



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Configuración de un Transmisor de Presión mediante un módem HART para prácticas de
Instrumentación Industrial.**

Chamba Sarango, Dayra María

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnóloga en Electrónica mención
Instrumentación y Aviónica

Ing. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

4 de junio 2021



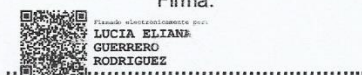
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, “**CONFIGURACIÓN DE UN TRANSMISOR DE PRESIÓN MEDIANTE UN MÓDEM HART PARA PRÁCTICAS DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**”, fue realizado por la señorita **Chamba Sarango, Dayra María** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 4 de junio del 2021

Firma:



Ing. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

C.C.: 0501878649

Reporte de verificación



Document Information

Analyzed document MONOGRAFÍA-CHAMBA_DAYRA.docx (D107965231)
Submitted 6/5/2021 4:37:00 PM
Submitted by Guerrero Rodriguez Lucia Eliana
Submitter email leguerrero6@espe.edu.ec
Similarity 6%
Analysis address leguerrero6.espe@analysis.orkund.com



ING. GUERRERO RODRÍGUEZ, LUCÍA ELIANA
CC. 0501878640

Sources included in the report

SA	Tesis_rev_final_Bastidas_Zurita.pdf Document Tesis_rev_final_Bastidas_Zurita.pdf (D62167678)		12
SA	9565-Cisneros Candia, Nilton Robert_.pdf Document 9565-Cisneros Candia, Nilton Robert_.pdf (D37048250)		2
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Alajo Pamela.docx Document Alajo Pamela.docx (D27648157) Submitted by: angeles1718@outlook.es Receiver: jjespinosa.espe@analysis.orkund.com		3
W	URL: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0149_ME.pdf Fetched: 3/17/2021 2:06:48 AM		2
W	URL: http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020125438.PDF Fetched: 12/17/2020 7:20:03 AM		1
SA	14327-Espinoza Salazar, Ricardo Martin_.pdf Document 14327-Espinoza Salazar, Ricardo Martin_.pdf (D57840673)		1
W	URL: https://docplayer.es/87635062-Escuela-politecnica-del-ejercito.html Fetched: 7/21/2020 1:24:35 PM		1
W	URL: https://www.bloginstrumentacion.com/instrumentacion/construccion-funcionamiento-de-manmetros-mecnicos/#:~:text=El%20principio%20de%20funcionamiento%20de,act%C3%BAa%20sobre%20la%20aguja%20indicadora.Lagos, Fetched: 6/5/2021 4:37:00 PM		1
W	URL: http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=562&ni=protocolos-de-comunicacion-industrialMeichsner, Fetched: 6/5/2021 4:37:00 PM		2
W	URL: http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=95&edi=36&xit=el-protocolo-hartOllarves, Fetched: 6/5/2021 4:37:00 PM		1
W	URL: http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1505&ni=mantenimiento-predictivo-con-tecnologia-fdt/dtmCreus,		1



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Chamba Sarango, Dayra María**, con cédula de ciudadanía n° **1718493339**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **CONFIGURACIÓN DE UN TRANSMISOR DE PRESIÓN MEDIANTE UN MÓDEM HART PARA PRÁCTICAS DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 4 de junio del 2021

Firma:

Chamba Sarango, Dayra María

C.C.: **1718493339**



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Chamba Sarango, Dayra María** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **CONFIGURACIÓN DE UN TRANSMISOR DE PRESIÓN MEDIANTE UN MÓDEM HART PARA PRÁCTICAS DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 4 de junio del 2021

Firma:

Una firma manuscrita en tinta azul que dice 'DAYRA CHAMBA' sobre una línea punteada.

Chamba Sarango, Dayra María

C.C.: 1718493339

Dedicatoria

A mis padres, José Chamba y Teresa Sarango por los consejos que me dieron a lo largo de mi vida, mismos que me permitieron cumplir una más de mis metas.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE por mantenerme dentro de los lazos de la educación académica.

Chamba Sarango Dayra María

Agradecimiento

A mis padres, José Chamba y Teresa Sarango que en cada año de mi formación académica me apoyaron incondicionalmente y me mostraron el camino hacia la superación para llegar a ser una profesional.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE por la integración, profundización y aplicación de conocimientos técnicos y habilidades adquiridas en los semestres aprobados de la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica.

Chamba Sarango Dayra María

Tabla de contenido

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenido.....	8
Índice de figuras.....	13
Índice de tablas.....	15
Resumen.....	16
Abstract.....	17
Tema.....	18
Antecedentes.....	18
Planteamiento del problema.....	19
Justificación.....	20

Objetivos.....	21
<i>Objetivo General.....</i>	<i>21</i>
<i>Objetivos Específicos</i>	<i>21</i>
Alcance.. ..	21
Marco teórico.....	23
Automatización.....	23
<i>Partes de un sistema automatizado.....</i>	<i>23</i>
Instrumentación	24
<i>Características de los instrumentos</i>	<i>24</i>
Medidas de presión	27
<i>Clases de presión.....</i>	<i>27</i>
<i>Unidades de presión</i>	<i>28</i>
<i>Elementos mecánicos de presión.....</i>	<i>29</i>
<i>Elementos electromecánicos de presión</i>	<i>29</i>
<i>Elementos electrónicos de vacío</i>	<i>30</i>
Equipos industriales	30
<i>Manómetro.....</i>	<i>30</i>

<i>Compresor de aire</i>	30
Transmisores	31
<i>Transmisores de presión neumáticos</i>	31
<i>Transmisores de presión electrónicos</i>	31
Transmisores inteligentes	31
Transmisor inteligente de presión LD301	32
<i>Funciones</i>	32
<i>Características técnicas LD301</i>	33
Protocolos de comunicación industrial	34
<i>Buses de campo</i>	34
Highway Addressable Remote Transducer (HART)	35
<i>Características</i>	35
<i>Señal de frecuencia</i>	36
<i>Redes de comunicación HART</i>	36
<i>Ventajas</i>	37
Módem HART	37
<i>Tecnología FDT/DTM</i>	38
Softwares	39

	11
<i>PACTware 4.1</i>	39
<i>LD301DTM</i>	39
<i>ViatorCheckBT</i>	39
Desarrollo del Tema	41
Introducción.....	41
Implementación del proyecto	41
<i>Conexión eléctrica del LD301</i>	41
<i>Especificaciones del LD301</i>	42
Esquema de conexiones.....	43
Instalación del software PACTware	44
Instalación del DTM del LD301	45
Instalación de ViatorCheckBT	47
Iniciación.....	49
Configuración	53
Calibración.....	57
Configuración mediante el destornillador magnético.....	60
Mantenimiento	61

<i>Diagnóstico mediante el modem HART</i>	61
<i>Mensajes de error</i>	62
<i>Diagnóstico en el LD301</i>	62
Conclusiones y Recomendaciones	65
Conclusiones	65
Recomendaciones	65
Glosario	67
Bibliografía	68
Anexos	72

Índice de figuras

Figura 1. Clases de presión.	28
Figura 2. Transmisor inteligente de presión LD301.....	32
Figura 3. Módem HART Viator USB.	37
Figura 4. Terminales de conexión del LD301.....	42
Figura 5. Diagrama de conexiones.	43
Figura 6. Softwares de instalación.	44
Figura 7. Archivos de PACTware.....	44
Figura 8. Ventana de la instalación de PACTware.....	45
Figura 9. Carpeta LD301DTM.....	46
Figura 10. Archivos del LD301DTM.	46
Figura 11. Instalación de DTM's Smar.....	47
Figura 12. Carpeta ViatorCheckBT	47
Figura 13. Archivos de ViatorCheckBT.	48
Figura 14. Instalación ViatorCheckBT.....	48
Figura 15. Enlace Directo PACTware.	49
Figura 16. Montaje del circuito físico.....	49
Figura 17. Función Agregar Dispositivo.	50

Figura 18. Función Establecer la comunicación.....	50
Figura 19. Función Parametrage en línea.	51
Figura 20. Función OnLine Parameterize.	51
Figura 21. Funcion Device.	52
Figura 22. Función Sensor.....	52
Figura 23. Función Flange/Seal.	53
Figura 24. Función Configuración.	54
Figura 25. Función Measurement.	55
Figura 26. Función User Unit.	55
Figura 27. Función Table.	56
Figura 28. Función PID Control.....	56
Figura 29. Funcion Calibración.	57
Figura 30. Funcion Calibracion (20mA).....	58
Figura 31. Función Methods.	58
Figura 32. Función General.	59
Figura 33. Función Observar (4mA).....	59
Figura 34. Función Observar (20mA).....	60
Figura 35. Ajuste con el destornillador magnético.....	61

Índice de tablas

Tabla 1. Unidades de presión.	29
Tabla 2. Características Técnicas del módem HART.	38
Tabla 3. Especificaciones técnicas del LD301.....	42
Tabla 4. Mensajes de error.	62
Tabla 5. Problemas en el transmisor respecto a la corriente.	63
Tabla 6. Problemas en el transmisor respecto a la comunicación.	63

Resumen

El presente proyecto de titulación se fundamenta en la configuración de un transmisor de presión SMAR LD301, mediante un módem de protocolo HART Viator USB, proporcionando un enlace de comunicación HART. Se utilizó un software y un compresor de aire del módulo electro neumático, el instrumento fue configurado y puesto en marcha con la interfaz libre PACTWare 4.1 para windows, se muestra el procedimiento de descarga e instalación del software PACTware y del DTM (Device Type Manager) del transmisor de presión. A través del protocolo de comunicación HART se parametrizó y verificaró el funcionamiento, permitiendo la obtención de lecturas de presión del dispositivo de campo, además con el LD301DTM se tendrá tuvo acceso completo y personalizado de información y datos de fabricación, gestión y diagnóstico del transmisor de presión SMAR LD301, garantizando un mantenimiento tanto preventivo, predictivo como proactivo en cualquier lugar y en cualquier momento que se requiera realizar al equipo. Mediante el uso del destornillador magnético, herramienta de configuración proporcionado por el fabricante, se realizó los ajustes de parámetros tales como, funciones de control, cero y span. Este proyecto ayudará de manera directa al entendimiento de la configuración del protocolo HART en las prácticas de instrumentación industrial.

