-to-MODBUS RTU Converter, Enero 2014, Disponible en: <http://goo.gl/Pr0tpg>

# Desarrollo de un interfaz humano máquina mediante el software de LabVIEW.

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Redes Industriales](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: día-mm- año

Tiempo estimado: 60min

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica brinda al estudiante las herramientas necesarias para comunicar el PLC S7-300 con LabVIEW a través de su herramienta para configurar servidores OPC, comunicación que servirá para el desarrollo de un HMI en el mismo software de National Instruments.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

### 2.1 Lecturas recomendadas:

- SIEMENS. SIMATIC, Configurar el hardware y la comunicación con STEP 7, Manual. Número: 6ES7810-4CA08-8DW0. SIEMENS, 03 2006 [1].
- SIEMENS. SIMATIC S7-300 CPU 31xC y CPU 31x: Configuración, Instrucciones de servicio. Número 6ES7398-8FA10-8DA0. SIEMENS, 03 2011 [2].
- Fernando Pascual, Moisés Pérez. OPC-LabVIEW. Centro Integrado Politécnico “ETI”. Departamento de electricidad [2].

### 2.2 Software requerido:

- Software LabVIEW.
- NI OPC Servers
- Librería NI LabVIEW Datalogging and Supervisory Control Module

### 2.3 Prácticas realizadas requeridas:

- Prácticas 14 y 15 del manual de prácticas de la planta “A” del laboratorio LACTI de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

## 3. Objetivos

-Comunicar el PLC S7-300 con LabVIEW a través de su herramienta para la configuración de servidores OPC, para el desarrollo de un HMI que monitoree y actúe sobre el nivel del tanque atmosférico de la planta de control de procesos “A”.

#### 4. Equipos, instrumentos y software

Los elementos requeridos para el desarrollo de la práctica se presentan en la tabla 1:

<i>Descripción</i>	<i>Marca</i>	<i>Identificación</i>
Medidor de nivel de radar guiado (1).	Endress+Hauser	Levelflex FMP51
Electro válvula (2).	Danfoss	EC 1-03
Electro válvula (3)	Danfoss	EA 1-04
Posicionador electro-neumático (4).	Siemens	SIPART_PS2_PA
Variador de frecuencia (5)	Siemens	Micromaster 4-40
PCL (6)	SIEMENS	S7-300
LabVIEW (32 bits)	NI	Software
NI OPC Servers	NI	Software
NI LabVIEW Datalogging and Supervisory Control Module	NI	Librería LabVIEW

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software de la guía.

En la figura 1 y 2 se muestra la ubicación de los elementos del bus de campo y control, en la planta “A” del laboratorio de automatización y control totalmente integrado:



Figura 1. Ubicación de los dispositivos de campo.



Figura 2. Ubicación de los dispositivos de campo y control.

## 5. Exposición

### 5.1 SIMATIC S7-300

Se lo conoce como un sistema de automatización universal utilizado en aplicaciones con arquitecturas de control centralizadas y descentralizadas, la primera a través de un solo rack y descentralizadas por módulos de interfaz ET200, buses de campo PROFIBUS DP o PROFINET [1].

Su memoria de datos y de programa es una micro memory card MMC, la cual facilita la actualización del programa de usuario o firmware de una CPU S7-30 [1].

La siguiente lista presenta algunos de los buses industriales a los que puede conectarse:

- Industrial Ethernet
- Profinet
- Industrial Wireless LAN
- Profibus
- AS-Interface
- Modbus RTU, TCP/IP.

Su configuración se la puede realizar mediante el software SIMATIC STEP7 o mediante TIA PORTAL STEP7 Profesional V11.

## 5.2 CPU 315F-2 PN/DP

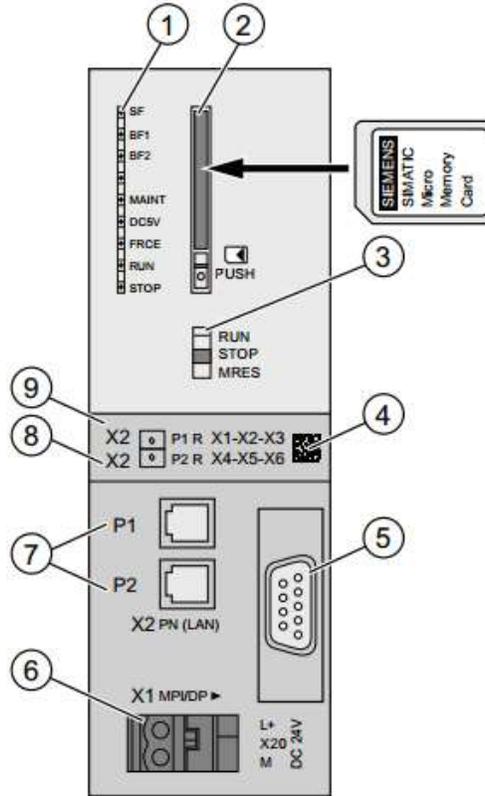


Figura 3. CPU 315F-2 PN/DP [2]

El CPU 315F-2 PN/DP cuenta con los siguientes elementos:

- Indicadores de estado y error
- Ranura de la Micro Memory Card SIMATIC con expulsor
- Selector de modo
- Dirección MAC y código de barras 2D
- interfaz X1 (MPI/DP)
- Conexión para la fuente de alimentación
- Interfaz X2 (PN), con switch de 2 puertos
- Puerto PROFINET 2
- Puerto PROFINET 1

Existen 3 posiciones del selector de modo: RUN en el cual la CPU procesa el programa del usuario, STOP en el cual no se procesa ningún programa y MRES que es un modo que no se enclava y permite un borrado total de la CPU (Este modo se activa con una secuencia especial de operación) [2].

La CPU instalada en la plata “A” del laboratorio de automatización y control totalmente integrado cuenta con los siguientes módulos:

- Procesador de comunicaciones CP 342–5 que conecta el S7–300 a la red en bus PROFIBUS
- Módulo de entradas y salidas digitales: DI16/DO16x24V/0.5A
- Módulo de entradas y salidas analógicas: AI4/AO2x8/8Bit
- Módulo de entradas analógicas: AI8x12Bit
- Fuente de alimentación carga 120/230V AC:24VDC/5A: PS 307 5A
- ET 200M: módulo de interfaz para DP/PA link.
- SIMATIC DP/PA couple
- ET 200S: periferia descentralizada.

### **5.3 OPC (OLE for Process Control)**

OPC es un estándar de comunicación desarrollado por las empresas: Intellution, Opto-22, Fisher-Rosemount, Rockwell Software, Intuitiv Software y Microsoft, creado para dar conectividad a cualquier producto sin restricciones de fabricante, en un bus de comunicaciones industriales. La conectividad se da a través de una arquitectura cliente-servidor, donde el servidor OPC está basado en incrustación y enlazado de objetos para control de procesos (OLE for process control), permitiendo el intercambio de datos sin limitación del hardware presente en la planta [3].

Entre las principales características de OPC están:

- Manipulación de datos en línea tanto para lectura como escritura, de forma flexible y eficaz.
- Capacidad para configuración de alarmas y eventos.
- Generación y manejo de datos históricos.
- Buena seguridad para la transferencia de datos.

La empresa de National Instruments ha desarrollado el software de LabVIEW para la supervisión y control de procesos industriales, incluyendo librerías como el OPC Servers para la conectividad e intercambio de datos entre cliente-servidor sin restricciones por fabricantes o tecnologías de redes industriales [3].

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

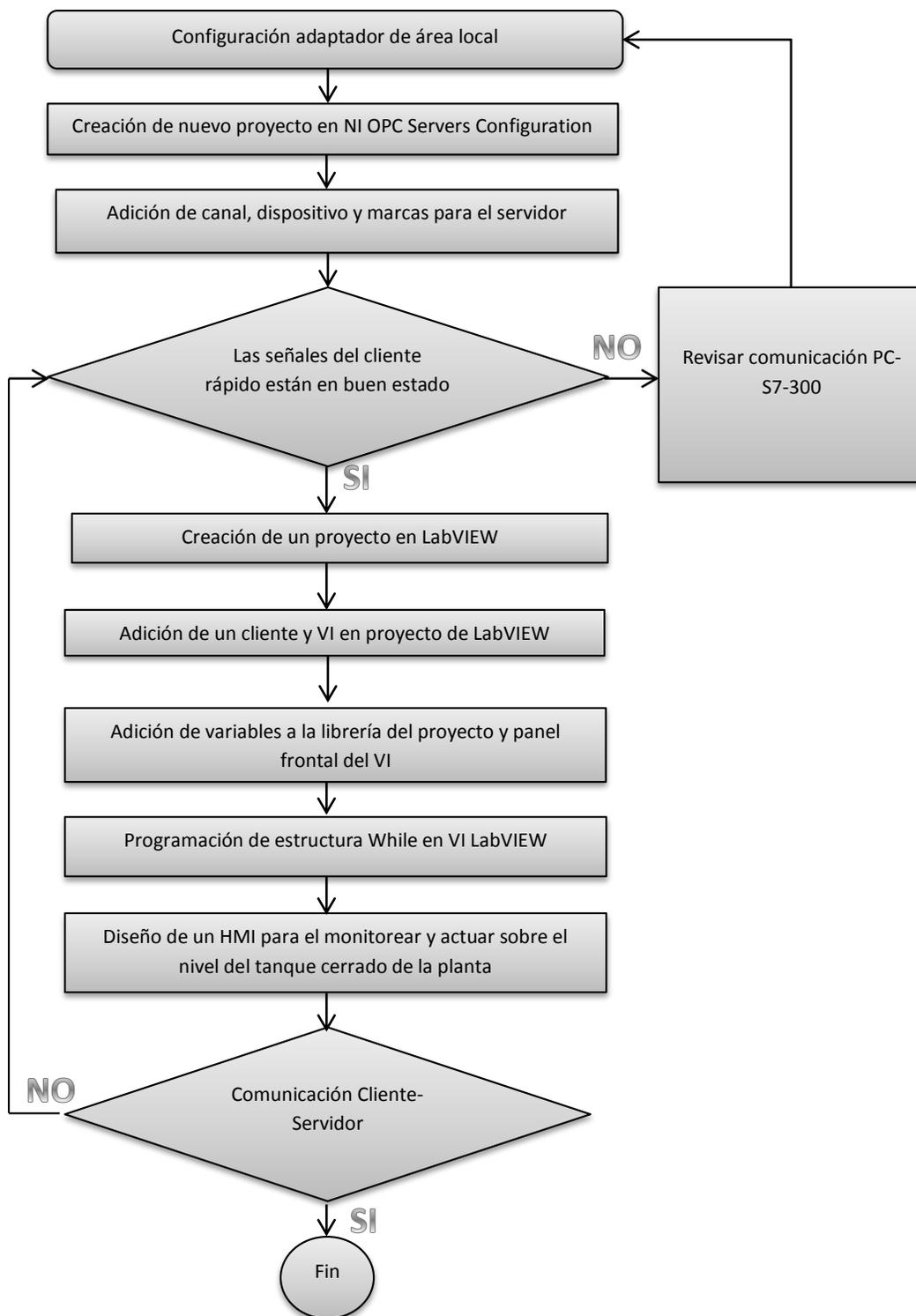


Figura 4. Proceso de la guía.

## 6.2 Procedimiento

El primer paso será configurar la dirección de la PC para que se encuentre dentro de la red del PLC S7-300. Para asignar esta dirección primero procederemos a centro de redes y recursos.

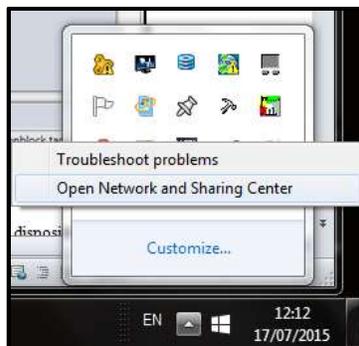


Figura 5. Configuración de los bloques de los dispositivos H1.

Accedemos a la opción para cambiar la configuración del adaptador.



Figura 6. Configuración adaptador.

Dentro de esta damos click derecho sobre la conexión de área local utilizada y luego click izquierdo sobre propiedades.



Figura 7. Configuración adaptador.

Como siguiente paso accedemos al protocolo de internet versión 4 y cambiamos la dirección a la mostrada en la figura 8.

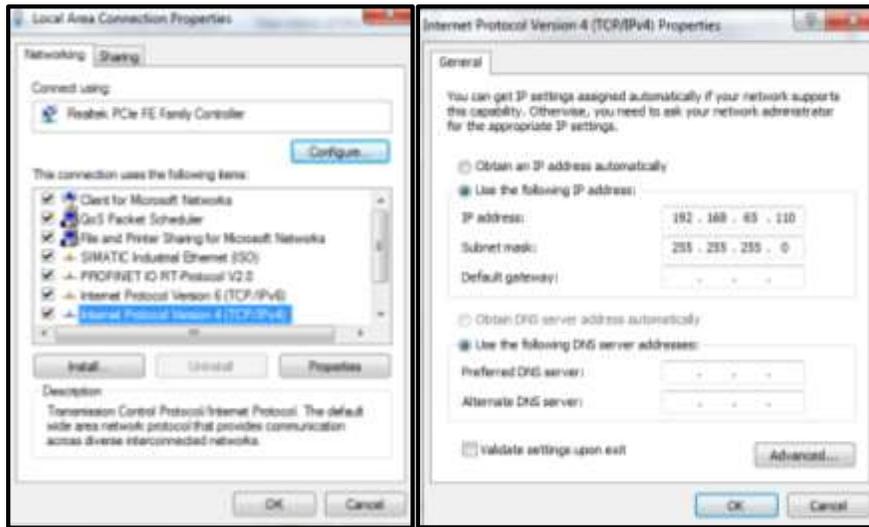


Figura 8. Dirección IP de la PC.

Para comprobar que existe comunicación computadora realizaremos un ping a la dirección del PLC que es 192.168.65.96.

El siguiente paso será abrir la librería NI OPC Servers Configuration:

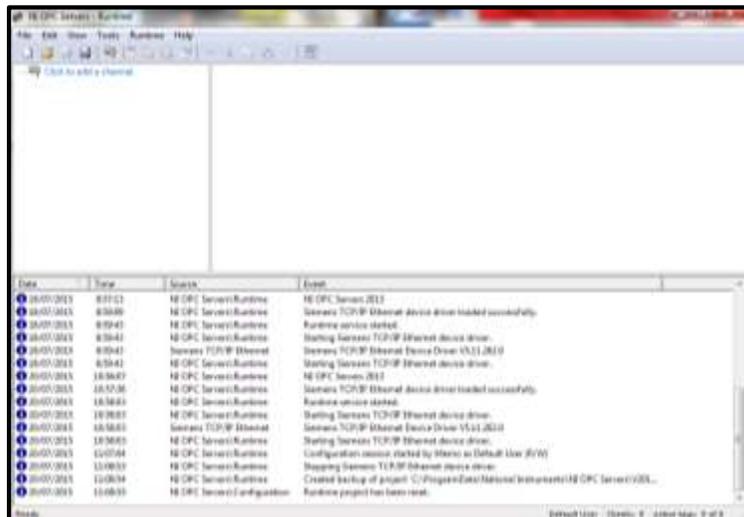


Figura 9. NI OPC Servers Configuration.

Se procede a crear un nuevo proyecto a través de la opción New Project presentada en la figura 10:

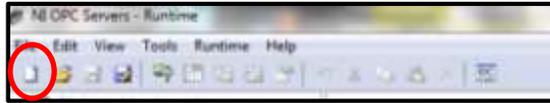


Figura 10. Creación del proyecto.

Al crear un nuevo proyecto se presentara la opción para crear un canal, esto en el menú desplegable del programa (figura 11):

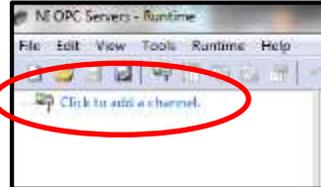


Figura 11. Opción adición de canal.

Una vez accedemos a crear un nuevo canal se definirá el nombre para el mismo, que puede ser **RedProfibus**.



Figura 12. Nombre del canal.

Al hacer click en siguiente se tendrá que escoger el driver del dispositivo que es **Siemens TCP/IP Ethernet**.

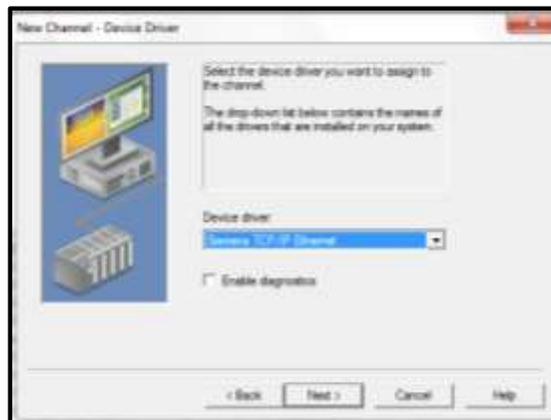


Figura 13. Driver del dispositivo.

Damos click en siguiente y procedemos a seleccionar el adaptador utilizado para la comunicación que tendrá la dirección mostrada en la figura 8.

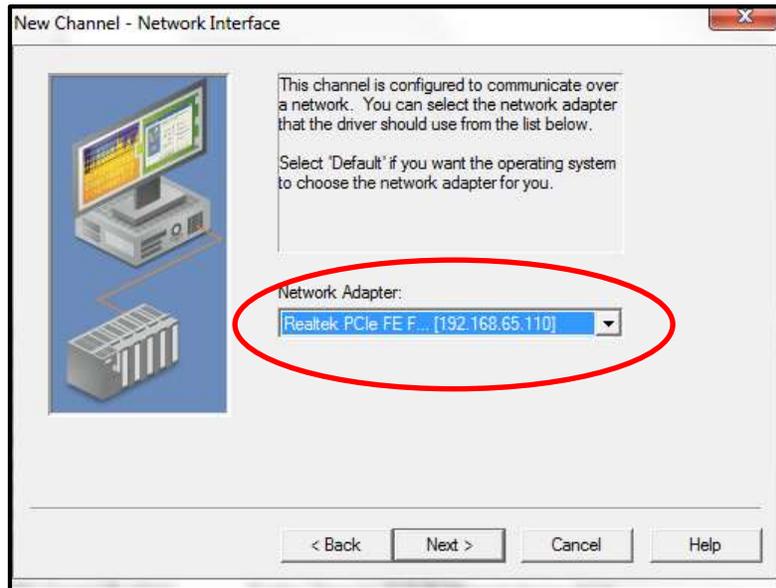


Figura 14. Selección de adaptador.

De aquí daremos click en siguiente a todas las pestañas de la configuración del canal que presenten esta opción sin modificar ningún parámetro. Finalmente en la pestaña mostrada en la figura PP damos click en finalizar con lo cual se termina de crear el canal (figura 15).

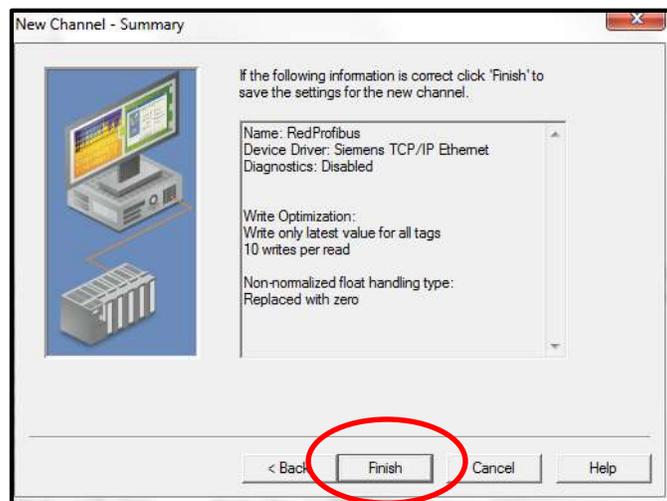


Figura 15. Final de la configuración del canal.

Al crear el canal se nos presentara la posibilidad de añadir un dispositivo a través del menú desplegable.

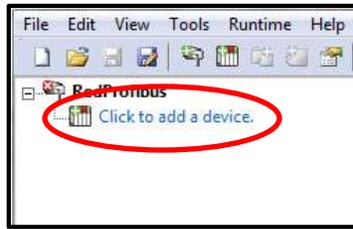


Figura 16. Adición de dispositivo.

