



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título:

Modulo Didáctico Para La Enseñanza De Sistemas De Regulación De Velocidad Controlado
Por PID Utilizando PLC Y Variador De Velocidad En La Carrera De TSE En La Uleam
Extensión El Carmen

Autores

Jorge Luis Rivas Dueñas
Héctor Lonny Gómez Zambrano

Tutor(a)

Ing. Fernando López

Unidad Académica:

Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica.

Carrera:

Tecnología Superior en electromecánica .

El Carmen, agosto de 2024.

CERTIFICACION DEL TUTOR

	NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	CERTIFICADO DE TUTOR(A).	
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Extensión El Carmen de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Gómez Zambrano Héctor Lonny, legalmente matriculado/a en la carrera de Electromecánica, período académico 2024-1, cumpliendo el total de 144 horas, cuyo tema del proyecto es "Módulo didáctico para la enseñanza de Sistema de Regulación de Velocidad Controlado por PID Utilizando PLC y Variador de Velocidad en la carrera de TSE en la Uleam Extensión EL Carmen".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, 29 de julio de 2024.

Lo certifico,



Ing. Fernando López, Mg.
Docente Tutor(a)
Área: Electromecánica

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Extensión El Carmen de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Rivas Dueñas Jorge Luis, legalmente matriculado/a en la carrera de Electromecánica, período académico 2024-1, cumpliendo el total de 144 horas, cuyo tema del proyecto es "Módulo didáctico para la enseñanza de Sistema de Regulación de Velocidad Controlado por PID Utilizando PLC y Variador de Velocidad en la carrera de TSE en la Uleam Extensión EL Carmen".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, 29 de julio de 2024.

Lo certifico,


 Ing. Fernando López, Mg.
Docente Tutor(a)
Área: Electromecánica

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien(es) suscribe(n) la presente:

Autores

Jorge Luis Rivas Dueñas, Héctor Lonny Gómez Zambrano

Estudiante(s) de la Carrera de **Tecnología Superior en electromecánica** , declaro(amos) bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: “Modulo Didáctico Para La Enseñanza De Sistemas De Regulación De Velocidad Controlado Por PID Utilizando PLC Y Variador De Velocidad En La Carrera De TSE En La Uleam Extensión El Carmen”, previa a la obtención del Título de Tecnólogo superior en Electromecánica, es de autoría propia y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Carmen, agosto de 2024

Autores

C.I: 0943666537 Jorge Luis Rivas Dueñas Héctor Lonny Gómez
Zambrano

C.I: 1305718270



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: "Modulo Didáctico Para La Enseñanza De Sistemas De Regulación De Velocidad Controlado Por PID Utilizando PLC Y Variador De Velocidad En La Carrera De TSE En La ULEAM Extensión El Carmen" cuya autoría es del señor: Gómez Zambrano Héctor Lonny de la Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica y como Tutor del Trabajo de Titulación al Ing. Fernando Rene López Barberán.

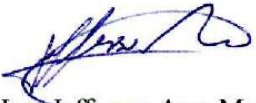
Para constancia firman.



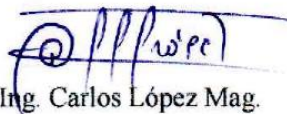
Ing. Cesar Sinchiguano Mag.
Presidente del tribunal



Ing. Fernando López Mag.
Docente Tutor



Ing. Jefferson Arca Mag.
Tribunal 1



Ing. Carlos López Mag.
Tribunal 2

TRIBUNAL DE SUSTENTACION

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: "Modulo Didáctico Para La Enseñanza De Sistemas De Regulación De Velocidad Controlado Por PID Utilizando PLC Y Variador De Velocidad En La Carrera De TSE En La ULEAM Extensión El Carmen" cuya autoría es del señor: Rivas Dueñas Jorge Luis de la Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica y como Tutor del Trabajo de Titulación al Ing. Fernando Rene López Barberán.

Para constancia firman.



Ing. Cesar Simechiguano Mag.

Presidente del tribunal



Ing. Fernando López Mag.

Docente Tutor



Ing. Jefferson Arca Mag.

Tribunal 1



Ing. Carlos López Mag.

Tribunal 2

DEDICATORIA

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento por haber tenido la oportunidad de estudiar la carrera. Hemos compartido innumerables momentos que no solo nos han formado como profesionales, sino que también nos han unido como un grupo sólido de compañeros. Juntos, enfrentamos desafíos, resolvimos problemas y superamos obstáculos que en su momento parecían insuperables. Todo esto no habría sido posible sin el apoyo constante de nuestros ingenieros, quienes nos guiaron con paciencia y dedicación. Estamos profundamente agradecidos por las experiencias compartidas y las lecciones aprendidas. Nos llevamos no solo conocimientos técnicos, sino también la amistad y el compañerismo que hemos construido juntos. Gracias por ser parte de esta etapa tan significativa de nuestras vidas.

Además, queremos expresar nuestro agradecimiento a nuestras familias, quienes estuvieron a nuestro lado en cada paso del camino. Su apoyo incondicional, comprensión y aliento fueron fundamentales para que pudiéramos enfrentar los desafíos de esta carrera. Sin su amor y respaldo, este logro no habría sido posible. Gracias por creer en nosotros y por ser nuestro pilar durante esta etapa tan importante.

Jorge Rivas, Héctor Gómez

Resumen

La reciente creación de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica (TSE) en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), extensión El Carmen, ha destacado la carencia de materiales adecuados para la realización de prácticas, las cuales son cruciales para reforzar la teoría impartida en las aulas. Con esta problemática en mente, se propuso la elaboración de un módulo didáctico destinado a la enseñanza de sistemas de regulación de velocidad, controlado por PID y utilizando PLC y variador de velocidad.