Palabras clave:

- **SMAR LD301**
- **TRANSMISOR DE PRESIÓN**
- **COMUNICACIÓN HART**
- **SENSORES DE PRESIÓN**
- **SOFTWARE PACTWARE**

Abstract

This degree project is based on the configuration of a pressure transmitter SMAR LD301, through a HART Viator USB protocol modem, providing a HART communication link. A software and an air compressor of the electro pneumatic module were used, the instrument was configured and implemented with the free interface PACTWare 4.1 for windows, the download and installation procedure of the PACTware software and the DTM (Device Type Manager) of the pressure transmitter is shown. Through the HART communication protocol the operation was parameterized and verified, allowing to obtain pressure readings from the field device, also with the LD301DTM will have complete and customized access to information and manufacturing data, management and diagnosis of the pressure transmitter SMAR LD301, ensuring both preventive, predictive and proactive maintenance anywhere and at any time that is required to perform the equipment. By using the magnetic screwdriver, a configuration tool provided by the manufacturer, parameter settings such as control functions, zero and span were made. This project will help in a direct way to the understanding of the HART protocol configuration in industrial instrumentation practices.

Keywords:

- **SMAR LD301**
- **PRESSURE TRANSMITTER**
- **HART COMMUNICATION**
- **PRESSURE SENSORS**
- **PACTWARE SOFTWARE**

CAPÍTULO I

1. Tema

1.1. Antecedentes

Los protocolos de comunicación industrial han tenido un proceso de evolución acelerado a medida que la tecnología electrónica avanza, especialmente en el área de microprocesadores.

La entrada de los microprocesadores en la industria, posibilitaron la integración de redes de comunicación, teniendo como beneficios una mayor precisión en la integración de la tecnología digital, mejorando la disponibilidad de información de los mecanismos de campo. Los buses de datos permiten la incorporación de equipos de medición y control de variables de proceso, sustituyendo conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del lazo de corriente 4 a 20 mA de corriente continua. Por otro lado, en el área de control y automatización de procesos, los principales buses de campo son: HART, Profibus y Fieldbus Foundation (Lagos, 2006).

Paulo Toro afirma que, HART siglas en inglés de Highway Addressable Remote Transducer, es un protocolo maestro esclavo que permite la superposición de señal de comunicación digital a las señales analógicas de 4 a 20 mA de corriente continua, sin interferencia en el mismo cableado. El protocolo HART proporciona una comunicación operada en modulación por desplazamiento de frecuencia o FSK siglas en inglés de Frequency Shift Keying, con módems tipo Bell 202, además posee una velocidad de 1200 bps y alcance máximo de 3000 metros de distancia para transmisiones asincrónicas con operación en modo de respuesta normal (Toro, 2015).

El protocolo de comunicación HART se usa en aplicaciones de medición y control de procesos industriales, utiliza una comunicación bidireccional para que las señales viajen en ambas direcciones. Con Hart es posible recibir información completa de los dispositivos de campo, ayudando a detectar condiciones de falla antes de que éstas causen daños en el proceso (EMERSON, 2002).

De acuerdo a lo expuesto podemos concluir que la tecnología HART, ofrece un protocolo de comunicación industrial bidireccional destinado a diferentes aplicaciones, reuniendo información digital sobre la señal analógica de 4 a 20 mA de corriente continua, la cual utiliza dos frecuencias individuales de 1200 y 2200 Hz que simbolizan los dígitos 1 y 0 respectivamente, basado en el estándar BELL 202 que opera en modulación FSK de fase continua.

Para configurar un transmisor HART es necesario contar con configuradores de campo pero su costo es elevado, por lo que se propone utilizar un módem HART con software para poner en marcha los transmisores, en este trabajo se especifica un transmisor de presión, siendo necesario que los estudiantes de las carreras técnicas de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, extensión Latacunga aprendan a configurar el transmisor de presión LD301 mediante comunicación HART en el proceso de enseñanza aprendizaje acercándoles a una realidad laboral.

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente el laboratorio de Instrumentación Virtual de la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE, extensión Latacunga cuenta con equipos de estaciones de caudal, nivel y temperatura, módulos electro neumáticos, máquina CNC de 3 ejes para el ruteo de pistas y taladrado de circuitos impresos, PLC's, tarjetas MyRio, sensores,

actuadores, módulos de comunicación MODBUS, PROFIBUS y AS-I, etc.; a pesar que cuentan con transmisores HART no cuenta con configuradores de campo.

Por lo que se propone configurar el transmisor de presión LD301 con un módem HART y software compatible que sirva como guía para la ejecución de prácticas de instrumentación industrial y ayuda didáctica al estudiante tecnólogo de la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica.

1.3. Justificación

El presente proyecto tiene como finalidad elevar el perfil profesional de los estudiantes pertenecientes a las carreras técnicas de la Universidad, fortaleciendo los conocimientos teóricos y habilidades prácticas en redes de comunicación como es el protocolo HART, cumpliendo con el perfil académico y sirviendo como base para el desarrollo de proyectos a futuro.

Para la ejecución de este proyecto existe información en manuales y trabajos de investigación anteriores, además es de costo accesible y disponible en el mercado local, por lo que el tema es considerado como factible.

Finalmente con este proyecto se quiere lograr que los estudiantes desarrollen nuevas destrezas en el ámbito de instrumentación industrial, acercándolos a una realidad laboral y repotenciando sus habilidades en la solución de problemas que se encuentren en su área de trabajo, cumpliendo con los perfiles educativos, altos estándares y para el desarrollo de futuras aplicaciones en la institución.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Configurar un transmisor de presión mediante un módem HART para prácticas de instrumentación industrial.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Investigar acerca de un software compatible con un módem HART para la configuración y diagnóstico de transmisores de presión.
- Establecer la comunicación entre el módem HART y el transmisor de presión LD301, para su configuración y puesta en marcha.
- Verificar el funcionamiento del transmisor de presión LD301 mediante parámetros para la obtención de lecturas de estado del dispositivo.

1.5. Alcance

La configuración del transmisor de presión LD301 mediante un módem HART para prácticas de instrumentación industrial, va dirigido a los alumnos de la Carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica de la Unidad de Gestión de Tecnologías. Se utilizará un software PACTware y el compresor de aire del módulo electro neumático perteneciente al laboratorio de Instrumentación Virtual. A través del protocolo de comunicación HART se parametrizó y verificó el funcionamiento permitiendo la obtención de lecturas de presión. Se proporcionó instrucciones del comunicador de campo para realizar funciones de configuración.

Los dispositivos adquiridos para el desarrollo del proyecto técnico serán donados al Laboratorio de Instrumentación Virtual de la Unidad de Gestión de

Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, extensión Latacunga, pretendiendo fortalecer el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes.

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1. Automatización

El término Automatización se define generalmente como un proceso que consiste en hacer que las máquinas sigan un orden establecido de operaciones con poca o ninguna intervención del hombre, usando equipos y dispositivos especializados en la ejecución y control de procesos de manufactura (Gutiérrez H. , 2010).

La automatización conforma uno de los factores mas importantes en el mejoramiento de calidad y aumento de productividad en las industrias comerciales ya que no solamente está relacionada con llevar a cabo un buen control del proceso, sino también con la prestación de servicios y la acción de distribuir productos fabricados (García, 1999).

2.1.1. Partes de un sistema automatizado

A nivel general un sistema automatizado está constituido por dos partes principales, la parte operativa y de control.

- **Parte operativa.**

Está compuesta por elementos accionadores diseñados para llevar a cabo determinadas funciones de fabricación y cumplir con las operaciones deseadas (García, 1999).

- **Parte de control.**

Permite efectuar tareas coordinadas destinadas a conservar la parte operativa bajo control y en correcto funcionamiento (García, 1999).

2.2. Instrumentación

En el sentido más general, la Instrumentación se define como un conjunto de ciencias y tecnologías que tienen como finalidad mejorar y conseguir información de los sistemas de control automático mediante instrumentos simples como sensores, válvulas, transmisores o instrumentos complejos como analizadores, controladores y amortiguadores (Gutiérrez & Iturralde, 2017).

2.2.1. Características de los instrumentos

Según Antonio Creus, todos los instrumentos utilizados en la industria de procesos presentan características propias de operación, estas características se indican en la hoja de datos proporcionada por el fabricante de cada instrumento. A continuación se da una breve descripción de términos que permiten identificar las características de medida y de control de los instrumentos industriales (Creus, 2011).

