

TABLERO DE PLC, PARA CAPACITACIÓN EN EL TRABAJO

Filiberto Candía García

Facultad de Ingeniería, BUAP

filinc@hotmail.com

Víctor Galindo López

Facultad de Ingeniería, BUAP

Juan C. Carmona Rendón

Facultad de Ingeniería, BUAP

Andrea González Hernández

Facultad de Ingeniería, BUAP

Resumen

Este trabajo se enfoca en la realización de un tablero de control eléctrico para la capacitación en el trabajo de los PLC basado en un PLC S7-1200 de Siemens. Con este tablero los participantes contarán con un referente didáctico-industrial en la capacitación para el trabajo en control eléctrico por PLC en diversos niveles educativos. Por su arquitectura abierta, apoyada para su conexión eléctrica en clemas y no en jacks, el desarrollo de este prototipo cuenta con elementos y condiciones industriales para activar los módulos de entradas y salidas del PLC. Se desarrolla el diseño y construcción de un tablero de control eléctrico para capacitación en PLC, que se adapta a diversos esquemas de habilitación laboral, dando prioridad a la instalación, operación y programación de manera respectiva. Como innovación se plantea un prototipo de tablero genérico capaz de ofrecer un entrenamiento específico a los profesionistas involucrados en la actualización a los

procesos productivos controlados por relevadores y escalados a control por PLC.

Palabra(s) Clave(s): capacitación para el trabajo, PLC, prototipo didáctico.

1. Introducción

En la actualidad la reutilización y actualización de equipo es una de las áreas que algunas compañías han visto como potenciales áreas de oportunidad, para reducir costos de operación y es precisamente en este sector donde el personal de diseño de equipo o maquinaria debe tener la visión para que los equipos puedan crear o modificarse, ya sea para efectuar otros procesos o simplemente tener ciertos cambios para incrementar la productividad y calidad (Soria Tello, 2013).

Por lo tanto se ha identificado que el sector laboral no cuenta con un referente académico (instituciones públicas o privadas) que proporcionen una solución específica a sus procesos. Siendo indispensable para ellos, el implementar talleres de capacitación o bien solicitar programas de capacitación directamente a fabricantes y distribuidores. Acciones que representan un alto gasto en capacitación y adiestramiento hacia su personal.

Entonces la problemática se integra por la falta de prototipos didácticos modulares que permitan la integración de capacitación para el trabajo en PLC's en diversos niveles cognitivos de enseñanza (técnico, licenciatura y posgrado) y dirigidos a diversos puestos laborales (instaladores, operarios y programadores). Siendo que el proceso de enseñanza-aprendizaje de la mecatrónica requiere de laboratorios equipados con módulos entrenadores que integren los sistemas de control; eléctricos, electrónicos, mecánicos y de software. Sin embargo, este tipo de laboratorios son extremadamente caros y es difícil que las instituciones educativas que inician esta especialidad puedan adquirir laboratorios completos de este tipo y sobre todo ofertar una oferta académica en capacitación para el trabajo.

Como tendencia de la automatización de la producción (procesos Lean Manufacturing) el control eléctrico se ha diversificado en varios modelos analíticos y prácticos, encontrándose en el mercado múltiples soluciones para una misma necesidad de un sistema de producción en serie. Esta diversidad va desde el control cableado (On-Off) hasta los sistemas SCADA (lazo cerrado).

En este camino de innovaciones se encuentra el control por PIC's, PAC's y el control por PLC's, siendo este último el de mayor aceptación en el sector industrial por sus ventajas constructivas (trabajo en ambientes industriales) y operativas (empleo en el control cableado y control de lazo cerrado). Siendo vital la programación de los PLC, esta generalmente es realizada por los proveedores de la maquinaria o equipo de automatización, limitando la innovación de los procesos productivos o generando dependencia de la programación hacia las marcas transnacionales.

Por lo que es necesario formar profesionistas en control por PLC en diferentes niveles laborales (operadores, instaladores y programadores), siendo la capacitación técnica en instalación y operación la de mayor demanda en el sector profesional.

Los profesionistas que actualmente se encuentran en el sector laboral y que se dedican al control eléctrico en lazo cerrado o en lazo abierto, están en constante contacto con los dispositivos denominados Controladores Lógicos Programables, (PLC's, por las siglas en inglés de Programmable Logic Controller). Debido a que las empresas han girado a la actividad llamada actualización de equipos, integrando PLC's, para la automatización del proceso.

