

Módulo de entrenamiento profesional de instrumentación industrial con variador de frecuencia

Professional training module for industrial instrumentation with frequency inverter

Christian Chillán ¹; Carlos Román ²

^{1,2} Instituto Tecnológico Universitario ISMAC-Carrera de Electromecánica, 170184, Quito, Ecuador

Fecha de recepción: agosto 2022

Fecha de aprobación: octubre 2022

RESUMEN

El presente trabajo aborda el proceso de diseño e implementación de un módulo de entrenamiento profesional de instrumentación industrial con variador de frecuencia Delta destinado al Instituto Tecnológico Universitario ISMAC. Este módulo tiene la capacidad de controlar la frecuencia de los motores en tiempo real, permitiendo así regular el flujo y la presión de un sistema de fluido. Además, emplea tecnología innovadora que simula procesos industriales a través de la programación específica aplicada al variador de frecuencia Delta. En última instancia, se llevó a cabo una encuesta dirigida a 20 estudiantes del Instituto ISMAC para evaluar la utilidad y la importancia de la implementación de este módulo. Los resultados de esta encuesta destacan cómo el módulo contribuye de manera significativa a satisfacer las necesidades educativas, promoviendo el desarrollo integral de los estudiantes en el ámbito de la instrumentación industrial y la automatización.

Palabras Clave: Módulo, variador de frecuencia, instrumentación industrial.

ABSTRACT

This paper addresses the process of design and implementation of a professional training module of industrial instrumentation with Delta frequency inverter for the ISMAC University Technological Institute. This module has the ability to control the frequency of motors in real time, thus allowing to regulate the flow and pressure of a fluid system. In addition, it uses innovative technology that simulates industrial processes through specific programming applied to the Delta frequency inverter. Ultimately, a survey was conducted for 20 students from the ISMAC Institute to assess the usefulness and importance of implementing this module. The results of this survey highlight how the module contributes significantly to meeting educational needs, promoting the integral development of students in the field of industrial instrumentation and automation.

Key Words: Module, frequency variator, industrial instrumentation.

¹ Tecnólogo en Electromecánica, c.chillan@tecnologicoismac.edu.ec

² Ingeniero Mecánico, croman@tecnologicoismac.edu.ec

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se observa una brecha significativa entre la formación teórica y la aplicación práctica en el ámbito educativo, especialmente en el campo de la tecnología electromecánica. Aunque se reconoce la importancia del uso de instrumentación industrial para el desarrollo integral de los estudiantes, muchos centros de capacitación y aprendizaje, incluido el Tecnológico Universitario ISMAC, carecen de las herramientas específicas necesarias para la práctica, manipulación y comprensión de la instrumentación industrial.

Esta carencia de recursos adecuados crea un desafío significativo para la preparación de los estudiantes para el mundo laboral. Sin acceso a un entrenamiento práctico activo y participativo, los estudiantes enfrentan dificultades para desarrollar las habilidades necesarias para enfrentar los desafíos del entorno laboral de manera efectiva. La falta de familiaridad con herramientas como un variador de frecuencia Delta y la incapacidad para programar y secuenciar comandos para controlar la velocidad de los motores, así como regular flujos y presiones, limita su capacidad para integrarse en la industria de manera competente.

La implementación de un módulo de entrenamiento profesional que proporcione a los estudiantes la oportunidad de interactuar directamente con instrumentación industrial, como el variador de frecuencia Delta, es fundamental para abordar esta problemática. Este módulo no solo permitirá a los estudiantes adquirir habilidades prácticas indispensables, sino que también les brindará la experiencia necesaria para comprender y controlar procesos industriales de manera eficiente, preparándolos de manera más efectiva para el mercado laboral.

2. MARCO TEÓRICO

Hoy en día, la instrumentación industrial es algo común en instituciones educativas como universidades o colegios técnicos, así como también en empresas o compañías, por lo cual, a medida del tiempo y de recursos estas instituciones se han ido adaptando para tener mejor instrumentación para satisfacer las necesidades de sus empleados o estudiantes.