- **Rango.**

Conocido también con campo de medida, se refiere al conjunto de valores de la variable medida, estos valores se encuentran dentro de los límites máximo y mínimo de la capacidad de medida del instrumento (Creus, 2011).

- **Linealidad.**

Ha llegado a ser utilizado para referirse a la aproximación de una curva de calibración a una línea recta especificada (Creus, 2011).

- **Span.**

Conocido también como alcance, consiste en la diferencia algebraica entre los valores máximo y mínimo del rango del instrumento (Creus, 2011).

- **Error.**

Término que consiste en la diferencia entre el valor leído del instrumento y el valor ideal de la variable medida (Creus, 2011).

- **Histéresis.**

Término que consiste en la diferencia máxima que se visualiza en los valores indicados por la señal de salida, cuando la variable recorre toda la escala en sentido ascendente y descendente (Creus, 2011).

- **Repetibilidad.**

Es sinónimo de precisión y representa la capacidad de reproducción de las posiciones de la señal de salida, al medir repetidamente y bajo las mismas condiciones valores iguales a la variable del instrumento (Creus, 2011).

- **Sensibilidad.**

Puede describirse como la razón entre el incremento de la señal de salida y el incremento de la variable que lo provoca, después de alcanzar el estado de reposo del instrumento (Creus, 2011).

- **Zona muerta.**

Quiere decir que no produce respuesta, los valores de la variable medida no hacen variar la señal de salida del instrumento (Creus, 2011).

- **Exactitud.**

Puede describirse como el grado de aproximación al valor verdadero de la magnitud medida por el instrumento (Creus, 2011).

- **Precisión.**

Puede describirse como el grado de dispersión del resultado de la medida cuando esta se repite varias veces (Creus, 2011).

- **Trazabilidad.**

Se entiende como la propiedad del resultado de la medida realizada, que puede relacionarse con el respectivo patrón internacional de la magnitud medida (Creus, 2011).

- **Elevación de cero.**

El término ha llegado a ser utilizado para referirse a la cantidad con que el valor cero de la variable medida excede el valor inferior del campo de medida (Creus, 2011).

- **Fiabilidad.**

Término que consiste en la medida de probabilidad de que un instrumento bajo ciertas condiciones específicas siga comportándose dentro de los límites propios de error a lo largo de un tiempo establecido (Creus, 2011).

- **Resolución.**

Término que consiste en la menor diferencia de valor distinguida por el instrumento de medida (Creus, 2011).

- **Ruido.**

Se refiere a cualquier señal accidental o perturbación eléctrica no deseada por el instrumento que modifica el registro, la indicación o la transmisión de los datos deseados (Creus, 2011).

- **Deriva.**

Se refiere a la variación en la señal de salida que se presenta en un establecido tiempo mientras se mantienen constantes todas las condiciones ambientales y la variable medida (Creus, 2011).

2.3. Medidas de presión

Para la medición y control de procesos industriales que involucran aire, vapor, líquidos o gases, la presión es una de las variables más utilizadas, una definición adecuada para la presión podría formularse de la siguiente manera: fuerza, dividida por el área sobre la cual se aplica (Amaya & Goitia, 1997).

2.3.1. Clases de presión

De acuerdo con Antonio Creus, las medidas de presión se llevan a cabo en relación a un valor patrón, de eso se desprende las clases de presión que miden los instrumentos comúnmente en la industria (Creus, 2011).

A continuación se da una breve descripción de las clases de presión:

- **Presión absoluta.**

Es la presión medida con relación al cero o vacío absoluto de presión (Creus, 2011).

- **Presión relativa.**

Es la presión producto del resultado de la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica (Creus, 2011).

- **Presión atmosférica.**

Es la presión ejercida por la atmósfera terrestre (Creus, 2011).

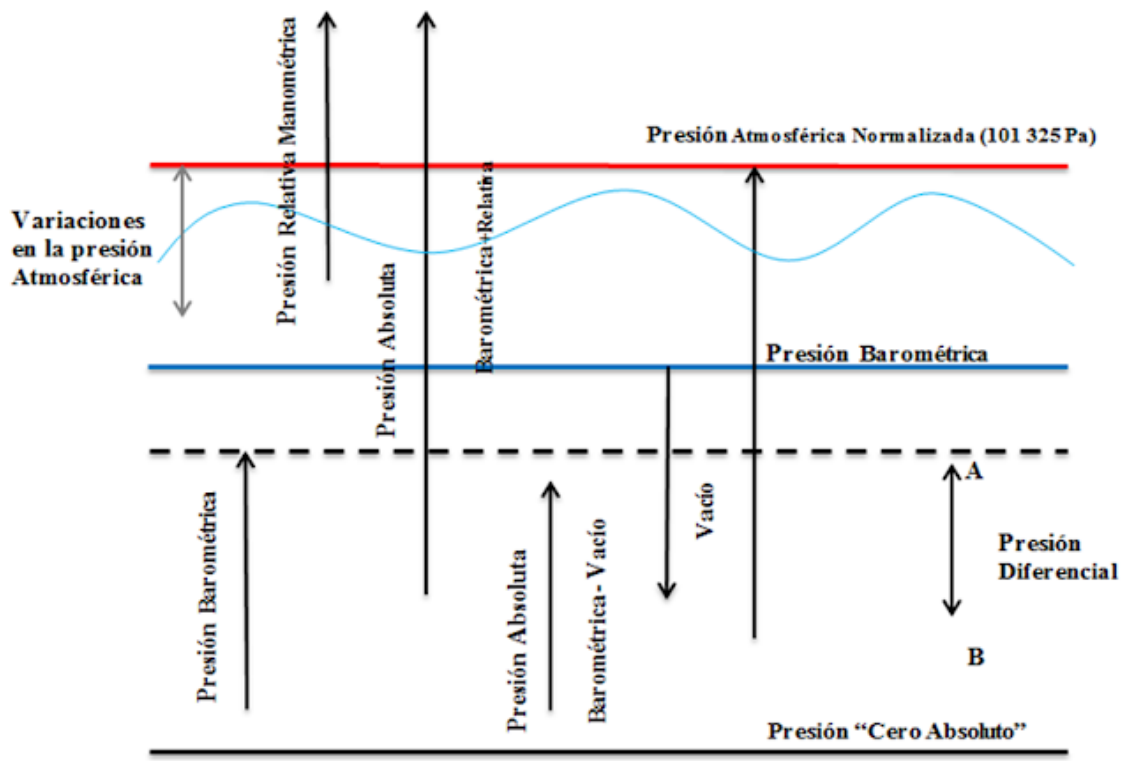
- **Presión diferencial.**

Es la presión producto del resultado de la diferencia entre dos presiones (Creus, 2011).

Para entender de mejor manera los conceptos de cada una de las clases de presión que habitan en la atmósfera, observar la Figura 1.

Figura 1.

Clases de presión.



Nota: Esta imagen representa gráficamente los tipos de presión que miden los instrumentos en el entorno industrial. Tomado de (Vicente, 2018).

2.3.2. Unidades de presión

La presión puede expresarse en unidades tales como pascal, atmósferas, bar, kilogramos por centímetro cuadrado y libras por pulgada cuadrada (Creus, 2011).

La Tabla 1 presenta un resumen de las equivalencias de las unidades de presión más utilizadas.

Tabla 1.*Unidades de presión.*

Unidad	Símbolo	Equivalencia
Atmósfera	Atm	1 atm = 1 kgf/cm ²
Pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m ²
Bar	Bar	1 bar = 0,987 atm
PSI	PSI	1 mmHg = 0,0013 bar

Nota: Esta tabla muestra símbolos y equivalencias de las cuatro principales unidades de presión.

Tomado de (Instruprosos, 2020).

2.3.3. Elementos mecánicos de presión

Los elementos mecánicos de presión a su vez se dividen en elementos primarios elásticos que se deforman con la presión interior del fluido que abarcan y en elementos primarios de medida directa los cuales miden la presión comparándola con otra presión producida por un líquido de densidad y altura conocidas. Como elementos mecánicos de presión se menciona: barómetro cubeta, tubo en U, tubo inclinado, tubo pendular, manómetro campana, sello volumétrico, fuelle, diafragma, helicoidal, espiral, tubo Bourdon, entre otros (Creus, 2011).

2.3.4. Elementos electromecánicos de presión

Los elementos electromecánicos de presión a su vez se dividen en piezoeléctricos, resistivos, magnéticos, extensiométricos y capacitivos. Para generar

señales eléctricas, estos elementos usan un elemento mecánico y lo combinan con un transdutor eléctrico (Creus, 2011).

2.3.5. Elementos electrónicos de vacío

Los elementos electrónicos de vacío a su vez se dividen en mecánicos, térmicos (termopar, pirani, bimetálico), ionización (filamento caliente, cátodo frío, radiación), por propiedades de un gas y en medidor de McLeod (Creus, 2011).

2.4. Equipos industriales

En la industria existen gran variedad de equipos relacionados con la presión, a continuación se mencionan dos :

2.4.1. Manómetro

Es un dispositivo que basa su funcionamiento en la deformación de un elemento sensible en función de la presión y la transmisión de esta deformación a un mecanismo que actúa sobre un puntero para leer la presión local. Entre los manómetros más utilizados en la industria se mencionan: manómetro tubular, manómetro con membrana, manómetro de cápsula y manómetro con contactos eléctricos (Jalloul, 2019).