La continua implementación de procesos basados en la filosofía Lean Manufacturing en el sector empresarial (sin importar el tipo de industria) obliga a los departamentos de planeación, producción y mantenimiento a contar con profesionistas dedicados al control por PLC. Siendo diversos los perfiles de cada departamento, los niveles cognitivos también se diversifican, así los procedimientos de capacitación y adiestramiento se vuelven complejos para las instituciones públicas (escuelas) y privadas (empresas).

Por ello se hace indispensable que se desarrollen estrategias en la capacitación técnica o para el trabajo en; instalación, operación o programación de PLC's, desde la perspectiva de una didáctica global, utilizando equipos o prototipos didácticos genéricos.

El desarrollo del diseño de un tablero didáctico para la enseñanza del control eléctrico por PLC que permita integrar por medio de la capacitación para el trabajo,

a la industria e instituciones educativas mexicanas es urgente e indispensable para mejorar las condiciones productivas del país.

Los prototipos funcionales de desarrollo propio son muy importantes en la innovación tecnológica de la industria mexicana (aún incipiente, Banco Mundial), ya que la dependencia de la tecnología extranjera no permite que las mejoras electromecánicas a los equipos y maquinaria de producción sean llevadas a cabo, cuando se busca la mejora de los procesos dedicados a la fabricación de los bienes o productos.

Siendo indispensable contar con personal calificado y competente en la programación y adecuación de automatismos controlados por PLC, implica llevar a cabo la capacitación específica a los procesos automatizados (tanto en hardware como en software), que acelere la producción o mejoren la calidad de los productos, sin alterar el costo de inversión tanto en nueva infraestructura como en materia prima.

El PLC en el ambiente industrial se puede considerar como una caja negra (otra desventaja en la compra de esta tecnología), puesto que las empresas que desarrollan tecnología resguardan con mucho celo profesional el desarrollo del programa que se encuentra integrado en el equipo de producción y en el proceso secuencial de la fabricación del producto.

Panorama actual

Las empresas privadas proveedoras de equipo de control por PLC encuentran una oportunidad de alto valor agregado a sus productos y a su desarrollo económico en el seguimiento de los servicios o pólizas de mantenimiento integral o garantías, ahora llamados proyectos llave en mano.

Al ser el software de programación de PLC un activo tangible de las empresas que desarrollan tecnología, la elaboración de los programas que controlan los procesos productivos se convierten en un bien intangible de la misma. Llegando a convertirse en el mayor bien que los empresarios no comparten, cuando transfieren tecnología, generando con ello un alta limitante, en el desarrollo

tecnológico de los países subdesarrollados, así como en la innovación de los procesos, pues se llega a carecer de la secuencia y lógica de programación.

Este trabajo que desarrolla un tablero didáctico de control eléctrico para la enseñanza de los PLC's, encuentra su amplia justificación en la oportunidad de capacitación para el trabajo, que representa hacia el sector empresarial y que como consecuencia directa permite a diversos profesionistas en los diferentes niveles cognitivos (técnico, licenciatura y posgrado), adquirir la destreza necesaria en la instalación (nivel técnico) operación (nivel licenciatura) y programación (nivel posgrado) de los PLC's.

2. Desarrollo

La metodología a seguir en el presente trabajo será de tipo intuitivo basada en el método científico. Se recopila para la integración del tutorial de prácticas la experiencia, basada en los recursos del libro *Automatismos Industriales* [1]. Con la referencia en la experiencia profesional se han determinado los contenidos a incorporar en cada práctica, identificando los temas de mayor impacto en la formación para el trabajo en PLC's.

La formación para el trabajo en PLC's, demanda un pleno conocimiento de la industria local y del perfil del capacitando. Se identificando una sólida industria manufacturera metal-mecánica y el desarrollo de la industria de la transformación del plástico [2].