Según Gómez y Castro (2019), en su trabajo de investigación *Diseño de un módulo didáctico para el laboratorio de automatización de la carrera de ingeniería electrónica* para el laboratorio de automatización de la Universidad Nacional de ingeniería facultad de electrotecnia y computación ingeniería electrónica, Nicaragua. El enfoque del proyecto se basa en seleccionar los equipos actuadores, captadores, PLC y accesorios del módulo didáctico que permitan la recreación de los procesos industriales más comunes en Nicaragua tales como: Control de llenado de tolvas, control de caldera, transportadoras secuenciales. El diseño del módulo didáctico presentó la oportunidad de manejo y control de los procesos en la industria. No obstante, consideran importante seguir las normas de seguridad e investigar a profundidad sobre el manejo y control de los autómatas como los PLC, así como de los captadores y actuadores.

2.1 Módulo de instrumentación industrial

Un módulo está diseñado para realizar procesos de mezcla de fluidos, control de temperatura, control de caudal, control de presión y medir el nivel en tiempo real de un sistema de fluidos, por medio de instrumentación y tecnología innovadora.

En el módulo de instrumentación, los elementos que generan el flujo del agua son:

- Bomba trifásica: Varía la velocidad de los fluidos mediante el variador de frecuencia.
- Bomba monofásica: Controla la presión del fluido mediante el presostato.

Los elementos que controlan la temperatura son:

- Piristor
- Sensor de temperatura PT100

Los elementos de supervisión son:

- Flujómetro: determina el caudal.
- Manómetro: determina la presión.

Los elementos de mando y control son:

- PLC DVP 20SX211R
- HMI

2.2 Educación técnica

La educación técnica es considerada por el Centro Internacional para la Educación y Formación Técnica y Profesional (EFTP) como la educación y formación que abarca los programas educativos con la finalidad de compartir conocimientos con el objetivo de desarrollar destrezas para participar activamente del mundo del trabajo (UNESCO-UNEVOC, 2015)

2.3 Módulo de instrumentación industrial

El módulo de instrumentación resulta ser confiable y seguro, porque controla y mide las variables necesarias, logrando simular un proceso industrial, con el objetivo de que el estudiante o usuario reciba conocimientos para manipular todos los elementos que fueron incorporados en el módulo de instrumentación. (Garzón & García, 2016)

2.4 Variador de Frecuencia

Los variadores o convertidores de frecuencia son sistemas que se encuentran entre la fuente de alimentación eléctrica y los motores eléctricos. Sirven para regular la velocidad de giro de los motores de corriente alterna (AC). Por sus siglas en inglés, solemos referirnos al variador de frecuencia como VFD, que viene de variable frequency drive, que se traduciría literalmente como “regulador/variador de frecuencia variable”.

A pesar de ello, también están presentes en el mercado otras acepciones como puede ser VSD (variable speed drive o regulador de velocidad variable) o ASD (adjustable speed drive, conocido en castellano como “accionamiento de velocidad variable”).

Regulando la frecuencia de la electricidad que recibe el motor, el variador de frecuencia consigue ofrecer a este motor la electricidad demandada, evitando así la pérdida de energía, o lo que es lo mismo, optimizando el consumo.



Figura 1. Variador Delta VFD-E

2.4.1 Estructura de un variador

El término estructura de un variador se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques o elementos en que está dividido (Guillermo campos automation manager). Mediante la estructura del variador se puede verificar si el escogido es ideal para algún proyecto en específico.

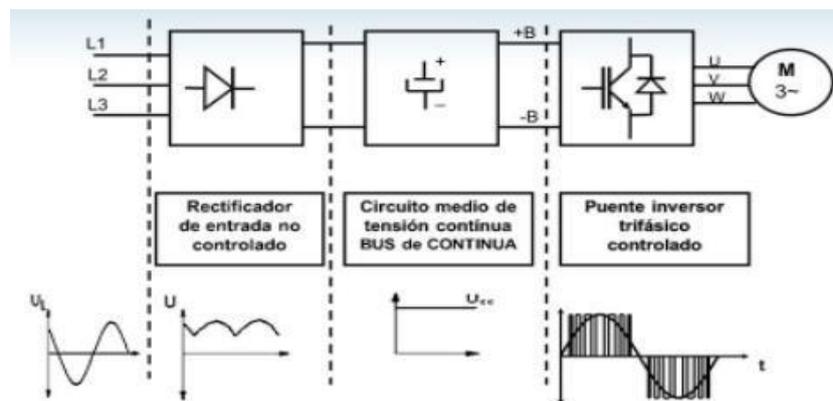


Figura 2. Estructura de un variador de frecuencia

2.5 Programación

Para permitir una configuración sencilla los parámetros del VFD-EL están divididos en 11 grupos. En la mayoría de las aplicaciones, el usuario puede concluir con todas las configuraciones de los parámetros antes de comenzar, sin tener que hacer reajustes durante la operación.