2.4.2. Compresor de aire

Es una máquina utilizada para absorber, almacenar y comprimir aire del medio ambiente, el aire tomado por el compresor es almacenado en un tanque para luego ser utilizado, por ejemplo se usa para darle potencia a otros dispositivos neumáticos, esto se realiza mediante la liberación de dicho aire (Ollarves, 2017).

2.5. Transmisores

2.5.1. Transmisores de presión neumáticos

Los transmisores de presión neumático usan el principio de balance de fuerza, cuentan con un elemento de medición encargado de detectar la presión del proceso, la deflexión de este elemento es transmitida a una barra de fuerza, la barra va adoptando nuevas posiciones siempre y cuando la variable cambie de dirección, cambiando la relación tobera obturador y así, la señal de salida. (Amaya & Goitia, 1997).

2.5.2. Transmisores de presión electrónicos

Los transmisores de presión electrónicos están basados en un transductor capacitivo, por medio de diafragmas separadores es transmitida la presión del proceso y un fluido de sello a un diafragma sensor en la parte central de la celda, la deflexión producida en este diafragma es proporcional al diferencial de presión y su posición es encontrada por las placas de un condensador. La diferencia en capacitancia entre el diafragma sensor y las placas del capacitor se convierte en una señal eléctrica de 4 a 20 mA de corriente directa o en 10 a 50 mA de corriente alterna (Amaya & Goitia, 1997).

2.5.3. Transmisores inteligentes

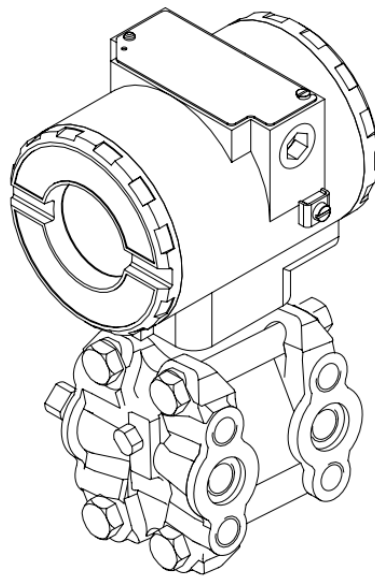
Se trata de un nuevo tipo de transmisores basados en microprocesadores, se caracterizan por ser más confiables y tener mayor capacidad de operación en comparación con los transmisores neumáticos y eléctricos. Un transmisor inteligente tiene incorporado un microprocesador con la finalidad de mejorar la capacidad de comunicación digital, precisión y exactitud, gracias al microprocesador es posible medir los efectos de la presión estática sobre cada uno de los sensores, además de poder ajustar el cero, verificar y cambiar la calibración de transmisor (Amaya & Goitia, 1997).

2.6. Transmisor inteligente de presión LD301

Se trata de un transmisor utilizado en la medición diferencial, manométrica y absoluta de diámetro, nivel y flujo. La Figura 2 muestra el diseño del Transmisor de presión LD301. Su principio de funcionamiento se basa en un sensor capacitivo encargado del correcto y alto rendimiento de operación, además se trata de un transmisor de presión compatible con el protocolo de comunicación HART (Smar, 2020).

Figura 2.

Transmisor inteligente de presión LD301.



Nota: Esta imagen representa un transmisor inteligente de presión de 4 a 20 mA HART, su tecnología digital reduce notablemente los costos de instalación, operación y mantenimiento.

Tomado de (Smar, 2020).

2.6.1. Funciones

De acuerdo con Smar, el LD301 además de contar con funciones normales de operación, presenta las siguientes funciones (Smar, 2020).

- **Tabla.**

La configuración se realiza libremente según una tabla de 16 puntos, la señal de presión es ajustada (Smar, 2020).

- **Controlador.**

La variable del proceso se compara con un valor (setpoint) establecido (Smar, 2020).

- **Caracterización de la salida del PID.**

La configuración se realiza libremente, la señal de salida del PID sigue una curva establecida por la tabla de 16 puntos (Smar, 2020).

- **Ajuste local.**

El ajuste de valor superior o inferior, la función de entrada/salida, el setpoint y los parámetros PID se los realiza mediante un destornillador magnético (Smar, 2020).

2.6.2. Características técnicas LD301

Como indica Smar en su Manual de Instrucciones, Operación y Mantenimiento smar - LD301, el transmisor inteligente de presión de 4 a 20 mA presenta las siguientes especificaciones funcionales (Smar, 2020).

- **Fluido de proceso.**

Líquido, gas o vapor (Smar, 2020).

- **Señal de salida.**

4 a 20 mA a dos hilos, con comunicación HART (Smar, 2020).

- **Tiempo de encendido.**

En menos de 0.5 segundos después de aplicarle energía al transmisor (Smar, 2020).

- **Configuración.**

Por comunicación digital HART usando el software de configuración CONF401 (Smar, 2020).

- **Desplazamiento volumétrico.**

Menos que 0.15 centímetros cúbicos (Smar, 2020).

- **Límites de humedad .**

0 a 100% de humedad relativa (Smar, 2020).

- **Características de control PID.**

PID y TOT (Smar, 2020).

2.7. Protocolos de comunicación industrial

En el sentido más general, un protocolo de comunicación industrial es una agrupación de reglas establecidas que tienen como finalidad la transmisión e intercambio de datos entre todos los dispositivos que conforman una red. Por lo tanto, para llevar a cabo un enlace entre las distintas etapas que conforman un proceso industrial, es importante e indispensable el uso de los protocolos de comunicación (Lagos, 2006).

2.7.1. Buses de campo

Según Carolina Lagos, un bus de campo es un sistema de transferencia de datos, que reduce en gran parte la instalación y operación de maquinaria y equipos utilizados en procesos de producción industrial. Además reemplazan las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y equipos de control a través del lazo de corriente de 4 a 20 mA de corriente continua o de 0 a 10V de corriente alterna (Lagos, 2006).

Entre los más importantes en el área de control y automatización de procesos industriales se tiene:

- HART.
- Profibus.
- Fieldbus Foundation

2.8. Highway Addressable Remote Transducer (HART)

Hart, siglas en inglés que traducidas al español significan Transductor Remoto Direccional en Red, es un protocolo de comunicación abierto más utilizado en los sistemas de control de procesos industriales, destinado a la supervisión y configuración de datos mediante instrumentos inteligentes de campo que miden distintas magnitudes, es compatible con la transmisión 4 a 20 mA de corriente continua, siendo posible transmitir a la vez la señal analógica como las señales digitales sobre un mismo cableado (Veto, 2019).

2.8.1. Características

Las características de HART como protocolo de comunicación industrial son:

- **Fácil de usar.**

Ya que tiene una eficacia probada en terreno, su uso es demasiado sencillo, además de proporcionar una excelente comunicación digital de dos vías en una transmisión de 4 a 20 mA de corriente continua (Meichsner, 2004).

- **Solución de comunicación única.**

Asegura una futura comunicación digital entre el cableado existente y la actual estrategia de control (Meichsner, 2004).

- **Comunicación maestro-esclavo.**

Durante la operación de proceso, en cada esclavo la comunicación es mostrada por un equipo de comunicación maestro. El maestro puede ser un sistema de control distribuido, una computadora o un controlador lógico programable,

mientras que el esclavo puede ser un actuador, transmisor o controlador que responde a las órdenes del maestro (Meichsner, 2004).

2.8.2. Señal de frecuencia

Kurt Meichsner menciona que, el protocolo HART opera en modulación por desplazamiento de frecuencia o FSK, la señal digital cuenta con dos frecuencias de 1200 Hz y 2200 Hz, Las ondas sinusoidales de estas dos frecuencias están superpuestas en la señal análoga de 4 a 20 mA de corriente continua (Meichsner, 2004).

2.8.3. Redes de comunicación HART

El protocolo de comunicación HART tiene las siguientes configuraciones de operación:

- **Punto a punto.**

En este tipo de comunicación la señal digital HART da acceso a cierta información con propósitos de diagnóstico, mantenimiento y operación. Por otro lado la señal de 4 a 20 mA de corriente continua es utilizada para el control o monitoreo de una variable de proceso ya que no es afectada por la señal digital HART (Meichsner, 2004).

- **Multidrop.**

En este tipo de comunicación solo se necesita de un par de alambres, todas las variables de proceso se transmiten digitalmente, la corriente que circula a través de cada dispositivo está fijada a un mínimo valor de 4 mA y las direcciones de polling de los dispositivos de terreno son mayores que cero (Meichsner, 2004).

2.8.4. Ventajas

Según Kurt Meichsner, las ventajas más destacadas del uso del protocolo HART son (Meichsner, 2004).

- Ofrece flexibilidad operacional.
- Mejora las operaciones en planta de producción.
- Proporciona una alternativa económica de comunicación digital.
- Protege los instrumentos de la planta de producción.
- Permite un ahorro económico en materiales eléctricos.

2.9. Módem HART

Como se observa en la Figura 3, el módem HART es un dispositivo que ofrece una comunicación complementaria de 4 a 20 mA, utilizado como herramienta de configuración para otros dispositivos inteligentes relacionados con el protocolo HART, se alimenta al ser conectando al puerto USB de cualquier computadora sin la necesidad de un suministro externo, fácil y rápido de usar, compatible con Windows XP, 7, 8, 10 o Vista de 32 o 64 Bits (PEPPERL+FUCHS, 2014).

Figura 3.

Módem HART Viator USB.