El perfil del capacitando es abierto a cualquier persona que se encuentre trabajando en la temática de los PLC's, ya sea en instalación, programación, mantenimiento u operación de los mismos, en virtud de una inclusión de los nuevos paradigmas de la productividad. Donde la única razón de ser de la producción y con ella de la productividad, su medida y su fin, es el mejoramiento de la existencia humana: de las personas y de las sociedades. Dado que la existencia humana, individual y social, es compleja, todo lo relacionado con ella, es compleja, no tanto en sus fines, sino en sus metas intermedias y en los procesos para alcanzarla [3]. El manual a desarrollar tendrá la capacidad de permitir la capacitación a nivel técnico, licenciatura y posgrado. Las prácticas se proponen de tal manera que se

permita incrementar en nivel cognitivo al cual se está impartiendo capacitación para el trabajo, de acuerdo al nivel de preparación del personal en formación.

Un ejemplo se presenta cuando se trabaja con señales ON-OFF, a un nivel técnico solo se pedirá al alumno presionar el botón pulsador para enviar la señal sin involucrarse en el alambrado y características de la señal. En cambio un estudiante de posgrado deberá observar las características de la señal, el diagrama de alambrado, el acondicionamiento de la señal y la programación del PLC.

La investigación será de corte documental y el trabajo a realizar es de tipo pragmático experimental. La ejecución de las prácticas, permitirá la documentación complementaria al manual de prácticas y al trabajo de investigación. Serán limitantes para extender las ejercitaciones el material complementario y los recursos con los cuales se cuente en la construcción del tablero.

La documentación para argumentar las prácticas será extraída de diversos manuales operativos, acondicionada al léxico regional y realizada con elementos y componentes locales. Buscando que el sistema de capacitación sea de arquitectura abierta y modular. Por ejemplo el uso de clemas en sustitución a los jacks, es una innovación que simplifica el mantenimiento, operación e incrementa la disponibilidad.

Una práctica contendrá:

- Título.
- Objetivo.
- Argumentación teórica de un manual asociado al contenido a impartir.
- Instrucciones.
- Documentación de las experiencias realizadas.

Se deberá contar con un almacén general de equipo de medición y herramientas de taller las cuales serán utilizadas durante el desarrollo de la práctica de acuerdo a las necesidades. Por ello no serán integradas como indicaciones de cada práctica.

Como alcance ese tiene el desarrollo un manual de prácticas y contribuir con una lista de materiales, que guie la construcción de un tablero didáctico para la

capacitación en el trabajo de PLC's. asimismo proporcionar el mejor diseño de la distribución de los componentes y determinar el número mínimo de prácticas necesarias a manera de lograr una sólida formación inicial en el manejo de los PLC's.

Este trabajo define las bases en posteriores desarrollos didácticos para la enseñanza de la automatización teniendo como principal característica ser sistemas abiertos, contruidos con elementos nacionales y normatividad nacionales, con fácil refaccionamiento y escalables a incorporar nuevas tecnologías de entrada y salida de datos al PLC.

El método para desarrollar el manual de prácticas es científico y basado en la imitación y reproducción. Se parte de un manual existente y se extrae la información que se considera adecuada. Durante el desarrollo de las prácticas seleccionadas se documentan las experiencias en prosa e imagen, integrándolas al apartado teórico del proceso.

No se manejan formatos, ni cuestionarios complementarios, debido a que la capacitación es pertinente (de acuerdo a las características de los participantes), dinámica (cursos de 100 horas) y en sitio (aula taller de capacitación). El desarrollo cognitivo que el alumno logre será evidenciado mediante el termino satisfactorio de la práctica, la cual tendrá un proceso de repetición hasta lograr el objetivo deseado.

Las técnicas serán de la didáctica presencial, predominando el estilo kinestésico y pragmático para un alto desarrollo de la habilidad motriz.

Los instrumentos son el modulo didáctico, los equipos de medición y herramientas de taller, que sean necesarios en cada práctica.

3. Resultados

Los controles automáticos o sistemas de control constituyen una parte muy importante en los procesos industriales modernos, donde se les usa principalmente para regular variables tales como la presión, temperatura, nivel, flujo, viscosidad, densidad etc; como se muestra en la figura 1, que es un ejemplo de un sistema de

control para el llenado de un tanque cisterna. Siendo una definición de un sistema de control la siguiente:

“Es un arreglo de componentes físicos conectados de tal manera, que el arreglo pueda comandar, dirigir o regular a sí mismo o a otro sistema” [4].