Daremos click en la opción para añadir y procederemos a insertar su nombre: **PLC S7-300**.

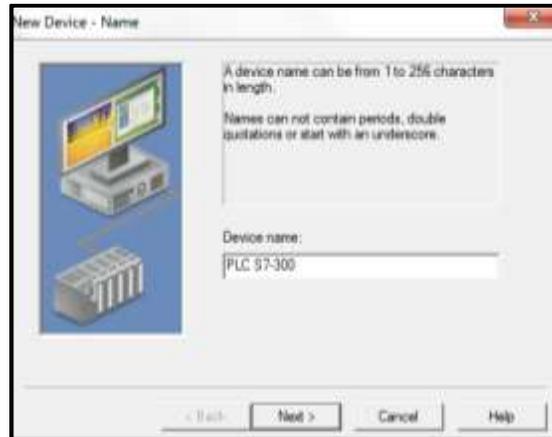


Figura 17. Nombre del dispositivo.

Al presionar siguiente se presenta la pestaña para la selección del modelo del dispositivo que es **S7-300**.

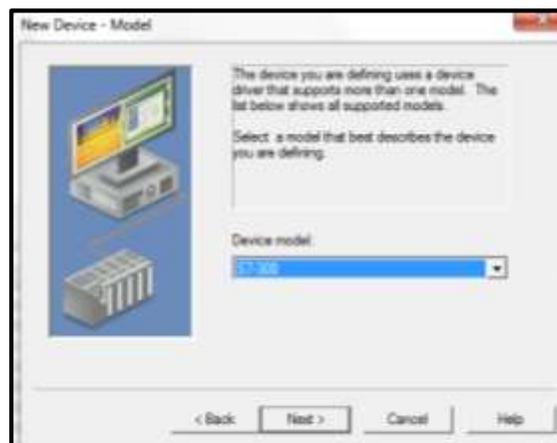


Figura 18. Modelo del dispositivo.

El siguiente requerimiento será la dirección IP del dispositivo **192.168.65.96**.

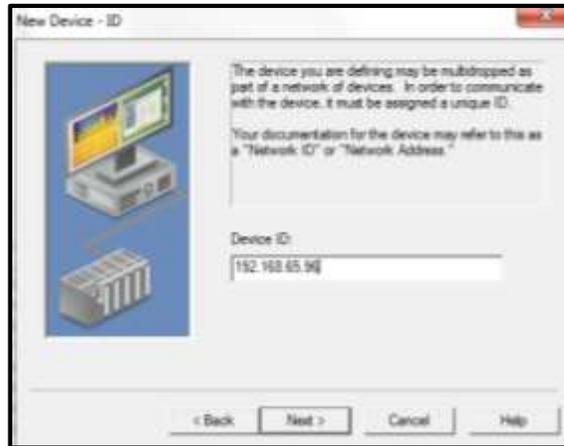


Figura 19. Dirección IP del dispositivo.

De aquí daremos click en siguiente a todas las pestañas de la configuración del dispositivo que presenten esta opción sin modificar ningún parámetro. Finalmente en la pestaña mostrada en la figura 20 damos click en finalizar con lo cual se termina de añadir el dispositivo.

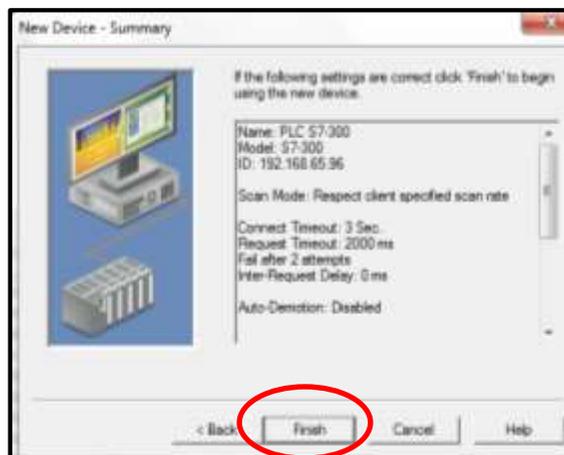


Figura 20. Final de la adición del dispositivo.

Al haber añadido el canal y dispositivo se procederá agregar las marcas a través de la opción presentada en la figura 21. Estas marcas representaran las señales de interés para el proyecto adquiridas por el PLC S7-300.



Figura 21. Opción para añadir marcas.

Al hacer click en añadir una marca estática se nos presenta una pestaña en la que ingresaremos la **dirección** y **nombre** de acuerdo a la figura 22.

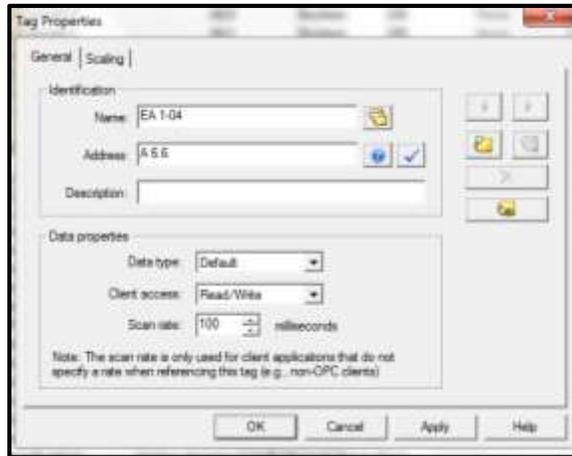


Figura 22. Marca dirección A6.6.

Esta marca representa la válvula normalmente cerrada para el ingreso de agua de la línea inferior al tanque cerrado. Como siguiente paso seleccionaremos el tipo de dato **Boolean**.

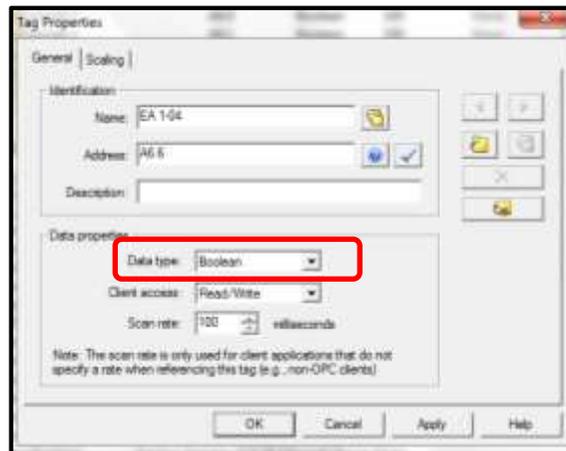


Figura 23. Selección de tipo de dato para la marca.

Presionamos **ok** para terminar la creación de esta marca. De la misma manera se procederá a crear marcas para las señales presentadas en la tabla 2 (Para crear una nueva marca hacer click en la opción mostrada en la figura 24).

Nombre	Dirección	Tipo de dato	Funcionamiento
EC 1-03	A6.3	Boolean	Válvula normalmente abierta para el ingreso de agua de la línea inferior al tanque abierto.
ArranqueVariador	AW 284	Word	Esta palabra sirve para arrancar o detener al variador (1150 para apagado y 1151 para arranque).
FrecuenciaVariador	AW 286	Word	Esta palabra sirve para asignar un valor de frecuencia al variador (0

			para 0 Hz y 16384 para 60 Hz).
NivelTanqueCerrado	ED 261	Float	Indica el nivel del tanque de 0.00m a 1.00 m.
LecturaPosicionador	PED 470	Float	Indica la apertura del posicionador del 0 al 100%
EscrituraPosicionador	AD 327	Float	Escribe la apertura del posicionador del 0 al 100%
ConfiguraciónPosicionador	AB 331	Byte	Se deberá configurar con el valor de 64 para que el posicionador se comunique mediante la red profibus

Tabla 2. Señales de importancia del PLC.

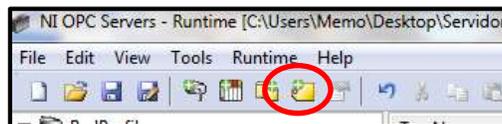


Figura 24. Opción para adición de marcas.

Para corroborar el correcto funcionamiento del servidor se procede a crear un cliente rápido por medio del botón mostrado en la figura 25.



Figura 25. Botón para adicionar cliente.

En el menú desplegable del cliente accederemos a la carpeta **RedProfibus. PLC S7-300** y procederemos a constatar que la calidad de todas nuestras marcas sea buena (**Good**).

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
RedProfibus.PLC S7-300_Rack	Byte	0	14:36:27.975	Good	1
RedProfibus.PLC S7-300.ArranqueVa...	Word	0	14:36:28.258	Good	1
RedProfibus.PLC S7-300.EA 1-04	Boolean	0	14:36:28.258	Good	1
RedProfibus.PLC S7-300.EC 1-03	Boolean	0	14:36:28.258	Good	1
RedProfibus.PLC S7-300.FrecuenciaV...	Word	0	14:36:28.258	Good	1
RedProfibus.PLC S7-300.NivelTanqu...	Float	0.047895	14:36:46.223	Good	17
RedProfibus.PLC S7-300_Slot	Byte	2	14:36:27.985	Good	1
RedProfibus.PLC S7-300.LecturaPosi...	Float	49.7381	14:36:28.258	Good	1
RedProfibus.PLC S7-300.EscrituraPos...	Float	50	14:36:28.258	Good	1

Figura 26. Cliente rápido de NI OPC Servers Configuration.

Las señales disponibles en este cliente también se pueden modificar por el mismo; Para lo cual se da click derecho sobre la marca deseada y se selecciona **Synchronous Write** (Figura 27).

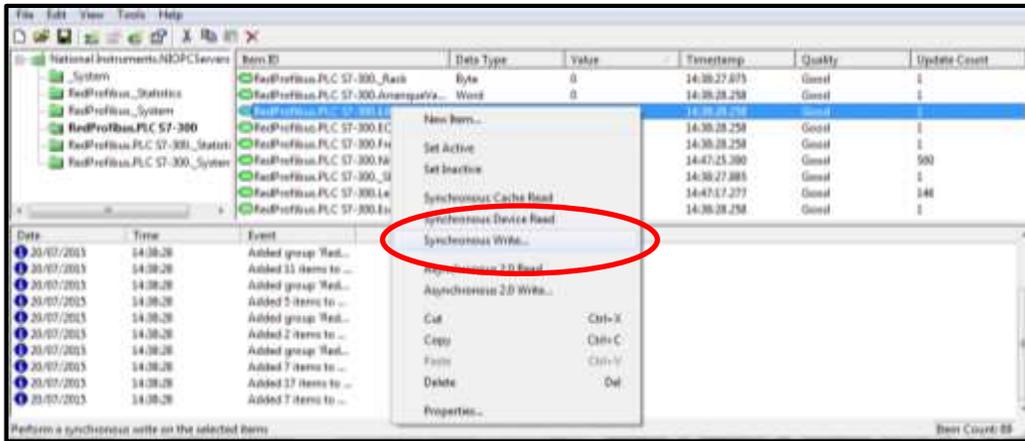


Figura 27. Modificación de señales desde el servidor.

Para asignar un valor a la señal se tendrá en cuenta su tipo de dato tal como muestra la figura 28.

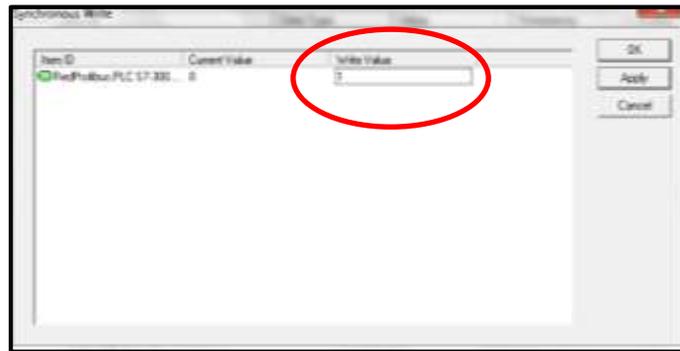


Figura 28. Escritura de un dato de tipo Boolean.

Una vez realizado el servidor se procede añadir un cliente en LabVIEW, pero lo cual se abre un nuevo proyecto.

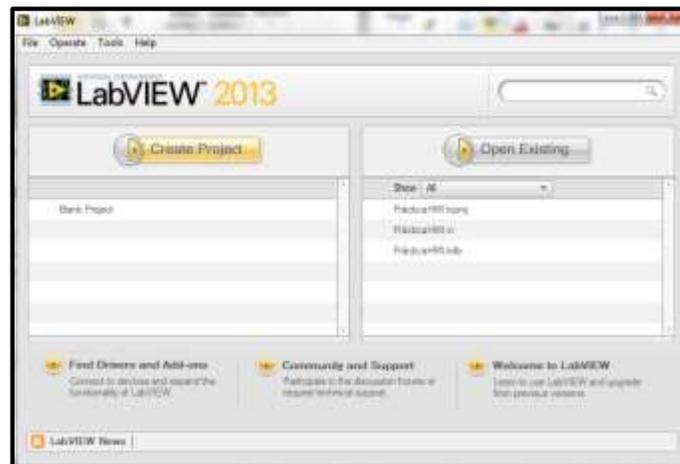


Figura 29. Creación de un proyecto en LabVIEW.

Seleccionamos la opción **Blank Project** y luego **Finish**.

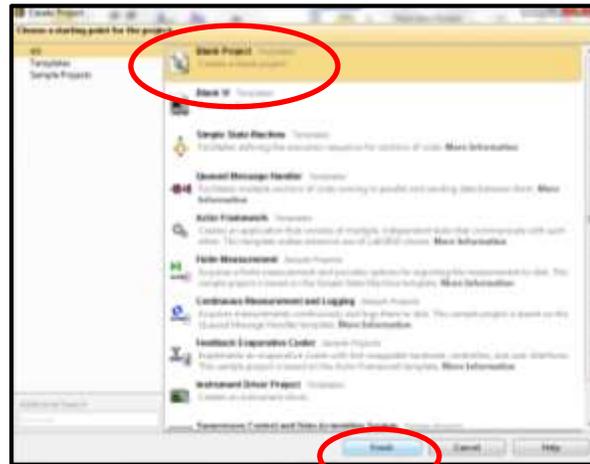


Figura 30. Opción proyecto en blanco.

Una vez creado el proyecto aparecerá una ventana en la cual se hará click derecho sobre **My Computer**, luego se ira a **New>I/O Server**.

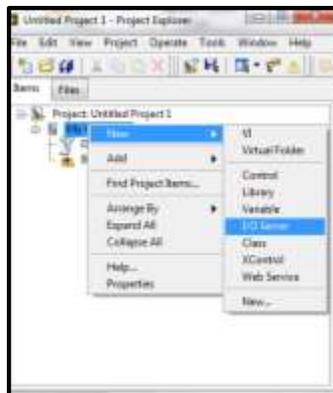


Figura 31. Creación del cliente en LabVIEW.

Se selecciona **OPC Cliente** y luego **Continue**.

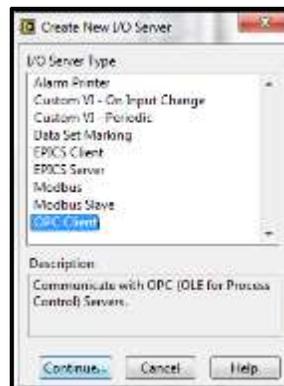


Figura 32. Selección OCP client.

A continuación aparecerá una ventana para configurar el OPC Client, la misma que se realizara de acuerdo a la figura 33.

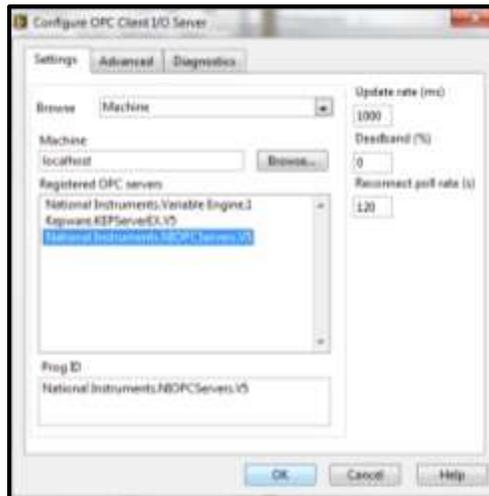


Figura 33. Configuración del cliente.

Finalizada la configuración se dará click en aceptar y se procede a crear un VI con click derecho sobre **My Computer**>**New**>**VI**.

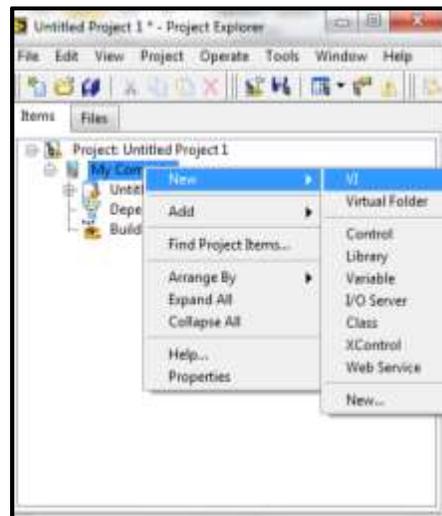


Figura 34. Adición VI.

Dar un clic derecho en la opción **Untitled Library 1**, seleccionar la opción **New** y posterior a esto seleccionar la opción **Variable**.

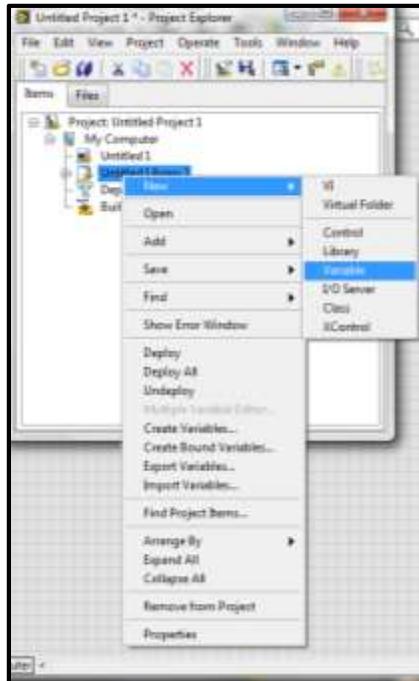


Figura 35. Opción para añadir variables.

Aparecerá una pestaña en la cual daremos click en el recuadro de **Enable Aliasing** y luego en **Browse**.

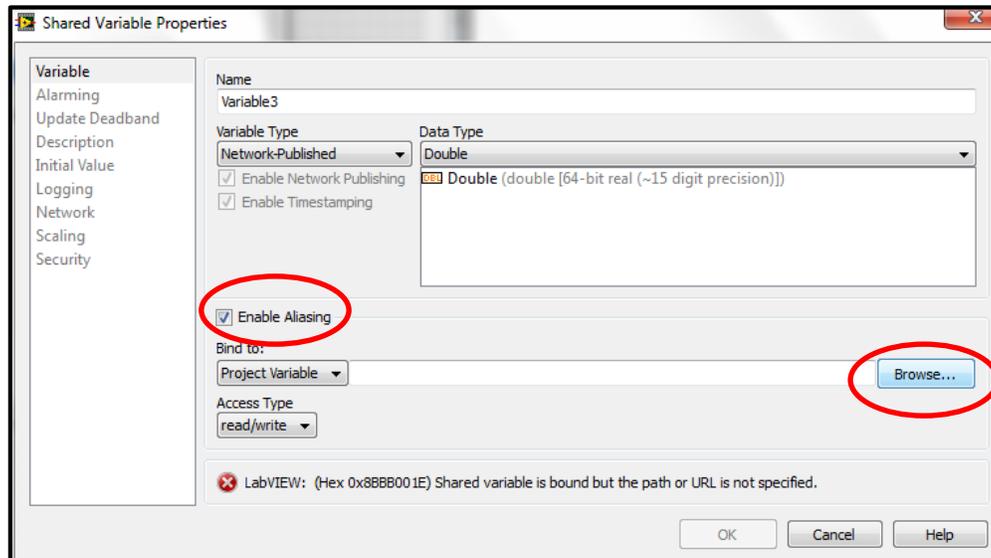


Figura 36. Búsqueda de variables.

En el buscador de variables se despliega las carpetas tal como muestra la figura 37, y luego seleccionamos **ArranqueVariador**.