2.6 Funcionamiento en el modulo

Existen 2 formas de conexión para dar las señales de arranque y paro mediante las terminales, estas son: 2 cables, y tres cables, dependiendo de la forma en la que se escoja la configuración es como debe de hacerse la conexión de las terminales, cuando muevas el selector a una posición cerrara el contacto NA entre DCM y M1 lo que hará que gire hacia un lado, cuando pongas el selector en medio se abrirán los contactos y no habrá

señal ni de FWR ni de REV lo que hará que el motor se pare y cuando lo pongas en la última posición girara hacia el otro lado ya que cerrará el contacto NA que existe entre DCM y M2. Para modificar la frecuencia de forma externa se utilizará un potenciómetro que se conectará de la siguiente forma, e esta manera cuando giremos el potenciómetro variará la frecuencia de 0,00 a 60,00 HZ. Y se mostrara en la pantalla del variador.

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación se centra en un enfoque experimental, con una investigación de campo, el cual permitió medir los datos relacionados con el proceso de instrumentación industrial en el Instituto Tecnológico Universitario ISMAC. El instrumento de investigación empleado fue la encuesta con un cuestionario de preguntas relacionadas con la elaboración de módulos de entrenamiento para el Instituto.

3.1 Análisis de datos

De acuerdo a la encuesta aplicada a los 20 estudiantes que ingresan a los laboratorios de la carrera de Electromecánica, se evidencio la importancia de la implementación de un módulo de instrumentación que simule procesos industriales, para el desarrollo activo e integral de los estudiantes del Instituto Tecnológico Universitario ISMAC.

4. RESULTADO

El uso de módulo de entrenamiento profesional de instrumentos es importante para la comprensión de conceptos fundamentales y para el fortalecimiento de habilidades que necesitan los profesionales de distintas tecnologías, y que pueden ser adquiridas mediante procesos de aprendizaje activo (Felder y Brent, 2003).

Por consiguiente, el diseño del módulo fue realizado mediante la Aplicación SketchUp, en la que se observó de manera digital la estructura preliminar del módulo, analizando los elementos mecánicos de la estructura y teniendo en cuenta dichos elementos para revisar las dimensiones y armado de este.



Figura 3. Módulo de entrenamiento profesional de instrumentación industrial

4.1 PLC

El controlador lógico programable (programmable logic controller PLC) es un equipo mayormente utilizado para la automatización de las industrias que buscan un sistema de control en sus procesos y sus operaciones electrónicas (Robles 2009). Este dispositivo se entiende como una computadora industrial que utiliza la ingeniería centrada en microprocesadores que permiten el control secuencial y periódico en tiempo real de una máquina (Rodríguez, 2018).



Figura 4. Programador lógico programable visto de cerca

4.2 HMI

El HMI se trata de una Interfaz Humano-Máquina (human machine interfase). Este se entiende como el medio de interacción entre un usuario y un determinado hardware, en el caso de control de procesos la HMI, debe ser capaz de mostrar al usuario datos básicos de todo el sistema. (Ruiz, Inche y Chung, 2008). Una de la función principal de los HMI es mostrar la información en tiempo real, proporcionar gráficos visuales y digeribles que aporten significado y contexto sobre el estado del motor, la válvula, niveles y demás parámetros de un determinado proceso (Autycom, 2018). De esta manera, comparten información operativa del proceso y permiten controlar y optimizar los objetivos de la maquinaria y el proceso en sí.



Figura 5. Diseño exterior HMI

4.3 Programación de control (PLC Delta)

La programación del PLC consiste en “generar un conjunto de instrucciones y de órdenes que provocarán la ejecución de una tarea determinada. Podemos decir que un programa es una respuesta predeterminada a todas las combinaciones posibles de estados de la información que recibe” (Programación en PLC: controladores programables | Edimar, 2020)

Para esta investigación, se profundizará en el funcionamiento, programación y utilidad del variador de frecuencia en el módulo. Un variador de frecuencia está diseñado para regular la velocidad de motores eléctricos y para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%, el variador de frecuencia DELTA VFD-E 2,2KW-230V puede ser configurado para que mediante un selector de 3 posiciones externo se arranque hacia adelante, pare, o se arranque hacia atrás, a una frecuencia configurada mediante un potenciómetro externo.