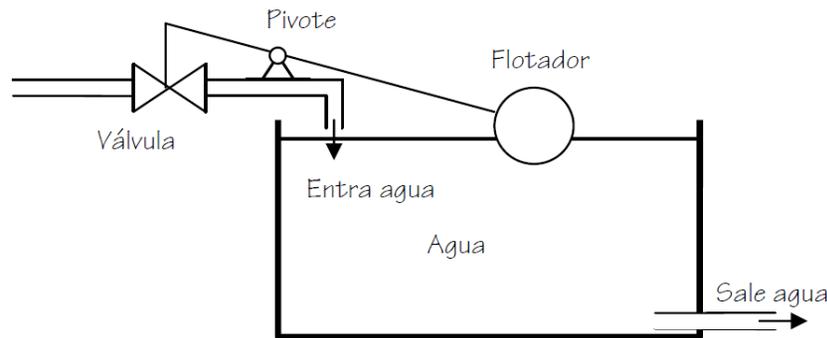


Figura 1 Representación esquemática de un sistema de control.

Ventajas de un control automático

Las ventajas de un control automático son principalmente económicas, ya que permiten:

- Mejorar la calidad de los productos.
- Disminuir los tiempos de operación.
- Reducir la dependencia de operarios para manejar procesos.
- Reducir costos de producción.

Elementos de un Sistema de Control

- Proceso a controlar. Es como su nombre lo indica el proceso que se quiere controlar o regular. En la figura 1 se trata de un proceso flujo a través de un tanque en donde se requiere un nivel dado.
- Variable controlada. Es aquella que se mantiene en una condición específica deseada, es la que se quiere controlar. En el ejemplo es el nivel del líquido.
- Variable manipulada. Es la señal sobre la cual se actúa o se modifica con el fin de mantener la variable controlada en su valor. Esta cambia

continuamente para hacer que la variable controlada vuelva al valor deseado. En la figura 1 es el flujo de entrada del líquido o la apertura de la válvula.

- Elemento de medición. Es el encargado de determinar el valor de la variable controlada. En la figura 1 es el flotador.
- Controlador. Es el encargado de determinar qué tipo de acción tomar. En este sistema se integra el PLC como elemento controlador. Si el nivel baja hace abrir la válvula, por el contrario si el nivel sube hace cerrar la válvula.
- Elemento final de control. Es el encargado de realizar la acción de control modificando la variable manipulada. En la figura 1 es la válvula.
- Entrada. Es el estímulo o excitación que se aplica a un sistema desde una fuente de energía externa, generalmente con el fin de producir, de parte del sistema, una respuesta específica.
- Salida. Es la respuesta obtenida de parte del sistema. En la figura 1 la salida es el nivel de líquido.

Principios básicos de los PLC

De acuerdo con la definición de la norma "NEMA [5]" (National Electrical Manufacturers Association) un controlador de lógica programable es: "Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1-5 VDC, 4-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos.

La norma IEC 1131 [6], parte 1, define a un PLC como: "Un sistema electrónico de funcionamiento digital, diseñado para ser utilizado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para la realización de funciones específicas tales como enlaces lógicos, secuenciación, temporización, recuento y cálculo, para controlar, a través de entradas y salidas digitales o analógicas, diversos tipos de máquinas

o procesos. Tanto el PLC como sus periféricos asociados están diseñados de forma que puedan integrarse fácilmente en un sistema de control industrial y ser fácilmente utilizados en todas las aplicaciones para las que están previstos”.

Si el PLC es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales (una etapa después de la otra) que se ejecutan en un ambiente industrial. Es decir, que van asociados a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y controlan su trabajo. Entonces un PLC realiza, entre otras, las siguientes funciones:

- Tomar decisiones en base a criterios preprogramados.
- Recoger datos de las fuentes de entrada a través de las fuentes digitales y analógicas.
- Almacenar datos en la memoria.
- Generar ciclos de tiempo.
- Realizar cálculos matemáticos.
- Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales.
- Comunicarse con otros sistemas externos.

El propósito de este trabajo es: diseñar el prototipo didáctico de un tablero de control eléctrico para la enseñanza de los PLC, que permita la capacitación en el trabajo de profesionistas a nivel técnico, licenciatura y posgrado de acuerdo nivel de profundidad requerido instalación, operación o programación de los PLC's.