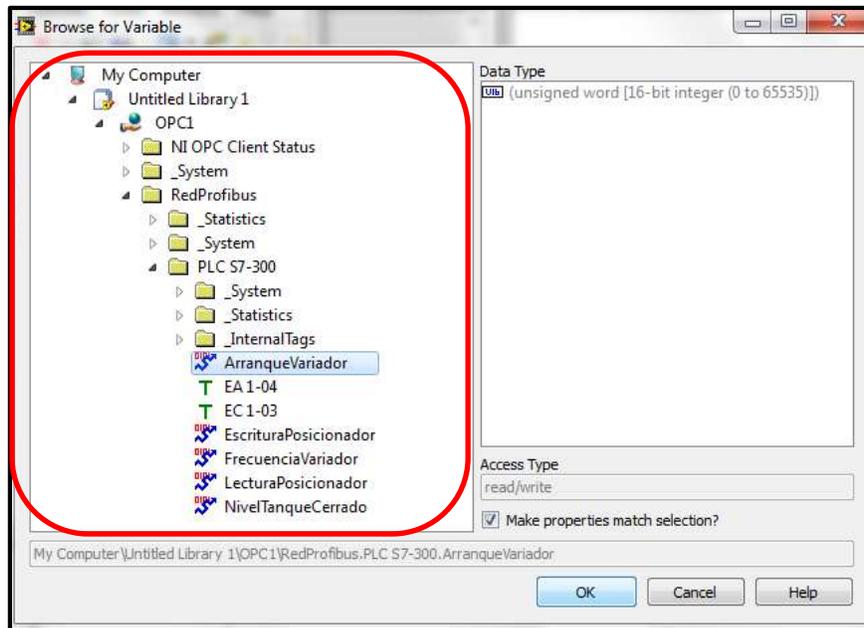


Figura 37. Selección de variables del servidor OPC.

Presionamos **OK** y escribimos el nombre de la variable tal como se encuentra en el servidor.

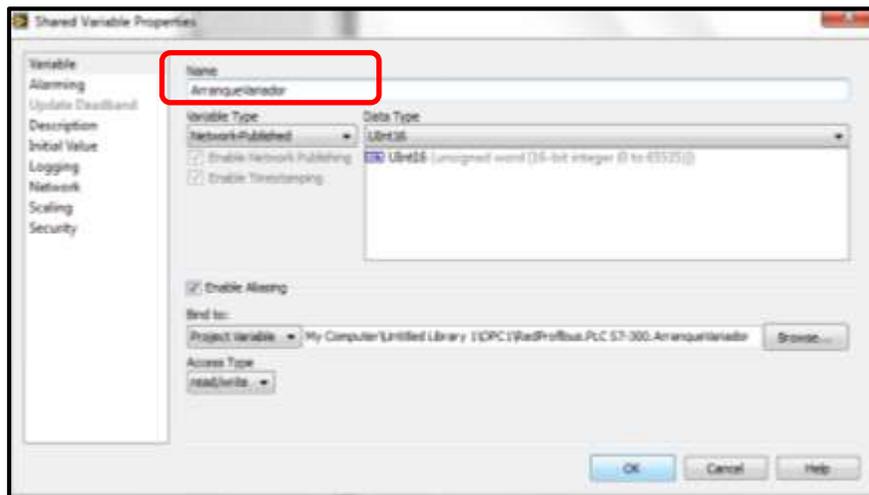


Figura 38. Nombre de las variables dentro del cliente.

Se da click en ok y se procede agregar las seis variables restantes de la misma manera.

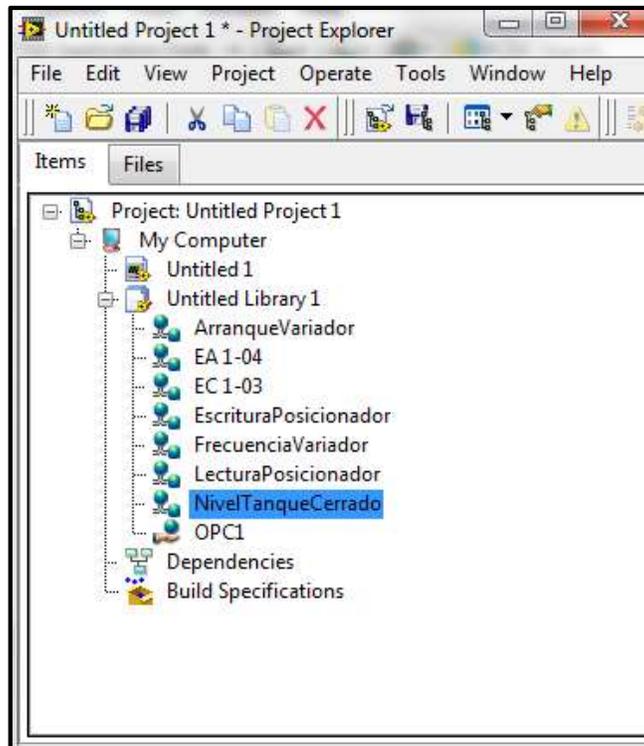


Figura 39. Variables dentro del cliente.

Se procede arrastrar las variables del explorador del proyecto al **Front Panel** del proyecto.

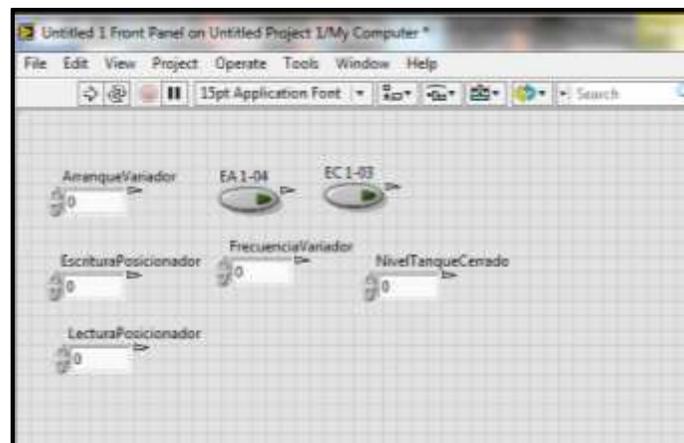


Figura 40. Variables dentro del front panel del VI.

Se accede a la pantalla Block Diagram y se da un clic derecho, se selecciona la opción **Programming>Structures>While Loop**.



Figura 41. Adición del bloque de programación While Loop.

En la estructura While Loop, dar un clic derecho sobre el botón de paro y proceder a crear un control.



Figura 41. Creación de control para la estructura.

Después se procederá con la prueba de funcionamiento, para lo cual hacer correr el VI creado dando un clic en el botón marcado con un círculo rojo de la figura 42.



Figura 42. Opción para correr el programa.

Si el procedimiento se realizó de forma correcta se podrá observar o manipular las 7 variables utilizadas en la práctica. Como paso final se procede a un diseño individual de un HMI, que deberá ser presentado en la parte de resultados.

## 7. Resultados y/o discusión

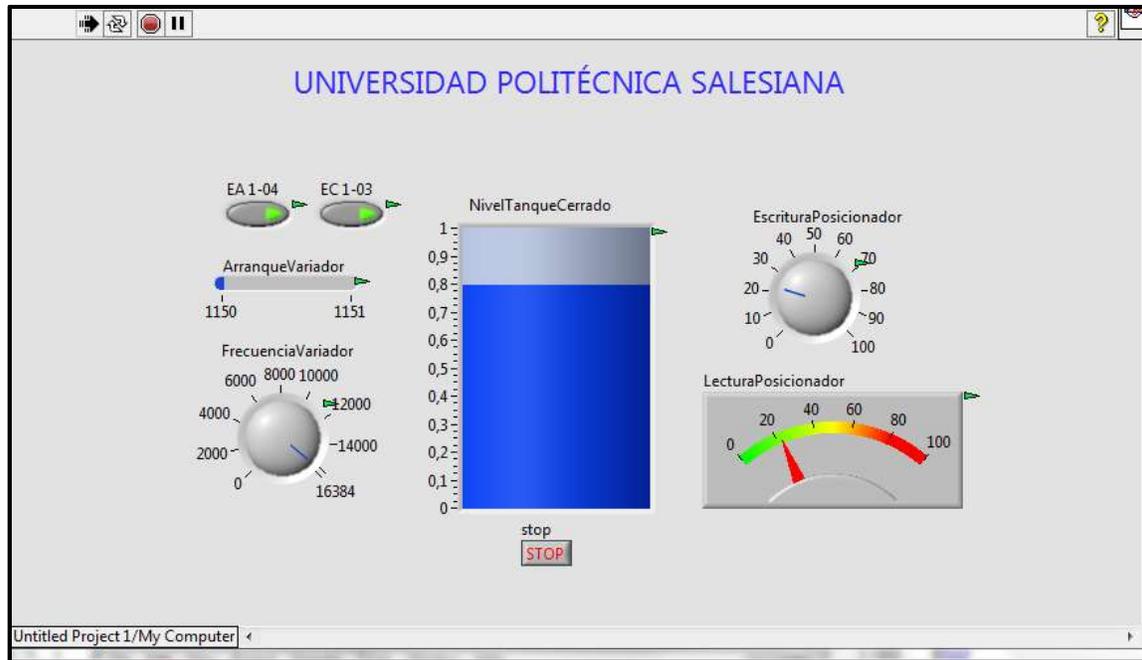


Figura 43. HMI diseñado para la práctica.

En la figura 43 se presenta el HMI creado a través del software de LabVIEW y sus herramientas para el estándar de comunicación OPC. En la interfaz se presentan las siguientes variables para medida:

- Nivel del tanque cerrado.
- Apertura del posicionador de la línea inferior de la planta.

Para escritura se presentan las siguientes variables:

- Palabra para arranque del variador.
- Variable para dar la consigna de frecuencia al variador.
- Apertura del posicionador de la línea inferior de la planta.
- Manipulación electroválvula normalmente abierta de la línea inferior del tanque abierto.
- Manipulación electroválvula normalmente cerrada de la línea inferior del tanque cerrado.

## 8. Conclusiones y Recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

- El estándar de comunicación OPC permite realizar aplicaciones para monitoreo y control de procesos industriales como un HMI, en donde el intercambio de información se da por medio de una comunicación cliente-servidor.
- El eficaz y seguro intercambio de datos en este estándar permite que sea posible aplicaciones de control sobre las variables de los procesos industriales, incluso trabajando en tiempo real como los requiere los sistemas SCADA.

### 8.2 Recomendaciones

- Revisar la comunicación entre el PLC y PC mediante un ping antes de continuar con la configuración del servidor.
- Antes de realizar la adición de marcas al servidor OPC, tener la precaución de que el PLC S7 -300 se encuentre con el programa de las prácticas 14 y 15 caso contrario las direcciones de las marcas podrían ser otras.
- Tener en cuenta el tipo de dato que manejan las variables de las marcas, ya que algunas son palabras de configuración mientras otras deben representar valores de procesos ya sea nivel o apertura del posicionador.

## 9. Referencias

[1] SIEMENS. SIMATIC, Configurar el hardware y la comunicación con STEP 7, Manual. Número: 6ES7810-4CA08-8DW0. SIEMENS, 03 2006. Disponible en línea en: <http://goo.gl/9mIvOm>

[2] SIEMENS. SIMATIC S7-300 CPU 31xC y CPU 31x: Configuración, Instrucciones de servicio. Número 6ES7398-8FA10-8DA0. SIEMENS, 03 2011.

[3] Fernando Pascual, Moisés Pérez. OPC-LabVIEW. Centro Integrado Politécnico “ETI”. Departamento de electricidad. Disponible en: <http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/12opclabview.pdf>

# Control ON/OFF de nivel a través del controlador multiuso IMAGO 500

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Instrumentación](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: [día-mm- año](#)

[Tiempo estimado: 30min.](#)

---

## 1. Presentación de la práctica

El presente documento tiene la finalidad de dar a conocer el funcionamiento del controlador multiuso IMAGO 500, así como la configuración de sus entradas analógicas, salidas digitales y funciones binarias.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

Lecturas recomendadas:

- JUMO, JUMO IMAGO 500, Programador Regulador Multicanal, Manual de Servicio, 12.05/00403545 [1].

## 3. Objetivos

Realizar un control ON/OFF del nivel del tanque sin cubierta de la planta de procesos “A”, a través de la configuración del controlador multiuso IMAGO 500, para obtener una mayor destreza sobre el manejo del equipo y sus prestaciones.

## 4. Equipos, instrumentos y software

La tabla 1 presenta los equipos e instrumentos utilizados en la práctica:

Descripción	Marca	Identificación
Medidor de nivel (1)	Endress+hauser	Cerabar T / LT 95
Válvula de desfogue (2)	Danfoss	EV-1
Controlador multiuso	JUMO	IMAGO 500
Bananas		

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software requeridos.

En la figura 1 se muestra la ubicación del IMAGO 500, en el panel frontal de la planta “A” del laboratorio de automatización y control totalmente integrado, mientras la figura 2 presenta la ubicación del medidor de nivel y válvula de desfogue dentro de la planta.



Figura 1. Ubicación del IMAGO 500.



Figura 2. Ubicación del medidor de nivel y válvula de desfogue.

## 5. Exposición

### 5.1 IMAGO 500

Es un controlador de programa y de proceso con un máximo de 8 canales de regulación o de programa con un formato de 144mm x 130mm para un hueco del panel de mando DIN que es de 92mm x 92mm, y de profundidad requiere 170mm [1].

Entre sus características están:

- Un máximo de 8 entradas analógicas, 6 entradas binarias y 6 alojamientos para salidas de conmutación analógicas.
- Posee un módulo lógico-matemático para la ejecución de tareas de control y regulación.
- Puede ser integrado al nivel de campo o de célula de la pirámide de automatización por medio de su interfaz RS422/485 o por medio de PROFIBUS-DP.

En la figura 3 se presenta un diagrama de los alojamientos del dispositivo:

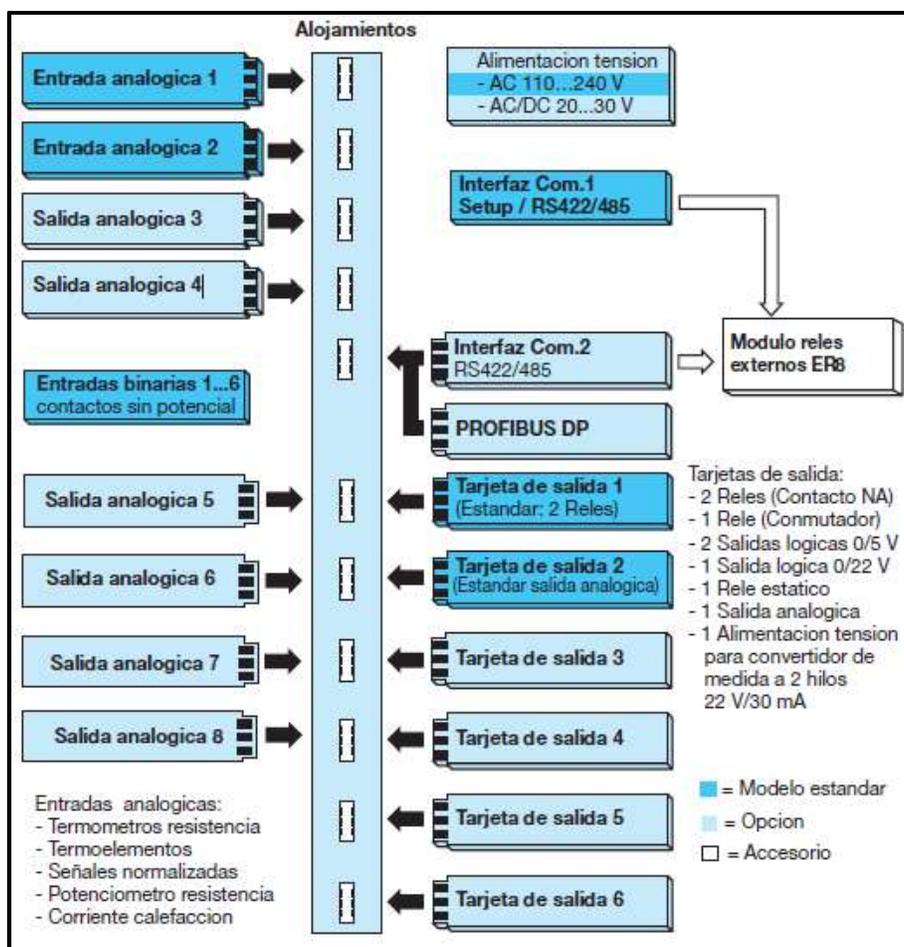


Figura 3. Alojamientos del dispositivo [1].

## 5.2 Elementos De Operación Y Visualización

En la siguiente imagen se presentaran los elementos de operación y visualización del controlador multiuso IMAGO 500 de JUMO.

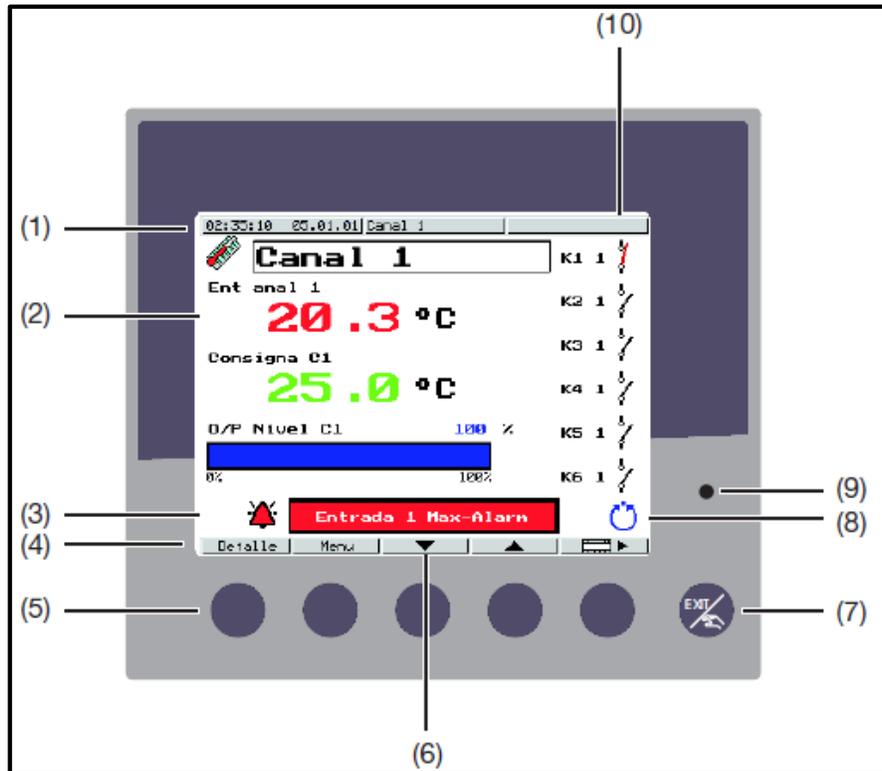


Figura 4. Elementos de operación y visualización [1].