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva, consultando diversas fuentes como revistas, trabajos de grado, libros y manuales disponibles. Aplicando los conocimientos obtenidos a partir de esta revisión, se adquirieron los componentes necesarios y se construyó un módulo didáctico robusto y fácil de transportar. La programación del sistema de regulación de velocidad controlado por PID se realizó mediante el software Logo!Soft Comfort.

A pesar de las pruebas realizadas, se concluyó que, debido a la falta de hardware adecuado, no fue posible implementar completamente el sistema de regulación de velocidad controlado por PID. Esta limitación se debió a los recursos económicos insuficientes para el proyecto.

Palabras clave: PID, Controlador lógico programable, Variador de frecuencia, Control

Abstract

The recent creation of the Electromechanical Technology (TSE) program at the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), El Carmen extension, has highlighted the lack of adequate materials for the realization of practices, which are crucial to reinforce the theory taught in the classroom. With this problem in mind, it was proposed the elaboration of a didactic module for the teaching of speed regulation systems, controlled by PID and using PLC and variable speed drive.

An exhaustive bibliographic review was carried out, consulting different sources such as magazines, degree works, books and available manuals. Applying the knowledge obtained from this review, the necessary components were acquired and a robust and easy to transport didactic module was built. The programming of the PID-controlled speed regulation system was done using Logo!Soft Comfort software.

Despite the tests performed, it was concluded that, due to the lack of suitable hardware, it was not possible to fully implement the PID-controlled speed regulation system. This limitation was due to insufficient financial resources for the project.

Keywords: PID, Programmable Logic Controller, Programmable Logic Controller, Variable Frequency Drive, Control

Índice

Contenido

CERTIFICACION DEL TUTOR	1
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	3
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	4
DEDICATORIA	5
Resumen.....	7
Abstract	8
Índice.....	9
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	11
Capítulo I: Introducción	12
1.1. Problema	13
1.2. Justificación	13
1.3. Objetivos.....	14
1.3.1. Objetivo general	14
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4. Metodología	14
1.4.1. Procedimiento	14
1.4.2. Técnicas	15
1.4.3. Métodos.....	15
Capítulo II: Marco Teórico	16
2.1. Definiciones	16
Sistemas de control	16
Sistemas de Control en Lazo Abierto	16
Sistemas de Control en Lazo Cerrado	16
Controladores industriales.....	16
Controlador Proporcional.....	17
Controlador Integral	17
Control Derivativo	18
Controlador Proporcional Integral	18

Controlador Proporcional Derivativo.....	18
Controlador Proporcional Integral Derivativo	18
Controlador Lógico Programable.....	19
Variador de Frecuencia	19
Motor Eléctrico	19
Sensores	19
Sensor de Efecto Hall.....	19
2.2. Antecedentes	20
2.3. Trabajos Relacionados	20
Capítulo III: Desarrollo De La Propuesta	22
3.1. Objetivo 1	22
Conexiones Eléctricas	26
3.2. Objetivo 2	28
Bajar / Subir el valor deseado	29
Lectura del sensor velocímetro	29
Regulador PI	30
3.3. Objetivo 3	31
Verificación de la señal del sensor velocímetro.....	31
Funcionamiento del Regulador PI.....	31
Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones	31
4.1. Conclusiones	31
4.2. Recomendaciones	32
Bibliografía	34

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Vista Frontal de la estructura metálica.....	22
Ilustración 2 Vista lateral de la estructura metálica	23
Ilustración 3 Tabla Tríplex monta en la estructura metálica.....	23
Ilustración 4 Imagen del Logo! 8.4	24
Ilustración 5 Fuente de poder	24
Ilustración 6 Sensor Velocímetro.....	25
Ilustración 7 Variador de Frecuencia	25
Ilustración 8 Pulsadores	26
Ilustración 9 Conexión Eléctrica.....	27
Ilustración 10 Conexión del sensor velocímetro	27
Ilustración 11 Conexiones del PLC a VFD.....	28
Ilustración 12 Diagrama de funciones 1	29
Ilustración 13 Diagrama de funciones 3	29
Ilustración 14 Diagrama de funciones 4	30
Ilustración 15 Pantalla de inicio del PLC.....	32

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La práctica ha sido una parte fundamental del aprendizaje, reforzando así la parte teórica que se imparte en los salones de clases. "...Los estudiantes deberían ser alentados a aplicar lo que han aprendido (al tomar un examen para evaluar su nivel de conocimiento) o para aprender a través de una actividad." (Caroline, 2022), por eso nació la necesidad de realizar módulos didácticos en los cuales se puedan realizar diferentes tipos de prácticas relacionadas a los sistemas de regulación de velocidad para motores que funcionan con corriente alterna (CA).

Los sistemas mencionados anteriormente varían diferentes parámetros para cumplir con el objetivo que es poder regular la velocidad de un motor de CA. Según Araque (2020), "Diversos trabajos investigativos se han desarrollado acerca del control de motores de corriente alterna utilizados para varias aplicaciones de uso industrial, así como también varios sistemas de control..." (p.7). Cabe aclarar que estos sistemas cumplan su función están compuestos por: un controlador lógico programable, un variador de frecuencias y un encoder.

Jorge Araque en su tesis "Desarrollo de un módulo de control de velocidad de motores de inducción jaula de ardilla, mediante variador de frecuencia y visualización en HMI, para el laboratorio de control industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi.", desarrolla un módulo para que los estudiantes de UTC puedan enyesar y conocer las diferentes técnicas que hay para controlar un motor de inducción jaula de ardilla.

Con lo antes expuesto, es importante contar con módulos didácticos que permitan a los estudiantes de ULEAM extensión El Carmen sepan cómo se realiza las diferentes conexiones y configuraciones que permitan regular la velocidad de un motor de CA.