Entre los requerimientos intermedios para lograr el objetivo principal es necesario.

- Realizar el modelo CAD del prototipo didáctico de tablero de control para la enseñanza de los PLC.
- Trazar el diagrama unifilar y de alambrado del prototipo didáctico de tablero de control para la enseñanza de los PLC.
- Seleccionar los elementos de control y automatización para integrar el prototipo didáctico de tablero de control para la enseñanza de los PLC.

Se considera que el diseño realizado en el presente trabajo es capaz de utilizar la memoria programable del PLC para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como: lógica, secuencias, temporizado, conteo, aritmética, entre otros; con el objeto de controlar la simulación de máquinas y procesos, tanto en control de lazo abierto como control de lazo cerrado.

Ventajas del tablero

- Flexibilidad de prácticas en diversos niveles cognitivos
- Implementación de cambios y corrección de errores en sitio
- Reducido espacio físico que se adapta a talleres y laboratorios escolares
- Bajo costo, en comparación con los servicios de los fabricantes
- Ingeniería offline, prueba-simulación en laboratorio
- Rápidos tiempos de scan
- Programación amigable
- Confiabilidad: Un PLC estándar tiene una tasa de falla aprox. de 0.16 fallas/año, mientras que un sistema triple redundante (tanto CPU's como módulos de entrada-salida) 0.003 fallas/año
- Alta mantenibilidad y refaccionamiento
- Documentación de prácticas y fallas

Con referencia en las cualidades de los PLC y en específico del S7-1200 de Siemens se ha configurado la siguiente estructura del tablero:

- Alimentación 120 VCA
- PLC S7-1200 de la marca Siemens
- Entradas (discretas y analógicas)
- Salidas (discretas)
- Rack, bastidor o chasis
- Alta capacidad para realizar prácticas en sitio y en la línea de trabajo.
- Asimismo es capaz de reproducir sistemas productivos que utilizan la metodología Lean Manufacturing

- Capacidad de intercambio de marcas comerciales entre sus elementos de control.
- Conexión externa por clemas (entradas / salidas)

El tablero por su construcción se clasifica como un sistema integrador de elementos de control pasivos y activos. Por su capacidad operativa realiza operaciones con valores digitales y analógicos. De acuerdo a la cantidad de entradas y salidas (E/S) se clasifica como control por PLC nano.

Módulos de Entradas/Salidas:

- Entradas: Digitales 8 Analógicas 2
- Salidas: Digitales 6

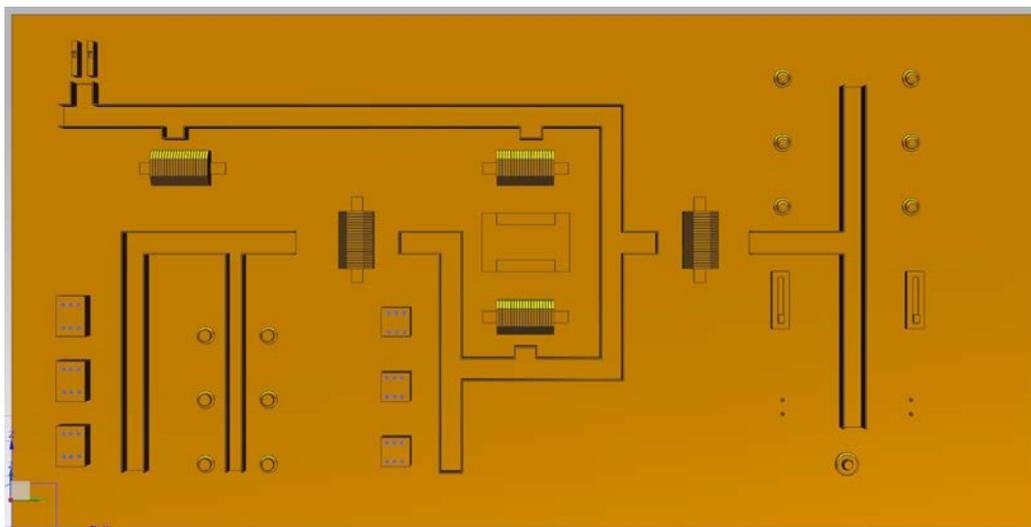


Figura 2 Modelo CAD en 3D del diseño conceptual inicial.