Nota: Esta imagen representa el modelo HART con puerto USB. Tomado de (PEPPERL+FUCHS, Dispositivos HART, 2014).

Las características principales del módem de protocolo HART Viator USB, se observan en la Tabla 2.

Tabla 2.

Características Técnicas del módem HART.

Característica	Descripción
Corriente de entrada	30 mA en 5V
Fuente de alimentación	Alimentado por puerto USB,
Interfaz	Puerto USB
Señal	0.5+/- 0.1 Vpp onda trapezoidal a 1200
Salida / Interfaz	1500 VCC
Temperatura de funcionamiento	-20...50°C (-4...122°F)
Temperatura de almacenamiento	-20...60°C (-4...140°F)
Humedad relativa	0...95% sin condensación

Nota: Esta tabla proporciona información de la ficha técnica del módem HART Viator USB.

Tomado de (PEPPERL+FUCHS, 2018).

2.9.1. Tecnología FDT/DTM

FDT, siglas de Field Device Tool que traducidas al español significan Herramienta para Dispositivos de Campo, permite estandarizar una interfaz de comunicación estándar entre sistema y dispositivos de campo. Es independiente de

cualquier protocolo de comunicación, permitiendo acceder a un dispositivo a través de cualquier interfaz (Cortés, 2010).

DTM, siglas de Device Type Manager que traducidas al español significan Administrador de Dispositivos de Campo, encargado de agrupar datos e información específica de estructuras internas y capacidades de comunicación del equipo de campo. Además trabaja como una interfaz gráfica para el diagnóstico y mantenimiento de equipos (Cortés, 2010).

2.10. Softwares

2.10.1. PACTware 4.1

PACTware siglas que traducidas al español significa Herramienta de Configuración de la Automatización de Procesos, es un software basado en DTM (Device Type Manager), gracias a su capacidad y estructura de comunicación permite trabajar con dispositivos de campo de diferentes fabricantes en una misma planta de producción (PEPPERL+FUCHS, 2016).

2.10.2. LD301DTM

Desarrollado por Smar, el LD301DTM permite el acceso a muchas funciones del transmisor de presión, muestra datos de fabricación e identificación del LD301 y posibilita la configuración y mantenimiento del dispositivo de campo (Smar, 2020).

2.10.3. ViatorCheckBT

Es un software de diagnóstico que de manera sencilla verifica las conexiones existentes entre un computador, el interfaz y el dispositivo de campo. Compatible con el

protocolo HART, ViatorCheckTB permite la correcta comunicación de dispositivos de campo Hart (PEPPERL+FUCHS, 2018).

CAPÍTULO III

3. Desarrollo del tema

3.1. Introducción

En esta monografía se configura el transmisor de presión LD301 mediante el módem HART viator USB y el software PACTware, para que genere una señal de salida proporcional de 4 a 20 mA, la variable física a medir corresponde a la presión interna del compresor de aire, se muestra el procedimiento de descarga e instalación de los programas utilizados para la puesta en marcha y configuración del dispositivo de campo ayudando al entendimiento del funcionamiento del protocolo HART en prácticas de instrumentación industrial.

3.2. Implementación del proyecto

A continuación se explica y se describe el desarrollo del proceso de configuración de un transmisor de presión mediante un módem HART.

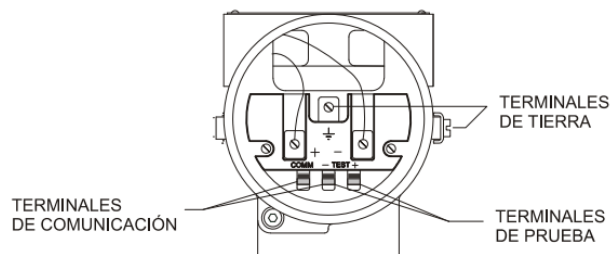
3.2.1. *Conexión eléctrica del LD301*

El transmisor de presión cuenta con terminales de comunicación usados para establecer comunicación Hart, también con terminales de prueba usados para medir la corriente de 4 a 20 mA y terminales de suministro.

La Figura 4 señala la ubicación de los tres tipos de terminales que tiene el LD301.

Figura 4.

Terminales de conexión del LD301.



Nota: Esta imagen muestra los terminales de conexión eléctrica que tiene el transmisor de presión Smar LD301. Tomado de (Smar, 2020).

3.2.2. Especificaciones del LD301

La Tabla 3 indica una descripción complementaria de los parámetros que tiene el transmisor de presión LD301.

Tabla 3.

Especificaciones técnicas del LD301.

Parámetro	Descripción
Vmax	28V
I _{max}	110Ma
C _i	5nF
Li	0
T _a	40°C max

Parámetro	Descripción
Pmax	5800 psi
Rango	3 -360 psi
Rating	2300 psi
No. Serial	U478472

Nota: Esta tabla muestra las principales características técnicas del transmisor de presión Smar LD301. Tomado de (Smar, 2020).

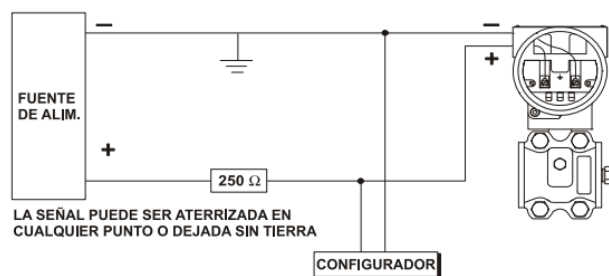
3.3. Esquema de conexiones

El transmisor de presión es el encargado de ajustar la corriente del circuito en función a la presión, la fuente de alimentación de 24Vcc suministra el voltaje que hace funcionar al transmisor de presión mientras que el configurador por medio de cables comunes entrega una señal de corriente analógica.

Para que el LD301 opere como transmisor, conectar a la fuente de alimentación como se observa en la Figura 5.

Figura 5.

Diagrama de conexiones.



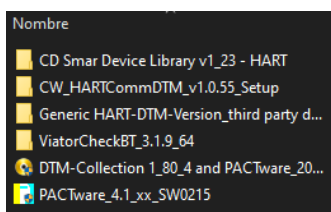
Nota: Esta imagen muestra el diagrama de conexiones para el transmisor de presión Smar LD301 opere como transmisor y no como controlador. Tomado de (Smar, 2020).

3.4. Instalación del software PACTware

En la carpeta denominada “PACTware” se encuentran los archivos de instalación necesarios para llevar a cabo el presente proyecto. La Figura 6 indica una captura de pantalla del ordenador donde se encuentran los programas de instalación para la configuración del LD301.

Figura 6.

Softwares de instalación.

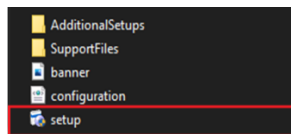


Nota: Esta imagen muestra el nombre de las carpetas donde se encuentran los archivos para la instalación de PACTware, LD301DTM, ViatorCheckBT, Comunicador HART y el Generic HART.

Se inicia dando doble clic en PACTware_4.1_xxSW215, la Figura 7 indica una captura de pantalla del ordenador donde se despliegan varios archivos, dar doble clic en **setup**, seleccionar el idioma de instalación y aceptar el acuerdo de licencia.

Figura 7.

Archivos de PACTware.

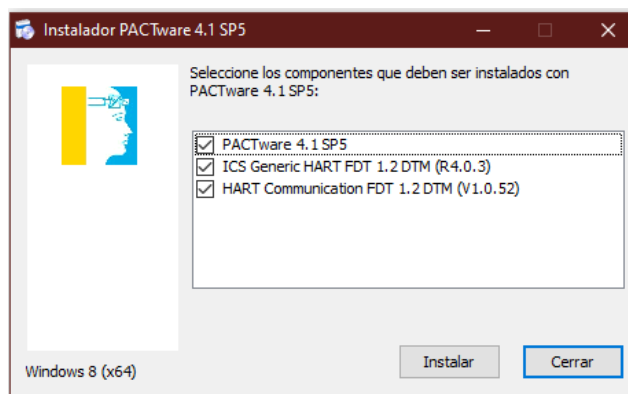


Nota: Esta imagen muestra los archivos que se encuentran en la carpeta PACTware_4.1_xxSW215, seleccionar y ejecutar como administrador el archivo setup.

La Figura 8 indica una captura de pantalla de la ventana de instalación de PACTware y sus componentes. Al concluir la instalación de PACTware en el escritorio aparecerá un enlace directo PACTware.

Figura 8.

Ventana de la instalación de PACTware.



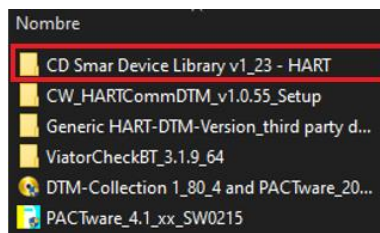
Nota: Esta imagen muestra los componentes que se instalan automáticamente con PACTware, seleccionar instalar.

3.5. Instalación del DTM del LD301

Para la instalación del administrador de dispositivos del transmisor de presión, dar doble clic en la carpeta CD Smar Device Library v1_23-HART, la Figura 9 indica una captura de pantalla del ordenador donde se encuentran el programa del DTM.

Figura 9.

Carpeta LD301DTM.