Antes de realizar la respectiva conexión y programación del variador de frecuencia se debe conocer el diagrama eléctrico que nos permitirá conocer los diferentes componentes y terminales de conexión siguiendo las normas establecidas por el fabricante. Dependiendo del tipo de entradas y salidas del Variador de frecuencia podemos practicar más casos que fácilmente se pueden encontrar en el ámbito laboral, en este caso el Variador DELTA VFD-E 2,2KW-230V cuenta con el siguiente diagrama electrónico.

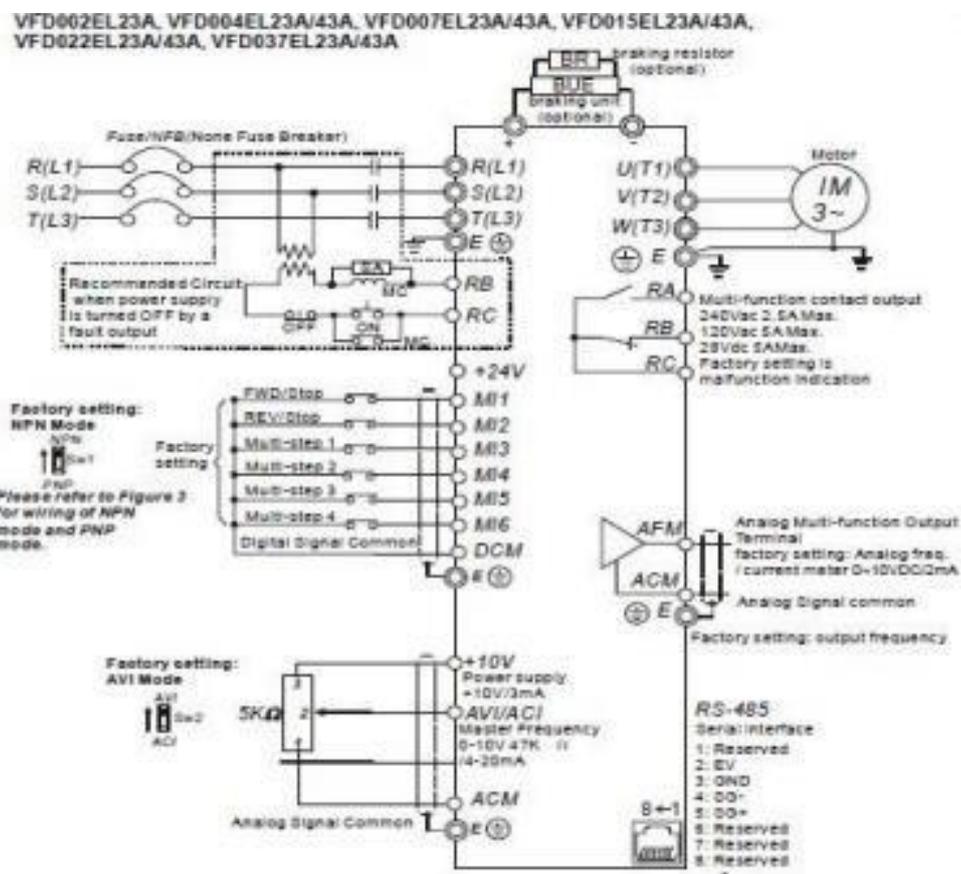


Figura 6. Diagrama electrónico variador DELTA VFD-E

Para permitir una configuración sencilla los parámetros del VFD-EL están divididos en 11 grupos. En la mayoría de las aplicaciones, el usuario puede concluir con todas las configuraciones de los parámetros antes de comenzar, sin tener que hacer reajustes durante la operación.

- Grupo 0: Parámetros del usuario
- Grupo 1: Parámetros básicos
- Grupo 2: Parámetros del método de operación
- Grupo 3: Parámetros de la función de salida
- Grupo 4: Parámetros de la función de entrada
- Grupo 5: Parámetros de velocidad multi-etapa
- Grupo 6: Parámetros de protección
- Grupo 7: Parámetros del motor
- Grupo 8: Parámetros especiales
- Grupo 9: Parámetros de comunicación
- Grupo 10: Parámetros de control del PID

Existen 2 formas de conexión para dar las señales de arranque y paro mediante las terminales, estas son: 2 cables, y tres cables, dependiendo de la forma en la que se escoja la configuración es como debe de hacerse la conexión de las terminales. Para este ejemplo utilizaremos la configuración de 2 y 3 cables.