1.1. Problema

La reciente creación de la carrera en Tecnología Superior en Electromecánica en la ULEAM extensión “El Carmen” ha evidenciado la falta de materiales didácticos para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas en las diferentes asignaturas que se imparten a lo largo de la carrera. Teniendo en cuenta esto surge la necesidad de mejorar el aprendizaje y comprensión de los estudiantes por medio de la práctica. Unos de los desafíos radican en la construcción del módulo didáctico, ya que se cuenta con recursos limitados, dichos recursos limitados hacen que no se pueda adquirir el hardware indicado para los fines que se proponen.

1.2. Justificación

El desarrollo de un módulo didáctico para la enseñanza de sistemas de regulación de velocidad controlado por PID utilizando PLC y variador de velocidad es crucial para fortalecer el proceso de aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica en la ULEAM extensión El Carmen. Siendo la práctica un componente esencial de la educación técnica, la practica permite a los estudiantes aplicar y consolidar los conocimientos teóricos adquiridos en el aula.

Teniendo en cuenta que los sistemas de control de velocidad para motores de corriente alternan son ampliamente utilizados en la industria moderna, el conocimiento profundo de estos sistemas es fundamental para los futuros tecnólogos. Al incorporar tecnologías como los controladores lógicos programables y los variadores de frecuencia,

los estudiantes tendrán la oportunidad de familiarizarse con herramientas y métodos que se utilizan en la industrial de nuestro país.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Desarrollar un Módulo Didáctico Para La Enseñanza De Sistemas De Regulación De Velocidad Controlado Por PID Utilizando PLC Y Variador De Velocidad

1.3.2. *Objetivos específicos*

Construir la estructura y montar los componentes del módulo didáctico

Describir como se implementar un controlador PID en un Controlador Lógico Programable.

Evaluar el correcto funcionamiento mediante pruebas que verifiquen el desempeño del controlador PID.

1.4. Metodología

1.4.1. *Procedimiento*

Se trazo la siguiente ruta para alcanzar los objetivos ya descritos anteriormente, en primer lugar, se recopilará información técnica y educativa que ayuden a tener una base solidadas de especificaciones para la construcción del módulo didáctico.

Después se adquirirán los componentes necesarios tales como: cables, canaletas, pulsadores, sensores, entre otros materiales que permitan un desarrollo optimo.

Completado el paso anterior, se ensamblará la estructura y se colocaran los componentes en dicha estructura. Por último, se procederá a realizar todas las conexiones y la respectiva programación del controlador lógico programable, asegurándose que el programa cumpla con los objetivos planteados.

1.4.2. Técnicas

Las técnicas de investigación son definidas como herramientas y procesos que ayudan a recopilar, analizar, información relevante que influya en el estudio.

Investigación bibliográfica. - La investigación bibliográfica "se encarga de explorar todo aquello que se haya escrito acerca un determinado tema o problema" (Nahum, 2020). Esta técnica de investigación fue usada en este proyecto en cada uno de los pasos, ya que se debió de recurrir a diferentes manuales, paginas, otras investigaciones en las cuales aportaron ideas, datos técnicos para la construcción del módulo didáctico

1.4.3. Métodos

Investigación Aplicada. – Este método de investigación es muy útil porque “se ocupa de todo el proceso de enlace entre la teoría y el producto” (Lozada, 20114). En esta investigación toda la información recolectada por medio de la técnica de investigación será aplicada para alcanzar el objetivo de construir el módulo didáctico para el sistema de regulación de velocidad con PID.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Definiciones

Sistemas de control

Son la unión de diferentes componentes que mandan o regulan al mismo sistema o a otro (Distefano et al., 1992). Un sistema de control cuenta con un variable controlada y una señal de control o variable manipulada. La variable controlada esta se valora y se controla, mientras que la señal de control por medio de un controlador afecta el valor de la variable controlada (Ogata, 2010).

Los sistemas de control se dividen en dos:

Sistemas de Control en Lazo Abierto

En estos sistemas no se mide la salida de dicho sistema y no se hace una comparación con la entrada de referencia, dando así sistemas que no son retroalimentados (Ogata, 2010).

Sistemas de Control en Lazo Cerrado

El controlador del sistema se retroalimenta con la señal de error, la señal de error está compuesta por la diferencia entre una señal de referencia o set point y la señal de retroalimentación o salida del sistema esto proporciona una reducción significativa de los errores del sistema (Ogata, 2010).

Controladores industriales

Los controladores que se nombran aquí son los de más relevación para este trabajo.

Controlador Proporcional

El controlador proporcional multiplica la señal de error por una constante, este producto da como resultado la acción del controlador. El controlador intenta minimizar el error del sistema. Si el error del sistema es grande, la acción del controlador proporcional será grande también (Åström y Hägglund , 2009).

$$u(t) = k_p e(t)$$

Donde $u(t)$ es la acción proporcional del control, k_p es una constante de proporcionalidad y $e(t)$ es la señal de error.

Controlador Integral

Este controlador integral, toma la integral de la señal de error y la multiplica por una constante de integración. La integral es la adicción de la señal de error, esto indica que entre más tiempo pasa, la acción del control integral será más grande (Åström y Hägglund , 2009).

$$u(t) = k_i \int_0^t e(t) dt$$

Donde $u(t)$ es la acción integral del control, k_i es una constante ajustable y $e(t)$ es la señal de error.

Control Derivativo

La acción del control derivativo es la derivada de la señal de error multiplicada por una constante. Este ayuda a controlar el sobre impulso y la oscilación que se pueda producir con los controles mencionados anteriormente (Åström y Hägglund , 2009).

$$u(t) = k_d \frac{de(t)}{dt}$$

Donde $u(t)$ es la acción derivativa del control, k_d es una constante ajustable y $\frac{de(t)}{dt}$ es la derivada de la señal de error.