4. Discusión

El proceso innovador en este tablero se refiere al uso de clemas de conexión sobre las conexiones llamadas jacks o conectores hembras y a una doble conexión en las entradas y salidas que permite el uso paralelo de los elementos fijos de control ubicados en el tablero y la integración modular con elementos de otras tecnologías como la hidráulica y la neumática, llegando incluso a integrarse como

un sistema general de automatización (SCADA) que permite sistematizar diversos procesos de producción.

En búsqueda de no minimizar el uso de clemas como un recurso innovador se muestra en la figura 3, un prototipo comercializado por empresas dedicadas al equipamiento de aulas de capacitación [7] y en ella se puede apreciar los conectores “JACK”, los cuales son en la mayoría de las ocasiones de origen extranjero, fabricación especial o discontinuados.

Además el diseño innovador de este tablero permite al profesionista (docente) realizar diversas prácticas en diferentes niveles de profundidad (control lazo cerrado, control lazo abierto, teoría de control, etc.), donde podrá interactuar con sensores, válvulas de control, motores y demás elementos de control; desde diferentes perspectivas, como la reproducción, la creatividad y la innovación.



Figura 3 Equipo de capacitación para PLC, marca AMATROL.

La figura 4, muestra de manera explícita la necesidad sobre desarrollar y transferir tecnología propia, hacia la modalidad educativa de capacitación para el trabajo. La imagen muestra las condiciones de un aula taller que se pueden extender hacia diversas Instituciones Educativas (públicas, privadas y empresariales) y sistemas educativos (nivel técnico, licenciatura y posgrado).

Trabajar bajo condiciones poco favorables para el aprendizaje crea dependencia sobre las cualidades del educador y su capacidad creativa e innovadora, para el desarrollo de zonas de desarrollo próximo, recomendada por Vygotsky [8].

Por ello favorecer los prototipos didácticos como el actual es un paso adelante hacia la cobertura y demanda laboral sobre contar con recursos humanos con alta habilitación y capacidad para trabajar con PLC's. La figura 5, representa la plataforma base para el desarrollo del prototipo la cual es una platina industrial de corte comercial como las usadas en los tableros eléctricos industriales.



Figura 4 Aula taller de la modalidad educativa de Capacitación para el Trabajo.

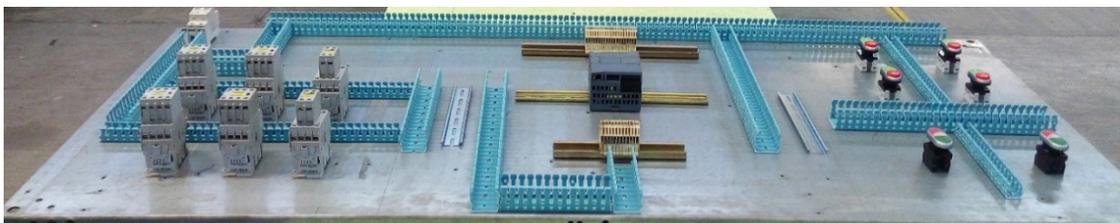


Figura 5 Plataforma base, para el desarrollo del tablero de control.

En la figura 6, se muestra la disposición y manejo de los dispositivos de control y potencia, para controlar procesos de fabricación automatizados. De esta manera el manejar una platina comercial permite identificar la organización de los elementos de control y potencia para su posterior montaje dentro del gabinete. Sin duda alguna el proceso de alambrado de los tableros de control, requiere de una experiencia vivida y sustentada en la repetición y en el ensayo y el error. La interpretación de los diagramas de alambrado requiere de una conceptualización concreta sobre la disposición de las terminales de conexión en un PLC (ver figura 7). Por lo tanto asociar un diagrama de alambrado con su componente físico resulta ser un estímulo (refuerzo cognitivo) que de acuerdo a la taxonomía de Bloom [9]

puede ubicarse en el nivel más alto de adquisición del conocimiento, la evaluación, mediante la cual tomara la decisión de una adecuada conexión eléctrica.



Figura 6 Tablero de tipo industrial para alojar circuitos de control y potencia.