Tabla 1. Dos Cables / Tres cables

Aplicaciones	Propósito	Funciones	Parámetros relacionados
Aplicación general	Para operar, detener, avanzar y retroceder mediante los terminales externos		02,00 02,01 02,09 04,04
		<p style="text-align: center;">3 cables</p>	

Tabla 2. Configuración de 2 y 3 cables

Parámetro	Explicación	Configuración	Configuración de fábrica	Cliente
02,00	Fuente del primer comando de frecuencia maestra	0: Teclas HACIA ARRIBA/HACIA ABAJO del teclado digital o entradas multifunción HACIA ARRIBA/HACIA ABAJO Última frecuencia usada guardada. 1: 0 a +10V de AVI 2: 4 a 20 mA desde ACI 3: Comunicación RS-485 (RJ-45) 4: Potenciómetro del teclado digital	1	
02,01	Fuente del primer comando de operación	0: Teclado digital 1: Terminales externos. DETENER/REINICIALIZAR del teclado habilitados. 2: Terminales externos. DETENER/REINICIALIZAR del teclado deshabilitados. 3: Comunicación RS-485 (RJ-45). DETENER/REINICIALIZAR del teclado habilitados. 4: Comunicación RS-485 (RJ-45). DETENER/REINICIALIZAR del teclado deshabilitados.	1	
04,04	Modos de control de la operación con 2 cables y 3 cables	0: 2-cables: ADELANTE/PARAR, ATRÁS/PARAR 1: 2-cables: ADELANTE/ATRÁS, OPERAR/PARAR 2: Operación con 3 cables	0	

Como se puede ver en la figura, los parámetros relacionados a esta práctica que debe conocer son, 02.00, 02.01 y 04.04.

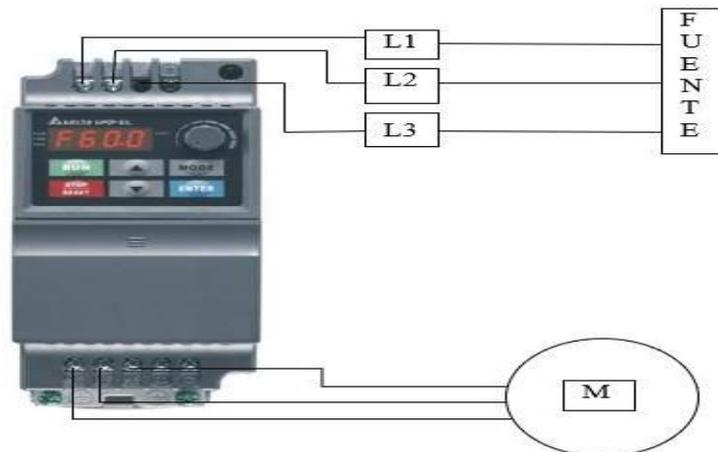


Figura 7. Esquema conexión entradas y salidas potencia del variador

En la siguiente figura, se muestran las entradas y salidas analógicas, digitales, así como los diferentes módulos de comunicación del variador de frecuencia. El variador tiene una fuente interna que da 24 y otra de 10 V.

Las salidas MI1 y MI2 (MI1 FWD, ADELANTE. MI2 REV REVERSA)

La MI3 al MI6 (Salidas digitales multifunción).

AVI (Entrada Analógica)

DCM (Común Entrada Digital)

AFM (Salida Análoga Multifunción)

ADM (Señal Análoga Común)

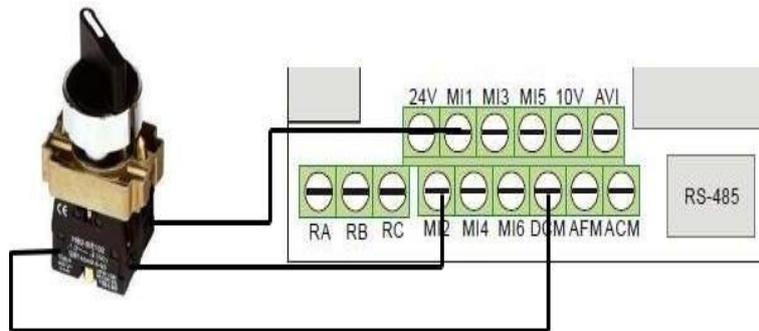


Figura 8. Entradas, salidas y módulo de comunicación

De tal forma es como se encuentra realizada la conexión para el funcionamiento del variador de frecuencia, de modo que cuando se mueva el selector a una posición cerrara el contacto NA entre DCM y MI1 hará que gire hacia un lado, y cuando se ponga el selector en medio se abrirán los contactos y no habrá señal ni de FWR ni de REV lo que hará que el motor se pare y cuando se coloque en la última posición girara hacia el otro lado ya que cerrará el contacto NA que existe entre DCM y M2. Para modificar la frecuencia de forma externa se utilizará un potenciómetro que se conectará de la siguiente forma, e esta manera cuando giremos el potenciómetro variará la frecuencia de 0,00 a 60,00 HZ. Y se mostrara en la pantalla del variador.