1. “Línea de estado: con hora, fecha, nombre de la máscara y nombre instrumento.”[1]
2. “Pantalla de color (máscaras pantalla configurables) de fábrica con regulador de valor fijo: Valor real, Valor teórico, Nivel regulación (gráfico barra).”[1]
3. “Símbolo de indicación/alarma.”[1]
4. “Significado actual de las Softkeys.”[1]
5. Teclas de las Softkeys.
6. ” El display de aviso / alarma de los avisos (azul) o bien de las alarmas (rojo).”[1]
7. “Tecla de EXIT/manual para el modo de servicio manual, para la navegación y para la detención de un programa.”[1]
8. “Modo de servicio/estado.”[1]
9. “El LED de red brilla verde cuando hay tensión.”[1]
10. “Indicación de la posición de conmutación de las salidas (configurable).” [1]

## 6. Proceso y procedimiento

### 6.1 Proceso

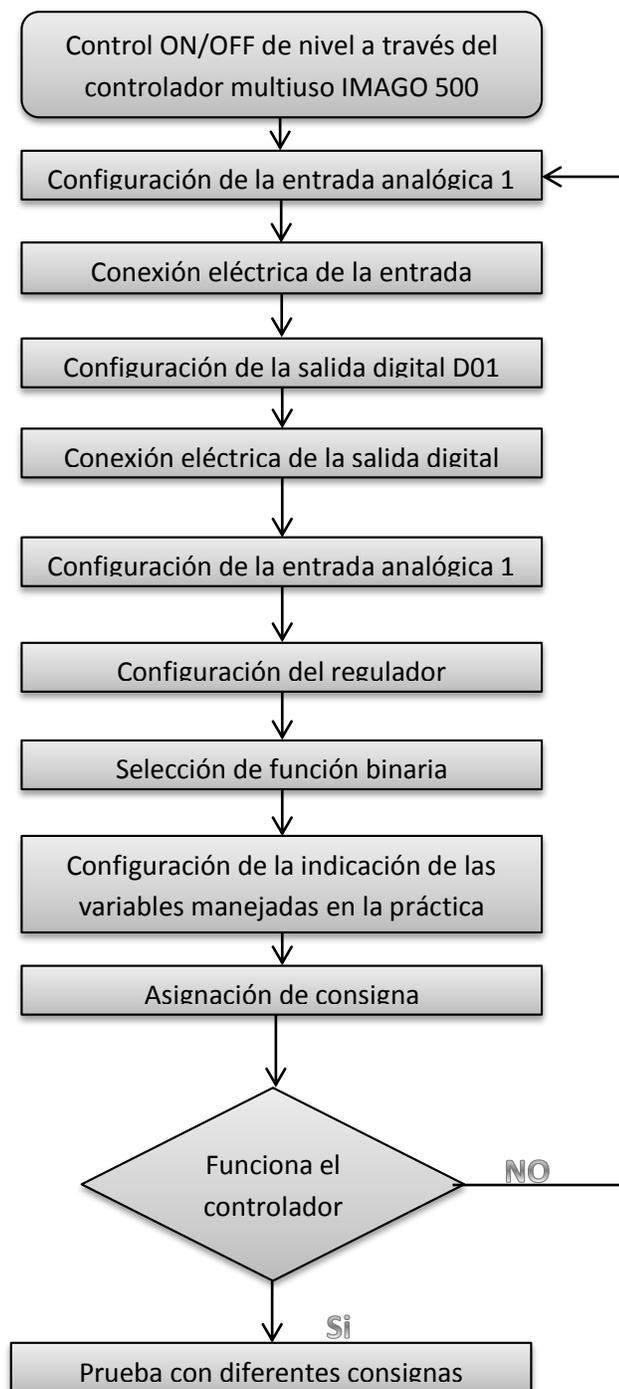


Figura 5. Proceso de la guía.

## 6.2 Procedimiento

### 6.2.1 Pasos Para La Configuración De La Entrada Analógica 1.

El primer paso será pulsar el botón de operación MENU, con lo cual se despliegan las siguientes opciones (véase figura 6):

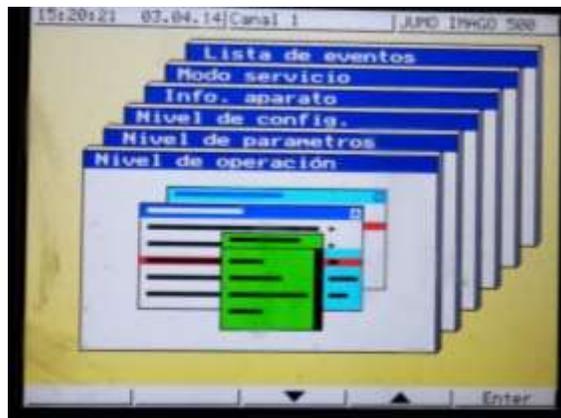


Figura 6. Opción Menú

Una vez en estemos en las opciones se accederá al nivel de configuración, el cual nos pedirá una clave (0002) (véase figura 7):

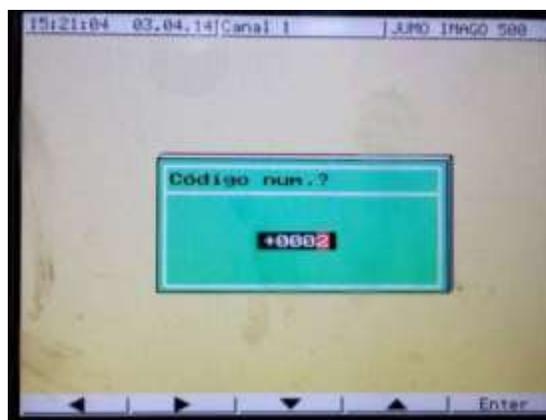


Figura 7. Código de acceso al nivel de configuración.

En el nivel de configuración se presentarán las siguientes opciones, entre las cuales estarán las entradas analógicas (véase figura 8):



Figura 8. Opciones del nivel de configuración.

En la opción de entradas analógicas encontraremos dos entradas habilitadas de las cuales se configurara la primera (véase figura 9).

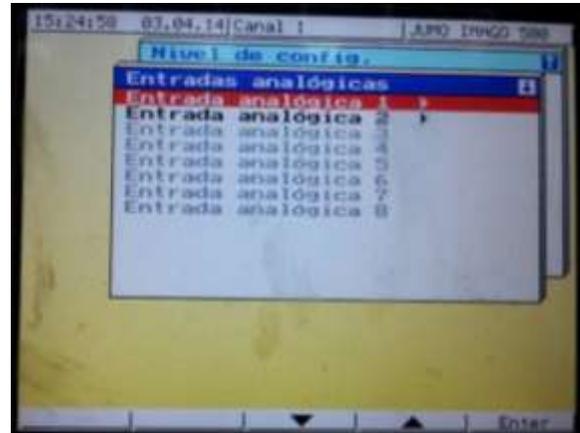


Figura 9. Entradas analógicas disponibles.

Una vez se acceda a la entrada analógica 1, se configura sus parámetros de acuerdo a la figura 10, teniendo en cuenta que los parámetros de comienzo y final de campo de medición pueden ser cambiados de acuerdo a los requerimientos que en nuestro caso son 0 y 100 respectivamente (véase figura 10):

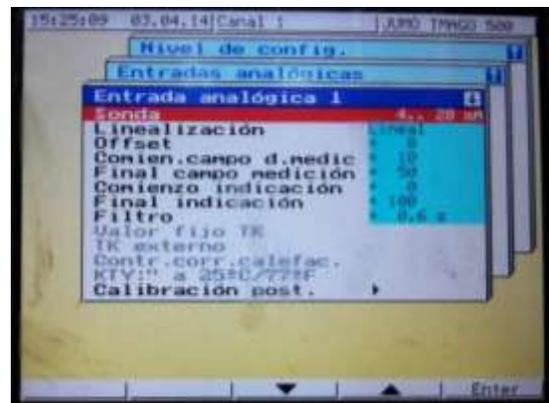


Figura 10. Parámetros de configuración de la entrada analógica 1.

## 6.2.2 Conexión eléctrica de La entrada analógica.

Para conectar las señales de medición de nivel en el panel frontal se utilizará la dirección Q2. Los bornes para corriente de las entradas analógicas de IMAGO son el 3 y el 4 tanto para la entrada 1 o para la entrada 2 (véase figura 11).

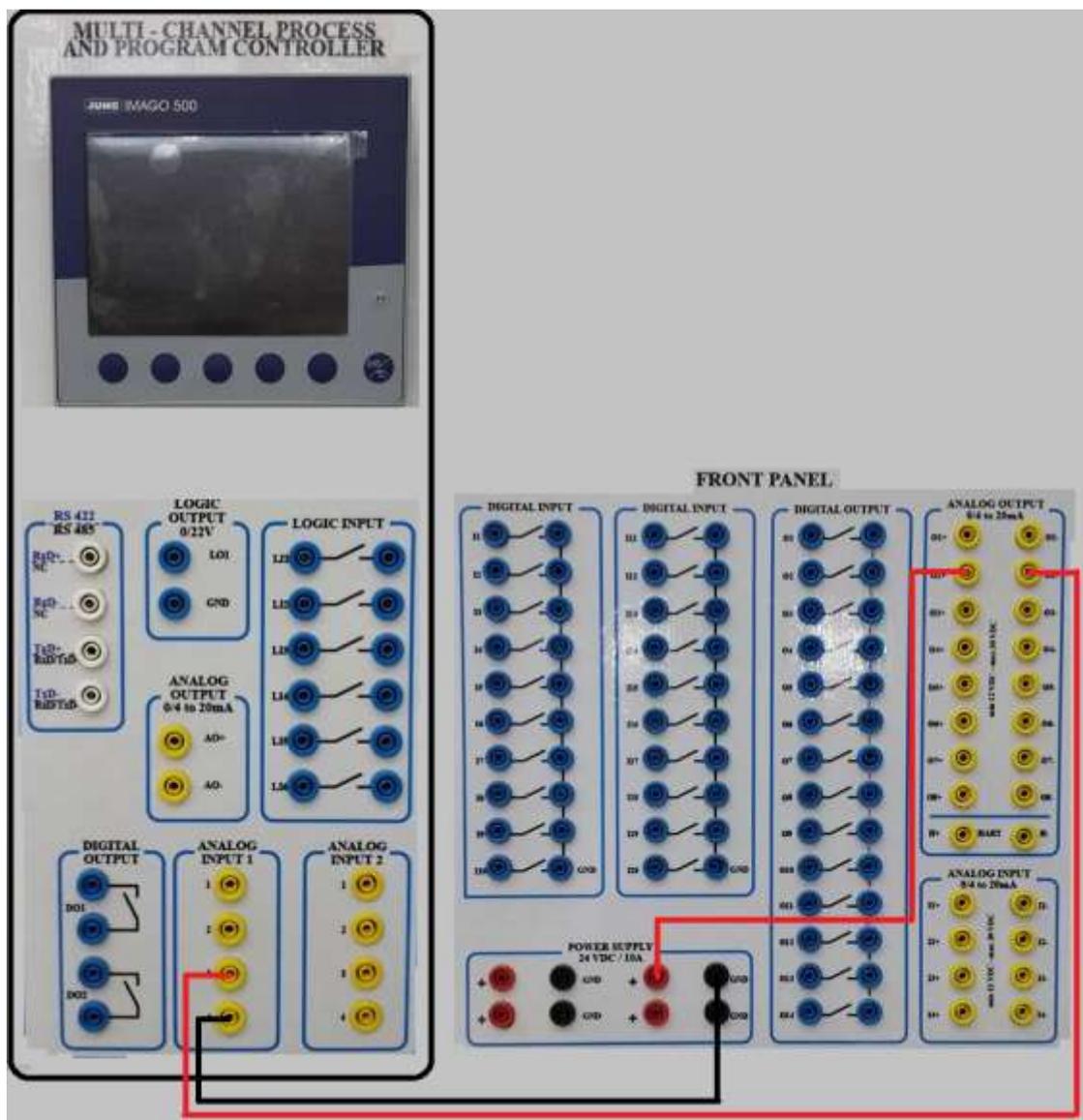


Figura 11. Conexión Eléctrica De La Entrada Analógica.

## 6.2.3 Pasos Para La Configuración De La Salida Binaria DO1.

El primer paso será pulsar el botón de operación EXIT hasta encontrarnos nuevamente en el menú del nivel de configuración.

En el nivel de configuración se presentarán las siguientes opciones, entre las cuales estarán las salidas (véase figura 12):

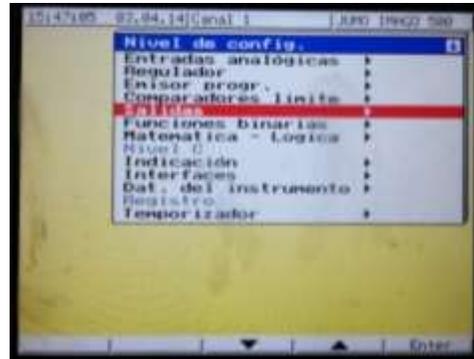


Figura 12. Opciones del nivel de configuración.

En la opción de salidas encontraremos dos tipos analógicas y digitales, pero debido a nuestro interés se accederá a las salidas binarias (véase figura 13).

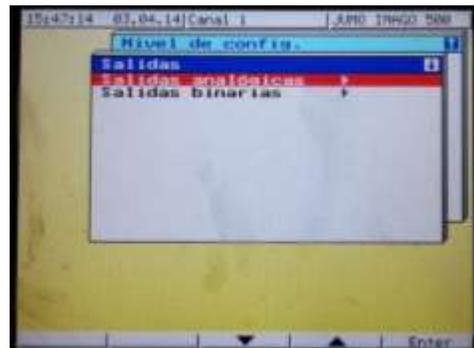


Figura 13. Opciones de salidas.

El dispositivo del laboratorio cuenta con 3 salidas binarias, de las cuales se configurar solo la 1 (véase figura 14):

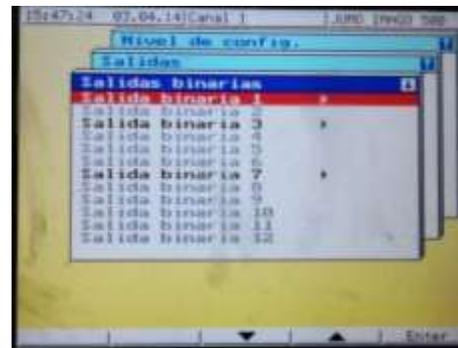


Figura 14. Salidas binarias disponibles.

En la siguiente imagen se presenta la configuración de la salida binaria 1 (véase figura 15):



Figura 15. Configuración de la salida binaria 1.

## 6.2.4 Conexión eléctrica de la salida de conmutación D01.

La entrada del panel frontal dependerá de que dispositivo se manipule, la válvula de desfogue tiene la dirección I12 (véase figura 16).

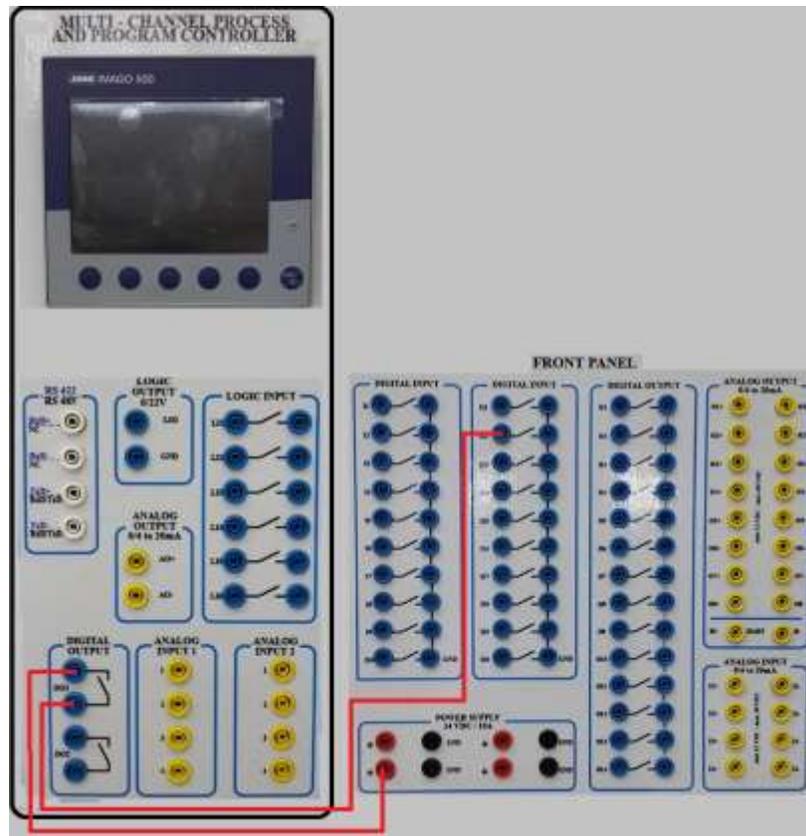


Figura 16. Conexión eléctrica de la salida digital.

## 6.2.5 Configuración Para Control ON/OFF.

El primer paso para realizar el controlador es configurar el regulador, para lo cual se regresara al menú de opciones del nivel de configuración (véase figura 17):

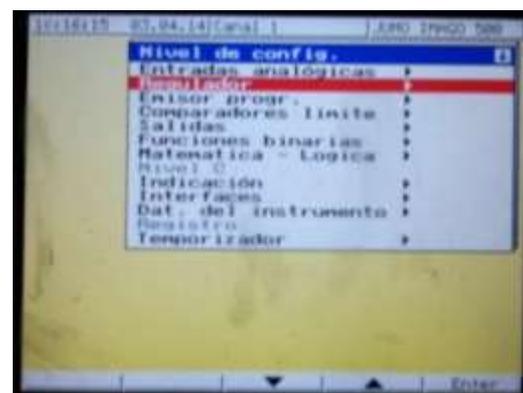


Figura 17. Menú de nivel de configuración.

En el menú se accederá a la opción de regulador (véase figura 18):

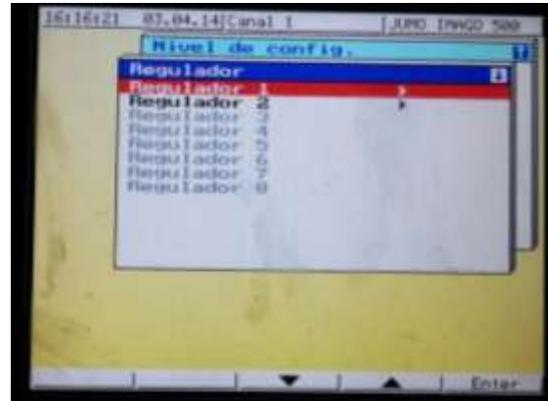


Figura 18. Reguladores Disponibles.

En esta pantalla se accederá al regulador 1 que presenta las siguientes opciones (véase figura 19):

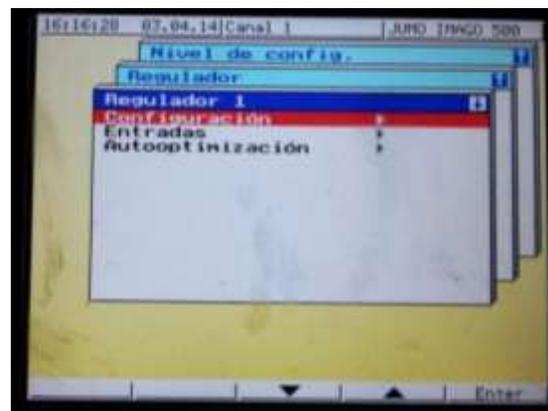


Figura 19. Opciones del regulador.

Primero se cambiara los parámetros de la opción configuración, tal y como se muestra en la siguiente imagen (véase figura 20):

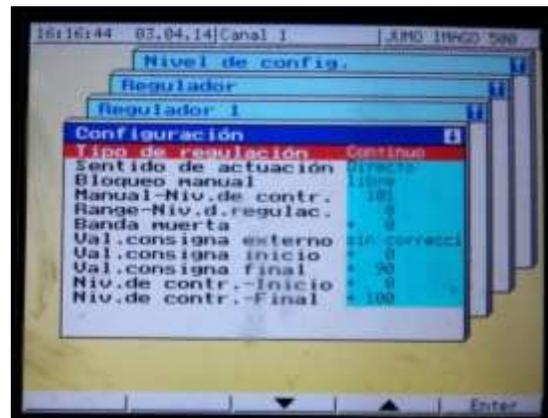


Figura 20. Parámetros de configuración de regulador.

El siguiente paso es configurar la opción de entrada del regulador (véase figura 21):

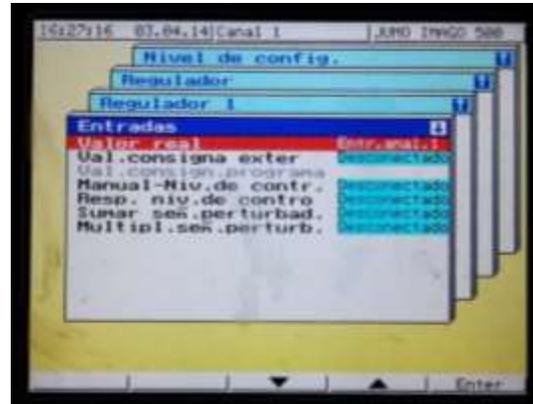


Figura 21. Configuración de la entrada del regulador.

Una vez configurada el regulador se regresara a las opciones del menú del nivel de configuración y se seleccionara funciones binarias (véase figura 22):

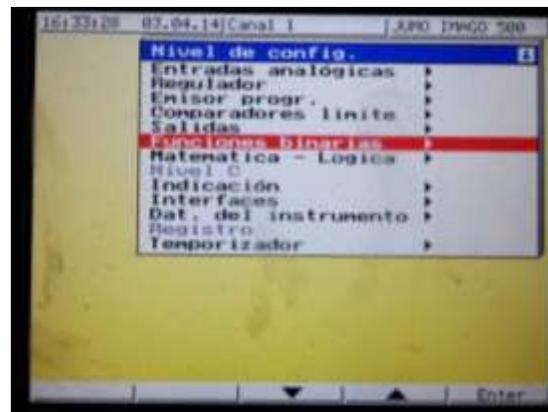


Figura 22. Menú del nivel de configuración.