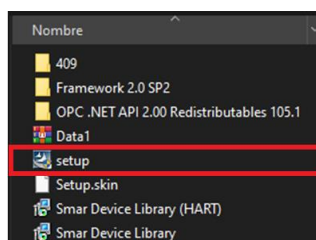


Nota: Esta imagen muestra el nombre de la carpeta donde se encuentran los archivos de instalación del administrador de dispositivos del LD301.

La Figura 10 indica una captura de pantalla del ordenador donde se encuentran los archivos que contiene la carpeta del DTM del transmisor de presión.

Figura 10.

Archivos del LD301DTM.



Nota: Esta imagen muestra los archivos que se encuentran en la carpeta CD Smar Device Library v1_23-HART, seleccionar y ejecutar como administrador setup.

Leer y aceptar el acuerdo de licencia, aparecerán todos los DTM's que se instalarán automáticamente, la Figura 11 indica una captura de pantalla del ordenador donde se observa el DTM para el LD301, seleccionar **Next** para continuar y finalizar con la instalación.

Figura 11.

Instalacion de DTM's Smar.



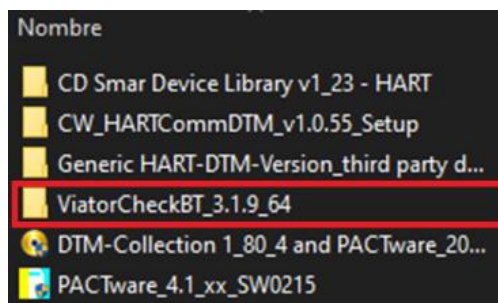
Nota: Esta imagen muestra la ventana de instalación de los DTM's de tecnología Smar, dentro de se destaca el LD301DTM v2.05 que sirve para la configuración del transmisor.

3.6. Instalación de ViatorCheckBT

La Figura 12 indica una captura de pantalla del ordenador donde se encuentra la carpeta ViatorCheckBT_3.1.9_64, seleccionar y abrir la carpeta.

Figura 12.

Carpeta ViatorCheckBT

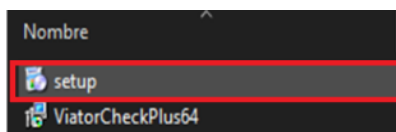


Nota: Esta imagen muestra el nombre de la carpeta donde se encuentra los archivos de instalación del ViatorCheckBT encargado de habilitar el puerto serial donde será conectado el módem HART.

La Figura 13 indica una captura de pantalla del ordenador donde se encuentran los archivos que contiene la carpeta de ViatorCheckBT, para comenzar con la instalación dar doble clic en **setup**.

Figura 13.

Archivos de ViatorCheckBT.

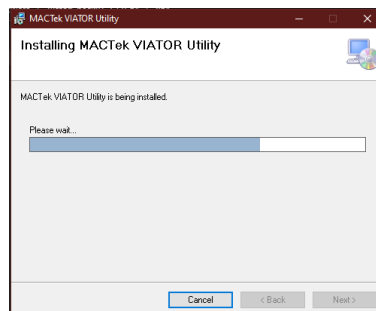


Nota: Esta imagen muestra los archivos que contiene la carpeta ViatorCheckBT_3.1.9_64, seleccionar y ejecutar como administrador el archivo setup.

Leer y aceptar el acuerdo de licencia, automáticamente se instalará el componente **com0com** para finalizar con la instalación seguir las indicaciones que se mostrarán en pantalla. La Figura 14 indica una captura de pantalla de la ventana de instalación de ViatorCheckBT

Figura 14.

Instalación ViatorCheckBT.



Nota: Esta imagen muestra la instalación de ViatorCheckBT, programa encargado de habilitar el puerto serial donde es conectado el configurador.

3.7. Iniciación

Una vez instalados todos los programas y montado el circuito, abrir PACTware desde el enlace directo del escritorio. La Figura 15 indica una captura de pantalla del logotipo de PACTware.

Figura 15.

Enlace Directo PACTware.



Nota: Esta imagen muestra el enlace directo que se creó automáticamente en la ventana de inicio del ordenador.

En la Figura 16, se observa el montaje del circuito físico para la configuración del transmisor de presión.

Figura 16.

Montaje del circuito físico.

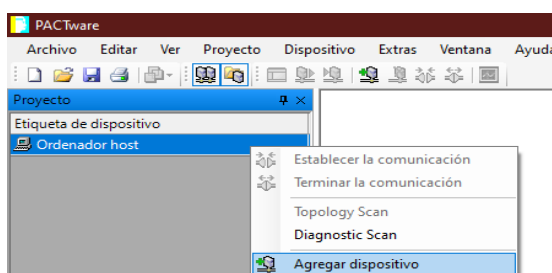


Nota: Esta imagen indica los componentes que conforman el circuito eléctrico para la configuración del LD301.

Una vez abierto el programa PACTware, conectar el módem Hart al puerto serial de ordenador, abrir el catálogo de dispositivos y actualizar de ser necesario, como se observa en la Figura 17, al dar clic derecho en **Ordenador host** aparece una ventanita donde se selecciona **Agregar dispositivo**, agregar el proyecto el HART Communication y el LD301.

Figura 17.

Función Agregar Dispositivo.

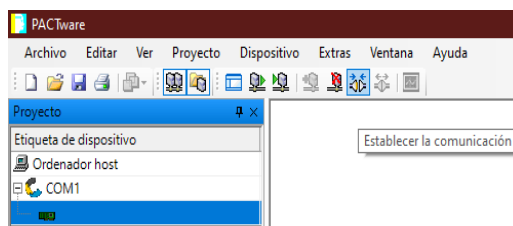


Nota: Esta imagen indica cómo agregar dispositivos a un proyecto en PACTware 4.1.

Por último seleccionar **Establecer la comunicación** y esperar que se conecte, en la Figura 18 se observa la ubicación y el ícono de la función **Establecer la comunicación**.

Figura 18.

Función Establecer la comunicación.

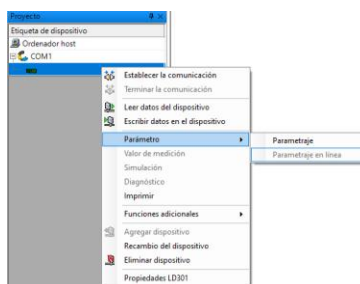


Nota: Esta imagen indica cómo establecer la comunicación digital maestro-esclavo.

Como se observa en la Figura 19, una vez establecida la comunicación dar clic derecho en el LD301, seleccionar **Parámetro** y luego **Parametrage en línea**. Se abrirá una ventada donde se obtendrá una amplia información del transmisor.

Figura 19.

Función Parametrage en línea.



Nota: Esta imagen indica cómo acceder a los parámetros del transmisor de presión en línea.

La Figura 20 indica una captura de pantalla de la ventana de la función **OnLine Parameterize** (parametrización en línea), se habilita sólo cuando se establece la comunicación entre el configurador y el dispositivo de campo.

Figura 20.

Función OnLine Parameterize.



Nota: Esta imagen muestra datos de lectura del fabricante, el tipo de dispositivo, su ID y el Tag del LD301.

La Figura 21 indica una captura de pantalla de la ventana de la función **Device** (Dispositivo), esta función proporciona información del número de serie, modo de protección contra escritura, revisión del firmware, revisión del hardware y código de pedido del transmisor.

Figura 21.

Funcion Device.



Nota: Esta imagen muestra datos técnicos del dispositivo de campo que contiene la función Device.

La Figura 22 indica una captura de pantalla de la ventana de la función **Sensor**, esta función proporciona información del fluido de llenado, rango, diafragma y número de serie del sensor capacitivo del LD301.

Figura 22.

Función Sensor.



Nota: Esta imagen muestra los datos técnicos del LD301 establecidos por el fabricante, estos datos no se pueden modificar.

La Figura 23 indica una captura de pantalla de la ventana de la función **Flange/Seal**, esta función proporciona información del tipo, material, drenaje y ventilación de la abrazadera y el sellado remoto del transmisor.

Figura 23.

Función Flange/Seal.



Nota: Esta imagen muestra los datos técnicos que contiene la función flange / seal del LD301, los datos vienen preestablecidos por el fabricante Smar.

3.8. Configuración

Con la asignación de valores comienza la comunicación digital maestro-esclavo, el dispositivo de campo sólo responderá cuando sea preguntado por un maestro, las órdenes se envían desde el ordenador para generar una señal de salida de 4 a 20 mA en un rango de 0 a 80 psi.

Se inicia la configuración seleccionando la función **Configuration** luego **Device**, como se observa en la Figura 24, se abre una ventana con siete parámetros, activar el modo de seguridad, la función debe ser lineal, mantener desactivado el modo

controlador y totalizador para que el LD301 trabaje como transmisor. El tiempo del amortiguador (Damping) se establece en 0.2 segundos.

Raíz Cuadrada (Square Root) cuenta con un modo y valor de corte, estos parámetros no se modifican.

Figura 24.

Función Configuración.

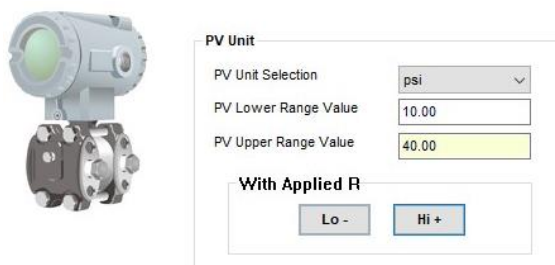


Nota: Esta imagen muestra los parámetros de la función configuración, el tiempo del amortiguador (Damping) puede establecerse entre 0 y 32 segundos.