Controlador Proporcional Integral

Es la suma del controlador proporcional y el integral, dando como resultado un controlador PI

Controlador Proporcional Derivativo

Es la suma del controlador proporcional y el derivativo, dando como resultado un controlador PD

Controlador Proporcional Integral Derivativo

Es la suma de los tres controladores mencionados anteriormente, es el mas usado en la industria por sus resultados.

Controlador Lógico Programable

Un PLC es un dispositivo digital utilizado para la automatización de procesos, es programable y realizar operaciones lógicas y secuenciales para controlar maquilas y procesos en tiempo real (Mehra, 2012).

Variador de Frecuencia

Un variador de velocidad controla la velocidad de un motor eléctrico variando la frecuencia de la corriente eléctrica que se suministra al motor, esto permite un control más preciso de la velocidad y torque del motor (Martín, 2020).

Motor Eléctrico

El motor eléctrico convierte la energía eléctrica en energía mecánica a través de la interacción de los campos magnéticos y conductores eléctricos. Este dispositivo usa la ley de Faraday de la inducción electromagnética.

Sensores

Son dispositivos que captan una señal física como: velocidad, presión, temperatura, entre otras señales y estas son transformadas en señales que entiende las maquinas, por lo general son señales de corriente o voltaje.

Sensor de Efecto Hall

Es un sensor que detecta los cambios en el campo magnético, esos cambios suceden cuando el campo magnético es atravesado por algún material ferromagnético.

2.2. Antecedentes

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) es una institución de educación superior ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador. Fundada en 1985, ofrece una amplia variedad de programas académicos en diversas áreas del conocimiento. La extensión de la ULEAM en El Carmen se creó con el objetivo de atender las necesidades educativas de esta localidad y sus alrededores, promoviendo el desarrollo académico y profesional de los estudiantes del Ecuador (ULEAM, 2012).

Es como así en el 2022 se da paso a la creación de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, que busca capacitar a estudiantes para que pueda diseñar e implementar sistemas de accionamiento eléctrico, electromecánicos, térmicos, hidráulicos, eléctricos y equipos mecánicos, siguiendo las normas de mantenimiento y seguridad industrial, con el fin de contribuir al desarrollo productivo, industrial y económico del país.

Debido a la reciente creación de la carrera, dicha carrera no cuenta con los implementos adecuados para la realización de prácticas por parte de los estudiantes. Teniendo en cuenta eso, los trabajos de integración curricular que se están desarrollando tienen como enfoque el desarrollo de diferentes implementos que ayuden a los estudiantes que están cursando la carrera.

2.3. Trabajos Relacionados

En esta sección se revisan y analizan estudios previos relacionados con el desarrollo de módulos didácticos para la enseñanza de sistemas de regulación de

velocidad utilizando controladores PID, PLC y variadores de frecuencia. Esta revisión permite situar el presente proyecto en el contexto de la literatura existente y destacar su contribución.

La importancia de los módulos didácticos radica en su capacidad para permitir la práctica de conceptos teóricos previamente aprendidos, En Perú se realizó el diseño e implementación de un módulo didáctico para el arranque electrónico de motores eléctricos de inducción por controlador lógico programable, dicho modulo didáctico fue desarrollado para la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica de la Universidad Católica de Santa María. Permitiendo mostrar el funcionamiento del arranque directo, arranque suave, entre otras funciones que ayudan a controlar el funcionamiento de un motor de inducción trifásico (Zapana, 2020).

En Ecuador también se han desarrollado estudios, uno realizado en la Provincia de Santo Domingo, se construyó un tablero donde se instalaron elementos de control y fuerza para examinar los diferentes parámetros de dos motores eléctricos de 1.5 hp (Zapata Villacis et al., 2020). Todo esto se realizó con la finalidad de ampliar el laboratorio de prácticas de la carrera de electricidad.

En Manabí, el trabajo de Andrade Cedeño Rogger titulado "Módulo didáctico para controlar nivel y caudal de agua, mediante sistema SCADA, PLC y algoritmo PID" ha demostrado ser una contribución significativa. Este proyecto se centra en el desarrollo de un módulo educativo que permite a los estudiantes aprender y experimentar con el control de procesos utilizando tecnologías avanzadas como SCADA y PLC, junto con algoritmos PID para el ajuste preciso de variables (2020).

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Este capítulo detalla los componentes y pasos involucrados en el desarrollo del módulo didáctico Sistemas De Regulación De Velocidad Controlado Por PID Utilizando PLC Y Variador De Velocidad. La estructura de esta sección sigue los objetivos específicos del proyecto, describiendo cada etapa del proceso de diseño, montaje, y evaluación del módulo.

3.1. Objetivo 1

Estructura del módulo didáctico. – esta estructura debe ser robusta, por eso se opto por usar tubos cuadraos galvanizados de 2 cm x 2cm x 0.15cm, también el módulo debe de ser compacto por lo cual se utilizaron las siguientes medidas: 40 cm de ancho por 60 cm de largo, y para que la estructura se sostenga de pie se uso 15 cm del mismo tubo galvanizado de manera perpendicular al tubo de 40 cm de largo.