En las funciones binarias se presentaran un listado de acciones, de las cuales se ingresara a Comparador limite 1 (véase figura 23):

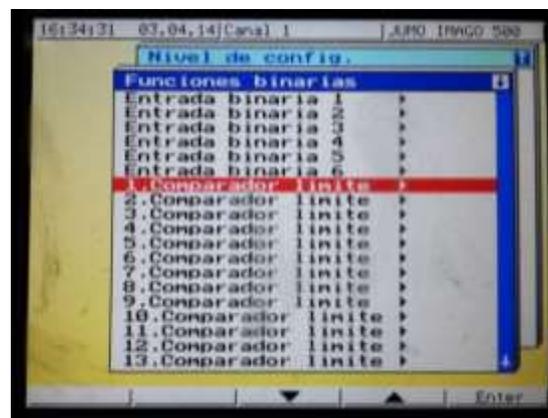


Figura 23. Funciones binarias.

Dentro de comparador límite se tendrá cuatro opciones y daremos enter en la primera para escoger la función (véase figura 24):



Figura 24. Parámetros de comparador límite.

La opción a elegir es conmutar valor consigna con lo cual la salida binaria cerrara el contacto cuando el valor de la variable de proceso iguale a la consigna (véase figura 25):



Figura 25. Función de comparador límite.

Después se regresara al menú de nivel de configuración y se accederá a indicación (véase figura 26):



Figura 26. Opciones del nivel de configuración.

En el menú de indicación se dará enter en anillo de operación (véase figura 27):

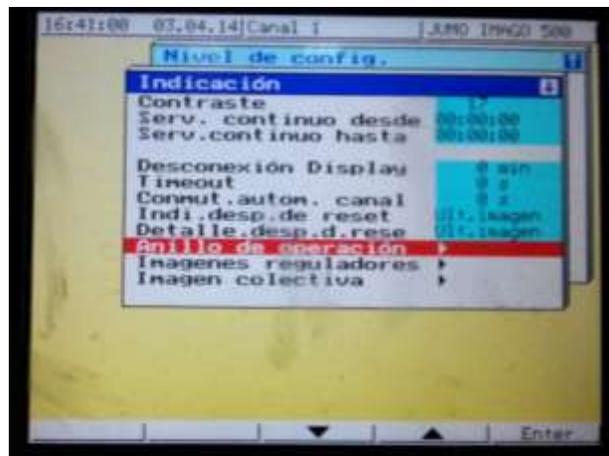


Figura 27. Opciones del menú de indicación.

Y aquí se configurara la imagen del regulador 1 (véase figura 28):



Figura 28. Configuración de la imagen del regulador 1.

Regresamos al menú de indicación y seleccionamos imágenes reguladores (véase figura 29):

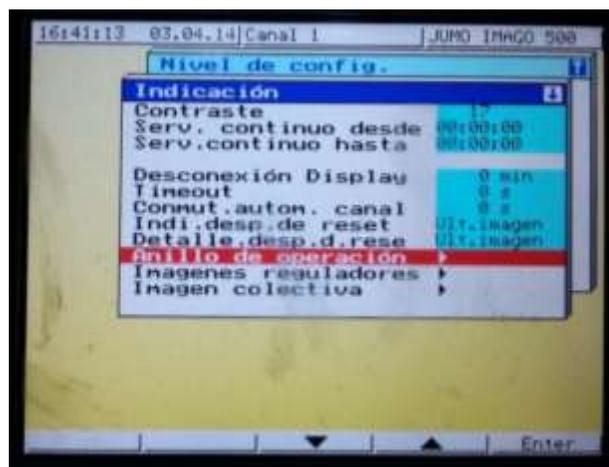


Figura 29. Opciones del menú de indicación.

Aquí configuraremos la imagen regulador 1 (véase figura 30):

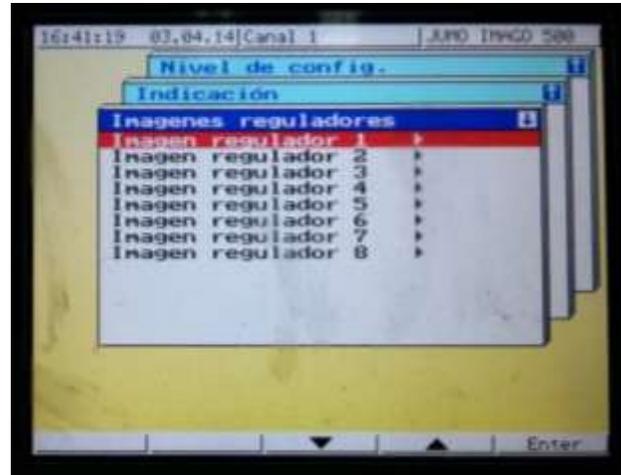


Figura 30. Opciones de imágenes reguladoras.

Aquí se presentan una lista de parámetros que permiten la visualización de los valores con los cuales se está trabajando (véase figura 31):

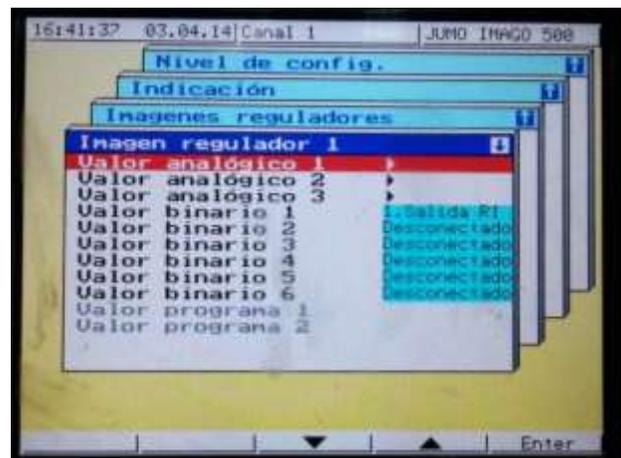


Figura 31. Parámetros de imagen reguladora 1.

El valor analógico 1 a visualizar será la entrada analógica (véase figura 32):



Figura 32. Valor analógico 1.

El valor analógico 2 a visualizar será la consigna del regulador 1 (véase figura 33):



Figura 33. Valor analógico 2.

El valor analógico 3 a visualizar será la misma entrada analógica con una representación en barra (Ver figura 41):



Figura 34. Valor analógico 3.

El único valor binario visualizado será el de la salida del R1 o regulador1 (véase figura 35):



Figura 35. Valor binario.

Finalmente solo falta asignar el valor de la consigna para lo cual regresaremos al menú principal y daremos enter en el nivel de Operación (véase figura 36):



Figura 36. Menú principal.

Daremos enter en valores de consigna (véase figura 37):



Figura 37. Opciones del nivel de operación.

Seleccionaremos regulador 1 (véase figura 38):



Figura 38. Selección de regulador al que se asignara la consigna.

Y se asignara el valor a la consigna 1, que en nuestro caso es 40% (véase figura 39):

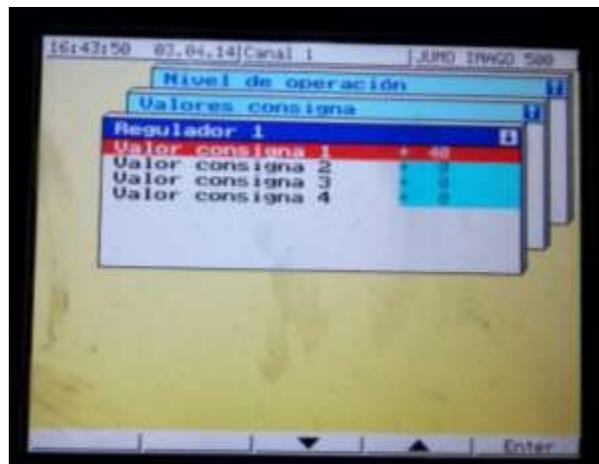


Figura 39. Asignación de la consigna.

Finalmente regresaremos al menú de visualización, donde se podrá observar los 4 valores asignados para la visualización:

Entrada Analógica: 30%

Valor Consigna Regulador 1: 40%.

Entrada Analógica Visualizada en barra: 30%.

Salida binaria K1 del regulador 1 (Abierta al ser la entrada analógica menor a la consigna)

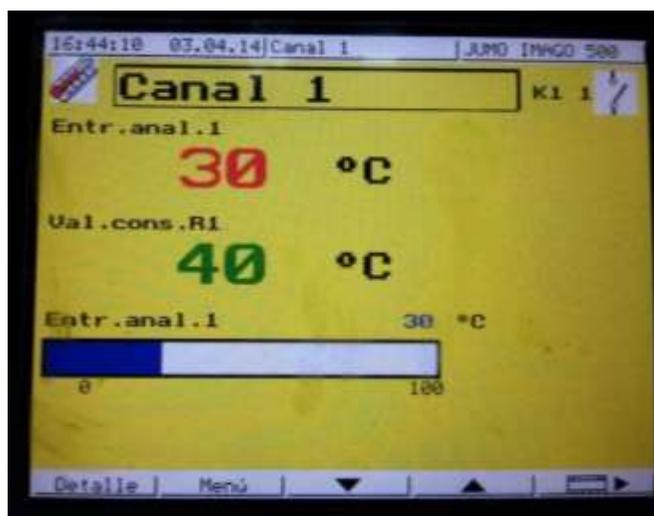


Figura 40. Pantalla principal (Antes de que el nivel del tanque sobrepase la consigna).

En la siguiente imagen se puede apreciar el cambio en el contacto de la salida binaria cuando el valor del nivel del tanque excede la consigna, con lo cual se abre la válvula de desfogue EV-1.

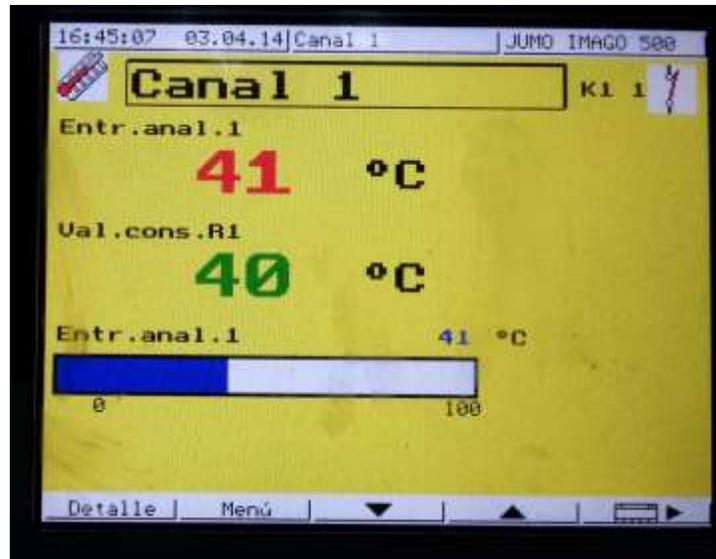


Figura 41. Pantalla principal (Después de que el nivel del tanque sobrepasa la consigna).

## 7. Resultados y/o discusión

La guía proporciono la configuración del regulador del IMAGO 500 para la realización de un control sobre el nivel del tanque. En el display del dispositivo se presentaron 4 elementos importantes:

1. Indicador de estado de contacto DO1 presentado en el display por K1 1.
2. Valor numérico de la entrada analógica 1 representada por el porcentaje de llenado del tanque.
3. Valor de la consigna o set point.
4. Valor de la entrada analógica 1 representada en forma de barra.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

- En la configuración de la entrada analógica se tiene que tener en cuenta el rango de la señal dada por el instrumento de medición, que en nuestro es de 4-20mA, así como la forma en la que se realiza su linealización para proporcionar los valores reales del nivel del tanque.
- Los parámetros de inicio y final del campo de medición en la entrada analógica, proporcionaran los valores inicial y final a los que se asignara las señales de 4 y 20mA respectivamente.
- Si la consigna del regulador es cambiada una vez que el nivel del tanque iguale al set point se pueden presentar dos eventos:

- Si el operador sube la consigna, la válvula de desfogue se cerrara y el tanque continuara su llenado hasta que la consigna y el valor de nivel estén igualados.
- Si el operador disminuye la consigna, el nivel del tanque comenzara a disminuir de una forma lenta pues el control esta sobre la válvula de desfogue y no sobre el variador de frecuencia.
- El tiempo de respuesta del controlador, cuando la válvula de desfogue se encuentra abierta depende del nivel actual del tanque, puesto que a mayor nivel mayor presión y esto representa una mayor velocidad de desfogue.

## **8.2 Recomendaciones**

- Asegurarse que la presión de la unidad de mantenimiento se encuentre en un valor de 3 bares sin llegar a superar la misma, y las líneas de aire se encuentren conectadas tanto a este como a las válvulas.
- Al encender el variador de frecuencia, tener la precaución de que comience en frecuencias superiores a los 30Hz y que la línea de agua del tanque se encuentre totalmente abierta.

## **9. Referencias**

[1] JUMO, JUMO IMAGO 500, Programador Regulador Multicanal, Manual de Servicio, 12.05/00403545, Descarga disponible en: <http://www.jumo.de/attachments/JUMO/attachmentdownload?id=8194&filename=b70.3590.0es.pdf>.

# Configuración de dispositivos Foundation Fieldbus dentro de un lazo de control.

Guillermo Domínguez Crespo<sup>1</sup>, Jorge Escobar Hinojosa<sup>2</sup>.

Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de [Ingeniería Electrónica](#)

Asignatura: [Redes Industriales](#), Cuenca – Ecuador, Fecha de entrega: día-mm- año

Tiempo estimado: 60min.

---

## 1. Presentación de la práctica

La presente práctica brinda al estudiante las herramientas necesarias para afianzar los conocimientos del bus de campo Foundation Fieldbus. La práctica contempla la configuración de los dispositivos Prosonic M y SIPART PS2 FF que se encuentran dentro del bus de campo Foundation, para la realización de un control de nivel del tanque abierto de la planta de control de procesos “A”.

## 2. Requisitos y conocimientos previos

### 2.1 Lecturas recomendadas:

- Function Blocks Instruction Manual [1].
- Foundation Fieldbus Blocks [2].
- Fieldbus Foundation PID & safety action [3].

### 2.2 Software requerido:

- Instalación de la herramienta de configuración FF-CONF.
- Descargar de los archivos de descripción de dispositivos o Device Description files (.cff), de los elementos Prosonic M y SIPART PS2 FF.

### 2.3 Requisitos previos:

- Realización de la práctica de levantamiento del bus Foundation Fieldbus.

## 3. Objetivos

- Configurar los bloques de función de los dispositivos H1 de Foundation Fieldbus por medio de la herramienta FF-CONF, para lograr un mayor entendimiento sobre las prestaciones de este bus.

- Manejar los parámetros de los bloques de función a través del conocimiento generado por lecturas complementarias y desarrollo del manual, para una correcta conexión de los mismos dentro de un lazo de control y configuración de los parámetros de un controlador PID de nivel.

#### 4. Equipos, instrumentos y software

Los elementos requeridos para el desarrollo de la práctica se presentan en la tabla 1:

<i>Descripción</i>	<i>Marca</i>	<i>Identificación</i>
Medidor de nivel ultrasónico (1).	Endress+Hauser	Prosonic M FMU 40
Posicionador electro-neumático (4).	Siemens	SIPART_PS2_FF
Dispositivo de vinculación	Softing	FG-110 FF
Software de configuración	Softing	FF Configuration tool
Computadora Windows XP o 7		

Tabla 1. Equipos, instrumentos y software de la guía.

En la figura 1 se muestra la ubicación de los elementos del bus de campo, en la planta “A” del laboratorio de automatización y control totalmente integrado:



Figura 1. Ubicación de los dispositivos de campo.

## 5. Exposición

### 5.1 Bloques de función.

Constituyen las funciones de control básicas, ejecutadas por la aplicación del bloque de función. Los bloques procesan los parámetros de entrada de acuerdo a un algoritmo y a los distintos parámetros de control interno, obteniendo como resultado parámetros de salida, disponibles para la misma aplicación del bloque de función o por otras aplicaciones de bloque de función [1].

#### 5.1.1 Bloque de función: Entrada analógica (AI).

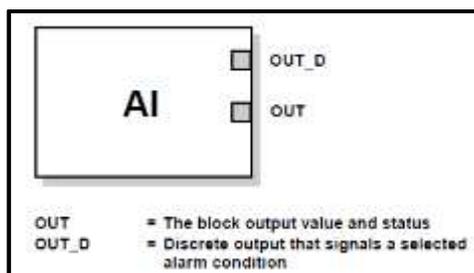


Fig2. Bloque de función: AI [2]

El bloque procesa las mediciones de los dispositivos de campo y pone a disposición de otros bloques. El valor de salida del bloque se encuentra en unidades de ingeniería y contiene un estatus que indica la calidad de la medición.

El dispositivo puede realizar diversas mediciones o valores derivados disponibles en diferentes canales, se debe utilizar el número de canal para definir la forma de medición de la variable que procesa el bloque AI [2].

Los parámetros y modos de operación de este bloque se encuentran en las referencias bibliográficas [1] y [2].

#### 5.1.2 Bloque de función: Proporcional/ Integral/ Derivativo (PID).

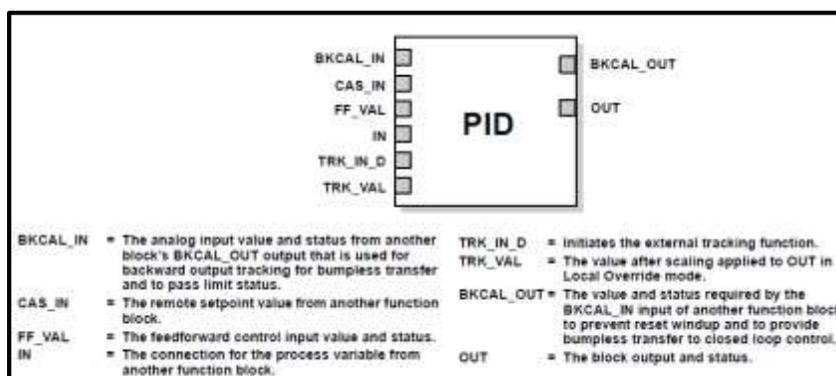


Fig3. Bloque de función: PID [2]

Combina toda la lógica necesaria para llevar a cabo un control proporcional/integral/derivativo.

El bloque trabaja con dos formas de la ecuación PID: estándar y serie, las cuales se elige en el parámetro FORM, en la siguiente figura se muestra estas formas y los valores que intervienen:

$$\text{Standard Out} = \text{GAIN} \times e \times \left( 1 + \frac{1}{\tau_{i,s} + 1} + \frac{\tau_{d,s}}{\alpha \times \tau_{d,s} + 1} \right) + F$$

$$\text{Series Out} = \text{GAIN} \times e \times \left[ \left( 1 + \frac{1}{\tau_{i,s}} \right) + \left( \frac{\tau_{d,s} + 1}{\alpha \times \tau_{d,s} + 1} \right) \right] + F$$

**Where**

- GAIN: proportional gain value
- $\tau_i$ : integral action time constant (RESET parameter) in seconds
- s: laplace operator
- $\tau_d$ : derivative action time constant (RATE parameter)
- $\alpha$ : fixed smoothing factor of 0.1 applied to RATE
- F: feedforward control contribution from the feedforward input (FF\_VAL parameter)
- e: error between setpoint and process variable

Fig4. Formas de la ecuación PID [2]

Para mayor información sobre los parámetros y opciones de control buscar en referencias [1] y [2].

### 5.1.3 Bloque de función: Salida analógica (AO)

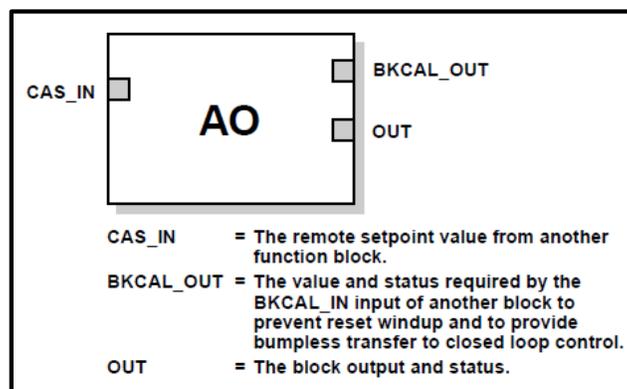


Fig5. Bloque de función: AO [2]

Este bloque proporciona un valor de salida a un dispositivo de campo a través de un canal de E / S especificado. El bloque soporta modo de control, el cálculo de estado de la señal, y simulación.