La Figura 25 indica una captura de pantalla de la función **Measurement** (medición), escribir el valor del rango inferior y superior de la variable de proceso (PV), en este caso el rango inferior = 10.00 y el rango superior = 40.00, también permite seleccionar un estado en alto y bajo para obtener el valor en PSI de la variable primaria de presión.

Figura 25.

Función Measurement.



Nota: Esta imagen indica los parámetros que contiene la función medición para la configuración del dispositivo.

La Figura 26 indica una captura de pantalla de la función **User Unit** (unidad de usuario), activar el modo de usuario EU, seleccionar la presión como variable y PSI como unidades de medida.


Figura 26.

Función User Unit.



Nota: Esta imagen muestra los parámetros que contiene la función unidad de usuario.

La Figura 27 indica una captura de pantalla de la función **Table** (Tabla), seleccionar **Number Of Points** esta función permite lograr una buena alineación distribuyendo los puntos en cualquier valor de X.


Figura 27.*Función Table.*


Number of Points

X0	-10.00	X8	108.00	Y0	-0.62	Y8	108.00
X1	0	X9	109.00	Y1	0	Y9	109.00
X2	10	X10	110.00	Y2	5.22	Y10	110.00
X3	25	X11	111.00	Y3	15.38	Y11	111.00
X4	35.36	X12	112.00	Y4	25	Y12	112.00
X5	40	X13	113.00	Y5	37.36	Y13	113.00
X6	45	X14	114.00	Y6	43.65	Y14	114.00
X7	50	X15	115.00	Y7	50	Y15	115.00

Nota: Esta imagen muestra los valores asignados a X / Y, se puede establecer valores hasta 16 puntos tanto en X como en Y.

La Figura 28 indica una captura de pantalla de la función **PID Control**, esta función permite configurar los modos de operación y la sintonía. La acción de control y el rastreo de ajuste deben estar activados, los parámetros $K_p = 1.00$, $T_r = 0.10$ segundos y $T_d = 1$ segundo.

Figura 28.*Función PID Control.*


Operating Mode

Action Mode

SP Tracking Mode

Power On Mode

Tuning

Pid Mode

Kp

Tr min/rep

Td s

Nota: Esta imagen indica los parámetros que contiene la función PID Control para la configuración del LD301.

3.9. Calibración

La Figura 29 indica una captura de pantalla de la función **Calibración**, esta función permite ver los parámetros del LD301 con sus respectivos valores en los que se configuró, cuando el transmisor tiene una presión de 0 psi entrega una señal de salida de 3.80 mA, por motivos del montaje del circuito la señal de salida no es exactamente 4 mA.

Figura 29.

Funcion Calibración.



Nota: Esta imagen muestra los parámetros que contiene la función calibración, los datos solo pueden ser visualizados más no modificados.

En la Figura 30, se observa que el transmisor a una presión de 80.14 psi, entrega una señal de salida de 20.20 mA, por motivos del montaje del circuito la señal de salida no es exactamente 20 mA.

Figura 30.

Función Calibración (20mA)



Nota: Esta imagen muestra valores en los que se encuentra el LD301 cuando tiene una presión de 80 psi, los datos sólo pueden ser visualizados más no modificados.

En la Figura 31, se observa la función **Methods** (métodos), esta función permite ver los valores de presión superior, inferior y cero, temperatura, lectura y características del sensor.

Figura 31.

Función Methods.



Nota: Esta imagen muestra los parámetros que contiene la función Methods.

En la Figura 32, se observa la función **General**, esta función permite seleccionar las siguientes opciones: restablecimiento del dispositivo, contador de operaciones, escribir en el transductor y actualización de informes.

Figura 32.

Función General.

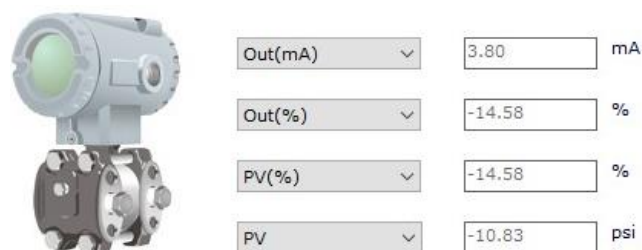


Nota: Esta imagen muestra cinco parámetros que contiene la función General.

En la Figura 33, se observa la función **Observe** (observar), esta función muestra valores de la corriente de salida y de la variable de proceso cuando el transmisor entrega una señal de salida de 3.80 mA.

Figura 33.

Función Observar (4mA).

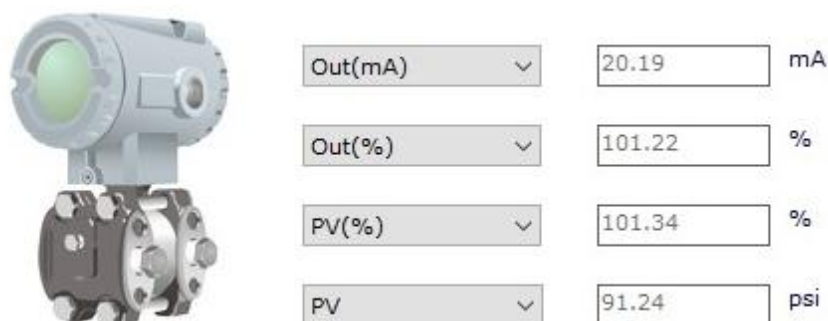


Nota: Esta imagen permite observar cuatro parámetros que contiene la función Observe cuando el compresor de aire está al 0%.

En la Figura 34, se observa los valores de la corriente de salida y de la variable de proceso cuando el transmisor entrega una señal de salida de 20.19 mA.

Figura 34.

Función Observar (20mA).



Nota: Esta imagen permite indicar cuatro parámetros que contiene la función Observar cuando el compresor de aire está al 100%.

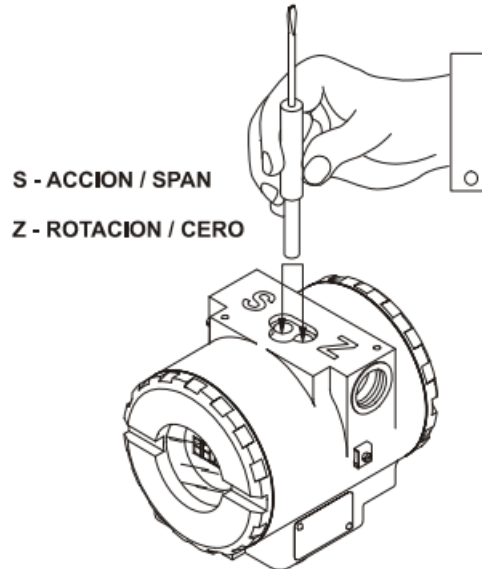
3.10. Configuración mediante el destornillador magnético

El destornillador magnético es una herramienta de configuración tan efectiva como el módem de protocolo HART, el transmisor debe estar conectado para su ajuste.

Bajo la plaquita de especificaciones del transmisor se encuentra dos orificios que se activan mediante el destornillador magnético, desde ahí se realiza la configuración de SPAN (S) y Cero (Z). La Figura 35, indica la configuración del destornillador luego de aplicar una pequeña presión, esperar unos segundos hasta que se estabilice, se mostrará en la pantalla del dispositivo HART 4 mA en ajuste de Cero o 20 mA en ajuste de SPAN.

Figura 35.

Ajuste con el destornillador magnético.



Nota: Esta imagen muestra la forma en que se debe introducir el destornillador magnético para el ajuste de cero y span. Tomado de (Smar, 2020).

3.11. Mantenimiento

3.11.1. Diagnóstico mediante el modem HART

Si el LD301 presenta problemas en la señal de salida, se puede diagnosticar mediante el módem HART, el circuito es el mismo que se conectó al momento de trabajar. Tener en cuenta que debe haber comunicación entre el dispositivo y el módem HART y suficiente suministro.

3.11.2. Mensajes de error

De no estar bien la comunicación entre el dispositivo de campo y módem HART se mostrará en pantalla una serie de mensajes de error que deben ser corregidos para poder ejecutar el trabajo. La Tabla 4 indica el tipo de error y el posible problema.

Tabla 4.

Mensajes de error.

Mensaje	Problema
Error de paridad	Bajo nivel de señal
Error tipo overrun	Daño en la interfaz
Error check sum	Fuente de alimentación con tensión inadecuada
Configurador no recibe respuesta del transmisor	Transmisor sin alimentación, dirección repetida en la red,
Primera variable fuera de límites	Presión fuera de los límites de operación, sensor dañado

Nota: Esta tabla muestra los errores más comunes que se pueden presentar al establecer comunicación. Tomado de (Smar, 2020).

3.11.3. Diagnóstico en el LD301

Para el diagnóstico del transmisor LD301, se debe considerar el tipo de problema y las soluciones que se indican en la Tabla 5, cuando el transmisor no presente corriente en su línea.

Tabla 5.

Problemas en el transmisor respecto a la corriente.

Problema	Solución
Conexión del transmisor	Verificar la polaridad de cables
Suministro	Verificar la salida de la fuente de alimentación
Falla de tarjeta electrónica	Verificar la falla utilizando una tarjeta principal de repuesto

Nota: Esta tabla muestra los problemas más comunes que se pueden dar en el transmisor cuando no presente corriente en su línea. Tomado de (Smar, 2020).