Ilustración 1 Vista Frontal de la estructura metálica

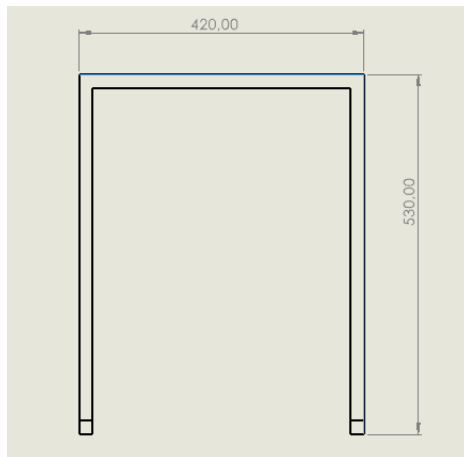
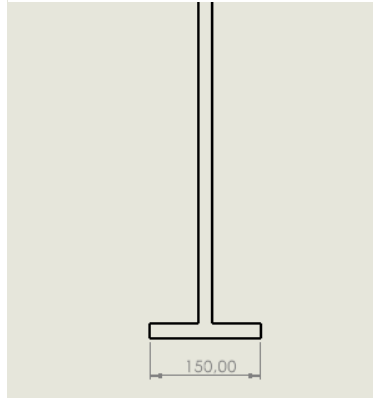
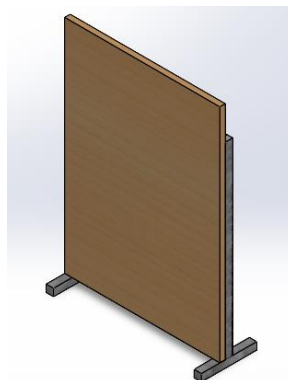


Ilustración 2 Vista lateral de la estructura metálica



Las medidas presentadas en la ilustración 1 - 2 son medidas totales de la estructura del módulo didáctico, se ha utilizado el software de SolidWorks para realizar la parte estructural del módulo. En las imágenes se muestra la forma de la estructura metálica realizada para el módulo didáctico, también se uso una tabla tríplex de las siguientes medidas: 42 cm de ancho por 70 cm de largo por 1.5 cm de espesor, esta tabla va de la siguiente manera:

Ilustración 3 Tabla Tríplex monta en la estructura metálica



Realizada la estructura estos fueron los materiales eléctricos que se eligieron para la realización del circuito eléctrico del módulo didáctico:

Controlador lógico programable. - Es el PLC Logo! 8.4 12/24RCE, la siguiente información que se muestra fue obtenida del “Logo! System Manual” de Siemens (Siemens, 2020):

- Voltaje de entrada: 12/24 voltios de corriente continua
- Entradas digitales: 8
- Entradas de conteo rápido: 4 (I3, I4, I5, I6)
- Frecuencia máxima para las entradas de conteo rápido: 5kHz
- Frecuencia máxima para las entradas normales: 4 Hz
- Tipos de salidas: Salida a relé
- Numero de salidas: 4
- Voltaje máximo soportado por las salidas a relé: 240 voltios de corriente alterna o corriente continua

Ilustración 4 Imagen del Logo! 8.4



Fuente de poder. es de la marca Victoria Led, que cuenta con las siguientes características:

- Voltaje de entrada: 120/265 voltios de corriente alterna
- Voltaje de salida: 12 voltios y 10 amperio de corriente continua

Ilustración 5 Fuente de poder



Esta fuente de poder fue escogida por que tanto el PLC y el sensor escogido se alimentan de 12 voltio de corriente continua, siendo así suficiente para el proyecto.

Sensor de velocidad. – El sensor escogido para realizar el proyecto es un GM 96190708, un velocímetro que viene incorporado en vehículos como el Chevrolet Aveo.

Ilustración 6 Sensor Velocímetro



Variador de Frecuencia. – Un Sinamics V20 con las siguientes características:

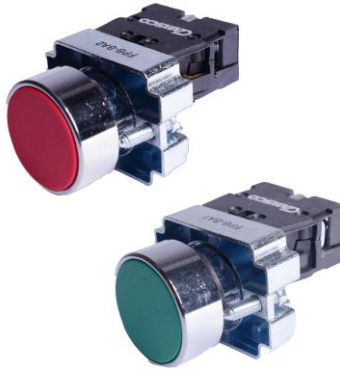
- Entrada voltaje: 200 / 240 voltios de corriente alterna
- Frecuencia de la red: 47 / 63 Hz
- Salida voltaje: 3 lineas de corriente alterna
- Potencia asignada: 0.75 KW – 1 hp

Ilustración 7 Variador de Frecuencia



Pulsadores. - Se usaron tres pulsadores normalmente abiertos y 1 normalmente cerrado para enviar las ordenes al PLC, y el PLC pueda interactuar con el variador de frecuencia.

Ilustración 8 Pulsadores



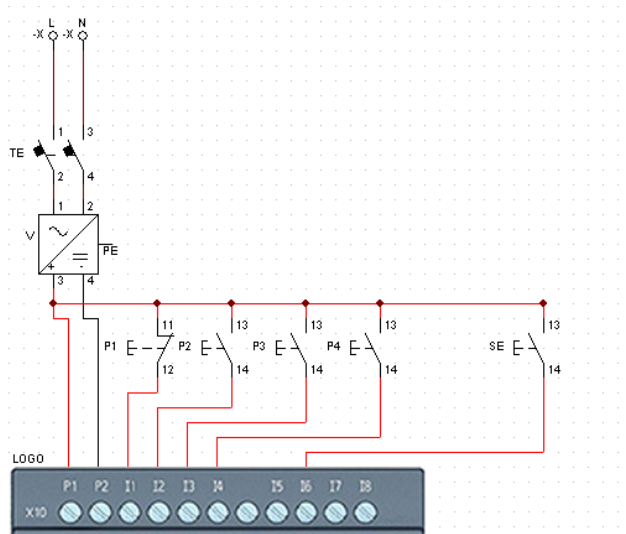
Cables y protecciones eléctricas. – Se uso cable cable calibre 14 awg y para proteger el circuito un interruptor termomagnético de 22 Amperes.