Para mayor información sobre los parámetros y opciones de funcionamiento buscar en referencias [1] y [2].

## **5.2 Parámetros del bloque.**

Son los parámetros que definen las entradas, salidas y datos de control para cada bloque.

Los parámetros tienen relación entre sí y con el algoritmo de control, estas pueden ser de distintas clases:

1. Identificadores de parámetros.
2. Almacenamiento de parámetros.
3. Uso de parámetros.
4. Relaciones de parámetros.
5. Estado de parámetros.

## **5.3 Cálculo de la variable del proceso (PV).**

La variable de proceso representada por PV muestra el valor y estatus del valor primario de la entrada o el valor calculado basado en múltiples entradas.

El valor de PV refleja el valor de la entrada (IN) sin tener en cuenta el modo del bloque, a este valor también se le puede aplicar un filtro a través del parámetro PV\_FTIME al cual se le asigna una constante de tiempo (Si el valor es 0 el filtro se encuentra desactivado) [1].

## **5.4 Cálculo del punto de operación (SP).**

### **5.4.1 Parámetros SP\_HI\_LIM y SP\_LO\_LIM**

Para el modo de bloque: automático, el punto de operación SP estará limitado al rango definido por los parámetros SP\_HI\_LIM y SP\_LO\_LIM.

En el bloque de función PID también se puede habilitar el bit “Obey SP limits if Cas or Rcas”, en el parámetro: CONTROL\_OPS, con lo cual el valor del SP también se restringe en el modo de bloque: CAS o RCAS [1].

### **5.4.2 Parámetros SP\_RATE\_UP y SP\_RATE\_DN**

Son utilizados para evitar caídas en los cambios de SP, estos parámetros se aplican para el bloque PID en el modo AUTO, y para el bloque AO en el modo AUTO, CAS o RCAS.

En el modo automático al presenciar un cambio en SP con variación positiva, el valor de la rampa de SP va hacia arriba basado en el parámetro SP\_RATE\_UP caso contrario en SP\_RATE\_DN. Si estos parámetros tienen el valor de 0, la tasa de limitación está desactivada [1].

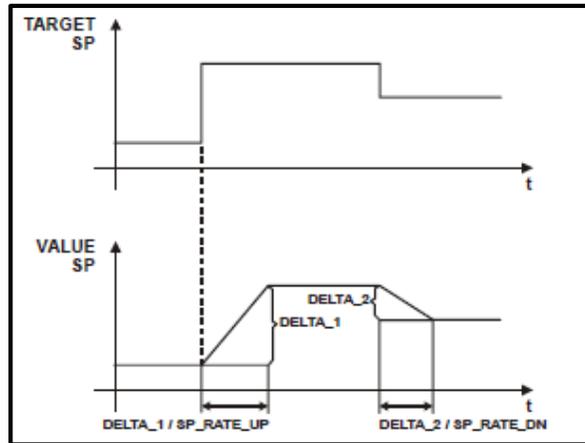


Fig6. Ejemplo del parámetro SP\_RATE\_XX [1]

Block type	Mode	Required configuration for SP limits (SP_HI_LIM/SP_LO_LIM)	Required configuration for SP rate limits (SP_RATE_UP/SP_RATE_DN)
PID	Auto	None	SP_RATE_UP / SP_RATE_DN different of zero
	Cas/Rcas	CONTROL_OPTS."Obey SP limits if Cas or Rcas" is true	Not apply
AO	Auto	None	SP_RATE_UP / SP_RATE_DN different of zero
	Cas/Rcas	Not apply	SP_RATE_UP / SP_RATE_DN different of zero.

Fig7. Condiciones para SP\_LIM y SP\_RATE [1]

### 5.4.3 SP tracking PV

Es una opción del parámetro CONTROL\_OPTS en los bloques PID y del parámetro IO\_OPTS en los bloques AO.

En algunos modos de control cuando el bloque de función cambia de modo manual (Rout, Man, LO y Iman) a un modo automático (Auto, Cas, Rcas), se requiere que el punto de operación (SP) sea igual en valor a la variable de proceso (PV) [1].

Bitstring	CONTROL_OPTS (PID)	IO_OPTS (AO)	Meaning
SP-PV Track in Man	X	X	The SP tracks the PV when the target mode is Man.
SP-PV Track in Rout	X		The SP tracks the PV when the actual mode is Rout.
SP-PV Track in LO or Iman	X	X	The SP tracks the PV when the actual mode is LO or Iman.

Fig8. Condiciones para SP tracking PV [1]

### 5.5 Cálculo de la salida

El algoritmo que calcula la salida se ejecutara cuando el modo del bloque se encuentre en AUTO, CAS o RCAS, mientras que si el modo es manual, la salida solo sigue a un valor provisto por otro bloque.

El valor de la salida se limita por los parámetros OUT\_HI\_LIM y OUT\_LO\_LIM en los bloques PID y ARTH, sin importar su modo. Para deshabilitar los límites el bloque se debe encontrar en el modo manual, seleccionando el parámetro de CONTROL\_OPTS: “No OUT limits in Manual” [1].

## 5.6 Control en cascada

Para cada salida habrá una entrada vinculada en cada una de las diferentes formas del control en cascada, estos pares de señales se presenta en la siguiente figura:

Mode	Forward	Backward
Cas	CAS_IN	BKCAL_OUT
RCas	RCAS_IN	RCAS_OUT
ROut	ROUT_IN	ROUT_OUT

Fig9. Formas de control en cascada. [1]

En la siguiente figura se muestra el ejemplo más común de control en cascada, y a continuación los 4 pasos necesarios para inicializar el modo.

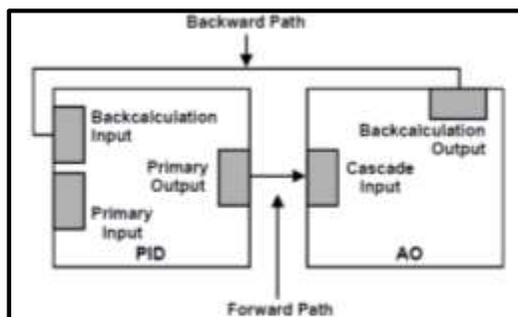


Fig10. Ejemplo de control en cascada. [1]

### 5.6.1 Not cascade mode:

PID

MODE\_BLK.Target = Auto

MODE\_BLK.Actual = IMan

OUT.Status = GoodC-Non-specific

AO

MODE\_BLK.Target = Auto

MODE\_BLK.Actual = Auto

BKCAL\_OUT.Status=GoodC-NotInvited

Como el bloque AO está en modo automático, el controlador PID no calcula la salida, este está solo siguiendo el valor hacia atrás (AO.BKCAL\_OUT > PID.BKCAL\_IN) [1].

### 5.6.2 Initialize:

PID

MODE\_BLK.Target = Auto

MODE\_BLK.Actual = IMan

OUT.Status = GoodC-Non-specific

AO

MODE\_BLK.Target = Cas

MODE\_BLK.Actual = Auto

BKCAL\_OUT.Status = GoodC-Initialization  
Request (IR)

En esta parte se cambia el modo objetivo del bloque AO a CAS, de tal manera que el valor de BKCAL\_OUT es el valor inicial para que el PID comience a calcular.

### 5.6.3 Initialization complete:

PID

MODE\_BLK.Target = Auto

MODE\_BLK.Actual = IMan

OUT.Status = GoodC- Initialization Acknowledge  
(IA)

AO

MODE\_BLK.Target = Cas

MODE\_BLK.Actual = Cas

BKCAL\_OUT.Status = GoodC- Non-specific

### 5.6.4 Cascade complete:

PID

MODE\_BLK.Target = Auto

MODE\_BLK.Actual = Auto

OUT.Status = GoodC- Non-specific

AO

MODE\_BLK.Target = Cas

MODE\_BLK.Actual = Cas

BKCAL\_OUT.Status = GoodC- Non-specific

## 6. Proceso y procedimiento

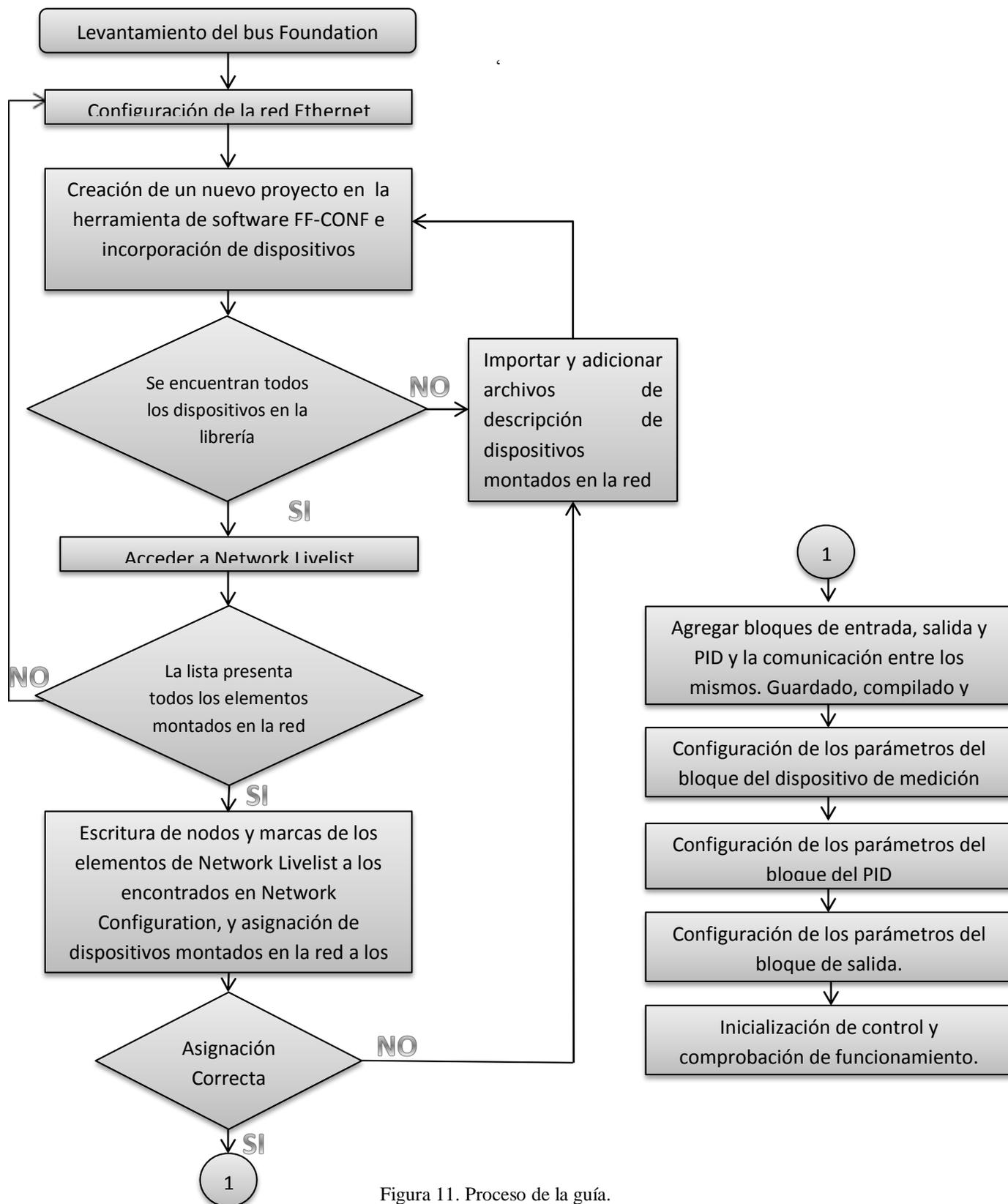


Figura 11. Proceso de la guía.

## 6.2 Procedimiento

El propósito del manual es realizar la configuración de los equipos Prosonic M y SIPART PS2 para realizar un control de nivel de agua del tanque del laboratorio de automatización y control.

El primer paso será crear un nuevo proyecto a través del software de Softing FF CONF:

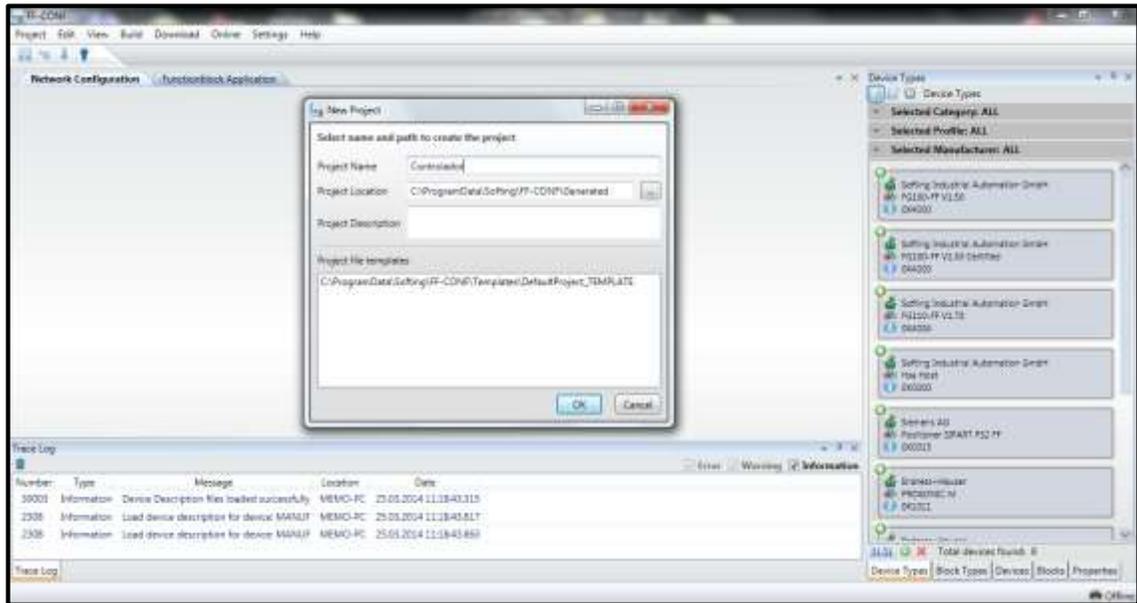


Fig12. Creación del proyecto.

Una vez creado el proyecto se procederá a realizarla configuración de la red:

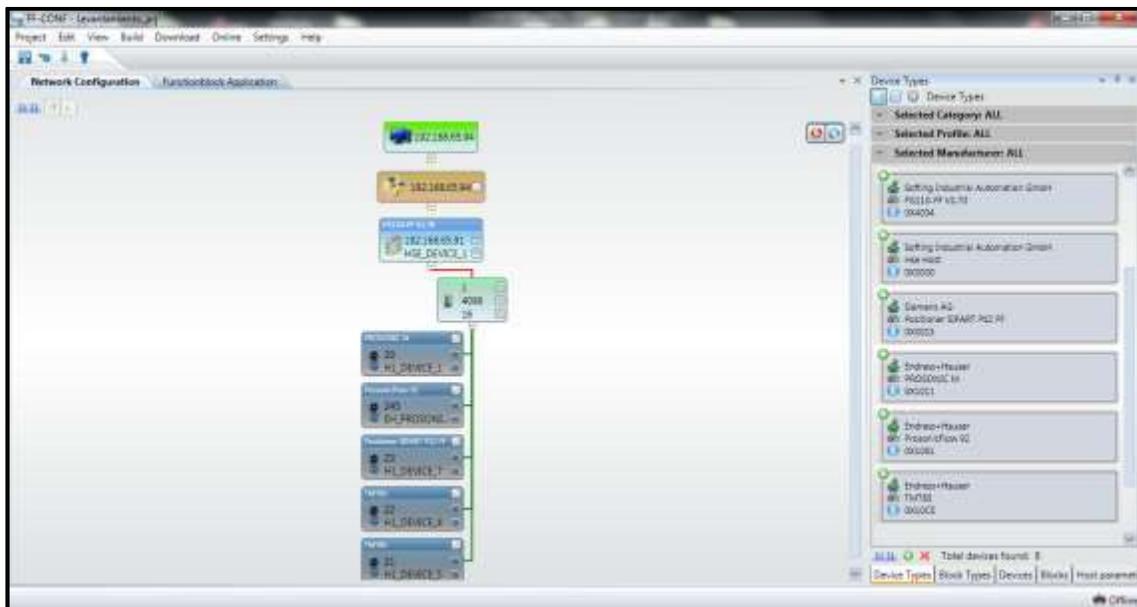


Fig13. Configuración de la red.

Con la red configura se pondrá en línea la herramienta de configuración y se realizara las asignaciones, de la misma manera que se mostró en el manual de levantamiento de señales:

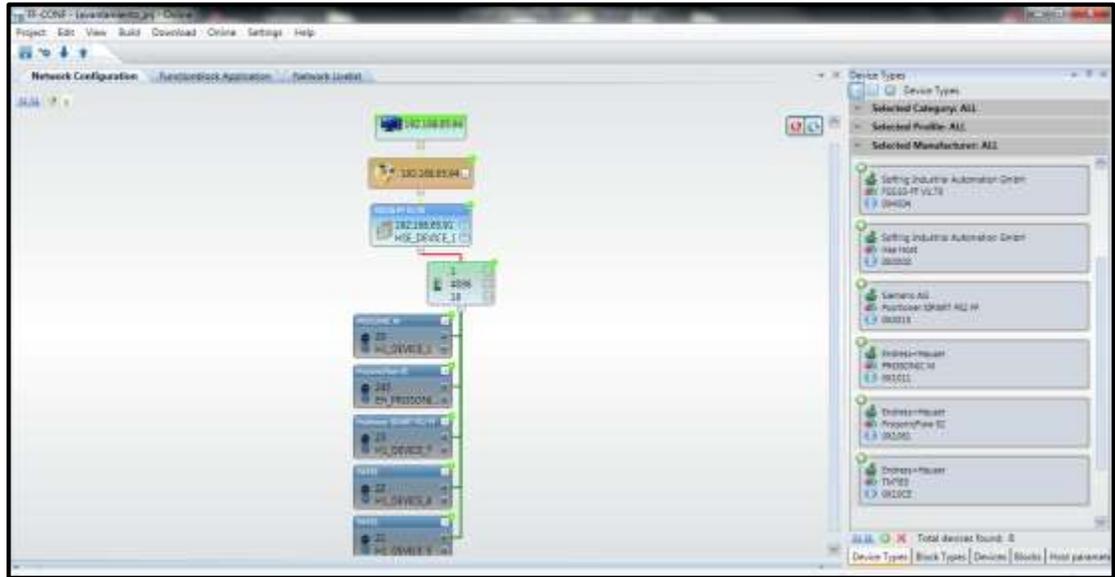


Fig14. Asignación de dispositivos.

Si la asignación fue correcta se presentará un punto verde en la esquina superior de cada uno de los dispositivos.