La Tabla 6, indica el tipo de problema y las soluciones cuando el transmisor no establece comunicación.

Tabla 6. *Problemas en el transmisor respecto a la comunicación.*

Problema	Solución
Conexión del terminal	Verificar la conexión del módem HART
Dirección del transmisor	Verificar la compatibilidad dirección del transmisor con el módem
Conexión del transmisor	Verificar las conexiones de acuerdo al diagrama de cableado

Nota: Esta tabla muestra los problemas más comunes que se pueden dar en el transmisor cuando no establece comunicación. Tomado de (Smar, 2020).

Los pasos indicados en los apartados de este capítulo, permitieron realizar la configuración de un Transmisor de Presión mediante un módem HART. Los valores indicados a lo largo del desarrollo se efectuaron con la utilización del compresor marca Caster del Laboratorio de Instrumentación Virtual.

CAPÍTULO IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Mediante el desarrollo del presente proyecto se realizó la configuración del transmisor de presión LD301 mediante un módem HART para prácticas de instrumentación Industrial en la Universidad de las Fuerzas Armadas.ESPE.
- La función Parámetros en Línea del LD301 permitió configurar, guardar y modificar parámetros del dispositivo de campo obteniendo una señal de salida de 4 a 20 Ma en un rango de 0 a 80 psi.
- Se pone a disposición el procedimiento para la configuración del transmisor de presión LD301 mediante un módem HART para prácticas de instrumentación industrial, dirigido a los estudiantes de la Carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

4.2 Recomendaciones

- De acuerdo a lo que establece el fabricante usar una resistencia de 250 ohmios entre el módem HART y la fuente de alimentación de 12V a 28V como máximo, caso contrario habrá interrupción en la comunicación entre el módem HART y el puerto serial del ordenador.
- Terminar la comunicación establecida con los dispositivos antes de cerrar el programa PACTware para evitar futuros problemas con el puerto serial.
- Verificar las conexiones del diagrama de cableado antes de suministrar corriente para evitar ausencia de comunicación.

- Reiniciar el ordenador o de ser necesario volver a instalar el software PACTware y el administrador de dispositivos si aparecen mensajes de error en las licencias de los DTM's al momento de establecer la comunicación.

Glosario

- **Calibración:** Proceso de comparación entre la medición de un instrumento y el estándar de referencia del instrumento.
- **Configuración:** Conjunto de datos que establecen el valor de las variables.
- **Imax:** Corriente máxima permitida.
- **Kp:** Ganancia proporcional.
- **MV:** Variable manipulada
- **Presión:** Fuerza que se ejerce sobre una superficie.
- **PSI:** Libras por centímetro cuadrado.
- **PV:** Variable de proceso.
- **PV%:** Variable de proceso en porcentaje.
- **Tag:** Campo sw caracteres alfanuméricos
- **Td:** Tiempo derivativo.
- **Tr:** Tiempo integral.
- **Transmisor:** Dispositivo encargado de convertir una variable física en señal eléctrica.
- **Vmax:** Voltaje máximo permitido.

Bibliografía

- Amaya, E., & Goitia, A. (1997). Medición de presión. En E. Amaya, & A. Goitia, *Instrumentación Industrial* (Primera ed., págs. 9-46). Maracaibo, Venezuela. Recuperado el 20 de Junio de 2020, de <https://pdfslide.net/documents/instrumentacion-industrial-55c098d236fd4.html>
- Cortés, P. (Noviembre de 2010). Mantenimiento predictivo con tecnología FDT/DTM. *Electro Industria Soluciones Tecnológicas para la Minería, Energía e Industria*. Recuperado el 29 de Diciembre de 202, de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1505&ni=mantenimiento-predictivo-con-tecnologia-fdt/dtm>
- Creus, A. (2011). Generalidades. En A. Creus, *Instrumentación Industrial* (Octava ed., págs. 4-18). México, México: Alfaomega Marcombo. Recuperado el 14 de Junio de 2020
- EMERSON. (2002). *Introducción a HART*. Recuperado el 28 de Mayo de 2021, de EMERSON. Process Management: <https://www.emerson.com/documents/automation/training-engsch-buses-201-es-es-41574.pdf>
- García, E. (1999). Introducción a los Automatismos. En E. García, A. Hervás, & R. Villanueva (Edits.), *Automatización de Procesos Industriales* (págs. 10-23). Universitat Politècnica de València. Recuperado el 10 de Junio de 2020, de https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ba85b785-46cb-49e6-a006-a8626d4177e1/TOC_4116_01_01.pdf?guest=true

Gutiérrez, H. (2010). Automatización Industrial. En H. Gutiérrez, *Automatización Industrial: Teoría y Laboratorio* (Primera ed., págs. 15-19). Bogotá, Colombia. Recuperado el 27 de Mayo de 2020, de <https://pdfcookie.com/documents/automatizacion-industrial-laboratorio-y-teoria-g2wn96pepk25>

Gutiérrez, M., & Iturralde, S. (2017). Introducción a la instrumentación y normas. En M. Gutiérrez, & S. Iturralde, *Fundamentos básicos de Instrumentación y Control* (Primera ed., págs. 1-2). Santa Elena, Ecuador: UPSE. Recuperado el 13 de Junio de 2020, de <https://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Fundamentos+b%C3%A1sico+de+instrumentaci%C3%B3n+y+control.pdf/df746edc-8bd8-2191-2218-4acf36957671>

Instruprosos. (18 de Mayo de 2020). *Instruprosos*. Recuperado el 22 de Julio de 2020, de Selección adecuada de un sensor de presión: <https://instruprosos.com/webinar-presion/>

Jalloul, C. (3 de Febrero de 2019). *¿Cómo funcionan los manómetros mecánicos?* Recuperado el 28 de Diciembre de 2020, de Blog de WIKA: <https://www.bloginstrumentacion.com/instrumentacion/construccion-funcionamiento-de-manmetros-mecnicos/#:~:text=El%20principio%20de%20funcionamiento%20de,act%C3%B4n%20sobre%20la%20aguja%20indicadora.>

Lagos, C. (Septiembre de 2006). Protocolos de Comunicación Industrial. (M. Ltda, Ed.) *Electro Industria Soluciones Tecnológicas para la Minería, Energía e Industria*. Recuperado el 1 de Mayo de 2020, de

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=562&ni=protocolos-de-comunicacion-industrial>

Meichsner, K. (ENERO de 2004). El protocolo HART. *Electro Industria Soluciones Tecnológicas para la Minería, Energía e Industria*. Recuperado el 29 de

Diciembre de 2020, de ELECTRO INDUSTRIA, SOLUCIONES

TECNOLÓGICAS PARA LA MINERÍA, ENERGÍA E INDUSTRIA:

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=95&edi=36&xit=el-protocolo-hart>

Ollarves, G. (9 de Enero de 2017). *Compresor de aire*. Recuperado el 28 de Diciembre de 2020, de Blog de Bricolaje Bricolemar: <https://www.bricolemar.com/blog/que-es-un-compresor-de-aire/>

PEPPERL+FUCHS. (2014). *Dispositivos HART*. Recuperado el 1 de Enero de 2021, de

PEPPERL+FUCHS: [https://www.pepperl-](https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_1362.htm?view=productdetails&prodid=89983)

[fuchs.com/global/es/classid_1362.htm?view=productdetails&prodid=89983](https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_1362.htm?view=productdetails&prodid=89983)

PEPPERL+FUCHS. (23 de Mayo de 2016). PACTware. *PEPPERL+FUCHS*.

Recuperado el 5 de Abril de 2021, de [https://www.pepperl-](https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_163.htm)

[fuchs.com/global/es/classid_163.htm](https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_163.htm)

PEPPERL+FUCHS. (6 de Marzo de 2018). *Manual Viator Interfaz USB HART*.

Recuperado el 20 de Mayo de 2021, de PEPPERL+FUCHS:

<https://www.pepperl->

[fuchs.com/global/es/classid_1362.htm?view=productdetails&prodid=89983](https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_1362.htm?view=productdetails&prodid=89983)

- Smar. (21 de Febrero de 2020). *LD301 - Manual de Instrucciones, Operación y Mantenimiento*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2020, de Smar Technology Company: <https://www.smar.com/pdfs/manuals/ld301ms.pdf>
- Smar. (21 de Febrero de 2020). *LD301DTM - Device Type Manager*. Recuperado el 20 de Mayo de 2021, de Smar Technology Company: <https://www.smar.com/pdfs/manuals/ld301dtmme.pdf>
- Toro, P. (17 de Mayo de 2015). Protocolo HART. En P. Toro, *Introducción a redes de comunicación industriales* (págs. 2-3). Chile, Chile: Mediterraneo ediciones. Recuperado el 1 de Mayo de 2020, de <http://files.alejandro9188.webnode.cl/200000063-56b8057b40/2%20Protocolo%20HART.pdf>
- Veto. (Mayo de 2019). ¿Qué es la comunicación HART y cómo funciona? *Electro Industria Soluciones Tecnológicas para la Minería, Energía e Industria*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2020, de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3425&srch=HART&act=4&tip=7&xit=>
- Vicente, S. (24 de Septiembre de 2018). *Los fluidos en la aplicación de la generación de presión*. Recuperado el 1 de Abril de 2021, de Inen metrologia: <http://inenmetrologia.blogspot.com/2018/09/>

Anexos