Conexiones Eléctricas

Conexión de Pulsadores y sensor a PLC

En la ilustración 7 se muestra como están conectados los pulsadores al PLC Logo

Ilustración 9 Conexión Eléctrica

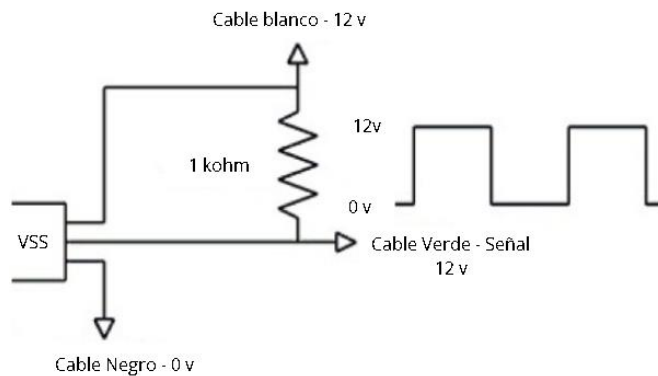


Nota: SE es el sensor de velocímetro, es una ilustración de su conexión

Conexión del sensor velocímetro

El sensor de velocidad es representado en el siguiente diagrama, y sus conexiones respectivas:

Ilustración 10 Conexión del sensor velocímetro

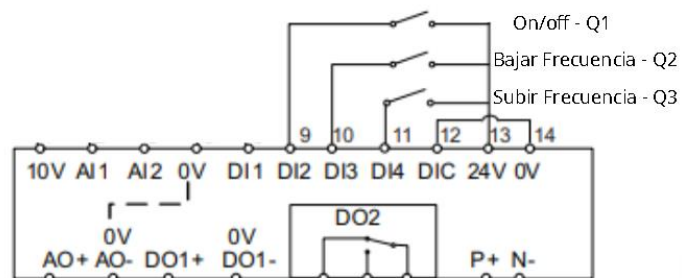


El cable de señal verde va directamente a la entrada I6 del PLC Logo, ya que dicha entrada cuenta con conteo rápido hasta 4kHz que es muy útil en estos casos.

Conexión de las salidas del PLC a entradas del VFD

El PLC mediante sus salidas a relé mandara la orden para prender o apagar el motor, subir la frecuencia y en consecuencia subir la velocidad del motor o bajar la frecuencia y en consecuencia bajar la velocidad del motor. En el diagrama se muestra la conexión que se realizo entre el variador de frecuencia y las salidas de relé del PLC

Ilustración 11 Conexiones del PLC a VFD



3.2. Objetivo 2

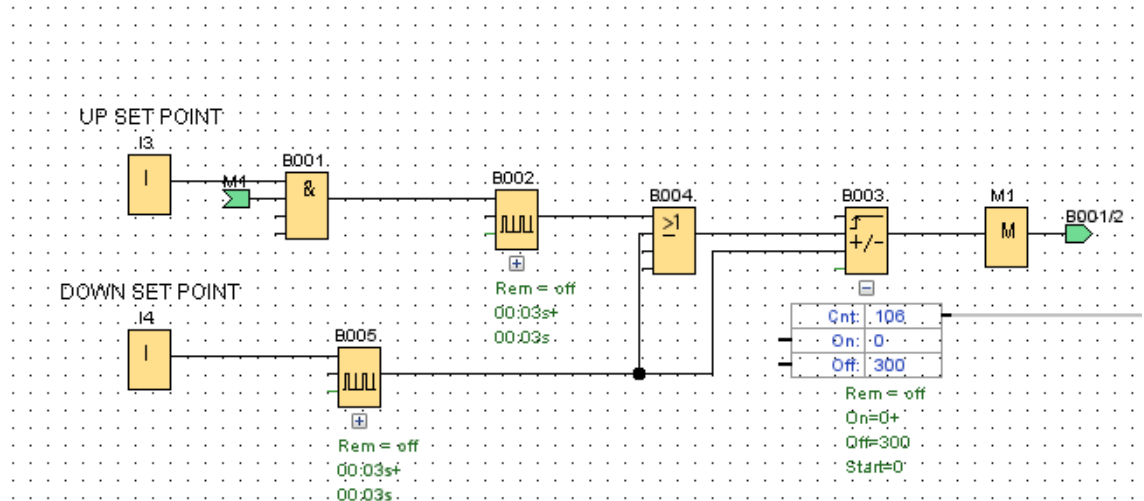
El programa con el cual se realiza la programación del PLC Logo se llama LogoSoft Comforn, dentro del programa nos ofrece un bloque se llama regulador PI, dicho regulador debe de recibir:

- A/M: Ajusta el modo del regulador, cuando tiene 1 en su entrada es modo automático, cuando recibe 0 en su entrada es modo manual
- PV: El valor real, es el valor analógico recibido del sensor
- KC: Es la constante de ganancia
- TI: Tiempo integral
- SP: Asignación del valor de ajuste, es valor deseado
- AQ: Salida análoga del regulador Pi

Teniendo en cuenta los parámetros se realizo el siguiente programa en diagrama de bloques