En la pestaña de aplicaciones de los bloques de función se procederá a crear la aplicación de control (Para nombrar la aplicación se dará click sobre el primer recuadro transparente señalado en la figura siguiente):

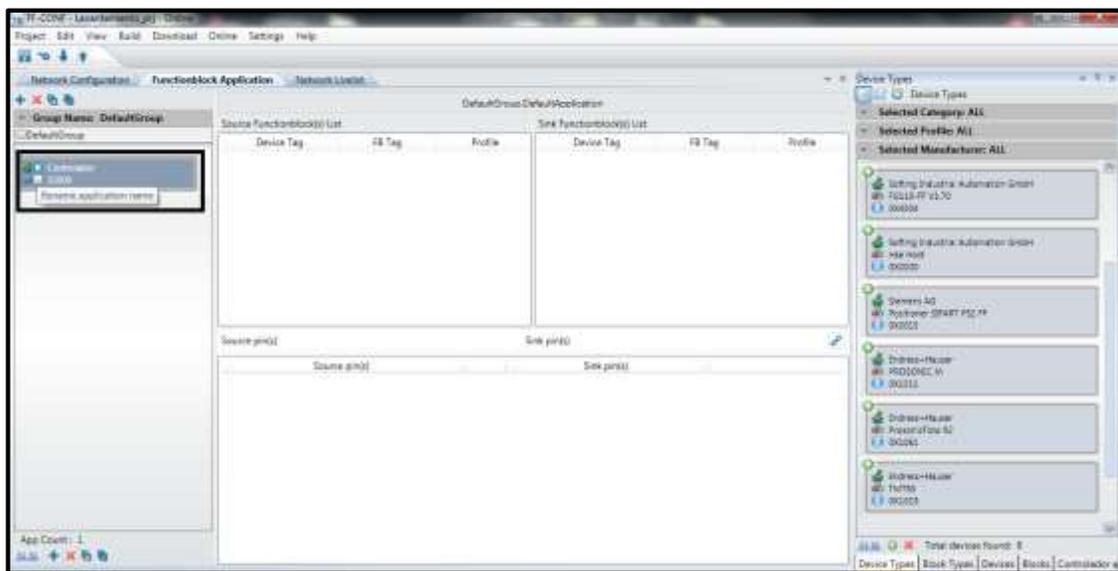


Fig15. Creación de la aplicación con function blocks.

En la aplicación se deberá agregar todos los bloques necesarios para realizar la acción de control (3):

- AI\_X del dispositivo H1\_DEVICE\_1 (Prosonic M)
- AO\_X del dispositivo H1\_DEVICE\_7 (SIPART PS2 FF)
- PID\_X del dispositivo H1\_DEVICE\_7 (SIPART PS2 FF)

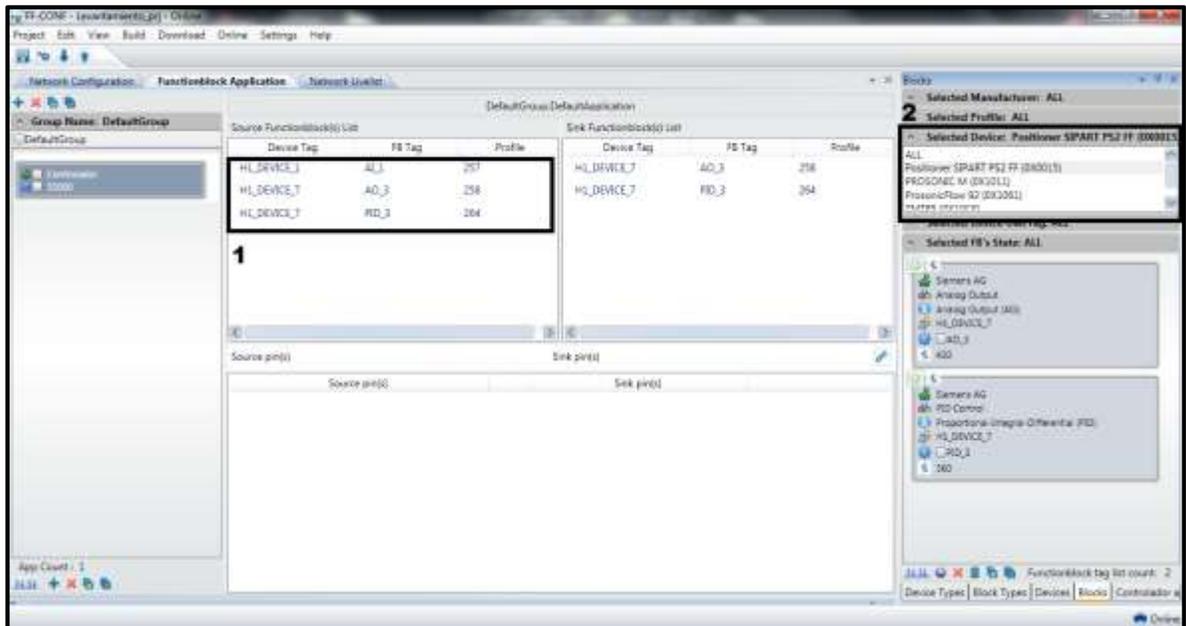


Fig16. Asignación de bloques a la aplicación.

Para una búsqueda más eficaz de bloques se puede seleccionar solo el dispositivo del cual se necesitan los bloques, tal como se muestra en la figura anterior en el recuadro número 2.

Como se muestra en la figura se necesitan 3 bloques:

AI: Encargado de procesar las mediciones de nivel del equipo y enviar los resultados al bloque PID.

PID: Encargado de ejecutar el algoritmo que calcula una salida de acuerdo a la configuración de los parámetros del bloque y del valor del proceso entregado por el bloque AI.

AO: Encargado de recibir la acción de control del bloque PID y procesarlo o ejecutar el algoritmo de acuerdo a la configuración de sus parámetros y IO\_OPTS.

Antes de realizar la configuración de los bloques es necesario realizar la comunicación entre los mismos, esto de acuerdo a la figura mostrada a continuación:

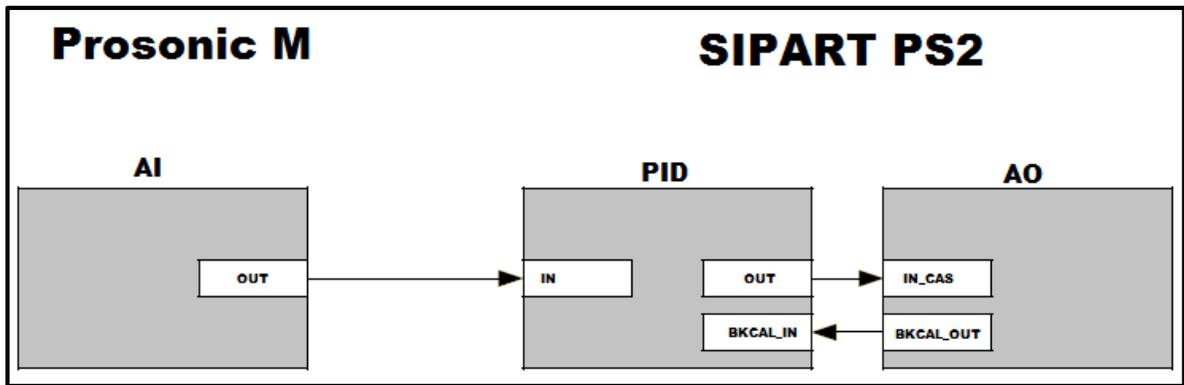


Fig17. Comunicación entre los bloques de función.

Primero se conectara la salida del bloque AI con la entrada del bloque PID, para lo cual se buscaran los respectivos bloques en las listas de fuente (1) y las listas de desfogue (2) de bloques de función.

Una vez seleccionados se dará click en la opción conectar (3), tal como se muestra en la siguiente figura:

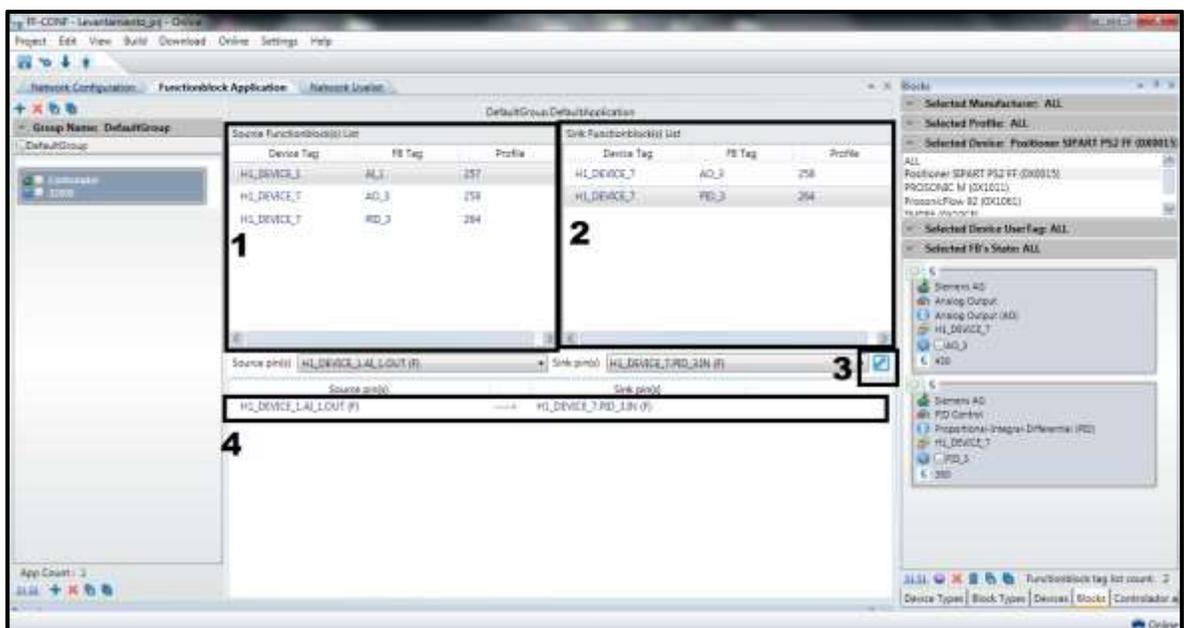


Fig18. Conexión entre bloques de los dispositivos.

Si se realizó bien la conexión, esta se visualizará en la pantalla inferior (4).

La siguiente conexión es entre la salida del bloque PID y la entrada en cascada del bloque AO.

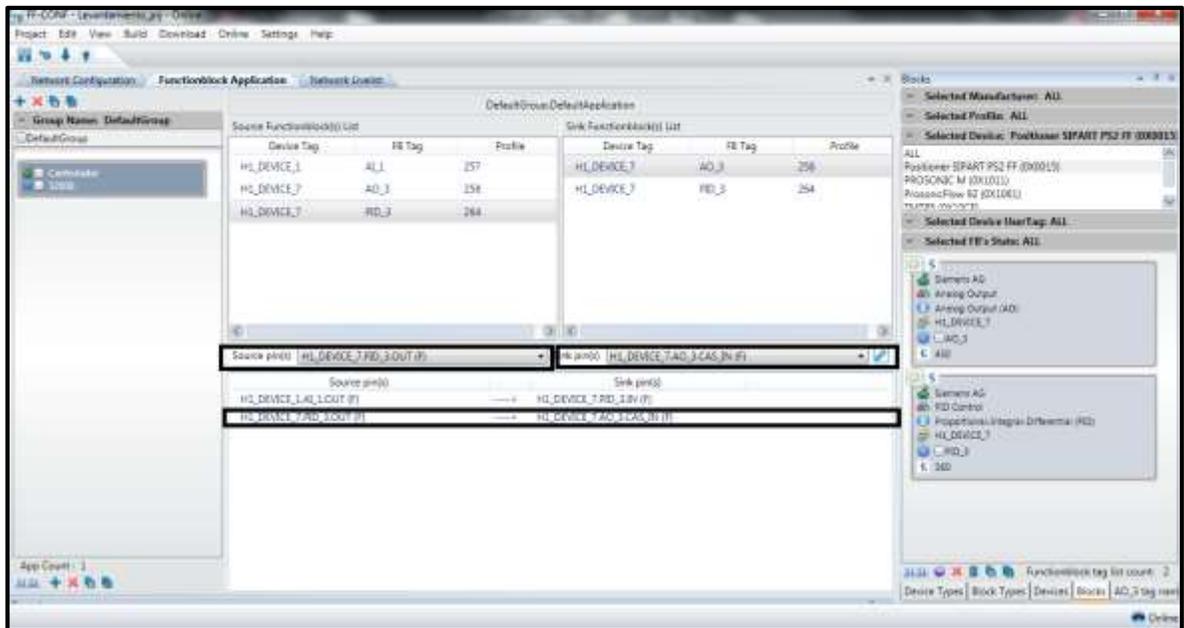


Fig19. Conexión entre bloques de los dispositivos.

La tercera y última conexión es la que cierra el lazo, y se da entre la salida BKCAL\_OUT del bloque AO y BKCLA\_IN del bloque PID.

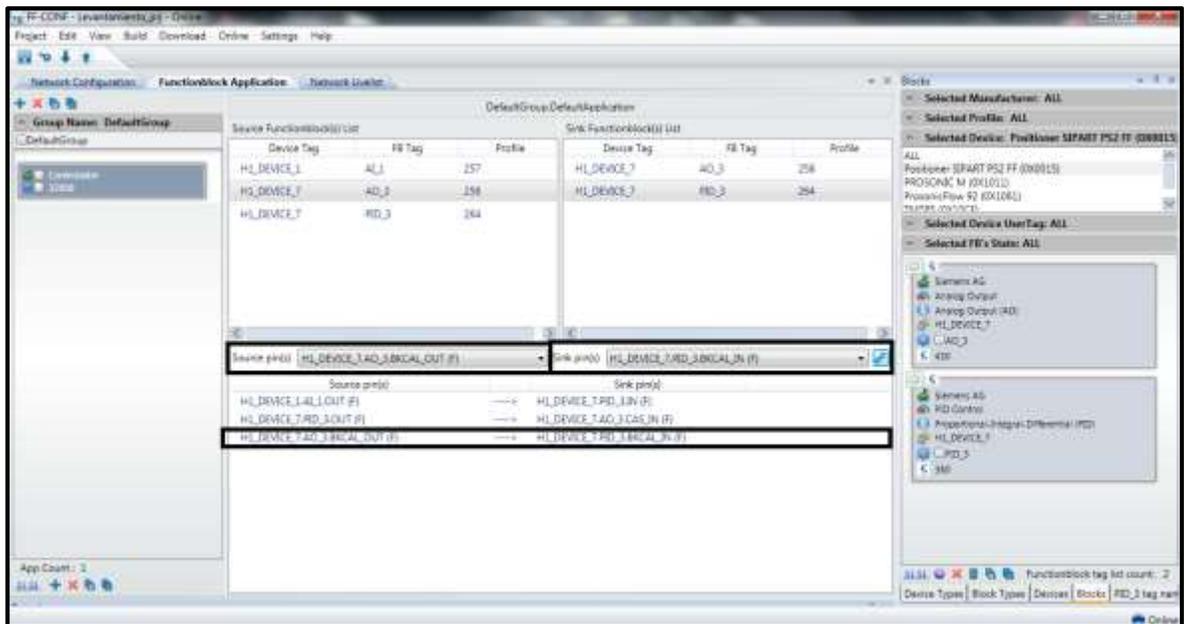


Fig20. Conexión entre bloques de los dispositivos.

Una vez realizada todas las conexiones procedemos a guardar, compilar y descargar el proyecto:

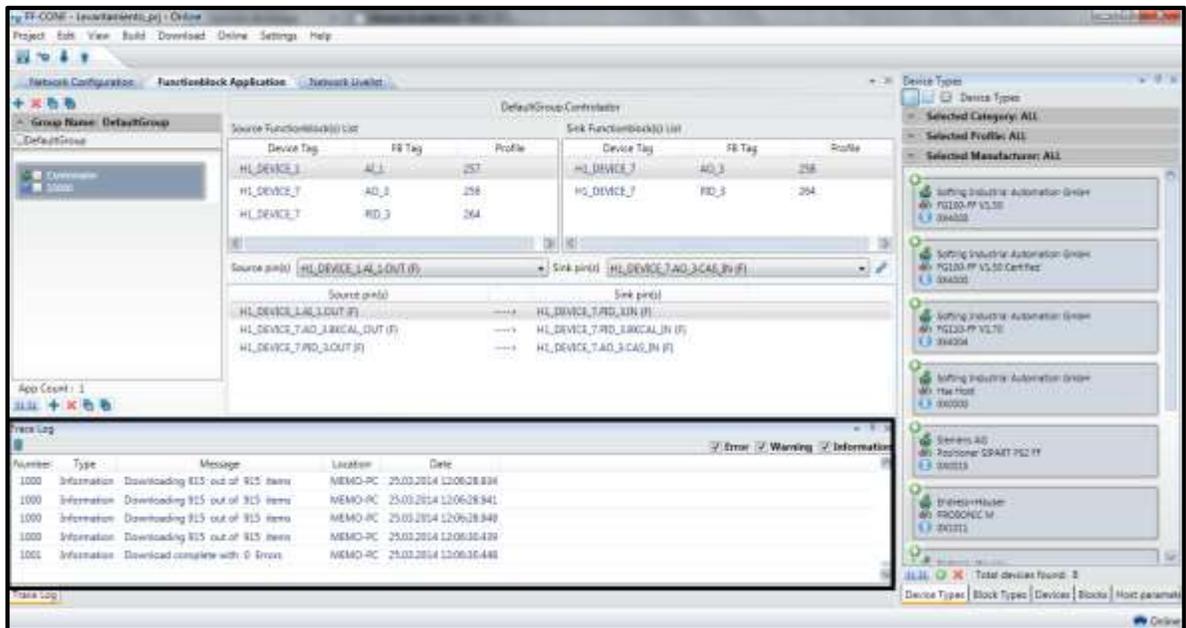


Fig21. Descarga del proyecto a través de la herramienta FF-CONF.

El primer bloque de función que se configura es el de entradas analógicas AI, donde para acceder a sus parámetros se dará click derecho sobre el bloque, en la lista de bloques de función y luego click izquierdo en FB Parameter View.

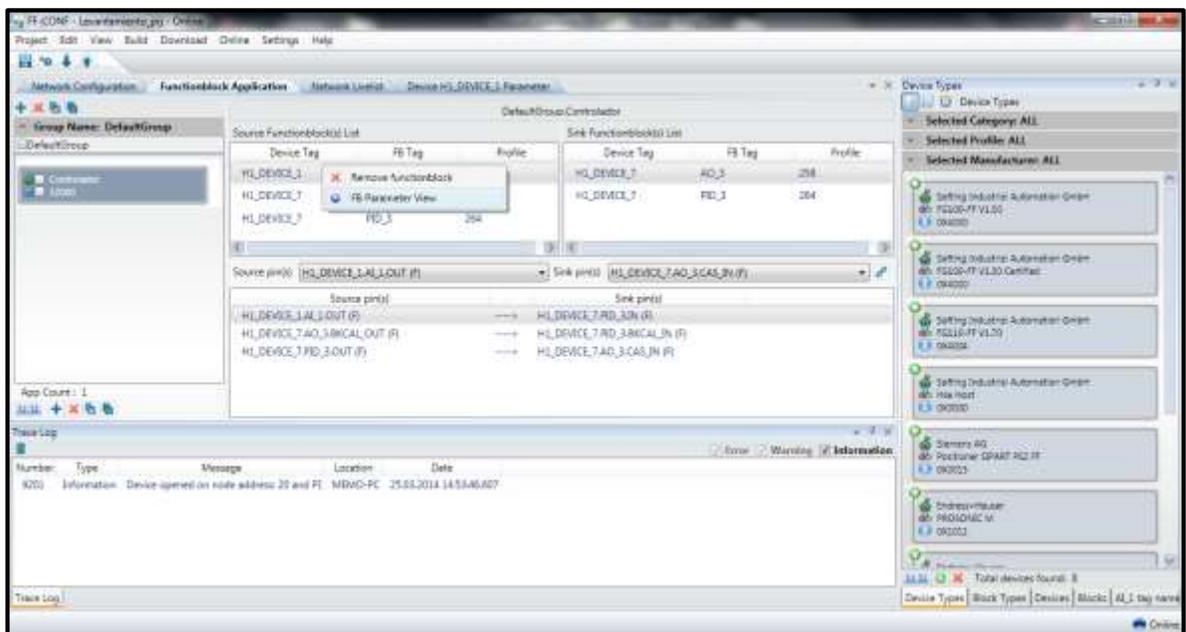


Fig22. Function Block Parameter View.

Cuando se accedan a los parámetros se configura el parámetro CHANNEL con el valor primario y L\_TYPE con indirecto, teniendo en cuenta que el bloque debe estar en modo manual o fuera de servicio (OOS).

Finalizada la escritura de los parámetros se regresara el bloque a modo automático, y se tendrá el valor de nivel en porcentaje en la salida del bloque AI.