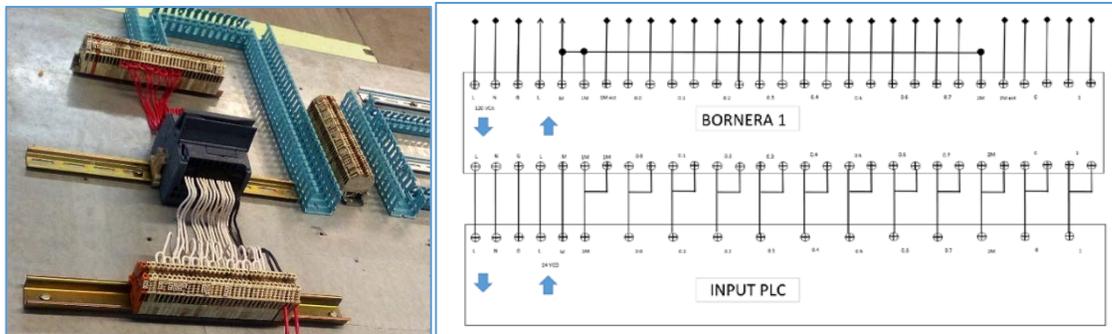


Figura 7 Diagrama de conexión y su asociación con el componente físico.

Siendo la mayor ocurrencia de falla eléctrica las inadecuadas conexiones o las terminales flojas que se han desconectado, es indispensable que un trabajador que opere sistemas automatizados por PLC, sea capaz de conectar un dispositivo de control o de diagnosticar fallas a través del uso de un multímetro y un diagrama de conexiones.

Tener la capacidad de interpretar el funcionamiento de los dispositivos de control a través de un programa de PLC (figura 8), requiere que la habilidad de asociar de cada elemento de control con la secuencia de operación de cada entrada o salida

de los PLC's. Por ello contar con un referente de arquitectura abierta y modular de un tablero de control (figura 9) apoya el proceso de programación e interpretación de secuencias de operación, asimismo de manera indiscutible permite reproducir la experiencia mediante ejercitación de conexión de los elementos de entrada (botones y sensores) y salida (relevadores) al PLC.

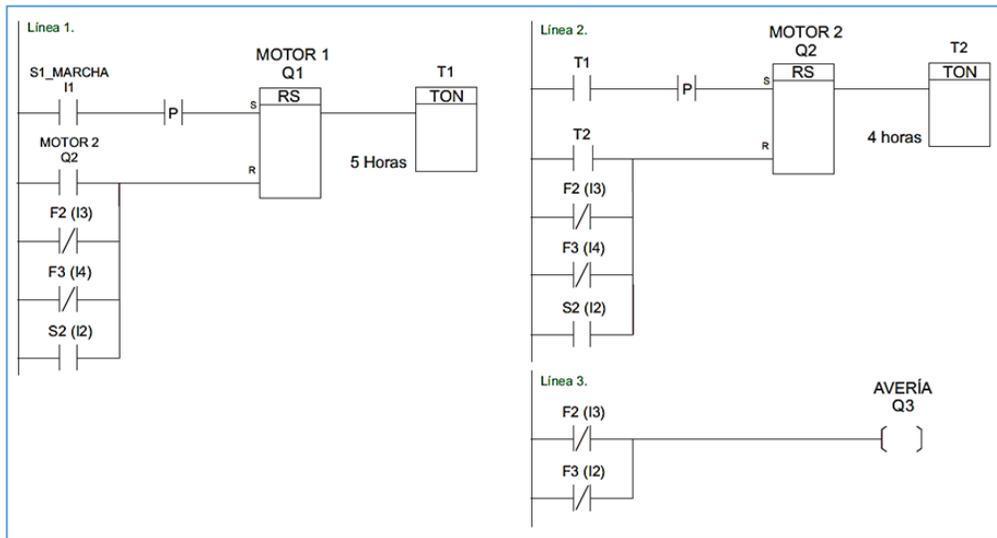


Figura 8 Programa de PLC, secuencia de operación de un proceso automatizado.



Figura 9 Construcción modular del tablero de control.