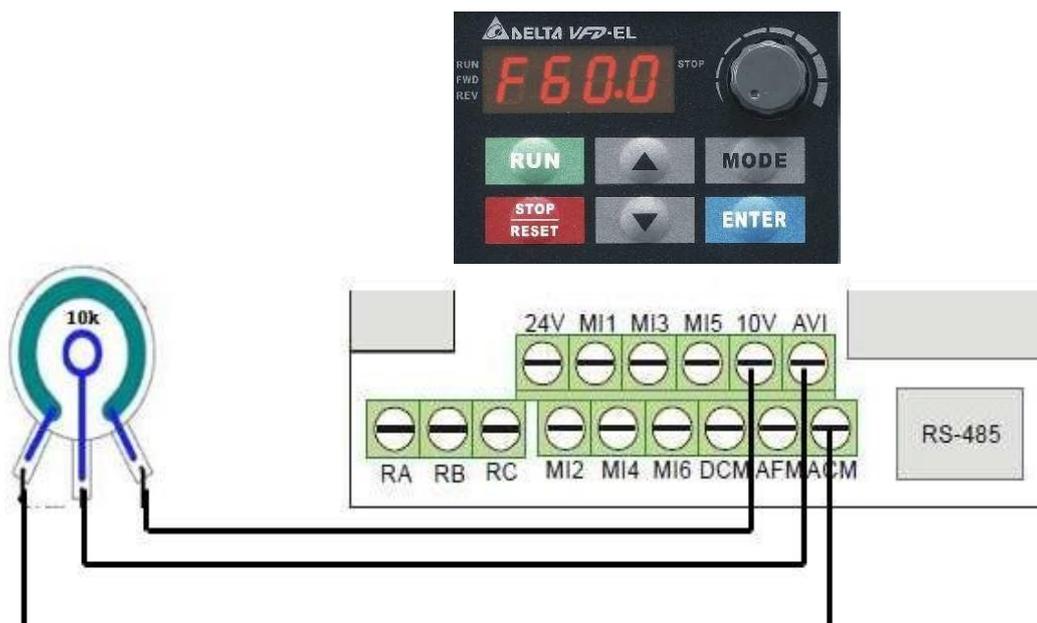


Figura 9. Conexiones de configuración de potenciómetro en el variador

Para que el variador responda de forma correcta con las terminales externas es necesario cambiar los parámetros 02.00, 02.01 y 04.04. En el parámetro 02.00 cargaremos un valor 1.

En el parámetro 02.01 cargaremos un valor de 2. En el parámetro 04.04 cargaremos un valor de 0. Primero se presiona MODE y aparecerá H 0,0 para cambiar de parámetro se utilizarán las teclas de ARRIBA/ABAJO del variador cuando tengas el parámetro requerido presionas ENTER después ajustaras el valor del parámetro y vuelves a presionar ENTER.

5. DISCUSIÓN

La introducción de un módulo de formación profesional en instrumentación industrial con variador de frecuencia representa un avance notable en la instrucción técnica y profesional en el ámbito de la automatización industrial. Este módulo ofrece a los estudiantes una oportunidad invaluable para desarrollar habilidades prácticas y obtener experiencia directa en la manipulación y control de sistemas de instrumentación industrial esenciales en diversos entornos de la industria.

Al adoptar un enfoque práctico y experimental, este módulo permite a los estudiantes profundizar en los principios fundamentales de la instrumentación industrial y su aplicación práctica. Mediante el uso del variador de frecuencia, los estudiantes pueden familiarizarse con la regulación y control de la velocidad de los motores, así como con la manipulación de otros parámetros fundamentales como el flujo, la presión y la temperatura.

Además, este tipo de módulo de formación ofrece una plataforma versátil y adaptable que puede ser configurada para simular una amplia variedad de escenarios industriales. Esto permite a los estudiantes enfrentarse a situaciones realistas y desarrollar habilidades prácticas que son directamente transferibles al ámbito laboral.