Bajar / Subir el valor deseado

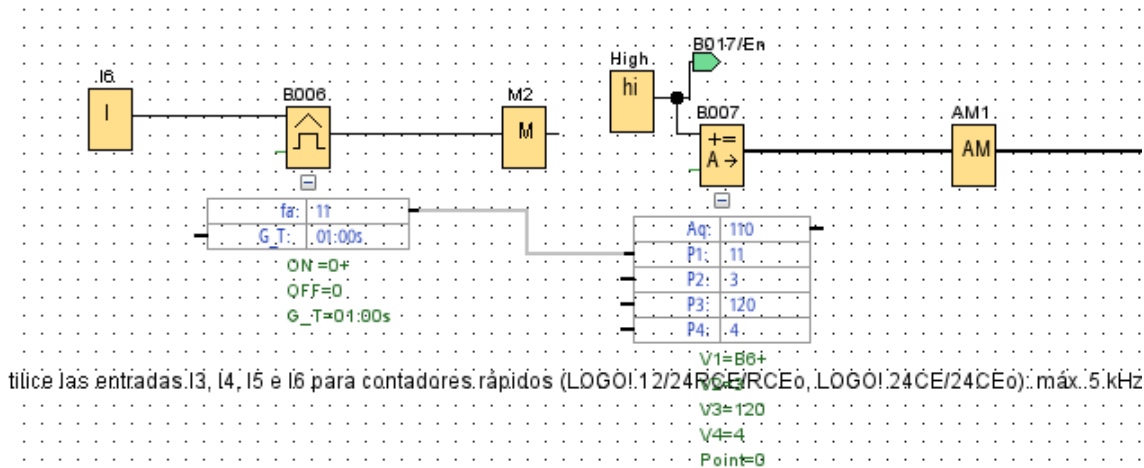
Ilustración 12 Diagrama de funciones 1



Se utiliza dos pulsadores para poder subir o bajar el valor deseado, este valor queda almacenado en la marca m1, este valor se usa en la entrada SP del regulador PI.

Lectura del sensor velocímetro

Ilustración 13 Diagrama de funciones 3



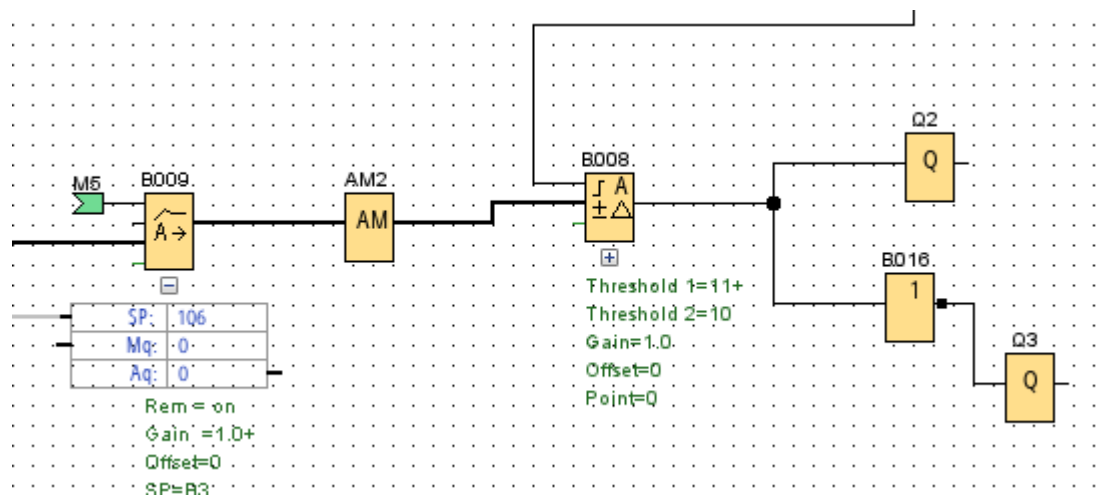
Se conecta directamente la entrada I6 (Sensor velocímetro) al bloque selector de umbral, dicho bloque mide la frecuencia de los pulsos, el sensor tiene una relación de

3:1 Hz. Por medio de la ecuación $\frac{120 * (\frac{f}{3})}{p}$ se allá la velocidad en rpm que está registrando el sensor.

En la marca analógica AM1 se guarda el valor en rpm y este valor se manda a la entrada PV del regulador PI.

Regulador PI

Ilustración 14 Diagrama de funciones 4



Asi queda el regulador pi, con sus diferentes entradas conectas. Cabe recalcar que la salida del regulador Pi es análogo, esto hace que se tenga que usar el bloque de vigilancia de valor análogo, a su entrada recibe un valor análogo, este valor análogo es comparado con un limite superior y un limite inferior, cuando se pasa el limite superior el bloque a su salida manda un uno lógico, y si el valor ingresado es menor al limite inferior a su salida manda un cero lógico. De esta manera se sube y baja la velocidad del motor, por medio de Q2 que manda la señal para que suba la velocidad al variador de frecuencia y Q3 que manda la señal para que baje la velocidad al variador de frecuencia.

3.3. Objetivo 3

Se realizaron las siguientes pruebas:

Verificación de la señal del sensor velocímetro

Al poner en marcha el variador de frecuencia con una frecuencia de 1Hz el sensor marcaba 3 Hz de frecuencia de pulsos, esto se debe a la resolución del velocímetro que es de 6 pulsos por revolución. También se observó un comportamiento anormal de la señal que ingresaba al PLC, cuando la frecuencia del variador de frecuencia se pasaba de 13 Hz, el PLC no podía interpretar la frecuencia del pulso que el sensor entregaba.

Funcionamiento del Regulador PI

Se observó que el regulador PI si es capaz de acercar la velocidad del motor a la velocidad deseada, pero no llega a estabilizarse en dicha velocidad.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Después de realizar todo el proceso de recolección de datos, adquisición de equipos, ensamble del módulo didáctico, programación del PLC se puede concluir que:

El módulo didáctico tiene una estructura robusta y de fácil transporte para que los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica de ULEAM extensión El Carmen puedan realizar prácticas.

Por medio del software LogoSoft Comfort y sus diferentes herramientas se pudo, recolectar la información para su uso en el regulador Pi. En las diferentes pruebas que se realizaron se pudo ver la falta de componentes para la implementación adecuada del

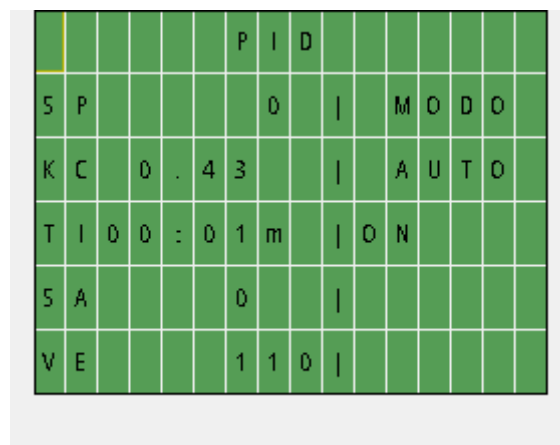
sistema de regulación de velocidad controlado por pid. Esta adquisición estuvo limitada por la falta de recurso económicos.