La etapa final de este proyecto culmina con la programación de PLC, que convierte una práctica académica en una actividad profesional, que es requerida por el sector industrial. A través del tablero didáctico es posible realizar de manera secuencial una ilimitada reproducción de casos de estudio, que involucren actividades de

operación, alambrado, diagnóstico de fallas, programación y diseño de acciones secuenciales que den solución a un proceso automatizado (figura 10).

Esta etapa final permite la generación del diálogo como elemento que identifica y reafirma el aprendizaje sobre el manejo y operación de los PLC. Para de esta manera comprender como la teoría asociada a un aprendizaje pragmático que se consolida en una competencia laboral, que es capaz de generar como valor agregado el desarrollo de una pertinente capacitación para el trabajo de los recursos humanos de las instituciones productivas.

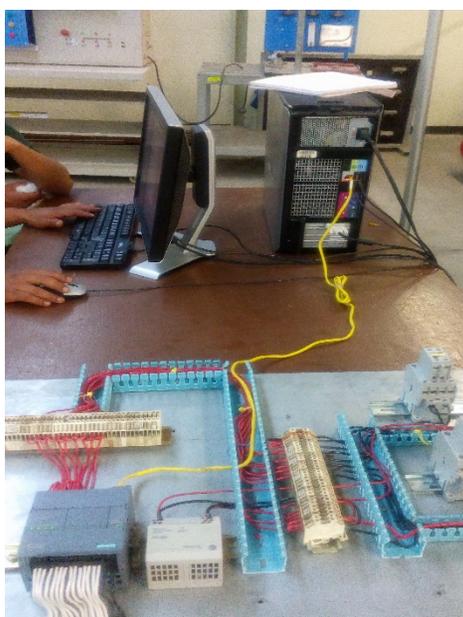


Figura 10 PLC S7-1200, simulación de un proceso productivo automatizado.

5. Conclusiones

La culminación del proyecto se considera positiva puesto que se logró contribuir con una metodología dinámica en la capacitación para el trabajo en PLC's. De igual forma, se diseñó un nuevo prototipo didáctico que permite ser una económica alternativa de equipamiento para las Instituciones de Educación Media Superior (IEMS) e Instituciones de Educación Superior (IES).

Se aconseja continuar con estas aportaciones para los talleres y laboratorios en las IEMS e IES, ya que se aumentan las posibilidades de que los alumnos puedan

interactuar con equipos o procesos que se encontraran más adelante dentro de la industria.

A través de la ocupación de este prototipo didáctico se está ahora en posibilidad de formar profesionistas en programación, instalación y operación de PLC's, que desarrollen tecnología propia a través de la innovación de la maquinaria y equipo de producción existente en el sector laboral.

Un trabajo paralelo fue la recopilación de un manual de prácticas del tablero didáctico para la enseñanza del control por PLC, que permitirá estandarizar las prácticas de enseñanza y mejorar la destreza de los participantes en cada uno de los cursos a impartirse.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] R. Arjona, *Automatismos Industriales*, España: AE, 2013.
- [2] INEGI, «Censos Económicos 2014» 2014 06 2016. [En línea]. Available: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/>.
- [3] L. G. Benavides Ilizaliturri, *Hacia nuevos paradigmas en educación*, Puebla: CIPAE, 1988.
- [4] J. F. Dulhoste, *TEORIA DE CONTROL*, Mérida: Universidad de los Andes, 2016.
- [5] NEMA, «Programmable-Controllers-Part-1-General-Information,» 26 06 2016. [En línea]. Available: <https://www.nema.org/Standards/Pages/Programmable-Controllers-Part-1-General-Information.aspx>.
- [6] IEC, «IEC» 26 06 2016. [En línea]. Available: <http://www.iec.ch/>.
- [7] AMATROL, «Portable PLC Training System Siemens S7-1200» 26 06 2016. [En línea]. Available: <http://www.amatrol.com/coursepage/990-ps712/>.
- [8] AMATROL, «Portable PLC Training System Siemens S7-1200» 26 06 2016. [En línea]. Available: <http://www.amatrol.com/coursepage/990-ps712/>.
- [9] B. Carrera y C. Mazzarella, «Vygotsky: Enfoque Socicultural» Redalyc, pp. 41-44, 2001.

- [10] C. del Moral Santaella, «Conocimiento Didáctico General Para El Diseño Y Desarrollo De Experiencias» Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado, pp. 421-452, 2012.