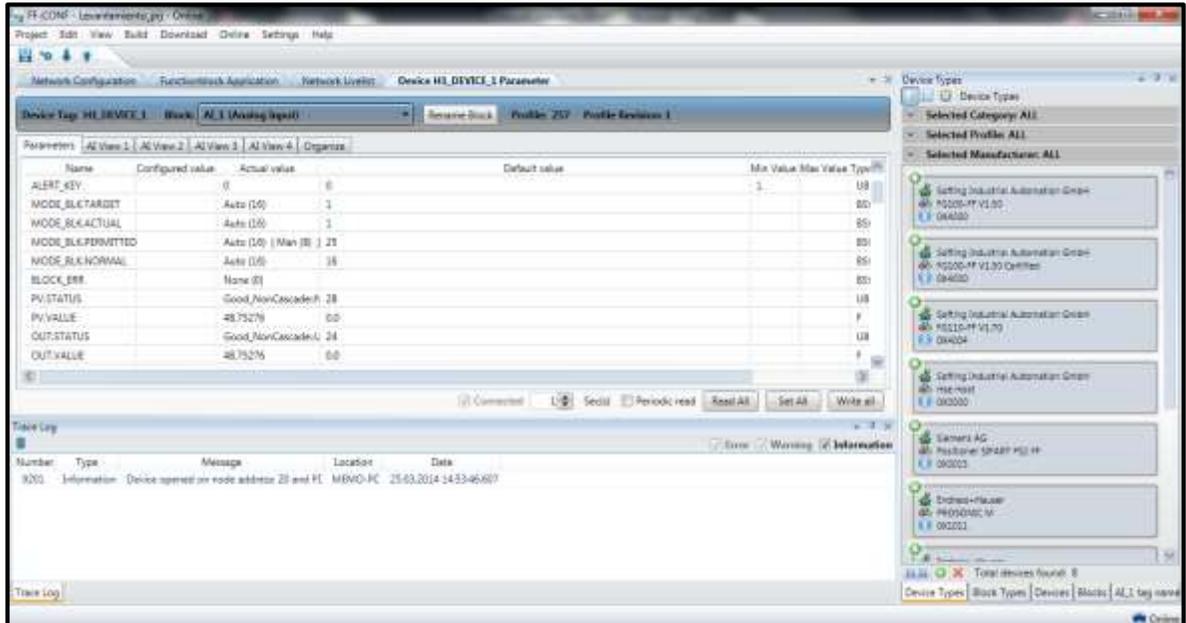


Fig23. Configuración de los parámetros del bloque AI del dispositivo Prosonic M.

Finalizada la configuración del bloque de entrada analógica se procederá con el bloque PID.

Antes de colocar al bloque en modo automático se lo pondrá en fuera de servicio con el objetivo de manipular parámetros que se escriben solo en este modo.

Los primeros parámetros que se configuran son:

**XXX\_SCALE.UNITS\_INDEX:** Que indica el tipo de unidades que maneja el controlador, que en la práctica es porcentaje.

**XXX\_SCALE.DECIMAL:** Que indica el número de decimales que tendrá la variable de proceso y salida respectivamente.

También se habilitará el bit de Restrict SP to limits in CAS o RCAS en el parámetro de CONTROL\_OPTS.

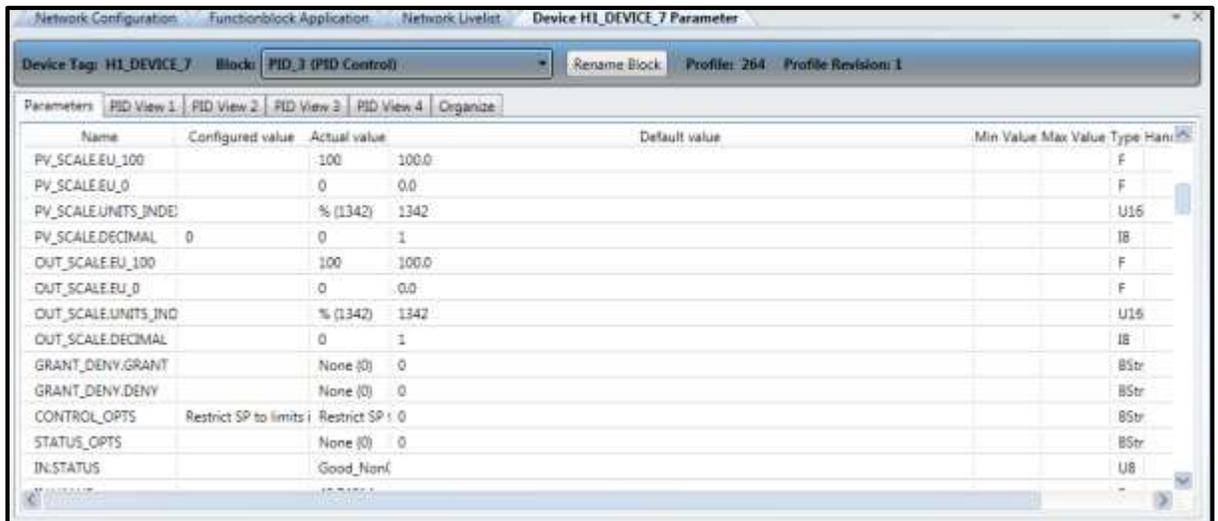


Fig24. Configuración de los parámetros del bloque PID del dispositivo SIPART PS2.

A continuación se apagará el parámetro BYPASS y se configurará los límites del punto de operación, que se encuentran en los parámetros SP\_HI\_LIM y SP\_LO\_LIM (0-100).

Como tercer paso en esta ventana se ajustará los valores del controlador PID, donde:

GAIN: Parte proporcional

RESET: Parte integral en unidades de tiempo.

RATE: Parte derivativa en unidades de tiempo.

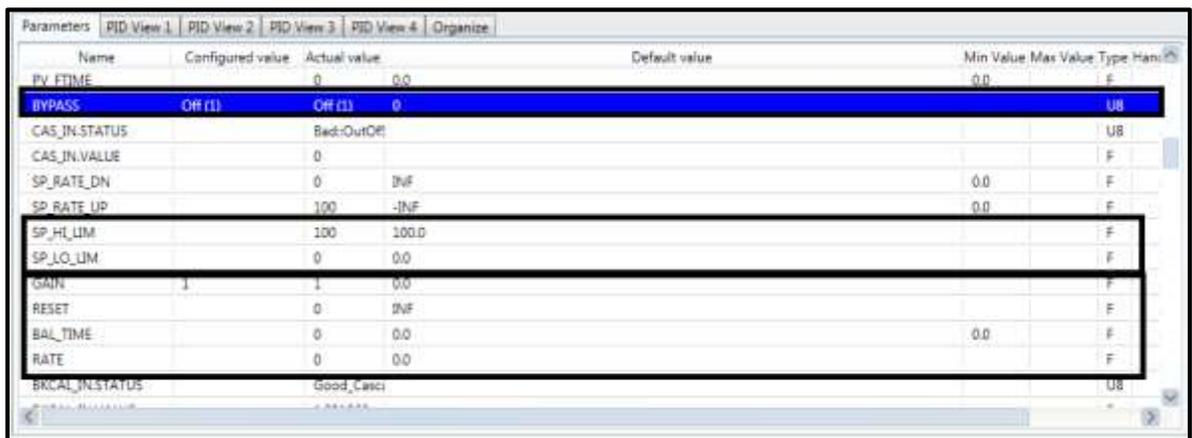


Fig25. Configuración de los parámetros del bloque PID del dispositivo SIPART PS2.

Los últimos parámetros a configurar en este bloque son los límites de la salida del controlador:

Name	Configured value	Actual value	Default value	Min Value	Max Value	Type	Hand
BKCAL_IN.STATUS		Good_Casct				UB	
BKCAL_IN.VALUE		1.251862				F	
OUT_HI_LIM	100	100	100.0			F	
OUT_LO_LIM	0	0	0.0			F	
BKCAL_HYS		0.5	0.5	0.0	50.0	F	
BKCAL_OUT.STATUS		Good_Casct				UB	
BKCAL_OUT.VALUE		50				F	
RCAS_IN.STATUS		Bad:OutOff				UB	
RCAS_IN.VALUE		0				F	
ROUT_IN.STATUS		Bad:OutOff				UB	
ROUT_IN.VALUE		0				F	
SHED_OPT		Uninitializ 0				UB	
RCAS_OUT.STATUS		Good_Casct				UB	

Fig26. Configuración de los parámetros del bloque PID del dispositivo SIPART PS2.

Una vez finalizada la configuración se pondrá el bloque de función en modo automático y se escribirá el set point de nivel deseado.

Name	Configured value	Actual value	Default value	Min Value	Max Value	Type	Hand
ALERT_KEY		0	0	1		UB	
MODE_BLK.TARGET	Auto (16)	Auto (16)	1			BStr	
MODE_BLK.ACTUAL		Auto (16)	1			BStr	
MODE_BLK.PERMITTED		RCut (128)	249			BStr	
MODE_BLK.NORMAL	Auto (16)	Auto (16)	16			BStr	
BLOCK_ERR		None (0)				BStr	
PV.STATUS		Good_NomC				UB	
PV.VALUE		48.69802				F	
SP.STATUS		Good_Casct				UB	
SP.VALUE	50	50				F	
OUT.STATUS		Good_Casct				UB	
OUT.VALUE		1.301983				F	
PV_SCALE.EU_100		100	100.0			F	
PV_SCALE.EU_0		0	0.0			F	
PV_SCALE.UNITS_INDE		% (1342)	1342			U16	
PV_SCALE.DECIMAL	0	0	1			IB	

Fig27. Configuración de los parámetros del bloque PID del dispositivo SIPART PS2.

Para configurar el último bloque de salida analógica AO no es necesario cerrar el FB Parameter View, sino hacer click en block y seleccionar el deseado:



Fig28. Configuración de los parámetros del bloque AO del dispositivo SIPART PS2.

El primer paso para configurar este último bloque es ponerlo en modo fuera de servicio. Una vez fuera de servicio se habilitará el bit de Analogic Output Value en el parámetro de CHANNEL.

Finalizado esto se deberá poner el bloque en modo cascada, el mismo que necesita ser inicializado. Para inicializar el modo cascada escribiremos en el objetivo del bloque dos valores AUTO Y CAS.

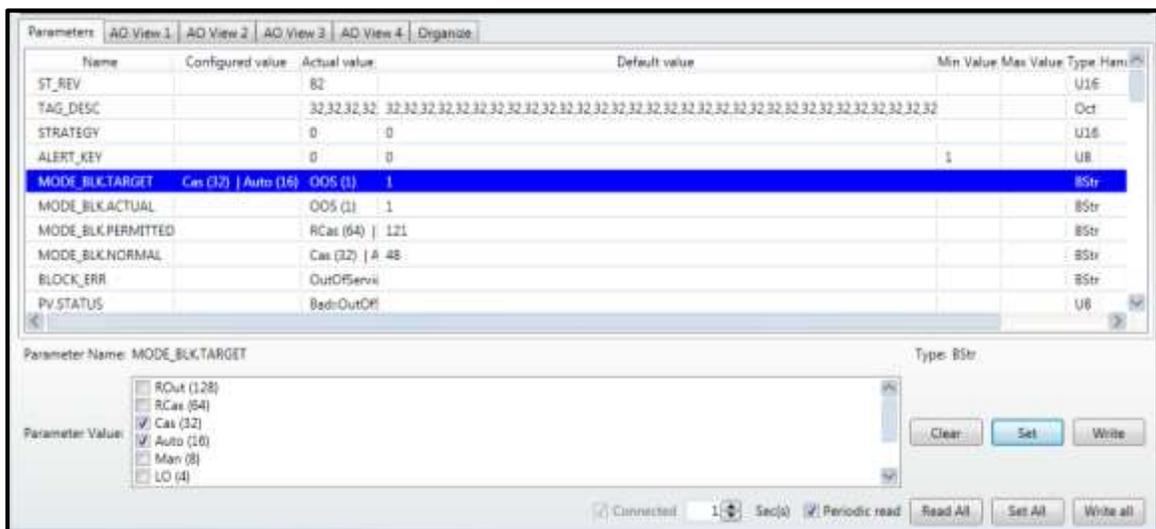


Fig29. Configuración de los parámetros del bloque AO del dispositivo SIPART PS2.



## 7. Resultados y/o discusión

Una vez finalizada la configuración se procede a observar que todas las entradas y salidas de los bloques del dispositivo SIPART PS2 se encuentren en buen estado.

Name	Configured value	Actual value	Default value	Min Value	Max Value	Type	Handoff
MODE_BLK.PERMITTED		RCas (04)   121				B5tr	
MODE_BLK.NORMAL		Cas (32)   A 48				B5tr	
BLOCK_ERR		None (0)				B5tr	
PV.STATUS		Good_NonF				UB	
PV.VALUE		0.5511475				F	
SP.STATUS		Good_CasC 28				UB	
SP.VALUE		0.5511475 0.0				F	
OUT.STATUS		Good_NonF				UB	
OUT.VALUE		0.5511475				F	
SIMULATE.SIMULATE_S		Good_NonF 0				UB	
SIMULATE.SIMULATE_V		0.5511475 0.0				F	
SIMULATE.TRANSDUCE		Good_NonF 0				UB	
SIMULATE.TRANSDUCE		0.3394908 0.0				F	

Parameter Name: CAS\_IN.VALUE      Type: F

Parameter Value:

Connected    1    Sec(s)     Periodic read           

Fig32. Estados de los parámetros PV, SP y OUT del bloque AO del dispositivo SIPART PS2.

Estado de la entrada en cascada y salida BKCAL\_OUT:

Name	Configured value	Actual value	Default value	Min Value	Max Value	Type	Handoff
READBACK.STATUS		Good_NonF				UB	
READBACK.VALUE		1.301666				F	
CAS_IN.STATUS		Good_CasC				UB	
CAS_IN.VALUE		1.301666				F	
SP_RATE_DN		0		0.0		F	
SP_RATE_LP		100		0.0		F	
SP_HI_LIM		100 100.0				F	
SP_LO_LIM		0 0.0				F	
CHANNEL		Channel 1 - 1				U16	
FSTATE_TIME		0 0.0		0.0		F	
FSTATE_VAL		0 0.0				F	
BKCAL_OUT.STATUS		Good_CasC				UB	
BKCAL_OUT.VALUE		1.30304				F	

Parameter Name: CAS\_IN.STATUS      Type: UB

Parameter Value:

Connected    1    Sec(s)     Periodic read           

Fig33. Estados de los parámetros IN\_CAS y BKCAL\_OUT del bloque AO del dispositivo SIPART PS2.

En las siguientes gráficas se presentan los estados del bloque controlador PID, comenzando con el valor del proceso (Nivel del tanque), set point (Valor Deseado) y la salida (Acción de control).

Name	Configured value	Actual value	Default value	Min Value	Max Value	Type	Hand
PV.STATUS		Good_Nonf				UB	
PV.VALUE		48,75221				F	
SP.STATUS		Good_Cascl				UB	
SP.VALUE	50	50				F	
OUT.STATUS		Good_Cascl				UB	
OUT.VALUE		1,247971				F	
PV_SCALE.EU_100		100	100.0			F	
PV_SCALE.EU_0		0	0.0			F	
PV_SCALE.UNITS_INDE		% (1342)	1342			UI6	
PV_SCALE.DECIMAL	0	0	1			IB	
OUT_SCALE.EU_100		100	100.0			F	
OUT_SCALE.EU_0		0	0.0			F	
OUT_SCALE.UNITS_IND		% (1342)	1342			UI6	
OUT_SCALE.DECIMAL	0	0	1			IB	
GRANT_DENY.GRANT		None (0)	0			BStr	
GRANT_DENY.DENY		None (0)	0			BStr	

Fig34. Estados de los parámetros PV, SP y OUT del bloque PID del dispositivo SIPART PS2.

Como se observa en la figura anterior el nivel del tanque es de 48.75% y el set point es de 50%, por lo cual el controlador dice que la válvula debe estar abierta tan solo un 1.2479%.

Finalmente se observara que los estados de la entrada IN y BKCAL\_IN del bloque se encuentren en buen estado.

Name	Configured value	Actual value	Default value	Min Value	Max Value	Type	Hand
GRANT_DENY.DENY		None (0)	0			BStr	
CONTROL_OPTS	Restrict SP to limits	Restrict SP 1	0			BStr	
STATUS_OPTS		None (0)	0			BStr	
IN.STATUS		Good_Nonf				UB	
IN.VALUE		48,75221				F	
PV_FTME		0	0.0		0.0	F	
BYPASS	OFF (1)	OFF (1)	0			UB	
CAS_IN.STATUS		Bad_OutOP				UB	
CAS_IN.VALUE		0				F	
SP_RATE_DN		0	INF		0.0	F	
SP_RATE_UP		100	-INF		0.0	F	
SP_HI_LIM		100	100.0			F	
SP_LO_LIM		0	0.0			F	

Fig35. Estado del parámetros IN del bloque AO del dispositivo SIPART PS2.

Name	Configured value	Actual value	Default value	Min Value	Max Value	Type	Hex
SP_RATE_DN		0	INF	0.0		F	
SP_RATE_UP		100	-INF	0.0		F	
SP_H_LIM		100	100.0			F	
SP_LO_LIM		0	0.0			F	
GAIN	1	1	0.0			F	
RESET		0	INF			F	
BAL_TIME		0	0.0	0.0		F	
RATE		0	0.0			F	
BKCAL_IN_STATUS		Good_Case				UB	
BKCAL_IN_VALUE		1.247971				F	
OUT_H_LIM	100	100	100.0			F	
OUT_LO_LIM	0	0	0.0			F	
BKCAL_HYS		0.5	0.5	0.0	30.0	F	

Parameter Name: BKCAL\_IN\_STATUS      Type: UB

Parameter Value: [Bus:NonSpecific:Notlimited ID]      [Clear] [Set] [Write]

[Connected] 1 [Sec(s)] [Periodic read] [Read All] [Set All] [Write All]

Fig36. Estado del parámetro BKCAL\_OUT del bloque AO del dispositivo SIPART PS2.

Como se mostró en las figuras anteriores todos los parámetros se encuentran configurados y funcionando de acuerdo al control en cascada visto en secciones anteriores.

Para mejoras del controlador y distintas opciones de control se recomienda revisar las referencias bibliográficas.

## 8. Conclusiones y Recomendaciones

### 8.1 Conclusiones

- Una de las ventajas de la red Foundation Fieldbus es que permite el control de una variable de proceso en el campo, es decir mediante la comunicación de los dispositivos transmisores y actuadores por la red sin necesidad de un elemento controlador como el PLC.
- Al configurar un control en el campo siempre se deberá asignar la forma en que se comunican los bloques de los dispositivos, antes de proceder la configuración de los mismos, pues si se lo realiza de forma contrario no se podrá inicializar el control en cascada desarrollado en la práctica.
- Debido a que la salida del controlador comanda la apertura del posicionador se tienen una salida de 0(rango mínimo) a 100(rango máximo), sin embargo esto no permitirá el control de nivel debido a que en 0 la válvula se encuentra completamente abierta y en 100 completamente cerrada. Para la solución de este error se plantea dos métodos: uno referente a la utilización de otros bloques de función como el de operaciones aritméticas que sirvan de enlace entre el bloque PID y AO o importar las señales del bloque PID a un controlador PLC que trate la señal antes de enviarla al bloque AO.

## 8.2 Recomendaciones

- Realizar la configuración y/o medición del dispositivo de campo con el cual se está trabajando antes de proceder con el siguiente, pues una vez cerrada la pestaña para la configuración del bloque de función del dispositivo no se puede volver acceder hasta que se reinicie la herramienta, ya que su objetivo principal es configuración no monitoreo.
- Debido a que no se conoce un modelado de la planta y que el controlador no permitirá la acción deseada en su totalidad sobre el nivel del tanque, se deberá tener siempre vigilado el nivel para evitar desbordamientos del líquido.

## 9. Referencias

[1] Empresa SMAR, Function Blocks Instruction Manual, Julio 2007, Descarga disponible en:  
<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.smar.com%2FPDFs%2Fmanuals%2FFBLCLBFFME.pdf&ei=zHsQVd-EG4zmsATz8oGoCQ&usg=AFQjCNGqa-IcCUmaRhsSaDyQ8eFFXuQ62w&sig2=mJPj-CNDjjVNS9Duzkwm4w&bvm=bv.88528373,d.aWw>

[2] Fisher-Rosemount, Foundation Fieldbus Blocks, 00809-0100-4783 English Rev. BA, Disponible en:  
<http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00809-0100-4783.pdf>.

[3] Ab de Muijnck, AkzoNobel Chemicals by, Fieldbus Foundation PID & safety action, Visitado el 12 de marzo del 2014, Descarga disponible en:  
<http://forums.fieldbus.org/attachment.php?attachmentid=905>