La incorporación de un variador de frecuencia en el módulo de formación profesional en instrumentación industrial también responde a las necesidades actuales del mercado laboral. Dado el creciente uso de tecnologías de automatización en la industria, los profesionales capacitados en el manejo de variadores de frecuencia y otros dispositivos de control son altamente valorados por las empresas.

6. CONCLUSIONES

Se desarrolló el diseño de un módulo de entrenamiento profesional de instrumentación industrial, mediante los diagramas de tuberías e instrumentación (P& ID) y los diagramas eléctricos, utilizando software de diseño asistido, los cuales sirvieron como guía para la construcción e implementación del módulo en el Instituto Tecnológico Universitario ISMAC.

El enfoque práctico y experimental proporcionado por este módulo permite a los estudiantes comprender en profundidad los principios fundamentales de la instrumentación industrial y su aplicación práctica.

La versatilidad y adaptabilidad de este tipo de módulo de entrenamiento también son destacables, ya que puede ser configurado para simular una amplia gama de escenarios

industriales. Esto permite a los estudiantes enfrentarse a situaciones realistas y desarrollar habilidades prácticas que son directamente transferibles al campo laboral.

REFERENCIAS

1. Acmax.mx. (2020). ¿Qué es una fuente de poder? <https://acmax.mx/que-es-una-fuente-de-poder#:~:text=Las%20fuentes%20de%20poder%20o,correcto%20funcionamiento%20de%20nuestros%20dispositivos>
2. Aicad.es. (2016). Importancia del desarrollo profesional y el aprendizaje. <https://www.aicad.es/importancia-del-aprendizaje-desarrollo-profesional>
3. Areatecnologia. (2022). manómetro. Areatecnologia.com. <https://www.areatecnologia.com/herramientas/manometro.html>
4. Aula21. (9 de septiembre de 2019). Qué es y qué hace un Variador de Frecuencia | Aula21. Formación Para La Industria. <https://www.cursosaula21.com/que-es-variador-de-frecuencia/>
5. Aula21. (10 de junio de 2019). Qué es un HMI: para qué sirve la Interfaz Hombre-Máquina | Aula21. Formación Para La Industria. <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/>
6. Autycom. (17 de agosto de 2018). ¿Qué es un sistema HMI y para qué sirve? | AUTYCOM. AUTYCOM. <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-hmi/>
7. Bismarks J.L. (27 de marzo de 2019). A la representación de los diferentes circuitos o instalaciones eléctricas se le Leer más... Electrónica Online; Electrónica Online. <https://electronicaonline.net/circuito-electrico/esquema-electrico/>
8. Blog de Recursos Humanos de Bizneo HR: Práctico Y Actual. (29 de noviembre del 2019). Capacitación Laboral | Cómo desarrollar el talento de la plantilla. <https://www.bizneo.com/blog/capacitacion-laboral/>
9. Blog de Recursos Humanos de Bizneo HR: Práctico Y Actual. (16 de octubre de 2019) Habilidades laborales | Qué son y cuáles son las más importantes. https://www.bizneo.com/blog/habilidadeslaborales/#Que_son_las_habilidades_laborales
10. Ciumbulea. G & Pesquer. L. Máquinas y Accionamientos. (2022). Scribd. <https://es.scribd.com/document/495871358/362081694-Maquinas-y-Accionamientos-Electricos-Gloria-Stefania-Ciumbulea-Luis-Guasch-Pesquer>
11. CMinero2019. (2020). DesarrollaT: Educación Técnica de Excelencia. Consejo Minero. <https://consejominero.cl/plataforma-social/educacion/desarrollat-educacion-tecnica-de-excelencia/>
12. CursosGratis. (29 de septiembre de 2021). ¿Qué es la programación de PLC? Tipos y cómo funciona * Aprende a Programar Gratis. Aprende a Programar Gratis. <https://aprendiendoaprogramar.es/blog/que-es-la-programacion-de-plc-tipos-y-como-funciona/>
13. Documento, & Eje, D. (2019). EDUCACIÓN Y FORMACIÓN TÉCNICA Y PROFESIONAL EDUCACIÓN Y FORMACIÓN TÉCNICA Y PROFESIONAL.