4.2. Recomendaciones

Para el correcto funcionamiento del módulo didáctico para sistemas de regulación de velocidad controlado por PID utilizando PLC y variador de velocidad se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Antes de conectar el módulo didáctico a la red eléctrica se debe hacer una inspección de manera visual para constatar que todas las conexiones estén en su lugar.
- En caso de desconexión de algún cable, dirigirse a la sección de Procedimiento de este documento en el subtema Objetivo 1, ahí se encuentran los diagramas de conexión.
- Al cambiar de motor, obligatoriamente se debe de verificar y si es necesario cambiar las configuraciones del variador de frecuencia, dirigirse al manual del variador de frecuencia para hacer el proceso de configuración correctamente
- En caso de encender el módulo didáctico y en PLC no se muestre la siguiente pantalla:

Ilustración 15 Pantalla de inicio del PLC



Puede ser que el programa del PLC allá sido modificado, se debe de volver a cargar el programa al PLC.

- La fuente de voltaje al ser energizada debe de mostrar un led de color verde, lo cual indica su funcionamiento

- Si la fuente de voltaje enciende su led verde y no enciende el PLC, se debe de revisar el voltaje que esta emitiendo la fuente de poder.

ANEXOS

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Jorge Rivas - Hector Gomez

5%
Textos sospechosos

2% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
2% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Jorge Rivas - Hector Gomez.docx
ID del documento: 2bf37d3858191632d3e03b9cbd02ed254bdc383c4
Tamaño del documento original: 1 MB

Depositante: RENE FERNANDO LOPEZ BARBERAN
Fecha de depósito: 27/7/2024
Tipo de carga: Interface
Fecha de fin de análisis: 27/7/2024

Número de palabras: 3874
Número de caracteres: 24,607

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Carmen Dume - Jafre Velez.docx Carmen Dume - Jafre Velez #46432 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
2	www.easy-lms.com ¿Qué es el aprendizaje? De la teoría a la práctica Easy LMS http://www.easy-lms.com/es/centro-de-conocimiento/aprendizaje-entramental/que-es-el-apren...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.utc.edu.ec https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10372/1/PL-002453.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
2	es.lamdageteks.com Energía eléctrica a energía mecánica: cómo convertir, preg... https://es.lamdageteks.com/electrical-energy-to-mechanical-energy/la-energía-eléctrica...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
3	CT-MGE-C1-26.docx CT-MGE-C1-26 #31805 El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
4	Pablo Jimenez - Pedro Alciavar.docx Pablo Jimenez - Pedro Alciavar #538194 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

Bibliografía

- Åström , K., & Hägglund , T. (2009). *Control PID avanzado* . Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S. A.
- Andrade Cedeño, R. (10 de Enero de 2020). *Módulo didáctico para controlar nivel y caudal de agua, mediante sistema SCADA, PLC y algoritmo PID*. Obtenido de Revista Riemat : <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/2196/2320>
- Araque, J. (Septiembre de 2020). *Desarrollo de un módulo de control de velocidad de motores de inducción jaula de ardilla, mediante variador de frecuencia y visualización en HMI, para el laboratorio de control industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8048/1/PI-001775.pdf>
- Caroline, C. (19 de Abril de 2022). *¿Qué es el aprendizaje? De la teoría a la práctica*. Obtenido de EasyLMS: <https://www.easy-lms.com/es/centro-de-conocimiento/aprendizaje-entrenamiento/que-es-el-aprendizaje-de-la-teoria-a-la-practica/item12907#:~:text=La%20repetici%C3%B3n%20y%20la%20pr%C3%A1ctica,a%20trav%C3%A9s%20de%20una%20actividad>.
- Distefano, J. J., Stubberud, A. R., & Willams, I. J. (1992). *Retroalimentación y Sistemas de Control*. Santafé de Bogotá: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A.
- Lozada, J. (Diciembre de 2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*. Obtenido de CienciAmérica N° 3: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- Martín Castillo, J. (2020). *Automatismos industriales*. España: Editorial Editex.
- Mehra, R. (2012). *PLCs & SCADA : Theory and Practice*. New Delhi: University Science Press.
- Nahum Montagud, R. (7 de Mayo de 2020). *Los 12 tipos de técnicas de investigación: características y funciones*. Obtenido de Psicología y Mente: <https://psicologiaymente.com/cultura/tipos-tecnicas-investigacion>
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Moderna*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

- Siemens. (Octubre de 2020). *Logo! System Manual*. Obtenido de Siemens:
<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:557e34c1-4111-4625-921a-0717d0053571/Manual-LOGO-2020.pdf>
- ULEAM. (19 de Septiembre de 2012). *Historia*. Obtenido de UELAM:
<https://www.ulead.edu.ec/historia/>
- Zapana, L. A. (17 de Enero de 2020). *Diseño e implementación de un módulo didáctico para el arranque electrónico de motores eléctricos de inducción por controlador lógico programable*. Obtenido de Universidad Católica de Santa María:
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/ca5db843-d365-4e52-ae63-d243374cdd85>
- Zapata Villacis, N. R., Ortega Soliz, N. O., Segura Núñez, P. G., Araujo Cuichan, W. D., & Cuenca Zambrano, A. G. (24 de Junio de 2020). *ACONDICIONAMIENTO DIDÁCTICO DE DOS MOTORES MONOFÁSICO DE INDUCCIÓN (1.5 HP)*. Obtenido de Revista G-NER@NDO:
<https://revista.gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/4/5>