- https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_informe_pdfs/siteal_educacion_y_formacion_tecnica_profesional_20190607.pdf
14. Edimar. (14 de abril de 2020). Programación en PLC: controladores programables | Edimar. Electrónica Edimar. <https://edimar.com/programacion-en-plc/>
 15. Felder, R. M., & Brent, R. (2009). Active learning: An introduction. https://www.researchgate.net/publication/242102584_Active_learning_An_introduction
 16. Industrias GSL. (27 de junio de 2021). Flujómetro. Industrias GSL; Industrias GSL. <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/flujometro>
 17. Industrias GSL. (March 10 de marzo de 2022). Diagrama eléctrico. Industrias GSL; Industrias GSL. <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/diagrama-electrico>
 18. Institución Educativa Instituto Técnico Superior Industrial. (2018). Objetivos - Institución Educativa Instituto Técnico Superior Industrial. <http://industrial.edu.co/objetivos/#:~:text=OBJETIVOS%20DE%20FORMACION%20ACADEMICA,una%20persona%20creativa%20y%20observadora.>
 19. Lizama et al. (2008). Industrial Data. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81611211010.pdf>
 20. Michael. (2019, January 17). P&ID Diagramas de Tuberías e Instrumentación - Control Real Español. Control Real Español. <https://controlreal.com/es/diagramas-de-tuberias-e-instrumentacion-pid/>
 21. Motorex. (14 de marzo de 2019). Qué son los motores trifásicos y sus ventajas | Motorex. Motorex. <https://www.motorex.com.pe/blog/motores-trifasicos-ventajas/>
 22. Omega.com. (2022). Control de temperatura | Reguladores y controladores. <https://es.omega.com/prodinfo/controladores-de-temperatura.html>
 23. Pedrollo S.p.A. (2022). Reguladores electrónicos de presión EASYPRESS | Pedrollo Spa. Pedrollo.com. <https://www.pedrollo.com/es/easypress-reguladores-electronicos-de-presion/181>
 24. Quezada et al. (2014). Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable. Ingeniería, Investigación Y Tecnología, 15(1), 41–50. [https://doi.org/10.1016/s1405-7743\(15\)30005-6](https://doi.org/10.1016/s1405-7743(15)30005-6)
 25. Rechner Sensors. (2019). El sensor de temperatura - Rechner Sensors. <https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura#:~:text=Los%20sensores%20de%20temperatura%20son,sensores%20de%20calor%20o%20termosensores.>
 26. Rodriguez, H. (2018, May 13). PAC-Performance-centered Adaptive Curriculum for Employment Needs Contenido. Academia.edu. https://www.academia.edu/36626541/PAC_Performance_centered_Adaptive_Curriculum_for_Employment_Needs_Contenido
 27. Rosetta. (2022). Calibración de interruptores (switch) de presión | Rosetta. Rosetta. <https://rosetta-technology.com/en/learning-center/notas-de-aplicacion/calibrar-interruptor-presion#:~:text=Un%20interruptor%20de%20presi%C3%B3n%20es,o%20una%20ca%C3%ADda%20de%20presi%C3%B3n.>

28. Servomotor.cl. (2022). Delta – ICM SpA. <https://servomotor.cl/delta/>
29. S&P. (7 de enero de 2020). ¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia? | S&P. Sistemas de Ventilación. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>
30. S&P. (9 de diciembre de 2019). ¿Qué es un motor trifásico? Características, tipologías y aplicaciones S&P. S&P Sistemas de Ventilación. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-trifasico/#:~:text=El%20motor%20trif%C3%A1sico%20debe%20el,debajo%20de%20los%2010%20Kw.>
31. S&P. (16 de diciembre de 2019). ¿Qué es un motor monofásico? Características, tipologías y aplicaciones - S&P Sistemas de Ventilación. S&P Sistemas de Ventilación. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-monofasico/#:~:text=El%20funcionamiento%20de%20un%20motor%20monof%C3%A1sico%20es%20esencialmente%20el%20mismo,le%20aplica%20una%20corriente%20el%C3%A9ctrica.>
32. TecQuipment. (2022). ESTACIÓN DE ESTUDIO DE CONTROL DE PROCESOS. <https://www.tecquipment.com/es/process-control-study-station>
33. Torrijos. (7 de julio de 2019). Qué es la Programación PLC. La Educación En La Era Digital; La Educación en la era Digital. <https://ayto-torrijos.com/herramientas/que-es-plc/>
34. Vásquez, et al. (2015). Desarrollo de una Estación Experimental Multipropósito para la Enseñanza en Control de Procesos. Formación Universitaria, 8(5), 25–34. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062015000500004>